

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова**

Кузбасский центр САН ВШ

Российский фонд фундаментальных исследований

ОАО «Компания «Сибшахтострой»

**ОАО «ЕВРАЗ–Объединенный Западно-Сибирский
металлургический комбинат»**

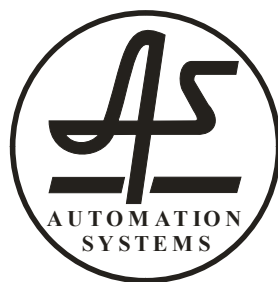
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ в образовании, науке и производстве

AS'2013

**ТРУДЫ IX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с участием стран СНГ)

28-30 ноября



**Новокузнецк
2013**

УДК 658.011.56
С 409

С 409 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : Труды IX Всероссийской научно-практической конференции / под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2013. – 492 с., ил.

ISBN 978-5-7806-0397-9

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

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

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-07-06072.

ISBN 978-5-7806-0397-9

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2013

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Афанасьев К.Е. – д.ф.-м.н., профессор КемГУ, заведующий кафедрой ЮНЕСКО по НИТ, директор ЦНИТ КемГУ.
2. Бурков В.Н. – д.т.н., профессор, зав. лабораторией ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва).
3. Ивушкин А.А. – д.т.н., генеральный директор ОАО «Сибшахтострой».
4. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и информационных систем СибГИУ.
5. Мочалов С.П. – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ.
6. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ, директор научно-исследовательского центра систем управления.
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. Спирин Н.А. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой теплофизики и информатики в металлургии УГТУ-УПИ (г. Екатеринбург).
9. Хомченко В.Г. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и робототехники ОмГТУ (г. Омск).
10. Шурыгин Ю.А. – д.т.н., профессор, ректор ТУСУР, директор НИИ автоматики и электромеханики (г. Томск).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

1. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и информационных систем СибГИУ – председатель.
2. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ, директор научно-исследовательского центра систем управления – зам. председателя.
3. Бондарь Н.Ф. – к.т.н., доцент СибГИУ – ученый секретарь.
4. Мочалов С.П. – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ.
5. Евтушенко В.Ф. – д.т.н., профессор кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ.
6. Татаринев А.Е. – начальник регионального центра эксплуатации АСУ ТП «Сибирь» ООО «Евразтехника».
7. Крестьянов А.Г. – региональный директор Евраз по ИТ региона «Сибирь».
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. Пугачёв Е.В. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой электромеханики СибГИУ.
11. Чеченин Г.И. – д.м.н., директор кустового медицинского информационно-аналитического центра.
12. Львова Е.И. – д.т.н., доцент, профессор кафедры АИС СибГИУ.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СО СТРУКТУРНЫМ РАЗНООБРАЗИЕМ

Мышляев Л.П., Ивушкин А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк*

Большинство подходов и методов анализа и синтеза систем управления классической и современной теории управления базируется на предпосылках об известных свойствах объекта управления, особенно об их структуре. При этом не предполагается каких-либо целенаправленных воздействий на структуру объекта в процессе управления, и, тем более, не вовлекается в процесс синтеза механизм образования и изменения структуры объекта управления. Также не охватывают известные методы и многие структуры объектов управления, широко распространенных на практике, например, объекты, число управляющих воздействий которых больше числа выходных целевых переменных, объекты с рециклом, в которых из выходной переменной исключается величина рецикла. Такое положение дел вызывает необходимость разработки новых подходов, методов и алгоритмов управления объектов со структурным разнообразием.

Синтезу систем управления объектами сложной динамики в условиях неопределенности, в том числе с изменяющейся структурой, посвящено достаточно много исследований отечественных и зарубежных ученых [1–3]. Как правило в этих работах рассматриваются определенные аспекты проблемы. Например, в работах школы С.В. Емельянова – системы управления с переменной структурой, где последняя сосредоточена в управляющей части системы; системы с новыми типами обратной связи, позволяющей формировать различные структуры законов управления для достижения требуемой динамики систем управления в целом [1]. В работах Л. Льюнга [4] приводятся методы и алгоритмы идентификации очень узкого класса объектов достаточно простой структуры, причем объекты рассматриваются вне системы управления. В исследованиях по моделированию рассматривается подобие только преобразующих механизмов объектов управления [5] и даже не ставится задача подобия систем управления в целом. Также не ставится нигде задача динамического управления структурой самого объекта управления. Только в работах по материаловедению лишь упоминается об управлении структурообразованием [6].

Практика же создания систем автоматизации управления требует решения взаимосвязанного комплекса задач, к числу которых в первую очередь можно отнести:

- разработку методов синтеза и базовых алгоритмов управления объектами с вариабельной (изменяющейся) структурой в условиях неопределенности;
- разработку методов синтеза совместно объектов управления и управляющих подсистем;
- развитие теории и разработку базовых алгоритмов управления объектами с различными типами положительной обратной связи (с рециклом);
- создание научных основ теории подобия систем управления;
- развитие методов управления с прогнозирующей физической моделью;
- разработку методов синтеза алгоритмов идентификации для объектов со сложной структурой, функционирующих в системе управления;
- испытание разработанных решений на промышленных объектах, в материаловедении, в социальных системах.

Достижение желаемых динамических свойств системы только за счет управляющих подсистем зачастую невозможно. В этих случаях решение лежит на пути изменения динамических свойств самого объекта за счет оперативного изменения его структуры (в частном случае параметров) в процессе его функционирования. То есть за счет целенаправленного управляемого воздействия на структуру объекта.

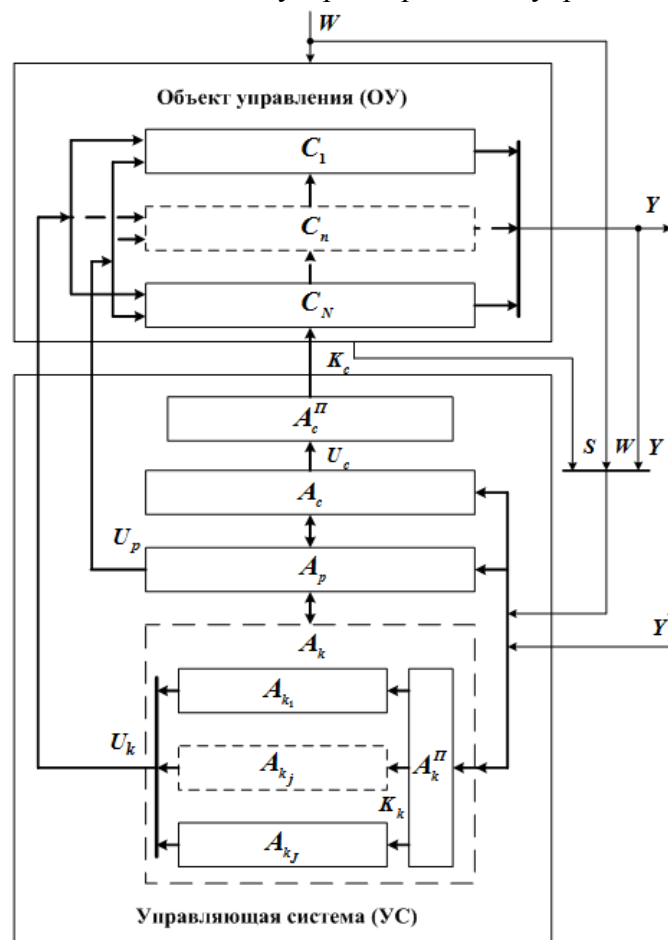
Обобщенная схема системы управления с целенаправленно изменяемой структурой

имеет вид, представленный на рисунке 1. Можно выделить три типа реализации этой схемы:

– с введением дополнительных структур объекта для расширения области допустимых состояний и выбором последовательности структур для обеспечения заданных требований к эффективности управления;

– с текущим оцениванием и анализом показателей эффективности управления, выбором необходимой структуры объекта управления и обеспечением безударных режимов управления;

– с выделением типопредставительных ситуаций функционирования системы управления по каждой структуре системы, имитационным пересчетным моделированием, оцениванием показателей эффективности управления, выбором необходимой структуры объекта управления и обеспечением безударных режимов управления.



C_n – n -я структура ОУ, $n = \overline{1, N}$; A_c, A_p, A_k – алгоритмы структурного, параметрического и координатного управления; A_{k_j} – j -я структура алгоритма координатного управления

$A_{k_j}, j = \overline{1, J}$; A_c^{II}, A_k^{II} – алгоритмы переключения структуры ОУ и алгоритма A_k ;

K_c, K_k – управляющие команды на переключение структур;

W и Y, S – векторы внешних и выходных воздействий, состояний объекта;

Y^* – задание на Y , цели, ограничения; U_c, U_p, U_k – структурные, параметрические и координатные управляющие воздействия

Рисунок 1 – Обобщенная схема системы управления объектом с целенаправленно изменяемой структурой

Для оперативного управления структурой объекта необходимо обеспечение такой возможности на стадии проектирования. Традиционно сначала создается объект управле-

ния (технология, агрегат и т.д.) и уже на основе модели этого объекта синтезируется управляющая подсистема. Необходим переход от этой традиционной системы к совместному созданию объекта и управляющей системы. Одним из вариантов такого создания может быть итерационная схема, включающая первоначальный синтез объекта управления, разработку управляющей системы, корректировку объекта управления, затем управляющей системы и т.д. Такая схема полезна также и для синтеза обычных систем управления, в силу того, что включение объекта в систему управления ведет к изменению его свойств.

Постоянное повышение требований к эффективности и экологичности производств ведет к усложнению структур объектов, в частности, с включением внутренних положительных обратных связей (рециклов). Эти связи могут быть различных типов. Например, достаточно общая математическая модель объектов с рециклом в пространстве состояний имеет вид

$$\begin{aligned}\dot{X}(t) &= A(t) \cdot X(t - \tau_x) + B(t) \cdot U(t - \tau_u) + C(t) \cdot W(t - \tau_w), \\ Y(t) &= D(t) \cdot X(t - \tau_y) + F(t) \cdot E(t - \tau_e),\end{aligned}$$

где X, U, W, Y, E – векторы состояний, управлений, внешних воздействий, выходов и погрешностей измерений; $\tau_x, \tau_u, \tau_w, \tau_y, \tau_e$ – соответствующие времена запаздывания; $A(t), B(t), C(t), D(t), F(t)$ – матрицы соответствующих размерностей.

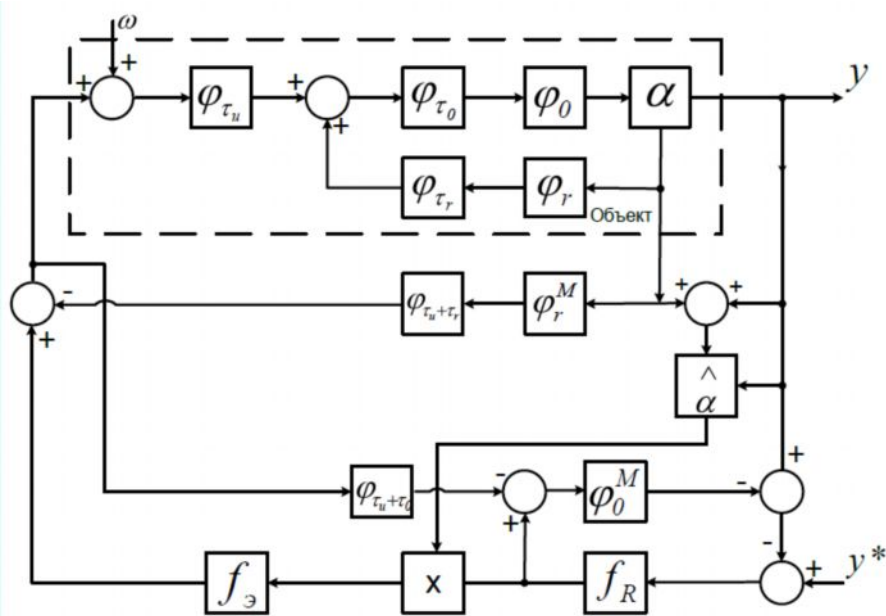
Если матрица $A(t)$ не зависит от состояния $X(t)$ и $D(t) = 1$, то эти объекты можно отнести к объектам с рециклом «по концентрации» (по терминологии У. Рея [3]), когда все расходы материала фиксированы, а изменяются только их концентрации, которые принимаются за выходное воздействие. Если же матрица $A(t)$ зависит от $X(t)$ и $D(t) \neq 1$, то такие объекты относятся к объектам с рециклом «по массе», когда за выходное воздействие принимается часть материала – готовой продукции, поступающего на выход объекта, а другая часть поступает в цепь рецикла, причем величина их соотношения изменяется.

Для объектов первого типа известны системы регулирования, в том числе с применением типовых законов регулирования. Для объектов второго типа необходимы более сложные алгоритмы с модельным исключением влияния цепи рецикла, оцениванием и прогнозированием соотношения величины выходного воздействия и величины рецикла и т.д. Примером этому может служить структура системы управления, представленная на рисунке 2.

Этапом разработки новых объектов управления является создание их малоразмерных аналогов, которые в дальнейшем могут быть использованы как физические модели в системах управления. И здесь возникают две задачи.

Первая – обеспечение подобия системы управления физической моделью и натурной (промышленной) системы управления. Существующая теория подобия ориентирована на подобие только объектов: геометрических параметров, физических свойств, и не затрагивает подобия внешних воздействий, показателей динамики объекта, необходимых для синтеза управляющей подсистемы, и, тем более, подобия в целом систем управления. В первую очередь здесь требуется определение понятий подобия систем управления, их отдельных элементов, формирование критериев и условий подобия. Например, системы управления можно считать подобными, если эффективность их функционирования одинакова с точностью до малой величины и соотношение показателей динамических свойств объектов и частотных свойств, характеризующих автокорреляционной функцией приведенных возмущений, также отличается не больше, чем на заданную величину.

Вторая задача – развитие структуры управления с физической моделью, предложенной академиком А.А. Красовским, в направлении согласования по физической сущности, времени и величине всех видов воздействия на натурную и моделью системы управления, и, обязательно, реализацией управления подобием этих систем. Общая схема такой системы будет иметь вид, представленный на рисунке 3.



w, y, y^* – приведенное к входу неконтролируемое возмущающее, выходное и задающее воздействие; φ_0, φ_r – операторы прямой цепи и цепи рецикла без учета запаздывания; $\varphi_{\tau_u}, \varphi_{\tau_0}, \varphi_{\tau_r}$ – операторы запаздывания в управлении, в прямой цепи и в рецикле; f_r, f_Σ – операторы регулирующего блока и экстраполятора; α – значение соотношения величины рецикла и выходного воздействия; индекс «М» означает модельные операторы

Рисунок 2 – Система регулирования объектов с рециклом «по массе»

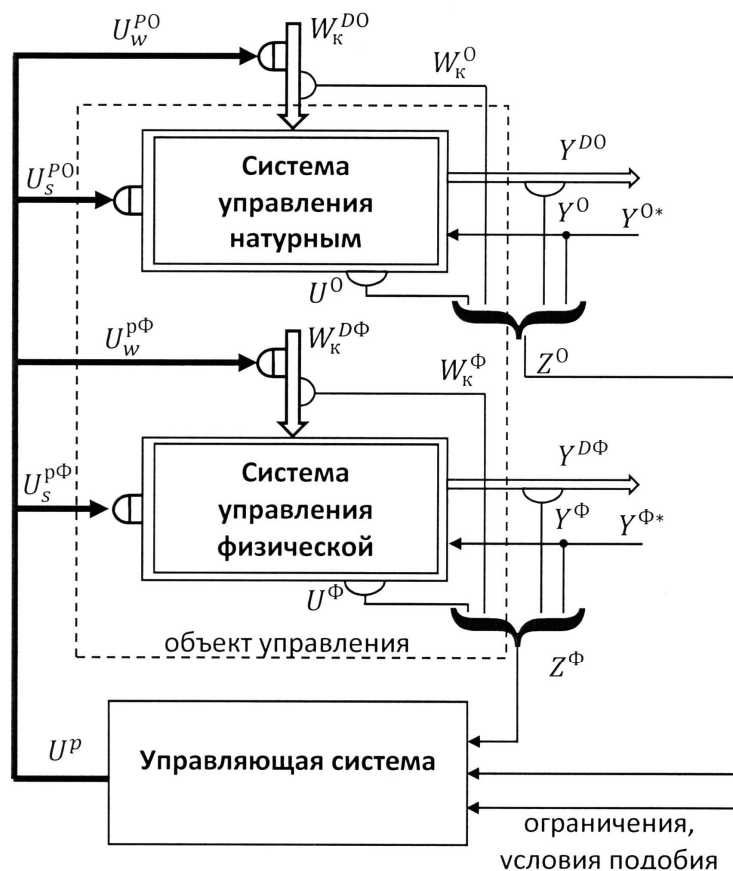


Рисунок 3 – Схема управления подобием систем управления

U ; W ; Y – векторы управляющих, внешних и выходных воздействий;
 $Z = \{U; W_k; Y; Y^*\}$; $U^P = \{U_W^{PO}; U_W^{P\Phi}; U_S^{PO}; U_S^{P\Phi}\}$; U^P – общий вектор управляющих воздействий подобием систем управления; U_S^{PO} ; $U_S^{P\Phi}$ – векторы управляющих воздействий, направленные на натуральный объект управления, его координатную управляющую систему и на физическую модель и ее координатную управляющую систему; U_W^{PO} ; $U_W^{P\Phi}$ – векторы управляющих воздействий, направленные на целенаправленное изменение свойств внешних воздействий натурального объекта и его физической модели, соответственно; надстрочные индексы «D», «O», «Ф» означают принадлежность, соответственно, к действительным значениям воздействий, натурному объекту управления и его физической модели; подстрочные индексы «K», «W», «S» означают принадлежность к контролируемым, внешним воздействиям и элементам системы управления.

При решении большинства задач управления необходимо получать и постоянно уточнять модель объекта, то есть проводить идентификацию объекта. До настоящего времени нет универсальных методов синтеза алгоритмов идентификации для объектов сложной структуры, особенно функционирующих в системах управления. Перспективное направление создания таких методов состоит в представлении идентификатора в виде замкнутой динамической системы, где объектом управления является структура модели, а алгоритм управления синтезируется известными методами теории управления с использованием новых типов обратной связи. Схема такого идентификатора приведена на рисунке 4 [7].

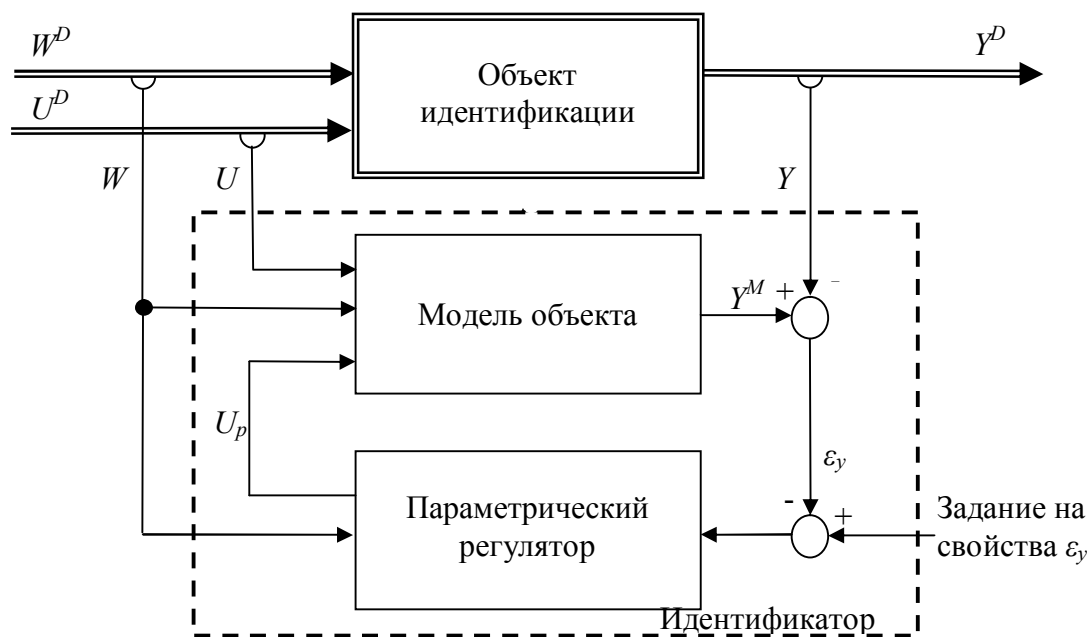


Рисунок 4 – Общая структура идентификатора

W , U , Y – измеренные внешние, координатные управляющие и выходные воздействия; U_p – параметрическое управляющее воздействие на модель объекта; индексы: “D” – действительные, “M” – модельные воздействия; $\text{---}\text{---}$ – измерительный блок.

Разработанные решения по алгоритмизации управления могут найти и уже находят применение в горнодобывающей и перерабатывающей отрасли: управление добычей угля и его обогащение и в материаловедении: при управлении структурой металла в ходе его термообработки; при управлении объектами черной металлургии.

Библиографический список

1. Емельянов С.В. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности / С.В. Емельянов, С.К. Коровин. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.
2. Мышляев Л.П. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х томах. Том 2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин и др.; Под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.
3. Рей У. Методы управления технологическими процессами/ У. Рей. – М.:Мир, 1983. – 368 с.
4. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользования: перевод с английского / Л. Льюнг; Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
5. Веников В.А. Теория подобия и моделирования/ В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1976. – 479 с.
6. Иванова В.С. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин и др. – М.:Наука, 1994. – 383 с.
7. Емельянов С.В. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления/ С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2007. – 307 с.

О КОМПЬЮТЕРНОМ «ПОРТРЕТЕ» ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Медведев А.В., Ярлыкова Л.К.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнёва,
г. Красноярск*

Введение. По-видимому, нет нужды говорить об актуальности исследования образовательного процесса, ведь, по словам Д. Белла «... Дешевые заменители имеются для всего, кроме знаний». Основная особенность настоящего доклада будет состоять в том, что мы предприняли попытку «ухода» от общепринятой оценки качества образовательного процесса, состоящего в формировании многочисленных показателей и последующих арифметических операций с ними. В течение последних лет мы предлагали студентам, преподавателям и другим ответить на вопрос: «Какие факторы влияют на образование и какие позитивные и негативные черты в образовании Вы могли бы выделить»? В итоге было накоплено довольно много различных мнений, высказанных респондентами и, в значительной степени, на основании этих мнений была сформирована группа факторов позитивно и негативно влияющих на образовательный процесс.

Основная же наша цель состоит в создании компьютерного «портрета» образовательного процесса, который можно было бы использовать для исследования последнего, а также для прогнозирования возможных последствий применения новых методик в образовании, играющих роль входных (управляющих) воздействий.

Из истории советского периода. В данной работе мы «погружаемся» в прошлое с целью анализа образования в России. При анализе образовательного процесса в прошлом были проведены опросы респондентов, получавших образование в советский период, а также проанализирован процесс развития образования в нашей стране [1].

В 1958 году вместо всеобщего 7-летнего образования было введено всеобщее обязательное 8-летнее образование, завершённое повсеместно в 1962 году. Значительно расширилась сеть школ, дающих молодежи среднее образование без отрыва от производства. Срок обучения в средних школах 10 лет. В периоде с 1966 по 1975 проведена реформа содержания среднего образования: разработаны и внедрены новые научно обоснованные

программы и учебники. Установлено начало систематического преподавания основ наук с 4-го года обучения, учебные планы школ изменены в направлении более рационального соотношения гуманитарного и естественно-математических циклов дисциплин. Начиная с 7-х классов, проводятся факультативные занятия по выбору, во многих школах введено изучение автодела, сельскохозяйственных машин. В учебном процессе больше внимания стало уделяться использованию лабораторно-практических занятий, политехнических практикумов, опытничества, летним практическим работам. Создаются межшкольные многопрофильные учебно-производственные комбинаты.

За годы Советской власти создана система подготовки и повышения квалификации учительских кадров. В 1975 г. подготовка учителей и воспитателей велась в 200 педагогических институтах и 404 педагогических училищах, а также в 65 университетах. В 1975 г. в общеобразовательных школах работало 2,7 млн. учителей и воспитателей. За выдающиеся успехи в области образования учителям присваивается звание «Народный учитель».

С конца 60-х годов организованы средние профтехучилища, в которых молодёжь получает профессию и общее среднее образование. Особое внимание уделяется подготовке молодых квалифицированных технических кадров в сельском хозяйстве. Учебные заведения специализированы по группам родственных профессий (всего около 1100 профессий) и тесно связаны с базовыми предприятиями.

Средние специальные учебные заведения строятся на базе 8-летнего образования (3–4 г. обучения) и на базе 10-летней школы (2–3 г. обучения). Среднее специальное образование складывается из общего среднего образования и комплекса теоретических и практических знаний, профессиональных умений и навыков по специальности.

К высшим учебным заведениям в СССР относятся университеты, политехнические, индустриальные и другие отраслевые институты, академии, консерватории, высшие училища и школы со сроками обучения 4–6 лет (вечерняя и заочная формы обучения предусматривают соответственно срок на 6–12 месяцев больше). Обучение в вузах бесплатное. Для обучающихся без отрыва от работы на производстве установлены дополнительные оплачиваемые отпуска и сокращённый рабочий день. При вузах организованы курсы по подготовке в вузы, а для передовых рабочих и колхозников и для демобилизованных из Вооружённых Сил СССР созданы подготовительные отделения. Подготовка кадров высшей квалификации различных профилей ведётся в соответствии с планами развития народного хозяйства страны и потребностями отдельных отраслей хозяйства и культуры в специалистах. Подготовка кадров высшей квалификации различных профилей ведётся в соответствии с планами развития народного хозяйства страны и потребностями отдельных отраслей хозяйства и культуры в специалистах [1]. Все это привело к высокому уровню образования в СССР, что, безусловно, играло важнейшую роль в его становлении как сверхдержавы.

Оценка функционирования образовательного процесса.

Как отмечалось выше, в данной работе мы «уходим» от факторов оценки образовательного процесса, которые существуют на сегодняшний день. Такое решение является необходимым, так как имеющиеся сегодня показатели не только не оценивают реальную обстановку, но и являются неприемлемыми для оценки науки и образования. Несмотря на это, количество показателей растёт с каждым годом.

В течение последних лет нами были проведены опросы респондентов, которыми являлись студенты, преподаватели, а также в качестве исследуемого материала выступали мнения представителей науки и др. Ниже будут приведены некоторые из высказываний известных ученых.

Газета «Поиск» (№ 18, 3 мая 2013 г.) Интервью с Жоресом Алфёровым:

«Платить следует не за возраст, а за реальные достижения, за результат, а не за участие в научных разработках. Независимо от индекса цитирования. Высокий индекс приходит с возрастом. Когда я решал проблемы гетероструктур, за что позже получил и Ле-

нинскую, и Нобелевскую премии, мой индекс был почти нулевым!»

Газета «Поиск» (№ 16, 19 апреля 2013г.), интервью с Владимиром Фортковым:

«...Не секрет, что в последние годы основной преградой в своей деятельности ученые все чаще называют именно огромное количество бумаг, которые необходимо составлять, оформлять и отправлять в различные ведомства. В качестве наглядного примера академик продемонстрировал одну страницу формата А4 – техническое задание академика Ю.Б. Харитона на разработку ядерного оружия, а затем сообщил, что пачка документации на закупку для института 70 паяльников по 70 рублей штука едва помещалась в его портфеле...».

Дискуссия об образовании «Что делать? Кто виноват?»[2]. Марчук Г.И. в книге «Молодым о науке» пишет: «Оценка труда учёного – дело непростое. Однажды я дал поручение заведующим отделами – проанализировать работу своих сотрудников. В отделе члена-корреспондента АН СССР М.М. Лаврентьева одного из сотрудников хотели было признать профессионально непригодным: за три года работы в Вычислительном центре он не опубликовал ни одной статьи и не сделал ни одного доклада! Узнав об этом “обвиняемый” очень разволновался и наутро принёс М.М. Лаврентьеву свою теоретическую работу, посмотрев которую, коллеги установили, что автор получил результат мирового класса. Все удивлялись: почему не показал, не рассказал никому? На что автор скромно ответил: “Боялся, что не поверят. А уж раз собрались увольнять, терять было нечего...” Довольно скоро он блестяще защитил диссертацию. Этот пример свидетельствует, что формальный метод оценки труда в науке непригоден, он может привести к серьезным ошибкам. Число публикаций – показатель не слишком объективный: один человек может опубликовать десяток статей, в которых нет ничего существенного, а другой напишет за три года одну работу, но она станет заметным вкладом в науку...».

Московский Комсомолец (№ 26244, 1 июня 2013г.), руководитель Общества защиты прав потребителей образовательных услуг Виктор Панин: «...Важнейшая проблема – это зависимость от результатов ЕГЭ, в которую государство поставило массу людей – от самих учеников до преподавателей и чиновников. Ненормально, когда от экзамена зависит судьба выпускника, карьера учителя, рейтинг и финансовое благополучие школы... Существующий сейчас механизм ЕГЭ невозможно усовершенствовать ввиду массовости задействованных в нем структур и людей, а также территориальной обширности страны... Я считаю, что выход только один – «отвязывать» результаты ЕГЭ от возможности поступления в ВУЗ».

Роль рейтингов на сегодняшний день слишком преувеличена, а все проблемы, связанные с их составлением, несколько мифические, они выгодны только тем, кто «зарабатывает» на этом деньги. В газете «Поиск» (№11, 15 марта 2013г.) ректор МГУ Виктор Садовничий высказывает свое мнение по поводу рейтингов вузов: «... по мнению В. Садовничего, вузы не должны гоняться за рейтингами. “Когда я разговариваю со своими иностранными коллегами – ректорами университетов, которые входят в десятку мировых вузов, все они в один голос говорят, что основная задача – хорошо учить и заниматься научной работой, а место в рейтинге – это всего лишь приятно”... На мысль о том, что этот рейтинг не очень системно отражает положение дел, наталкивает обзор перемещений в нем того же МГУ».

Профессор кафедр высшей математики и подготовки учителя Техасского университета Мурат Чошанов в газете «Поиск» (№ 15, 12 апреля 2013г., с.22) отвечая на вопросы, касающиеся сравнения ситуации в России и США, также затрагивает тему рейтингов: «... в настоящее время многие российские университеты (прежде всего федеральные) озабочены поднятием своего рейтинга. Одним из механизмов достижения высокого рейтинга является повышение продуктивности, а именно качества научно-исследовательской деятельности и, соответственно, качества публикуемых работ...». Причем ссылки на журналы с высоким импакт-фактором также вызывают сомнения («Поиск», № 26, 28 июня 2013г.).

По многим другим показателям, которые предлагают нам сегодня, можно высказать подобные же суждения. Существование подобных показателей, основанных лишь на цифрах, безусловно, стимулируют у преподавателей и ученых погоню за ними. И ничего с этим не поделаешь, ведь нужно подтверждать свою профессиональную пригодность, бесконечно повышая список публикаций. Но до тех пор, пока в показателях не будут учитываться их качественные свойства, одна статья, с действительно научным результатом, так и будет считаться хуже, чем, например, три, но абсолютно «пустых». Нет смысла, по видимому, приводить подобные высказывания, потому что они встречаются повсеместно и следует учесть, что это высказывания достаточно известных современников. Все это, безусловно, говорит о том, что с сегодняшними показателями вряд ли целесообразно проводить какие-либо вычислительные процедуры, но учитывать их все-таки необходимо.

Краткий анализ анкет респондентов. При анализе анкет респондентов, которыми, как упоминалось выше, являлись студенты и преподаватели было замечено, что выделялся практически одинаковый набор основных показателей, при этом как негативных так и позитивных. Приведем основные из них. К негативным были отнесены: лень («лень, просто лень»); отсутствие желания, стимула к учебе; недостаточный материальный достаток семьи; стремление к финансовой независимости; развлечения (интернет, кино и пр.); ошибка при выборе профессии; обучение с целью получения диплома, но не получения знаний; проблемы при подборе абитуриентов (обучение направлено на «слабого» студента); распад семейных ценностей, недостаточное внимание родителей; низкий культурный уровень; халатное отношение преподавателей к процессу обучения; некачественные программы, несогласованность учебных курсов; отсутствие контакта с работодателем; низкие стипендии и зарплаты. Наиболее частые из положительных показателей: большое количество источников информации (интернет, множество методического материала); техническое оснащение; связь преподаватель – студент; возможность участия в конференциях, конкурсах и т.д.

Формирование факторов (показателей) определяющих образовательный процесс. На основании мнений респондентов, был сформирован набор показателей, влияющих на образование, характерных для советского и современного периодов. Где $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ – факторы, влияющие на образование и $x = (x_1, x_2, \dots, x_s)$ – критерии качества образования.

Вектор «входных – выходных» переменных образовательного процесса, характерных для советского периода: u_1 – *оснащение техникой* – под данным фактором понимается оснащение экспериментальных и научно-исследовательских лабораторий, всего учебного заведения современной техникой; u_2 – *учебные материалы* – учебники, дополнительная литература и т.д.; u_3 – *результаты вступительных экзаменов*; u_4 – *мотивация для учебы* – под данным фактором понимаются различные аспекты, которые могли бы вызвать интерес студента к учебе, а также учитывается тот факт, что само звание студента являлось почетным. «Студент» в то время звучало гордо; u_5 – *бытовые условия* – в студенческой жизни важным аспектом является проживание студента дома с родителями или проживание в общежитии, статус родителей, является ли обстановка в семье благополучной и т.д.; u_6 – *работа с научным руководителем* – подразумевает выбор темы научной деятельности, консультации у научного руководителя, работа в выбранном направлении; u_7 – *квалификация преподавателя* – умение увлечь предметом, заинтересовать и т.д.; u_8 – *желание учиться*. Критерии качества образовательного процесса: x_1 – результаты экзаменов, зачетов (оценки, сроки сдачи); x_2 – академические стипендии, именные стипендии (в советское время именные стипендии являлись показателем научной деятельности студента); x_3 – коммуникативность – навыки, полученные в процессе обучения, позволяющие свободно общаться студенту с преподавателями, сверстниками, выступать перед аудиторией на профессиональные темы.

Вектор «входных – выходных» переменных образовательного процесса, характерных для современного периода: u_1 – *оснащение техникой* – компьютеризация, учебное

оборудование, проекторы и т.д.; u_2 – учебные материалы; u_3 – результаты ЕГЭ; u_4 – баллы аттестата; u_5 – доступность связи с преподавателем – желание преподавателя идти навстречу студентам, давать консультации по интересующим вопросам, способность увлечь студента предметом и др.; u_6 – мотивация для учебы; u_7 – бытовые условия; u_8 – работа с научным руководителем; u_9 – комфортные условия для занятий; u_{10} – желание учиться. Критерии качества образовательного процесса: x_1 – результаты экзаменов, зачетов; x_2 – научные результаты – статьи, тезисы, публикации в журналах различной значимости, участие в конференциях, выступление с докладами и т.д.; x_3 – стипендии, гранты – академические стипендии, именные стипендии, единовременные выплаты, получение грантов за научные результаты и др.; x_4 – коммуникабельность – навыки, полученные в процессе обучения, которые в дальнейшем могут повлиять на успешное трудоустройство: навыки общения, знания, умения в определенной сфере деятельности и т.д.

Следует отметить, что были сформированы начальные зависимости показателей качества от факторов, влияющих на образование. Для советского периода: $x_1 = f_1(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_7, u_8)$, $x_2 = f_2(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8)$, $x_3 = f_3(u_1, u_2, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8)$. Для современного периода: $x_1 = f_1(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_9, u_{10})$, $x_2 = f_2(u_1, u_2, u_6, u_7, u_8, u_{10})$, $x_3 = f_3(u_2, u_5, u_6, u_7, u_8, u_{10})$, $x_4 = f_4(u_2, u_5, u_6, u_7, u_8, u_{10})$. Такой набор «входных-выходных» переменных, естественно, нельзя считать окончательным, так как на данном этапе исследования мы только начинаем его формировать. В качестве итоговых показателей качества $y = (y_1, y_2)$ для обоих периодов были выделены: y_1 – знания в профессиональной сфере и y_2 – кругозор (широта знаний). Зависимость итоговых показателей качества $y = (y_1, y_2)$ могут быть представлены в виде: $y_1 = F_1(u, x)$ и $y_2 = F_2(u, x)$.

При моделировании приведенных выше зависимостей, конечно, важнейшее значение будет иметь априорная информация, которой мы располагаем на этом этапе. Безусловно, постановка задачи моделирования образовательного процесса относится к категории достаточно сложных не только из-за несопадающих мнений экспертов и их окончательного согласования, но и необходимости использования разнотипной информации [3]. В случае, если для некоторых зависимостей мы располагаем исходной обучающей выборкой $\{x_i, u_i, i = 1 \dots s\}$, а характер зависимостей однозначный, то может быть использована непараметрическая оценка (1) [4].

$$x_s(u(t)) = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j(t) - u_i^j}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j(t) - u_i^j}{c_s}\right)}, \quad (1)$$

где $\Phi(\cdot)$ – колоколообразная функция, c_s – параметр размытости, удовлетворяющий некоторым условиям сходимости [4]. В случае малого объема выборки или наличия «пестроты» в ее элементах можно использовать статистику (2) [5].

$$x_s(u(t)) = \frac{\sum_{i=1}^s \varphi^u(u, u_i, x_i) \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j(t) - u_i^j}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j(t) - u_i^j}{c_s}\right)}, \quad (2)$$

где $\varphi^u(u, x)$ – гиперплоскость, проходящая через точку $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$.

При восстановлении зависимостей параметрического класса, например $\hat{x}_1 = \hat{f}_1(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_7, u_8, \alpha)$, где α – вектор параметров, может быть осуществлено различными методами оценки параметров α , либо задаваться ЛПР во время экспериментов с компьютерной моделью.

О компьютерном портрете. В первую очередь следует отметить, что образовательный процесс относится к активным процессам. Активный процесс – процесс, протекающий с участием человека или группы людей [4, 6].

Как упоминалось ранее, в данной работе мы «погружаемся» в прошлое с целью изучения образования в России. Естественно, аналогичному исследованию подвергается образовательный процесс, характерный для нынешнего времени. Принципиальный интерес представляет оценка результата функционирования образовательного процесса в прошлом и настоящем, а также анализ внешних факторов управляющих воздействий, влияющих на итоговый результат. Естественно, что образовательный процесс в прошлом и настоящем отличаются, но, тем не менее, анализ и учет прошлого является, безусловно, необходимым при выработке управленческих решений в настоящее время. Здесь было бы уместно привести широко известное высказывание Д.Г. Байрона: «Лучший пророк для будущего – прошлое».

Компьютерное исследование образовательного процесса естественно начать с формирования входных, выходных, возмущающих воздействий, определяющих течение исследуемого процесса во времени. Важнейшая роль будет принадлежать формированию вектора входных переменных, входящих в модели. Следует отметить, что переменные, характеризующие состояние образовательного процесса, должны быть наполнены соответствующим содержанием, в том числе учитывающими психологические, эмоциональные и другие факторы, присущие человеку, коллективу людей. А входящие в модели параметры определяют вес этих факторов как с негативной, так и с позитивной точек зрения.

Компьютерное исследование образовательного процесса позволит получить отклик данной активной системы на соответствующие изменения входных переменных. И если этот отклик совпадает с известными из прошлого значениями входных переменных, то естественно считать, что подобная модель заслуживает доверия, в противном случае должны быть изменены численные значения параметров, входящих в модель, а возможно и набор тех или иных переменных, характеризующих их взаимное влияние на образовательный процесс. Это означает, что кажущееся нам правильное сочетание переменных процесса и значений параметров, определяющих их вес, не приводит к желаемой цели. В случае удовлетворительного прогноза мы имеем шансы получить реальный объективный портрет образовательного процесса (рисунок 1).

Может показаться, что выбирая те или иные переменные и соответствующие значения весовых коэффициентов, мы можем сформировать такую модель, которая будет иллюстрировать то, что «мы хотим». Может быть, это в какой-то степени верно, но мы хотим моделировать реально протекающие процессы.

Основные выводы. Рассматривая процесс образования, мы неизбежно приходим к выводу, что принимаемые попытки улучшить, усовершенствовать образовательный процесс в современных условиях не привели к желаемому результату. В итоге на сегодняшний день образовательный уровень обучающихся намного ниже, чем в предшествующие десятилетия. Хотя следует признать, что все еще остается группа студентов, которая «горит» желанием учиться. Конечно, изменения социально – экономического характера являются основным фактором, повлиявшим на образование, следовательно, располагая возможностью изменения переменных и параметров модели в компьютерном диалоге возможно уяснение причин, приведших к такому итогу. Это позволит исследователю узнать причины и веса всей совокупности факторов, влияющих на образовательный процесс. Как следствие этого, могут быть определены изменившиеся значения и роль психологических, эмоциональных, характерных, этических и других факторов.

В сущности – это основная цель первого этапа проводимых исследований, показывающих истинное состояние образовательного процесса. Следующий шаг – это корректировка, изменение схемы описания образовательного процесса, а также изменение весовых коэффициентов, входящих в него, с целью приведения данного процесса к желаемому состоянию и дальнейший анализ исследуемого процесса, оценка состояния его «протекания» и т.д. [4, 6].

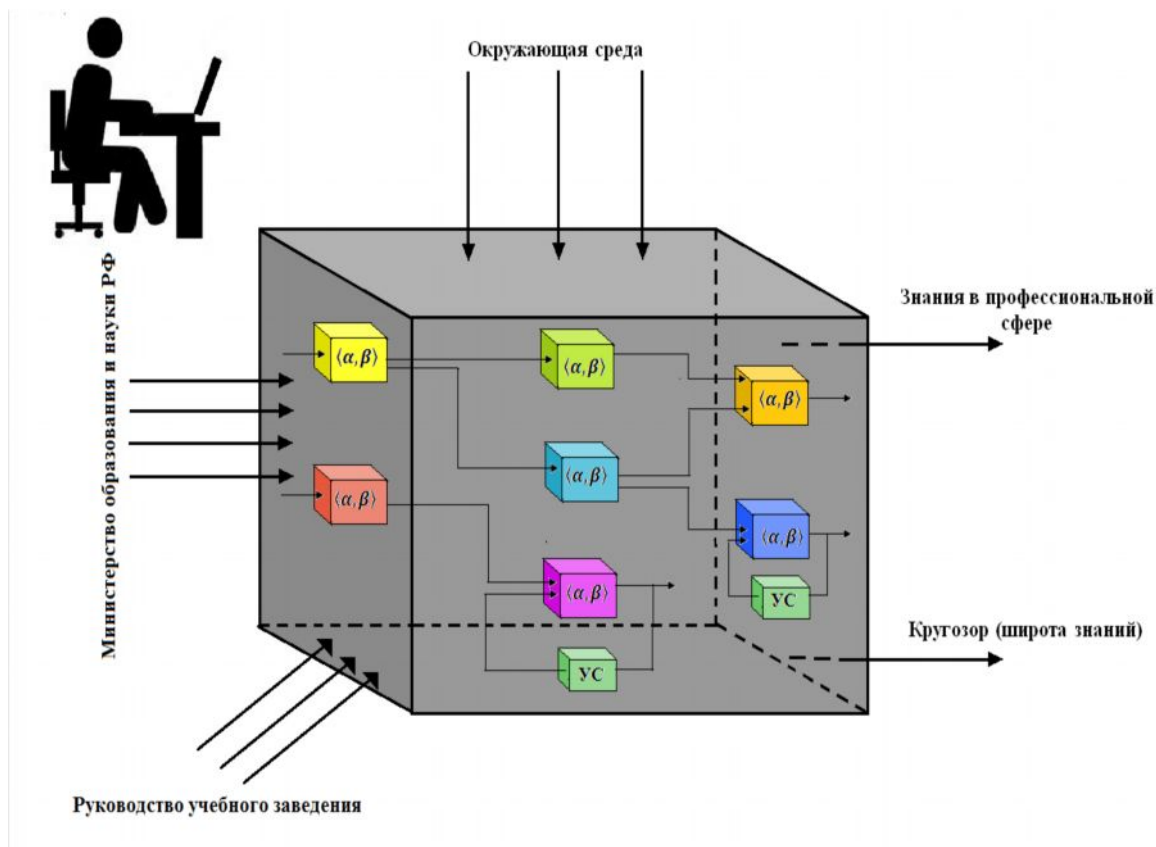


Рисунок 1 – Схема компьютерного «портрета» образовательного процесса

Проведение подобной работы является чрезвычайно трудоемким делом, с участием специалистов различной профессий, но зато успех в данном направлении может помочь в принятии тех управленческих решений, которые бы привели систему к желаемому состоянию. Практическая реализация изложенного подхода позволила бы аргументировано, с учетом реальных социальных, психологических и других существующих факторов дать оценку произошедшего и наметить реальные пути улучшения, а не вводить все новые и новые «усовершенствования». Находясь на начальном этапе исследования, мы только начинаем формировать вектор входных, выходных, возмущающих воздействий. На основе мнений респондентов мы «наполняем» данные воздействия содержанием, которые выражаются в виде аналитических выражений. В докладе приводятся результаты первых экспериментальных исследований компьютерного «портрета» образовательного процесса.

Анализ образовательного процесса, базирующийся на компьютерном портрете, возможно, приведет к заключению, высказанному в книге В.И. Арнольда [7]: «Не требуется, однако, специальной математической теории, чтобы понять, что пренебрежение законами природы и общества (будь то закон тяготения, закон стоимости или необходимость обратной связи), падение компетентности специалистов и отсутствия личной ответственности за принимаемые решения приводит рано или поздно к катастрофе».

Создание компьютерного «портрета» нынешнего образовательного процесса, несомненно, представляет интерес. Набор показателей, представленный выше, не являются конечными и будут дополнены и пересмотрены в процессе разработки и исследования последнего. Совершенно очевидно, что использование принятых на сегодня показателей: количество публикаций, рейтинга журналов, рейтинга университетов, показатель цитируемости и др., вызывает серьезные сомнения. Очевидно, что мы имеем дело с активным процессом, а оценка качества его ведения и его итоги являются всегда субъективными. Подобные исследования, несомненно, важны, так как они опираются на реальность.

Библиографический список

1. Народное образование// БСЭ – Т.24, 2-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1977.– 575 С.
2. Дискуссия об образовании. Вестник Сибирского Государственного Аэрокосмического Университета имени академика М.Ф. Решетнева. Вып. 5. Красноярск 2010 – С. 197-206.
3. Тарасенко Ф.П. Моделирование и феномен человека. Ч.1. Моделирование – инфраструктура взаимодействий человека с реальностью – М.: Научные технологии, 2012. – 137 С.
4. Медведев А.В. О компьютерном исследовании активных систем // Проблемы управления в социальных системах.Т.5. Вып.8. Томск, 2013. С. 86-104.
5. Катковник В.Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных: метод локальной аппроксимации. М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 336 С.
6. Перспективные технологии XXI века. В 2 книгах. К 1. : монография / [авт.кол. : Абдуллин И.Ш., Абуталипова Л.Н., Азанова А.А., Медведев А.В. и др.]. – Одесса: изд.-во КУПРИЕНКО СВ, 2013 – 162 С.
7. Арнольд В.И. Теория катастроф/ В.И. Арнольд, М.: Наука, 1990.

УПРАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Кузнецов С.Н., Волынкина Е.П.

*Администрация г. Новокузнецка,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Твердые бытовые отходы составляют незначительную долю в общей массе отходов в России – около 1 %. С другой стороны, производители ТБО – жители страны или региона, наоборот, являются значительно более массовыми по сравнению с промышленными отходами. При этом ответственность за организацию обращения с ТБО возложена по законодательству на региональные и местные органы власти, т.е. также очень сильно рассеяна по сравнению с ответственностью за промышленные отходы, так как только городов в России насчитывается 998.

Как правило, организацией управления ТБО занимаются отделы или комитеты местных администраций, отвечающие в целом за ЖКХ, вынужденные решать множество других проблем в этой области и не имеющие достаточного времени и специалистов для создания эффективной и экологически безопасной системы управления ТБО на своей территории.

В то же время, известные организационные и технологические решения обращения с ТБО являются типовыми во всем мире и входят в перечень наилучших доступных технологий. В связи с этим целесообразно разработать универсальную модель управления ТБО, которая может быть использована в любом регионе или городе.

В регионе могут использоваться различные системы сбора ТБО и технологии их утилизации, обуславливающие различную величину тарифа (затрат) и разный уровень воздействия на окружающую среду. Поэтому региональные и местные органы власти должны иметь возможность оценить эти факторы как в условиях существующей системы, так и в перспективе с учетом конкретного варианта технологии сбора или утилизации. Это позволит создать планы по управлению отходами и реализовать в них экономически и экологически обоснованную и эффективную политику обращения с отходами. Для этой цели разработана модель регионального управления ТБО, реализованная в программе Excel с Visual Basic interface.

Модель регионального управления ТБО разработанная на основании жизненного

цикла отходов, соединенного с управляющими компонентами процесса управления для ТБО, представлена на рисунке 1.

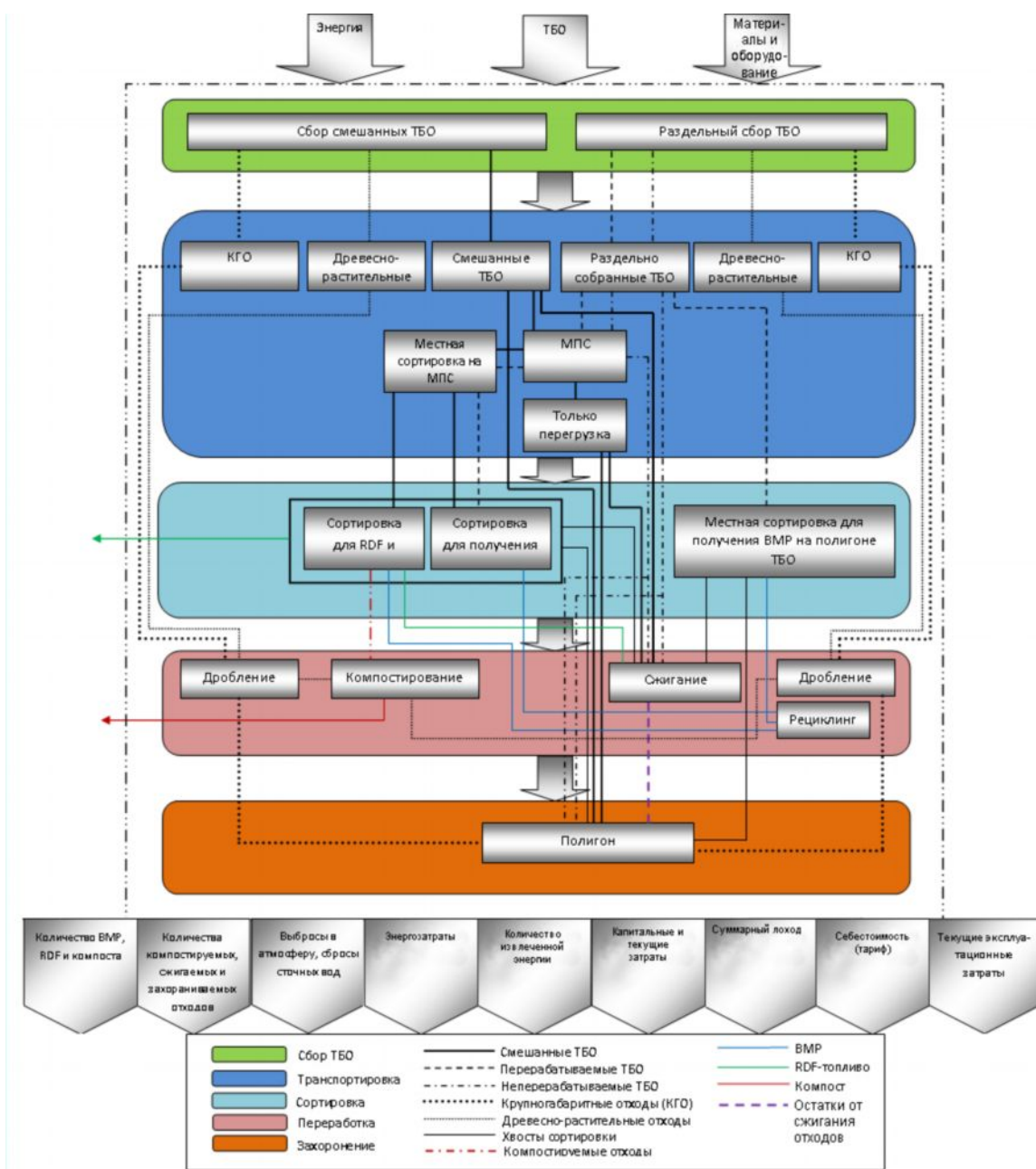


Рисунок 1 – Модель регионального управления ТБО

Жизненный цикл ТБО начинается с момента образования и заканчивается захоронением отходов на полигоне и включает ряд стадий управления или т.н. операций по обращению с твердыми отходами потребления. В модель заложены следующие стадии управления ТБО:

- 1) сбор;
- 2) транспортировка;
- 3) сортировка;
- 4) переработка;
- 5) захоронение.

Входными параметрами модели являются:

– затрачиваемая энергия;

– масса образующихся ТБО;

– капитальные затраты.

Выходными параметрами модели являются:

– количество компостируемых, сжигаемых и захораниваемых отходов;

– текущие эксплуатационные затраты;

– полученная энергия и энергетическая эффективность модели;

– выбросы загрязняющих веществ и сбросы сточных вод;

– количество получаемых ВМР, вторичного топлива RDF и компоста;

– суммарный доход модели.

Модель предполагает ряд стратегий (сценариев) управления, которые включают в себя определенный набор операций (стадий) по обращению с ТБО. В модель заложено 13 основных сценариев:

1. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → захоронение на полигоне;

2. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МСЗ → сжигание смешанных ТБО на МСЗ.

3. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → мусороперегрузка на МПС → транспортировка на полигон ТБО → захоронение на полигоне;

4. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → мусороперегрузка на МПС → транспортировка на МСЗ → сжигание смешанных ТБО на МСЗ;

5. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов сортировки МСЗ → сжигание хвостов на МСЗ;

6. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью получения RDF и компоста → компостирование → транспортировка хвостов сортировки и RDF на МСЗ → сжигание хвостов сортировки и RDF на МСЗ;

7. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО → захоронение на полигоне;

8. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью получения RDF и компоста → компостирование → транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО и RDF на МСЗ → сжигание RDF на МСЗ → захоронение хвостов сортировки на полигоне.

9. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → местная сортировка на полигоне с целью извлечения ВМР → захоронение хвостов сортировки на полигоне;

10. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → местная сортировка на полигоне ТБО с целью получения RDF и компоста → компостирование → захоронение хвостов на полигоне;

11. Раздельный сбор ТБО на два потока (см. 2.1.1.1) → транспортировка на МПС → местная досортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов на полигон ТБО → захоронение на полигоне;

12. Раздельный сбор ТБО на два потока → транспортировка на МПС, местная досортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов на МСЗ → сжигание на МСЗ.

13. Раздельный сбор ТБО на два потока → транспортировка на полигон ТБО → местная досортировка на полигоне с целью извлечения ВМР → захоронение хвостов на полигоне.

Разработаны схемы материальных потоков смешанных и отдельно собираемых ТБО, а также методики расчета материальных, энергетических потоков и экологических воздействий.

На основе созданной модели разработана программа «Оценка систем управления

ТБО», включающая комплексную оценку четырех критериев конечных параметров сценариев модели:

1. Материальные потоки (материальный баланс) отходов (ТБО, хвосты сортировки, ЗШО от сжигания отходов) и продукции из ТБО (BMP, RDF, компост).

2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и сбросы сточных вод.

3. Энергетические потоки (затраты и получение энергии, энергетическая эффективность сценария).

4. Экономические параметры (капитальные, текущие (эксплуатационные) затраты, суммарный доход и экономическая эффективность сценария).

Блок-схема алгоритма программы представлена на рисунке 2.

Программа содержит 9 рабочих листов:

1) Входные параметры;

2) Смешанные ТБО;

3) Раздельный сбор;

4) Сортировка;

5) Компостирование;

6) Сжигание;

7) Захоронение на полигоне;

8) Таблица сценариев;

9) Выходные параметры.

Вид и оформление рабочих листов представлены на рисунке 3.

На каждом рабочем листе приведены подробные инструкции по вводу исходных данных. Исходные данные вводятся в соответствующие ячейки электронной таблицы Excel. Значения вводимых параметров выделяются оранжевым цветом шрифта. Значения рассчитываемых параметров, а также параметров, используемых по умолчанию, выделены белым цветом. В ячейках, выделенных белым цветом необходимо осуществить выбор параметра сценария управления ТБО (рисунок 4).

После того как введены данные на текущем рабочем листе, переходят на следующий лист для дальнейшего ввода данных, для чего необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по вкладке соответствующего листа.

Рассчитываемые в программе выходные параметры, представленные как в табличном виде, так и графически, включают:

– материальные потоки;

– экологические показатели;

– экономические показатели;

– энергетические потоки.

Программа содержит сводную таблицу всех введенных в программу сценариев и позволяет выполнить их сравнительную оценку по каждому выходному параметру.

Для оценки материальных потоков рассчитываются следующие показатели:

– образование ТБО, т/год;

– количество компостируемых отходов, т/год;

– количество сжигаемых отходов, т/год;

– количество захораниваемых отходов, т/год;

– общее количество извлекаемых BMP, т/год;

– количество получаемого RDF–топлива, т/год;

– количество получаемого компоста, т/год.

Экологическая оценка сценариев производится по следующим показателям:

– выбросы в атмосферу, кг/год (оксид углерод, углеводороды, оксиды азота, взвешенные вещества, диоксид серы, аммиак, сероводород, хлор и др., суммарные выбросы);

– сбросы сточных вод, м³/год, включая фильтрат полигонов и сточные воды площадок компостирования.

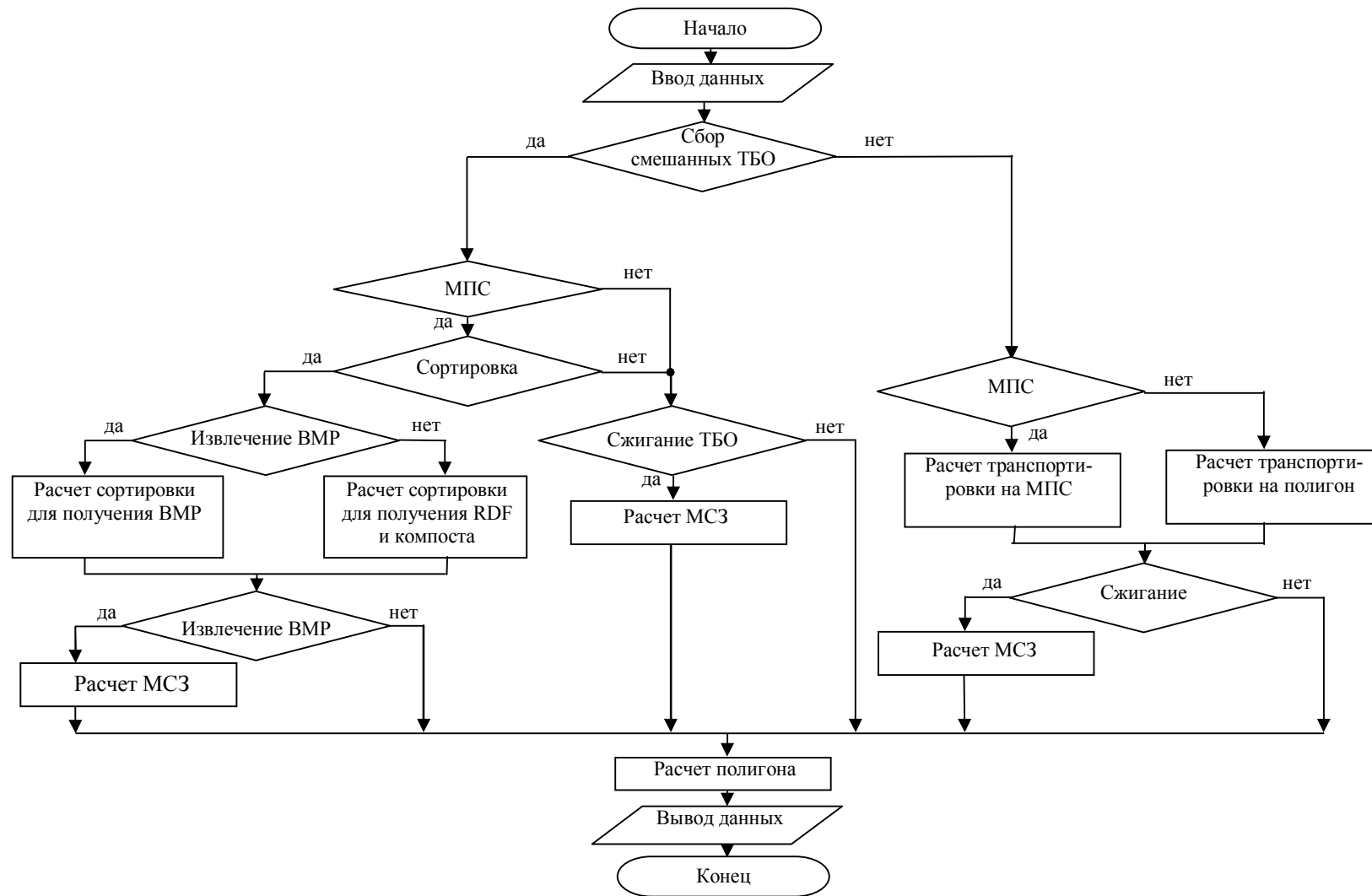


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма управления ТБО

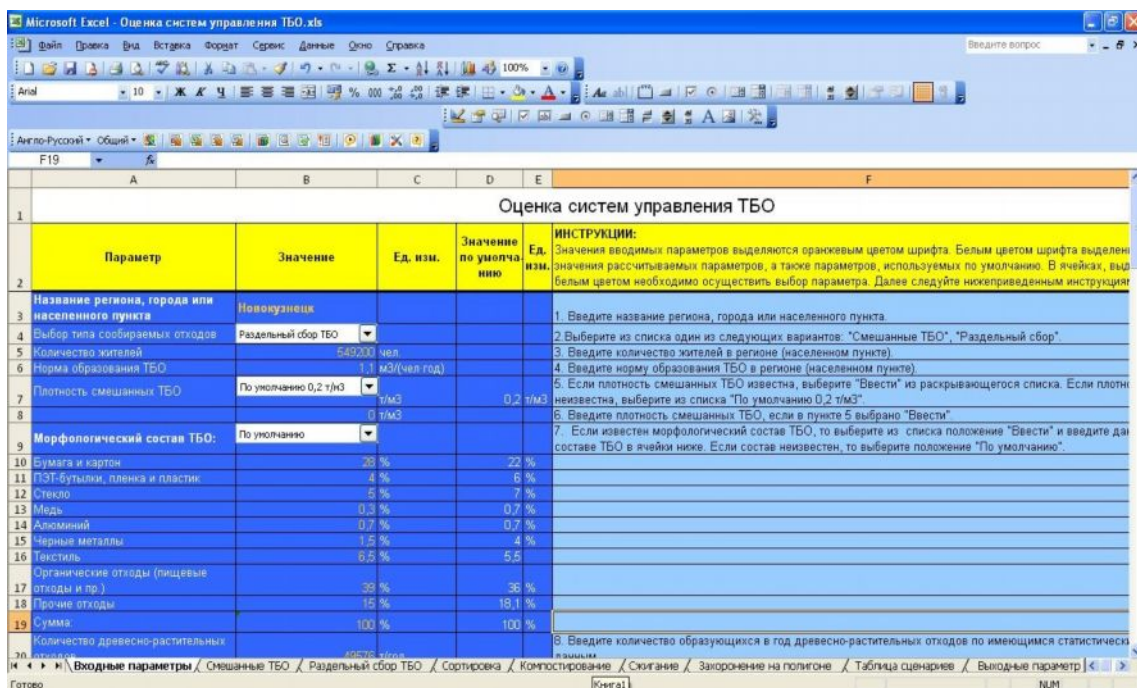


Рисунок 3 – Вид и оформление рабочих листов программы

Параметр	Значение	Ед. изм.	ИНСТРУКЦИИ
Количество ТБО	Контейнер металлический без крышки Контейнер ТБО оцинкованный 770 л (ЕВРО) Контейнер оцинкованный 1100 л с пластиковой крышкой (ЕВРО) Контейнер оцинкованный 770 л (ЕВРО) Контейнер оцинкованный 1100 л (ЕВРО)		1. Если расчет выполнен, выберите вариант из списка
Ввод	Пластиковый контейнер "Стандарт 80" Пластиковый мусорный контейнер "Стандарт 120" Пластиковый мусорный контейнер "Стандарт 240" Пластиковый мусорный контейнер "Стандарт 360"		2. Введите количество жителей в регионе (населенном пункте)
Пересчет	Пластиковый мусорный контейнер 660 л Пластиковый мусорный контейнер 770 л Пластиковый мусорный контейнер 1100 л		3. Введите норму образования ТБО в регионе (населенном пункте)
Вариант сб	Бункер-накопитель (сменный кузов) 6 куб. м. Бункер-накопитель (сменный кузов) 7 куб. м. Бункер-накопитель (сменный кузов) 8 куб. м.		4. Если плотность смешанных ТБО известна, выберите "Ввести" из раскрывающегося списка. Если плотность неизвестна, выберите из списка "По умолчанию 0.2 т/м3"
Тип контейнера	Пластиковый мусорный контейнер 1100 л		5. Введите плотность смешанных ТБО, если в пункте 5 выбрано "Ввести"
Емкость контейнера, м3		1,1 м3	6. Введите морфологический состав ТБО, то выберите из списка положение "Ввести" и введите данные по составу ТБО в ячейки ниже. Если состав неизвестен, то выберите положение "По умолчанию"
Стоимость контейнера	По умолчанию		7. Введите количество образующихся в год древесно-растительных отходов по имеющимся статистическим данным
Ввод стоимости		0 руб.	
Стоимость, руб./м3		15000 руб./шт	

Рисунок 4 – Выбор параметра сценария

Энергетическая оценка сценариев производится по показателям:

- суммарные энергозатраты, ГДж/год;
- количество извлекаемой энергии из отходов (тепловой и электрической в сумме), ГДж/год;
- количество получаемой энергии от сжигания биогаза, ГДж/год;
- количество получаемой энергии от сжигания отходов (тепловой и электроэнергии в сумме), ГДж/год;
- энергетическая эффективность сценария, ГДж/год.

Экономические показатели включают:

- суммарные и удельные капитальные затраты данного сценария, тыс. руб./год и руб./т отходов;
- суммарные и удельные эксплуатационные затраты сценария, тыс. руб./год, руб./т

отходов и руб./чел*год;

– суммарный доход сценария, тыс. руб./год;

– экономическая эффективность сценария, тыс. руб./год.

Сравнительная оценка нескольких сценариев и выбор оптимального сценария производятся по следующим критериям (расположены в порядке убывания важности):

1. Минимальное количество отходов, подлежащих захоронению, и максимальное вовлечение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот.

2. Наибольшая энергетическая эффективность с минимальными затратами энергоресурсов.

3. Наименьшее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов сточных вод.

4. Низкие срок окупаемости и эксплуатационные затраты.

На рисунках 5–8 представлены результаты расчетов, выполненных для г. Новокузнецка, по трем сценариям:

1) существующая система обращения с ТБО;

2) сбор смешанных ТБО – транспортировка на МПС – сортировка на МПС для получения ВМР – транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО – захоронение с извлечением энергии;

3) отдельный сбор ТБО – транспортировка на МПС – местная сортировка на МПС для извлечения ВМР – транспортировка хвостов сортировки и неперерабатываемых ТБО на МСЗ – сжигание на МСЗ – захоронение ЗШО на полигоне.

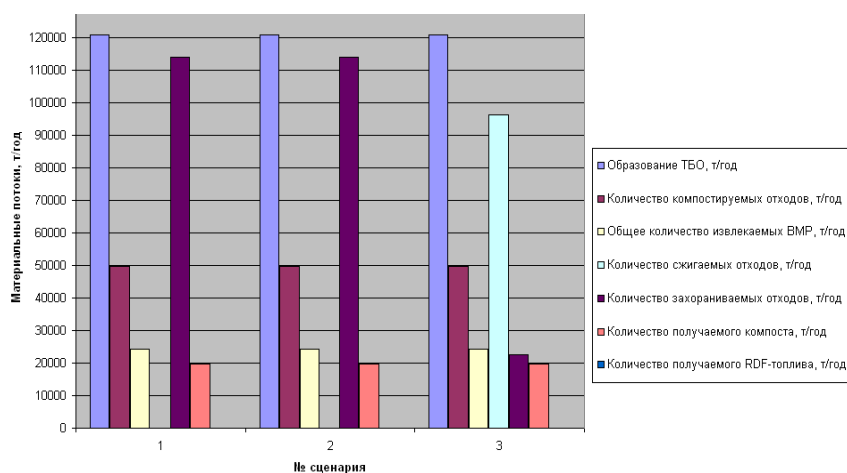


Рисунок 5 – Материальные потоки сравниваемых сценариев управления ТБО

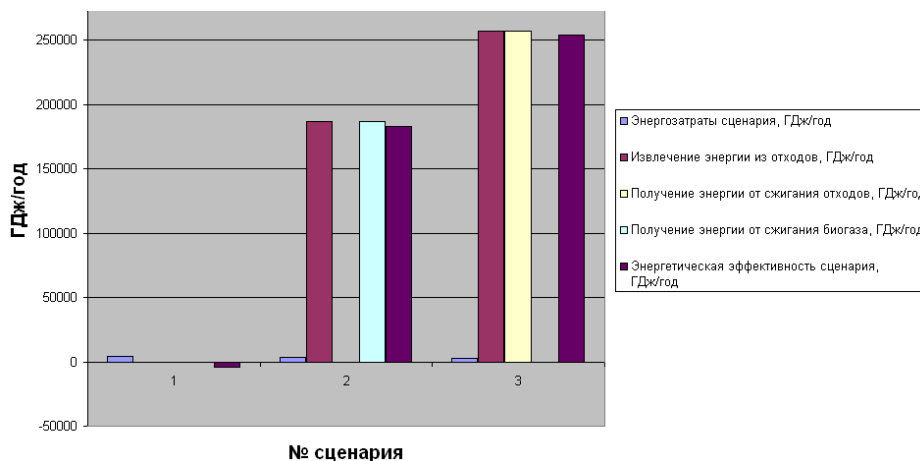


Рисунок 6 – Энергетические потоки сравниваемых сценариев управления ТБО

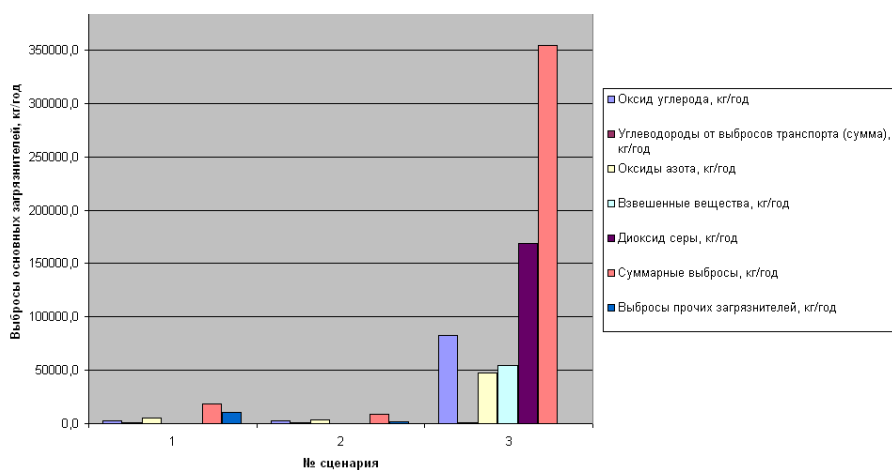


Рисунок 7 – Выбросы в атмосферу сравниваемых сценариев управления ТБО

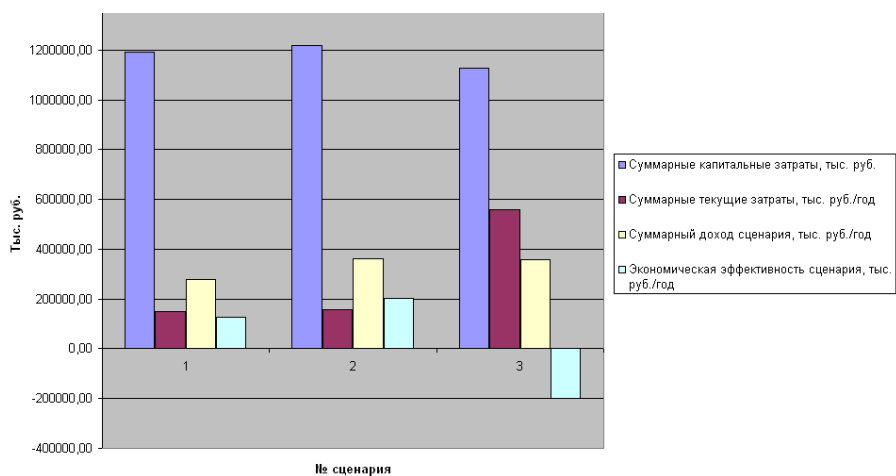


Рисунок 8 – Экономические показатели сравниваемых сценариев управления ТБО

Представленные результаты расчетов показывают, что существующий сценарий управления ТБО в г. Новокузнецке уступает предлагаемым сценариям по всем оцененным критериям. По результатам оценки в соответствии с приоритетностью критериев оптимальным из рассмотренных сценариев является сценарий 3.

Разработанная программа может быть использована для любого населенного пункта или региона.

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

Спирин Н.А., Рыболовлев В.Ю., Лавров В.В., Щипанов К.А., Истомин А.С.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
г. Магнитогорск

Конечная цель разработок систем управления технологическими процессами в металлургии – создание системы, обеспечивающей нормальную работу производства в целом при минимальной себестоимости продукции с учетом ограничений, обусловленных требованиями к качеству продукции, технологии и возможностям оборудования. В области

управления технологическими процессами в металлургии сегодня необходимо на основе разработки средств получения объективной информации о параметрах технологического процесса и имеющихся возможностей использования средств интеллектуального обеспечения максимально приблизить управление производством к автоматизированному.

Следует отметить особую роль математических моделей. Известный русский академик А.Н. Крылов в 1937 г. еще в период зарождения вычислительной техники и информатики предупреждал, "что если в вычислительное устройство загрузить информационный мусор, то на выходе вычислителя получим также мусор". Последующий опыт показывает, что только использование адекватных моделей разного класса (математических моделей технологических процессов, моделей знаний, моделей распознавания образов, моделей данных и т. п.) может обеспечить успешность и эффективность функционирования информационных систем. Интеллектуальным ядром такой переработки информации являются математические модели технологических процессов.

Итак, использование математических моделей объектов в процессе их функционирования – одна из основных характерных черт современной теории управления. Заметим, что математическое содержание проблемы управления в трудах крупных математиков получило существенное развитие [1 – 3]. В то же время академик РАН А.А.Красовский совершенно справедливо отмечал, что «... в развитии современной теории управления с точки зрения практики далеко не все обстоит благополучно. Классическую теорию автоматического управления в основном создавали инженеры для инженеров. Современную теорию управления создают в основном математики для инженеров и во все большей мере математики для математиков» [1]. Последнее с точки зрения практики вызывает определенное беспокойство. Главное негативное влияние на практическое внедрение методов современной теории управления оказывает масса оторванных от практических потребностей и возможностей работ интересных в математическом отношении, но пока бесплодных в отношении современных приложений. Нельзя отрицать право на существование математической современной теории управления как раздела математики, развивающегося по собственным законам и находящего применение по мере возникновения соответствующих потребностей. Однако такая математическая сторона современной теории управления должна быть достаточно четко выделена по отношению к прикладной ее стороне. Главная проблема заключается в принципиальном игнорировании многими математиками такого фундаментального понятия, как физическая сущность и индивидуальные особенности управляемого объекта [2]. Если на начальном этапе развития классической теории автоматического управления, а в последующем в математической теории оптимального управления, такое абстрагирование от физического содержания, несомненно, было полезным с точки зрения разработки основ теории, то сегодня развитие теории управления требует возврата и учета основополагающих свойств объекта управления, но уже на новом качественном уровне развития современной прикладной теории управления. В современной теории математическое содержание во многом подавляет физическое начало, формальный вычислительный подход не может быть перспективным направлением в развитии прикладной теории управления, несмотря на мощь современной вычислительной техники [2, 3]. Следует особо подчеркнуть, что начавшаяся еще в конце 1960-х годов «компьютерная эйфория», сводящая сложную проблему математического моделирования технологических процессов и синтеза систем управления лишь к вычислительной мощности ЭВМ, полностью себя исчерпала. Этим, вообще говоря, во многом и завершается формально-математический этап развития теории моделирования и управления в XX в. и начинается этап развития физической теории моделирования и управления [2, 3].

Несмотря на информатизацию, развитие вычислительной математики и алгоритмов идентификации, банки сертифицированных (верифицированных) математических моделей остаются слабо заполненными. Это связано с большими интеллектуальными и временными затратами на создание адекватных математических моделей сложных процессов и сис-

тем. Для новых процессов и систем высокой сложности это создает большие трудности, так как эти процессы и системы, как правило, не могут функционировать без управления, а математическая модель часто не может быть идентифицирована и сертифицирована без реально функционирующей системы. Методологической основой создания моделей технологических процессов являются общая теория систем и системный анализ [4, 5]. При использовании этой методологии модель технологических процессов состоит из математических моделей не только отдельных элементов, но и взаимодействия между элементами и внешней средой, описываемых оператором взаимодействия (взаимосвязи). Каждый элемент математической модели может иметь различную степень детализации математического описания. Важно лишь, чтобы входные и выходные параметры всех элементов модели находились во взаимном соответствии, что обеспечит получение замкнутой системы уравнений математической модели процесса в целом. В идеале математическое описание каждого элемента должно включать уравнения, параметрами которых являются только физико-химические свойства веществ. Однако получить такое фундаментальное описание свойств всех элементов, их взаимосвязей и при существующем уровне знаний и исследований некоторых явлений металлургических процессов в настоящее время не всегда представляется возможным. Это связано еще и с тем чрезвычайным усложнением математического описания свойств элементов, что оно само по себе приводит к резкому усложнению математической модели процесса в целом и, кроме того, вызывает существенные вычислительные трудности при ее реализации. В связи с этим при практическом использовании описанного алгоритма на том или ином уровне детализации приходится применять и эмпирические соотношения.

Проиллюстрируем эти положения на примере доменного процесса. В истории науки и техники отечественные ученые-доменщики оказались пионерами в создании систем автоматического управления технологическими процессами. Работы по формализации методов управления тепловым режимом доменной плавки, начатые в СССР профессорами А.А. Гиммельфарбом, А.Д. Готлибом, Б.И. Китаевым, А.Н. Похвисневым, А.Н. Раммом, В.А. Сорокиным, М.А. Стафановичем, С.В. Шавриным и другими, обеспечили в свое время приоритет в мировой науке и практике. В то же время надежды, связанные с тем, что удастся дать полное математическое описание доменного процесса, не оправдались. Современный уровень математического описания явлений в доменной печи не позволяет вскрыть все тонкости доменного процесса [6 – 11].

Составление и решение системы дифференциальных уравнений, описывающих закономерности тепло- и массообмена с учетом кинетики протекающих в объеме печи химических реакций, лежат в основе кинетических моделей доменного процесса [12 – 14]. Как показывает практика, кинетические модели позволяют решать определенный круг практических задач: получать температурные и концентрационные поля доменной печи при плавке специальных чугунов, вдувании горячих восстановительных газов; оценивать влияние на показатели работы печи таких параметров плавки, как восстановимость, степень металлизации железорудных материалов, реакционная способность кокса; определять общие закономерности динамических характеристик печи по различным каналам. В ряде случаев кинетические модели обогащаются моделями газодинамики, что расширяет область их применимости [12, 14]. При условиях значительного расширения методов численного моделирования и дальнейшего исследования доменного процесса в перспективе появятся реальные предпосылки для использования полных аналитических кинетико-математических моделей доменного процесса с большими возможностями.

В то же время сегодня существуют серьезные проблемы при создании и использовании кинетических моделей этого класса, которые сводятся к следующим [15]:

– отсутствие достаточных данных для достоверного описания процессов, протекающих в нижней части печи. Так, нет надежных данных о зависимости скоростей восстановления железа и кремния от температуры, состава шлака и кокса, о коэффициентах теп-

лоотдачи между газом, коксом и жидкими продуктами плавки, не поддается полному математическому описанию продолжительность пребывания чугуна и шлака между горизонтами перехода в жидкое состояние и уровнем фурм;

– проблематичность учета влияния неравномерности распределения компонентов шихты и газа, фракционного состава шихты на ход процессов теплообмена, восстановления окислов, газификации углерода и др.;

– обязательность введения существенных допущений, положенных в основу моделей этого класса, обусловленных необходимостью предварительного определения кинетических характеристик железорудного сырья и соответствующей параметрической настройки модели для конкретных условий доменной плавки ограничивают их практическую применимость для решения задач текущего анализа, прогноза и управления ходом плавки;

– недостаточная изученность и сложность описания движения шихтовых материалов, расплава в доменной печи.

Данные обстоятельства не позволяют устранить основное противоречие этого подхода, а именно: увеличение сложности модели и числа учитываемых факторов не приводит к повышению надежности результатов моделирования. В силу изложенного можно согласиться с выводом И.Г. Товаровского [11], что «...для прогноза выходных параметров плавки на данном этапе развития целесообразно использовать относительно простые зависимости для теплообмена, газомеханики и других процессов, совмещенные с балансовыми уравнениями, результаты которых легко контролировать данными практики». При этом найдет применение натурная информация о работе доменной печи, появится возможность адаптации модели в темпе с процессом, а результаты моделирования можно будет легко контролировать по фактическим (натурным) данным. Подчеркнем дополнительно, что одна из главных проблем математического моделирования доменного процесса связана с разрешением противоречий между сложностью моделируемого процесса и необходимостью решения технологических задач в одном темпе с процессом за заданный интервал времени с использованием реально имеющейся информации. Как показывает практика, с помощью полных моделей доменного процесса решить эту проблему не удастся. Определение конечных результатов доменной плавки с использованием прогнозных моделей этого класса дает не бóльшую достоверность, чем некоторые балансовые модели.

В основу модели теплового состояния современной доменной плавки положены закономерности теплообмена, разработанные Б.И. Китаевым и развитые его учениками [8–10]. Перспективным для решения рассматриваемых задач оказался натурно-математический подход, разработанный в Сибирском индустриальном университете [16–17]. Применительно к доменному процессу этот подход использован Б.И. Китаевым и его учениками Е.Л. Сухановым и С.А. Загайновым [9, 18]. Выполненными ими исследованиями установлено, что модель теплового состояния доменной печи в целом пригодна для решения задач контроля и анализа теплового режима этого агрегата. Однако были выявлены и недостатки: особенности дутьевого, газодинамического и шлакового режимов, неравномерность распределения материалов и газов не находили должного отражения в этой модели, что ограничивало область ее практического применения. Используя методологию системных исследований, последующее совершенствование модели доменного процесса путем учета особенностей газодинамического, дутьевого и шлакового режимов, реально доступной информации о работе доменной печи, неравномерности распределения материалов и газов значительно расширили возможности этой модели [19–21]. Следует особо отметить, что при разработке моделей этих подсистем, параметрической идентификации широко использовались достижения других ведущих отечественных научных школ в области исследования и математического моделирования доменного процесса, а также хорошо проверенные практикой эмпирические уравнения. Однако основой моделей этих подсистем остаются фундаментальные, физические представления о процессах доменной плавки.

Несмотря на многообразие математических моделей доменного процесса, боль-

шинство их расчетное, т. е. позволяют исследовать методом перебора один или несколько заранее выбранных вариантов работы печи, но не дают возможности аналитически рассчитывать область оптимальных параметров доменного процесса. Выбор таких параметров зачастую проводится на основании практических данных, интуитивных соображений. Оценивая в целом состояние реально функционирующих систем оптимального управления технологическими процессами и их комплексами в металлургии, следует констатировать, что и здесь имеется внутренняя причина слабого внедрения такого класса систем, особенно для сложных систем [20 – 22]. Необходимо объединение современной теории оптимального управления с математическими моделями технологических процессов, основу которых составляют фундаментальные закономерности, отражающие физику технологических процессов в металлургии. Такой подход возвращает теорию управления к естественным источникам ее возникновения, но на новом, естественно-математическом витке ее развития [2].

Именно примером физического подхода в использовании теории оптимального управления является решение задач управления выбором состава доменной шихты, распределением топливно-энергетических ресурсов в доменном производстве [20–21]. Наибольшие сложности связаны с разработкой методов количественной оценки влияния того или иного ресурса на показатели плавки в конкретной технологической ситуации.

При постановке и решении требуется не только изучение характеристик, описывающих влияние изменений условий плавки на технико-экономические показатели работы отдельных печей, но и выполнение детального анализа для математического описания как внешних, так и внутренних ограничений, учета различных функций кокса в доменной плавке. При выборе основных ограничений при решении задач оптимизации распределения топливно-энергетических ресурсов применены физическое обоснование и классификация лимитирующих факторов при использовании комбинированного дутья в доменные печи, представленные в работах [8–9]. Разработанная с учетом этих положений модель позволяет решать задачи оптимального распределения расхода природного газа и технологического кислорода в различных технологических ситуациях [20, 22].

Математически решение этой задачи выбора оптимального состава доменной сводится к нелинейному математическому программированию [21]. 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 в агломерационную шихту; расходами флюсов в доменную шихту; соотношением компонентов железорудной части доменной шихты; дутьевыми параметрами и параметрами комбинированного дутья; любой комбинацией указанных вариантов.

В порядке объективности следует отметить, что в последние десятилетия активно разрабатываются и новые, относительно формальные подходы к оценке состояния и управлению плохо структурированными технологическими процессами: экспертные системы и системы распознавания образов [19, 21, 23]. Целесообразность использования этих методов обусловлена: во-первых, исключительной сложностью явлений, свойственных доменному процессу; во-вторых, существенным развитием теории моделирования знаний, теории распознавания образов; в-третьих, созданием мощных баз данных реального времени технологических параметров. Так, метод распознавания образов предназначен для моделирования зависимостей не на основе математических моделей процессов, имеющих знания (об этих зависимостях), а на принципах обучения, когда модель строится на основании анализа некоторого, достаточно большого статистического материала (обучающей выборки). Прогноз содержания Si в чугуне на предстоящем выпуске состоит в том, чтобы отобразить соответствующий вектор параметров плавки в пространство признаков и с помощью решающего правила установить, в области какого класса (низкое, нормальное

или высокое содержание кремния) находится соответствующая точка. Решающее правило, полученное при использовании подсистемы признаков, показало 83 % правильного распознавания векторов экзаменуемой выборки [23].

Заключение.

Сегодня становится очевидной роль алгоритмов и компьютерных программ для решения комплекса технологических задач в области металлургии. Анализ в целом состояния вопроса по реально используемым математическим моделям в практике показывает: в настоящее время разрыв между потенциальными возможностями средств автоматизации и реальными возможностями используемого программного обеспечения огромен. В связи с этим следует выделить научные проблемы, первостепенными из которых являются:

- совершенствование существующих и разработка новых компьютерных методов получения и оценки достоверности информации о состоянии технологического процесса;
- использование современных достижений в области математического моделирования, моделирования знаний, распознавания образов, теории и практики современной металлургии, теории управления при разработке автоматизированных систем управления;
- разработка на основе современных принципов соответствующего математического, алгоритмического и программного обеспечения.

Библиографический список

1. Справочник по теории автоматического управления: под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
2. Колесников А.А. Современная прикладная теория управления : под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: изд. ТРТУ, 2000. Ч. 1 – 400 с., Ч. 2 – 559 с., Ч. 3 – 656 с.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука, Физматлит. 1997. – 320 с.
4. Введение в системный анализ теплофизических процессов металлургии / Н.А. Спиринов, В.С. Швыдкий, В.И. Лобанов, В.В. Лавров. – Екатеринбург: УГТУ, 1999. – 205 с.
5. Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов тепломассопереноса / В.С. Швыдкий, Н.А. Спиринов, М.Г. Ладыгичев и др. – М.: Интермет-Инжиниринг, 1999. – 520 с.
6. Юсфин Ю.С. Металлургия чугуна; под ред. Ю. С. Юсфина. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. – 774 с.
7. Рамм А.Н. Современный доменный процесс. – М.: Металлургия, 1980. – 304 с.
8. Китаев Б.И., Ярошенко Ю.Г., Лазарев Б.Д. Теплообмен в доменной печи. – М.: Металлургия, 1966. – 355 с.
9. Теплотехника доменного процесса / Б.И. Китаев, Ю.Г. Ярошенко, Е.Л. Суханов и др. – М.: Металлургия, 1978. – 248 с.
10. Теплообмен и повышение эффективности доменной плавки / Н. А. Спиринов, Ю. Н. Овчинников, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УГТУ, 1995. – 243 с.
11. Товаровский И.Г., Севернюк В.В., Лялюк В.П. Анализ показателей и процессов доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 420 с.
12. Доброскок В.А., Кузнецов Н.А., Туманов А.И. Математические модели процессов газодинамики и восстановления в доменной печи // Изв. вузов. Черная металлургия. 1985. № 3. С. 145 – 146.
13. Мойкин В.И., Бабушки Н.М., Боковиков Б.А. Анализ работы доменной печи на комбинированном дутье с применением метода математического моделирования // Сталь. 1984. № 4. С. 9 – 14.
14. Дмитриев А.Н. Математическое моделирование доменного процесса –Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 162 с.
15. Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель

- доменного процесса. – М.: Наука, 1991. – 92 с.
16. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В.Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. М.: Издат. объединение «Российские университеты», 2008. – 487 с.
 17. Прогнозирование в системах управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко. СибГИУ. – Новокузнецк: 2002. – 358 с.
 18. Загайнов С.А., Онорин О.П., Гилева Л.Ю. Разработка и внедрение математического и программного обеспечения для гибких технологических режимов работы доменных печей // Сталь. 2000. № 9. С. 12 – 15.
 19. Информационные системы в металлургии. / Н.А. Спириин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов и др. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2001. – 617 с.
 20. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спириин, В.Л. Терентьев и др. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2005. – 301 с.
 21. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спириин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др. – Екатеринбург: УрФУ, 2011.- 456 с.
 22. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А. Спириин, В.В. Лавров, С.И. Паршаков. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2006. – 307 с.
 23. Казанцев С.В., Спириин Н.А. Использование распознавания образов для управления сложными объектами на примере доменной плавки // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2006. – № 2. С. 54 – 57.

ПОДОБИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПРОГНОЗИРУЮЩИМИ ФИЗИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ

Евтушенко В.Ф., Старовацкая С.Н., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

К современным системам управления предъявляются все большие требования, что ведет к их значительному усложнению. Поэтому как при создании, так и при функционировании систем управления большая роль отводится процессам моделирования, в том числе и с использованием физических моделей. Физическое моделирование, в основу которого положены методы и критерии теории подобия, часто применяют при создании и исследовании новых технологических объектов и протекающих в них процессов преобразования энергии и вещества.

В теории управления имеется специальный класс систем управления с использованием физических прогнозирующих моделей [1]. Прогнозирующий режим функционирования физических моделей, которые являются, как правило, малоразмерными, обеспечивается в этих системах ускоренным временем протекания технологического процесса. Выделим два возможных класса систем управления с использованием физической модели управляемого объекта. Общим свойством этих систем является наличие взаимодействующих друг с другом натурной и модельной систем управления, но способ их взаимодействия принципиально отличен, что приводит к различию и в условиях подобия.

В системах первого класса натурная и модельная системы управления функционируют параллельно, а результаты выработки модельных управляющих воздействий после их соответствующего пересчета передаются в управляющую часть натурной системы, например, в виде советов. Такая же схема взаимодействия натурной и модельной систем управления имеет место и при решении различного рода исследовательских задач, требующих использования физических моделей (рисунок 1). На рисунке 1 приняты следующие обозначения: U , Y – векторы управляющих и выходных воздействий; надстрочные индексы обозначают: «н» – натурное, «м» – модельное, * – задающее воздействия; «нм» –

пересчитанное для натурального объекта модельное управляющее воздействие; «мн» – пересчитанное для физической модели натурное выходное воздействие.

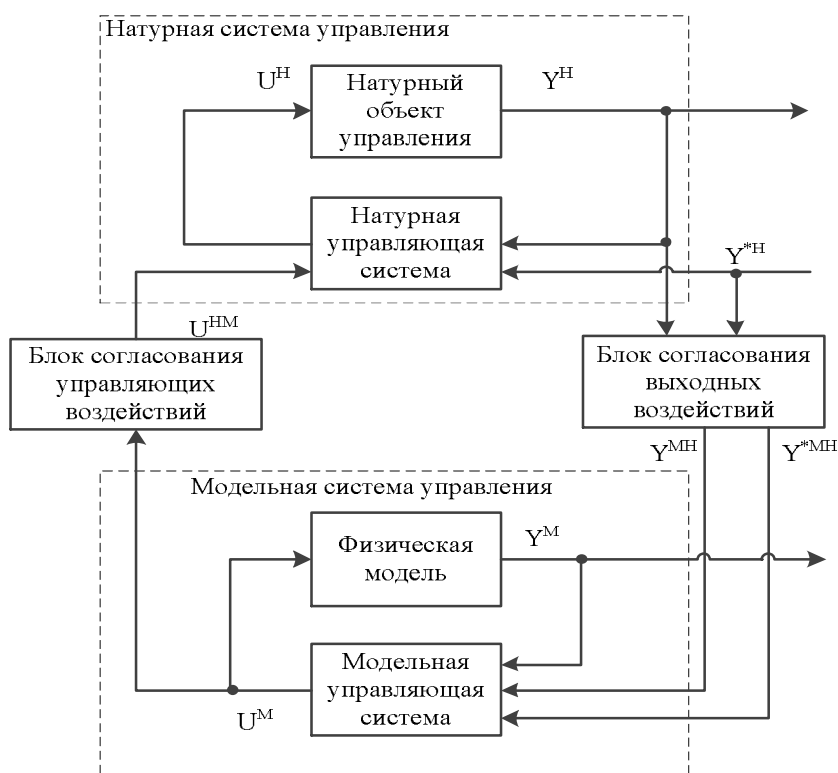


Рисунок 1 – Структура системы первого класса

Ко второму классу относятся системы управления с физической прогнозирующей моделью, которые имеют другую структуру (рисунок 2).

Отличительной ее особенностью является то, что модельная система управления является составной частью натурной системы управления, непосредственно встроенной в ее управляющую часть. Успешное функционирование этой системы обеспечивается так же, как и в первом случае, когда доказано подобие натурной и модельной систем. Однако здесь наряду с общими для систем первого класса условиями динамического подобия натурной и модельной систем имеются и существенные отличия.

Понятие подобия модели и ее оригинала связано с понятием адекватности модели. В дальнейшем будем ориентироваться на те понятия, которые изложены в [2], где под подобием понимается соответствие между оригиналом и моделью, при котором известны правила перехода от параметров модели к параметрам объекта и наоборот, а математическое описание (если оно известно или может быть получено) допускает преобразование их к тождественному виду. Адекватность же модели – это ее способность отображать заданные свойства и условия функционирования объекта с требуемой точностью, т.е. можно считать, что адекватность модели является частным случаем подобия.

Современная теория подобия хорошо разработана и эффективно применяется лишь для определения подобия конструктивных характеристик объектов и протекающих в них процессов преобразования энергии и вещества [2]. Использование ее для систем управления в целом и отдельных ее элементов [3, 4] требует существенных дополнений и развития. В то же время можно отметить некоторые примеры применения безразмерных показателей при решении инженерных задач анализа и синтеза систем управления, где возникает необходимость раздельного сопоставления динамических свойств только каналов преобразования изменений входных воздействий объектов управления, характеристик этих воз-

действий, а также совместное рассмотрение динамических свойств воздействий и каналов их преобразования [5].

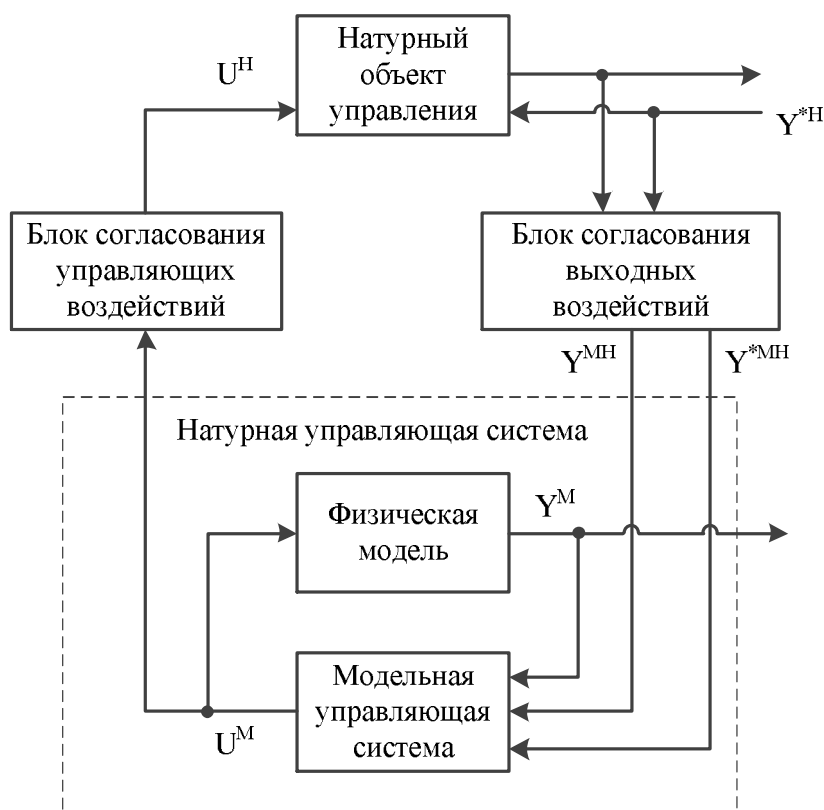


Рисунок 2 – Структура системы второго класса

В первом случае – это отношение времени чистого запаздывания к постоянной времени инерции, используемое, в частности, в инженерных методах параметрической настройки законов регулирования [5], с помощью которых при равных отношениях получают одинаковые значения параметров настройки для разных объектов регулирования. Во втором случае в задаче прогнозирования технических показателей циклических процессов на длительный интервал времени [6] предложено использовать показатели скейлинга [7] для сопоставления различных участков временных рядов данных. В третьем случае при оценивании области эффективной работы системы регулирования по отклонению сопоставляется время чистого запаздывания динамического канала преобразования воздействий с интервалом спада автокорреляционной функции этих воздействий [5]. Однако такого рода показатели не используются в явном виде как критерии подобия систем управления.

Задача построения подобной физической модели с одновременным воспроизведением модельных внешних воздействий, подобных натурным, является далеко не тривиальной. Во-первых, потому, что отсутствуют общепринятые критерии подобия для сопоставления натуральных и модельных реализаций внешних воздействий. Во-вторых, раздельное подобие динамических свойств преобразующих каналов модели и оригинала и подобие внешних воздействий еще не означает совместного подобия внешних воздействий и преобразующих каналов оригинала и модели. Значит, другой задачей при создании физических моделей объектов и систем управления является разработка класса общих критериев совместного подобия и условий тождественности модельных и натуральных внешних воздействий и преобразующих каналов натуральных объектов управления и их физических моделей.

Для конструктивного развития основных положений подобия систем управления приведем следующие утверждения [8].

Утверждение 1. Системы управления подобны, если их функционирование харак-

теризуется точным или приближенным равенством значений целевых показателей (критериев) эффективности управления.

Условия подобия систем управления, удовлетворяющие утверждению 1, можно записать в виде

$$|Q_j \{(t-T), t\} - Q_l \{(t-T), t\}| \leq \delta Q_{jl}^*; j \neq l; j = \overline{1, L}; l = \overline{1, L}, \quad (1)$$

где Q_j и Q_l – значения целевых показателей эффективности функционирования на заданном интервале времени T , соответственно, j -ой и l -ой системы управления; δQ_{jl}^* – величина, определяемая предельно допустимый (заданный) порог близости показателей Q_j и Q_l , при котором эффективность этих систем управления считается одинаковой; L – число систем управления.

Это утверждение может быть использовано не только для чисто технических, но и для организационных (активных) систем управления. Подтверждением этого является определение адекватности модели активной системы управления, приведенное в [9], где сказано, что для такой модели «критерием адекватности является эффективность управления».

Для того чтобы количественно оценить близость систем управления друг к другу с точки зрения их подобия, необходимо понятие степени подобия.

Утверждение 2. Под степенью подобия систем управления будем понимать количественную меру близости характеристик критериев эффективности управления этими системами.

В частности, такой количественной мерой может служить коэффициент корреляции между целевыми показателями, отражающими эффективность функционирования этих систем. Примером этого служит метод коррелированных процессов, изложенный в [10], где предлагается осуществлять «установление степени соответствия исходной и упрощенной систем ... по корреляционным моментам статистических значений вероятностных характеристик» этих систем.

Аналогично условию (1) подобия систем управления степень подобия систем управления также целесообразно оценивать с точностью до некоторого порога близости, имеющего примерно такой же смысл, что и в выражении (1).

Утверждение 3. Объекты управления являются подобными, если они удовлетворяют условиям совместного подобия контролируемых и неконтролируемых внешних воздействий и динамических каналов их преобразования.

При этом неконтролируемые воздействия целесообразно расчетным путем или экспериментально приводить к одному из управляющих входов [11], где они будут отображать совокупность влияния всех неконтролируемых воздействий в масштабе выбранного управляющего воздействия.

Утверждение 4. Условием совместного подобия объектов и входных воздействий на конечном интервале T является точное или приближенное равенство эффектов влияния входных воздействий на выходные воздействия объекта управления.

Это условие можно записать, например, с помощью следующих выражений

$$Y_j \{(t-T), t\} = Y_l \{(t-T), t\}; j \neq l; j = \overline{1, L}; l = \overline{1, L}; \quad (2)$$

$$Y_j \{(t-T), t\} = \int_{t-T}^t \Phi_{v_j}(t) \{V_j(t)\} dt; \quad (3)$$

$$Y_l \{(t-T), t\} = \int_{t-T}^t \Phi_{v_l}(t) \{V_l(t)\} dt; \quad (4)$$

$$V(t) \in \{W_k(t), U_{WH}(t)\}, \quad (5)$$

где $W(t)$, $U(t)$, $Y(t)$ – соответственно, внешние, управляющие и выходные воздействия, отражающие движение объекта управления в момент непрерывного времени t ; T – интервал, на котором оцениваются характеристики показателей эффективности функционирования систем управления; $\Phi_v \{ \cdot \}$ – динамический оператор канала преобразования входных в выходные воздействия; надстрочные индексы «j» и «l» означают принадлежность j-у и l-у объекту управления; подстрочные индексы «WH», «K», «V», означают соответственно приведенный к управляющему входу, контролируемый, и принадлежность совокупности воздействий V .

Для систем с физической прогнозирующей моделью (систем второго класса) кроме рассмотренных выше необходимо также выполнение дополнительного условия

$$\Phi^H \cup F^H \equiv \varphi \cdot (\Phi^M \cup F^M), \quad (6)$$

где Φ – математическая модель объекта; F – алгоритм управления; φ – функция согласования по времени и координатам; \cup – символ объединения; \equiv – равенство по определению. Принимая, что

$$F^H = \varphi \cdot \frac{\Phi^M \cdot F^M}{1 + \Phi^M \cdot F^M}, \quad (7)$$

выражение (6) можно записать

$$\Phi^H \cup \varphi \cdot \frac{\Phi^M \cdot F^M}{1 + \Phi^M \cdot F^M} = \varphi \cdot (\Phi^M \cup F^M). \quad (8)$$

Конкретизируя в соответствии с рисунком 2 объединение \cup , получим

$$\frac{\Phi^H \cdot \varphi \cdot \frac{\Phi^M \cdot F^M}{1 + \Phi^M \cdot F^M}}{1 + \Phi^M \cdot \varphi \cdot \frac{\Phi^M \cdot F^M}{1 + \Phi^M \cdot F^M}} = \varphi \cdot \frac{\Phi^M \cdot F^M}{1 + \Phi^M \cdot F^M}. \quad (9)$$

Из условия (9) с учетом ограничений на устойчивость натуральных и модельных систем можно получить аналитические выражения для пересчета модельных значений воздействий в их натуральные значения и наоборот.

В нестационарных условиях функционирования систем управления приведенные выше показатели подобия будут изменяться. Это естественно приведет к тому, что первоначально подобные системы управления перестанут быть подобными, и тогда перенос результатов исследования или выработки управляющих воздействий [11] с одной системы на другую становится не обоснованным.

В таких ситуациях необходимо изменять динамические свойства одной из систем управления, в частности, системы управления натурным объектом и/или его моделью, а также соответствующие характеристики воздействий с целью выполнения условий (1)–(5). Такого рода целенаправленные воздействия являются предпочтительными для модели и приложенных к ней воздействий с точки зрения простоты и затрат на реализацию.

Процесс воздействия на систему управления и ее отдельные составляющие, направленный на выполнение условий подобия, является *управлением подобием систем управления и их составляющими*, и по аналогии с [12], такие системы (рисунок 3) можно отнести к *системам управления с новыми типами обратных связей*.

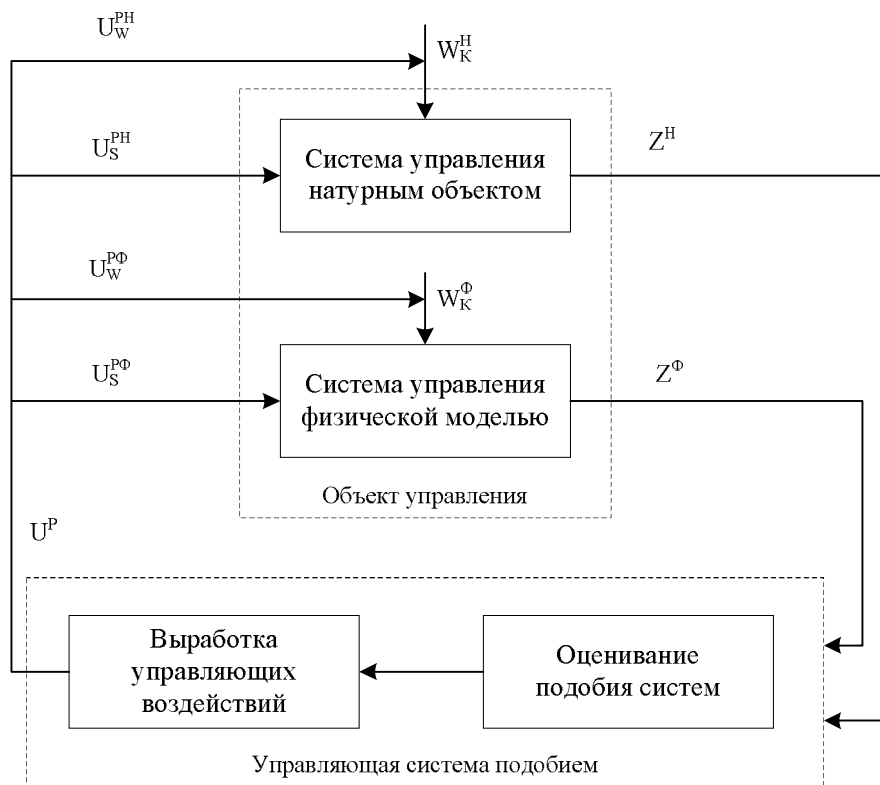


Рисунок 3 – Структура системы управления подобием

На рисунке 3 приняты следующие обозначения: $Z = \{U; W_K; Y; Y^*\}$ – обобщенный вектор, характеризующий все доступные данные, получаемые из действующей системы управления, включая векторы управляющих U , контролируемых внешних W_K , выходных Y и задающих Y^* воздействий; $U^P = \{U_w^{PH}; U_w^{PF}; U_S^{PH}; U_S^{PF}\}$; – общий вектор управляющих воздействий подобием систем управления, включающий U_S^{PH} ; U_S^{PF} – векторы управляющих воздействий, направленные на натуральный объект управления и его координатную управляющую систему, на физическую модель и ее координатную управляющую систему, соответственно; U_w^{PH} ; U_w^{PF} – векторы управляющих воздействий, направленные на изменение свойств внешних воздействий натурального объекта и его физической модели.

В процессе функционирования такой системы осуществляется текущее оценивание степени подобия систем управления и, если подобие нарушено, осуществляется выработка управляющих воздействий подобием U^P . Подобие этих систем может быть достигнуто с помощью совокупности управляющих воздействий U_w^{PH} ; U_w^{PF} , и $U_S^{PH}(t)$; $U_S^{PF}(t)$, целенаправленно изменяющих состояние любого элемента систем управления, включая и внешние воздействия.

Выводы. 1. Актуально развитие традиционной теории подобия применительно к системам управления, необходимое для их синтеза, исследования и функционирования.

2. Условия подобия натурной и модельной систем должны отражать подобие обоих классов систем управления с физической моделью.

3. Общая система управления с физической моделью должна иметь в своей структуре подсистему, управляющую подобием всех элементов общей системы.

Библиографический список

1. Красовский А.А. Оптимальное управление посредством физической прогнозирующей модели./ А.А. Красовский. // Автоматика и телемеханика. – 1979. – № 2. – С. 156–162.
2. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. / В.А. Веников. М.: Высшая школа. 1976. – 479 с.
3. Применение физических моделей в схемах натурно-математического моделирования. / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, С.Р. Зельцер и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. № 11. – С. 65–67.
4. О динамическом подобии систем управления. / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, Д.Г. Березин, Г.В. Макаров. // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции. / Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2011. – С. 34–36.
5. Ротащ В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротащ. М.: Энергия, 1973. – 439 с.
6. Теория и практика прогнозирования в системах управления. / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. Кемерово, М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
7. Федер Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
8. Мышляев Л.П. Понятия и условия подобия систем управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2012, – № 12. – С. 58–60.
9. Новиков Д.А. Обобщенные решения задач стимулирования в активных системах./ Д.А. Новиков. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 68 с.
10. Пугачев В.Н. Комбинированные методы определения вероятностных характеристик. / В.Н. Пугачев. М.: Сов. Радио, 1973. – 256 с.
11. Барковский В.В. Методы синтеза систем управления. / В.В. Барковский, В.Н. Захаров, А.С. Шаталов. – М.: Машиностроение, 1969. – 385с.
12. Емельянов С.В. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности / С.В. Емельянов, С.К. Коровин. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.

СЕКЦИЯ 1.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ ДОМЕННОГО ЦЕХА

**Лавров В.В., Спириин Н.А., Бурыкин А.А.,
Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В.**

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
г. Магнитогорск*

В доменном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» разработана и проходит опытно-промышленные испытания автоматизированная информационная система анализа и прогнозирования производственных ситуаций (АИС АППС), которая помогает инженерно-технологическому персоналу решать комплекс технологических задач, направленных, в конечном итоге, на повышение эффективности доменной плавки [1, 2]. Как показывает анализ опыта, создание и успешное внедрение в практику работы металлургических предприятий современных автоматизированных информационных систем во многом зависит от используемых технологий разработки и выбора инструментальных средств их программной реализации.

В докладе отражены основные технологии и программные средства, используемые авторами для создания программного обеспечения информационно-моделирующих систем решения технологических задач доменного производства.

В основу технологического подхода к разработке программного обеспечения положена известная итерационная (спиральная) модель [3]. Итерация представляет собой законченный цикл разработки (проектирование, кодирование, тестирование, отладка и внедрение), приводящий к выпуску рабочей версии программного продукта с ограниченной функциональностью. После каждой итерации продукт совершенствуется, добавляются новые функции, чтобы стать законченной системой. В течение каждой итерации выполняется следующая последовательность технологических процессов разработки:

- проверка корректности алгоритма расчёта;
- функциональное моделирование системы;
- архитектура подсистемы;
- концептуальное моделирование базы данных, генерация даталогической модели базы данных;
- загрузка тестовых данных в базу данных
- функциональные диаграммы математической библиотеки;
- реализация пользовательского программного обеспечения подсистемы;
- тестирование и отладка программного обеспечения;
- формирование графических и табличных интерактивных Web-отчетов;
- разработка справочной документации.

Проверка корректности алгоритма расчёта. Средство реализации – Microsoft Office Excel. С использованием Excel проверяется методика расчёта на основе фактических исходных данных, корректируется численный алгоритм, строятся диаграммы и графики, готовятся количественные данные для тестовых вариантов расчёта.

Функциональное моделирование системы. Средство реализации – AllFusion Process Modeler (BPwin) [4]. С помощью этого средства разрабатывается функциональная модель информационно-моделирующей системы для графического представления в ней процессов расчёта, обмена информацией, подготовки отчётов и пр. Функциональная модель помогает

чётко документировать действия, которые необходимо предпринять в системе, способы их осуществления и контроля, требующиеся для этого ресурсы, а также визуализировать получаемые от этих действий результаты. В основу AllFusion Process Modeler заложены общепризнанные методологии моделирования, например, методология IDEF0 рекомендована к использованию Госстандартом РФ и является федеральным стандартом США. Простота и наглядность моделей AllFusion Process Modeler упрощает взаимопонимание между разработчиками и заказчиками программной системы. В частности, на основе системного подхода разработана функциональная модель автоматизированной информационной системы анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха (АИС АППС ДЦ) для инженерно-технологического персонала доменного цеха. Общее количество декомпозированных блоков функциональной модели АИС АППС ДЦ составляет 152, фрагмент диаграммы первого уровня декомпозиции представлен на рисунке 1.

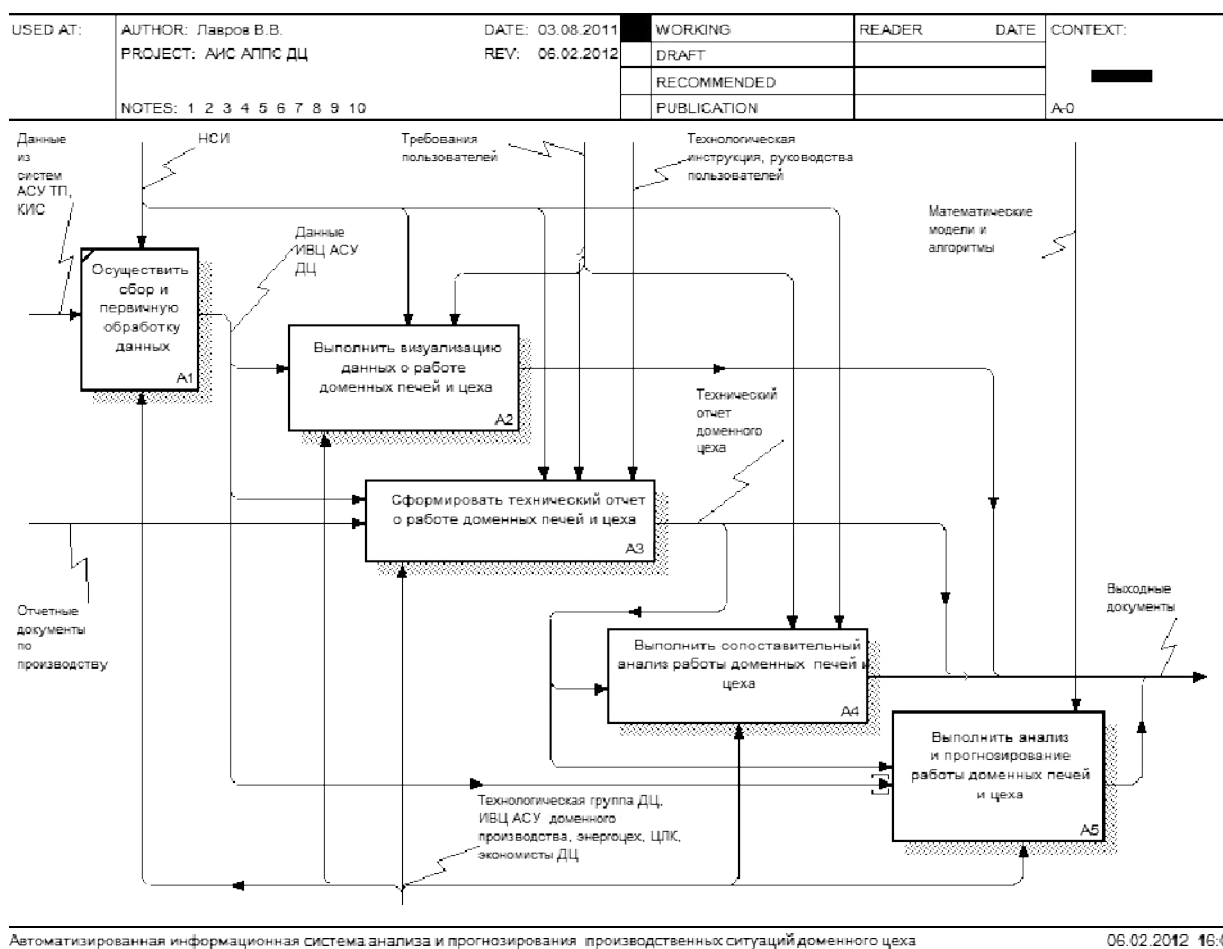


Рисунок 1 – Первый уровень декомпозиции функциональной модели АИС АППС ДЦ

Архитектура и структура подсистемы. Средство реализации – Microsoft Visio. Это мощный графический редактор, удобное средство построения диаграмм и блок-схем. Благодаря современным встроенным фигурам, интеллектуальным шаблонам и образцам документов в Visio имеется широкий спектр возможностей создания архитектурных и структурных схем компьютерных подсистем.

Концептуальное моделирование базы данных, генерация даталогической модели базы данных. Средство реализации – AllFusion ERwin Data Modeler (ERwin) [4]. Это CASE-средство для проектирования и документирования баз данных, которое позволяет создавать, документировать и сопровождать базы данных.

Модели данных помогают визуализировать структуру данных, обеспечивая эффек-

тивный процесс ее организации, управления и администрирования. AllFusion ERwin Data Modeler (ERwin) позволяет получить точную и наглядную информацию, где хранятся данные и как получить к ним доступ; используя визуальные средства, описать структуру БД, а затем автоматически сгенерировать файлы данных для любого типа СУБД; тщательно задокументировать структуру базы данных.

Удобная в использовании графическая среда AllFusion ERwin Data Modeler упрощает разработку базы данных и автоматизирует множество трудоемких задач, уменьшая сроки создания высококачественных и высокопроизводительных баз данных. С помощью этого средства обеспечивается совместная работа администраторов и разработчиков баз данных, многократное использование модели, понимание данных и их обслуживание.

Загрузка тестовых данных в базу данных. Средство реализации – среда SQL Server Integration Services (SSIS). Это удобная среда, входящая в состав Microsoft SQL Server Business Intelligence, которая предназначена для разработки процессов получения, преобразования и загрузки/извлечения данных в базу данных. В качестве источников и получателей данных могут выступать книги Excel, текстовые и XML файлы, а так же различные базы данных. При разработке это средство используется для автоматизации первоначальной загрузки данных в базу данных.

Функциональные диаграммы математической библиотеки. Средство реализации диаграмм – Microsoft Visio, спецификации к ним разработаны в Microsoft Office Word. Функциональные спецификации нужны программистам для наглядного отображения методики расчёта, а также её документирования. Основой данного подхода является использование диаграмм потоков данных DFD (Data Flow Diagram) – информационной модели, основными компонентами которой являются потоки данных, переносящие информацию от одного модуля к другому. Нотация метода DFD предполагает разбиение математической модели на отдельные функциональные компоненты (процессы) и представление их в виде сети, связанной потоками данных. Главная цель использования средства – продемонстрировать, как каждый процесс преобразует свои входные данные в выходные, а также выявить отношения между этими процессами. В соответствии с методологией математическую модель газодинамического режима определим в виде иерархически диаграмм потоков данных, описывающих асинхронный процесс преобразования информации от её ввода в подсистему до выдачи пользователю. Отдельные процессы декомпозированы до такого уровня, при котором они становятся элементарными, и детализировать их далее невозможно.

В качестве примера на рисунке 2 представлен фрагмент разработанных DFD-диаграмм подсистемы газодинамического режима доменной плавки, а в таблице 1 приведены пояснения к DFD-диаграмме в виде табличной спецификации. Номер процесса в спецификации соответствует пронумерованному прямоугольному блоку на DFD-диаграммах.

Реализация пользовательского программного обеспечения подсистемы. Средство реализации – Microsoft Visual Studio 2010 – современная среда программирования от фирмы Microsoft [5]. С помощью нее разрабатываются математические библиотеки в виде dll-файлов и клиентские приложения с оконным интерфейсом в стиле Windows.

Тестирование и отладка программного обеспечения. Средство реализации – программа NUnit. Эта программа используется для тестирования математических dll-библиотек, в которых проверить корректность получаемых расчётных параметров достаточно проблематично. В среде Microsoft Visual Studio написаны тесты, которые автоматически проверяет NUnit. Правильные значения расчётных параметров взяты из файла с методикой расчёта в Excel. NUnit автоматизирует процесс тестирования, сравнивая расчётные значения параметров из dll-библиотеки с правильными. Если наблюдается отклонения, то NUnit сигнализирует красным цветом. В ходе автоматизированных тестов совершаются несколько итераций по исправлению ошибок в вычислительных методах, повторная компиляция и тестирование до установления положительного результата (рисунок 3).

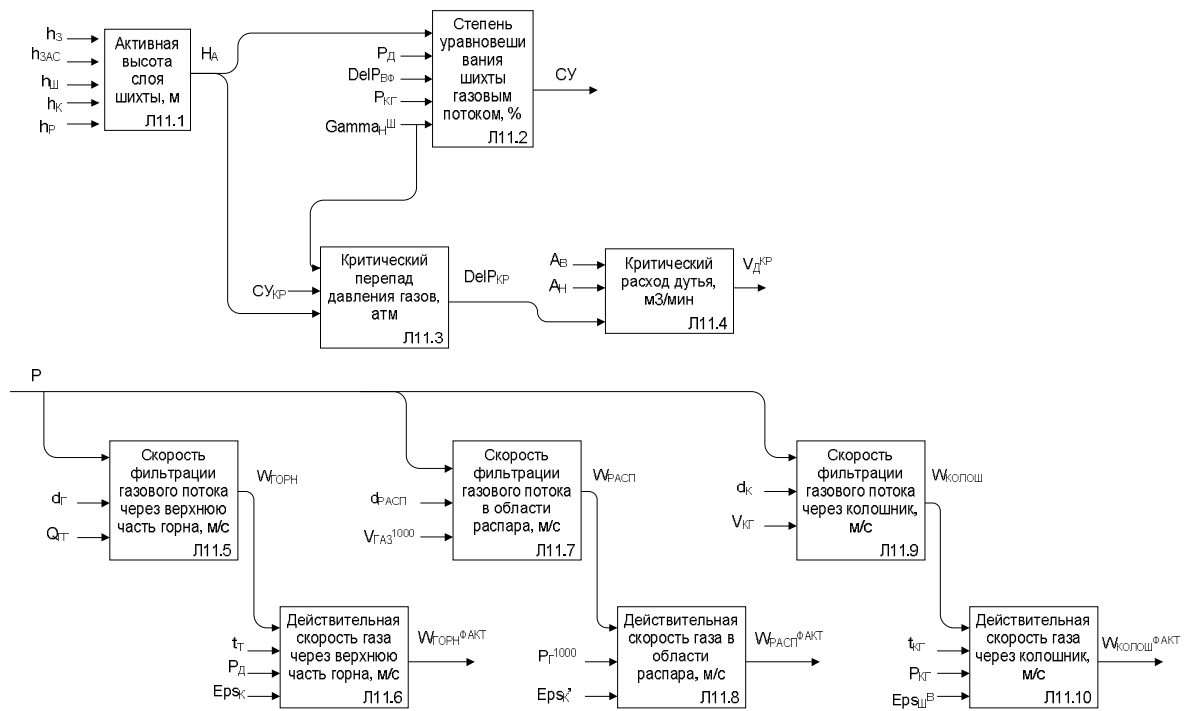


Рисунок 2 – Фрагмент DFD-диаграммы подсистемы газодинамического режима доменной плавки

Таблица 1 – Фрагмент спецификации к DFD-диаграмме подсистемы газодинамического режима доменной плавки, представленной на рисунке 2

№ уравнения	Наименование переменной	Единицы измерения	Расчётное уравнение
Л11.1	Активная высота слоя шихты	м	$H_A = h_3 + h_P + h_{Ш} + h_K - h_{ЗАС} + 0,5$
Л11.2	Степень уравнивания шихты газовым потоком	%	$СУ = 1000 \cdot \frac{(P_D - \Delta p_{ВФ} - P_{КГ})}{H_A \cdot \gamma_{Н}^{III}}$
Л11.3	Критический перепад давления газов	атм	$\Delta P_{КР} = \frac{СУ_{КР} \cdot H_A \cdot \gamma_{Н}^{III}}{1000}$
Л11.4	Критический расход дутья	м ³ /мин	$V_D = \sqrt{\frac{\Delta P_{КР}}{A_H + A_B}}$
Л11.5	Скорость фильтрации газового потока через верхнюю часть горна	м/с	$W_{ГОРН} = \frac{4 \cdot Q_{ГТ} \cdot P}{24 \cdot 60 \cdot 60 \pi d_T^2}$
Л11.6	Действительная скорость газа через верхнюю часть горна	м/с	$W_{ГОРН}^{ФАКТ} = W_{ГОРН} \cdot \frac{(t_T + 273)}{273 \cdot (1 + P_D)} \cdot \varepsilon_K$
Л11.7	Скорость фильтрации газового потока в области распара	м/с	$W_{РАСП} = \frac{4 \cdot V_{ГАЗ}^{1000} \cdot P}{24 \cdot 60 \cdot 60 \pi d_T^2}$
Л11.8	Действительная скорость газа в области распара	м/с	$W_{РАСП}^{ФАКТ} = W_{РАСП} \cdot \frac{(1000 + 273)}{273 \cdot (1 + P_T^{1000})} \cdot \varepsilon_K'$
Л11.9	Скорость фильтрации газового потока через колошник	м/с	$W_{КОЛОШ} = \frac{4 \cdot V_{КГ} \cdot P}{24 \cdot 60 \cdot 60 \pi d_K^2}$
Л11.10	Действительная скорость газа через колошник	м/с	$W_{КОЛОШ}^{ФАКТ} = W_{КОЛОШ} \cdot \frac{(t_{КГ} + 273)}{273 \cdot (1 + P_{КГ})} \cdot \varepsilon_{Ш}^B$

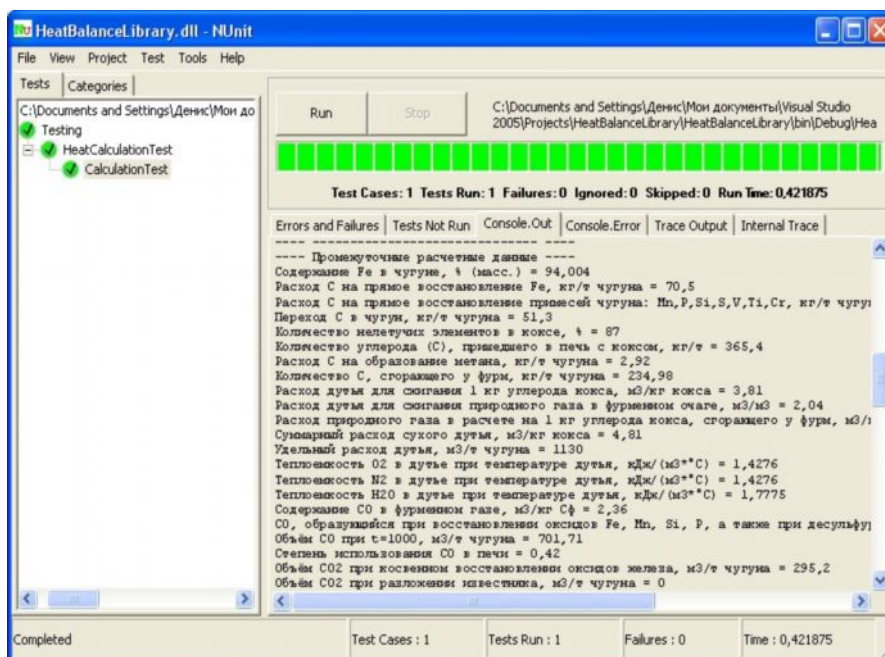


Рисунок 3 – Положительный результат автоматизированного теста в программе NUnit

Формирование графических и табличных интерактивных Web-отчетов. Средство реализации – SQL Server Reporting Services, которая входит в состав Microsoft SQL Server Business Intelligence [6]. Это программная серверная система использована для подготовки множества интерактивных и печатных Web-отчетов, развертывания их в корпоративной сети предприятия.

Разработчик создаёт схему отчёта в виде шаблона и развёртывает ее на сервере отчётности. Пользователь через Web-страницу может выбирать нужные поля/данные и создавать отчёты в соответствии со своими нуждами. Потом пользователи могут загружать отчёты локально, сохранять и экспортировать в популярные форматы офисных документов.

Разработка справочной документации. Средство реализации – Help&Manual. Главным преимуществом программы является ее универсальность: можно разработать файл справочной информации в любом из наиболее распространённых на сегодняшний день форматов (CHM, HLP, HXS, HTML, PDF, RTF, EXE, XML). Интуитивно понятный интерфейс делает программу простой в освоении. Основной блок программы составляет текстовый редактор, мало отличимый от Word как по интерфейсу, так и по количеству возможностей.

Применение современных технологий, средств и методик разработки программных продуктов позволяет создавать функциональные, надёжные, лёгкие в применении, сопровождаемые, интегрируемые системы с минимальными рисками и в приемлемые сроки. Использование разработанной информационно-моделирующей системы в АСУ доменной плавки на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» позволяет решать оперативные задачи управления технологией доменной плавки, обеспечивает повышение эффективности принятия решений инженерно-техническим персоналом в условиях изменений объёма топливно-энергетических ресурсов, нестабильности состава и качества проплавляемого железорудного сырья и конъюнктуры рынка.

Библиографический список

1. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирина, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]. Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург:

- УрФУ, 2011. 462 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. Профессиональное программирование. Системный подход. 2-е изд. перераб. и доп.] / И.О. Одинцов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 624 с.
 4. Эффективное моделирование с СА ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler) / В.И. Дубейковский. – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 384 с.
 5. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4.0. Совершите увлекательное путешествие по вселенной .NET / Э. Троелсен. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1392 с.
 6. Microsoft SQL Server 2005 Reporting Services / Б. Ларсон. – М.: ИТ Пресс, 2008. – 608 с.

УПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ МЕТАЛЛА В АГРЕГАТЕ СЭР ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР

Цымбал В.П., Мочалов С.П., Шакиров К.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В представленном докладе делается попытка показать на конкретном примере создания нового струйно-эмульсионного металлургического процесса возможность учета и реализации основных принципов синергетики (теории самоорганизации) непосредственно на этапе конструирования процесса и агрегата, а также технологического управления химическим составом металла путем организации пространственных динамических структур.

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, малоприемлемо 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. Поэтому попытка управления одной из них приводит к возмущениям на других траекториях. Кроме того, непонятно, какая форма траектории каждого из внутренне связанных параметров является рациональной. Навязывание объекту в этих условиях заранее заданных программных траекторий и попытки поддержания их методом регулирования по отклонению приводят к неоптимальным результатам и даже к снижению эффективности функционирования объекта. 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.

Появление в 1980–81 годах фундаментальных трудов Н. Пригожина [1] и Г. Хакена [2] по теории самоорганизации (синергетике) помогло понять, почему такими объектами нельзя управлять «по самолетному».

Но при этом естественно возникает вопрос, как конкретно использовать синергетический эффект для управления такими сложными многосвязными процессами.

Одна из первых попыток в этом направлении предпринята А.А. Колесниковым [3].

Остановимся на сути этого подхода. Автор этой работы, которая затем была развита в коллективном труде [4], справедливо отмечает, что современная теория управления успешно освоила методы достаточно грубого внешнего воздействия на различные технические объекты. Он отмечает, что 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.

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 результате представленной выше постановки далее проблема сводится, по существу, опять же к задаче аналитического конструирования регулятора, только уже какого-то более сложного (синергетического).

Подход Колесникова А.А. [4] связанный с замыканием системы и аналитическим конструированием регуляторов, по-видимому, прежде всего, приемлем для подвижных объектов (например, летательных аппаратов), где траектория в большом 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 взаимоувязаны 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. Здесь целесообразно подчеркнуть, 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 [5], с которыми трудно справиться даже какому-то совершенному регулятору. 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 демонстрируется в случаях с самораскислением мартеновской, электросталеплавильной и конвертерной ванн, когда из агрегата могут выбрасываться десятки тонн шлака и металла. Для управления такими объектами в подобных ситуациях требуются другие подходы.

Теоретические основы нового струйно-эмульсионного процесса и агрегата (СЭР) начали разрабатываться в 1985–88 годах.

Важную роль в новизне разработки сыграли идеи теории самоорганизации (синергетики), которые наша творческая группа начала изучать в то время. Возникла мысль создать новый металлургический процесс с использованием некоторых принципов этой теории. Такой подход оказался плодотворным. Использование этих идей позволило раскрепостить мышление и отойти от установившихся представлений, приведших к громоздкой многослойной структуре традиционной металлургии, и создать процесс, имеющий существенные преимущества перед известными. В качестве аналогов были использованы процессы БИСРА и Корекс, а в качестве прототипа для первой заявки [1] был взят патент французской фирмы ИРСИД.

Получился (рисунок 1), в какой-то мере, сжатый и совмещенный в объеме (в 10–15 раз) Корекс, что оказалось возможным благодаря использованию некоторых принципов теории самоорганизации [5–7] (отклонение от термодинамического равновесия, наименьшее принуждение, круговая подчиненность, колебательный стационар и др.) в сочетании с рядом физических эффектов (диспергация встречными струями, газодинамическое запирающее соединительного канала за счет критического истечения двухфазовой среды, нижняя подача рабочей смеси в вертикальный колонный реактор и др.).

Благодаря нижней подаче (рисунок 1) подготовленной в реакторе-осцилляторе (зоны 1, 2) рабочей смеси в вертикальной колонный реактор (зона 4), создана динамическая диссипативная структура, представляющая собой самоорганизующийся сепаратор газа, шлака и металла.

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 также 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 стационар-

ном состоянии и, следовательно,

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

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

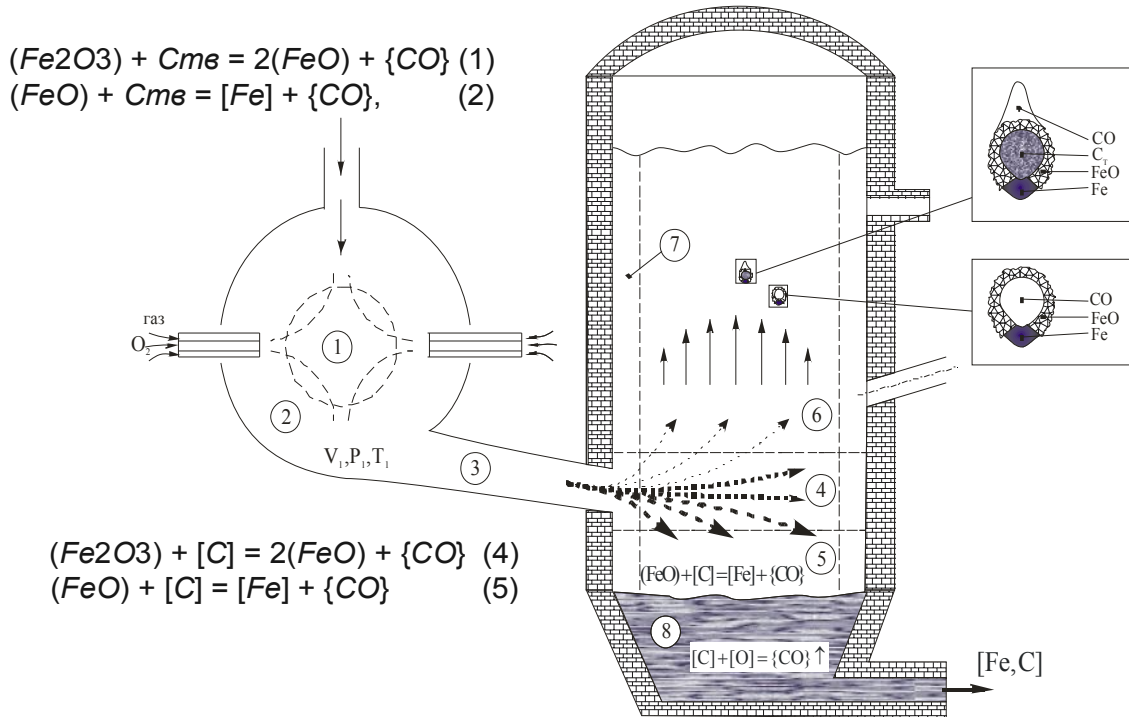


Рисунок 1 – Зонная модель процесса СЭР

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» [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 (*нижняя подача рабочей смеси*) позволило получить ряд положительных эффектов.

В этом реакторе оказалось возможным получить нелинейное (параболическое) распределение плотности, а, следовательно, и концентрации рабочей смеси по высоте колонного реактора, то есть, например, большое содержание оксидов железа внизу (на границе металл-шлак) и низкое вверху (на выбросе в шлакоприемник).

Повышенное давление и изоляция процесса от атмосферы позволили полностью использовать также энергию расширения рабочей смеси (4,31 Дж/моль), то есть «джин за-

гнан в бутылку», что позволило заставить работать реакционную смесь в нужном режиме и совершать самые различные технологические операции, благодаря чему агрегат обладает определенной степенью универсальности.

А.М. Бигеев [9], вложивший большой вклад в разработку непрерывного сталеплавильного процесса, важным и необходимым преимуществом такого процесса, наряду с отсутствием промежуточных потерь энергии и сырья, считал наличие отдельных камер (зон) для реализации необходимых технологических операций (обезуглероживание, обессеривания, обесфосфоривания и др.). Однако, в то время, в связи протеканием процесса близко к состоянию равновесия и, как следствие, низкими скоростями химических реакций, эти камеры получались достаточно громоздкими, а агрегат в целом капиталоемким.

Благодаря переходу в область газозвеси и эмульсии, а также реализации описанных выше принципов удалось создать (*вместо физически реализуемых камер*) определенные зоны в виде динамических диссипативных структур (зоны 5–7), которые существуют только на момент протекания процесса в определенном режиме. При этом задача десульфурации решается за счет наличия огромной реакционной поверхности на газовых пузырьках, а задача дефосфорации может решаться за счет управления гранулометрическим составом шихтовых материалов, подаваемых на границу металл-шлак. На задаче управления содержанием углерода остановимся несколько ниже отдельно.

Все это позволило резко увеличить скорость процесса и уменьшить удельный объем агрегата, а также капитальные затраты, которые в 2–3 раза меньше, чем у известных процессов.

За последние 20–25 лет в мире построено или находится в стадии создания более 100 установок прямого восстановления, но ни в одном из известных процессов непосредственно прямым восстановлением сталь получить не удастся. Получают чугуны с содержанием углерода от 2 до 4 %. Это связано с тем, что процессы находятся *близко к состоянию термодинамического равновесия*, а металл и шлак длительное время находятся в контакте друг с другом. Независимое управление составом металла и шлака, а также временем пребывания в этих агрегатах практически не возможно.

Прежде чем показать, почему в процессе СЭР возможно получение не только чугуна, но и стали или, по крайней мере, сплава с более низким содержанием углерода, а также попыток выявить особенности и возможности процесса СЭР в смысле задачи технологического управления, коротко остановимся на важном и интересном исследовании окислительно-восстановительных процессов в эмульсионной системе. Методика этих исследований была реализована [10] в печи Таммана в стеклографитовом тигле, в герметичной системе с непрерывным газовым анализом, путем использования в качестве реагентов расплавленного высокожелезистого шлака и графита тигля.

В соответствии с принятым механизмом развития процессов эксперименты для шлака заданного состава проводили в два этапа: без газового анализа в обычной печи Таммана и с автоматическим контролем состава отходящих газов в печи с герметичной системой.

На основе обработки большого количества результатов экспериментов, проведенных по этой методике, подробнее см. у авторов [10], получены интересные результаты и закономерности: уравнения и константы скоростей реакций, данные о поверхностях взаимодействия и др.

Наиболее важные из них следующие:

1. Изменение во времени скорости реакции косвенного окисления углерода или восстановления железа из расплавленного высокожелезистого шлака углеродом, растворенным в железе, имеет ярко выраженный автокаталитический характер. Такой ход процесса объясняется влиянием обратных связей, обусловленных формированием поверхностей контакта дисперсных систем, являющихся продуктами собственной реакции.

2. Соотношение удельных скоростей восстановления железа из расплавленных ок-

сидов твердым углеродом и углеродом, растворенным в металле находится в пределах 1:10.

3. Определяющими параметрами процессов являются: содержание оксидов железа в шлаке; поверхность капель металла, находящихся в шлакометаллической эмульсии, и температура металла. Эти факторы влияют на динамические характеристики.

Возвращаясь снова к описанию процесса СЭР, зонная модель на рисунке 1, подчеркнем, что реакции 1 и 2 имеют преимущественное развитие в зоне 6, а реакции 4 и 5 – на границе зон 5 и 8. При этом этими реакциями можно отдельно управлять.

После представленного выше анализа можно сделать заключительные выводы об особенностях процесса СЭР, позволяющих в процессе прямого восстановления управлять составом металла с использованием некоторых принципов синергетики.

1. Благодаря наличию побудителя расхода (реактор-осцилятор), повышенного давления, внутреннего транспорта и нижней подачи рабочей смеси в вертикальный колонный реактор в нем создаются диссипативные динамические структуры (зоны), в которых возможно независимое управление отдельными процессами.

2. В колонном реакторе создан диссипативный сепаратор металла, шлака и газа, а плотность эмульсии по высоте распределена по параболическому закону, при этом временем пребывания металла и шлака можно в определенной мере управлять независимо.

3. Химические реакции протекают в неравновесных условиях с отводом продуктов реакций, при этом реакция (1, 2) – восстановление оксидов железа твердым углеродом имеет преимущественное развитие в зоне 6 (верх колонного реактора), а реакции (4, 5) – с растворенным в металле углеродом имеет место на границе зон 5 и 8 (турбулентный слой на границе металл-шлак) и скорость на порядок большую, чем реакций (1, 2).

4. Зоны 5 и 8 отделены динамической «подушкой» (зоной 4) от зоны 6.

5. Долю оксидов железа, перерабатываемых на границе шлак-металл (зоны 5–8) можно увеличивать за счет крупности рудных материалов и дополнительного индукционного подогрева копильника, а в зоне 6 повышать восстановительный потенциал за счет подачи коксика или угля в колонный реактор на верх шлаковой эмульсии.

В большинстве экспериментальных плавов на опытной установке нового процесса на Запсибметкомбинате получалось содержание углерода в диапазоне 0,5–1,5 % углерода, а на нескольких плавках было даже получено содержание углерода 0,04–0,10 %, но это было связано либо с длительным открыванием летки, либо со значительным переокислением шлака, за счет излишней подачи кислорода.

Библиографический список

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. Колесников А.А. Синергетическая теория управления". М.: Энергоатомиздат, 1994.
4. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч. I – 400с.
5. 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.
6. 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.
7. Цымбал В.П. Введение в теорию самоорганизации с примерами из металлургии: Учебное пособие. Изд. 2-е. стер. СибГИУ. – Новокузнецк, 2001. – 251 с.
8. Гладышев Г.П. Термодинамика и макрокинетика природных иерархических процессов.

М.: Наука, 1988. – 287 с.

9. Бигеев А.М. Непрерывные сталеплавильные процессы. М.: Metallургия, 1986. – 136 с.

10. Экспериментальные исследования кинетики совместно протекающих реакций в системе железоуглеродистый расплав–шлак–газ / И.А. Телегин, К.М. Шакиров, С.П. Мочалов и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1993. – № 6. – С. 10–14.

О НЕОБХОДИМОСТИ СОВМЕСТНОГО СИНТЕЗА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Ляховец М.В., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А., Барагичев К.Е.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

ОК «Сибшахтострой»,

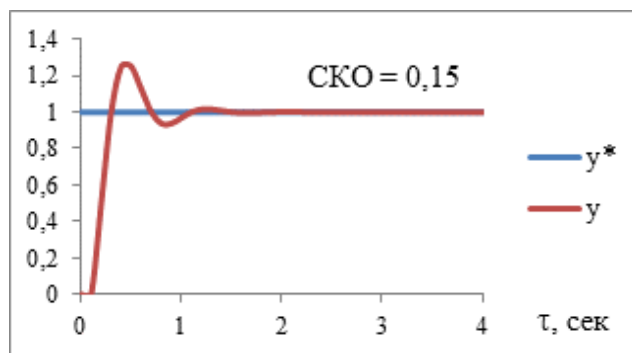
г. Новокузнецк

Синтез систем управления традиционно производится последовательно: сначала разрабатывается объект управления, а затем, учитывая фактические и проектируемые, но не изменяемые, свойства объекта, синтезируется управляющая система. При этом разрабатываемая управляющая система должна быть настолько сложна и универсальна, насколько это необходимо для учёта параметрических и структурных изменений объекта в ходе функционирования. Такой подход может считаться приемлемым только в том случае, когда управляющая система создаётся для уже существующих производственных объектов и процессов. В этом случае исследователю не остаются ничего другого, как воспринимать объект как есть и «подстраиваться» под него. Это приводит чаще всего к двум крайностям: либо модель объекта упрощается, либо управляющая система заведомо усложняется.

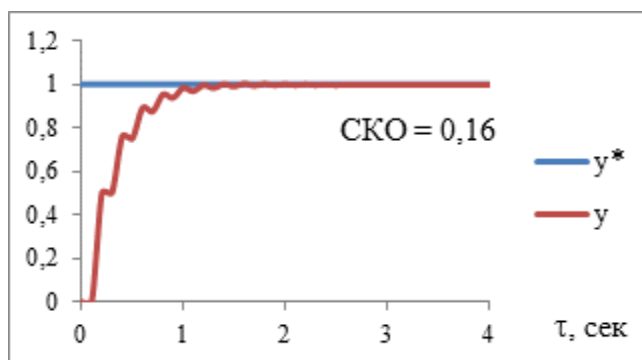
Упрощение модели объекта производится с целью достижения условия возможности описания поведения объекта с помощью типовой структуры модели для последующего использования одного из типовых законов регулирования с расчетом оптимальных параметров настроек по известным методическим рекомендациям, например [1]. Усложнение управляющей системы зачастую происходит с целью достижения возможности использования адаптивных управляющих систем, например, адаптивных регуляторов с переменной структурой [2].

Необходимо отметить, что реальные системы являются нелинейными и функционируют в условиях неопределенности, и применение типовых структур моделей объектов не всегда оправдано. Так, на рисунке 1 представлен характерный пример, когда использование типовых подходов к синтезу управляющих систем дает либо ухудшение качества регулирования (рисунок 1, б), либо к невозможности управления объектом в целом (рисунок 1, в). В данном примере в качестве объекта управления использовалась типовая структура модели – последовательное соединение инерционного звена первого порядка и звена чистого запаздывания: коэффициент пропорциональности k_0 взят равным 0,5, коэффициент инерционности T_0 – 2, время запаздывания τ_0 – 0,2 с. Для построения закона регулирования воспользовались методикой В.Я. Ротача [1]. На рисунке 1 представлена реакция синтезированной системы управления на единичное ступенчатое воздействие, при этом система управления на рисунке 1,а включает линейный объект управления, на рисунке 1, б – нелинейный объект управления с $k_0(t) = 0,5 \cdot u(t)$, а на рисунке 1, в – нелинейный объект управления с $k_0(t) = 0,5 \cdot (u(t))^{3/2}$.

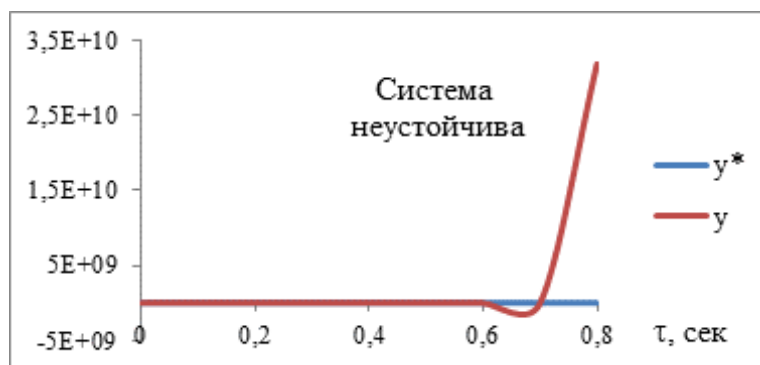
Использование адаптивных структур в регуляторах также не всегда целесообразно. Так как, во-первых, приводит к усложнению управляющей системы, а во-вторых, трудно задаваться заведомо сложной структурой будущего регулятора, учитывающей непредвиденные изменения не только параметров, но и структуры объекта управления.



а



б

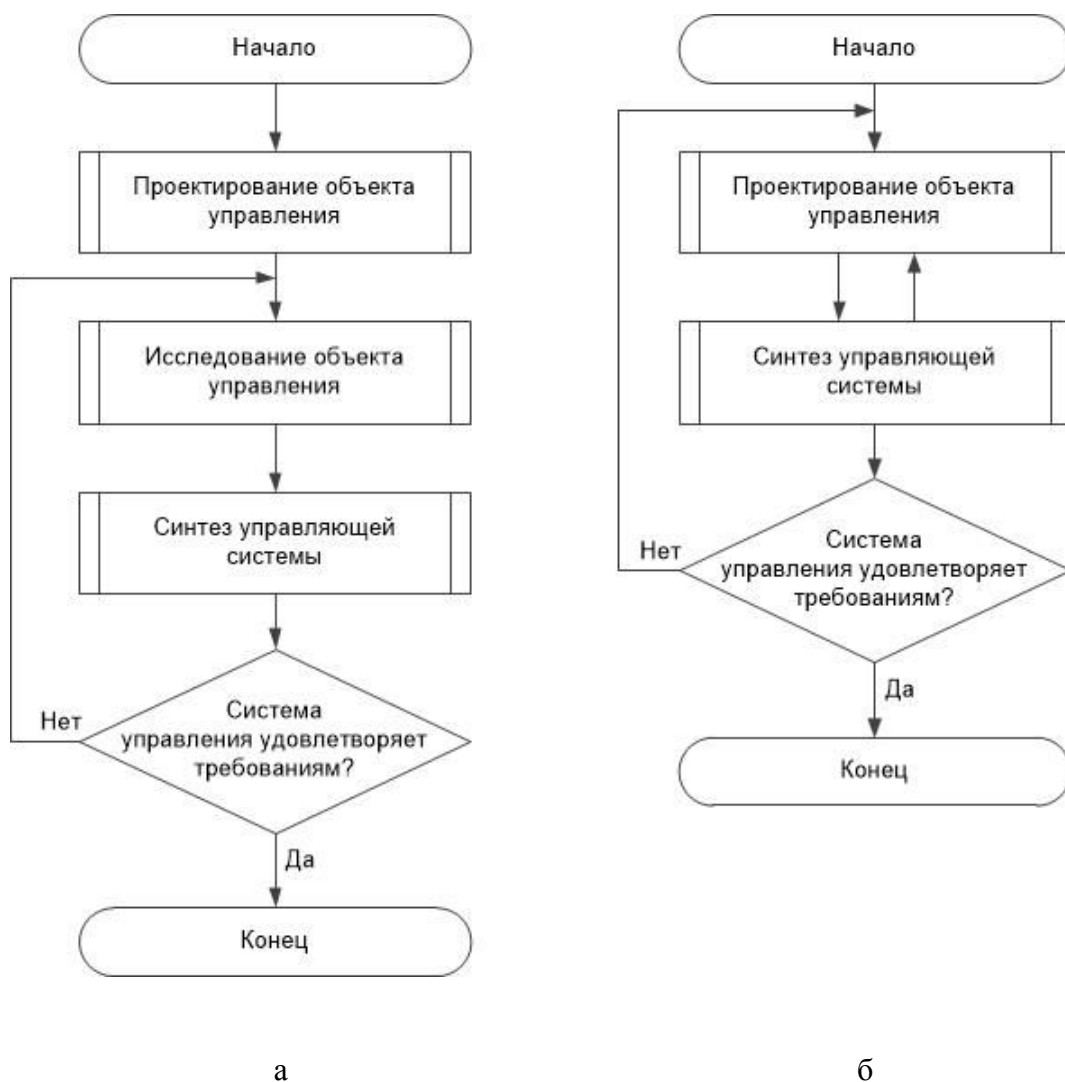


в

а – коэффициент передачи объекта управления не зависит от управляющего воздействия;
 б – коэффициент передачи объекта управления линейно зависит от управляющего воздействия; в – коэффициент передачи объекта управления нелинейно зависит от управляющего воздействия

Рисунок 1 – Пример моделирования системы управления

Таким образом, встаёт вопрос о необходимости развития традиционного подхода создания систем управления путём осуществления совместного синтеза объектов управления и управляющих систем. В первую очередь применение предлагаемого подхода – совместного синтеза объектов управления и управляющих систем – может дать наилучшие результаты при проектировании новых производственных объектов и процессов, где тесное взаимодействие исследователя с проектировщиком позволяет на ранних стадиях разработки объекта управления вносить соответствующие корректировки, создавая, например, производственный объект с переменной структурой, в которой изначально заложена возможность целенаправленного изменения своих свойств. На рисунке 2 представлена последовательность этапов создания систем управлений при различных подходах: традиционном (рисунк 2, а) и предлагаемом (рисунк 2, б).



а – традиционный подход; б – совместный синтез объекта управления и управляющей системы

Рисунок 2 – Последовательность этапов создания систем управлений

Данный подход к разработке управляющих систем в настоящее время мало формализован и в большей степени касается разработки методов и алгоритмов совместного синтеза для конкретных технологических процессов, например [3]. Однако существует объективная необходимость активизировать работы по развитию теории совместного синтеза не только для конкретных технологических процессов (например, горноперерабатывающей отрасли), но и в целом в рамках создания обобщенной методики совместного синтеза объектов и управляющих систем.

Библиографический список

1. Ротач В.Я. Расчёт динамики промышленных автоматических систем регулирования / В.Я. Ротач. – М.: Энергия, – 1973 – 440 с., ил.
2. Теория систем с переменной структурой/ Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Наука, 1970. – 592 с.
3. Мышляев Л.П. Совместный синтез объектов и управляющих систем на примере кислородно-конвертерного процесса / Л.П. Мышляев, С.М. Петрунин, А.М. Петрунин // Информационные технологии моделирования и управления. 2007. – № 7 (41). – С. 870–875.

АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Агеев Д.А., Мышляев Л.П., Чичиндаев М.Г.
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк

Решению проблемы идентификации объектов в системах управления посвящено большое количество теоретических работ [1–3]. Вместе с тем их практическая реализация требует конкретизации и дальнейшего развития существующих методов и алгоритмов идентификации [4].

В опубликованном ранее сообщении [5] был предложен метод синтеза идентификаторов, представленных в виде замкнутых динамических систем, который позволил строить алгоритмы идентификации для многих типов объектов без применения сложных вычислительных процедур.

В результате получены алгоритмы, примеры которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Алгоритмы идентификации коэффициентов типовых звеньев ТАР

Модель	Алгоритм идентификации	
	Структура	Коэффициенты модели
Дискретное пропорциональное звено: $\hat{y}(i) = k(i)u(i)$	$u_p(i) = u_{p,u}(i);$ $u_{p,u}(i) = u_{p,u}(i-1) + a_u \varepsilon(i);$ $\varepsilon(i) = y(i) - y^m(i);$ $y^m(i) = b(i-1)u(i)$	$b(i) = u_p(i)$
Дискретное интегрирующее звено: $\hat{y}(i) = y(i-1) + b(i)u(i)$	$u_p(i) = u_{p,p}(i);$ $u_{p,p}(i) = a_p \varepsilon(i);$ $\varepsilon(i) = y(i) - y^m(i);$ $y^m(i) = y(i-1) + b(i-1)u(i)$	$b(i) = u_p(i)\Delta$
Дискретный аналог инерционного звена 1-го порядка: $\hat{y}(i) = b_1(i)y(i-1) + b_2(i)u(i)$	$u_p(i) = u_{p,u}(i) + u_{p,p}(i);$ $u_{p,u}(i) = u_{p,u}(i-1) + a_u \varepsilon(i);$ $u_{p,p}(i) = a_p \varepsilon(i);$ $\varepsilon(i) = y(i) - y^m(i);$ $y^m(i) = b_1(i-1)y(i-1) + b_2(i-1)u(i)$	$b_1(i) = \frac{T}{T + \Delta};$ $b_2(i) = \frac{u_p(i)\Delta}{T + \Delta}$
Дискретный аналог инерционного звена 2-го порядка: $\hat{y}(i) = b_1(i)y(i-1) + b_2(i)y(i-2) + b_3(i)u(i)$	$u_p(i) = u_{p,u}(i) + u_{p,p}(i) + u_{p,d}(i);$ $u_{p,u}(i) = u_{p,u}(i-1) + a_u \varepsilon(i);$ $u_{p,p}(i) = a_p \varepsilon(i);$ $u_{p,d}(i) = a_d[\varepsilon(i) - \varepsilon(i-1)];$ $\varepsilon(i) = y(i) - y^m(i);$ $y^m(i) = b_1(i-1)y(i-1) + b_2(i-1)y(i-2) + b_3(i-1)u(i)$	$b_1(i) = \frac{2T_2^2 + \Delta T_1}{T_2^2 + \Delta T_1 + \Delta^2};$ $b_2(i) = \frac{2T_2^2 + \Delta T_1}{T_2^2 + \Delta T_1 + \Delta^2};$ $b_3(i) = \frac{u_p(i)\Delta^2}{T_2^2 + \Delta T_1 + \Delta^2}$

Примечание. T – постоянная времени, Δ – интервал дискретизации.

Для оценивания эффективности синтезированных алгоритмов идентификации проведены их аналитические и численные исследования [6]. По результатам исследований был сделан вывод о том, что известные алгоритмы идентификации [7] являются частным

случае синтезированных алгоритмов и по этой причине эффективность последних не хуже чем у известных.

Предложенные алгоритмы идентификации [5] можно применять не только для уточнения коэффициентов передачи, но и для оценивания всех коэффициентов типовых звеньев ТАР. Для этого последние следует преобразовать к линейно-параметрическому виду по схеме Гаммерштейна [8].

Например, дискретный аналог инерционного звена первого порядка

$$y(i) = b_1 \cdot y(i-1) + b_2 u(i), \quad (1)$$

приводится к линейно-параметрическому виду

$$\hat{y}(i) = \bar{b}(i)\bar{v}(i) = \sum_{j=1}^2 b_j(i)v_j(i), \quad (2)$$

где $\bar{b} = [b_1(i), b_2(i)]$, $\bar{v}(i) = [y(i-1), u(i)]$.

Для объектов, число управляющих и внешних воздействий которых превышает число выходных целевых воздействий, а чистое запаздывание по каналам преобразования воздействий различны, синтезированный алгоритм идентификации выглядит следующим образом

$$\begin{cases} k_j^m(i) = k_j^m(i-1) + \frac{u_j(i-l_j)\varepsilon(i)}{\sum_{j=1}^J u_j^2(i-l_j)}, \\ \varepsilon(i) = y(i) - y^m(i), \\ y^m(i) = \sum_{j=1}^J k_j^m(i-1)u_j(i-l_j), \end{cases} \quad (3)$$

где $k_j^m(i)$ – определяемое значения коэффициента;

$k_j^m(i-1)$ – значения коэффициента на предыдущем такте расчета; u_j – входные воздействия объекта идентификации;

l – дискретное чистое запаздывание – $\text{int} \left[\frac{\tau}{\Delta} \right]$; $j = \overline{1; J}$; J – количество воздействий.

Примером использования алгоритма типа (3) может служить алгоритм оценивания параметров модели прогнозирования массы жидкой стали кислородно-конвертерной плавки. Модель прогнозирования представлена двумя составляющими [9]

$$\hat{G}_{\text{ст}}(i) = \hat{G}_{\text{ст}}^{\text{б}}(i) + \delta \hat{G}_{\text{ст}}^{\text{к}}(i); \quad (4)$$

где: $\hat{G}_{\text{ст}}^{\text{б}}(i)$ – базовое значение массы жидкой стали, определяемое по базовым составляющим контролируемых факторов;

$\delta \hat{G}_{\text{ст}}^{\text{к}}(i)$ – приращение массы жидкой стали, определяемое по центрированным составляющим контролируемых факторов – модель «в малом».

Алгоритм идентификации коэффициентов модели «в малом» выглядит следующим образом.

1. Оценивание приращения массы жидкой стали $\delta \hat{G}_{\text{ст}}^{\text{к}}(i)$

$$\delta \hat{G}_{ст}^k(i) = k_1(i) [G_{ч}(i) - G_{ч}^b(i)] + k_2(i) [P_{ч}(i) - P_{ч}^b(i)] + k_3(i) [Mn_{ст}(i) - Mn_{ст}^b(i)] + k_4(i) [C_{ст}(i) - C_{ст}^b(i)]; \quad (5)$$

где индексом «б» обозначены базовые значения соответствующих переменных; i – шаг дискретизации, в данном случае номер плавки; $G_{ч}$, $P_{ч}$, $Mn_{ст}$, $C_{ст}$ соответственно масса и содержание фосфора чугуна, содержание марганца и углерода в стали.

2. Расчет ошибки моделирования

$$\varepsilon(i) = G_{ст}^{\Phi}(i) - G_{ст}^n(i), \quad (6)$$

где $G_{ст}^{\Phi}(i)$ – фактическая масса жидкой стали;

$G_{ст}^n(i)$ – прогнозируемая масса жидкой стали перед выпуском из конвертера.

3. Расчет параметрического управляющего воздействия k_p , с учетом фактически реализованных управляющих воздействий

$$k_{p,j}(i) = \gamma \left[\hat{k}_{p,Gч}^{ид.экр}(i) - \frac{\sum_{j=2, j \neq Gч}^J k_{p,j}(i) [u_j(i) - u_j^b(i)]}{[G_{ч}(i) - G_{ч}^b(i)]} \right] \cdot \frac{[G_{ч}(i) - G_{ч}^b(i)]}{[u_j(i) - u_j^b(i)]}. \quad (7)$$

где γ – весовой коэффициент, учитывающий влияние каждого j -ого канала на значение ошибки регулирования; $\hat{u}_p^{ид.экр}$ фактически реализованное идеальное эквивалентное параметрическое управление, приведенное к одному управляющему воздействию.

Сравнительный анализ результатов прогнозирования массы жидкой стали с оперативным уточнением коэффициентов модели и без уточнения подтверждает эффективность разработанных алгоритмов (рисунок 1). Точность прогнозирования увеличилась в среднем на 17 %.

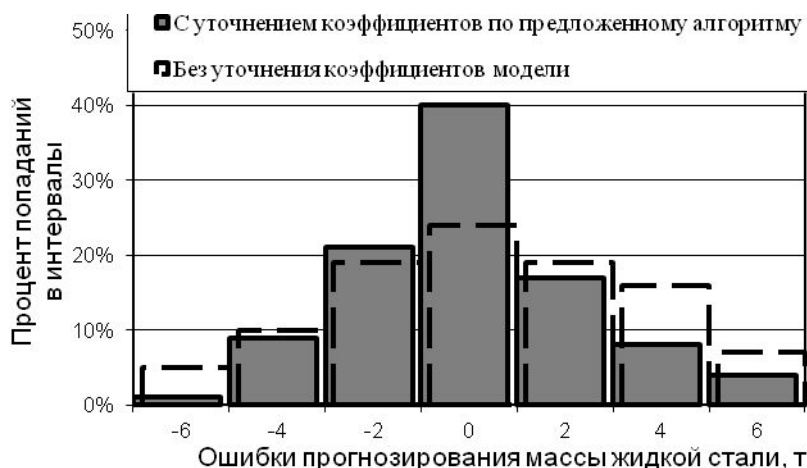


Рисунок 1 – Гистограмма распределения ошибок прогнозирования массы жидкой стали

Библиографический список

1. Цыпкин Я.З. Идентификация нестационарных динамических объектов / Я.З. Цыпкин, Б.Т. Поляк // Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. – М.: ВИНТИ, 1987. – Т. 21. – С. 68–91.

2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 683 с.
3. Гроп П. Методы идентификации систем / П. Гроп. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
4. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления / Емельянов С.В., Коровин С.К., Мышляев Л.П. и др. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.
5. Мышляев Л.П., Агеев Д.А. Синтез идентификаторов в виде замкнутых динамических систем / Л.П. Мышляев, Д.А. Агеев // Изв. вузов. Чёрная металлургия. – 2010. – № 12. – С. 60–62.
6. О численном моделировании алгоритмов идентификации, построенных на основе замкнутых динамических систем / Л.П. Мышляев, Д.А. Агеев, К. Г. Венгер и др. // Труды четвертой Всероссийской научно-практической конференции «Автоматизированный электропривод и промышленная электроника». – Новокузнецк. – 2010. – С. 83–94.
7. Райбман Н.С. Построение моделей процессов производства / Н.С. Райбман, В.М. Чадеев. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
8. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: пер. с англ. / Л. Льюнг; под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
9. Способы расчета масс материалов конвертерного процесса / Авдеев В.П., Айзатулов Р.С., Мышляев Л.П. и др. – М.: Металлургия, 1994, 192 с.

О ПОДОБИИ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Евтушенко В.Ф., Мышляев Л.П., Дмитриев В.О., Макаров Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Объединенная компания «ООО «Сибшахтострой»,
г. Новокузнецк*

Натурные объекты управления, например, технологические агрегаты и протекающие в них процессы характеризуются тем, что их основные свойства и условия функционирования зачастую не являются постоянными. Это связано с изменением качества поставляемого сырья, нестабильностью работы и износом технологического оборудования, старением агрегатов и другими причинами. Кроме того функционирование технологических объектов управления осуществляется в условиях постоянно действующих неконтролируемых возмущений, косвенная оценка которых показывает, что их свойства также изменяются.

Установление подобия систем управления, необходимое, в частности, при управлении с физической моделью [1] или в случае исследований систем управления с использованием вместо натуральных объектов их физических моделей [2], для нестационарных объектов усложняется. Согласно [3] в нестационарных условиях функционирования систем управления степень подобия натурной и модельной систем будет изменяться. Вследствие чего первоначально существующее подобие этих систем нарушается, и перенос результатов с одной из них на другую становится не обоснованным. В этом случае необходимо целенаправленно воздействовать на любую из этих систем, изменяя ее динамические свойства и свойства воздействий с целью устранения такого рода нарушений. То есть, системы управления, включая и исследования с физическими моделями, необходимо дополнять специальными подсистемами управления подобием (СУП).

Один из возможных вариантов СУП (рисунок 1) сформирован эвристически с учетом нестационарных свойств и условий функционирования объектов управления, а также нестационарности внешних воздействий,

На рисунке 1 приняты следующие обозначения



– элементы натурной и модельной систем управления;

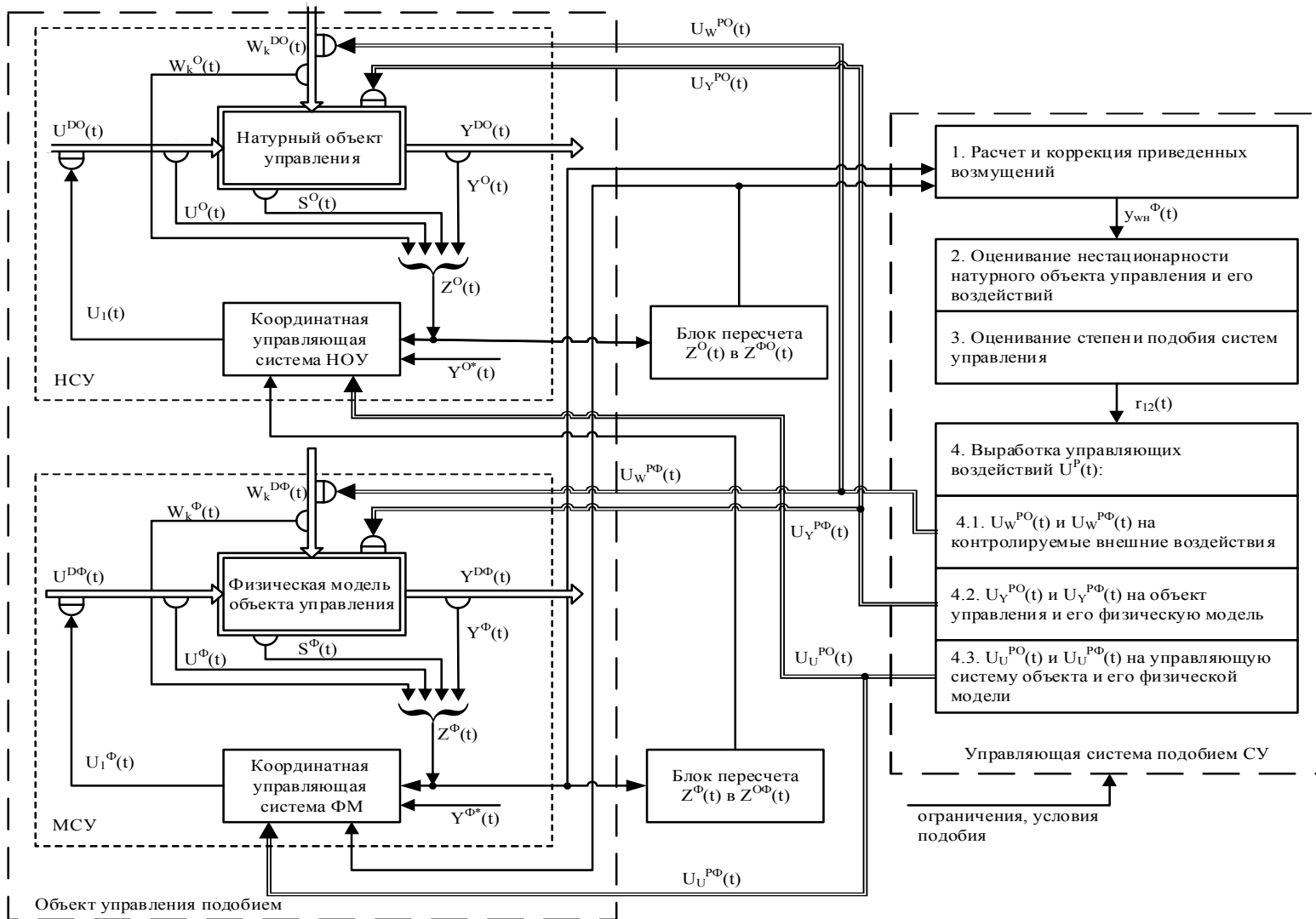


Рисунок 1 – Подсистема управления подобием систем

\Rightarrow – материальные и энергетические воздействия натурального объекта и физической модели;

\square – расчетные блоки обработки данных;

\rightarrow – информационные воздействия;

\Rightarrow – управляющие воздействия подобием систем управления;

\cup – измерительные блоки, включая неполноту контроля и ошибки измерения;

\ominus – исполнительные блоки, включая ошибки реализации управляющих сигналов (команд);

$U(t); W(t); Y(t); S(t)$ – векторы управляющих, внешних, выходных воздействий и переменных состояния в момент времени t ;

$$Z(t) = \{U(t); W_k(t); Y(t); S(t)\}.$$

$y_{\text{нн}}(t)$ – приведенные к выходу возмущающие воздействия в момент времени t как интегральная оценка неконтролируемых возмущений, выраженная в масштабе изменения выходных воздействий;

$r_{12}(t)$ – показатель степени подобия систем управления или их элементов, выраженный через коэффициент корреляции между целевыми показателями двух систем управления [3];

$U^P(t)$ – вектор управляющих воздействий на натуральный объект управления, его физическую модель, внешние контролируемые воздействия натурального объекта, его физической модели и управляющее устройство, направленный на достижение подобия или повышения степени подобия систем управления

$$U^P(t) = \{U_W^{PO}(t); U_W^{P\Phi}(t); U_Y^{PO}(t); U_Y^{P\Phi}(t); U_U^{PO}(t); U_U^{P\Phi}(t)\}, \quad (1)$$

где $U_W^{PO}(t); U_W^{P\Phi}(t)$ – векторы управляющих воздействий подобием контролируемых внешних воздействий;

$U_Y^{PO}(t); U_Y^{P\Phi}(t)$ – векторы управляющих воздействий подобием натурального объекта управления и его физической модели;

$U_U^{PO}(t); U_U^{P\Phi}(t)$ – векторы управляющих воздействий подобием управляющих устройств натурального объекта управления и его физической модели;

$Z^{\Phi O}(t)$ – вектор воздействий в момент времени t натурального объекта управления $Z^O(t)$, пересчитанный в масштаб его изменений для физической модели;

$Z^{O\Phi}(t)$ – вектор воздействий в момент времени t физической модели $Z^{\Phi}(t)$, пересчитанный в масштаб его изменений для натурального объекта управления;

надстрочные индексы «D», «O», «Ф» означают принадлежность, соответственно, к действительным значениям воздействий, натурального объекта управления и его физической модели;

«к», «нн» – подстрочные индексы, которые означают принадлежность к контролируемым и приведенным к выходу воздействиям.

Считая, что объект управления может состоять из любого конечного числа систем управления, ограничимся для его простоты изображением, состоящим всего лишь из двух систем управления. Кроме того примем, что одна из систем является системой управления натуральным объектом (НСУ), а другая – системой управления его физической моделью (МСУ).

Несмотря на то, что целенаправленные воздействия на систему управления физической моделью являются более предпочтительными с точки зрения простоты и затрат на их реализацию по сравнению с натуральной системой, для общности изложения на рисунке представлено, что управляющие воздействия подобием вырабатываются не только для

системы управления физической моделью, но и для натурального объекта. Чтобы подчеркнуть отличительную особенность управляющих воздействий подобием систем управления, они на схеме выполнены двойными стрелками, в то время как остальные информационные воздействия – обычными, одинарными стрелками.

СУП реализует функции расчета и масштабирования приведенных возмущений натурального объекта управления и его физической модели, оценивания нестационарности натурального объекта управления и степени подобия натурной и модельной систем управления и непосредственно управления их подобием.

Расчет приведенных возмущений осуществляется по известным схемам, изложенным для расчета приведенных к выходу объекта в [4], а для приведенных к одному из управляющих его входов в [5]. При этом, чтобы можно было сравнивать между собой приведенные возмущения натурального объекта управления и его физической модели, они должны быть представлены в едином масштабе изменения. В данном случае целесообразно приведенные возмущения натурального объекта управления представлять в масштабе изменения его физической модели.

В процессе функционирования натурной системы управления нестационарным объектом показатели ее эффективности при зафиксированном алгоритме управления будут неизбежно изменяться как при изменении динамических свойств самого объекта управления, так и действующих на него возмущений (контролируемых и неконтролируемых). Поэтому в основу алгоритмов оценивания нестационарности объекта и его возмущений целесообразно положить такие процедуры, которые позволят практически однозначно оценить, что явилось причиной изменения эффективности функционирования натурной системы управления: изменения свойств объекта управления или его возмущений. Это позволит в дальнейшем обоснованно выбирать тип управляющего воздействия подобием, например, подобием внешних воздействий $U_W^{PO}(t)$; $U_W^{P\Phi}(t)$ или объекта управления и его модели $U_Y^{PO}(t)$; $U_Y^{P\Phi}(t)$.

Оценивание совместного подобия систем управления натурным объектом управления и его физической моделью первоначально осуществляется путем проверки выполнения условия [3]

$$\left| Q_j \{ (t-T), t \} - Q_l \{ (t-T), t \} \right| \leq \delta Q_{jl}^*; \quad j \neq l; j = \overline{1, L}; l = \overline{1, L}, \quad (1)$$

где Q_j и Q_l – значения целевых показателей эффективности функционирования на заданном интервале времени T , соответственно, j -ой и l -ой системы управления; δQ_{jl}^* – величина, определяемая предельно допустимый (заданный) порог близости показателей Q_j и Q_l , при котором эффективность этих систем управления считается одинаковой; L – число систем управления.

Значения $Z^O(t)$ должны быть предварительно пересчитаны в масштаб изменения физической модели, т.е. в $Z^{\Phi O}(t)$.

Если условие подобия систем не выполняется, рассчитывается степень подобия K_{12} и осуществляется выработка вектора управляющих воздействий подобием систем управления. То есть подобие этих систем может быть достигнуто с помощью вектора управляющих воздействий $U_W^{PO}(t)$; $U_W^{P\Phi}(t)$, влияющих на свойства контролируемых внешних воздействий, $U_Y^{PO}(t)$; $U_Y^{P\Phi}(t)$, воздействующих на натурный объект управления и его физическую модель, а также $U_U^{PO}(t)$; $U_U^{P\Phi}(t)$, изменяющих алгоритм управления натурным объектом управления и его физической моделью.

Любая из указанных выше составляющих вектора управляющих воздействий по-

подобием может быть представлена тремя типами: структурными $U_S^P(t)$, координатными $U_Z^P(t)$ и параметрическими $U_{\Pi}^P(t)$ управляющими воздействиями.

Выводы. 1. В состав систем управления нестационарными объектами с использованием физических моделей необходимо включать специальные подсистемы управления их подобием.

2. Достижение подобия систем управления возможно с помощью управлений на внешние воздействия, объекты управления и на их управляющие системы.

Библиографический список

1. Красовский А.А. Оптимальное управление посредством физической прогнозирующей модели. / А.А. Красовский. // Автоматика и телемеханика. – 1979. № 2. – С. 156–162.
2. Применение физических моделей в схемах натурно-математического моделирования. / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, С.Р. Зельцер и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. – № 11. – С. 65–67.
3. Понятия и условия подобия систем управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, Д.Г. Березин и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2012. – № 12. – С. 56–58.
4. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротач. М.: Энергия, 1973. – 439 с.
5. Барковский В.В. Методы синтеза систем управления. / В.В. Барковский, В.Н. Захаров, А.С. Шаталов. – М.: Машиностроение, 1969. – 385с.

О ЦЕЛЯХ И ЗАДАЧАХ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (СНС) ИТ-ПРОЦЕССОВ

Пургина М.В., Зимин В.В., Кулаков С.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Введение. В ИПЛ-3 предложена структура жизненного цикла ИТ-сервиса и образцовые (нормативные) процессы, рекомендуемые для решения задач производства и предоставления ИТ-услуг (ИТ-сервисов) [1]. Одной из ключевых стадий этого цикла является стадия непрерывного улучшения сервисов, цель которой состоит в адаптации ИТ-процессов к изменяющимся условиям их реализации. Процессы ИТ-провайдера являются наиболее динамичным активом, посредством модификации которого поставщик услуг может быстро адаптироваться к изменению внешних и внутренних условий. Повышая эффективность ИТ-процессов, ИТ-провайдер сохраняет и/или повышает свою конкурентоспособность на рынке производства и предоставления ИТ-услуг.

С целью развития и конкретизации представлений ИПЛ-3 авторами [2] предложена функциональная структура системы управления производством и предоставлением ИТ-услуг (СУ ППУ), рекомендуемая для применения в относительно стабильных внешних и внутренних условиях функционирования (рисунок 1).

Составными элементами этой структуры являются системы управления $SU(S^{P1}(t), P_1)$, $SU(S^{P2}(t), P_2)$, $SU(S^{P3}(t), P_3)$, $SU(S^{P4}(t), P_4)$, $SU(S^{Pu}(t), P_u)$ стадиями жизненного цикла ИТ-сервиса; объектами управления этих систем являются соответствующие натурные процессы соответствующих стадий P_1, P_2, P_3, P_4, P_u , реализуемые в соответствии с нормативными моделями $P^*_1, P^*_2, P^*_3, P^*_4, P^*_u$ процессов: 1 – разработки стратегии, 2 – проектирования, 3 – внедрения, 4 – эксплуатации, u – утилизации; S^{Pk} , при $k \in \{1,2,3,4,u\}$ – совокупность сервисов, соответствующих процессам $\{P_k\}$, ВСС – вышестоящие системы.

Для сохранения и повышения конкурентоспособности в рыночных условиях поставщику услуг следует улучшать эффективность ИТ-процессов относительно достигнуто-

го уровня, и делать это не хуже конкурентов. Необходимость целенаправленной оптимизации ИТ-процессов в соответствии с непрерывно изменяющимися условиями функционирования требует создания в рамках СППУ специальной подсистемы, реализующей функции оптимизации ИТ-процессов. Внешние воздействия приводят, а внутренние - проявляются в снижении эффективности ИТ-процессов и требуют, как правило, идентификации их воздействий, разработки оптимизирующих решений и соответствующих изменений процессов.

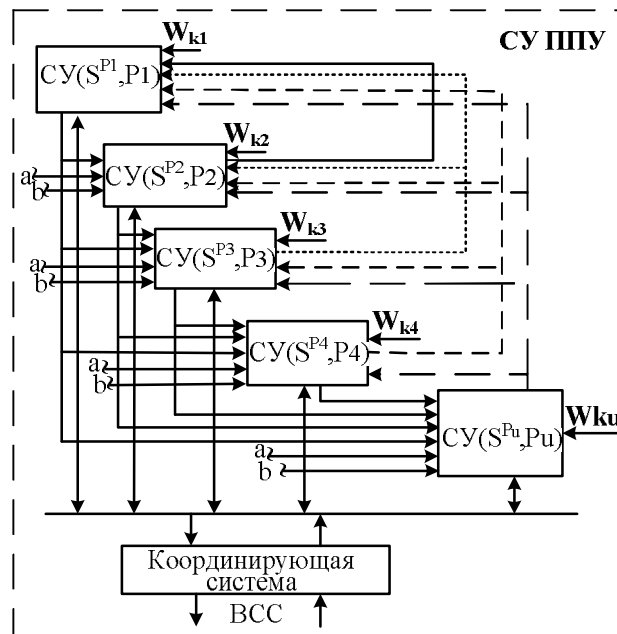


Рисунок 1 – Структура системы управления производством и предоставлением ИТ-услуг в относительно стабильных условиях

1. Модифицированная функциональная структура системы управления производством и предоставлением ИТ-услуг. Предлагаемая на рисунке 2 структура получена в результате включения в функциональную структуру, представленную на рисунке 1, системы непрерывного совершенствования (СНС) ИТ-процессов.

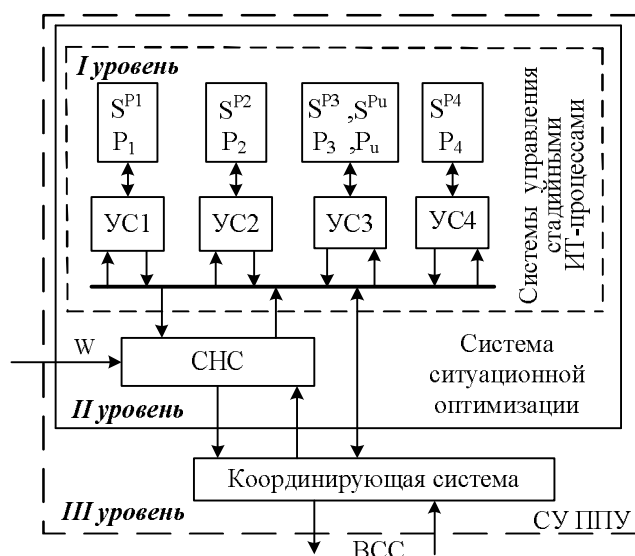


Рисунок 2 – Общее представление системы управления производством и предоставлением ИТ-услуг

Система первого уровня управляет процессами P_1, P_2, P_3, P_4, P_u , которые охватывают разработку и поддержку применения ИТ-сервисов потребителями. СНС относится ко второму уровню и осуществляет оптимизацию ИТ-процессов, обеспечивая конкурентоспособность сервисов ИТ-провайдера. Заметим, что задача оптимизации ИТ-процессов решается частично системой управления первого уровня в пределах операционного бюджета ИТ-провайдера. Совершенствование ИТ-процессов в этом случае реализуется посредством запросов на изменение процессов (как элементов обратной связи), формируемых стадийными $SU(S^{P_1}(t), P_1), SU(S^{P_2}(t), P_2), SU(S^{P_3}(t), P_3), SU(S^{P_4}(t), P_4), SU(S^{P_u}(t), P_u)$ системами управления (см. рисунок 1).

К типовым внешним воздействиям для СНС, относятся:

– внешние воздействия W (возможности и угрозы для ИТ-провайдера) в форме изменений:

- в законодательстве и стандартах;
- в требованиях, обеспечивающих конкурентоспособность ИТ-провайдера;
- в требованиях клиентов;
- внутренние инициативы провайдера, обусловленные его потребностями:
- в совершенствовании организационной структуры и культуры производства;
- в развитии способности к изменениям;
- в повышении компетентности персонала;
- в эффективном использовании ИТ-активов и другие.

2. *Цели и задачи системы непрерывного совершенствования. Основными целями СНС являются:*

2.1. Непрерывное приведение эффективности ИТ-процессов в соответствие новым потребностям клиентов, решениям вышестоящих регулирующих органов, лучшим достижениям конкурентов.

2.2. Непрерывное снижение издержек на ИТ-процессы.

Наиболее важные показатели эффективности СНС для сформулированных целей: общая удовлетворённость $\gamma(P)$ процессами клиентов (например, средне-взвешенная по всем процессам жизненного цикла); изменение $\Delta q(P)$ показателей эффективности процессов за плановый период, снижение $\Delta z(P)$ затрат на процессы за отчётный период.

Заметим, что применение показателей эффективности СНС, рекомендуемых ИПЛ-3, не гарантирует достижение и сохранение конкурентоспособности ИТ-провайдера. Необходимо, чтобы совокупные затраты на функционирование СНС и на иницируемые ею оптимизационные проекты были компенсированы снижением затрат на функционирование усовершенствованных процессов и эффектом от применения ИТ-сервисов, то есть, чтобы функционирование СНС было рентабельным. Рентабельная деятельность СНС также является необходимым, но не достаточным условием для достижения или сохранения конкурентоспособности ИТ-провайдера. Достаточным для конкурентоспособности ИТ-провайдера является условие:

$$R(P) \geq R_{\text{РЫН}}^{\min}, \quad (1)$$

означающее, что рентабельность всех процессов провайдера (включая СНС) должна быть не ниже некоторого текущего порогового уровня, определяемого рынком ИТ-услуг. Поэтому задача-минимум для СНС состоит в таком совершенствовании ИТ-процессов, чтобы, по крайней мере, условие (1) постоянно выполнялось, а задача-максимум – в достижении максимально возможного значения рентабельности процессов при заданных совокупных ресурсах на функционирование СНС и оптимизационные проекты

Построение эффективной СНС, исходя из вышеизложенного, должно опираться на следующие базовые принципы:

– Поддержания соответствия стратегии поставщика ИТ-услуг изменяющимся во времени стратегиями клиентов (потребителей ИТ-сервисов).

– Разработка и предоставление высококачественных сервисов посредством создания и применения конкурентоспособных ИТ-процессов.

– Регулярная оценка эффективности и согласованности процессов поставщика ИТ-услуг на основе показателей эффективности применения ИТ-сервисов клиентами и сравнения этого уровня с соответствующими показателями конкурентов.

– Непрерывное формирование, приоритезация и реализация рентабельных проектов по совершенствованию ИТ-процессов (на основе глубокого понимания целей и задач ИТ-провайдера, потребителей ИТ-услуг и конкурентов).

Для достижения вышеуказанных целей СНС должна решать следующие задачи:

1) Мониторинг и анализ функционирования собственных процессов, процессов конкурентов, достижений ИТ-сферы, проявлений снижения эффективности ИТ-процессов относительно достигнутого уровня.

2) Формирование портфеля рентабельных проектов (SIP) по совершенствованию ИТ-процессов, обеспечивающих:

– внедрение лучших практик и достижений ИТ-сферы в процессную деятельность;

– восстановление и повышение эффективности ИТ-процессов.

3) Ранжирование оптимизационных проектов с учётом их рентабельности.

4) Инициирование и контроль реализации проектов по совершенствованию процессов.

5) Контроль эффективности оптимизированных процессов.

6) Контроль рентабельности системы непрерывного совершенствования ИТ-процессов.

3. *Условие рентабельного функционирования СНС.* Немногие ИТ-провайдеры решатся на инвестиции в улучшение процессов, если нет на это экономического обоснования. Пусть $(-T,0)$ и $(0,T)$ – два последовательных отчётных периода (квартала, полугодия, года) функционирования СНС. Обозначим через $z_{снс}(P(-T))$ и $z_{sip}(P(-T))$ издержки провайдера на функционирование СНС и инвестиции в проекты по совершенствованию процессов в периоде $(-T,0)$. Существуют два источника окупаемости инвестиций в ИТ-процессы: снижение издержек на ИТ-процессы (в будущих периодах) и увеличение добавленной стоимости (в будущих периодах), производимой ИТ-сервисами, созданными и поддерживаемыми усовершенствованными ИТ-процессами. Пусть $z(P(-T))$ и $z(P(T))$ – затраты на процессы провайдера в периодах $(-T,0)$ и $(0,T)$. Тогда изменение затрат на процессы будет равно:

$$\Delta z(P(T)) = z(P(-T)) - z(P(T)). \quad (2)$$

Заметим, что $\Delta z(P(T))$ может быть как положительной, так и отрицательной величиной, в зависимости от того, направлены оптимизационные проекты на снижение издержек на процессы P или на повышение показателей γ и q их эффективности. Пусть $\Delta S^c(P(T))$ – множество тех сервисов s из каталога S^c , которые созданы в периоде $(-T,0)$ и/или поддерживаются в периоде $(0,T)$ усовершенствованными процессами. Пусть $s \in \Delta S^c(P(T))$, а $d(s(P(-T)))$ и $d(s(P(T)))$ – добавленные стоимости, созданные сервисом s , соответственно в периодах $(-T,0)$ и $(0,T)$. Тогда увеличение добавленной стоимости $D(\Delta S^c(T))$, обусловленной улучшением ИТ-процессов, будет равно:

$$D(\Delta S^c(P(T))) = \sum_{s \in \Delta S^c} (d(s(P(T))) - d(s(P(-T)))) \quad (3)$$

Для оценки результата оптимизации (совершенствования) ИТ-процессов широко используют показатель *возврата инвестиций (ROI)**. С учётом (2) и (3) ROI для иницииро-

* ROI вычисляют делением прибыли от инвестиций на размер инвестиций и выражают в процентах.

ванных СНС и реализованных в периоде $(-T, 0)$ оптимизационных проектов определяется формулой:

$$ROI(-T) = \frac{\Delta z(P(T)) + D(\delta S^c(P(T))) - z_{\text{СНС}}(P(-T))}{z_{\text{SIP}}(-T) + z_{\text{СНС}}(P(-T))} * 100. \quad (4)$$

Условием рентабельного функционирования СНС является неотрицательность числителя дроби (4). По формуле (4) можно оценить как плановую, так и фактическую эффективность. В разности между ними выражается эффективность работы системы управления СНС.

4. *Формирование портфеля рентабельных проектов (SIP) по совершенствованию ИТ-процессов.* Основным средством, с помощью которого СНС решает свои задачи, является портфель проектов по оптимизации процессов – SIP. Для его формирования и актуализации СНС, в частности, выполняет следующее:

- Организацию мониторинга необходимых показателей.
- Анализ мониторинговой информации и трендов с целью контроля выполнения соглашения о качестве обслуживания.
- Периодическое проведение оценок эффективности функционирования процессов для выявления областей с позитивными изменениями и проблемных областей.
- Периодическое проведение внутреннего аудита для проверки согласованности функционирования процессов.
- Анализ действующих компонентов сервисов и процессов с целью оценки их необходимости и текущей значимости.
- Проведение периодических опросов удовлетворенности клиентов.
- Проведение анализа качества сервисов внешних поставщиков и качества внутренних сервисов для определения возможных улучшений процессов.

5. *Показатели эффективности (ИТ-метрики) и мониторинг для решения задач СНС.* Различают три типа метрик, которые применяют для оптимизации ИТ-деятельности: *технологические метрики*, то есть те, которые связаны с ИТ-компонентами сервисов, влияющими на их характеристики (мощность, доступность и т. п.); *метрики процессов*, охватывающие вычисление критических факторов успеха (CSFs), ключевых показателей эффективности (KPIs) и рабочих метрик процессов; *метрики сервисов*, определяющие результативность сервисов. СНС использует значения этих метрик как входную информацию для выявления возможных улучшений.

Для достижения поставленных целей СНС организует мониторинг функционирования стадийных систем управления $СУ(S^{P1}(t), P_1)$, $СУ(S^{P2}(t), P_2)$, $СУ(S^{P3}(t), P_3)$, $СУ(S^{P4}(t), P_4)$, $СУ(S^{Pu}(t), P_u)$. Для $СУ(S^{P1}(t), P_1)$ (управление разработкой стратегии сервиса)- контролирует соответствие вырабатываемых ИТ-решений принятой ИТ-стратегии и бизнес-стратегиям клиентов, соответствие ИТ-решений действующим стандартам, политикам, принятым архитектурным решениям. Для $СУ(S^{P2}(t), P_2)$ (управление проектированием) – проверяет соблюдение стандартов создания и модификации сервисов и процессов, измеряет характеристики полезности и применимости сервисов, оценивает значения критических факторов успеха CSFs (финансовая стабильность, удовлетворенность клиентов, эффективность ИТ-активов и процессов), оценивает значения ключевых показатели эффективности- KPIs деятельности ИТ-персонала. Для $СУ(S^{P3}(t), P_3)$ и $СУ(S^{Pu}(t), P_u)$ (управление внедрением и утилизацией) – формирует данные, описывающие разработку и развертывание релизов сервисов/процессов в продуктивной системе; обеспечивает соответствие физических ИТ-активов описанию в CMDB, формирует данные по управлению изменениями. Для $СУ(S^{P4}(t), P_4)$ (управление поддержкой сервисов) СНС осуществляет текущий мониторинг функционирования сервисов в продуктивной системе, обеспечивает измерение и логическую обработку данных и их представление в удобном формате для всех стадий ЖЦС.

Заключение. Представляет значительный интерес рассмотрение следующих задач:

- построение иерархической структуры показателей эффективности процессов жизненного цикла сервисов и процедур их оценивания;
- оптимизация процессов на первом уровне системы управления производством и предоставлением услуг;
- оптимизация процессов второго уровня СУ ППУ;
- оптимальное распределение ресурсов на совершенствование ИТ-процессов для случаев известной и неизвестной функции «затраты/эффективность».

Библиографический список

1. OGC-ITIL V3- 6 – Service Lifecycle – Introduction ITIL TSO 2007. – 173 p.
2. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. О структуризации системы управления деятельностью ИТ-провайдера / Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 2.1(48), – С. 198–202.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ивушкин К.А., Мышляев Л.П., Лысенко Н.Л.
*ОК «ООО «Сибшахтострой»,
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Эффективность технологических режимов крупных промышленных комплексов определяется, главным образом, адекватностью моделей этих комплексов, включая модели технологических процессов, внешних и внутренних как контролируемых, так и неконтролируемых воздействий, и, что очень важно, свойствами управляющих подсистем, которые как правило включают активные составляющие: человека-оператора. В таких условиях ориентация на использование математических моделей не дает желаемых результатов из-за отсутствия адекватных математических моделей технологических процессов, различного рода воздействия, и конечно, человека – оператора. Применение же процедур оптимизации с постановкой натуральных экспериментов мало приемлемо в производственных системах.

Наиболее привлекательно применение комплексного натурно-модельного подхода, органически объединяющего натурные элементы и их пересчетные математические модели в натурно-модельные блоки (НМБ), позволяющие получать спектр различных технологических режимов, необходимых для последующей оптимизации. Построение и применение таких НМБ достаточно подробно освещено в научно-технических изданиях*

Менее изучен вопрос объединения НМБ для описания сложной структуры производственного комплекса. При моделировании комплексов можно идти двумя путями. Либо проводить последовательную имитацию на каждом отдельном НМБ, а затем объединять получаемые результаты, либо формировать натурно-модельный комплекс (НМК) из НМБ и проводить эксперименты на этом комплексе. Для аналитических исследований более предпочтителен второй путь.

Основные НМК, которых достаточно для представления производственных комплексов, формируются следующими соединениями НМБ: последовательным, параллель-

* Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения [Текст] / Л.П. Мышляев, и др. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

ным, антипараллельным (с обратной связью) и переключательным.

Конкретизируя пересчетную модель НМБ в виде

$$Y_j^N = Y_A^I + \delta B_j^N (V_j^N - V_j^I), \quad (1)$$

в которой оператор δB_j^N перерасчета приращений входных воздействий

$$\delta V_j^N = V_j^N - V_j^I \quad (2)$$

в приращения δY_j^N принимается линейным в окрестности ограниченных δV_j^N , а

$$V_j^N = V_{j-l}^N - \delta V_j^N, \quad (3)$$

получены аналитические выражения

1) для НМК с последовательным соединением НМ-блоков

$$Y_j^I = \prod_{j=A}^M A_j^I (V_A^I) + \sum_{l=1}^M \prod_{j=B}^M A_j^I (\delta V_j^I), \quad (4)$$

$$Y_j^N = Y_j^I + \prod_{j=A}^M \delta B_j^N (V_A^N - V_A^I) + \prod_{j=B}^M \delta B_j^N (\delta V_j^N - \delta V_j^I), \quad (5)$$

$$j = \overline{A, M}; N = \overline{II, \overline{N}}, l - \text{номер } j.$$

2) для НМК с параллельным соединением

$$Y^I = \sum_{j=A}^M [A_j^I (V_j^I) + \delta Y_j^I], \quad (6)$$

$$Y^N = \sum_{j=A}^M [Y_j^I + \delta B_j^N (V_j^N + V_j^I) + \delta Y_j^N]. \quad (7)$$

3) для НМК с соединением обратной связи

$$Y_A^I = \frac{A_A^I}{1 \mp A_A^I A_B^I} V^I \pm \frac{A_A^I A_B^I}{1 \mp A_A^I A_B^I} \delta V_B^I. \quad (8)$$

$$Y_A^N = Y_A^I + \frac{\delta B_A^N}{1 \mp \delta B_A^N \delta B_B^N} (V^N - V^I) \pm \frac{\delta B_A^N \delta B_B^N}{1 \mp \delta B_A^N \delta B_B^N} (\delta V_B^N - \delta V_B^I), \quad (9)$$

$$N = \overline{II, \overline{N}}$$

4) для НМК с переключательным соединением

$$Y_A^I = A_A^I P_j [A_A^I (V_A^I)] \quad (10)$$

$$Y_j^N = Y_j^I + \delta B_A^N P_j [\delta B_j^N (V_A^N - V_A^I)] \quad (11)$$

В выражениях (1) – (11) приняты обозначения: А – варианты операторы, соотносимые натурным объектам; В – взаимовариантные операторы, соотносимые приобъектным математическим моделям; Ф – оператор обратной связи; Р – оператор переключения; V^N , Y^N – варианты входные и выходные воздействия; δV_j^N , δY_j^N – приращения вариантов входных выходных воздействий, которые могут иметь как положительные, так и отрицательные значения; $N = \overline{I, \overline{N}}$ – порядковый номер варианта, а \overline{N} – число вариантов; подстрочными индексами обозначен каждый из НМ –блоков.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»

Грачев В.В., Циряпкина А.В., Барагичев К.Е., Дмитриев В.О.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

ООО ОК «Сибшахтострой»,

г. Новокузнецк

Современные углеобогажительные фабрики являются сложными техническими системами со множественными связями между агрегатами технологического комплекса и большим количеством входных и выходных величин. Для управления технологическим процессом на таких фабриках создаются специальные системы автоматизации управления (САУ) на базе новейших технических и программных средств и с использованием современных подходов к построению автоматизированных систем.

Углеобогажительные фабрики являются территориально распределёнными предприятиями с большим объёмом обрабатываемых данных, в этом случае целесообразно строить САУ в распределённой архитектуре с резервированием. Систему можно назвать распределённой, если она имеет территориально удалённые узлы ввода-вывода информации, независимые центры обработки данных и единую конфигурационную базу данных [1]. Такое сочетание основных черт позволяет с меньшими усилиями за меньшие сроки создать более безопасную, отказоустойчивую и простую в обслуживании систему.

Указанный подход к построению систем, сочетающий в себе построение распределённой системы с элементами резервирования, применялся при построении САУ углеобогажительной фабрики «Матюшинская», переданной в эксплуатацию в сентябре 2012 года [2]. Схема технической структуры фабрики представлена на рисунке 1. Данная система построена на базе продуктов компании Schneider Electric: контроллеров Quantum и программного пакета VijeoSuite (включает SCADA-систему VijeoCitect, сервер предыстории VijeoHistorian и OPC-сервер OFS). Контроллеры с модулями удалённого ввода-вывода производят сбор и первичную обработку данных, SCADA-сервер выполняет функцию сбора данных от систем нижнего уровня и представление обработанной информации для дальнейшего использования, сервер предыстории архивирует информацию, полученную от SCADA-сервера, и предоставляет доступ к ней в дальнейшем, а диспетчерские станции и станции руководящего персонала представляют полученную от SCADA-сервера информацию в графическом виде, удобном для восприятия.

Одним из аспектов распределённой системы является удалённый ввод-вывод информации на полевом уровне. Создание распределённой системы началось с уровня полевых устройств – были использованы модули удалённого ввода/вывода (RIO), что позволило уменьшить количество контроллеров (и снизить итоговую стоимость) при сохранении необходимого уровня быстродействия системы и частично отделить приём сигналов от их первичной обработки.

Создание распределённой системы подразумевает горячее резервирование её элементов [1]. При резервировании многофункциональных элементов каждый экземпляр выделен под выполнение одной функции из многих. Функции верхнего уровня системы (сбор информации с контроллеров, её обработка, архивация и представление) распределены между серверами и клиентами. Выделены сервера предыстории с программным продуктом VijeoHistorian, SCADA-сервера с продуктами VijeoCitect и OFS и клиенты в виде диспетчерских станций и станций управляющего персонала. Пульт диспетчера фабрики включает две диспетчерские станции с двумя мониторами каждая (рисунок 2), при этом на каждый из мониторов выводится свой тип информации: мнемосхема технологического процесса, графики аналоговых показателей, сводка тревог и прикладное ПО для подготовки отчётов. Таким образом, совмещено горячее резервирование диспетчерских станций с распределением функций между ними.

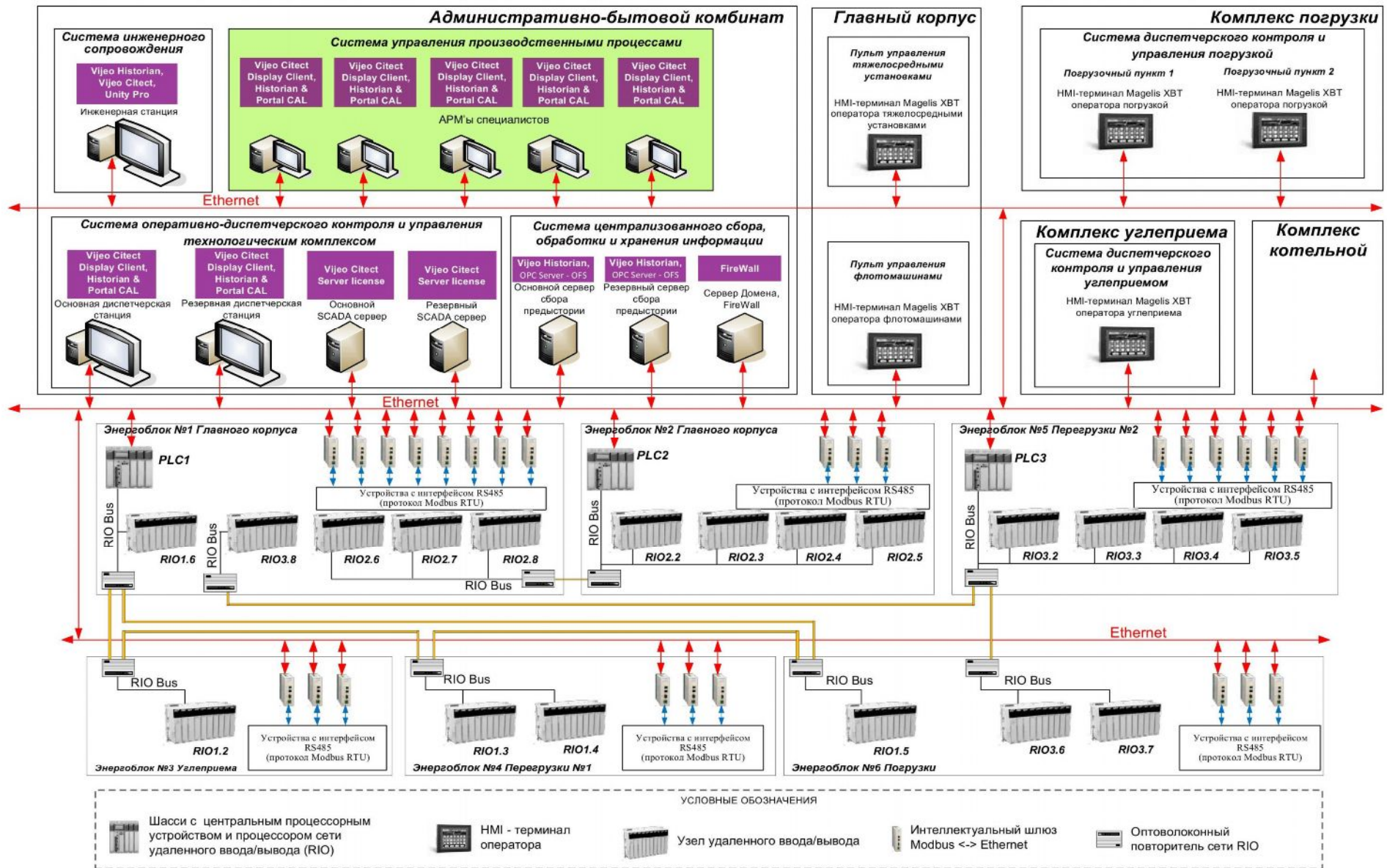


Рисунок 1 – Техническая структура САУ фабрики «Матюшинская»

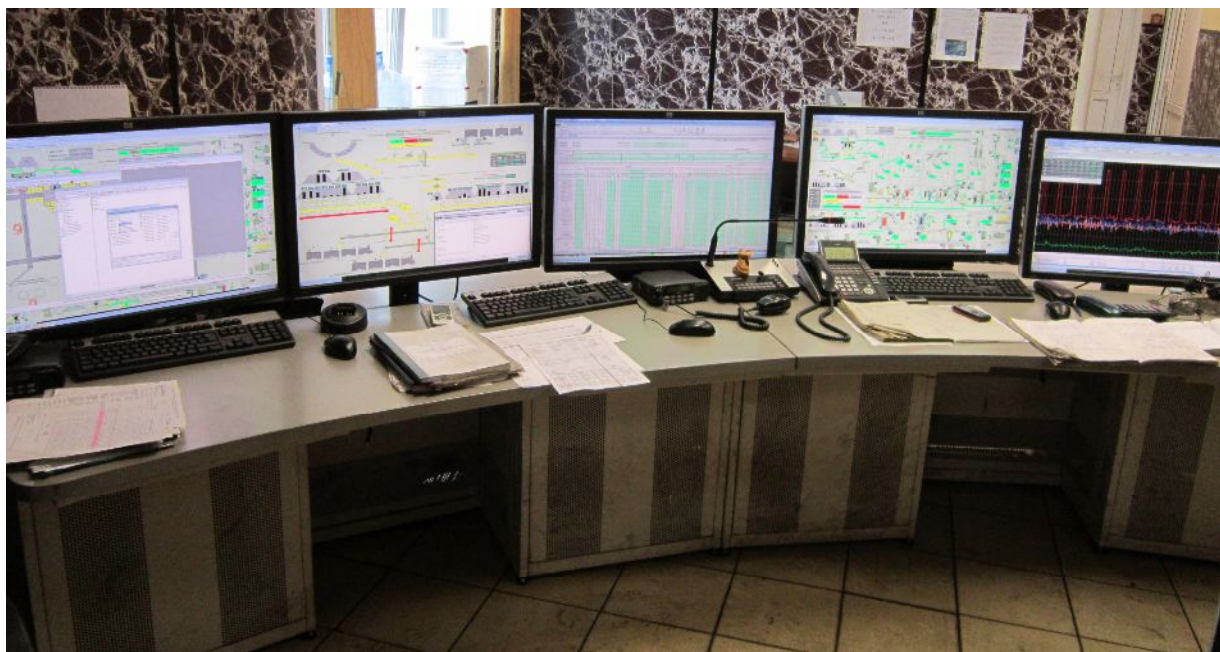


Рисунок 2 – Пульт диспетчера фабрики «Матюшинская»

Распределённый ввод-вывод информации со стороны человека строится не только посредством пульта диспетчера, но и с помощью местных панелей управления. Такие панели управления с сенсорным терминалом устанавливаются на участках фабрики, и каждая из них отвечает только за оборудование «своего» участка. Терминалы взаимодействуют с контроллерами напрямую, и даже при выходе из строя всего оборудования в диспетчерской операторы в цеху могут контролировать технологический процесс. Такие пульта управления установлены на каждом участке фабрики – углеприём ж/д транспортом, участок тяжелосредних установок, флото-фильтровальное отделение, бункер породы – и позволяют контролировать параметры технологического процесса и управлять оборудованием в случае неполадок на пульте диспетчера.

Для организации централизованной конфигурационной базы данных использовались стандартные средства базового программного обеспечения. Используемый программный пакет VijeoSuite поддерживает создание централизованного хранилища проектов, и такое хранилище было создано на паре SCADA-серверов. При внесении изменений в находящийся в хранилище проект эти изменения тотчас подхватывались всеми клиентами системы, что сокращает время на обновление системы и упрощает поддержку прикладного ПО.

Эксплуатация САУ подтвердила её эффективность, что позволяет распространить такие системы на другие промышленные объекты.

Библиографический список

1. Таненбаум Э., ван Стеен М. Распределённые системы. Принципы и парадигмы/ Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
2. Система автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики «Матюшинская» / К.А. Ивушкин, М.В. Шипунов, В.В. Грачев, Л.П. Мышляев// Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей. – Новокузнецк: СибГИУ, ЗАО «Кузбасская ярмарка», 2013. – С. 187–191.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ АППАРАТНЫМИ ЦИФРОВОГО ВЕЩАНИЯ

Гарипов В.К.

*Московский киноvideоинститут. Филиал Санкт-Петербургского
государственного университета кино и телевидения
г. Москва*

Телевизионная аппаратная цифрового вещания (ТАЦВ) представляет собой комплекс технических средств, предназначенных для формирования одной или нескольких выходных программ. Многопрограммное вещание может строиться с использованием общего контента в каналах (поясное вещание с временным сдвигом) или с использованием в основном раздельного контента (тематическое вещание) [1].

Во втором случае обязательно присутствует и общий контент для всех формируемых каналов – основные и промежуточные заставки, информационные ролики, реклама. Соотношение записанных и живых программ в каждом выходном канале определяет необходимый набор оборудования ТАЦВ.

Полностью живое вещание требует наличия сигналов от внешних линий сторонних вещателей и сигналов из ТАЦВ, если предусматриваются собственные прямые трансляции. Работа с внешними линиями является характерной для ретрансляционных аппаратных, предназначенных для локализации (региональной модификации) программ, формируемых центральной станцией телевизионной сети.

Полностью консервное вещание требует наличия источников заранее записанных программ.

Совмещенное вещание, характерное для спорта и новостей, подразумевает поочередное включение в программу источников всех типов – записанных программ, внешних линий, студии.

На рис. 1 показана обобщенная схема ТАЦВ, в которой выделяются следующие группы компонентов [1]:

- источники сигналов;
- коммутационная инфраструктура;
- компоненты оформления выходных программ.

Формируемые программы разделены на две группы. Группа *A* относится к консервному вещанию, когда оформление выходных программ ограничивается указанием типа перехода между событиями по видео и по звуку (реализуется в АВ-микшере), вводом титров (реализуется знакогенератором) и канального логотипа (устройство вставки логотипа).

В состав канального оборудования группы программ *B* (живой эфир) помимо знакогенератора и устройства вставки логотипа включается вещательный микшер (микшер управления вещанием), который обеспечивает более сложные переходы между событиями, а также спецэффекты внутрикадрового монтажа многослойных композиций и комплексное управление звуковым трактом.

Канальные знакогенераторы и устройства вставки логотипа в группе программ *B* показаны с включением по выходу микшера, хотя часто используется и в вариантах включения по каналам DSK на соответствующие входы микшера. Тогда управление переходами, спецэффектами, вводом титров и логотипов осуществляется с единой консоли микшера.

Центральным элементом ТАЦВ служит коммутационная инфраструктура, предназначенная для маршрутизации сигналов между всеми возможными источниками и приемниками сигналов.

В традиционных решениях коммутационная инфраструктура строится на базе мат-

ричных коммутаторов. Видео и звук могут проходить через отдельные коммутаторы, но наилучшим решением является коммутация цифровых последовательных сигналов SDI с вложенным звуком.

На схеме рисунка 1 показаны основные входные и выходные линии матричного коммутатора. Для реализации и вспомогательных, но обязательных задач, например записи формируемой вживую программы, необходимы маршруты, не отраженные на схеме. По этой причине количество сигнальных портов центрального матричного коммутатора может в 2–4 раза превышать количество формируемых программ или задействованных приемников внешних линий. Для ТАЦВ с 16-ю формируемыми программами типовым вариантом является использование матричного коммутатора 64.64 [2].

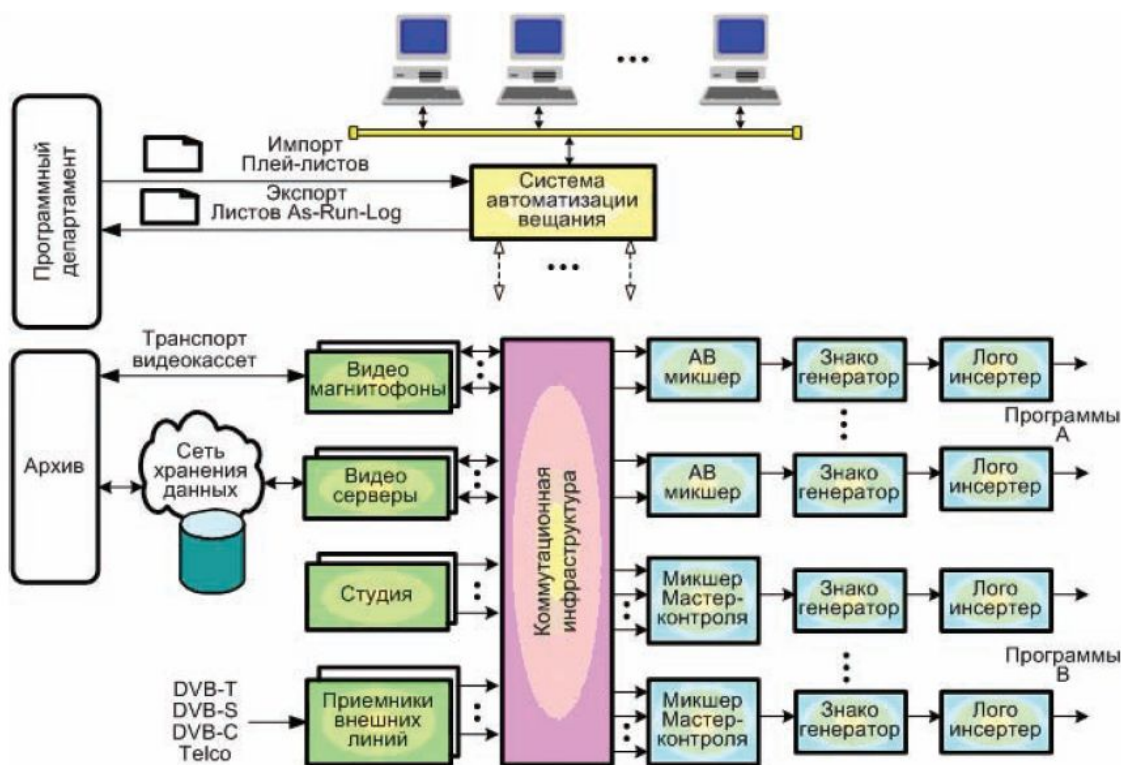


Рисунок 1 – Обобщенная схема ТАЦВ

Матричный коммутатор в единственном экземпляре является критической точкой отказа – при выходе матрицы из строя отключается формирование всех выходных программ. В высоконадежных инсталляциях коммутационная матрица дублируется по схеме горячего резерва 1+1. По каждому входу устанавливается разветвитель сигналов, по каждому выходу – коммутатор резерва. Все это вместе образует достаточно сложную коммутационную инфраструктуру ТАЦВ.

Система автоматизации современной ТАЦВ является ее необходимой составляющей. Компоненты системы автоматизации являются избыточными по сравнению с ручным формированием эфира, но установка автоматизации дает ряд преимуществ в функциональности и надежности работы комплекса технических средств вещания. Главным дополнительным компонентом является контроллер эфирных устройств (сервер автоматизации). Сервер автоматизации работает согласно загруженному эфирному расписанию, подавая команды на каждый подчиненный компонент сигнального тракта [3].

Контроллер связан с каждым управляемым устройством вещательной аппаратной каналами передачи команд управления по линиям RS-422, RS-232, GPI и другим. В системах высокой надежности контроллер эфирных устройств и инфраструктура передачи команд управления дублируются в горячем режиме по схеме 1+1 [3].

Управление автоматизированным эфиром осуществляется с рабочих станций, объединенных локальной сетью между собой и с основным и резервным контроллерами эфирных устройств.

Функциональные возможности системы автоматизации ТАЦВ [1]:

- импорт расписания из внешней системы трафика (программного департамента), верификация и преобразование в эфирный лист воспроизведения;
- импорт и верификация медиаматериалов, ассоциированных с поступившим расписанием, и при необходимости - запрос на импорт недостающих медиаматериалов;
- автоматическое управление источниками сигналов, коммутационным и канальным оборудованием эфирной аппаратной путем подачи согласованных по времени и между собой команд управления оборудованием;
- поддержка исполнения жесткого по времени расписания, плавающего расписания и режима прямого эфира для спортивных трансляций и новостей;
- поддержка оперативного вмешательства эфирного оператора в редактирование и исполнение листа воспроизведения без конфликта с системой автоматизации;
- отображение на рабочих местах операторов эфира процессов выполнения листов воспроизведения по всем формируемым каналам;
- мониторинг собственного состояния системы автоматизации и подчиненных устройств и систем;
- автоматическое резервирование критичных компонентов эфирной аппаратной;
- создание журнала регистрации, фиксирующего реальное исполнение всех листов воспроизведения, и его экспорт в программный департамент.

На схеме, представленной на рисунке 1, показана также группа видеосерверов, обеспечивающих процессы записи/воспроизведения медиаматериалов. Видеосерверы сегодня применяются в ТАЦВ – от сотен формируемых каналов до регионального узла ретрансляции с врезкой местной рекламы [3].

Термин видеосервер закрепился за аппаратно-программным комплексом со следующими типовыми характеристиками:

- стандартная вычислительная платформа с одно- или многопроцессорным ядром в корпусе с несколькими блоками питания;
- встроенный дисковый массив для хранения оперативного массива медиаданных (видеоданных и аудиоданных);
- интерфейсы SAN или NAS для обмена медиаданными в реальном масштабе времени с внешней иерархической системой хранения;
- сетевой интерфейс Ethernet для импорта-экспорта файлов медиаданных по сетевым протоколам на основе FTP или HTTP;
- потоковая передача компрессированных аудиовидеосигналов через сетевые IP-протоколы;
- специализированные платы расширения для ввода и вывода нескольких некомпрессированных потоков видео и звука в реальном масштабе времени с функцией синхронизации по выходам;
- синхронизация системного времени видеосервера по входному сигналу продольного временного кода LTC или средствами операционной системы во взаимодействии с сетевым или глобальным сервером точного времени;
- поддержка протокола Sony поверх интерфейса RS-422 для традиционного управления видеосервером от контроллеров автоматизации;
- интерфейс входов и выходов GPI для сигнализации и синхронизации с окружающим оборудованием;
- операционная система Windows для массовых вариантов применений или Linux для инсталляций с особыми требованиями к устойчивости;
- комплект прикладного ПО в составе серверной части и клиентского ПО с функ-

циями администрирования и конфигурирования видео-сервера;

- поддержка принятых в отрасли методов компрессии средствами программных кодеков с возможностью добавления новых кодеков в пользовательских инсталляциях;

- импорт/экспорт листов записи, воспроизведения и иной информации по принципам электронного документооборота с автоматическим преобразованием данных без участия оператора;

- фоновое документирование рабочих процессов видеосервера для целей диагностики, в том числе и на дистанционно подключенном компьютере администратора;

- WEB-интерфейс для мониторинга и управления с мобильных пользовательских терминалов;

- сетевые подключения к клиентским станциям управления по локальной сети Ethernet на стеке протоколов TCP/IP;

- протокол дистанционного управления VDCP для работы в системах автоматизации вещания;

- протокол дистанционного управления MOS для взаимодействия с системами News Room;

- документированные частные протоколы от производителя видеосервера для написания клиентских приложений силами интегратора или конечного пользователя;

- видеосерверы обеспечивают функции, недостижимые в классических аппаратных на базе видеомагнитофонов (ВМ);

- мгновенный доступ к выбранному медиафайлу для выдачи в эфир;

- запись или выдача нескольких вещательных программ с одного видеосервера;

- многопользовательский доступ с персональных компьютеров на рабочих местах к контенту вещательного или просмотрочного качества, хранимому на локальных задержки снизу (от нескольких секунд) и сверху (до десятков часов);

- одновременное формирование программ нескольких форматов разрешения - HD, SD, Mobile с одной платформы с соответствующими способами компрессии;

- чистовой монтаж в режиме реального времени содержания эфирных программ в спортивных трансляциях для осуществления замедленных повторов и быстрого построения обзорного материала.

Совместное использование видеосерверов и ВМ дает новые варианты повышения надежности вещания за счет резервирования и разделения задач в группе источников сигналов.

Изначальное решение заключается в горячем взаимном резервировании видеосерверов и ВМ.

Например, на каждый выходной канал назначается ВМ и порт вывода видеосервера. Записанные материалы одновременно попадают на ВМ путем загрузки видеокассет, те же материалы в виде файлов импортируются в сеть хранения данных, обслуживающую серверную группу.

Система автоматизации по эфирному расписанию одновременно управляет видеосервером и ВМ так, что на их выходах параллельно формируется идентичная с точностью до кадра цепь эфирных событий. Переход с одного источника на другой производится простым нажатием кнопки на консоли управления, при этом в эфире не наблюдается подрывов и иных искажений аудиовизуального ряда [4].

Несомненные преимущества серверного вещания в большинстве случаев приводят к тому, что видеосервер считается основным источником, а ВМ используется только для резервирования на интервале выдачи особо ответственных событий, например дорогостоящей рекламы. На видеоносители в таком случае записываются только рекламные блоки.

При большом количестве формируемых программ используется схема резервирования 1+1 или N+1 в группе видеосерверов. Резервируемые видеосерверы должны быть

запущены на отдельных аппаратных платформах, этим обеспечивается быстрое восстановление вещания при таких типичных отказах, как отключение блоков питания, сбой операционной системы, ошибки в специализированном программном обеспечении, отказ встроенного дискового массива.

В схеме 1+1 пара серверов работает по идентичному эфирному расписанию, а в схеме N+1 резервный видеосервер назначается на группу каналов N. При отказе одного из серверов группы N резервный видеосервер продолжит вещание только после импорта эфирного расписания, идентичного загруженному в отказавший видеосервер.

На эту операцию обычно уходит несколько секунд после принятия оператором эфира решения о переходе на резерв. Обязательным условием реализуемости такой схемы резервирования является наличие медиаматериалов в сети хранения данных с общим доступом со всех видеосерверов

Таким образом, следует отметить, что системы автоматизации действительно дают не только новые средства, но и новые принципы и возможности построения современных ТАВЦ. Кроме того, правильное понимание и применение вещательных серверов дает возможность переложить на них задачи, ранее выполнявшиеся отдельными устройствами. Благодаря этому можно упростить и в определенной степени удешевить вещательный комплекс, расширив при этом его функциональные возможности.

Библиографический список

1. Перегудов А.Ф. Современные аппаратные телевизионного вещания // Научно-технический журнал «625», 2009. - № 3. - С.1 - 49.
2. Смирнов А.В, Пескин А.Е. Цифровое телевидение. От теории к практике. М.: Горячая Линия – Телеком, 2011. – 352 с.
3. Щербина В.И. Основы современного телерадиовещания. Техника, технология и экономика вещательных компаний. М.: Горячая Линия – Телеком, 2004. – 224 с.
4. Карякин В.Л. Цифровое телевидение. Солон-Пресс, 2008. – 272 с.

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ДУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ*

Медведев А.В.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск*

Введение. Современная теория управления, в значительной степени, относится к классу параметрических. Это означает, что на этапе формулировки задачи идентификации и управления предполагается, что каким-то образом выбрана параметрическая структура модели, описывающей процесс. Ранее были описаны [1] непараметрические алгоритмы управления, которые тесно связаны с имеющейся априорной информацией. Часто априорной информации бывает недостаточно для обоснованного выбора параметрического класса моделей. Это один из «камней» преткновения как в теории моделирования, так и в теории управления. Основное внимание в дальнейшем мы уделим задачам непараметрического дуального управления. Более того, нас будет интересовать, прежде всего, управление в условиях непараметрической неопределенности, а также случай, когда дискретно-непрерывный процесс может быть отнесен к классу как безынерционных с запаздыванием, так и динамических.

Традиции теории управления могут быть объединены в два больших направления. Первое из них состоит в выборе параметрической структуры модели исследуемого процес-

* публикация в порядке обсуждения.

са и синтеза на его основе параметрической же структуры управляющего устройства. Исторически этот путь был пройден от теории аналитического конструирования регуляторов до теории оптимальных систем управления: детерминированных, стохастических, адаптивных и обучающихся. Второе направление составляют многочисленные задачи анализа систем управления, когда структура управляющего устройства каким-то образом найдена или предложена. Типичными являются в последнем случае законы регулирования П, ПИ, ПИД и др. Основная задача этого направления состоит в обеспечении устойчивости замкнутых схем и заданного качества регулирования.

Ранее [1] уже обращалось внимание на формулировку задач управления при различных уровнях априорной информации, различной дискретности измеряемых переменных, сложности процесса и др. Конечно же, эти факторы, безусловно, влияют на окончательную формулировку задачи управления. Следует обратить внимание на то, что теория оптимальных систем управления по существу является теорией оптимального управления принятыми моделями управляемых процессов, которые, конечно же, в большей или меньшей степени отличаются от реальных. Отсюда, синтезированные алгоритмы оптимального управления отнюдь таковыми не являются по отношению к реальным процессам. Известны случаи, когда на практике оптимальные алгоритмы управления вообще оказывались неработоспособными.

Если же управляемый процесс оказывается слишком сложным, зависящим от большого числа входных и выходных переменных, контролируемых в различные интервалы времени, а в ряде случаев просто неконтролируемых, то может быть предложена иная диалоговая система управления. Она может представлять собой «движущийся» сценарий в трехмерных изменяющихся пространствах, характеризующих поведение процесса в многомерном пространстве.

Непараметрическое дуальное управление. В теории дуального управления [2] и в теории адаптивных систем [3] предполагается математическое описание объекта с точностью до вектора параметров. В большинстве случаев, априорной информации недостаточно, чтобы обосновано выбрать параметрическую модель исследуемого процесса. Поэтому приходится проводить серию экспериментов на объекте (часто длительных и дорогостоящих), чтобы качественно, с практической точки зрения, решить задачу идентификации.

В условиях непараметрической неопределённости [4] уравнение процесса с точностью до вектора параметров не известно, но известны свойства объекта качественного характера, например, однозначность характеристик или неоднозначность для безынерционных процессов; линейность или тип нелинейности для динамических. Если вид уравнения, описывающего процесс, не известен, то известные параметрические методы теории управления [2, 3] не применимы для решения задач идентификации и управления.

Введем оператор объекта A , описывающий процесс, т.е.

$$x(t) = A \langle u(t) \rangle, \quad (1)$$

где $u(t)$ – управляющее воздействие, $x(t)$ – выходная переменная объекта.

Если существует оператор, обратный A , т.е. A^{-1} , $A^{-1}A = I$ – единичный оператор, то

$$A^{-1}x(t) = A^{-1}A \langle u(t) \rangle, \quad u(t) = A^{-1}x(t). \quad (2)$$

Задавая теперь траекторию $x(t) = x^*(t)$, находим из (2) идеальное значение $u^*(t)$. Таким образом (2) может быть отнесён к категории идеальных регуляторов. В дальнейшем будем его называть **U**-регулятор, чтобы отличить от многих известных. Однако проблема состоит в том, что в большинстве случаев его построить нельзя, тем более, что оператор A – неизвестен. Попытка, как то, хотя бы частично, решить эту проблему введением в УУ корректирующих цепочек, компенсирующих звеньев и т.п. предпринимались. В некоторых

технических системах это приводило к успеху.

Рассмотрим частный случай. Пусть объект описывается линейным дифференциальным уравнением неизвестного порядка (параметрическая модель при этом не известна). В этом случае при нулевых начальных условиях $x(t)$ равен [5]:

$$x(t) = \int_0^t h(t-\tau)u(\tau)d\tau, \quad (3)$$

где $h(t-\tau)$ – весовая функция системы, является производной переходной функции $k(t)$, т.е. $h(t) = k'(t)$. Известно, что обратным оператором (3) является оператор [5]

$$u(t) = \int_0^t v(t-\tau)x(\tau)d\tau, \quad (4)$$

где $v(t)$ – весовая функция объекта в направлении «выход-вход» и $v(t) = w'(t)$, где $w(t)$ – переходная функция системы в том же направлении. В этом случае A представлен оператором (3), а A^{-1} – выражением (4). Следовательно, теперь проблема состоит в отыскании весовых функций $h(t)$, $v(t)$. Один из возможных путей решения этого вопроса состоит в решении уравнения Винера-Хопфа. Другой – в снятии переходной характеристики на реальном объекте с последующей оценкой его весовой функции по результатам измерений $\{x_i = k_i, t_i, i = \overline{1, s}\}$.

Непараметрическая модель (3) будет иметь вид:

$$x_s(t) = \int_0^t h_s(t-\tau, \vec{k}_s, \vec{t}_s)u(\tau)d\tau, \quad (5)$$

где \vec{k}_s, \vec{t}_s – временные векторы $\vec{k}_s = (k_1, \dots, k_s)$, $\vec{t}_s = (t_1, \dots, t_s)$, а $h_s(\cdot)$ равна:

$$h_s(t) = \frac{1}{sc_s} \sum_{i=1}^s k_i H' \left(\frac{t-t_i}{c_s} \right), \quad (6)$$

где $H(\cdot)$ – колоколообразные (ядерные) функции; c_s – параметр размытости, удовлетворяющие некоторым условиям сходимости [4].

Весовую функцию $v(t)$ в направлении «выход-вход», а также переходную $w(t)$ на объекте «снять» нельзя. Было предложено переходную функцию $v(t)$ снять на модели в направлении «выход-вход», т.е. «вспять». По-видимому, впервые это было сделано в [6]. Таким образом, из соотношения

$$x_s(t) = 1(t) = \int_0^t h_s(t-\tau, \vec{k}_s, \vec{t}_s)u(\tau)d\tau, \quad (7)$$

можно получить выборки $\{u_j, t_j, j = \overline{1, s}\}$. Тогда непараметрический алгоритм управления линейной динамической системой примет вид:

$$u_s^*(t) = \int_0^t \left(\frac{1}{sc_s} \sum_{j=1}^s w_j H' \left(\frac{t-\tau-t_j}{c_s} \right) \right) x^*(\tau)d\tau, \quad (8)$$

где $x^*(\tau)$ – задающее воздействие, интегрирование выражений (7)–(8) осуществляется численно. Регулятор (4) и его численный аналог (8) назовем **П**-регулятором.

Ясно, что объемы выборок при «снятии» переходных характеристик на реальном

объекте и на модели могут не совпадать. Фрагмент работы алгоритма (8) будет представлен ниже.

Поскольку операторы A и A^{-1} по реальным данным будут оценены не точно, то возникает необходимость несколько изменить схему «включения» на входе объекта блок A_s^{-1} , добавив обратную связь в следующем виде (рисунок 1):

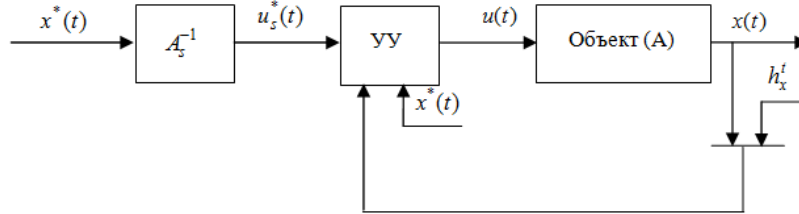


Рисунок 1 – Система дуального управления с обратной связью

Отметим, что неизвестные операторы A и A^{-1} оценивались по исходным переходным характеристикам процесса (уравнение процесса было неизвестно) в классе непараметрических статистик [4].

На рисунке 1: A_s^{-1} – непараметрическая оценка обратного оператора объекта, u_s^* – выход (оценка A^{-1}), помеха h_x^t действует в канале обратной связи. Непараметрический алгоритм дуального управления имеет вид:

$$u_{s+1} = u_s^* + \Delta u_{s+1}, \quad (9)$$

здесь u_s^* определяется по формуле (8), а $\Delta u_{s+1} = \varepsilon(x_{s+1}^* - x_s)$ – поисковые шаги. Таким образом в u_s^* сосредоточены «знания» об объекте, а Δu_{s+1} – «изучающие» поисковые шаги. В этом и состоит дуализм алгоритма (9).

Поясним его на примере безынерционного объекта $x = f(u, \mu)$, в качестве оценки которого примем непараметрическую оценку функции регрессии по наблюдениям $\{x_i, u_i, \mu_i, i = \overline{1, s}\}$, где μ – контролируемое, но неуправляемое входное воздействие [4]:

$$x_s(u, \mu) = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu - \mu_i}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu - \mu_i}{c_s}\right)}, \quad (10)$$

где колоколообразные функции $\Phi(\cdot)$ и параметр размытости c_s удовлетворяют некоторым условиям сходимости [4]. Аналогом выражения (4) в этом случае будет $u = f^{-1}(x, \mu)$, где $f^{-1}(x, \mu)$ – функция, обратная $f(u, \mu)$, а u_s^* из (9) будет равно

$$u_s^* = \frac{\sum_{i=1}^s u_i \Phi\left(\frac{x_{s+1}^* - x_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu_{s+1} - \mu_i}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{x_{s+1}^* - x_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu_{s+1} - \mu_i}{c_s}\right)}, \quad (11)$$

где x_{s+1}^* – задающее воздействие.

Ясно, что класс функций $x = f(u, \mu)$ – взаимнооднозначные и непрерывные.

Проанализируем характер дуализма алгоритма (9). На начальной стадии управления основная роль принадлежит второму слагаемому Δu_{s+1} формулы (9). Это случай активного накопления информации в системе дуального управления, который начинается с

появления первого наблюдения входной и выходной переменных объекта. По мере процесса обучения (накопления информации) всё возрастающую роль при формировании управляющего воздействия u_{s+1} начинает играть первое слагаемое, т.е. u_s^* . Таким образом, в процессе дуального управления объектом фигурируют как этап изучения объекта, так и этап приведения его к цели.

Более общая схема непараметрического дуального управления представлена на рисунке 2:

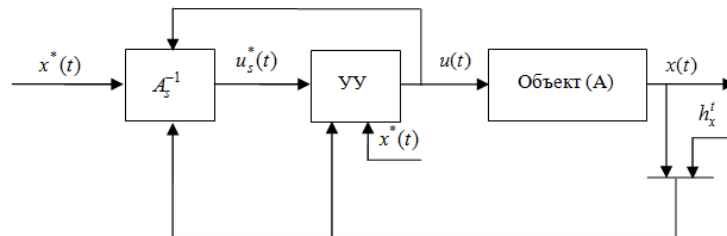


Рисунок 2 – Обучающаяся система дуального управления с обратной связью

Здесь (рисунок 2) в результате функционирования замкнутого контура управления происходит уточнение оценки обратного оператора объекта.

Вычислительные эксперименты. Приведем некоторые результаты вычислительных экспериментов, которые носят иллюстративный характер. Поэтому, ниже не приводятся сведения о выборе параметра размытости на каждом этапе эксперимента, поискового шага, а показаны только итоговые результаты, из соображений краткости изложения. На Рис.3 показан случай, когда на вход объекта действуют управляемая переменная $u(t)$ и неуправляемая, но контролируемая переменная $\mu(t)$. Обучение управляющей системы, включающей в себя блоки A_s^{-1} и УУ, может начинаться с первой триады наблюдения, т.е. выработка управляющего воздействия осуществляется при наличии триады (u_1, μ_1, x_1) . На Рис.4 показано обучения непараметрической системы дуального управления при изменяющихся задающих воздействиях x^* и μ . На начальной стадии управления I необходимо некоторое время (накопление выборки) для приведения объекта в заданное состояние. На этапе II задающее значение x^* выбиралось вне имеющихся наблюдений выхода объекта x , поэтому требовалось некоторое время для приведения объекта в заданное состояние x^* . На этапе III задающее воздействие представляло собой траекторию, а на этапе IV – случайную величину. Как видно, на III и IV этапах процесс управления достаточно высокого качества. Приведенные выше результаты имеют иллюстративный характер, как и было отмечено выше, поскольку из соображений краткости не приводятся конкретные сведения о настройке параметров размытости, поисковых шагов.

Результаты управления линейным динамическим объектом (было взято дифференциальное уравнение третьего порядка), представлены на рисунке 4. Задающее воздействие x_t^* – случайная величина, генерируемая датчиком равномерно распределенных случайных чисел. Были проведены многочисленные эксперименты, один из которых и приведен.

Эксперимент был проведен по следующей схеме: сначала на объекте (уравнения объектов были неизвестны) снимались переходные характеристики с помехами, и с использованием их оценивался оператор A по формуле (5) и обратный оператор A^{-1} по формуле (8). Из рисунков видно, удовлетворительное качество управления даже в таком «экзотическом» случае. С подобной задачей не справится ни один из известных регуляторов.

Приведем переходную и весовую функции объекта, с которым проводился эксперимент, проиллюстрированный на рисунках 5 и 6.

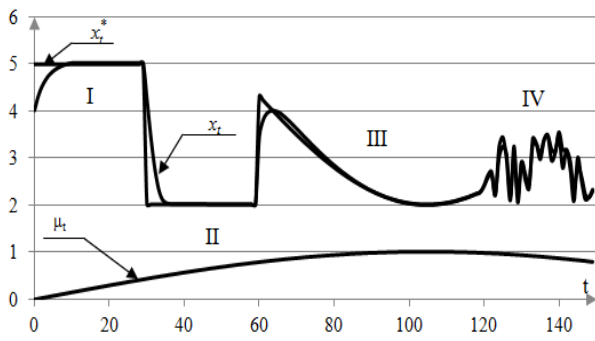


Рисунок 3 – Управление статической системой при наличии $\mu(t)$

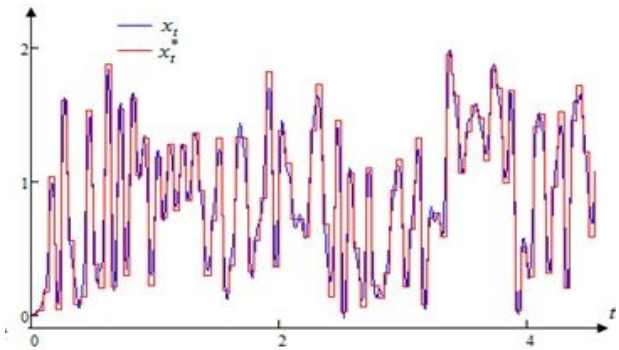


Рисунок 4 – Управление динамической системой при случайном задании

На рисунке 7 представлена переходная характеристика объекта, полученная в направлении «выход-вход» на имеющейся непараметрической модели, т.е. переходная функция «вспять». Рисунок 8 иллюстрирует работу **U**-регулятора при ступенчатых задающих воздействиях.

Как видно, оценки переходной и весовой функции системы вполне удовлетворительные при наличии помех, действующих в каналах связи.



Рисунок 5 – Переходная характеристика

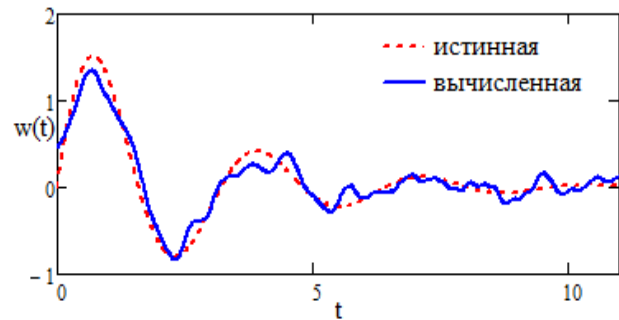


Рисунок 6 – Весовая характеристика



Рисунок 7 – «Обратная» переходная характеристика

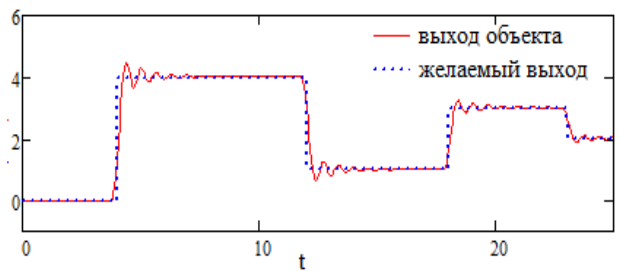


Рисунок 8 – Результат работы регулятора

Математические постановки задач моделирования и управления. При математической постановке задачи определяющим является объем априорной информации об исследуемом процессе. Как следствие этого – различные математические постановки задач, с точки зрения математической строгости. Одним из основных «камней преткновения» на этом пути является несоответствие наших предположений об исследуемом объекте самому объекту. После традиционно произносимого «Пусть процесс...», следуют такие предположения, гипотезы, которые, к сожалению, часто имеют отдаленное отношение к реальности.

Наше незнание об исследуемом процессе приходится, к сожалению, заменять, говоря «Пусть...». Ясно, что если наши допущения достаточно близки к реальности, то в итоге можно рассчитывать на успех при решении той или иной задачи, если же – нет, то неудача неизбежна. Действительно, многие процессы и объекты в основе функционирования которых лежат фундаментальные законы физических, химических, электрических, механических и других явлений, могут быть описаны с высокой степенью точности. Соответственно для них могут создаваться и модели, и системы управления достаточно высокого качества, что во многих случаях имеет место.

Из этого следует, что возможно возникнет необходимость ухода от общепринятых на сегодняшний день методов исследования стохастических систем и систем управления стохастическими процессами.

Контроль переменных, измерения. Здесь мы подчеркнем важность проблемы измерения «входных-выходных» переменных исследуемого объекта, процесса. Ясно, что отличающиеся средства контроля даже для одних и тех же процессов приводят к различным формулировкам задач идентификации. Главное, что следует выделить в этой проблеме, состоит в том, что нередко динамический объект мы вынуждены рассматривать как статический с запаздыванием из-за длительной процедуры контроля (измерения, анализа) некоторых переменных, существенно превышающей постоянную времени объекта.

Если же допущения при математической постановке задачи управления слишком «грубые», то, видимо, есть два пути. Первый – восполнение нашего «незнания» о процессе, когда можно будет сделать аккуратную, с математической точки зрения, постановку задачи. Второй путь состоит в развитии математического подхода адекватного тому уровню априорной информации, которым мы реально располагаем.

Замечания о теории непараметрических систем. Термин «непараметрическая идентификация», «непараметрические методы обработки данных» встречаются в монографиях по идентификации и управлению, но непараметрических алгоритмов идентификации и управления, как правило, не приводятся. Обычно непараметрическую идентификацию линейных динамических процессов связывают с отысканием весовых или переходных функций системы в результате решения интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода, в частности уравнения Винера-Хопфа.

Вышеизложенное позволяет несколько иначе посмотреть и на определение адаптивной системы. Общепринятое определение: «адаптивные автоматические системы – это управляющие устройства, функционирование которых изменяется в зависимости от неизвестных заранее характеристик объекта управления и внешних воздействий. Процесс обучения адаптивной системы определяется принятым алгоритмом обучения и состоит в приспособлении работы устройства к поступающей на его вход информации об объекте. Результат обучения – это способ функционирования, осуществляющий успешное или наилучшее в каком-либо смысле управление объектом, которое зависит не только и не столько от принятого алгоритма обучения, сколько от той информации, которая поступила в систему. В этом смысле адаптивная система может выполнять действия по правилам, не заложенным в нее конструктором заранее». Представляется необходимым отметить следующее: при создании адаптивной системы того или иного назначения целесообразно базироваться на триаде: максимальный учет имеющейся разнотипной априорной информации и формулировка на ее основе постановки задачи; второе – всесторонний анализ текущей информации, необходимой для организации процесса адаптации и обучения и, наконец, третье – аккуратное применение теории адаптивных систем. Естественно ожидать, что несоблюдение любого из трех перечисленных выше этапов, построенная система вряд ли будет адаптивной или обучающаяся.

Пусть управляемый процесс следует отнести к категории сложных, находящихся под воздействием векторных входных переменных. Отсюда, естественно считать, что процесс протекает в некоторой оболочке типа «облако» в многомерном пространстве «вход-

ных-выходных» переменных. Для того, чтобы визуализировать, иными словами, обеспечить «видение» управляемого процесса в пространстве «входных-выходных» переменных предлагается использование постоянно развивающегося во времени сценария, характеризующего поведение изменяющегося во времени процесса, иллюстрируемого в трехмерном пространстве изменяющихся координат, определяемых вектором «входных-выходных» переменных. Область нормального протекания исследуемого процесса показана на ниже-следующем рисунке в виде точек, а текущее состояние процесса, оцениваемое ЛПП (оператор, диспетчер) – жирной точкой. В компьютерном диалоге возможно эту ситуацию реализовать в варианте «компьютерной игры», доступной для визуализации состояния процесса в многомерном пространстве. Естественно считать, что в случае, если состояние процесса принадлежит соответствующему облаку, то процесс протекает нормально, в случае, если он на границе или вне, то требуется вмешательство ЛПП в ход процесса. Таким образом, управление подобным сложным процессом может быть реализовано в диалоговом режиме. Ясно, что в этом случае возникают некоторые новые задачи, которые будут изложены ниже. Итак, предположим, что на вход объекта поступает управляющая переменная $u(t) \in R^m$ и неуправляемая, но контролируемая переменная $\mu(t) \in R^k$. Выход объекта, как и ранее, обозначим $x(t) \in R^n$. В процессе измерения «входных-выходных» переменных объекта может быть сформирована обучающая выборка $\{u_i, \mu_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$. Поскольку мы не можем визуализировать эту обучающую выборку в многомерном пространстве, то воспользуемся следующим сценарием.

Введем трехмерные пространства, координаты которых представляют собой компоненты u , μ и x . Чередование этих компонент показано на ниже-следующих рисунках. Точками показаны элементы обучающей выборки $\{u_i, \mu_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$. Жирная точка иллюстрирует положение текущего состояния управляемого процесса. Содержание дальнейшего состоит в следующем: на экране монитора с некоторой заданной скоростью сцены сменяют друг друга (рисунок 9, а, затем рисунок 9, б и т.д.). При этом мы можем наблюдать, какое положение в многомерном пространстве принимает текущее состояние процесса (жирная точка) по отношению к ранее наблюдаемым «входным-выходным» переменным объекта. Из этого исследователь может сделать вывод о характере течения процесса. Если значения выходной переменной x (жирная точка) расположены внутри элементов обучающей выборки, то ход процесса можно считать удовлетворительным. Если значение x приближается к границе (находится на границе, либо за ее пределами), то необходимо вмешательство в процесс управления ЛПП. Естественно, при разработке такой системы возникают некоторые специальные задачи, в частности, построение модели исследуемого процесса, если принять, что измерения выходной переменной $x(t) \in R^n$ или отдельных ее компонент осуществляются через значительные промежутки времени; восстановление «облака» в пространстве «входных-выходных» переменных по имеющейся обучающей выборке $\{u_i, \mu_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$. На этом пути неизбежно возникнет требование максимального упрощения соответствующих алгоритмов с целью достижения необходимого быстродействия. Таким образом, при движении вышеприведенных сцен (своеобразный фильм) и текущего состояния процесса или его прогноза можно судить о характере его протекания, а также о необходимости вмешательства в ход процесса в случае необходимости.

Заключение. На фоне традиционно используемых подходов при построении управляющих систем дискретно-непрерывными процессами, которые могут быть, в значительной степени, отнесены к категории параметрических, рассматриваются явно не традиционные направления. Один из них, как уже не однократно обращалось внимание ранее, тесно связан с восстановлением обратного оператора управляемого процесса. Другой путь состоит в разработке, исследовании и практическом применении обучающихся алгоритмов при широком использовании компьютерных технологий при управлении сложными про-

цессами.

Вышеизложенное охватывает некоторые задачи управления при параметрической и непараметрической априорной информации. В отличие от хорошо развитой параметрической теории, непараметрическая теория управления ориентирована на уровень меньшей априорной информации об исследуемых объектах и процессах. Введен новый тип регуляторов (Π -регуляторы), базирующихся на восстановлении обратного оператора исследуемого процесса по наблюдениям «входа-выхода» объекта. Приводятся некоторые результаты вычислительных экспериментов.

Описан диалоговый сценарий управления сложными многомерными процессами.

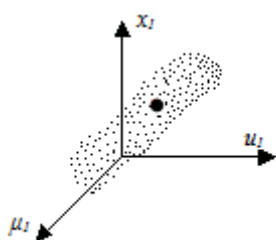


Рисунок 9, а

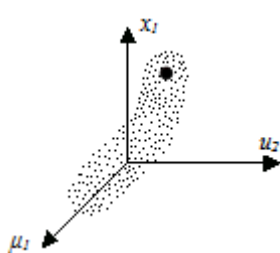


Рисунок 9, б

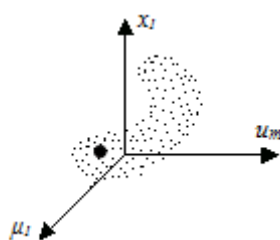


Рисунок 9, в

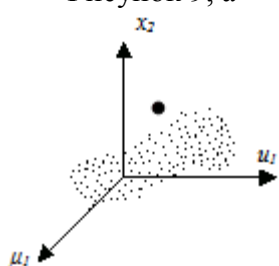


Рисунок 9, г

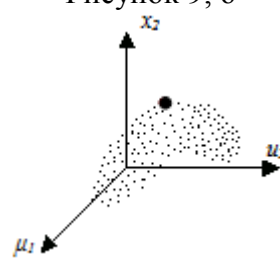


Рисунок 9, д

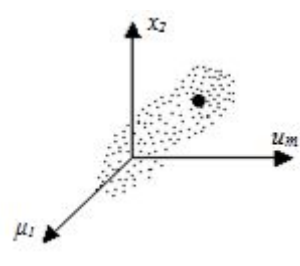


Рисунок 9, е

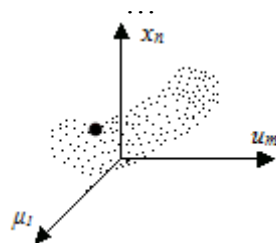


Рисунок 9, ж

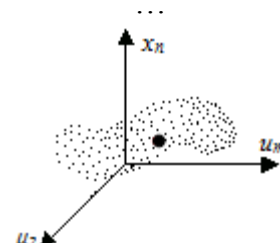


Рисунок 9, з

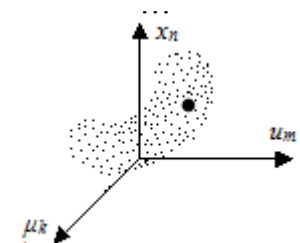


Рисунок 9, и

Библиографические ссылки

1. Медведев А.В. К теория непараметрических систем. Управление-I // Вестник СибГАУ. 2013. №2 (48).
2. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. М.: Физматгиз, 1963. 552 с.
3. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. – 320 с.
4. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации. Новосибирск: Наука, 1983. – 174 с.
5. Куликовский Р. Оптимальные и адаптивные процессы в системах автоматического регулирования. М.: Наука, 1967. – 397 с.
6. Medvedev A. V. Identification and control for linear dynamic System of unknown order // Optimization techniques IFIP Technical Conference. Berlin-Heidelberg-New-York: Springer-Verlag. 1975. P.48 – 56.

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПОЗИЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ширяев В.И.

*Южно-Уральский государственный университет (НИУ),
г. Челябинск*

Рассматриваются задачи управления динамическими системами (ДС) в ситуациях с высоким уровнем неопределенности как возмущений, действующих на ДС, так и помех в информационных каналах в процессе функционирования. Неопределенность возникает в результате действия различных внешних возмущающих факторов, неконтролируемых изменений свойств объекта, так и в результате возникновения отказов, сбоев в работе оборудования. Среди авторов, рассматривающих различные аспекты построения математических моделей и алгоритмов для систем управления динамических объектов в условиях неполной информации и конфликтных ситуаций отметим прежде всего работы Андриенко Л.Я., Иванова В.П., Петрова Б.Н. (1976), Бека В.В., Вишнякова Ю.С, Махлина А.Р. (1989), Калмана Р. (1985), Каца И.Я., Куржанского А.Б. (1978), Красовского А.А. (2001), Кунцевича В.М. (2007), Осипова Ю.С. (2006), Филимонова Н.Б. (2010), Черноусько Ф.Л. (2002) и др. [1–16].

Особенность рассматриваемой постановки задач управления – невозможность применения стохастических методов для информационного доопределения неопределенностей, так как по сути рассматриваемые задачи управления динамическими системами, являются единичными событиями и известные положения (массовость, повторяемость, однородность) для применения стохастических подходов не выполняются. В этих информационных условиях рассматривается синтез позиционного управления динамическими системами исходя из минимаксного подхода – расчета на наихудший случай. Поэтому в математической модели процессов присутствуют лишь возмущения и ошибки, известные с точностью до множеств, а предлагаемый подход объединяет идеи управления при дефиците информации Н.Н. Красовского, идеи построения самоорганизующихся систем А.А. Красовского [7, 8].

1. Постановка задачи. Рассматриваются управляемые процессы в традиционной для минимаксного подхода постановке [Красовский Н.Н (1984), Кунцевич В.М. (2007), Черноусько Ф.Л. (2002)] . В линейном приближении модель движения и информационная система объекта задаются системой

$$x_{k+1} = A_k x_k + B_k u_k + \Gamma_k w_k, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (1)$$

$$y_{k+1} = G_{k+1} x_{k+1} + H_{k+1} v_{k+1}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (2)$$

где x_k, u_k, y_k – соответственно, векторы состояния, управления и измерения; векторы x_0 возмущений w_k и помех v_k , известные с точностью до известных множеств.

$$x_0 \in X_0, \quad w_k \in W_k, \quad v_{k+1} \in V_{k+1}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (3)$$

из которых в каждый k -ый момент времени возмущения w_k и помехи v_{k+1} могут принимать любое значение. Все матрицы в (1), (2) известны и корректно определены. Не умаляя общности, в целях упрощения изложения, индекс k у матриц и множеств опустим, а матрицы Γ_k, H_k будем полагать единичными.

Отметим, что математическая модель процессов управления (1) - (3) в условиях неполноты информации является достаточно общей. К такому виду могут быть приведены математические модели в нелинейных системах в системах с неизвестными параметрами

[3]. В этом случае вектор состояния x_k является «расширенным» и часть его координат является параметрами системы, что позволяет решать задачу оценивания (идентификации) параметров и использовать полученные оценки для диагностики состояния системы. Аналогичный приём – расширение вектора состояния – можно использовать, если о возмущениях w_k и помехах v_k в (1), (2) становится известна дополнительная информация наряду с включениями (3). Например, изменения значений w_k, v_k от момента времени k до $k+1$ ограничены, т.е. $w_{k+1} = w_k + \Delta_w, v_{k+1} = v_k + \Delta_v, k = 0, 1, \dots$, где Δ_w, Δ_v могут быть любыми из заданных множеств $\Delta_w \in \Phi_w, \Delta_v \in \Phi_v$.

Вид математической модели процессов будет точно таким же, как и модель (1)-(3), более того, уравнение измерения (2) примет вид

$$y_{k+1} = Gx_{k+1}.$$

Пусть далее качество функционирования системы (1) - (3) оценивается принадлежностью вектора состояния x_k к некоторому множеству τ_d в фазовом пространстве системы (1) - (3), для которого верно то, что из $x_k \in \tau_d, k = 0, 1, \dots, \tau$ функционирование системы признается успешным. Далее будем рассматривать задачу поиска вектора управления $u_k \in U_k$, исходя из того, что множества τ_d, U_k заданы.

Решению задачи синтеза управления должно предвдварять решение задачи оценивания состояния системы. В результате значение вектора состояния x_k известно лишь в виде $x_k \in \bar{X}_k$, где \bar{X}_k – информационное множество (см., например, Кац И.Я., Куржанский А.Б. (1978))

$$\bar{X}_{k+1} = X_{k+1/k} \cap X[y_{k+1}], \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (4)$$

где $X_{k+1/k}, X[y_{k+1}]$ – множество прогнозов и множество совместных с измерением, для которых имеют место соотношения

$$X_{k+1/k} = A\bar{X}_k + Bu_k + W, \quad X[y_{k+1}] = \{x | Gx + v = y_{k+1}, v \in V\}. \quad (5)$$

При построении множества прогнозов $X_{k+1/k}$ выполняется операция суммирования множеств $A\bar{X}_k$ и W , где сумма множеств понимается в смысле Минковского, а в (5) производится операция пересечения 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 $x_k \in \tau_d$ заменим на условие

$$\bar{X}_k \subset \tau_d, \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

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

$$\bar{X}_k \subset \tau_d(k), \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

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

$$\bar{X}_N \subset \tau_d(N). \quad (8)$$

Таким образом, будем выделять три постановки задачи. Необходимо найти последовательность управлений $u_k, k=0, \dots$ по результатам измерений $y_{k+1}, k=0, \dots$ 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 слежения. Обеспечение включения

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

будем проводить, представляя множества $\tau_d(k+1)$ многогранниками, 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 $\tau_d(k+1)$ в «центрированном» виде (11)

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

где τ_d^0 – множество, у которого чебышевский центр находится в точке 0;

γ_{k+1}^* – чебышевский центр множества $\tau_d(k+1)$.

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

$$X_{k+1/k}^0 + L_k \subset \tau_d^0(k+1), \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (13)$$

где L_k – некоторый вектор.

Условию (13) можно придать конструктивную форму. Пусть γ_i^0 , $i = 0, 1, \dots, m_r$; x_l^0 , $l = 0, 1, \dots, m_x$ – угловые точки множеств τ_d^0 и $X_{k+1/k}$ соответственно. Тогда имеем систему линейных неравенств

$$\sum_{i=0}^{m_r} \beta_{li} \gamma_i^0 = x_l^0 + L_k; \quad \sum_{i=0}^{m_r} \beta_{li} = 1, \quad \beta_{li} \geq 0, \quad i = 0, 1, \dots, m_r; \quad l = 0, 1, \dots, m_x, \quad (14)$$

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

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

а управление u_k находится соответственно из условия

$$Bu_k = -x_{k+1/k}^* + \gamma_{k+1}^*, \quad u_k \in U_k. \quad (16)$$

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 $\tau_d(k+1)$, $X_{k+1/k}$. Однако для обеспечения включения (9) чебышевский центр множества $X_{k+1/k}$ необходимо дополнительно сместить на L_k .

Тогда из (13), (15) получим

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

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 γ^* множества τ_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

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

или вводя обозначения

$$B_{N-1/i} u_i(\cdot) = \sum_{j=1}^{N-1} F(N-1, j+1)Bu_j, \quad \Gamma_{N-1/i} W_i(\cdot) = \sum_{j=1}^{N-1} F(N-1, j+1)\Gamma W$$

получим

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

Для центрированных относительно координат множеств $X_N^0, \tau_d^0(N)$ необходимо для выполнения терминального условия (8) проверить следующее условие

$$X_N^0 \subset \tau_d^0(N). \quad (20)$$

Если это условие не выполняется, то система оценивания не обеспечивает необходимой точности. В этом случае можно использовать критерий

$$\bar{X}_N \cap \tau_d(N) \rightarrow \max, \quad (21)$$

однако, построение управления в этом случае в темпе реального времени будет требовать больших вычислительных ресурсов. Компромиссным представляется в этом случае минимизация отклонения чебышевского центра X_N^* множества $X_{N/i}$ (19) от чебышевского центра γ_d^* множества $\tau_d(N)$

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

Пусть условие (20) выполняется и $x_1(N/i) + B_{N-1/i} U_i(\cdot)$, $l = 0, 1, \dots, m_x$ угловые точки множества $X_{N/i}$ (18), тогда из условия совместности систем линейных неравенств

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=0}^{m_x} \beta_{lj} \gamma_j &= x_1(N/i) + B_{N-1/i} u_i(\cdot); \\ \sum_{j=0}^{m_x} \beta_{lj} &= 1, \beta_{lj} \geq 0, \quad j = 0, 1, \dots, m_x, \quad l = 0, 1, \dots, m_x, \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

найдем последовательность управлений $u_i \in U_i, u_{i+1} \in U_{i+1}, \dots, u_{N-1} \in U_{N-1}$, доставляющих решение задаче

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

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 \bar{X}_{i+1} . Далее процедура повторяется. Для реализованной позиции x_{i+1} строится новое прогнозирующее множество $X_{N/i+1}$ и в результате решения задачи (20) находится последовательность программных управлений $u_i \in U_i, u_{i+1} \in U_{i+1}, \dots, u_{N-1} \in U_{N-1}$ и т.д.

3. Реализация алгоритмов управления. На этапе проектирования алгоритмического обеспечения системы управления, алгоритмы минимаксного оценивания (4), (5) и управления, когда целью управления является обеспечение одного из условий (6)–(8) ЛА будет гарантировано включение $x_k \in \bar{X}_k, k = 0, 1, \dots, N$. Последовательность информационных множеств $\bar{X}_k, k = 0, 1, \dots, N$ образуют информационную «трубку» в фазовом пространстве системы управления – это неулучшаемое «знание» системы управления о текущем состоянии системы по результатам измерений $y_k, k = 1, 2, \dots, N$. Если, например, для задачи (7) необходимое условие (13) не выполняется, то в проектируемую систему необходимо внести изменения для обеспечения условия (13), т.е. «уменьшить размеры» множества $X_{k+1/k}^0$ в (10), которые зависят от информационного множества \bar{X}_k , множества возмущений W и помех V . Если это не представляется возможным, то необходимо снизить требования к системе за счет расширения трубки (7) $\tau_d(k), k = 0, 1, \dots, N$ желаемых траекторий.

Выводы. 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 [14], что позволяет рассматривать модель процесса 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. Предложенные математические модели и алгоритмы управления системами в условиях конфликтных ситуаций позволяют разрабатывать программно-математическое обеспечение перспективных систем управления в соответствии с требованиями гибкости, надёжности и эксплуатационной устойчивости.

Библиографический список

1. Андриенко А.Я., Иванов В.П., Петров Б.Н., Портнов–Соколов Ю.П. Задачи и методы теории бортовых терминальных систем управления // Автоматика и телемеханика. 1976. №7. – С. 36–51.
2. 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.
3. Бек В.В., Вишняков Ю.С., Махлин А.Р. Интегрированные системы терминального управления. М.: Наука, 1989. – 224 с.
4. Завадский В.К., Иванов В.П., Каблова Е.Б., Кленовая Л.Г. Методы и способы формального учета неполноты информации в исходных данных на проектирование бортовых систем терминального управления // Проблемы управления. – 2010. – № 6. С. 71–77.
5. Калман Р.Е. Идентификация систем с шумами // Успехи математических наук. 1985. Т.40. Вып. 4(244). – С. 27–41.
6. Кац И.Я., Куржанский А.Б. Минимаксная многошаговая фильтрация в статистически неопределенных ситуациях // Автоматика и телемеханика. – 1978. – № 11. – С. 79–87.
7. Красовский А.А., Наумов А.И. Аналитическая теория самоорганизующихся систем управления с высоким уровнем интеллекта // Изв. АН. Теория и системы управления. – 2001. – № 1. – С. 69–75.

8. Красовский Н.Н. Управление и стабилизация при недостатке информации // Изв. РАН СССР. Техн. кибернетика. – 1984. – № 4. – С. 86–93.
9. Кунцевич В.М. Восстановление вектора состояния нелинейных динамических систем // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 5. – С. 5–19.
10. Никифоров В.М. Управление объектами с неточно известными характеристиками: грубость, адаптация и робастность// Навигация и управление движением: Материалы докл. IV конф. молодых ученых «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2002. – С. 177–187.
11. 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.
12. Петров Б.Н., Андриенко Л.Я., Иванов В.П., Портнов–Соколов Ю.П. Проблемы гибкости и надежности управления в теории бортовых терминальных систем // Автоматика и телемеханика. – 1981. – № 1. – С. 15–24.
13. Филимонов Н.Б. Проблема качества процессов управления: смена оптимизационной парадигмы // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2010. – № 12. – С. 2–10.
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.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Статников И.Н., Фирсов Г.И.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
г. Москва*

Несмотря на постоянное совершенствование вычислительной техники (растут объемы памяти и быстродействие ЭВМ), проблемы вычислительной эффективности того или иного алгоритма моделирования и исследования при решении практических задач всегда будут актуальными, так как также постоянно меняется (усложняется) характер решаемых задач (хотя бы по числу оцениваемых параметров и критериев качества работы динамических систем). Но в то же время именно постоянное усовершенствование ЭВМ позволяет, по нашему мнению, упрощать способы исследования математических моделей сельскохозяйственных машин за счет уменьшения аналитической составляющей способа (но, отнюдь не избегая ее) и увеличения возможности прямого численного анализа (арифметической составляющей). Очевидно, что к таким способам относятся методы Монте-Карло, в том числе и методы ЛП-поиска [1], в основе которых лежат принципы случайного поиска решения задачи, что и делает такие подходы универсальными. Усовершенствованная технология проведения математического эксперимента связана с использованием идей планирования экспериментов реализована в методе планируемого ЛП-поиска (ПЛП-поиска) [2, 3], благодаря одновременной реализации в нем идеи дискретного квазиравномерного по вероятности зондирования J -мерного пространства варьируемых параметров α_j ($j = 1, \dots, J$) и методологии планируемого математического эксперимента. Сочетание таких идей в алгоритме ПЛП-поиска позволило, с одной стороны, осуществить глобальный квазиравно-

мерный просмотр заданной области варьируемых параметров, а, с другой стороны, применить многие формальные оценки из математической статистики. В настоящей работе проводится идея о том, что комбинация методов ЛП-поиска и ПЛП-поиска позволяет во многих практических случаях, не прибегая к регулярным методам, получать вполне приемлемые результаты, основываясь как на достаточности минимального объема априорной информации о функциональных взаимоотношениях требуемых свойств проектируемого устройства с его параметрами, так и на простоте вычислений результатов.

В связи с большим распространением разнообразных пневматических устройств пневмоавтоматики, пневмоуправления и измерительной техники, нуждающихся в точной стабилизации входного давления газа, приобрела актуальность задача оптимизации параметров газовых регуляторов. Ниже рассматривается наиболее распространенная схема регулятора повышенной точности с усилителем давления газа. Цель исследования заключается в поиске диапазона оптимальных значений основной группы параметров, обеспечивающих повышенную точность стабилизации выходного давления при минимальных габаритах регулятора. Регулятор состоит из трех камер и двух клапанов a и b , приводимых в движение мембранами, которые в статике нагружены силами давлений и упругости пружин. Возрастание номеров камер соответствует потоку газа. Давления газа P имеют индексы камер, а все параметры элементов, разделяющих камеры, – индексы разделяемых камер (например, диаметр отверстия дросселя d_{15} , эффективная площадь мембраны F_{45} , и др.). Динамическая модель регулятора, разработанная д.т.н., проф. О.Б. Балакшиным, описывается системой из пяти нелинейных дифференциальных уравнений, начальными условиями и ограничениями на перемещения и давления, включающими условия удара

$$\begin{aligned} \dot{P}(V_2 + F_{56}y_{26}) + F_{56}P_2\dot{y}_{26} = \sqrt{2RT}[\pi d_{12}(y_{045} - y_{45})\sqrt{P_2(P_1 - P_2)} + \\ + \pi d_{52}y_{26}\sqrt{P_2(P_5 - P_2)} - f_{23}\sqrt{P_3(P_2 - P_3)}], \end{aligned} \quad (1)$$

$$\dot{P}_4(V_4 + F_{45}y_{45}) + F_{45}P_4\dot{y}_{45} = \sqrt{2RT}f_{24}\sqrt{P_4(P_2 - P_4)}, \quad (2)$$

$$M_{45}\ddot{y}_{45} + \sigma_{45}\dot{y}_{45} + k(y_{045} - y_{45}) = N + F_{45}(P_4 - P_5) + F_{12k}(P_1 - P_2), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dot{P}_5(V_5 - F_{45}y_{45}) - F_{45}P_5\dot{y}_{45} = \\ = \sqrt{2RT}[f_{15}\sqrt{P_5(P_1 - P_5)} - \pi d_{52}y_{26}\sqrt{P_2(P_5 - P_2)}], \end{aligned} \quad (4)$$

$$M_{26}\ddot{y}_{26} + \sigma_{26}\dot{y}_{26} + k_6y_{26} = N_6 - F_{26}(P_2 - P_6), \quad (5)$$

где M , σ , N , k – постоянные, зависящие от подвижных масс, вязкого демпфирования и нагрузки, задаваемой натяжением пружин с жесткостями k_i (причем $k = k_1 + k_6$ и $N = N_1 + N_6$); V_i – объемы камер; F_{12k} – эффективная площадь золотника основного клапана; f_{ik} – площади отверстий дросселей; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Вначале был выполнен статический анализ регулятора, позволивший установить оптимальные диапазоны изменения основной группы параметров из условия обеспечения заданной точности стабилизации давления P , при изменении давления P_1 и расхода газа G в требуемых диапазонах. Затем при оптимальных величинах найденных параметров было выполнено динамическое моделирование, цель которого состояла в определении «чисто» динамических параметров, таких, как объемы камер, диаметр отверстия демпфирующего дросселя, коэффициенты сопротивления. Эти параметры не связаны со статическими свойствами регулятора.

Статический анализ регулятора осуществлялся при помощи уравнений, которые были получены из системы (1) – (5) при приравнении нулю всех производных, за ис-

ключением \dot{P}_2 и \dot{P}_5

$$\begin{aligned}\dot{P}_2^* &= \pi d_{12}(y_{045} - y_{45})\sqrt{P_2(P_1 - P_2)} + \pi d_{52}y_{26}\sqrt{P_2(P_5 - P_2)} - f_{23}\sqrt{P_3(P_2 - P_3)}, \\ \dot{P}_5^* &= f_{15}\sqrt{P_5(P_1 - P_5)} - \pi d_{52}y_{26}\sqrt{P_2(P_5 - P_2)}, \\ y_{045} - y_{45} &= -[N_6 + F_{45}(P_2 - P_5) + F_{12k}(P_1 - P_2)]/k, \\ y_{26} &= -[N_6 - F_{26}(P_2 - P_6)]/k_6.\end{aligned}$$

Здесь \dot{P}_2^* и \dot{P}_5^* – невязки величин \dot{P}_2 и \dot{P}_5 . Такая форма записи алгебраических уравнений статики позволяет использовать для определения корней обычный метод решения дифференциальных уравнений, сводя к нулю \dot{P}_2^* и \dot{P}_5^* . В качестве функции цели (точности) Φ_1 при помощи которой уточнялись оптимальные параметры регулятора, была принята разность $\Delta P_2 = P_2(P_1) - P_2^{(0)}$; здесь ΔP_2 – допустимая погрешность стабилизируемого давления P_2 равная 0,02 кГ/см², а $P_2^{(0)}$ – давление, соответствующее открытию клапана усилителя. Оптимальными параметрами регулятора α_{opt} считались те, для которых неравенство

$$\Phi(\alpha_{\text{opt}}) \leq \Delta_{\text{max}}. \quad (6)$$

выполнялось при изменении входного давления P_1 в пределах $\delta P_1 = P_{1\text{max}} - P_{1\text{min}}$ как при максимальном, так и при минимальном расходе газа. Этот расход изменялся в результате регулирования диаметра дросселя d_{23} .

На первом этапе исследования использовался ЛП-поиск для выделения тех областей параметров, в которых могут находиться наилучшие решения. Комбинации числовых значений искомым параметров, входящих в систему (1) – (5), определялись с использованием ЛП,- последовательности (чисел Соболя) [4] по формуле

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ij}^{**} - q_{ij}(\alpha_{ij}^{**} - \alpha_{ij}^*), \quad (7)$$

где $\alpha_{ij} = (\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ir})$ – вектор искомым r – размерность исследуемого пространства параметров ($1 \leq j \leq r$); i – номер испытания или вектора α_{ij} для модели ($i = 1, 2, \dots, N^*$; N^* – общее число испытаний); q_{ij} – числа Соболя; α_{ij}^{**} и α_{ij}^* – соответственно верхние и нижние граничные значения α_{ij} , т. е. $\alpha_{ij}^* \leq \alpha_{ij} \leq \alpha_{ij}^{**}$.

В данной задаче $r = 4$ и, соответственно, $\alpha_{i1} = f_{15}$; $\alpha_{i2} = k_6$; $\alpha_{i3} = d_{12}$; $\alpha_{i4} = F_{26}$. Поиск параметров модели по условию (6) был проведен в четырехмерном параллелепипеде G , заданном ограничениями $0,25\pi 10^{-4} \leq \alpha_{i1} \leq 16\pi 10^{-4}$; $50 \leq \alpha_{i2} \leq 194$; $0,4 \leq \alpha_{i3} \leq 1,4$; $9,1 \leq \alpha_{i4} \leq 24,1$. В ходе анализа результатов проведенных экспериментов были найдены новые диапазоны изменения переменных (параллелепипед G'): $d_{12} = (0,67-1,0)$ см; $k_6 = (74-175)$ кГ/см; $F_{26} = (10-13)$ см²; $f_{15} = (0,014-0,028)$ см. В этом параллелепипеде было проведено 26 контрольных испытаний при $d_{23} = 0,05$ см и $d_{23} = 0,3$ см. Получено, что при $d_{23} = 0,05$ см только для 4-х моделей из 26 значение Φ_1 , превышает ΔP_2 при этом $\Delta P_2 \leq 0,04$ ата. Величина Φ_1 для всех указанных 26 моделей при $d_{23} = 0,3$ см меньше заданного значения $\Delta P_2 = 0,02$ ата. Отметим, что если объем исходного параллелепипеда G равен $\prod_{j=1}^4 (\alpha_j^{**} - \alpha_j^*) = 3,402\pi$, то объем параллелепипеда G' равен $1,86\pi 10^{-2}$, что составляет примерно 0,5 % от первоначального.

Динамический синтез регулятора производился с целью увеличения точности моделирования при помощи системы дифференциальных уравнений, полученных путем записи системы (1) – (5) в приращениях. Вводя новые переменные $\tilde{P}_2 = P_2 - P_{02}$, $\tilde{P}_4 = P_4 - P_{04}$, $\tilde{P}_5 = P_5 - P_{05}$, получаем

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{P}}_2 = & \sqrt{\frac{2RT}{V_2}} [\pi d_{12} (y_{045} - y_{45}) \sqrt{(P_{02} + \tilde{P}_2)(P_1 - P_{02} - \tilde{P}_2)} + \pi d_{52} y_{26} \sqrt{(P_{02} + \tilde{P}_2)(P_{05} + \tilde{P}_5 - P_{02} - \tilde{P}_2)} - \\ & - f_{24} \sqrt{(P_{04} + \tilde{P}_4)(P_{02} + \tilde{P}_2 - P_{04} - \tilde{P}_4)} - f_{23} \sqrt{P_3(P_{02} + \tilde{P}_2 - P_3)}], \\ \dot{y}_{45} = & u_{45}, \\ \dot{u}_{45} = & \frac{1}{M_{45}} [-\sigma_{45} u_{45} + k(y_{045} - y_{45}) + N_6 + F_{45}(P_{04} + \tilde{P}_4 - P_{05} - \tilde{P}_5) + \\ & F_{12k}(P_1 - P_{02} - \tilde{P}_2)], \\ \dot{\tilde{P}} = & \frac{1}{V_5 - F_{45} y_{45}} \{F_{45}(P_{05} - \tilde{P}_5) u_{45} + \sqrt{2RT} [f_{15} \sqrt{(P_{05} + \tilde{P}_5)(P_1 - P_{05} - \tilde{P}_5)} - \\ & - \pi d_{52} y_{26} \sqrt{(P_{02} - \tilde{P}_2)(P_{05} - \tilde{P}_5 - P_{02} - \tilde{P}_2)}]\}, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\dot{y}_{26} = u_{26},$$

$$\dot{u}_{26} = \frac{1}{M_{26}} [-\sigma_{26} u_{26} - k y_{26} - N_6 + F_{26}(P_{26} + \tilde{P}_2 - P_7)], \quad (9)$$

$$0 \leq y_{26} \leq d_{52} / 4. \quad (10)$$

Величины P_{02} , P_{04} и P_{05} выбираются по указанным ниже правилам.

Из уравнения (9), записанного для статического режима работы регулятора давления, и из неравенства (10) следует, что

$$k_6 y_{26} = -N_6 - F_{26} P_6 + F_{26} P_{02} + F_{26} \tilde{P}_2 \geq 0. \quad (11)$$

Производя отсчет давлений от значения $\tilde{P}_2 = 0$, соотношение (11) можно записать в виде $-N_6 - F_{26} P_7 + F_{26} P_{02} = 0$, откуда $P_{02} = (N_6 + F_{26} P_7) / F_{26}$. Тогда уравнение (9) преобразуется к виду $\dot{u}_{26} = \frac{1}{M_{26}} [-\sigma_{26} u_{26} - k_6 y_{26} + F_{26} \tilde{P}_2]$.

При переходе регулятора давления на статический режим работы давление P_2 становится равным P_4 . Поэтому точки отсчета этих давлений совпадают и $P_{02} = P_{04}$. Начало отсчета P_{05} определяем из уравнения (8). Для обеспечения высокой точности решения выбираем P_{05} таким, чтобы \tilde{P}_5 , равнялось нулю. В реальных статических режимах $y_{26} = y_{26\text{ст}}$, где $y_{26\text{ст}}$ – константа, определяемая при поиске рациональных сочетаний параметров, обеспечивающих заданные статические свойства регулятора. С учетом изложенного, уравнение (8) приводится к виду

$$P_{05}^2 + P_{05} \left[\left(\frac{\pi d_{52}}{f_{15}} y_{26\text{ст}} \right)^2 (P_{02} + \tilde{P}_2 - P_1) \right] - \frac{\pi d_{52}}{f_{15}} y_{26\text{ст}} = 0.$$

Положительный корень этого уравнения дает значение точки отсчета P_{05} .

Выше исследовались статические свойства регуляторов давления газа с использованием метода ЛП-поиска. Рассматривалась система алгебраических иррациональных уравнений, которая получается из нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих математическую модель регулятора с усилителем давления, когда исследуются статические режимы его работы. В указанную систему алгебраических уравнений входили параметры $\alpha_1 \div \alpha_4$: площадь сечения отверстия на входе в камеру усиления, жесткость пружины верхнего клапана, диаметр входного канала регулятора, площадь поверхности чувствительного элемента. Эти параметры влияют, в основном, на статические свойства регу-

лятора. Критерием Φ_1 существования (отбора) каждой модели служила величина погрешности ΔP_2 стабилизируемого выходного давления P_2 , т.е. выбирались те модели, у которых $\Phi_1 \leq \Delta P_2$, причем погрешность ΔP_2 считалась заданной. Задача состояла в определении области сочетаний таких значений «статических» параметров $\alpha_1 \div \alpha_4$, для которых $\Phi_1 \leq \Delta P_2$. Далее с использованием методов теории планирования экспериментов с помощью ЛП_т-сеток определяется корректность заданных границ области поиска «чисто динамических» параметров (объемов камер и коэффициентов вязкого трения регулятора); производится выбор моделей, оптимальных по заданным критериям; выясняются возможности сокращения размерности пространства поиска. В данном исследовании область изменения параметров $\alpha_1 \div \alpha_4$, влияющих на статические свойства регулятора, считалась заданной и оставалась неизменной. В качестве варьируемых параметров были выбраны $\alpha_5 = V_2$; $\alpha_6 = V_4$; $\alpha_7 = V_5$; $\alpha_8 = \sigma_{45}$; $\alpha_9 = \sigma_{67}$. Область поиска G_1 по указанным параметрам была задана следующей системой неравенств: $50 \leq \alpha_5 \leq 200$; $1 \leq \alpha_6 \leq 10$; $1 \leq \alpha_7 \leq 10$; $0,005 \leq \alpha_8 \leq 0,01$; $0,01 \leq \alpha_9 \leq 0,1$. Для отбора вариантов моделей был выбран критерий быстродействия Φ_2 , т.е. было выдвинуто требование, чтобы время t выхода модели на установившийся режим при ступенчатом изменении нагрузки (наиболее общий случай) и неизменности требуемых статических выходных характеристик регуляторов было минимальным. Исходя из конкретных данных о существующих моделях регуляторов с плоскими клапанами, пригодными считались те модели, у которых $\Phi_2 = t \leq 0,03$ с при $\Phi_1 \leq \Delta P_2$. Исследование модели проводилось сериями из N_1 экспериментов. В каждой серии каждый параметр α_j разыгрывался по формуле (7). Эту формулу можно привести к виду $\alpha_{i,j} = \alpha_j^{**} + q_i(\alpha_j^{**} - \alpha_j^*)$. От серии к серии j -е строки в этой формуле менялись местами при неизменности номера разыгрываемого параметра α_j . Такое использование ЛП_т-сетки приводит к тому, что после проведения M серий из N_1 экспериментов в каждом i -м сечении j -го параметра получается по M значений критерия качества модели. По существу, образуется матрица планирования, которая используется для отсеивания статистически незначимых параметров по методу случайного баланса. Для проведения такого отсеивания по результатам анализа матрицы планирования применяется дисперсионный анализ; он позволяет проверить гипотезу о существенности влияния тех или иных факторов (конструктивных параметров) на среднюю величину одного или нескольких параметров оптимизации (критериев качества). Для этой цели вычисляются необходимые дисперсионные оценки d_A^2 , d_R^2 и F . Результаты экспериментов и расчетов представлены в таблице 1. Матрица планирования имела следующие параметры: $N = 288$; $N_1 = 16$; $M = 18$; $r = 5$. При $v_1 = 15$, $v_2 = 272$ и $P = 0,05$ находим, что $F_T = 1,65$. Сравнивая это значение с данными табл. 1, видим, что для всех параметров $F > F_T$, причем величина F для параметра α_7 , больше, чем для других. Это согласуется с представлением о том, что величина α_7 (объем камеры пневмоусилителя V_5) оказывает существенное влияние на среднюю величину быстродействия регулятора в заданной области G_1 .

Данные, приведенные в таблице 1, позволили выделить новые подобласти $G_2 \subset G_1$ и $G_3 \subset G_1$ для поиска моделей, оптимальных по Φ_2 : G_2 ($120 \leq \alpha_5 \leq 160$; $1 \leq \alpha_6 \leq 10$; $5,5 \leq \alpha_7 \leq 10$; $0,005 \leq \alpha_8 \leq 0,01$; $0,04 \leq \alpha_9 \leq 0,07$) и G_3 ($120 \leq \alpha_5 \leq 160$; $3,8 \leq \alpha_6 \leq 8,1$; $7 \leq \alpha_7 \leq 10$; $0,005 \leq \alpha_8 \leq 0,01$; $0,04 \leq \alpha_9 \leq 0,07$).

Таблица 1 – Дисперсионные оценки результатов и значения критерия Фишера

α_j	d_A^2	d_R^2	F	α_j	d_A^2	d_R^2	F
α_5	0,0341	0,1247	3,65	α_8	0,0533	0,1235	2,33
α_6	0,0376	0,1245	3,32	α_7	0,4114	0,1009	4,08
α_9	0,0513	0,1236	2,42				

Для выделенных областей матрица планирования имела следующие параметры:

$N = 80$; $N_1 = 16$; $M = 5$; $r = 5$. Результаты дисперсионного анализа экспериментов в G_2 и G_3 представлены в табл. 2. Сравнение значений F , приведенных в этой таблице, со значением $F_T = 1,9$, полученным при $v_1 = 15$, $v_2 = 64$, показывает, что в областях G_2 и G_3 статистически значимыми являются все параметры. Все модели в обеих областях практически были приемлемыми по величине Φ_2 . Так, в G_2 нашлось 54 модели из 80, а в $G_3 = 78$ из 80, у которых $\Phi_2 \leq 0,03$ с. Можно предполагать с большой вероятностью, что области G_2 и G_3 содержат экстремальные точки (модели) по Φ_2 . Данные таблице 2 также подтверждают, что, как и во всей области G_1 , параметр α_7 по-прежнему следует считать самым существенным в смысле влияния на величину Φ_2 ; это соответствует реальной роли величины объема V_5 , камеры пневмоусиления регулятора давления газа. Здесь камера пневмоусиления является элементом обратной связи.

Таблица 2 – Дисперсионные оценки и значения критерия Фишера в выделенных областях

α_j	G_2			G_3		
	$d_A^2 \times 10^{-4}$	$d_R^2 \times 10^{-4}$	F	$d_A^2 \times 10^{-4}$	$d_R^2 \times 10^{-4}$	F
α_5	0,327	0,1358	2,409	0,5264	0,2364	2,23
α_6	0,756	0,1126	6,713	1,4195	0,1887	7,52
α_7	2,265	0,0306	74,026	0,2605	0,1255	2,08
α_8	0,676	0,1153	5,864	1,2573	0,1974	6,37
α_9	0,511	0,1261	4,057	0,9198	0,2154	4,27

Таким образом, изложенная методика позволяет на начальном этапе проектирования скорректировать область поиска оптимальных моделей, что значительно повышает эффективность последующего применения тех или иных поисковых процедур, а также уточнить представления исследователя о статистической значимости того или иного конструктивного параметра, что приводит к повышению эффективности применения последующих методов поиска оптимальных моделей.

Библиографический список

1. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Дрофа, 2006. – 175 с.
2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Проблемы интеллектуальной обработки информации при решении задач проектирования и идентификации динамических систем // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. – Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2011. – С. 45–51.
3. Статников И.Н., Андреев Е.В. ППП-поиск – эвристический метод решения задач математического программирования. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2006. – 140 с.
4. Соболев И.М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара. – М.: Физматгиз, 1969. – 288 с.

БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТА ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

Динова Н.И.

*Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова,
г. Москва*

Серьезные последствия, к которым привели крупные техногенные аварии и природные катастрофы последних лет, свидетельствуют о том, что существующая система обеспечения экологической безопасности требует радикальной перемены. Вероятность

возникновения природных и техногенных катастроф существенно возрастает с появлением крупных мегаполисов, ростом объемов хозяйственной деятельности, концентрацией крупных промышленных объектов и увеличении сложности производственных и технологических циклов. Одна из особенностей ситуации на сегодняшний день заключается в том, что изменения в окружающей среде опережают темпы развития методов контроля и прогнозирования ее состояния. Состояние биосферы, меняющееся под влиянием естественных причин, как правило, вскоре возвращается к исходному. В противоположность этому перемены в биосфере, вызываемые деятельностью человека (антропогенные изменения), идут чрезвычайно быстро и часто вызывают необратимые последствия.

В России существует устойчивая тенденция роста числа и тяжести последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, масштабы которых, в ряде случаев таковы, что приводят к необратимым изменениям окружающей природной среды, сказываются на экономике и безопасности государства. Суммарный экономический ущерб становится сопоставимым со среднегодовым валовым внутренним продуктом страны. Средняя величина индивидуального риска населения на два порядка превышает уровни, допустимые в развитых странах мира.

Под экологической безопасностью будем понимать состояние защищенности человека и окружающей природной среды от воздействия неблагоприятных факторов потенциально опасных объектов (объектов повышенной опасности) и угрозы возникновения возможных последствий чрезвычайных ситуаций. Основные задачи экологической безопасности заключаются в предотвращении или уменьшении частоты возникновения и серьезности экологически опасных ситуаций, проявляющихся в следующем:

- загрязнении объектов окружающей среды (воздушного пространства, водных объектов, земель, почв, недр);
- создании угрозы жизни, здоровью, генетическому фону человека и другим жизненно важным интересам граждан;
- экологических бедствиях и кризисах.

Целесообразно, если обеспечение экологической безопасности будет строиться на таких основополагающих принципах, как:

- недопустимость воздействий, связанных с понижением уровня экологической безопасности, на окружающую природную среду;
- адекватная ответственность за ущерб окружающей природной среде и, как следствие, населению;
- эффективное взаимодействие органов государственной власти при решении актуальных проблем экологической безопасности, в том числе, при взаимопомощи в чрезвычайных и иных экологически опасных ситуациях и обмене опытом;
- этапность, планомерность и тщательная обоснованность проводимых преобразований;
- открытость для общественности.

Указанные цель и задачи могут быть достигнуты путем реализации нормативно-правовых, технических и технологических, научных и информационных, финансовых, организационных и экономических механизмов. При этом актуальными направлениями научного обеспечения экологической безопасности являются экспериментальное обоснование аварийных пределов воздействия очага опасности на природную среду, разработка критериев экологической безопасности, оценка рисков экологического воздействия объектов повышенной опасности, разработка и обоснование системы мониторинга окружающей природной среды и состояния здоровья населения, проживающего в районах повышенной опасности*. Таким образом, обеспечение экологической безопасности может осуществ-

* Бурков В.Н., Щепкин А.В. Экологическая безопасность // Научное издание. – Москва, ИПУ РАН, 2003.

ляться по следующим основным направлениям:

- охрана окружающей среды и оценка экологической обстановки в местах расположения объектов повышенной опасности;
- предупреждение и ликвидация аварий в местах расположения объектов повышенной опасности;
- охрана здоровья персонала объектов и населения, проживающего в местах расположения объектов повышенной опасности, а также формирование у них благоприятной социально-психологической обстановки.

Следует отметить, что особенностью аварий на объектах повышенной опасности является, например, высокая токсичность отравляющих веществ и высокая скорость формирования и действия поражающих факторов (если речь идет о химическом производстве), что вызывает необходимость принятия оперативных мер защиты обслуживающего персонала и населения в районе объектов в минимально короткие сроки. В связи с этим система обеспечения безопасности должна быть основана на четком взаимодействии следующих составляющих: прогноза опасности (оценке риска); технической безопасности; мониторинге окружающей среды; чрезвычайном реагировании; экологической безопасности.

Система прогноза опасности объекта должна учитывать социально-политический, технический, медико-биологический, психологический, экономический аспекты.

В общем случае эта система состоит из двух подсистем прогноза: при штатном режиме эксплуатации объекта повышенной опасности и при возникновении чрезвычайной ситуации. Общие положения проведения исследования по оценке риска (прогноза опасности) приведены на рисунке 1.

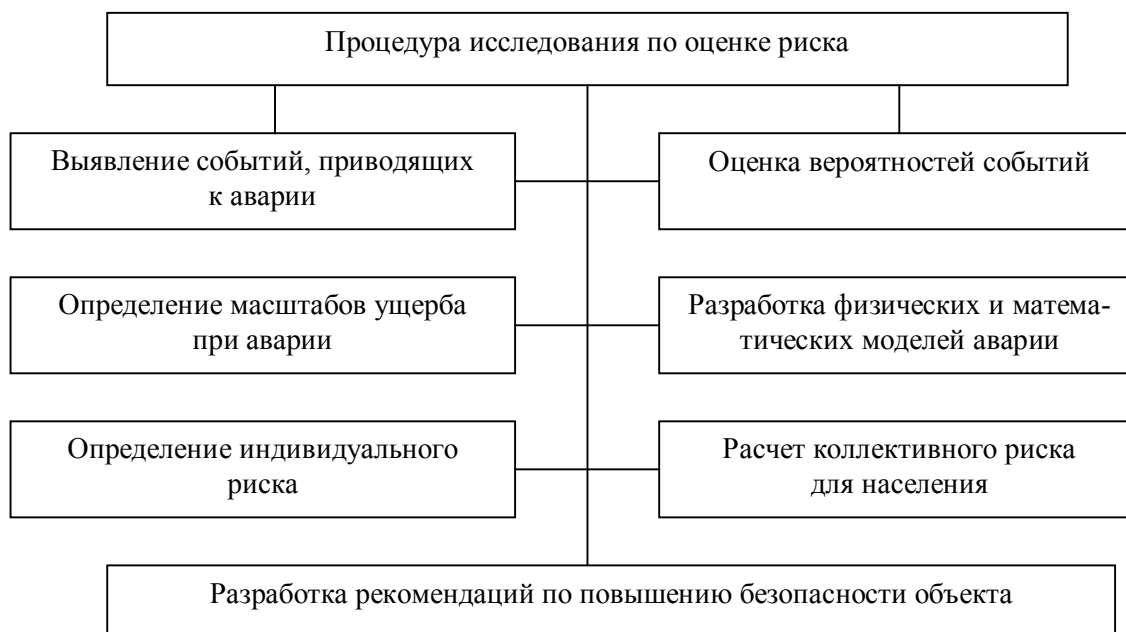


Рисунок 1 – Общие положения проведения исследования по оценке риска

Система обеспечения технической безопасности содержит подсистемы пассивной и активной безопасности.

Подсистема пассивной безопасности решает вопросы разделения района, где находится объект повышенной опасности, на промышленную и селитебную зоны, размещение селитебной территории с учетом метеорологических условий и рельефа местности, созда-

ния и обустройства санитарно-защитной зоны.

Подсистема активной безопасности базируется на технологических решениях. Немаловажное значение имеют контроль качества системы и подготовки персонала.

Система мониторинга осуществляет контроль над состоянием окружающей среды как при штатном, так и при аварийном режимах эксплуатации объектов повышенной опасности.

Она состоит из двух подсистем: мониторинга факторов воздействия (качественное и количественное определение загрязнений окружающей среды) и мониторинга последствий воздействия (оценка состояния здоровья населения и состояния окружающей среды). Система представлена на рисунке 2.

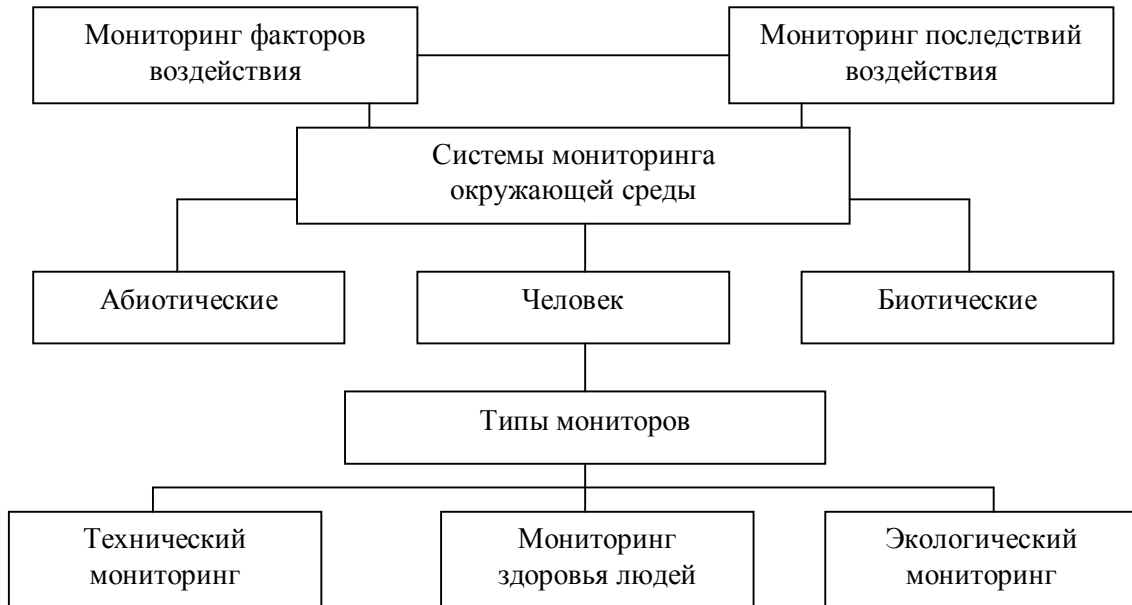


Рисунок 2 – Система мониторинга окружающей среды

В техническом плане система мониторинга включает в себя средства (локальные, мобильные, стационарные) сбора, передачи и анализа данных об обстановке во внешней среде. Кроме того, в ее состав входят технические средства и организационные структуры для оценки отклонений от норм здоровья населения и окружающей среды.

К основным задачам мониторинга объекта повышенной опасности, работающего в штатном режиме, относится определение времени, места, путей и способов смягчения воздействия вредных факторов на окружающую среду.

В условиях аварийного режима система мониторинга должна обеспечивать своевременный контроль над развитием аварии и сбор данных, необходимых для обоснования способов ликвидации ее последствий.

Отметим также, что структура системы мониторинга определяется совокупностью трех составляющих окружающей среды, за состоянием которых осуществляется контроль: абиотические элементы (вода, почва, воздух и т.д.), человек и биотические элементы (флора и фауна).

Система чрезвычайного реагирования предназначена для предотвращения воздействия очага опасности на персонал объекта повышенной опасности, население и окру-

жающую среду, локализации аварии, удержания аварийной ситуации под контролем и ограничения материального ущерба с помощью комплекса организационных мероприятий и технических средств.

Формирование и функционирование системы чрезвычайного реагирования должно происходить на основе результатов прогноза опасности, анализа и управления риском. Система чрезвычайного реагирования представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Система чрезвычайного реагирования

При этом подсистема управления включает командование объекта, центр управления в чрезвычайной ситуации, подвижной пункт управления локализацией очага и ликвидацией последствий аварии, а также запасные пункты управления. Центр управления в чрезвычайных ситуациях является ядром не только подсистемы управления, но и системы чрезвычайного реагирования в целом. Таким образом, система управления безопасностью от природных и техногенных катастроф должна быть ориентирована, в первую очередь, на предотвращение и уменьшение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, а также на сокращение масштабов последствий чрезвычайной ситуации.

Целью управления безопасностью вообще, (региона) – в частности, является сохранение здоровья и жизни людей, а также поддержание всей инфраструктуры, обеспечивающей существующий уровень жизни. Из сформулированной таким образом цели управления безопасностью следует, что для ее реализации необходимо, как минимум, обеспечить установившееся соотношение между уровнем жизни и уровнем риска в регионе.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ (НА ПРИМЕРЕ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ)

Истомин А.С., Казанцев С.В., Спирин Н.А.

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург*

Одной из основных проблем современного доменного производства является прогнозирование теплового состояния печи, оцениваемого по содержанию кремния в чугуне. В тоже время этот параметр можно контролировать только по результатам проб чугуна во время его выпуска из печи с существенным запаздыванием [1].

Существующие подходы к прогнозированию содержания кремния в чугуне, использующие традиционные математические модели и экспертные системы, не всегда дают удовлетворительных результатов, поскольку основаны на использовании имеющихся знаний о закономерностях и зависимостях процесса, которые недостаточно изучены и плохо формализуемы. Альтернативным подходом может быть использование искусственных нейронных сетей (ИНС).

Искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. ИНС представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты, особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи [2].

Данный подход предназначен для моделирования зависимостей не на основе имеющихся знаний (об этих зависимостях) а, на принципах обучения, когда построение модели производится на основании анализа некоторого статистического материала. Этот статистический материал называется обучающей выборкой.

Обучающая выборка – это множество объектов, которыми классы представлены при обучении, то есть, это объединение некоторых подмножеств рассматриваемых классов.

Экзаменуемая (проверочная) выборка – множество объектов, на которых проверяются результаты обучения.

Признак – описание того или иного свойства объекта. Признаки могут быть как количественными, так и качественными. При решении задач распознавания работают с n -мерными векторами, моделирующими реальные объекты.

Непосредственно решение задачи прогнозирования содержания кремния в чугуне связано с решением следующих задач:

- Сбор данных для обучения;
- Выбор архитектуры и параметров сети;
- Задача обучения по прецедентам, называемая также задачей «обучения с учителем».

Поскольку метод нейронных сетей производит построение моделей на основе обучения, необходимо располагать достаточно обширным материалом о работе доменной печи. Таким материалом являются данные о значениях $[Si]$ на выпусках в течение достаточно

длительного периода времени (сотни выпусков), а также информация о технологических параметрах плавки, которые соответствовали этим выпускам. Таким образом, для каждого произведенного выпуска чугуна можно составить вектор из соответствующих технологических параметров, следующего вида:

№ часа: {[параметр 1 (Si)], [параметр 2], [параметр 3], ..., [параметр n]}.

В качестве исходных использовались данные, хранящиеся в базе данных доменной печи № 8: технологические параметры работы печи, расходы и состав загружаемых материалов, дутьевые параметры. При этом осуществлялась предварительная обработка данных, с целью отсева грубых погрешностей. В результате обработки данных сформировано 778 векторов (выпусков жидких продуктов плавки), охватывающих по времени 1377 часов (примерно 2 месяца) непрерывной работы доменной печи.

Собранные данные преобразуются к виду в котором их можно подать на входы нейронной сети. Для этого выполняются операции фильтрации, временного сдвига и нормировки. Фильтрация используется для исключения заведомо неверных значений – выбросов или пропусков. Необходимость временного сдвига происходит из того, что параметры влияющие на значение [Si] проявляются в разные моменты времени, так например характеристики ЖРМ опережают на 6–8 часов значение кремния. Нормировка выполняется для сведения значений признаков к одной размерности.

Для обучения по прецедентам необходимо наличие для каждого образца экспертной оценки. В нашей обучающей выборке присутствует такая оценка, она выражена соответствующим значением кремния для каждого вектора выборки. Поэтому самым оптимальным решением является выбор в качестве архитектуры многослойного персептрона.

После выбора общей структуры нужно экспериментально подобрать параметры сети. Для сетей, подобных персептрону, это будет число слоев, нейронов в них и передаточные функции нейронов. При выборе количества слоев и нейронов в них следует исходить из того, что способности сети к обобщению тем выше, чем больше суммарное число связей между нейронами. С другой стороны, число связей ограничено сверху количеством записей в обучающих данных.

В данном исследовании используется нейронная сеть с одним скрытым слоем, так как специальных требований к архитектуре не имеется а по теореме Арнольда – Колмогорова – Хехт-Нильсена одного скрытого слоя достаточно для решения большинства задач. Во входном слое для каждого элемента вектора используется по одному входу нейронной сети, таким образом 28 выбранным признакам соответствует 28 нейронов во входном слое нейросети. Количество нейронов в скрытом слое определяем исходя из гипотезе [4], согласно которой количество нейронов определяется формулой:

$$K = 2n + 1,$$

где K – количество нейронов, n – количество входов.

Таким образом в скрытом слое количество нейронов равно 57, выходной слой состоит из одного нейрона, так как на выходе сети прогнозируется только одна характеристика – содержание кремния в чугуне.

В процессе обучения сеть в определенном порядке просматривает обучающую выборку. Порядок просмотра может быть последовательным или случайным. В нашем случае происходит последовательная обработка тренировочного набора, но поскольку строится статическая модель, то есть нет требования зависимости выходных данных от нескольких предыдущих значений, то набор может быть просмотрен и в случайном порядке. В процессе обучения происходит многократное использование тренировочного набора, которое характеризуется периодом эпох, это необходимо для достижения требуемой точности. Также следует отметить тот факт, что на начальном этапе веса нейронной сети задаются случайным образом, что может сказаться на результатах, поэтому производится несколько попыток моделирования процесса и выбирается модель наиболее точно соответствующая

проверочным данным.

К настоящему моменту проведено решение задачи прогнозирования кремния в чугуне для условий доменной печи № 8 ОАО «ММК».

Решение задачи проводилось путем написания приложения в среде Visual Studio 2012 с использованием математической библиотеки AForge.Neuro [3].

На первом этапе производилась предварительная обработка собранных данных – фильтрация, временной сдвиг, нормализация и разбиение на тренировочную и проверочную выборки).

Далее на обработанных данных производилось обучение нейронной сети.

Затем с использованием обученной нейронной сети происходила проверка адекватности этой сети на экзаменующей выборке. При этом параметр [Si] использовался как основной показатель правильности прогнозирования.

На рисунке 1 приведены графики для сравнения результатов прогноза с фактическим содержанием кремния в чугуне для 100 векторов экзаменующей выборки. На нем можно проследить совпадения областей низкого, среднего и высокого содержания кремния в чугуне на графике прогноза с соответствующими областями на графике реального изменения [Si]. Наличие ошибок можно объяснить небольшим количеством признаков описывающих реальных процесс.

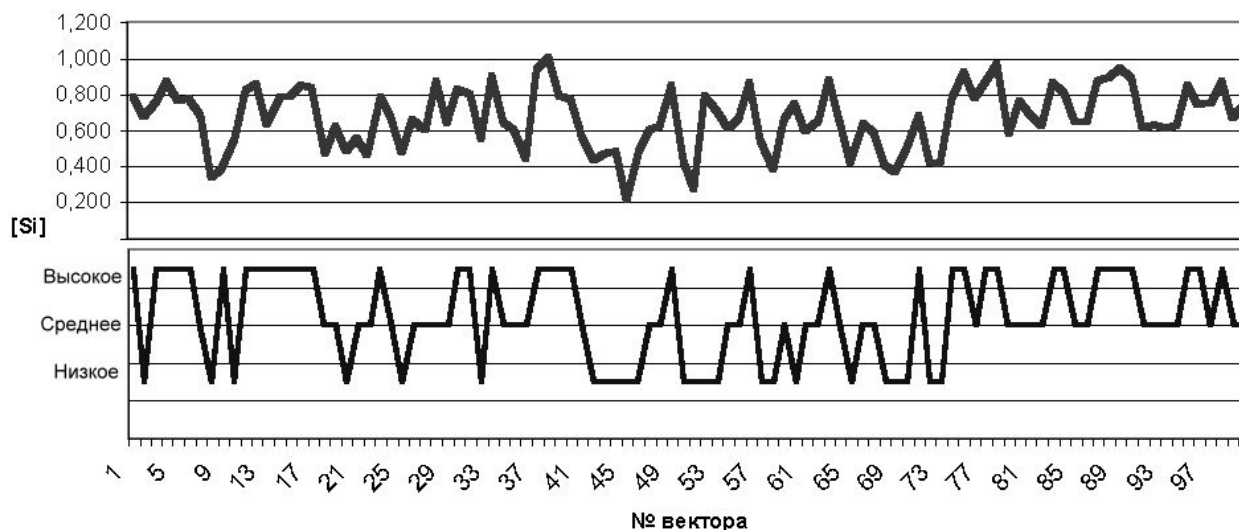


Рисунок 1 – График сравнения результатов прогноза с фактическим содержанием [Si]

Таким образом, в результате решения поставленной задачи были сделаны следующие выводы:

Полученная модель нейронной сети при использовании собранных данных, довольно точно описывает зависимость содержания кремния от множества используемых признаков, ошибка прогноза составила около 16 %

В рамках решения задачи было разработано приложение для прогнозирования содержания кремния в чугуне.

Для улучшения точности прогноза следует расширить число используемых признаков, а также перейти к построению динамической модели процесса, которая должна быть ближе к реальному процессу. Таким образом проявляются задачи для дальнейшего исследования.

Библиографический список

1. Спирин Н.А., Ипатов Ю.В., Лобанов В.И. и др. Информационные системы в металлургии.: Учебник для вузов / Екатеринбург: УГТУ-УПИ. 2001. – 617 с.
2. Сайт проекта AForge.NET [электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный.

<http://www.aforgenet.com/framework/>

- Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная нейронная сеть](http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть).
- Медведев В.С. Нейронные сети Matlab 6 / В.С. Медведев, В.Г. Потёмкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Михайлов А.С.

*Костромской государственный технологический университет,
г. Кострома*

В настоящее время для управления технологическими объектами (ТОУ) и процессами все более широкое применение находят системы, в основу которых положены элементы искусственного интеллекта, такие как нечеткая логика, генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети (ИНС) и т.д. В последнее десятилетие наметилась положительная динамика в плане применения ИНС при синтезе систем автоматического управления (САУ). Разработано несколько методов (типов) нейроуправления, для них предложены типовые схемы САУ на основе нейрорегуляторов, а также известны примеры успешной разработки алгоритмов синтеза нейрорегуляторов для конкретных ТОУ. Вместе с тем, до сих пор применение нейрорегуляторов в САУ сопряжено с рядом серьезных проблем, решение которых пока не найдено учеными.

На основе анализа работ Г.К. Вороновского, К.В. Махотило, С.А. Сергеева [1, с. 56–57], а также А.Н. Чернодуба, Д.А. Дзюбы [2, с. 81–91] на схеме (рисунок 1) представлена классификация существующих на сегодняшний день типов нейроуправления.

Как видно из рисунка 1, номенклатура существующих типов нейроуправления достаточно широка. Однако практически каждый тип имеет недостатки, которые препятствуют его применению в тех или иных случаях. Это обстоятельство не дает возможности считать любой из представленных типов нейроуправления универсальным. В таблице 1 приведены основные недостатки существующих типов нейроуправления.

Необходимо отметить, что в настоящее время в различных литературных источниках в качестве универсального метода позиционируется метод прогнозирующего нейроуправления. Перспективными являются такие направления в рамках данного метода, как нейроуправление на основе адаптивной критики [2, с. 85–86], а также концепция безмодельного прогнозирующего инверсного нейроуправления, предложенная в работах К.В. Змеу, Н.А. Маркова, И.А. Шпитько, например, в [3, с. 109–114]. Данные типы нейроуправления позволяют минимизировать недостатки прогнозирующего нейроуправления, приведенные в таблице 1. Кроме того, метод нейроуправления на основе адаптивной критики имеет хорошую теоретическую базу в виде теории динамического планирования (программирования) Беллмана.

Как было отмечено выше, достаточно много внимания в настоящее время уделяется решению проблем синтеза нейрорегуляторов для различных ТОУ. Однако, как правило, в работах отечественных и зарубежных авторов данная задача решается для какого-либо конкретного ТОУ с учетом его особенностей и специфики применения, в то время как методика синтеза нейрорегуляторов в общем случае не приводится. Так, например, в работе В.И. Васильева и И.И. Идрисова [4, с. 37–39] описан алгоритм синтеза нейрорегулятора для авиационного газотурбинного двигателя. Обобщая опыт исследователей в разработке нейрорегуляторов для конкретных ТОУ, можно предложить универсальный алгоритм синтеза нейрорегулятора для произвольного ТОУ. Блок-схема данного алгоритма приведена на рисунке 2.

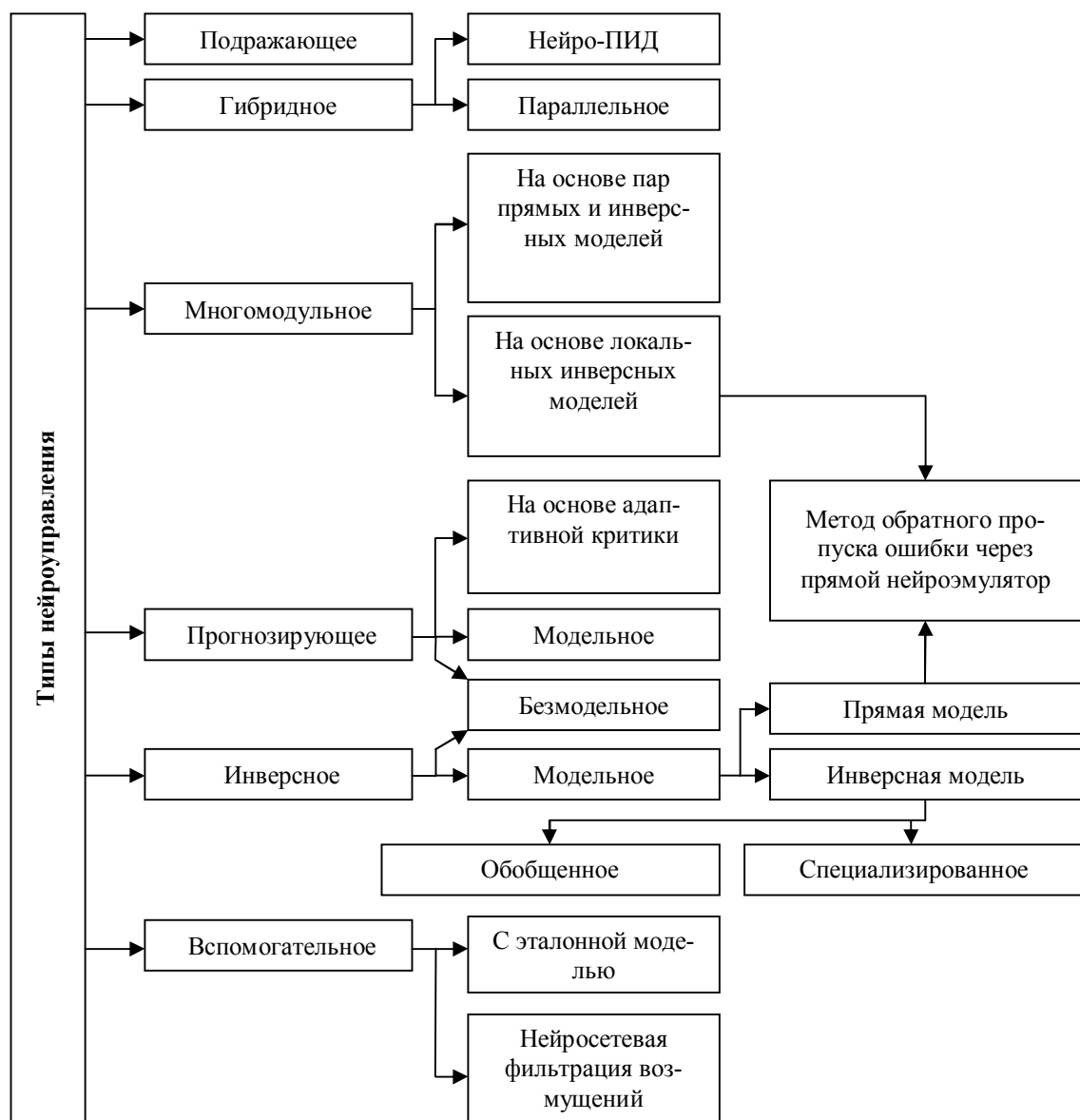


Рисунок 1 – Классификация типов нейруправления

Таблица 1 – Недостатки существующих типов нейруправления

Тип нейруправления	Недостатки
Подражающее	Для обучения нейрорегулятора необходим предварительно настроенный регулятор-учитель Нейрорегулятор в принципе не может обеспечить качество управления лучше, чем регулятор-учитель
Инверсное	Сложность реализации инверсных моделей ТОУ, особенно при наличии гистерезиса и т.п. Трудности в выборе случайного процесса на входе САУ в процессе идентификации для формирования обучающей выборки Громоздкость полученной САУ вследствие применения нескольких ИНС

Окончание таблицы 1

Тип нейроуправления	Недостатки
Прогнозирующее	Неприменимы в цифровых САУ с малым периодом квантования из-за недостаточного быстродействия алгоритмов оптимизации
Многомодульное	Большой объем обучающей выборки для обучения нейрорегуляторов Необходимость обучения прямых и инверсных моделей разных модулей Громоздкость полученной САУ вследствие применения нескольких ИНС
Гибридное	Сложность методов исследования устойчивости нелинейных гибридных регуляторов Необходимость в точной математической модели ТОУ

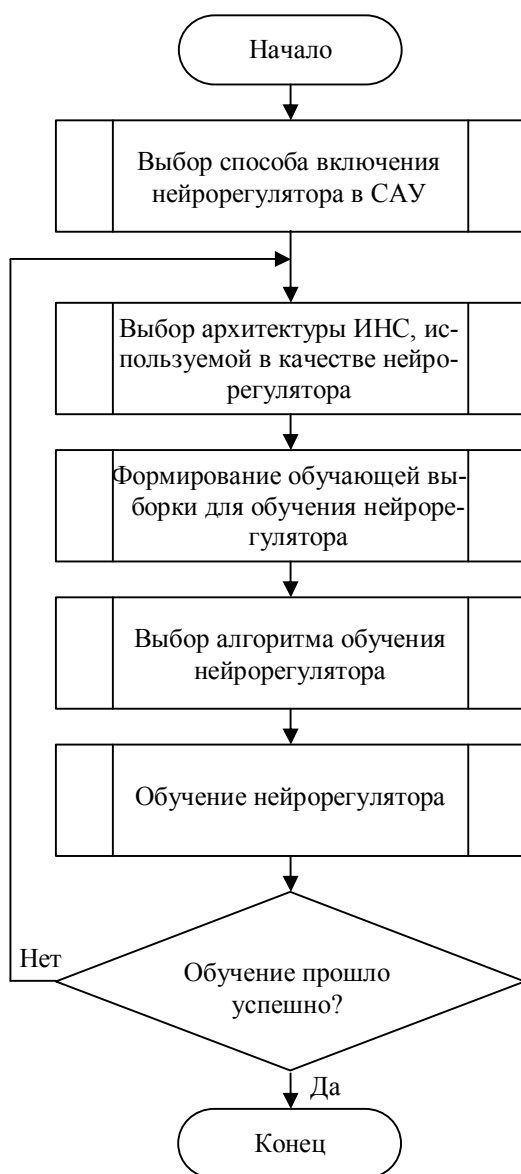


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма синтеза нейрорегулятора.

Однако, несмотря на кажущуюся очевидность выдвигаемого решения, практически каждый этап данного алгоритма является достаточно сложной задачей. Как отмечено в [1, с. 58], наиболее сложным и ответственным является выбор способа включения нейрорегулятора в САУ, определение структуры его входных сигналов. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют общие правила выбора типа и структуры ИНС, выполняющей функции нейрорегулятора. Наконец, обучение нейрорегулятора, как правило, вызывает немало трудностей, а именно требует достаточно долгого времени, поскольку носит итерационный характер из-за выбора оптимального алгоритма обучения из нескольких вариантов по критерию точности синтезируемой САУ.

Выводы.

Главными проблемами существующих методов нейроуправления являются:

- сложная структура схем нейроуправления из-за наличия в них нескольких ИНС, выполняющих разные функции;
- отсутствие универсальных методов анализа устойчивости нелинейных САУ на базе нейрорегуляторов.
- главными проблемами синтеза нейрорегуляторов для САУ являются:
- необходимость выбора структуры входных сигналов нейрорегулятора из-за неоднозначности способа его включения в САУ;
- отсутствие общих методик выбора архитектуры ИНС, на базе которой проектируется нейрорегулятор;
- несовершенство алгоритмов обучения нейрорегуляторов и длительность процедуры обучения.

Решение обозначенных проблем будет способствовать более широкому использованию нейрорегуляторов при проектировании САУ, упрощению структуры САУ, а также повышению показателей качества управления и регулирования.

Библиографический список

1. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Сергеев С.А. Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей в энергетике. 2. Управление // Проблемы общей энергетики. – 2007. – №16. – С. 54–67.
2. Чернодуб А.Н., Дзюба Д.А. Обзор методов нейроуправления // Проблемы программирования. – 2011. – № 2. – С. 79–94.
3. Змеу К.В., Марков Н.А., Шипитько И.А. Безмодельное прогнозирующее инверсное нейроуправление с регенерируемым эталонным переходным процессом // Интеллектуальные системы. – 2009. – № 3(21). – С. 109–117.
4. Васильев В.И., Идрисов И.И. Алгоритмы проектирования и анализа устойчивости интеллектуальной системы управления ГТД // Вестник УГАТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – № 1(28). – С. 34–42.

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ БИЗНЕС-ОБРАЗУЮЩИХ ПРОЕКТОВ

Бурков В.Н., Зубарев В.В., Моисеева Ю.В.

*Институт проблем управления РАН,
г. Москва*

Бизнес-образующими проектами (БОП) называются проекты, реализация которых позволяет образовать ряд сопутствующих бизнесов. Пусть имеется n БОПов. У каждого БОПа имеется множество P_i сопутствующих проектов. Обозначим (i, j) , $j \in P_i$ – j -й сопутствующий проект i -го БОПа, d_i – эффект от i -го БОПа, d_{ij} – эффект от проекта (i, j) , r_{ij} – дополнительный эффект от проекта (i, j) в случае, если реализуется БОП i , c_i – затраты на

БОП i , c_{ij} – затраты на сопутствующий проект (i, j) . Обозначим далее $x_i = 1$, если БОП i включен в портфель, $x_i = 0$ в противном случае, x_{ij} аналогично.

Постановка задачи. Сформировать портфель проектов с максимальным суммарным эффектом

$$D(x) = \sum_i x_i d_i + \sum_i \sum_{j \in P_i} x_{ij} c_{ij}$$

при ограничении на величину инвестиционного фонда

$$\sum_i c_i x_i + \sum_i \sum_{j \in P_i} x_{ij} c_{ij} \leq R,$$

где R – величина инвестиционного фонда. Для решения задачи предложен метод сетевого программирования. Задача решается в два этапа. На первом этапе для каждого определяющего БОПа решаются две подзадачи – одна для случая, когда БОП входит в портфель, а другая – когда не входит. Обе подзадачи являются задачами о ранце. В результате получаем зависимость $D_i(Y_i)$ максимального дохода от i -го БОПа и его сопутствующих проектов от величины выделенных средств Y_i . На втором этапе решается задача максимизации суммарного эффекта

$$\sum_i D_i(Y_i)$$

при ограничении на величину инвестиционного фонда

$$\sum_i Y_i \leq R.$$

Задача решается методом дихотомического программирования (частный случай метода сетевого программирования).

МАСШТАБИРУЕМОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КООРДИНАЦИИ ДЕЙСТВИЙ В БОЛЬШИХ ГРУППАХ РОБОТОВ

Сахопотинов Г.А.

*Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово*

В последнее время в робототехнике появилась тенденция к исследованию группового взаимодействия роботов. Для решения задачи коллективного управления множеством однотипных объектов применяют роевой интеллект (Swarm Intelligence). Большинство современных разработок в области группового управления роботами осуществляются на примере мобильных роботов. Роботы имеют похожую архитектуру – мобильная платформа на колесах, несколько датчиков дальности, возможны датчики освещенности, видеокамеры. Большинство алгоритмов роевого интеллекта (искусственные иммунные системы [1], алгоритм кукушки [2], алгоритм светлячка [3] и др.) являются лишь алгоритмами оптимизации для решения одной поставленной задачи, зачастую узкоспециализированной.

Представим себе условия работы отдельных многочисленных групп роботов:

- 1) большое число одновременно работающих роботов, в тоже время стремящихся к общей цели;
- 2) небольшие вычислительные мощности отдельного робота и малый радиус связи;
- 3) большая вероятность потери связи с отдельным роботом или гибели робота («раздавлен», «застрял» и т.д.).

Современные разработки не предназначены для работы одновременного большого

числа роботов, в тоже время реализующиеся в них алгоритмы нейронных сетей чувствительны к потере узлов в процессе вычислений, приводящей к необходимости переобучения всей сети. Таким образом, ведущиеся работы не могут использоваться для перспективных работ по большим группам роботов и нанороботам. Можно сформулировать требования к алгоритмам реализации коллективного поведения:

- 1) устойчивость – способность достигать решения поставленных задач независимо от увеличения/уменьшения числа роботов, причем без существенных потерь во времени;
- 2) масштабируемость – сохранение приемлемого быстродействия при увеличении числа роботов в группе;
- 3) неразрывность – стремление каждого робота сохранять целостность группы роботов;
- 4) однородность – функциональная неразличимость отдельных роботов в группе.

В дальнейшем, по аналогии с живой природой, условимся называть группу роботов роем, а отдельного робота в рою – особью. Решение задачи управления роем дает алгоритм, состоящий из двух уровней:

1) общий (коллективный) уровень – не оперирует отдельными особями, а лишь целым роем или отдельной группой особей. Такой алгоритм в общих чертах описывает способ достижения цели;

2) базовый (индивидуальный) уровень – описывает, как должны себя вести отдельные особи, чтобы достичь цели роя. На данном уровне уже непосредственно задается, какие именно особи должны выполнить определенное действие.

Именно в переходе от общего алгоритма к частному и заключается сложность решения задачи управления большой группой роботов.

На базовом уровне в обязательном порядке должны быть реализованы сетевые интерфейсы и алгоритмы удержания особи в рою – проверка максимального удаления, разрыв канала связи и т.д.

Чтобы избежать ситуации, когда все свободные каналы связи роботов будут израсходованы, предлагается особый алгоритм образования связей между роботами. Окружающее пространство делится на несколько секторов, на каждый из которых может приходиться от нуля до заранее заданного количества соединений. При этом в первую очередь соединение происходит с ближайшими особями. Если в некотором секторе нет ни одной особи или их слишком мало, у робота остаются свободные соединения, которые гарантируют возможность включения в рой новых особей. В результате образуется ячеистая структура связей, аналогичная сотовой сети (рисунок 1).

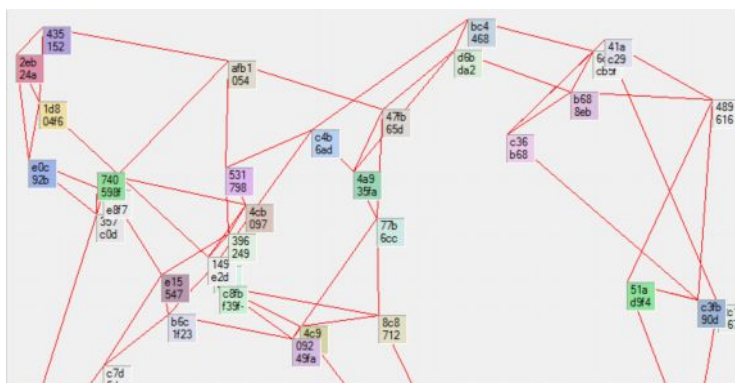


Рисунок 1 – Структура сети роя

Коллективный уровень содержит в себе загрузчик и интерпретатор алгоритма достижения общей цели. При этом программный код интерпретатора загружен одновременно на каждом из роботов.

Важным свойством команд, подаваемых на вход интерпретатора, является то, что они принципиально не оперируют отдельными особями и не содержат адресов или имен роботов. Определение соответствия особи и команды и является главной задачей интерпретатора.

Рассмотрим три параллельных процесса, происходящих в рою:

1) Процесс образования и разрыва связей между особями. В частности этот процесс запускается на начальном этапе образования роя из отдельных особей и выполняется постоянно в течение работы алгоритма, т.к. особь может быть принята в рой в любое время.

2) Синхронизация выполнения команд и подтверждение. Данный процесс сообщает всем особям роя о текущем состоянии исполнения программы и ее успешности, в т.ч. обеспечивает реакцию на потери особей.

3) Распределение обязанностей в рой согласно приспособленности особей к текущей задаче.

Первый процесс реализуется с помощью обмена сообщениями соединения, а также регулярной проверкой состояния канала связи.

Второй процесс может быть реализован несколькими способами. В частности в текущей работе нашей программной модели мы организовали обмен синхронизационными сообщениями внутри роя.

Для реализации третьего процесса предлагается использовать для нее алгоритм, аналогичный генетическому. Для распределения обязанностей каждая из особей вычисляет особую функцию – инициативу особи. Инициатива – аналог функции приспособленности в генетических алгоритмах. Она состоит из случайной части и части, зависящей от внешних факторов. Фактически, инициатива отражает приспособленность особи к выполнению поставленной задачи. Наиболее приспособленная особь потенциально способна выполнить задачу надежнее и быстрее, чем другие. Вычислив свою инициативу, особь посылает ее своим соседям в специальном сообщении, указывающем величину инициативы и уникальное имя особи, а те в свою очередь, передают ее дальше. Каждая особь составляет таблицу инициатив размером таким, который вместит все необходимые особи для команды. В случае, если до особи доходит инициатива большая, чем хотя бы одна в ее таблице, она вытесняет более слабое значение. В тот момент, когда состав таблицы перестает изменяться, наступает равновесие и все особи для задания определены. Если адрес особи присутствует в таблице инициатив – она начинает выполнение задания.

Третий процесс приводит к выделению из роя наиболее приспособленных к задаче особей и выполнению ими работ. При этом ресурсы оставшихся особей могут быть использованы для других задач.

Предложенный алгоритм, теоретически, должен реализовать требуемые свойства роя:

– устойчивость реализуется за счет базового навыка удержания особи в рою, а также перераспределения обязанностей в случае гибели особи;

– уровень масштабируемости ограничивается лишь возможностью передачи данных между роботами. Однако если учесть тот факт, что две особи могут быть соединены между собой несколькими разными способами (через разных промежуточных роботов), можно доказать, что рост максимальной длины связей между двумя особями не быстрее линейного;

– неразрывность обеспечивается базовыми навыками робота;

– однородность обеспечивается одинаковой конструкцией роботов.

Для проверки данного алгоритма была создана программная модель на языке C#, в которой на данный момент отрабатываются различные варианты реализации роя, в частности варианты реализации процессов алгоритма, рассмотренные выше. Кроме того, производятся замеры численных показателей работы.

Работа с моделью показала пригодность алгоритма для практического применения.

Также было решено на опыте проверить масштабируемость алгоритма и переноса принципов на большие группы – до 100 особей и более.

Для правильной интерпретации полученных данных необходимо отметить некоторые ограничения программной модели, связанные с трудностями реализации некоторых аспектов реального роя:

1) Недостовверный параллелизм. В реальности каждый робот в рою работает абсолютно независимо от других, однако в случае настольного ПК это невозможно – т.к. процессор только один. В связи с этим операционная система будет передавать управление от робота к роботу, пусть и за очень малые промежутки времени;

2) Невозможность синхронного одновременного движения роботов. В текущей реализации программной модели есть ограничения операционной системы Windows на параллельную работу с элементами интерфейса, что мешает организовать синхронное движение особей.

Указанные выше проблемы не позволяют напрямую оценивать время реакции особей, поэтому предлагается исходить из следующих приближений:

– Считаем, что основную задержку дает именно сетевой обмен, т.к. в модели не предусматриваются сложные математические вычисления, способные тратить значительное процессорное время.

– Время подготовки сообщения сетевым модулем считаем постоянной величиной.

В этом случае, можно предложить следующую формулу для расчета времени реакции роя на некоторую задачу:

$$T = \frac{L}{v} \times N$$

где T – время реакции в секундах; L – средняя длина сообщения в байтах; v – скорость передачи данных в байт/сек; N – среднее число сообщений, переданных одним роботом.

Величина L в модели постоянна и равна 32 байт. В эту величину включается заголовок и тип сообщения. Для расчетов будем предполагать, что обмен данными происходит по радиоканалу по протоколу ZigBee, в этом случае скорость передачи данных составит 5000 байт/сек.

При объединении особей в рой происходит массовая рассылка сообщений о соединении. Были произведены измерения количества таких сообщений. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчет времени отклика при образовании роя

Количество роботов	Передано сообщений	Сообщений на одного робота	Время отклика
2	6	3	0,0192
5	26	5,2	0,03328
10	58	5,8	0,03712
30	282	9,4	0,06016
50	514	10,28	0,065792
100	1070	10,7	0,06848

На рисунке 2 – среднее число сообщений, отправленных одним роботом.

Как видно из графика, хотя общее число сообщений растет достаточно быстро, число сообщений приходящихся на одного робота растет медленнее, чем общий размер роя. Аналогично, время реакции составляет вполне приемлемую величину, несмотря на

большой размер роя.

В таблице 2 приведены данные, оценивающие время реакции роя при выполнении согласованной команды (например, передвижение всем роем в другую точку).

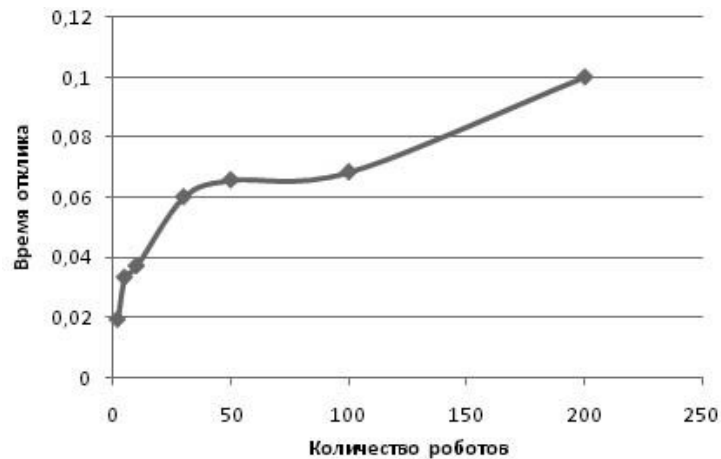


Рисунок 2 – Зависимость времени отклика соединения от размеров роя

Таблица 2 – Результаты расчета времени отклика при синхронизации в сети

Количество роботов	Передано сообщений	Сообщений на одного робота	Время отклика, с
2	8	4	0,0256
5	56	11,2	0,07168
10	152	15,2	0,09728
30	464	15,46	0,0989
50	792	15,84	0,101376
100	1598	15,98	0,102272

На рисунке 3 представлен график зависимости времени отклика от числа особей.

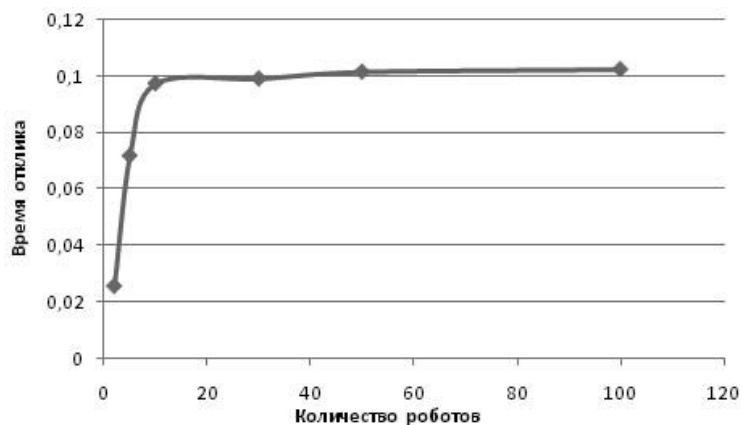


Рисунок 3 – Зависимость времени отклика синхронизации от размеров роя

Как следует из графика, рост числа особей в рою, в итоге, не приводит к большому росту числа сообщений – достигается потолок количества сообщений. Таким образом, синхронные действия всего роя не могут приводить к снижению времени реакции.

Результаты оценки времени принятия решений с помощью функции приспособленности приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет времени отклика при поиске приспособленных особей

Количество роботов	Передано сообщений	Сообщений на одного робота	Время отклика, с
2	5	2,5	0,016
5	89	17,8	0,11392
10	209	20,9	0,13376
30	974	32,46	0,2077
50	2125	42,5	0,272
100	5037	50,37	0,32236

Также информация представлена на графике (рисунок 4).

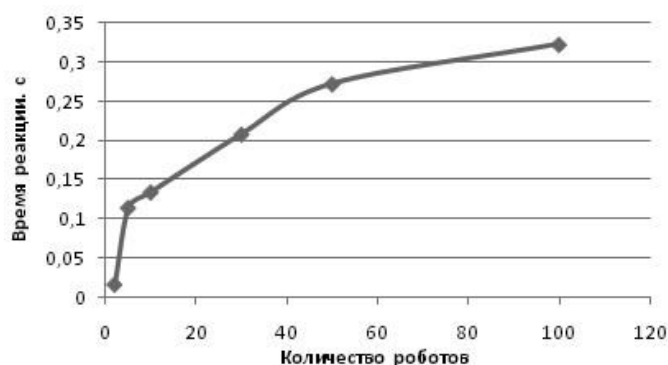


Рисунок 4 – Зависимость времени реакции от количества роботов

Несмотря на то, что количество переданных при выполнении поиска наиболее приспособленного робота сообщений растет быстро, количество сообщений, приходящихся на одного робота, растет медленнее размера роя, что означает достижение одной из задач нашего алгоритма – масштабируемости по отношению к числу особей. Данное замедление можно компенсировать увеличением пропускной способности сетевого протокола или мощностью сетевых адаптеров.

Библиографический список

1. de Castro, Leandro N.; Timmis, Jonathan (2002). Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach. Springer. pp. 57–58.
2. X.-S. Yang; S. Deb (December 2009). "Cuckoo search via Lévy flights". World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009). IEEE Publications. pp. 210–214
3. Yang X. S., (2008). Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. Frome: Luniver Press

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЛОГИКИ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Окс А.Е.

*Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово*

Последние 40 лет активно развиваются интеллектуальные системы управления дорожным движением, которые позволяют максимально эффективно использовать ресурс уже существующих дорог города. Все существующие ИТС принимают решения на основе заранее определенных шаблонов, выявленных в ходе имитационного моделирования

транспортных потоков. Существующие модели поведения водителя очень слабо учитывают его психофизические особенности. В модели «умного водителя», являющейся наиболее адекватной, происходит лишь условное разделение на четыре типа. Для наиболее полного отражения поведения водителя необходимо смоделировать саму логику его поведения.

В первую очередь было решено отказаться от моделей состояний, которыми являются все микромодели. Автомобиль является постоянно движущимся объектом, меняется лишь величина и вектор ускорения. Таким образом, уравнение движения автомобиля будет иметь вид прямолинейного движения с ускорением:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

где x_0 – текущая координата; v_0 – текущая скорость; a – ускорение; t – время.

Если не рассматривать перестроение, то водитель, двигаясь по полосе, выполняет два типа действий с точки зрения движения: ускорение и торможение. С математической точки зрения это одинаковые действия: изменяется значение ускорения, причем не только величина, но и вектор. Таким образом, движение автомобиля по полосе представляет собой изменение ускорения.

Такой подход к моделированию движения позволяет избавиться от дискретности, которая присутствует во всех моделях транспортного потока, где рассматриваются состояния водителя. Например, в модели умного водителя отдельно рассматриваются состояния торможения и ускорения. Моделирование поведения водителя с точки зрения состояний дает достаточно условный результат.

Механика перестроения заключается в изменении траектории движения автомобиля, то есть изменяется вектор ускорения, причем в отличие от прямолинейного движения в двух осях координат. При криволинейном движении ускорение рассчитывается следующим образом:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}, \quad (2)$$

где a_τ – тангенциальное ускорение; a_n – нормальное ускорение.

Тангенциальное ускорения характеризует изменение скорости по модулю:

$$a_\tau = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (3)$$

Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению:

$$a_n = \frac{v^2}{r}, \quad (4)$$

где r – радиус кривизны в данной точке.

Величина и вектор ускорения будет зависеть от определенных факторов. В зависимости от ситуации водитель будет ускоряться, замедляться, перестраиваться, причем при перестроении он также может ускоряться или замедляться.

Одновременно на водителя оказывает влияние множество параметров, причем степень этого влияния может колебаться. Также наличие одних параметров может исключать влияние других. Например, если расстояние до впереди идущего автомобиля велико, но по расположенному впереди пешеходному переходу идет пешеход, то водитель будет тормозить, а не ускоряться. То есть каждый фактор обладает своим весом.

Таким образом, величина и вектор ускорения будет зависеть от влияния каждого параметра:

$$a = \sum_{i=1}^n f(P_i) \quad (5)$$

где P_i – фактор, влияющий на ускорение.

Необходимо также учитывать то, что каждый водитель по-разному реагирует на те или иные обстоятельства. Например, приближаясь к пешеходному переходу, по которому идет человек, один водитель остановится, пропуская его, другой попытается объехать пешехода, стараясь максимально сохранить скорость, с которой двигался. Для учета этого обстоятельства был введен параметр с рабочим названием «наглость» и условным обозначением «he». Таким образом, весовой коэффициент фактора влияющего на ускорение зависит также от параметра he. Величина параметра изменяется в пределах от 1 до 100.

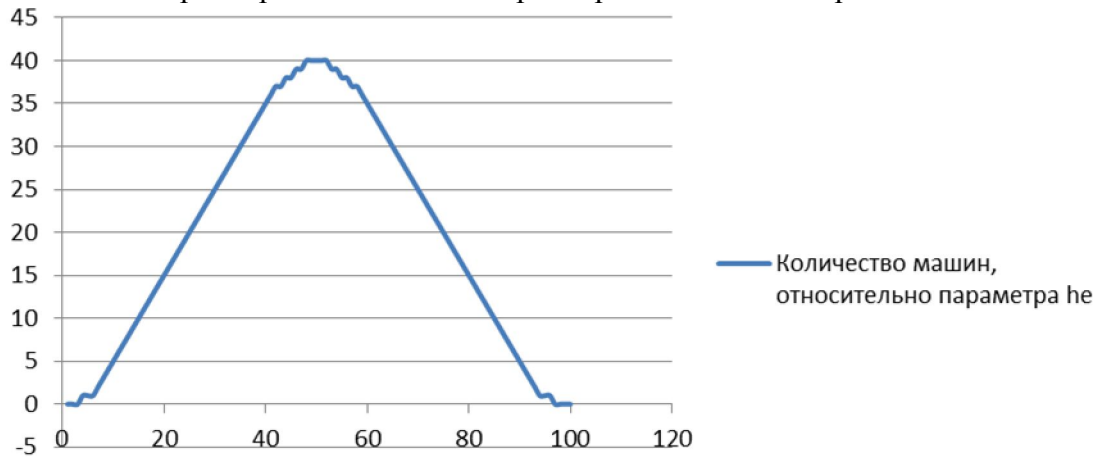


Рисунок 2 – График зависимости количества машин от параметра he

Для определения степени влияния различных факторов на поведение водителя была разработана семантическая сеть, отражающая различные факторы, их веса и связи.

Объект Ob_i семантической сети представляется как $Ob_i = \{N, S, U_{Gi}\}$, где N – имя объекта; S – множество решений связанных с объектом; U_{Gi} – множество отношений между понятиями P и названием объекта I .

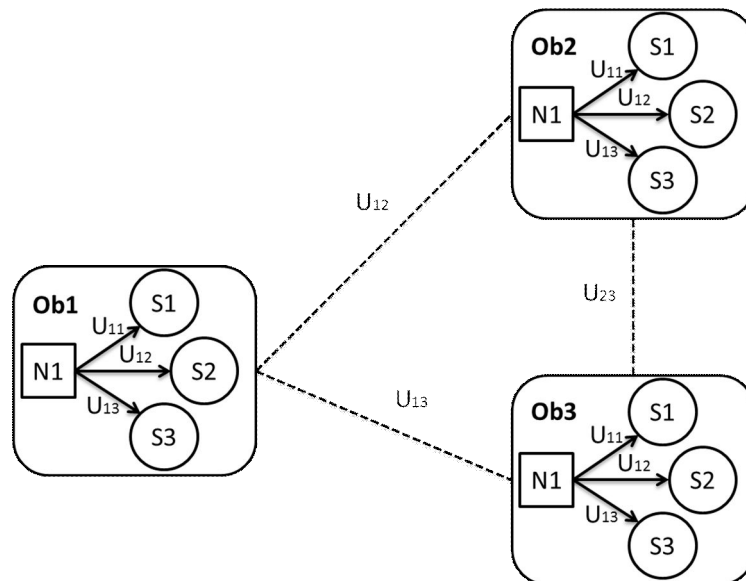


Рисунок 3 – Пример семантической сети

Функция $U_{Обi}$ представляет собой нечеткое множество, которое показывает степень зависимости между объектом и решением. Само решение также представляет собой функцию изменения ускорения.

Таким образом, величина и вектор ускорения будет зависеть от набора факторов – объектов семантической сети, оказывающих влияние на водителя в данный момент времени, степени их влияния и величины he . Набор влияющих факторов является одномерным массивом. Степень влияния зависит от индекса элемента в массиве. Чем меньше индекс, тем больше коэффициент влияния. Следовательно, формула расчета будет выглядеть следующим образом:

$$a = he * \sum_{i=1}^n coef_i * f(P_i), \quad (6)$$

где $coef_i$ – коэффициент влияния.

В каждый момент времени положение элемента меняется в зависимости от изменения ситуации. Например, если впередиидущий автомобиль увеличил скорость и соответственно расстояние, то влияние фактора расстояния до впередиидущего автомобиля уменьшится, т.е. порядковый номер элемента в массиве увеличится. Так как количество факторов, влияющих на поведение водителя может быть разным, то соответственно и длина массива может быть различной.

Например, в ситуации левого поворота на перекрестке на действия водителя будут оказывать влияние следующие факторы:

- сигнал светофора;
- наличие встречных автомобилей;
- расстояние до встречных автомобилей;
- наличие пешеходов на пешеходном переходе, к которому подъедет автомобиль после проезда перекрестка.

В момент времени, когда водитель будет пропускать встречные автомобили, стоя на перекрестке наибольшими весами будут обладать факторы: наличие встречных автомобилей, расстояние до встречных автомобилей, сигнал светофора. Влияние фактора наличия пешеходов на переходе будет минимальным, т.к. водитель еще не доехал до самого перехода, но скажется на его ускорении при проезде перекрестка, когда это станет возможным. После проезда перекрестка наиболее важным фактором будет наличие пешехода на пешеходном переходе. Фактор «сигнал светофора» перестанет оказывать какое-либо влияние и будет удален из массива. Остальные два фактора будут иметь значение лишь при наличии автомобилей поворачивающих на право.

На данном этапе разработки модели полный перечень факторов находится в стадии доработки.

Для разработки программных средств моделирования были выделены следующие требования:

- обеспечение имитации реагирования водителя на окружающую среду в реальном времени;
- обеспечение изменения параметров окружающей среды в реальном времени;
- обеспечение возможности конструирования различных участков дороги;
- обеспечение возможности обучения модели водителя.

Таким образом, программный комплекс состоит из следующих модулей:

- обчета логики поведения;
- обчета физики движения и визуального отображения;
- конструирования карты участков дороги;
- обучения.

Очень важной задачей является имитация параллельности действий водителей. Состояние каждого водителя обновляется с очень маленьким промежутком времени и проис-

ходит изменение массива факторов и расчет ускорения, в зависимости от этих изменений.

Обучение осуществляется с использованием нейронных сетей. В частности, используется пятислойная нейронная сеть, представленная на рисунке 3.

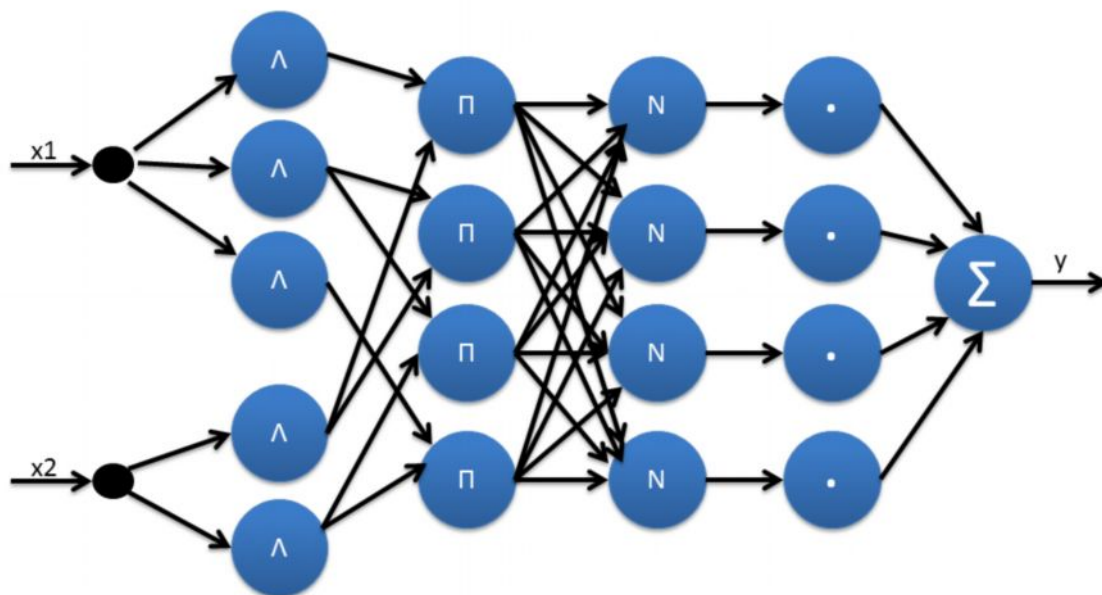


Рисунок 4 – Нейро-нечеткая сеть обучения водителя

Назначение слоев:

- первый слой – термы входных переменных;
- второй слой – antecedentes (посылки) нечетких правил;
- третий слой – нормализация степеней выполнения;
- четвертый слой – заключения правил;
- пятый слой – агрегирование результата, полученного по различным правилам.

Библиографический список

1. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. - 496 с.: ил.
2. Яхьева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э. Яхьева. – 2-е изд., испр. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
3. <http://habrahabr.ru/post/121232/>
4. <http://dSPACE.susu.ac.ru/bitstream/handle/0001.74/984/6.pdf?sequence=1>
5. http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981670

О ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ ПО ИТ-УСЛУГАМ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ITIL

Трофимов В.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Управление знаниями следует рассматривать как процесс, отвечающий за предоставление общего хранилища суждений, идей, опыта, информации и обеспечение их доступности, когда это необходимо. Управление знаниями это также сбор, анализ, сохранение

и предоставление знаний, что способствует эффективному принятию решений, снижет необходимость в повторном поиске знаний. Управление знаниями предназначено для того, чтобы информацию можно было запросить, найти и использовать. Это необходимо для исключения ошибок, облегчения поиска и предотвращения избыточных работ.

Система управления знаниями по ИТ-услугам (Service Knowledge Management System или SKMS) представляет собой набор инструментов и баз данных, которые используются для управления знаниями (рисунок 1). Эта система включает в себя систему управления конфигурациями, наряду с другими информационными подсистемами, базами данных и знаний. *База знаний* является логической структурированной базой, содержащей знания [1].

Система управления знаниями по ИТ-услугам сохраняет, управляет, обновляет и представляет всю информацию, которая необходима поставщику услуг для управления полным жизненным циклом ИТ-услуг, этапами которого являются: разработка стратегии, проектирование, преобразование (внедрение), эксплуатация и утилизация. При этом обеспечивается постоянное совершенствование ИТ-услуг.

База знаний содержит в частности: опыт персонала; записи об окружающей обстановке, количество и поведение пользователей, сведения о производительности организации и т.п.; возможности, требования и ожидания поставщиков и партнеров; уровень квалификации персонала.

SKMS представляет собой интегрированную систему, состоящую из подсистемы сбора, оценки, интеграции и хранения данных и знаний, подсистемы обработки знаний и подсистемы предъявления знаний.

1. Подсистема сбора, оценки, интеграции и хранения данных и знаний (рисунок 2) включает в себя: заявки на предоставление доступа к услугам, инциденты, проблемы, ошибки, изменения, релизы, сведения о различных типах каталогов услуг, соглашение об уровне услуг (SLA), соглашение операционного уровня (OLA), внешние договоры (UC) и сведения о поставщиках внешних услуг [2]. Источники информации, используемой в рамках SKMS, могут относиться к различным системам и приложениям, включая ERP, CRM, SCM. Основным принципом интеграции является минимизация дублирования информации при сохранении ее полноты и обеспечении оперативности доступа. В этой подсистеме происходит сбор структурированных и неструктурированных данных, их анализ, систематизация, согласование, синхронизация и преобразование, определение наиболее значимых данных. Например, на этапе преобразования услуг знания включают в себя: информацию обо всех заинтересованных лицах; приемлемые уровни рисков и ожидания относительно производительности; доступные ресурсы и временные рамки.

Рассмотрим некоторые элементы подсистемы [1 – 3].

Система управления (СУ) конфигурациями (CMS) – набор инструментов и данных, которые используются для поддержки процесса управления сервисными активами и конфигурациями. CMS включает в себя инструменты для сбора, хранения, управления, обновления, анализа и представления информации обо всех конфигурационных единицах и их взаимоотношениях. CMS может также включать в себя информацию об инцидентах, проблемах, известных ошибках, изменениях и релизах. CMS поддерживается процессом управления сервисными активами и конфигурациями, а также используется всеми процессами управления ИТ-услугами.

База данных управления конфигурациями (CMDB) используется для хранения конфигурационных записей на всем протяжении их жизненного цикла. Система управления конфигурациями поддерживает одну или несколько записей модуля управления конфигурациями. Каждая база данных хранит атрибуты конфигурационных единиц и связи с другими единицами.

База известных ошибок (KEDB) – база, содержащая все записи об известных ошибках. Эта база данных создается в рамках процесса управления проблемами и используется

процессами управления инцидентами и проблемами. База известных ошибок может быть частью системы управления конфигурациями или иным образом входить в состав системы управления знаниями по ИТ-услугам.

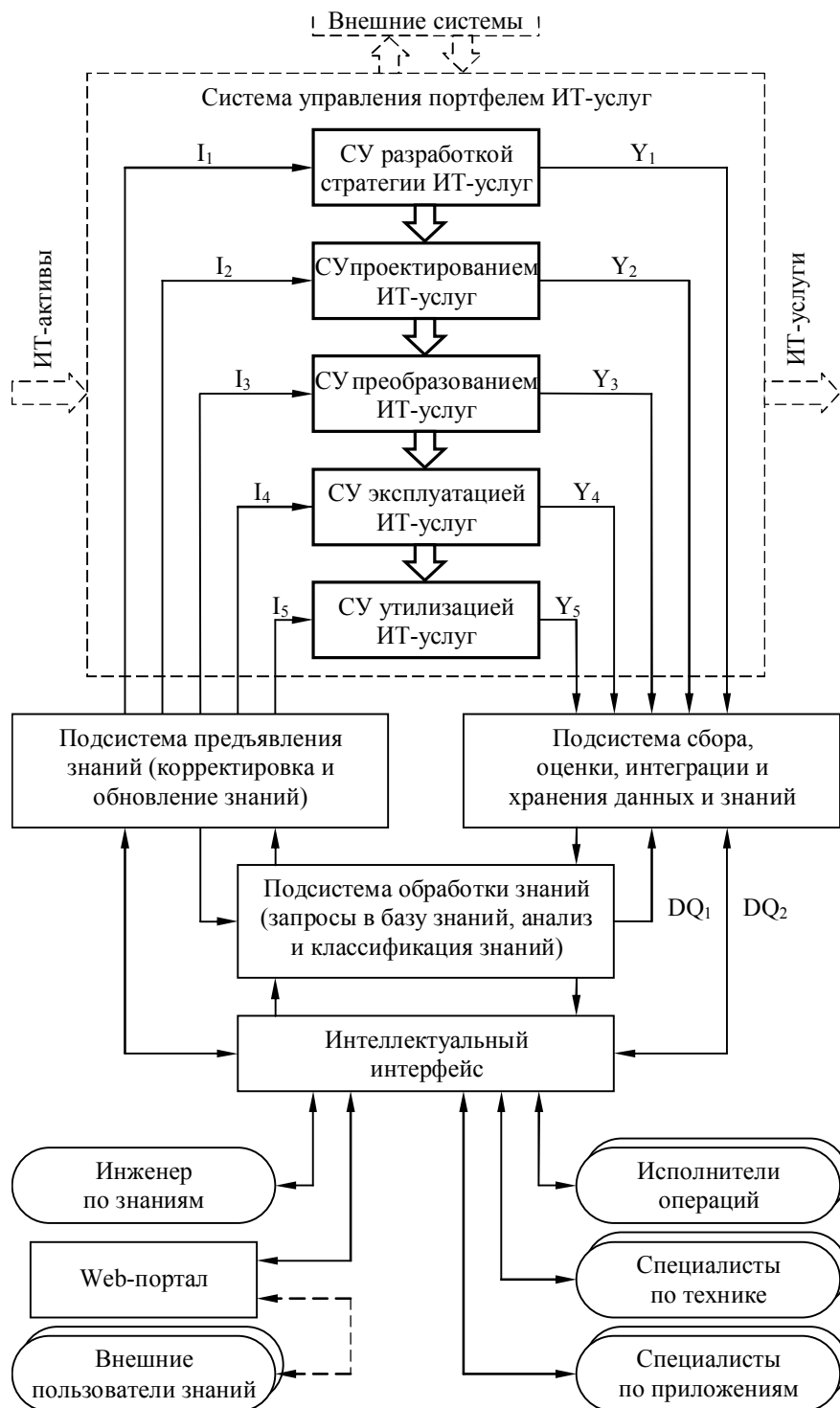


Рисунок 1 – Предлагаемая структура системы управления знаниями по ИТ-услугам

Запись об изменении – запись, содержащая детальную информацию об изменении. Каждая запись об изменении документирует жизненный цикл одного изменения. Запись об изменении создается для каждого полученного запроса на изменение, даже если он впоследствии будет отклонен. Запись об изменении должна ссылаться на конфигурационные единицы, которые затрагивает данное изменение.

Запись о релизе – запись, которая определяет содержание релиза. Запись о релизе имеет взаимоотношения со всеми конфигурационными единицами, затронутыми данным релизом.

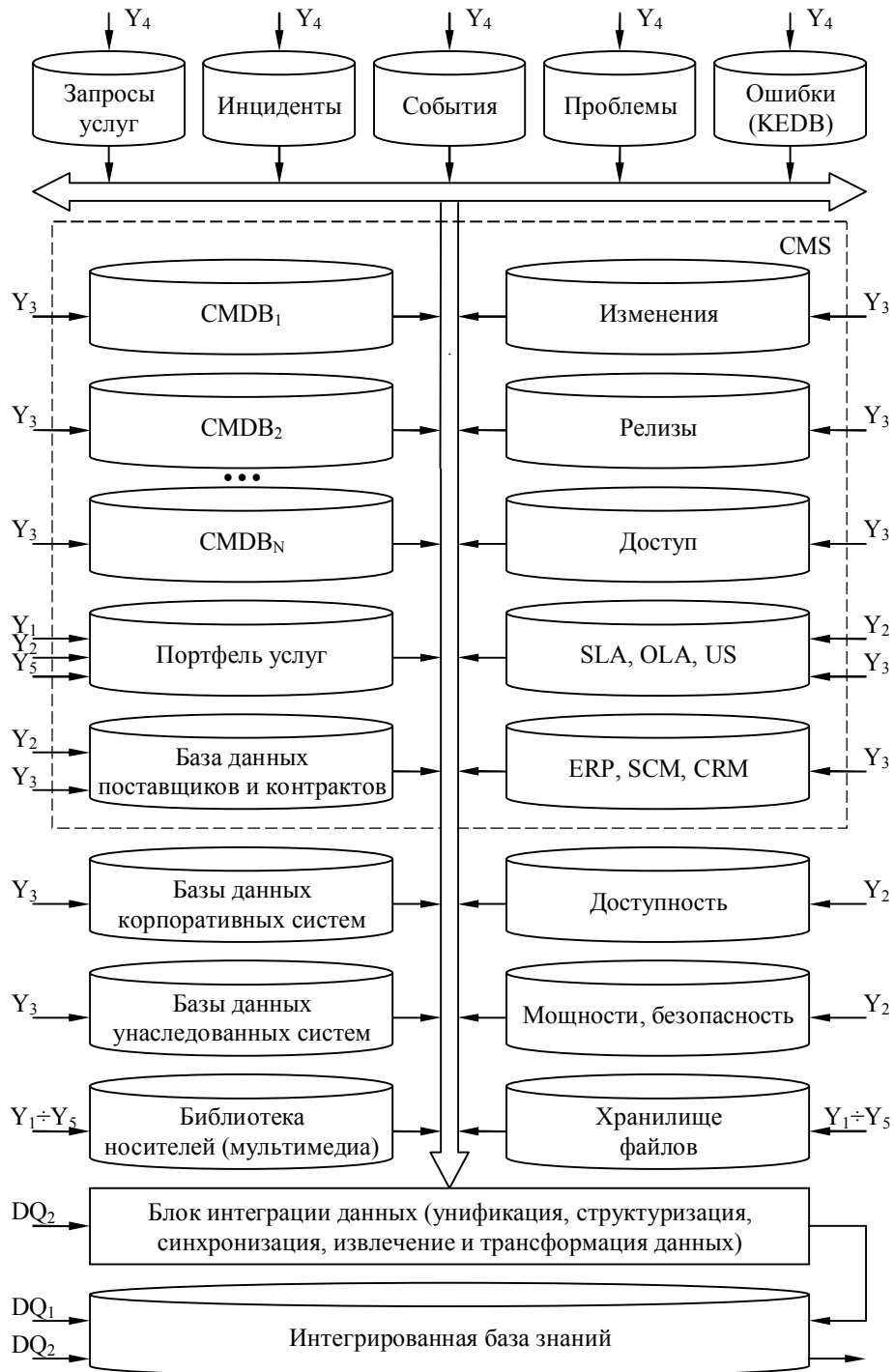


Рисунок 2 – Структура подсистемы сбора, оценки, интеграции и хранения данных и знаний

2. *Подсистема обработки знаний* выполняет: запрос в базу знаний, анализ, прогнозирование поведения ИТ-услуг или других конфигурационных единиц, планирование, бюджетирование, составление отчетов, моделирование, мониторинг, классификацию. На этом уровне обеспечиваются логические связи между данными из различных источников. При использовании производственной модели база знаний состоит из набора правил. Про-

грамма, управляющая перебором правил, называется машиной вывода (механизм рассуждений, машина логического вывода, дедуктивная машина, интерпретатор, интерпретатор правил, решатель). Машина вывода работает циклически. В каждом цикле она просматривает существующие факты из рабочей памяти (баз данных) и правила из базы знаний, а затем их сопоставляет. Совокупность отобранных правил составляет так называемое конфликтное множество, если в конкретной ситуации может быть применено сразу несколько правил. Для разрешения конфликта машина вывода имеет критерий, с помощью которого она выбирает единственное правило, после чего оно срабатывает. Это выражается в занесении фактов (рекомендуемых действий в виде информационных статей), образующих заключение правила, в рабочую память подсистемы предъявления знаний или в изменении критерия выбора конфликтующих правил. Если же в заключение правила входит название какого-нибудь действия, то оно срабатывает. Машина вывода основана на принципе *modus ponens*, который трактуется следующим образом: «Если известно, что истинно утверждение А и существует правило вида «если А, то В», тогда утверждение В истинно».

3. *Подсистема предъявления знаний* обеспечивает передачу, запоминание, корректировку и обновление знаний. Пользователи могут просматривать, например, содержимое базы знаний, не редактируя записи, или искать файл, просматривая каталоги.

Также возможно самообслуживание с доступом посредством Web-портала к базе знаний и записям инцидентов, что способствует сокращению расходов и созданию сообщества пользователей.

Задачи процесса управления знаниями: повышение результативности поставщика услуг, качества услуг и удовлетворенности заказчиков, а также снижение затрат; обеспечение понимания персоналом ценности предоставляемых заказчикам услуг; обеспечение своевременного доступа персонала к следующей информации: кто в настоящее время использует услуги, текущие уровни потребления, ограничения для предоставления услуги, трудности, с которыми сталкиваются заказчики.

Использование знаний приводит к накоплению ценных активов, улучшает способность действовать и принимать эффективные решения, повышает конкурентоспособность ИТ-организации.

Рассмотрим основные принципы организации управления знаниями [3, 4].

1. *Формирование стратегии*, которая должна включать: модель системы управления; планируемые и уже проводимые организационные изменения и соответствующие им изменения ролей и ответственностей; определение ролей и ответственностей, непрерывное субсидирование; политики, процедуры, методы и процессы для управления знаниями; технологические и другие требования; метрики для измерения производительности процесса управления знаниями.

Особое внимание в стратегии должно быть уделено сбору значимых для организации знаний, данных и информации. В частности: помощь организации в определении знаний, которые будут полезны; проектирование структурированного процесса для организации, отбора, хранения и предоставления информации. Это позволит людям улучшить понимание значимых для организации областей; сбор информации от разных процессов; формирование новых знаний; получение необходимой информации из сторонних источников; сбор знаний из внешних источников (например, из Интернета, от партнеров, из публикаций и т.п.) и их конкретизация под нужды организации.

2. *Передача знаний*. Для управления знаниями крайне важно наладить обмен информацией в рамках организации. На практике часто именно в этом заключается основная сложность. Традиционными средствами передачи знаний в рамках организации являются тренинги и документация. При построении программы тренинга необходимо учитывать множество факторов – личностные особенности, культурные и языковые отличия, специфику области и т.п. ITIL (набор публикаций, содержащий «лучшие практики» в области управления ИТ-услугами) рекомендует максимально визуализировать знания с помощью

компьютерных и других технологий, так как это упростит процесс обучения. При этом важно научить людей применять полученные знания на практике в зависимости от обстоятельств.

3. *Управление данными.* ИТІІ требует выполнения следующих действий: формирование и регулярное обновление процедуры управления данными; оптимизация использования информации; формирование системы классификации информации (инциденты, проблемы, изменения, ошибки и т.п.) в рамках организации. Процедуры управления данными должны включать в себя механизмы, позволяющие: определить данные, которые будут собираться на протяжении жизненного цикла услуг; определить процедуры управления данными и сделать их доступными для тех, кому они нужны; хранить и восстанавливать; устанавливать роли и ответственности для отдельных единиц информации; определять и публиковать права, обязанности и условия, необходимые для осуществления доступа к данным; делать резервные копии данных; определить требования для пересмотра хранимых данных; собирать и хранить запросы к данным.

4. *Использование SKMS для поддержки принятия решений в рамках организации.*

Критериями эффективности (метриками) управления знаниями могут быть: успешное внедрение и эксплуатация услуг с небольшим количеством ошибок; улучшение ответов на запросы бизнеса; улучшение доступности стандартов и политик и управления ими; распространение знаний; уменьшение времени, необходимого для поддержки и управления услугами; уменьшение времени на поиск информации, необходимой для диагностирования и решения проблем и ошибок; уменьшение зависимости знаний от персонала.

Критерии эффективности управления знаниями для бизнеса могут быть: уменьшение пользовательских ошибок в результате эффективной передачи знаний; уменьшение времени на решение проблем в результате того, что персонал лучше обучен; быстрое разрешение запросов; способность решения проблем без помощи извне; проблемы и вопросы решаются на том уровне, на котором появились, и не передаются выше; уменьшение времени внедрения и поддержки на ранних стадиях эксплуатации услуги.

Критерии эффективности управления знаниями для поставщика услуг: количество запросов к SKMS; среднее время на поиск необходимой информации; ошибки, выявленные в ходе проверок или о которых сообщил персонал; участие персонала в форумах для предоставления поддержки посредством сбора и обмена знаниями; степень повторного использования процедур, проектов тестирования, сценариев, описанных в документации; удовлетворенность персонала организацией обмена знаниями.

В качестве примера реализации базы знаний рассмотрим программный продукт Instant Business Network, интерфейс которого представлен на рисунке 3. База знаний позволяет хранить описание и решение общих или часто возникающих инцидентов. В некотором роде база знаний – аналог раздела часто задаваемых вопросов и ответов. В левой части страницы содержится список статей (рекомендаций) базы. Статьи могут отображаться в алфавитном порядке либо в порядке добавления в базу. В правой части страницы расположено облако тегов – ключевые слова статей. Наиболее часто встречающиеся слова отображаются более крупным шрифтом.

Для оценки эффективности созданных информационных статей (рекомендаций, знаний) по конкретному инциденту можно воспользоваться следующим критерием:

$$F(N) = \sum_{j=1}^J \alpha(j) K(N, j) \rightarrow \max ,$$

$$\text{при условии, что } \sum_{j=1}^J \alpha(j) = 1, \quad K(N, j) = \begin{cases} \frac{Q(N, j) - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}}, & \text{если } Q(N, j) \rightarrow \max; \\ \frac{Q_{\max} - Q(N, j)}{Q_{\max} - Q_{\min}}, & \text{если } Q(N, j) \rightarrow \min, \end{cases}$$

где $F(N)$ – значение обобщенного критерия эффективности для каждой статьи; $K(N, j)$ – значение нормализованного (безразмерного) j -го критерия; $Q(N, j)$ – значение размерного исходного j -го критерия; Q_{\max} , Q_{\min} – максимальное и минимальное значения критериев; $N = 1, 2, \dots, N^*$ – номер статьи; $j = 1, 2, \dots, J$ – номер исходного критерия; J – количество исходных критериев для оценки статьи; $\alpha(j)$ – весовые коэффициенты или экспертные оценки важности критериев; $Q(N, 1)$ – количество запросов к статье в процессе обработки заявок; $Q(N, 2)$ – количество положительных отзывов сотрудников технической поддержки и пользователей; $Q(N, 3)$ – количество отрицательных отзывов сотрудников технической поддержки и пользователей; $Q(N, 4)$ – количество пользовательских ошибок; $Q(N, 5)$ – время на решение проблем. На основании эффективности статей следует проводить оптимизацию базы знаний, улучшать содержание статей, а также стимулировать создателей информативных знаний.

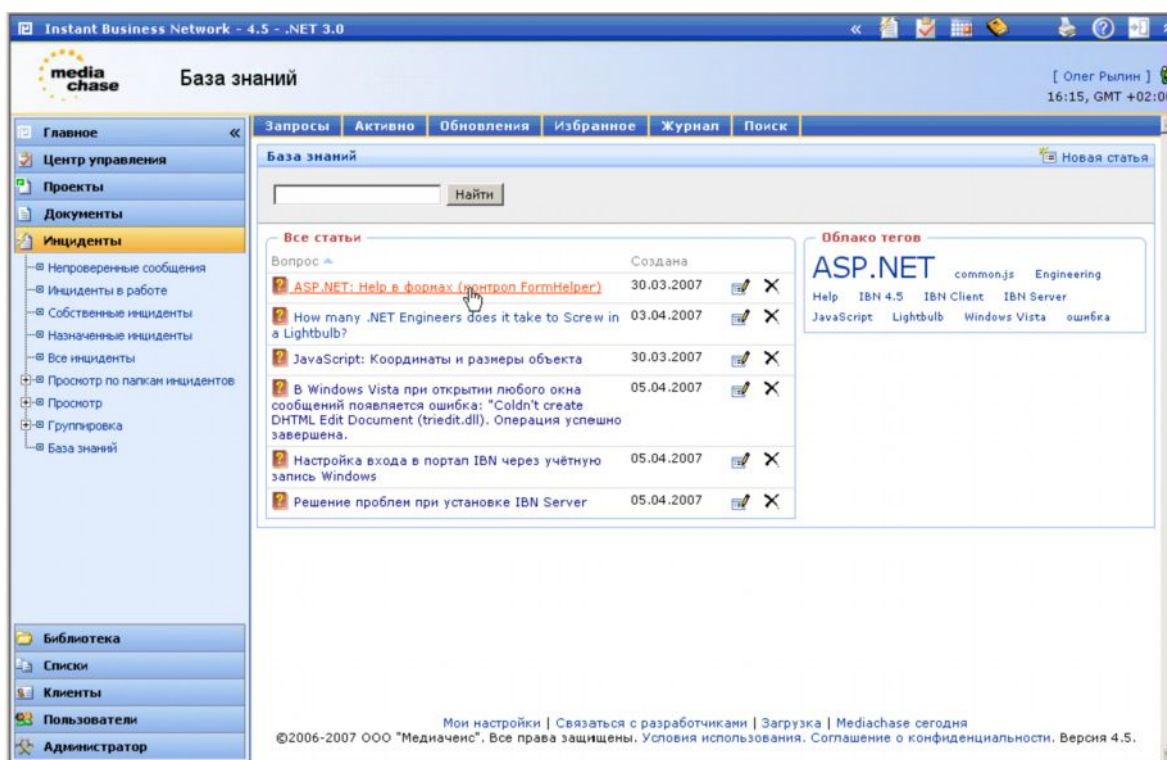


Рисунок 3 – Экранная форма базы знаний

Управление знаниями позволяет [5]: быстрее обрабатывать инциденты и запросы на обслуживание (на 50–60 % сократить время на решение, на 30–50 % увеличить доли заявок, разрешенных уже при первом контакте пользователя со службой поддержки); оптимизировать использование ресурсов (на 70 % сократить время обучения специалистов, на 20–35 % сократить текучесть кадров); создать систему обучения организации (на 10 % сократить количество проблем за счет устранения их первопричин).

Библиографический список

1. Словарь терминов и аббревиатур ITIL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.itil-officialsite.com].
2. Лямуков, С. CMDB в системе управления ИТ-услугами / С.Лямуков // Открытые системы. СУБД. – 2009. – № 5. – С. 17–21.
3. Скрипник, Д.А. ITIL. ITIL. IT Service Management по стандартам V.3.1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.intuit.ru/department/ itmngt/itil_dpo/1/].
4. Курц, А.Л. Принципы построения средств управления ИТ-инфраструктурой на примере модели ITSM компании HP / А.Л. Курц, А.Л. Фридман, Б.Н. Андерс, Н.А. Фандюшина,

- Л.Я. Чумаков // Системы и средства информатики. – 2008. – № 2. – С. 69–85.
 5. Лямуков, С. Управление знаниями в Service Desk / С. Лямуков // Открытые системы. СУБД. – 2010. – № 1. – С. 32–35.

УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ РИСКА СИЛЬНЫМИ ШТРАФАМИ

Голев С.А., Щепкин А.В.

*Воронежский архитектурно-строительный университет,
 г. Воронеж,
 ИПУ РАН, г. Москва*

Полагаем, что уровень безопасности в регионе не может быть меньше некоторого допустимого значения Y_{min} . Центр обеспечивает выполнение этих требований путем использования механизма сильных штрафов.

Считаем, что Центр знает зависимость уровня риска x_i на i -м предприятии региона от объема выпуска u_i и размера средств v_i , направляемых на совершенствование технологии, на предупреждение возникновения нештатных ситуаций, укрепление производственной и технологической дисциплины. Здесь $i \in N$, N – множество предприятий в регионе.

При определении допустимого уровня риска для i -го предприятия $i \in N$ в Центр поступает информация о планируемом уровне риска $x_i^{(n)} = x_i^{(n)}(u_i^{(n)}, v_i^{(n)})$. Получив эту информацию, Центр проверяет, обеспечивает ли деятельность предприятий допустимый уровень безопасности в регионе. В этом случае сначала определяется $y_i^{(n)} = 1 - x_i^{(n)}$, $i \in N$ и

$$Y^{(n)} = \prod_{i \in N} y_i^{(n)}, \quad (1)$$

а затем сравнивается Y_{min} и $Y^{(n)}$. Если $Y_{min} \leq Y^{(n)}$, то Центр утверждает планируемые значения $x_i^{(y)} = x_i^{(n)}$. Если же

$$Y_{min} > Y^{(n)},$$

то Центр должен корректировать планируемый уровень риска на каждом предприятии, чтобы выполнялось условие $Y^{(y)} = Y_{min}$. Для того, чтобы обеспечить требуемый уровень безопасности региона и соответствующие уровни риска предприятий вводятся поправочные коэффициенты α_i , $i \in N$, значение которых определяются из условия

$$Y_{min} = Y^{(y)} = \prod_{i \in N} \alpha_i y_i^{(n)} \quad (2)$$

При этом $y_i^{(y)} = \alpha_i y_i^{(n)}$. Получив утвержденный уровень риска $x_i^{(y)}$ i -е предприятие $i \in N$ решает задачу

$$\begin{cases} c_i u_i - z_i(u_i) - v_i \rightarrow \max_{(u_i, v_i)} \\ x_i(u_i, v_i) \leq x_i^{(y)} \end{cases}, i \in N.$$

Определим α_i , $i \in N$ как

$$\alpha_i = \beta \frac{x_i^{(n)}}{y_i^{(n)}} = \beta \left(\frac{1}{y_i^{(n)}} - 1 \right). \quad (3)$$

Подставив коэффициент α_i , определяемый как (3) в (2), получаем

$$Y_{min} = Y^{(y)} = \beta^n \prod_{i \in N} x_i^{(n)}.$$

А отсюда находим коэффициент β

$$\beta = \sqrt[n]{Y_{\min} / \prod_{i \in N} x_i^{(n)}}.$$

Так как $x_i^{(y)} = 1 - y_i^{(y)} = 1 - \beta x_i^{(n)}$, то легко получить, что

$$x^{(y)} = 1 - \sqrt[n]{Y_{\min} [x_i^{(n)}]^{n-1} / \prod_{\substack{j \in N \\ j \neq i}} x_j^{(n)}}.$$

А отсюда сразу следует, что как только на i -м предприятии $i \in N$ повышается значение $x_i^{(n)}$ сразу же уменьшается значение $x_i^{(y)}$.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ 3D – ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОМПЛЕКСОВ*

Мочалов П.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Одним перспективных направлений прикладной области информационных технологий является создание и применение трехмерных интерактивных виртуальных сред при проектировании новых технологий, математическом моделировании и демонстрации работы технологических процессов и комплексов. Для решения таких задач необходимо наличие эффективных технологий создания программного обеспечения в виде 3D виртуальных сред или систем виртуальной реальности (СВР).

Такие системы должны обеспечивать адекватность виртуальной среды и быстродействие вычислительных процессов достаточное для формирования качественных изображений высокого разрешения в режиме реального времени. Поэтому при выборе среды разработки учитывались следующие основные характеристики:

- качественное и оптимизированное отображение трёхмерного пространства на различных платформах;
- наличие компонентов, позволяющих реализовывать физическое содержание задач;
- наличие мощного языка программирования;
- обеспечение возможности работы с базами данных;
- обеспечение возможности командной разработки приложений.

Из известных на сегодняшний день инструментальных средств, специализированных пакетов и различных технологий, ориентированных на создание виртуальных сред (UDK, Quest3d, CryEngine, Amira, Unity3D, Alternativa3D и другие) был обоснован, по ряду критериев, выбор программного комплекса Unity 3D. Созданные с помощью Unity 3D приложения работают под операционными системами Windows, Mac OS X, Android, Apple iOS, Linux, а также на игровых приставках Wii, PlayStation 3 и Xbox 360. Этот инструмент также позволяет создавать интернет-приложения.

Общая схема технологии разработки программных приложений 3D виртуальных сред применительно к задачам математического моделирования технологических процессов и комплексов приведена на рисунке 1. Основными этапами технологии являются:

- сбор и анализ данных об объектах и процессах комплекса;
- разработка проекта системы;

* Работа выполнена по заданию Минобрнауки России. Регистрационный номер 10.7045.2013.

- разработка математических моделей и алгоритмов;
 - создание трехмерных моделей и выполнение процедуры текстурирования;
 - разработка, реализация и тестирование программного обеспечения.
- Назначение и содержание работ указанных этапов сводится к следующему.

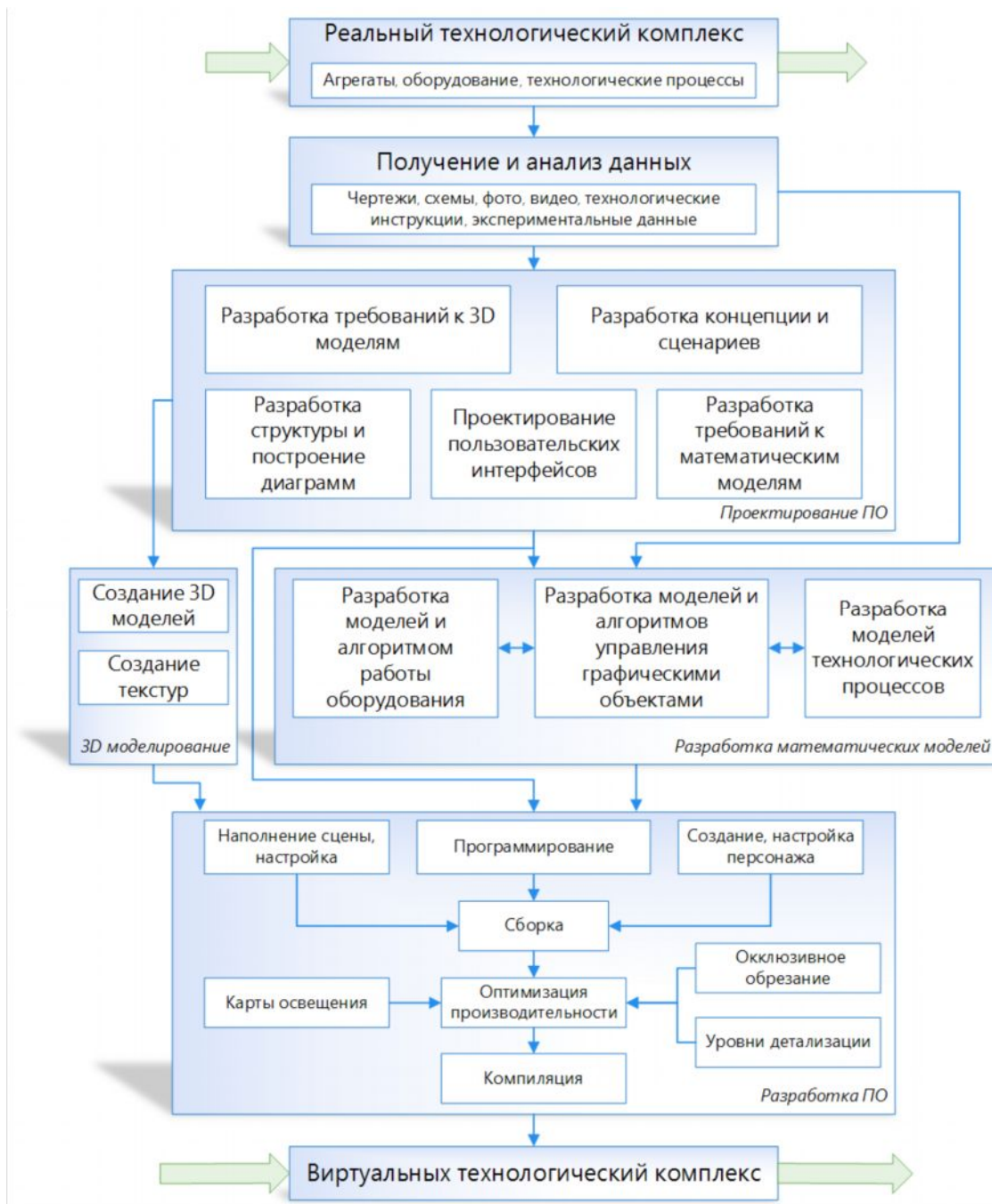


Рисунок 1 – Структура технологии разработки 3D виртуальных сред

Сбор и анализ данных об объектах и процессах комплекса. На этом этапе производится сбор информации о средствах технического и технологического оснащения комплекса в виде чертежей, фото и видео материалов, технологических инструкций, данных о параметрах и режимах процессов. Необходимо детальное изучение принципов работы систем автоматизации и управления, оборудования, механизмов, обязанностей, траекторий движения и действий технологического персонала. Особое внимание уделяется наблюдению и анализу физико-химических процессов, протекающих в реакционных зонах агрегата

тов для формирования математических и информационных моделей. Анализируются основные каналы управления, определяются их статические и динамические характеристики. Строятся диаграммы взаимосвязей процессов, стадий и операций на соответствующих технологических уровнях иерархии.

Разработка проекта системы заключается в создании полного и всестороннего описания сценариев работы системы и разработке проектных решений для следующих трех взаимосвязанных этапов технологии: разработка математических моделей, разработка программного обеспечения (ПО) и 3D-моделирование.

При разработке концепции и сценариев в первую очередь формулируется общий механизм работы виртуальной среды. Выделяется основополагающий компонент – главный агрегат, с которым взаимодействуют все остальные. В технологическом комплексе может быть несколько различных главных агрегатов, либо набор типовых. Затем определяются факторы, связывающие такие агрегаты в систему, и выделяются общие ресурсы. Разрабатываются методика и алгоритмы распределения общих ресурсов. Формируются зависимости действий вспомогательного оборудования и агрегатов от главного агрегата для формирования иерархии связей и алгоритмов работы. Создаются сценарии для каждого отдельного типа оборудования. Определяются границы и степень реалистичности виртуального мира. Возможности и роли пользователя. При этом учитывается важнейшее требование о том, что пользователь будет видеть виртуальный мир и действовать от первого лица.

Проектирование пользовательских интерфейсов заключается в разработке макетов всех интерфейсов, задании взаимосвязи и переходов между ними. При этом выбираются компоненты, стили и цветовые палитры.

Глобально интерфейсы можно разделить на три группы: главный интерфейс, интерфейс-меню и интерфейс ввода (вывода) данных. Главный – это интерфейс, отображаемый пользователю в процессе перемещения по виртуальному миру. Компоненты предоставляют информацию о состоянии оборудования и процессов, а так же предоставляют пользователю возможности взаимодействия с виртуальными объектами. Все элементы располагаются по периметру экрана. Интерфейс - меню отображается первым после запуска ПО. Он дает возможность настройки параметров запуска виртуальной среды, настройки качества изображения, настройки режимов управления и т.д. Интерфейс ввода (вывода) предоставляет пользователю возможность изменения параметров процессов, а также отображает информацию в табличной и графической формах.

Разработка структуры и диаграмм программного обеспечения. На данном этапе формулируется общая структура ПО на основе сценариев и требований. Создаются диаграммы классов, диаграммы состояний и деятельности виртуальных агрегатов и оборудования. В связи с наличием в комплексах большого количества виртуальных объектов и сложных связей между ними, структура ПО должна быть прозрачной, гибкой и масштабируемой. Все уровни логики должны рассчитываться на основе математических моделей и алгоритмов деятельности.

Обобщенная диаграмма классов ПО представлена на рисунке 2. Как видно из рисунка 2, здесь выделены следующие главные сущности:

– «*Главный менеджер*» реализует модели верхнего уровня. Ассоциирован со всеми «Менеджерами агрегатов» и управления ими.

– «*Менеджер агрегата*» реализует модели среднего уровня. Управляет жизненным циклом одного агрегата. Ассоциирован с «Менеджером модулей расчета процессов» и «Модулем расчета моделей работы оборудования».

– «*Менеджер модулей расчета процессов*» реализует модели среднего уровня. Ассоциирован с модулями расчета процессов и необходим для управления ими.

– «*Модуль расчета моделей работы оборудования*» реализует модели среднего уровня. Отвечает за визуализацию технологических процессов. Ассоциирован с «Менеджером управления работниками» и «Менеджерами управления общими ресурсами», а так-

же со всеми графическими объектами.

– «Хранилище глобальных данных» проектируется согласно паттерну одиночка (Singleton). Необходимо для хранения глобальных переменных и предоставления глобальной точки доступа к ним.

– «Медиатор» проектируется согласно паттерну посредник (Mediator) для осуществления процессов синхронизации, обмена данными между расчетными модулями системы и интерфейсами.

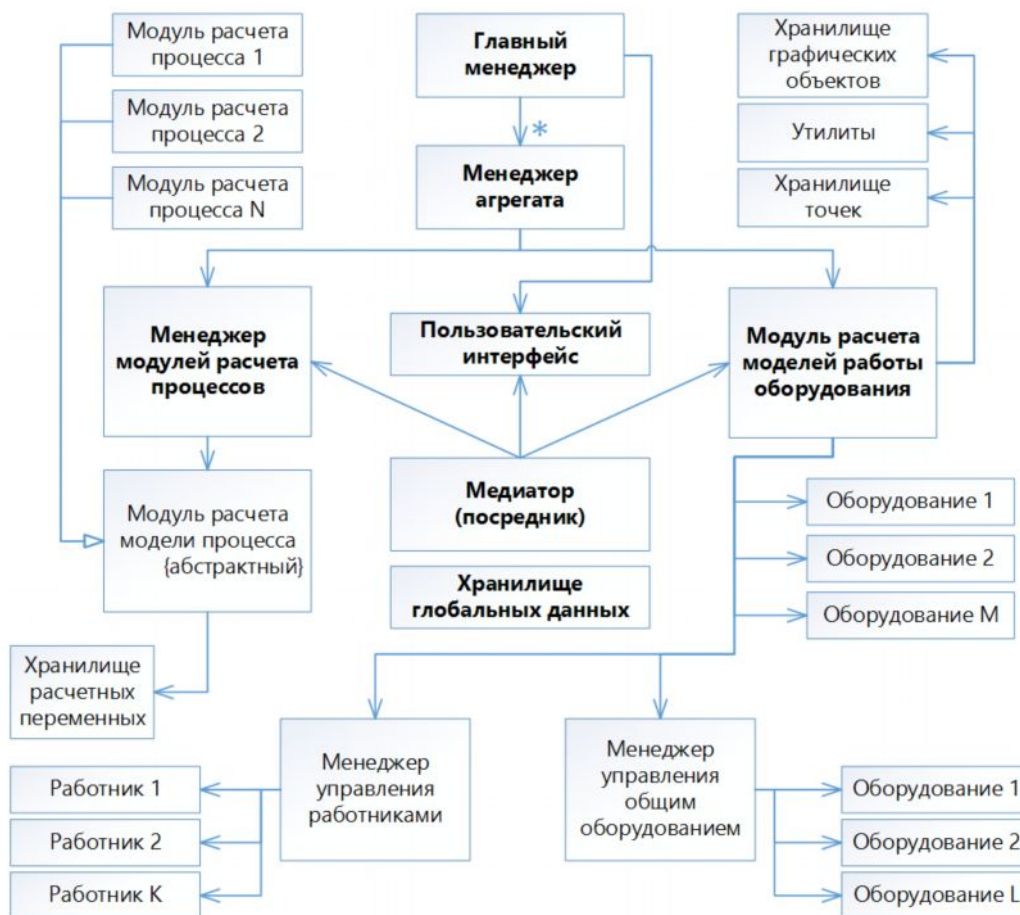


Рисунок 2 – Обобщенная диаграмма классов программного обеспечения

Разработка требований к 3D моделям. Формулируются следующие требования к моделям:

- степень детализированности (полигональности) модели, т.е. уровень геометрического соответствия реальному объекту, для каждого уровня детализации;
- соответствие виртуальных единиц измерения реальным.

Выбираются технологии текстурирования, а так же параметры: разрешение, цветовая гамма и др.

Разрабатывается единая иерархическая система именования 3D-объектов. Составные части объектов, на которые распространяется одни и те же алгоритмы воздействия, объединяются в группы.

Разработка математических моделей осуществляется согласно иерархии объектов технологического комплекса, в соответствии с которой необходимо создавать три категории математических моделей, а именно:

- модель и алгоритмы работы технологического комплекса, отражающие организационно производственный механизм функционирования всей системы (верхний уровень);
- модели расчета режимов технологических процессов и работы оборудования

(средний уровень);

– модели и алгоритмы расчета параметров управления графическими объектами (нижний уровень).

Создание трехмерных моделей и выполнение процедуры текстурирования.

На основе сформулированных требований и входных данных при помощи программной системы для создания и редактирования трехмерной графики создаются 3D модели сооружений и оборудования.

В первую очередь создаются высокодетализированные или высокополигональные модели. На основе этих моделей генерируются текстура нормалей. В зависимости от необходимого количества уровней детализации производится поэтапное снижение полигональности модели. При помощи графических редакторов создаются основные текстуры. Настраиваются материалы основных текстур и текстур нормалей. После триангуляции модели экспортируются.

Разработка и тестирование программного обеспечения.

Создание и наполнение сцены осуществляется путем импорта и расстановки 3D моделей, светильников и других необходимых объектов. Особое внимание уделяется настройке света и материалов. При необходимости разрабатываются собственные шейдеры. Создаются образцы виртуальных работников, производится настройка анимации, вычисляется карта навигации. Расставляются опорные точки.

Создание персонажа заключается в разработке элемента виртуального мира, которым будет управлять пользователь – это персонаж от первого лица. Персонаж состоит из контроллера, который обрабатывает события клавиатуры, мыши, камеры, обработчика коллизий и аудио слушателя.

Программная реализация глобальной логики, математических моделей и интерфейсов производится на языке C# согласно спроектированным диаграммам классов, поведений и состояний, а так же структурам математических моделей и алгоритмов. Программируются пользовательские интерфейсы на основе разработанных шаблонов. Выполняется тестирование.

Сборка программного обеспечения производится с целью соотнесения программных модулей и виртуальных объектов. Настраиваются различные параметры как приложения в целом (например, системные настройки), так и виртуальных объектов в отдельности (например, настройка источника освещения).

Оптимизация задач быстрого действия на этом делится на два направления: минимизация источников света и минимизация отображаемой геометрии. Для минимизации источников света создаются карты освещения поверхностей объектов виртуального мира. Расчет освещения при отображении каждого кадра заменяется на единовременную загрузку ресурсов. Минимизация отображаемой геометрии достигается за счет настройки уровней детализации и выполнения процедуры окклюзивного обрезания. В зависимости от удаленности персонажа отображаются модели с различным уровнем детализации. Все объекты, которые находятся вне поля зрения пользователя скрываются.

Компиляция. На данном этапе выбираются настройки компилятора под определенную операционную систему и компилируется готовое приложение.

При необходимости осуществляется возврат на любой из этапов технологии разработки программных приложений.

Технология демонстрируется на примере создания интерактивных 3D-моделей автоматизированного энергогенерирующего комплекса получения тепловой и электрической энергии из отходов углеобогащения и пилотного проекта металлургического цеха.

Позволяет также осуществлять создание обучающих систем, тренажеров и симуляторов промышленных агрегатов, виртуальных лабораторных работ по техническим дисциплинам в составе вариативных модулей для электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

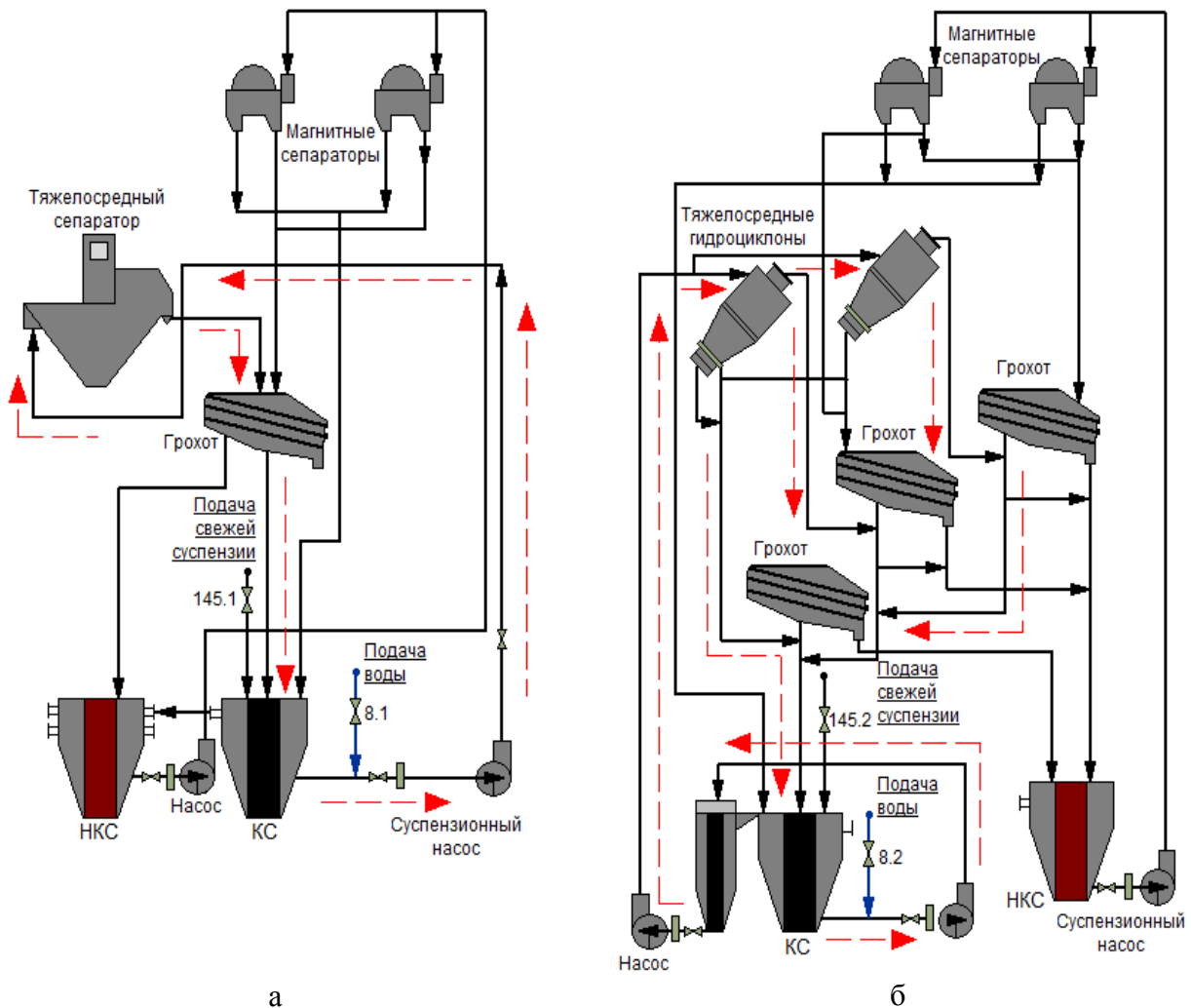
**СЕКЦИЯ 2.
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МАГNETИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЕЙ

Мышляев Л.П., Макаров В.Н., Цирыпкина А.В.,
Венгер К.Г., Линков А.А., Семенов О.В.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк,
Группа предприятий ЗАО «Стройсервис»,
г. Кемерово

Объекты с положительной обратной связью (или рециклом) часто используются в различных процессах углеобогащения [1, 2]. Примерами могут служить технологический комплекс обогащения углей класса 0–13 мм ООО СП «Барзасское товарищество» (г. Березовский), обогатительная фабрика «Матюшинская» (г. Прокопьевск, ООО Разрез «Березовский») и другие. В каждом случае структура объектов с рециклом имеет свои особенности. Например, на ОФ «Матюшинская» технологическая схема фабрики предусматривает двухстадийное обогащение рядовых углей с использованием тяжелосреднего сепаратора (рисунок 1, а) и тяжелосредних гидроциклонов (рисунок 1, б).



НКС – зумпф некондиционной суспензии; КС – зумпф кондиционной суспензии
пунктирная линия со стрелками – контуры рециркуляции

Рисунок 1 – Технологическая схема двух стадий обогащения: на комплексе тяжелосреднего сепаратора (а) и на комплексе тяжелосредних гидроциклонов (б)

Для поддержания требуемого качества получаемого концентрата необходимо регулировать плотность свежей магнетитовой суспензии, подаваемой на каждую обогатительную установку. Регулирование плотности рабочей суспензии, подаваемой на сепаратор и в зумпф питания гидроциклонов, осуществляется путем разбавления кондиционной суспензии добавочной водой, подаваемой во всасывающей патрубков суспензионного насоса. Для регулирования расхода воды используются регулируемые задвижки с пневмоприводами (поз. 8.1 и 8.2 на рисунке 1), для регулирования расхода свежей кондиционной суспензии так же используются регулируемые задвижки (поз. 145.1 и 145.2 на рисунке 1). Средний расход суспензии, поступающей в контур циркуляции с делителя потоков и грохотов, составляет около 70 % от расхода рабочей суспензии.

Поэтому особенностями объекта управления при регулировании плотности магнетитовой суспензии является не только наличие положительных обратных связей, обусловленных циркуляцией суспензии в схеме обогащения, но и наличие двух управляющих входов объекта управления: расход воды и расход свежей суспензии.

Структура математической модели возмущенного движения объекта управления при регулировании плотности суспензии представлена на рисунке 2, где u_1 – первое управляющее воздействие: положение регулирующего органа, управляющего расходом воды; u_2 – второе управляющее воздействие: положение регулирующего органа, управляющего расходом свежей кондиционной суспензии; w – эквивалентное неконтролируемое возмущение; y – выходное воздействие: рабочая плотность магнетитовой суспензии; $\varphi_{o1}, \varphi_{o2}$ – операторы объекта прямой цепи и φ_r – оператор цепи рецикла без учета запаздываний; $\varphi_{\tau 1}, \varphi_{\tau 2}, \varphi_{\tau r}$ – операторы запаздывания в прямой цепи и в цепи рецикла.

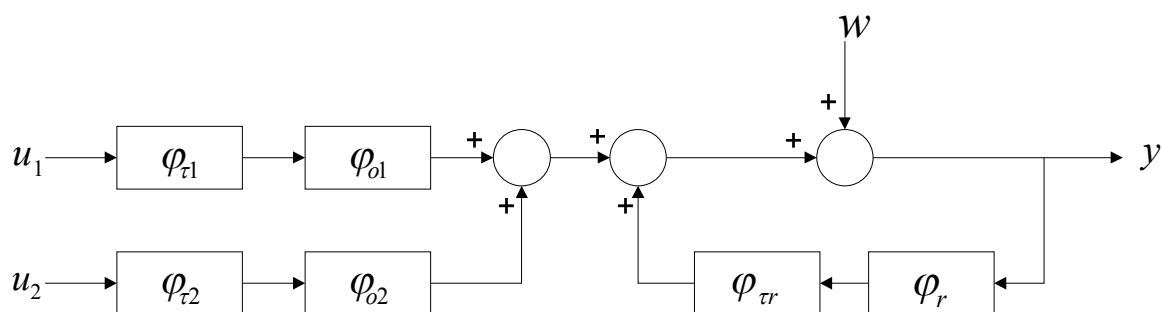


Рисунок 2 – Структура математической модели возмущенного движения объекта управления

Операторы φ конкретизированы в виде: $\varphi_{o1}(s) = \frac{k_{o1}}{T_{o1}s+1}$; $\varphi_{o2}(s) = \frac{k_{o2}}{T_{o2}s+1}$; $\varphi_r(s) = \frac{k_r}{T_r s+1}$; $\varphi_{\tau 1} = e^{-\tau_1 s}$; $\varphi_{\tau 2} = e^{-\tau_2 s}$; $\varphi_{\tau r} = e^{-\tau_r s}$ со следующими значениями параметров: $k_{o1} = -1,37 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 / \text{час}}$, $T_{o1} = 10 \text{ сек}$, $\tau_1 = 7 \text{ сек}$, $k_{o2} = 3,29 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 / \text{час}}$, $T_{o2} = 80 \text{ сек}$, $\tau_2 = 40 \text{ сек}$, $k_r = 0,7 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 / \text{час}}$, $T_r = 80 \text{ сек}$, $\tau_r = 20 \text{ сек}$.

Для управления объектом с такой сложной структурой в традиционно применяемый алгоритм регулирования объектов с запаздыванием [3] были введены следующие дополнительные операторы:

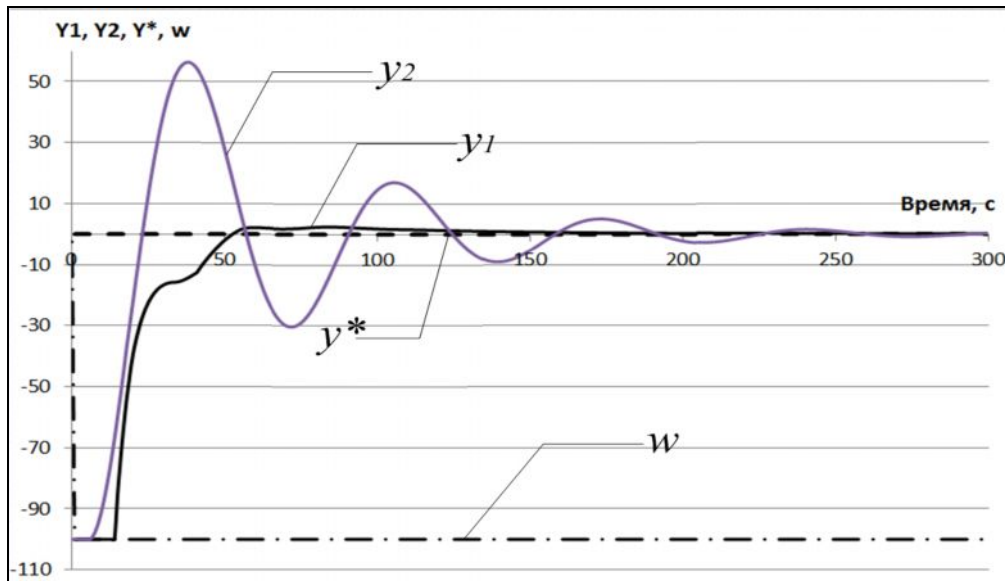
- Расчетная компенсация эффектов влияния цепи рецикла на регулируемую выходную переменную.
- Расчет эквивалентного управляющего воздействия по каналу управления с наименьшим запаздыванием, соответствующего совокупному эффекту управляющих воздействий по двум каналам.
- Расчетное оценивание неконтролируемого возмущения объекта, приведенного ко

входу канала управления с наименьшим запаздыванием.

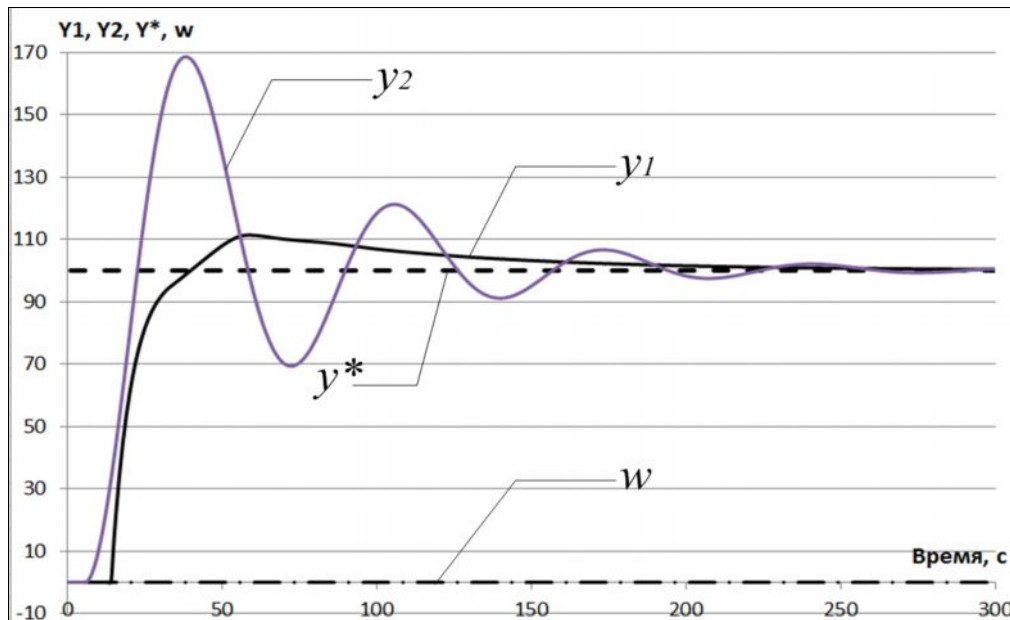
– Экстраполяция траектории приведенного неконтролируемого возмущения на интервал от до $(t + \tau_1)$. Расчет управляющего воздействия u_2 по каналу с наибольшим запаздыванием.

– Расчет управляющего воздействия по каналу с наименьшим запаздыванием u_1 с исключением эффектов изменения u_2 .

Эффективность предложенного алгоритма оценена по качеству переходных процессов. На рисунке 3 представлены графики переходных процессов для типового алгоритма регулирования (ПИ-алгоритм) и для алгоритма регулирования с введенными дополнительными операторами. Переходные характеристики получены при значениях приведенного к выходу возмущения $w = -100$ и задающего воздействия $y^* = 100$.



а



б

y_1 – выходное воздействие алгоритма регулирования с дополнительными операторами;

y_2 – выходное воздействия типового алгоритма регулирования;

w – приведенное к выходу возмущение; y^* – задающее воздействие

Рисунок 3 – Графики переходного процесса при $w = -100$ (а) и $y^* = 100$ (б)

Из графиков видно, что при введении в алгоритм регулирования дополнительных операторов переходный процесс становится аperiodическим, что значительно улучшает качество регулирования плотности магнетитовой суспензии.

Для натурно-модельных исследований использовались натурные данные с обогатительной фабрики «Матюшинская»: проценты открытия задвижек, регулирующих подачу свежей суспензии и воды; фактическое и заданное значение плотности рабочей магнетитовой суспензии. На рисунке 4 представлены графики натуральных значений плотности магнетитовой суспензии y_n (штриховая линия); заданного значения плотности y^* (штрихпунктирная линия); натурно-модельных значений плотности магнетитовой суспензии y_{nm} (сплошная линия), полученные при помощи вышеописанного алгоритма регулирования.

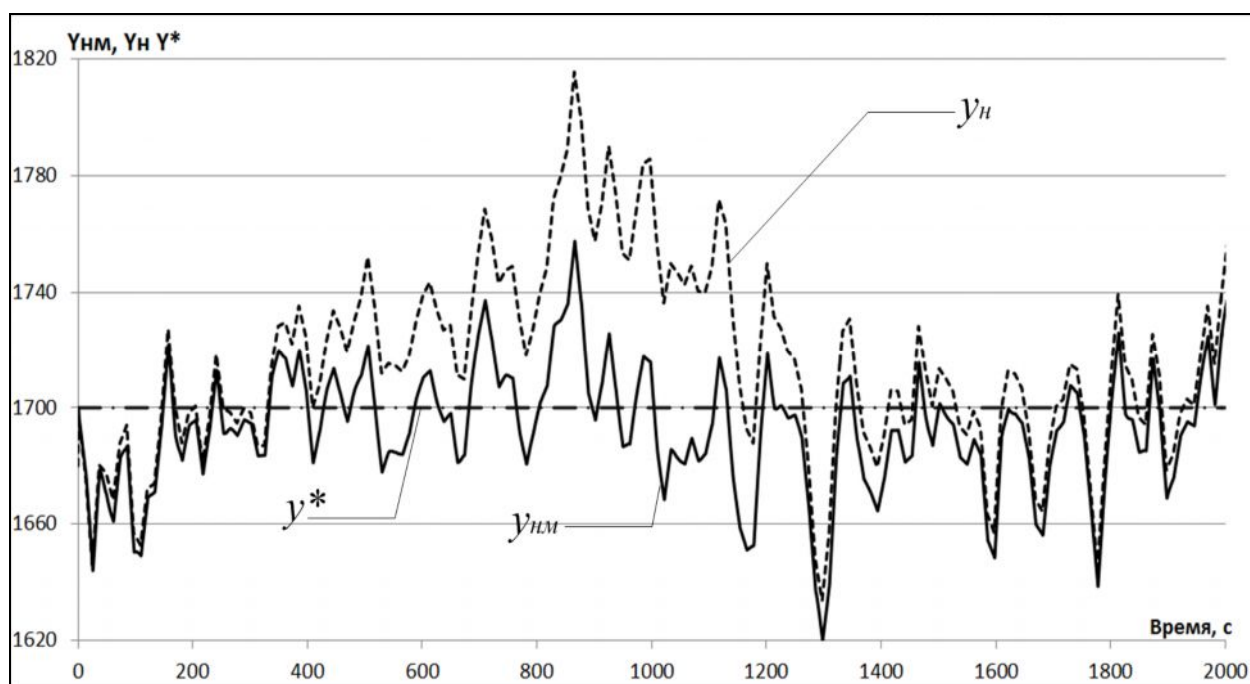


Рисунок 4 – Динамика плотности магнетитовой суспензии

Из графиков рисунка 4 видно, что применение алгоритма регулирования значительно повышает качество регулирования. Среднеквадратическое отклонение натуральных значений плотности рабочей суспензии на рассматриваемом фрагменте данных составляет $33,65 \text{ кг/м}^3$, среднеквадратическое отклонение рассчитанных натурно-модельных значений рабочей плотности суспензии – $17,22 \text{ кг/м}^3$.

Библиографический список

1. К вопросу об управлении объектами с рециклом / Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Циряпкина А.В., Барагичев К.Е. // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции/ Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011. – С. 137–142.
2. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин и др.; Под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.
3. Численное исследование САР объектов с рециклом/ Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Циряпкина А.В.// Труды Всероссийской научно-практической конференции СибГИУ «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество»/Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011. – С. 89–92.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫМИ ФАБРИКАМИ

Шипунов М.В., Ивушкин К.А., Грачев В.В., Циряпкина А.В.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

Объединенная компания «Сибшахтострой»,

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк

Важным этапом создания современной системы управления крупным промышленным комплексом является проектирование и разработка информационного обеспечения (ИО). Существенное сокращение сроков создания промышленных комплексов, увеличивающаяся сложность систем автоматизации, повышение требований к их эффективности, потребовало пересмотреть традиционные способы создания ИО и перейти к принципиально новому подходу упреждающей разработки и внедрения ИО. При таком подходе основной объем работ по испытанию и пуско-наладке системы управления выполняется в период, когда строительство еще не закончено и агрегаты технологической цепи находятся в состоянии монтажа. Эффективность упреждающей разработки и внедрения ИО была неоднократно доказана на практике, при создании систем управления крупными промышленными комплексами [1, 2].

При создании ИО системы управления промышленным комплексом можно идти двумя путями. Во-первых, создавать ИО без привлечения специализированных пакетов программ – базового программного обеспечения, обходясь только языками программирования высокого уровня, например на C++. Однако этот путь достаточно трудоемкий и не отвечает многим требованиям, особенно жестким ограничениям на сроки создания системы.

Другой путь разработки ИО основан на использовании готовых программных средств – специализированного базового программного обеспечения. При использовании готовых программных средств сроки создания значительно сокращаются, так как нет необходимости в создании мнемосхем «с нуля», привлекая к работе высококвалифицированных разработчиков: аналитиков, программистов и отладчиков. Достаточно лишь правильно сконфигурировать и адаптировать программный продукт под цели и условия конкретного промышленного предприятия. С такой задачей по силам справиться рядовому инженеру отдела автоматизации предприятия.

Одним из примеров готовых программных средств для создания ИО системы управления промышленным комплексом является такое специализированное базовое программное обеспечение как SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition System – система оперативно-диспетчерского управления и сбора данных).

SCADA-система – это специализированное базовое программное обеспечение, функционирующее в режиме реального времени и реализующее следующие задачи оперативно-диспетчерского управления [3]:

- сбор производственных данных с удалённых объектов;
- обработка данных;
- хранение данных;
- анализ данных;
- управление удаленными объектами.

Достоинствами SCADA-системы являются следующие ее возможности [4]:

- Высокая скорость обработки информации в режиме реального времени.
- Быстрая и удобная разработка мнемосхем с помощью встроенных библиотек символов, графических компонентов, элементов управления ActiveX.
- Простота развертывания распределенной системы.
- Высокая скорость и надежность при сборе и архивации производственных данных

(о работе оборудования и производственном комплексе в целом, произошедших событиях, действиях персонала) в базе данных предыстории.

– Удобные механизмы по организации и управлению тревожными сообщениями, аварийной звуковой сигнализации.

– Широкий набор программных средств по анализу собранных данных, подготовке и генерированию отчетов.

– Переход на новые версии программного продукта без дополнительных затрат и усилий со стороны инженерно-технического персонала.

Примером разработанного ИО с помощью SCADA-системы Vijeo Citect (корпорация Schneider Electric, Франция) может служить ИО системы управления углеобогащательной фабрикой «Матюшинская». На мониторе компьютера диспетчера средствами Vijeo Citect представлена мнемосхема (рисунок 1), включающая в себя нижний, основной и верхний фрейм.

Верхняя область мнемосхемы содержит:

– панель инструментов для навигации и меню вызова дополнительных видеокадров и всплывающих окон (поле 1 рисунка 1);

– панель диагностики соединения с ПЛК (поле 2 рисунка 1);

– информационные табло для отображения режимов работы и текущего состояния комплекса обогащения.

Подробная информация о состоянии технологической схемы комплекса обогащения отображается на всплывающем окне «Общесистемные информация» (рисунок 2), которое вызывается либо из меню, либо путем нажатия на надпись «Общесистемная информация» в верхней части основного видеокадра.

В нижней области мнемосхемы расположена панель инструментов сигналов тревог (поле 3 рисунка 1) для отображения в реальном масштабе времени всех тревог и событий, сконфигурированных в системе.

В левой части мнемосхемы располагается панель «Управление комплексом», посредством которой осуществляется запуск и останов технологического комплекса, а так же таблица весов, отображающая информацию с весовых систем.

Обобщенное отображение информации о текущем состоянии любого агрегата комплекса осуществляется в соответствии с признаками, формируемыми в системе управления технологическим комплексом по результатам контроля, во-первых, посредством цветовой индикации мнемонического изображения этого агрегата, во-вторых, текстом в поле информационного табло всплывающего окна.

Для примера рассмотрим варианты мнемонического отображения конвейера при различных состояниях (рисунок 3).

Детальная информация о текущем состоянии агрегата, причинах его неготовности или аварии дается в виде текстовых сообщений на всплывающих диагностических окнах, вызываемых по команде диспетчера (рисунки 4, 5). Текстовые сообщения (аварийные или предупреждающие признаки) выделяются черным цветом на фоне прочих сообщений, а пиктограмма слева от текста загорается красным для привлечения внимания диспетчера о нарушении работы оборудования. Например, на рисунке 5 неготовность грохота инерционного поз. 59 вызвана тем, что нет готовности его схемы.

Для вызова всплывающего диагностического окна диспетчеру необходимо привести курсор и щелкнуть левой кнопкой мыши по цифровому обозначению агрегата или непосредственно по его изображению, которые расположены на мнемосхеме, или воспользоваться вкладкой меню «Агрегаты».

В системе предусмотрена возможность чтения информации с устройств плавного пуска (УПП), позволяющих во время запуска удерживать параметры двигателя в безопасных пределах, и с устройств микроконтроллерной защиты и диагностики двигателей (МКЗиД). Для вызова диагностических окон устройств УПП и МКЗиД на всплывающих окнах агрегатов имеются соответствующие одноименные кнопки, например, поле 1 рисунка 4.

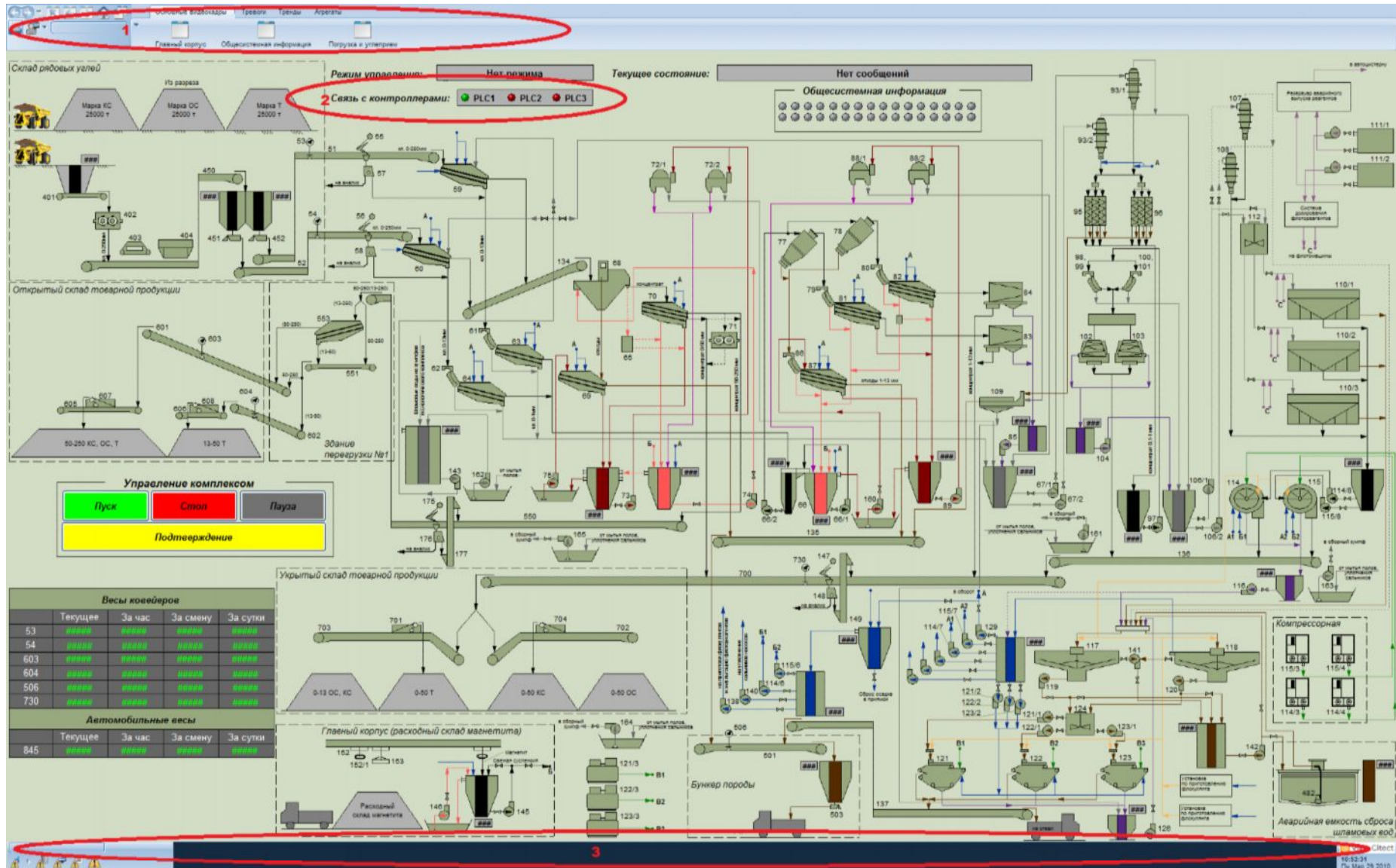


Рисунок 1 – Мнемосхема диспетчерской станции системы управления углеобогащательной фабрикой «Матюшинская»

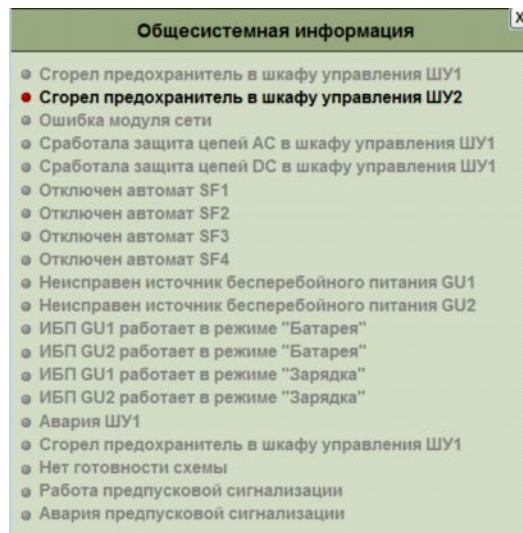


Рисунок 2 – Всплывающее окно «Общесистемная информация»



Рисунок 3 – Варианты мнемонического отображения конвейера

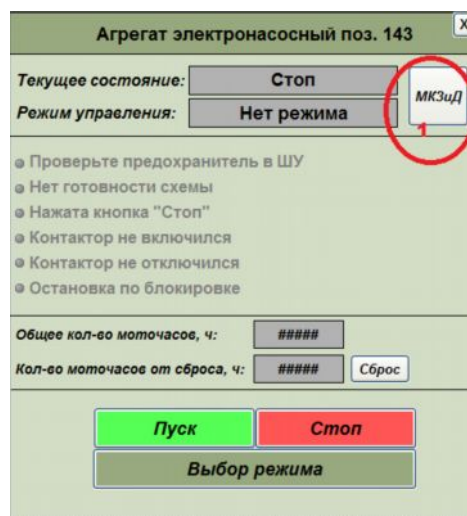


Рисунок 4 – Всплывающее окно «Агрегат электронасосный поз. 143»

В основную область мнемосхемы первоначально, при загрузке системы, помещается основной видеокادر, отображающий оборудование и схему материальных потоков технологического комплекса. При необходимости в основную область мнемосхемы могут быть помещены следующие дополнительные видеокдры:

- видеокادر «Углеприем и погрузка» (рисунок 6), отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков комплексов погрузки и углеприема;
- видеокادر «Активные тревоги» для работы с текущими тревогами и событиями, зафиксированными в системе (рисунок 7);
- видеокادر «Суммарные тревоги» для отображения истории появления сообщений тревог из файла регистрации событий;
- видеокادر «Анализатор процессов» для отображения данных трендов (реального времени или архивных) и данных сигналов тревог (рисунок 8).



Рисунок 5 – Всплывающее окно «Грохот инерционный поз. 59»

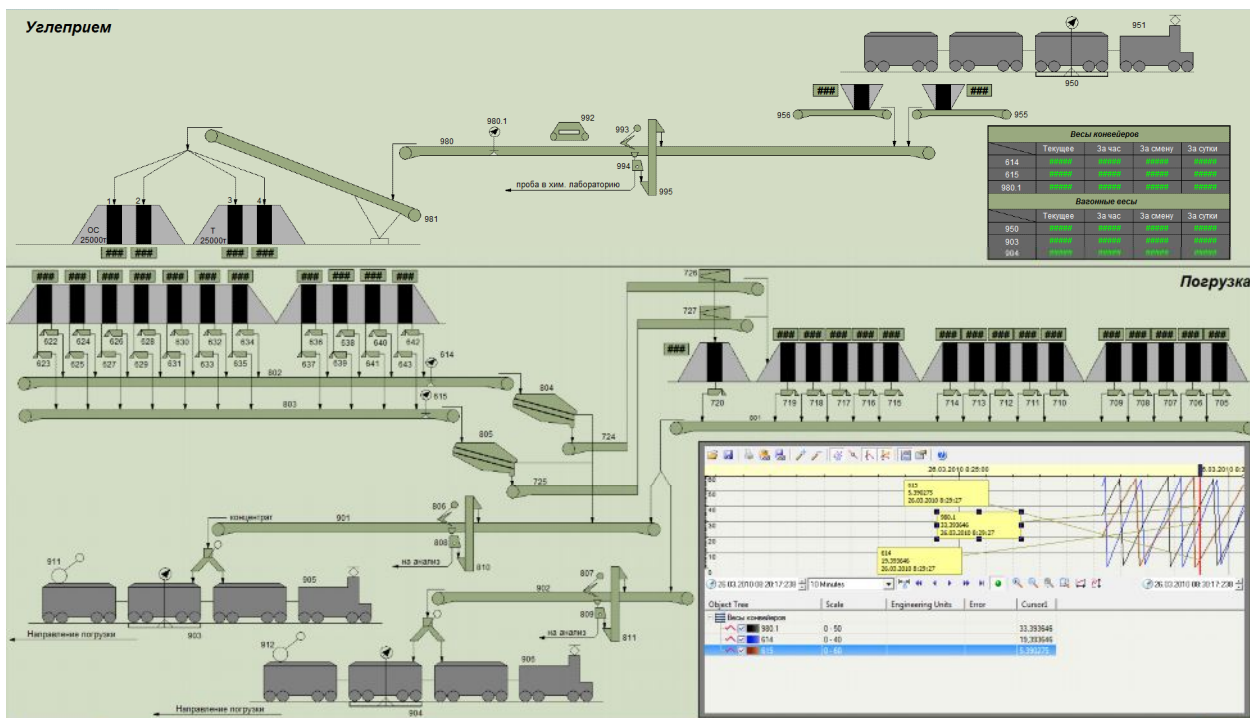


Рисунок 6 – Дополнительный видеокادر «Углеприем и погрузка»

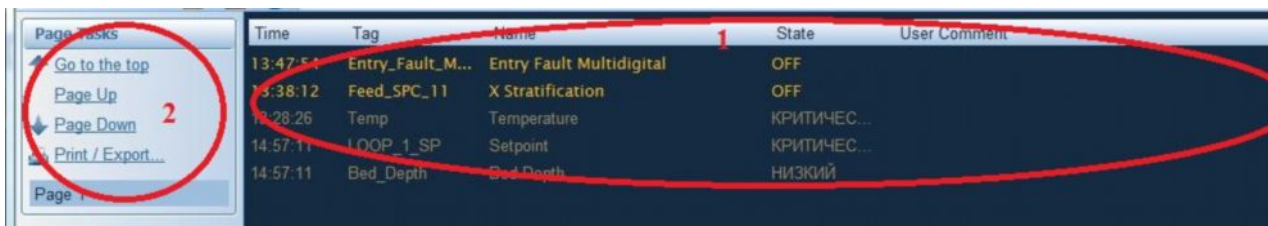


Рисунок 7 – Дополнительный видеокادر «Активные тревоги»



Рисунок 8 – Дополнительный видеокادر «Анализатор процессов»

Для перехода между основным и дополнительными видеокадрами используются закладки меню и панель инструментов навигации, расположенные в верхней части мнемосхемы (поле 1 рисунка 1).

Дополнительные видеокадры «Активные тревоги» и «Суммарные тревоги» используются для отображения информации об авариях и событиях, зафиксированных в системе. В поле 1 рисунка 7 отображаются непосредственно сообщения о событиях и тревогах, в поле 2 находятся кнопки для навигации по спискам тревог, а так же инструменты для поиска необходимого сообщения в списках.

Дополнительный видеокادر «Анализатор процессов» используется для отображения информации в виде графиков. В поле 2 рисунка 8 в графической форме отображаются непосредственно выбранные технологические параметры. В поле 1 располагается главная панель инструментов для сохранения и восстановления конфигурации, настройки свойств перьев, отображения курсоров и меток. В поле 4 формируется список отображаемых в текущий момент времени параметров. В поле 3 располагается навигационная панель инструментов, позволяющая изменять интервал выборки необходимых параметров, изменять масштаб, перемещаться по временной оси.

В системе управления углеобогатительной фабрикой «Матюшинская» предусмотрены три режима управления технологической схемой:

- автоматическое управление (режим «Автомат» – основной режим, при котором автоматически реализуются все информационные и управляющие функции);
- дистанционное управление (режимы «Дистанция», «Локальный Дистанция» – режимы, при котором системой автоматически реализуются все информационные функции, но управление каждым агрегатом (включение/выключение) выполняется диспетчером);
- местное управление (режимы «Местный», «Локальный Местный» – вспомогательные, наладочные режимы, при котором системами автоматически реализуются все информационные функции, а управление каждой отдельной позицией оборудования осуществляется по командам с местных постов управления).

Выбор режима управления технологическим комплексом: «Автомат», «Дистанция», «Местный» осуществляется с помощью пульта управления, расположенного непосредственно возле рабочего места диспетчера.

Для перевода агрегата в локальный режим – «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция» – используется кнопка «Выбор режима» на его всплывающем окне (рисунки 4, 5). При нажатии на эту кнопку появляется дополнительное окно, на котором расположены

кнопки для выбора необходимого локального режима (рисунок 9). О нахождении агрегата в режиме «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция» будут свидетельствовать соответствующие значки «М» или «Д» рядом с мнемоническим изображением агрегата на главном видеокадре (рисунок 10) и текстовое сообщение в поле режима управления агрегатом.

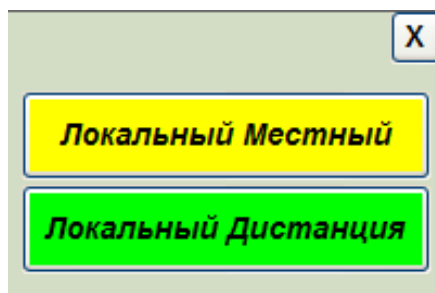


Рисунок 9 – Дополнительное окно выбора локального режима управления агрегатом

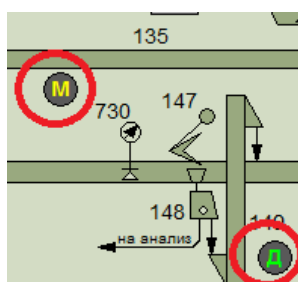


Рисунок 10 – Значки «М» и «Д», свидетельствующие о нахождении агрегатов в режиме «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция»

Использование SCADA-системы Vijeo Citect для создания ИО системы управления углеобогащательной фабрикой «Матюшинская» позволило полностью решить все задачи, которые были поставлены заказчиком:

- задачи визуализации хода технологического процесса;
- задачи предоставления удобного пользовательского интерфейса с возможностью оперативного вмешательства в управление процессом,
- задачи по накоплению архивов предыстории и предоставлению архивных данных в наглядном и удобном для принятия решений виде;
- задачи по генерации и хранению тревожных сообщений;
- задачи по формированию отчетных ведомостей.

Библиографический список

1. Алгоритмы и системы автоматизации управления объектами угольной промышленности. Монография / А.А. Ивушкин, Л.П. Мышляев, К.Г. Венгер и др. // Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – 116 с.
2. Планирование создания и испытание автоматизированных промышленных комплексов (на примере углеобогащательных фабрик): учеб. пособие / А.А.Ивушкин, В.В. Грачев, Л.П. Мышляев, К.Г. Венгер; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2012. – 105 с.
3. SCADA – Википедия [Электронный ресурс]: Материалы свободной энциклопедии Википедия – Электрон. данные – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA] – Загл. С экрана.
4. Матвейкин В.Г. Применение SCADA систем при автоматизации технологических процессов: учеб. пособие для вузов / В.Г. Матвейкин, С.В. Фролов, М.Б. Шехтман – М. Машиностроение, 2000. – 176 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Гордеев С.Н., Фрянов В.Н., Мышляев Л.П.
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Технология подземной угледобычи в настоящее время характеризуется интенсификацией технологических процессов в основном элементе угольной шахты – очистном забое за счёт эксплуатации высокопроизводительного оборудования, рациональной организации труда в благоприятных горно-геологических и горнотехнических условиях: мощность угольного пласта 1,8–4,0 м, угол падения $\pm 15^\circ$, метаноносность до 13 м³/т, глубина разработки до 600 м, породы кровли и почвы средней устойчивости, легкоуправляемые. На отдельных шахтах России суточная нагрузка на очистной забой составляет 10–20 тыс.т. Однако, на шахтах Австралии, США производительность очистных забоев в 1,5 – 2,0 раза выше [1, 2], то есть на шахтах России имеется резерв повышения производительности очистных забоев и рентабельности производства в целом.

На основе проведённого анализа производительности и пропускной способности элементов технологических схем угольных шахт были выявлены следующие причины низкой эффективности работы очистных забоев на угольных шахтах России по сравнению с зарубежными аналогами:

1) Недостаточная достоверность и пространственная изменчивость исходной горно-геологической информации. При проектировании строительства или реконструкции шахты форма и размеры выемочных полей и участков принимаются по средним значениям мощности, угла падения, газоносности пласта, без учёта мелкоамплитудных разрывных геологических нарушений и других негативных факторов, которые предопределяют неравномерность добычи угля в пределах выемочного участка. Как правило, изменчивость распределения свойств и характеристик месторождения оценивается абсолютным размером колебаний показателей в виде среднего квадратичного значения и коэффициента вариации. Достоверность проектных решений и эффективность работы выемочных участков при использовании средних показателей геологического строения месторождения низкая.

2) Цикличность обрушения пород кровли при отработке угольного пласта. В горной практике принято выделять ложную, непосредственную и основную кровли. Сочетание по мощности и пределу прочности пород в породах кровли при движении очистного забоя определяет тип кровли по управляемости [3]. Периодическое зависание подработанных пород кровли приводит к формированию пустот и газового коллектора, заполняемых метановоздушной смесью. В краевой части пласта увеличивается опорное горное давление, которое способствует проявлению таких негативных факторов как разрушение угля, образование зоны его отжима с поверхности забоя, увеличение нагрузок на секции механизированной крепи, образование заколов и куполов в породах кровли. При массовом обрушении зависших пород кровли и заполнении выработанного пространства обрушенными породами возникает воздушная волна, которая вытесняет метановоздушную смесь в горные выработки и приводит к их загазированию с автоматическим отключением электроэнергии и остановкой горных работ. То есть циклическое зависание и обрушение пород кровли также приводит к неравномерности добычи угля в выемочном участке.

Кроме указанных причин неравномерности добычи угля из очистных забоев возможно влияние и других внешних и внутренних факторов: требования угольного рынка к количеству и качеству продукции, социально-экономических условий (санитарно-гигиенические условия труда, уровень заработной платы, наличие развитой инфраструктуры), аварии при разрушении пород в горных выработках под влиянием горного давления,

эндогенные и экзогенные пожары в шахте, прорывы воды в горные выработки, ограничения по условиям проветривания, транспорта, нарушения требований нормативных документов по промышленной безопасности и др.

Для подтверждения неравномерности производительности очистных забоев на рисунке 1 приведены графики изменения плановой и фактической добычи угля в филиале «Шахта «Алардинская» ОУК «Южкузбассуголь» [4].

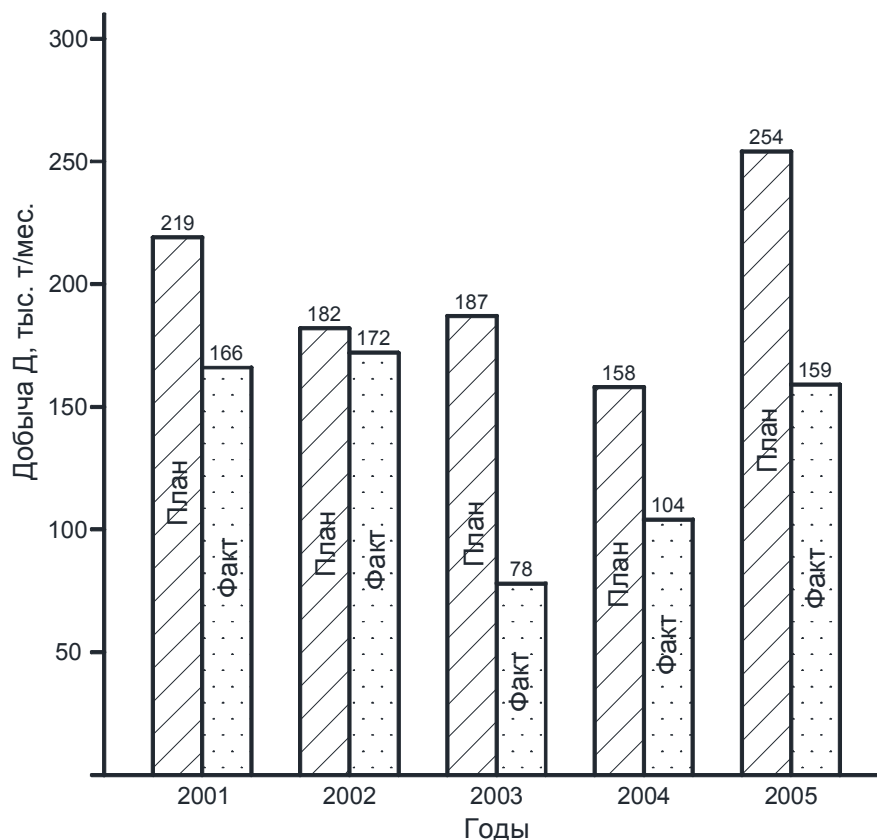


Рисунок 1 – Сравнение плановой и фактической добычи угля (тыс.т/месяц) в филиале «Шахта «Алардинская» ОУК «Южкузбассуголь» [4]

Для исключения негативного влияния указанных факторов на устойчивость работы очистных забоев с целью повышения их производительности и промышленной безопасности необходимо разработать и внедрить систему управления технологическими процессами, обеспечивающую на стадиях проектирования и эксплуатации прогноз геомеханической, газодинамической и технологической ситуаций, мониторинг управляемого объекта и корректировку проектных решений посредством повышения уровня адаптивности элементов технологической схемы шахты к изменяющимся внешним и внутренним воздействиям.

На рисунке 2 приведена структурно-функциональная схема системы управления процессами добычи угля на шахте, разработанная на основе результатов исследований [5–7].

Согласно схеме, приведённой на рисунке 2, система управления шахтой (I) функционирует под влиянием внешних воздействий (II), которыми могут быть требования угольного рынка по количеству и качеству продукции, объём инвестиций, предельные значения технико-экономических и социальных показателей, горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения, которые в процессе его эксплуатации могут уточняться по результатам детальной геологической разведки.

Процессы угледобычи осуществляются при наличии ресурсов (III), которые тоже могут в процессе эксплуатации месторождения изменяться в связи с износом или заменой

оборудования, необходимостью проведения профилактических мероприятий и капитально-го ремонта, не предусмотренных проектом строительства шахты или паспортом выемочно-го участка. Результаты деятельности шахты оцениваются по количеству и качеству продук-ции (блок IV).

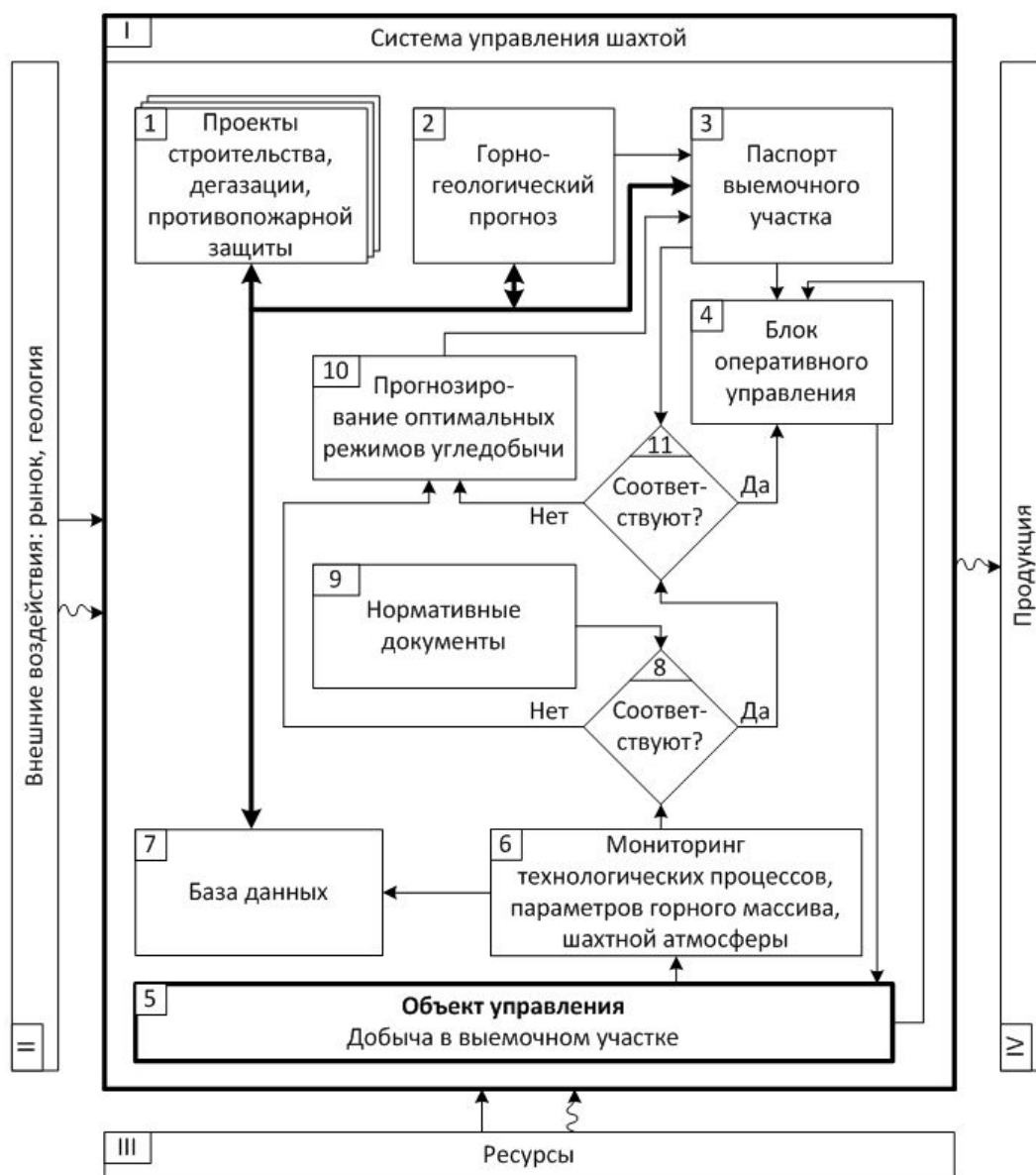


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема системы управления процессами добычи угля на шахте

После приобретения лицензии на право отработки угольных пластов в пределах горного отвода процесс освоения месторождения начинается с разработки проектно-сметной документации (блок 1 на рисунке 2), которая включает, в соответствии с требованиями Закона РФ «О промышленной безопасности...» [8] и других нормативных документов, проект строительства или реконструкции шахты, проект дегазации шахты, проект противопожарной защиты, которые разрабатываются с использованием заключений специализированных организаций и результатов научных исследований. После положительной экспертизы проектов до начала угледобычи проводится комплекс строительно-монтажных работ, в том числе по вскрытию и подготовке шахтного поля, планировке выемочных полей на выемочные участки.

Для отработки каждого выемочного участка согласно [9] осуществляется горно-

геологический прогноз (блок 2). Этот этап выполняется в условиях частичной неопределённости исходных данных. Для принятия решений о форме залегания угольного пласта и качестве и количестве запасов угля в пределах выемочного участка применяются методы экспертных оценок, адаптации, имитационного вероятностно-статистического моделирования, технолого-экономической оценки и др. [10, 11]. Наиболее близким к условиям реального проектирования является метод деления шахтного поля на технологические однородные блоки. Идея этого метода состоит в выделении в шахтном поле блоков и участков угольных пластов, в пределах которых горно-геологические и горнотехнические показатели соответствуют пределам применения одной технологии угледобычи, одного типа очистного механизированного комплекса. Такой подход к планировке шахтных полей на выемочные технологические однородные блоки применяется на шахтах интуитивно, экспертно без серьёзного теоретического обоснования. По результатам исследований, приведённых в монографии [13], в пределах однородного технологического блока коэффициент вариации отдельных горно-геологических и горнотехнических параметров не должен превышать 15 %.

Результаты оценки результатов горно-геологического прогноза до отработки выемочного участка и после его отработки подтверждаются на 65–75 %. Соответственно варьируют и технико-экономические показатели работы шахт (см. рисунок 1).

Качество разработки паспорта выемочного участка (блок 3 на рисунке 2) полностью зависит от достоверности горно-геологического прогноза. Паспорт после утверждения в установленном порядке является основным документом, согласно которому можно вести горные работы в выемочном участке. Для реализации проектных решений, принятых в паспорте выемочного участка, и управления производством на шахте создаётся административная единица в виде эксплуатационного участка численностью до 120 человек. Управление (блок 4) осуществляется начальником участка, его заместителем, механиком, горными мастерами, бригадиром, звеньевыми. Применяется нарядная система выдачи сменных заданий.

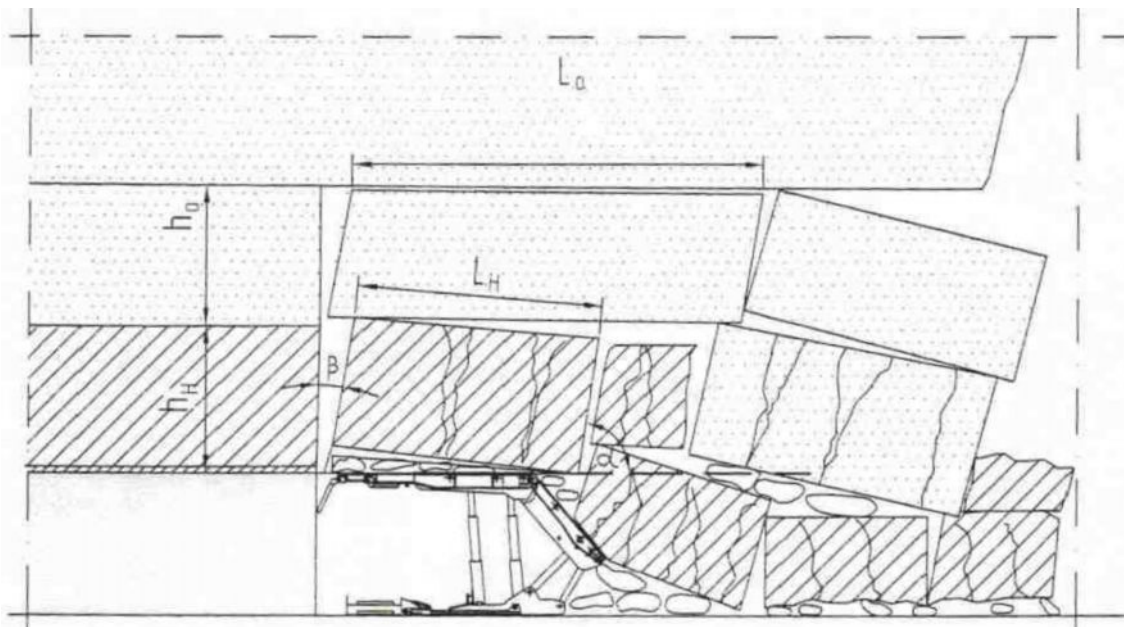
В процессе ведения горных работ (блок 5) осуществляется визуальный и инструментальный мониторинг (блок 6) технологических процессов, состояния горного массива, параметров шахтной атмосферы, режимов выполнения отдельных операций и приёмов. Визуальный мониторинг включает обязательный осмотр в течение смены состояния крепи, угольного пласта и пород кровли, машин и оборудования, средств обеспечения промышленной безопасности. Инструментальный мониторинг осуществляется с помощью переносных приборов измерения параметров шахтной атмосферы, автоматизированного контроля параметров шахтной атмосферы и состояния оборудования, вентиляционных сооружений, с помощью стационарных датчиков. Для этого применяются автоматизированные системы Minewatch PC21 фирмы «Davis Derby», Микон-1Р и GRANCH SBTC-2. Результаты мониторинга передаются в базу данных (блок 7).

Согласно требованиям «Правил безопасности...» [12] при несоответствии реальной ситуации, указанной в паспорте выемочного участка (3), или нормативным документам (блок 9) осуществляется корректировка проектных решений (блок 10). По скорректированным проектным решениям, после их утверждения в установленном порядке, осуществляется управление процессами угледобычи.

Из всех видов операций и видов работ, указанных на рисунке 2, наибольшая вероятность неравномерности добычи угля возникает при принятии решений в процессе горно-геологического прогноза (блок 2) и прогнозировании управляющих воздействий в блоке 10. Как отмечалось выше, причиной недостаточной для принятия решений достоверности прогноза параметров в этих блоках является низкое качество и неполный объём исходной информации, в том числе в процессе мониторинга.

Результаты проведённых исследований деформирования пород кровли и изменения горного давления на секции механизированной крепи при отработке пласта 42 в условиях шахты «Кыргайская» (рисунок 3) показали, что неравномерность добычи в очистном забое можно снизить посредством прогноза и установки оптимального начального распора гидростоек секций крепи. Согласно схеме, приведённой на рисунке 3, давление на секции крепи

неравномерное и зависит от длины консоли зависания пород кровли. После обрушения породной консоли в очистном забое ситуация благоприятная для выемки угля: коэффициент концентрации вертикальных напряжений в пределах 1,2–1,8, отжим угля минимальный (не более 0,5 м, где m -вынимаемая мощность пласта, заколы и вывалы пород кровли, как правило, отсутствуют, метановыделение из выработанного пространства минимальное, так как обрушенные породы препятствуют проникновению метановоздушной смеси в горные выработки, утечки воздуха минимальные. В этих условиях производительность очистного забоя максимальная и соответствует расчётной.



L_H – длина зависания пород непосредственной кровли над крепью; h_H – высота обрушения пород непосредственной кровли; L_0 – длина зависания над крепью пород основной кровли; h_0 – высота обрушения пород основной кровли; α – угол, под которым происходит опускание блоков пород кровли на крепь; β – угол отклонения блоков пород от вертикали

Рисунок 3 – Схема обрушения пород активной кровли пласта 42

По мере подвигания очистного забоя увеличивается длина консоли зависания пород, ухудшаются условия работы механизированного комплекса: коэффициент концентрации вертикальных напряжений увеличивается до 3,0, отжим угля достигает (2–3)м, появляются заколы и вывалы пород кровли, за секциями крепи формируется газовый коллектор, увеличиваются утечки воздуха. Производительность очистного забоя в этих условиях резко снижается.

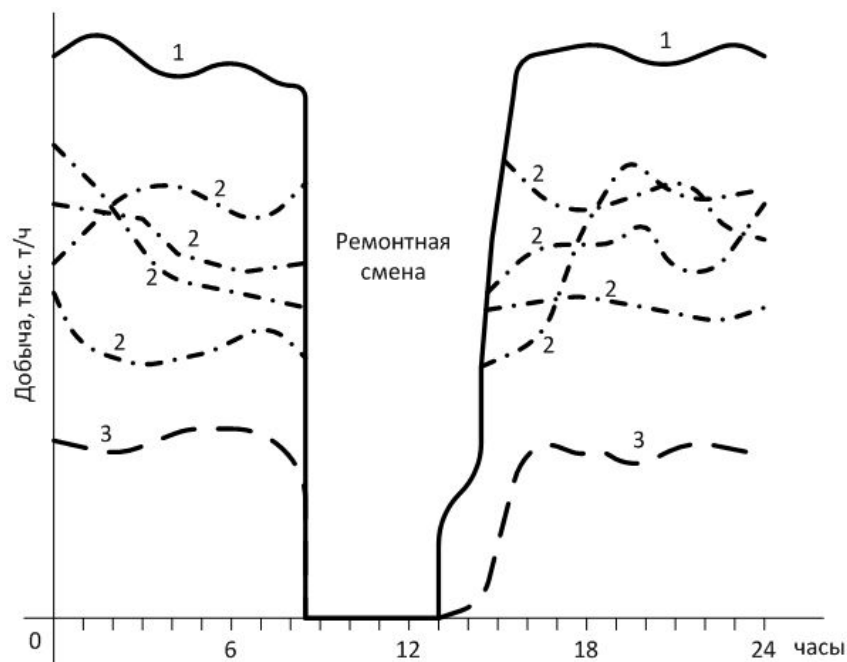
Если принять распределение добычи в течение суток в виде реализации случайной функции (рисунок 4), то верхний график (1) будет соответствовать благоприятным условиям, то есть после обрушения консоли пород кровли, нижний график (3) – наихудшим условиям, то есть перед обрушением зависающей консоли пород кровли. Положение множества графиков (2) при увеличении консоли зависания пород кровли промежуточное.

Согласно [14] случайную функцию распределения объёма суточной добычи в течение заданного интервала времени (месяц, квартал, год) можно записать в виде:

$$X(t) = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{L+b}{l_i+b} \right)^k \times X_i(t) \right], \quad (1)$$

где t – время суток, час; L – максимальная длина консоли зависания пород кровли соглас-

но таблице 1, m ; b – длина перекрытия секции крепи, м; l_i – длина консоли зависания $X(t)$ – случайная функция изменения суточной добычи, т/час; $1, 2, 3, \dots, i, \dots, n$ – порядковый номер суток в заданный период времени (месяц, квартал, год); $X_i(t)$ – случайная функция изменения объема добычи угля в i -тые сутки; k – эмпирический коэффициент, определяется по результатам статистической обработки ретроспективной информации.



1 – после обрушения пород кровли; 2 – промежуточные ситуации;
3 – перед обрушением пород кровли

Рисунок 4 – Реализация случайной функции суточной добычи угля в очистном забое

Таблица 1– Давление пород кровли на секции механизированной крепи МКЮ4У-18/43, пласт 42, шахта «Кыргайская», Кузбасс

Наименование показателей	Размерность	Численные значения по вариантам ТОБ*					
		1	2	3	4	5	6
Высота обрушения пород непосредственной кровли h_n	м	8	14	16	6	10	14
Высота обрушения пород основной кровли h_o	м	11	5	3	8	4	-
Шаги обрушения пород непосредственной кровли L_n	м	6,6	11,5	12,9	5,1	8,5	11,9
Шаги обрушения пород основной кровли L_o	м	12,9	5,5	4,3	15,6	10,4	-
Ожидаемая нагрузка от пород непосредственной кровли Q_n	кН/м	1201	3667	4701	708	1936	3795
Ожидаемая нагрузка от пород основной кровли Q_o	кН/м	2298	422	209	2021	673	-
Общая нагрузка от пород активной кровли $Q_{общ}$	кН/м	3499	4089	4910	2729	2609	3795
Расчетная ширина секции крепи v_c	м	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Требуемое сопротивление секции крепи $P_{общ}$	кН	5039	5889	7071	3930	3758	5464

Согласно (1) управлять процессом выемки угля с целью повышения производительности забоя и снижения неравномерности добычи необходимо при условии

$$\left(\frac{L+b}{l_i+b} \right)^k \rightarrow \max. \quad (2)$$

Это условие реализуется при начальном распоре секций механизированной крепи больше давления горных пород, создаваемого весом пород в консоли длиной l_i . Соответственно возникает задача мониторинга длины консоли, прогноза необходимого начального распора гидростоек крепи и обеспечения соответствующего давления в гидросистеме средствами автоматического регулирования.

Учитывая значительные затраты на осуществления мониторинга длины консоли зависания пород кровли, предлагается осуществлять косвенные измерения горного давления с использованием системы точечного мониторинга с последующим расчётом эмпирического коэффициента k в формуле (2).

Выводы

1) Основными причинами неравномерности объёмов добычи угля в комплексно-механизированном очистном забое являются: недостаточная достоверность и пространственная изменчивость исходной горно-геологической информации, а также цикличность обрушения пород кровли при отработке угольного пласта.

2) Предлагается структурно-функциональная схема системы управления процессами добычи угля на шахте, которая включает следующие основные блоки: разработка проектно-сметной документации; оперативного управления процессами угледобычи; мониторинг параметров технологических, геомеханических и газодинамических процессов; оценки эффективности управляющих решений; корректировки проектных решений, формирование базы данных.

3) Для повышения стабильности работы очистных забоев предлагается планировку шахтного поля проводить посредством выделения технологических однородных блоков, а выемку угля в забое осуществлять при начальном распоре секций механизированной крепи больше давления горных пород, создаваемого весом пород кровли.

Библиографический список

1. Таразанов И. Итоги работы угольной промышленности России за 2010 год / И. Таразанов // Уголь. – 2011. – № 3. – С.37– 45.
2. Угольная отрасль Кузбасса/Администрация Кемеровской области//Уголь. – 2011. – № 5. – С. 14.
3. Коровкин Ю.А. Теория и практика длиннолавных систем. Том 3. Подземные горные работы. Книга 11 / Ю.А. Коровкин, П.Ф. Савченко – М.: Изд-во «Горное дело». ООО «Киммерийский центр», 2012. – 808 с.
4. Основные горнотехнические показатели работы (оперативный план). Промышленность. Новокузнецк: ЗАО «Угольная компания «Южкузбассуголь», 2000–2005 гг.
5. Ляшенко И.В. Системное исследование проблем интенсификации процессов добычи угля / И.В. Ляшенко. М.: Недра, 1983. – 268 с.
6. Теория и практика прогнозирования в системах управления/ С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово: М.: Издат. Объединённые «Российские университеты»: Кузбассвуиздат-АСТШ, 2008. – 487с.
7. Фрянов В.Н. Состояние и направления развития безопасной технологии подземной угледобычи/ В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова; Мин-во образования и науки РФ, Федер. Агентство по образованию, Сиб. Гос. Индустриальный ун-т. Новосибирск: Издательство СО РАН , 2009. – 238с.
8. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в ред. Федеральных законов от 07.08.2000 № 122-ФЗ, от

- 10.01.2003 № 15-ФЗ, от 22.08.2004 № 122-ФЗ, от 09.05.2005 № 45-ФЗ, приказа Ростехнадзора от 15.07.2013 № 306).
9. Инструкция по составлению паспортов выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок// Правила безопасности в угольных шахтах. Книга 2. Инструкции. – Самара: Самар. Дом печати, 1996. – С. 3–9.
 10. Шаклеин С.В. Альтернативные варианты определения потерь угля при подземном способе добычи / С.В. Шаклеин, М.В. Писаренко//Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб.гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: 2009. – С. 22–26.
 11. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие/ Под общ. ред. А.Д. Рубана, М.И. Щадова. – М.: Издательство «Горная книга», 2010. – 500 с.
 12. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11/ Кол. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 296с.
 13. Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. Под ред. Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1985.– 494 с.
 14. Вентцель Е.С. Теория вероятностей/ Е.С. Вентцель.– М.: Высш. шк., 1998. – 576 с.

ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗАО «СТРОЙСЕРВИС»

Венгер К.Г., Семенов О.В.

*ЗАО «Стройсервис»,
г. Кемерово*

В настоящее время не существует единого решения автоматизации угледобывающих предприятий в России. Это же характерно и для мировых лидеров в области автоматизации горной промышленности. Так, например, Mincom Mining не включает в себя мониторинг транспорта или управление обогатительными комплексами, Modular Mining не выходит за пределы управления внутри смены, MicroMine не занимается управлением ТО и ремонтами оборудования и ни одна из этих программ не работает с бухгалтерским учётом РСБУ и т.д. Необходимо также учитывать, что угольные предприятия в современных условиях тяготеют к объединению в группы и холдинги с разной степенью централизации, и их подавляющее большинство уже входит в такие объединения.

Единственно возможной стратегией автоматизации в таких условиях служит поэтапная планомерная автоматизация с интеграцией («сшивкой») модулей между собой.

Основные блоки бизнес-процессов угледобывающих предприятий представлены на рисунке 1. Блок «Планирование и бюджетирование» (рисунок 2) состоит из 3 основных бизнес-процессов, каждый из которых не похож друг на друга и автоматизируется отдельно. Это горно-геологическое планирование, экономическое планирование и бюджетирование.

Задачей планирования является определение необходимых ресурсов в виде единиц техники, численности рабочих и ИТР, средств на ГСМ, запчасти, шины и т.д. для обеспечения оптимальной производительности и для выпуска продукции необходимого количества и качества в рамках планируемого периода.

Для этого строится математическая модель, основанная на нормативах производительности конкретной техники разрезов, учитывающих горно-геологические условия и связанных друг с другом.

ЗАО «Стройсервис» – это угольное объединение пяти угольных предприятий, имеющих в своём составе 8 угольных карьеров. Планирование осуществляется в разрезе месяцев: различаются месячные, годовые и квартальные версии планов. Для того, чтобы такое планирование было прозрачно на всех уровнях, совершалось по единым методикам,

чтобы легко было сравнить результаты различных периодов, предприятий друг с другом, а также в любом другом разрезе, для моделирования применена OLAP – технология на базе программного обеспечения IBM Cognos.

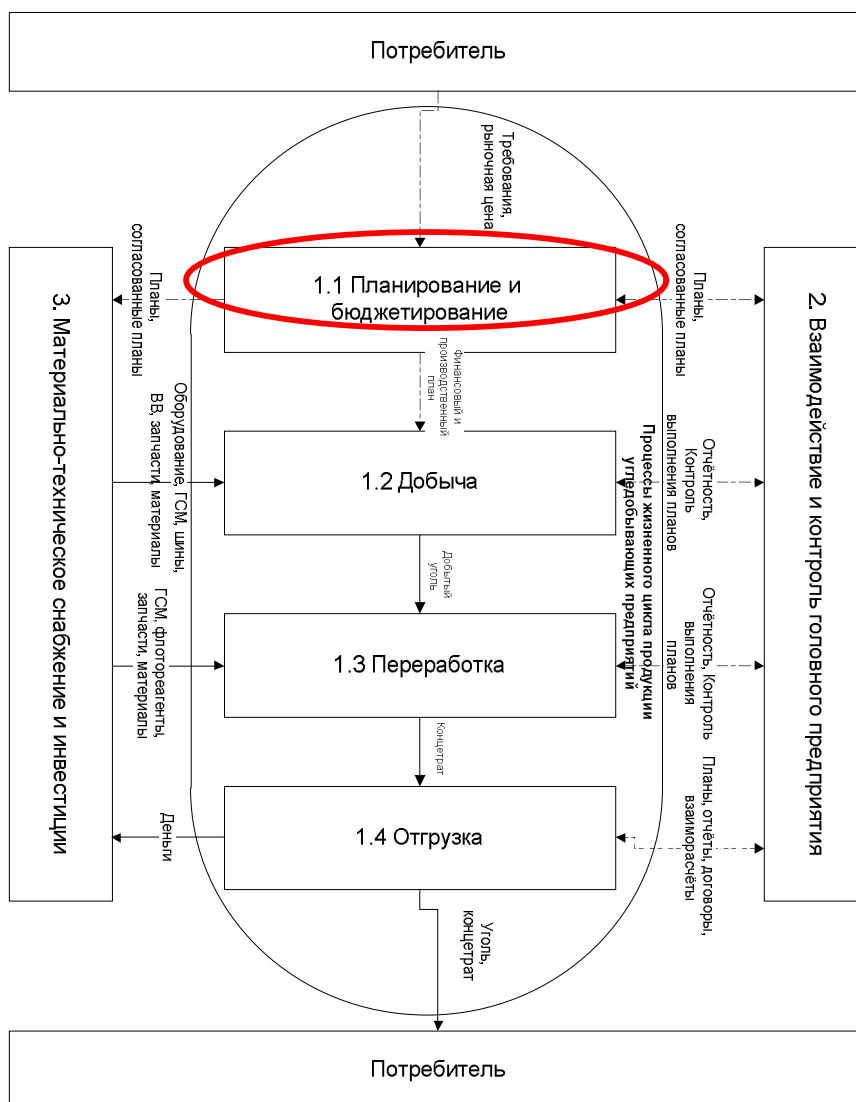


Рисунок 1 – Схема основных блоков бизнес-процессов

Все расчётные и справочные данные представлены в виде многомерных OLAP – кубов (*Cubes*), состоящих из различных измерений (*Dimensionals*) и правил (*Rules*). Обязательными в каждом расчётном кубе являются разрезы периодов (годы, месяцы), версий планов и предприятий. Пример такой структуры дан на рисунке 3.

Справочные кубы заполняются на момент утверждения нормативов, учитывая то, что нормативы время от времени могут уточняться, а пересчитывать планы задним числом крайне не желательно, эти кубы также планируются в разрезе временных периодов.

Учитывая большой объём и сложность модели, а также необходимость пересчитывать её в режиме реального времени, была выбрана технология, используемая в программном комплексе IBM Cognos Express (TM1).

Основное преимущество применённой технологии заключается в том, что вся модель находится и рассчитывается непосредственно в памяти сервера, без совершения транзакций с обычными реляционными базами данных. Таким образом, наименее производительный серверный процесс – обмен данными с жёсткими дисками – никак не влияет на производительность выполняемых расчётов.

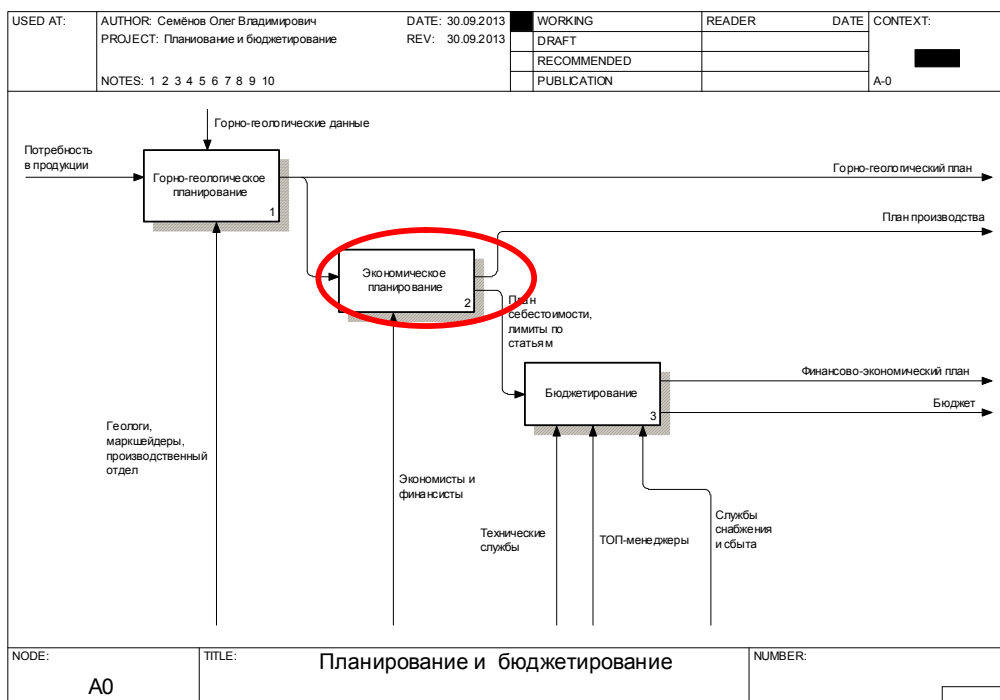


Рисунок 2 – Диаграмма IDEF0 бизнес-процессов планирования и бюджетирования

При наличии большого количества разнородных программных модулей, вопрос интеграции между собой становится одним из самых главных и сложных. Необходимо добиться такого положения дел, чтобы любая информация, которая заносится в любую из систем, вводилась только один раз и только тем человеком, кто ответственен за эту информацию.

Особенно это актуально при ведении различного рода справочников. Если они никак не синхронизированы, то постоянно накапливаются ошибки, несогласованность информации. На каком-то этапе информация становится не полной или искажённой и идея автоматизации становится бессмысленной или недостаточно эффективной.

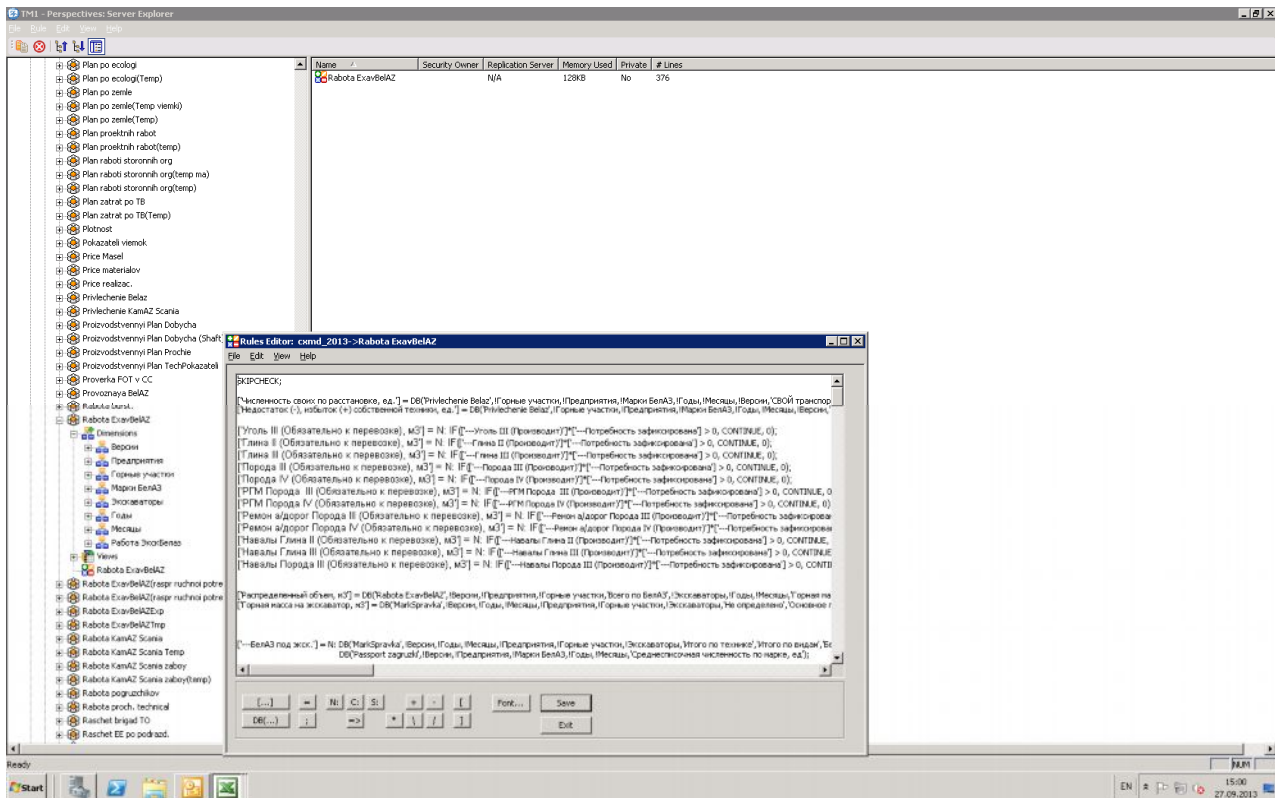


Рисунок 3 – Структура модели в IBM Cognos

Для решения этих проблем вопрос интеграции необходимо продумывать ещё на этапе планирования внедрения или разработки программно-аппаратных комплексов.

Технологически, всем видам информационного обмена предпочтительней прямой контакт к базе данных интегрируемых программ. При наличии реляционных баз данных интегрируемых систем (это почти всегда так), этот вид наиболее надёжен и один из самых производительных.

Для синхронизации данных справочников, на предприятии разработан модуль «Эталонный справочник», созданный на базе 1С: Предприятия. В этом модуле ответственные сотрудники ведут информацию в согласованных форматах. Модули планирования и имеют общие справочники с другими системами:

- Номенклатура ТМЦ;
- Оборудование/марки/модели;
- Подразделения;
- Должности/категории;
- Статьи себестоимости.

Для обновления данных, Cognos Express процессами выполняет периодический коннект непосредственно к SQL базе данных по расписанию *Chores*, при этом в эталонном справочнике созданы соответствия элементов этих справочникам. Дальше обмен данными происходит уже в разрезе этих элементов.

Основной результат внедрения системы автоматизации – повышение качества планирования, возможность оперативно пересчитывать большое количество вариантов, обеспечивая более точный и подробный расчёт. Кроме того, максимально исключаются ошибки, вызванные человеческим фактором и обеспечивается сравнимость показателей различных предприятий, чего нельзя было достичь при «ручных расчётах» с помощью программы Excel.

Также достигается и управленческий эффект, так как любая новая методика или правило, которую утверждает головная компания становится методикой для всех предприятий,

после ввода его в OLAP – систему планирования.

Вместе с тем, создание подобной модели имело достаточно высокую трудоёмкость, первая версия вышла через пять месяцев разработок. Поэтому, подобные системы есть смысл внедрять именно на примере групп предприятий или холдингов, а не на отдельных предприятиях. В этом случае будут получены максимальные эффекты, а трудозатраты будут произведены один раз и сразу на всех.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ДОМЕННОМ ЦЕХЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВКИ

Спирин Н.А., Гилева Л.Ю., Истомина А.С., Гурин И.А.

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург*

Планирование и распределение топливных ресурсов в доменном цехе на сегодняшний день является актуальной задачей. Предполагаемое приведение цен на газ внутри России к мировому уровню означает увеличение его цены в 10–15 раз для металлургических предприятий. Цены на уголь и кокс по прогнозам продолжают расти в ближайшей и долгосрочной перспективе [1]. При заданном на доменный цех общем расходе этих ресурсов целесообразно иметь оперативную методику оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на отдельных доменных печах и осуществлять их оптимальное распределение. Решить эту задачу можно только на основе широкого использования современных методов математического моделирования и разработок на этой основе автоматизированных систем оптимизации распределения энергоресурсов [2, 3].

При решении задач оптимизации распределения топливно-энергетических ресурсов требуется не только изучение статических характеристик, описывающих влияние изменений условий плавки на технико-экономические показатели работы печей, но и выполнение детального анализа для математического описания как внешних, так и внутренних ограничений.

Оценка параметров доменной плавки и расчет коэффициентов линеаризованной модели выполнен с использованием разработанной в УрФУ в рамках натурно-модельного подхода балансовой модели доменного процесса, которую условно можно разделить на две части – модель базового состояния и прогнозирующую модель [4, 5]. Модель базового (эталонного) состояния позволяет оценить состояние каждой доменной печи и влияние входных параметров на тепловой, газодинамический и шлаковый режимы доменной плавки с использованием всей фактически доступной информации о параметрах шихты, комбинированного дутья, колошниковога газа и продуктов плавки. Прогнозирующая модель на основании результатов, полученных с помощью модели базового (эталонного) состояния, позволяет оценить показатели доменного процесса в случае изменения условий плавки.

Используемый подход базируется на следующих положениях: при относительно небольших колебаниях параметров относительно базовых значений целесообразно использовать принцип малых отклонений и свести задачу оптимизации к линейному математическому программированию [6, 7]. Разработанная ранее модель позволяла по фактическим показателям работы отдельных доменных печей оценивать оптимальность использования природного газа при неизменных на все доменных печах параметрах шихты, температуры и влажности горячего дутья, содержания кислорода в дутье на уровне базового периода, что ограничивало возможность ее практического применения для прогнозных режимов работы отдельных печей и цеха в целом [8, 9].

На рисунке 1 представлена структура модели оптимизации распределения энергоресурсов в доменном цехе, включающая следующие основные блоки.

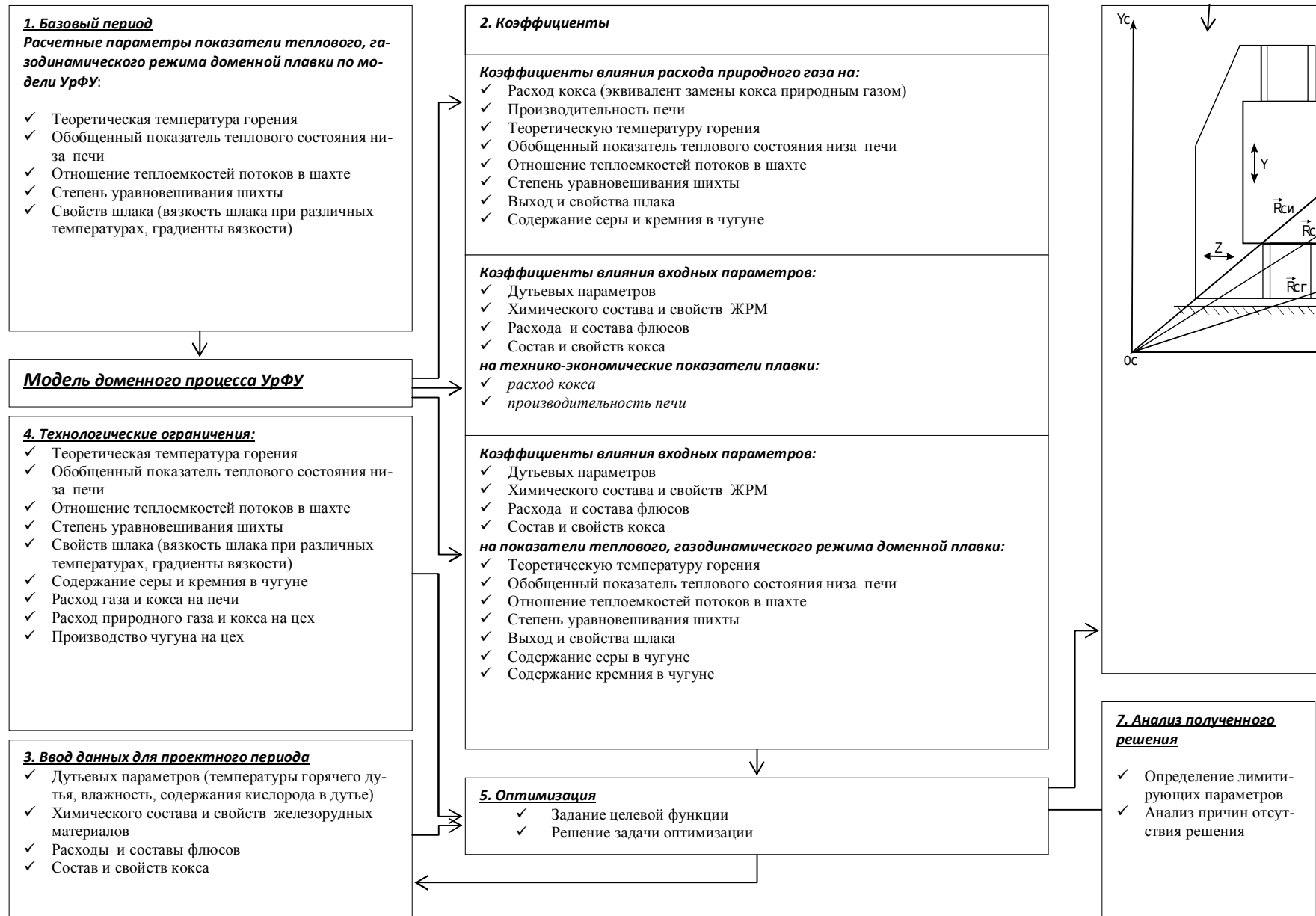


Рисунок 1 – Структура модели оптимизации распределения энергоресурсов в доменном

1) *Базовый период. Оценка теплового, газодинамического и шлакового режимов работы каждой из доменных печей цеха*

Расчет комплекса параметров теплового, газодинамического и шлакового режимов доменной плавки (около 30 параметров) [10, 11].

2) *Расчет коэффициентов влияния:*

- расхода природного газа на показатели плавки;
- параметров шихты и дутьевых параметров на показатели теплового, газодинамического и шлакового режима доменной плавки;
- параметров шихты и дутьевых параметров на технико-экономические показатели плавки (расход кокса и производительность).

3) *Ввод параметров шихты и дутьевых параметров каждой из доменных печей цеха*

- дутьевых параметров (температуры горячего дутья, влажность, содержания кислорода в дутье);
- химического состава и свойств железорудных материалов;
- расходов и составов флюсов;
- состава и свойств кокса [12].

В общем виде расчет изменения выходных параметров определялся по следующей линейной форме:

$$\Delta y_{ji} = (x_{ji}^{np} - x_{ji}^6) \cdot k_{x_{ji}}^6, \quad (1)$$

где Δy_{ji} – изменение i расчетного параметра y на j -ой печи; x_{ji}^{np} – значение параметра x_i на j -ой печи в проектном периоде; x_{ji}^6 – значение параметра x_i на j -ой печи в базовом периоде; $k_{x_{ji}}^6$ – коэффициент передачи (корректировочный коэффициент) по на j -ой печи по i каналу воздействия, определяемы по модели доменной плавки УРФУ по результатам работы соответствующей доменной печи в базовом периоде [13].

Общее количество рассчитываемых коэффициентов составляет 456 коэффициентов.

В общем виде значение параметров доменной плавки в проектном периоде определяется по правилу аддитивности:

$$y_j^{np} = \sum \Delta y_{ji} + y_j^6, \quad (2)$$

где $\sum \Delta y_{ji}$ – сумма изменений параметра y , вызванных изменениями различных параметров x на i -ой печи; y_j^6 – значение j параметра y в базовом периоде.

4) *Технологические ограничения:*

– теоретической температуры горения на фурмах T_j , °C: $T_j^{\min} \leq T_j \leq T_j^{\max}$;

– обобщенного показателя теплового состояния низа печи Q_{ni} , МДж/т чугуна:

$$Q_{nj}^{\min} \leq Q_{nj} \leq Q_{nj}^{\max}$$

– отношения теплоемкостей потоков шихты и газов в шахте m_j , доли:

$$m_j^{\min} \leq m_j \leq m_j^{\max};$$

– степени уравнивания шихты газовым потоком Cy_j , доли: $Cy_j^{\min} \leq Cy_j \leq Cy_j^{\max}$.

Свойства шлака:

– вязкость шлака при заданной температуре: на выпуске ($\eta_{шл}$), 1400 °C – ($\eta_{шл}^{1400}$), 1500 °C – ($\eta_{шл}^{1500}$): $\eta_{шл}^{\min} \leq \eta_{шл} \leq \eta_{шл}^{\max}$; $\eta_{шл}^{1400\min} \leq \eta_{шл}^{1400} \leq \eta_{шл}^{1400\max}$; $\eta_{шл}^{1500\min} \leq \eta_{шл}^{1500} \leq \eta_{шл}^{1500\max}$;

– градиенты вязкости шлака $\Delta\eta_{0,7}^{2,5}$, $\Delta\eta_{1400}^{1500}$: $\Delta\eta_{0,7}^{2,5}$ – 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 °С в диапазоне вязкости шлака от 2,5 Па·с (25 пуаз) до 0,7 Па·с (7 пуаз): $\Delta\eta_{0,7}^{\min,2,5} \leq \Delta\eta_{0,7}^{2,5} \leq \Delta\eta_{0,7}^{\max,2,5}$; $\Delta\eta_{1400}^{1500}$ – показывает насколько устойчив шлак в области конечных (рабочих) температур, численно равен изменению вязкости шлака на 1 °С в пределах от 1400 до 1500 °С: $\Delta\eta_{1400}^{\min,1500} \leq \Delta\eta_{1400}^{1500} \leq \Delta\eta_{1400}^{\max,1500}$;

– содержание серы $[S_j]$ и кремния $[Si_j]$ в чугуне, %: $[S_j^{\min}] \leq [S_j] \leq [S_j^{\max}]$; $[Si_j^{\min}] \leq [Si_j] \leq [Si_j^{\max}]$;

– расход природного газа по печам $V_j^{\text{ПГ}}$, м³/час: $V_j^{\text{ПГ max}} \leq V_j^{\text{ПГ}} \leq V_j^{\text{ПГ min}}$.

Ограничения в целом по цеху:

– суммарный расход кокса на цех $G_{\Sigma}^{\text{К}}$, т/час: $G_{\Sigma}^{\text{К min}} \leq G_{\Sigma}^{\text{К}} \leq G_{\Sigma}^{\text{К max}}$;

– заданное цеховое производство чугуна $G_{\Sigma}^{\text{Ч}}$, т/час: $G_{\Sigma}^{\text{Ч min}} \leq G_{\Sigma}^{\text{Ч}} \leq G_{\Sigma}^{\text{Ч max}}$;

– общий расход природного газа на цех $V_{\Sigma}^{\text{ПГ}}$, м³/час: $V_{\Sigma}^{\text{ПГ min}} \leq V_{\Sigma}^{\text{ПГ}} \leq V_{\Sigma}^{\text{ПГ max}}$.

Предельно допустимые значения величин, т.е. численные значения параметров определяются методом математического моделирования, а при отсутствии такой возможности методом экспертных оценок, что позволяет осуществлять настройку модели на реальный процесс в том числе и путем формализации опыта инженерно-технического и технологического персонала [14, 15].

5) Оптимизация

– Задание целевой функции.

В общем виде математическая модель оптимального распределения природного газа в доменном цехе содержит линейную целевую функцию и ограничения. Целевая функция сводит к максимуму эффективность использования природного газа в цехе:

$$Z = \sum_{j=1}^n \{ \alpha(e_j C_k - C_{\text{ПГ}}) + (1 - \alpha) C_{\text{П}} [\Delta\Pi_j^{\text{ПГ}} - e_j \Delta\Pi_j^{\text{К}}] \} V_j^{\text{ПГ}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где Z – эффективность использования природного газа в цехе, руб/час; n – количество печей в цехе, шт; α – весовой коэффициент, который определяет, что предпочтительнее – выигрыш в денежном выражении или в производительности, $0 < \alpha \leq 1$; e_j – эквивалент замены кокса на природный газ, кг кокса/м³ природного газа; $C^{\text{К}}$ – стоимость кокса, руб/кг кокса; $C^{\text{П}}$ – условно постоянный коэффициент, который показывает на сколько увеличиваются затраты при увеличении производительности, руб/т чугуна; $\Delta\Pi_j^{\text{ПГ}}$ – изменение производительности печи при увеличении расхода природного газа на 1 м³, т чугуна/м³ ПГ; $\Delta\Pi_j^{\text{К}}$ – изменение производительности печи при увеличении расхода кокса на 1 кг, т чугуна/кг кокса; $V_j^{\text{ПГ}}$ – расход природного газа на печи, м³/час

– Решение задачи оптимизации.

б) Расчет оптимальных значений показателей плавки

– расход кокса;

– производительность печи;

– расход природного газа;

– выход чугуна;

- теоретическая температура горения;
- обобщенный показатель теплового состояния низа печи;
- отношение теплоемкостей потоков в шахте;
- степень уравнивания шихты;
- выход и свойства шлака;
- содержание серы и кремния в чугуне.

7) Анализ полученного решения

В результате рассчитываются оптимальные значения расхода природного газа на печах и параметры работы отдельных печей и цеха в целом в проектном периоде:

- определяются виды и значения лимитирующих параметров;
- выполняется анализ причин отсутствия решения (при его отсутствии).

По представленной модели была разработана информационная система оптимизации распределения энергоресурсов в доменном цехе (рисунок 2). Информационная система состоит из шести модулей:

- 1) модуль ввода и корректировки данных;
- 2) модуль обработки входных данных;
- 3) расчетный модуль;
- 4) модуль оптимизации;
- 5) модуль анализа;
- 6) модуль вывода результатов.

На рисунке 2 введены следующие обозначения:

\vec{X}_b – массив входных параметров для базового периода;

\vec{K} – массив коэффициентов модели;

\vec{X}_n – массив входных параметров для проектного периода;

\vec{Y}_b – массив рассчитанных параметров для базового периода;

\vec{Y}_{opt} – массив оптимальных параметров для проектного периода;

Z – значение целевой функции;

G_y – массив лимитирующих параметров, которые не дают получить решение.

При отсутствии решения в модуле анализа происходит определение входных параметров, значения которых не позволяют получить решение. Далее происходит корректировка значений данных параметров для проектного режима.

На рисунке 3 приведены результаты сравнительного анализа распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей на основе данных работы доменного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Анализ результатов показал, что оптимизационная модель совместного распределения природного газа и кислорода позволяет эффективно использовать имеющиеся топливно-энергетические ресурсы с учетом технологических ограничений на работу отдельных печей и цеха в целом.

Использование разработанного модуля в современной информационно-моделирующей системе АСУ доменной плавки позволяет решать оперативные задачи управления технологией доменной плавки, обеспечивает повышение эффективности принятия решений инженерно-техническим персоналом в условиях изменений объема топливно-энергетических ресурсов, нестабильности состава и качества проплавляемого железорудного сырья и конъюнктуры рынка. Представленная информационная система дополняет существующие решения в области планирования работы доменного цеха металлургических предприятий России.

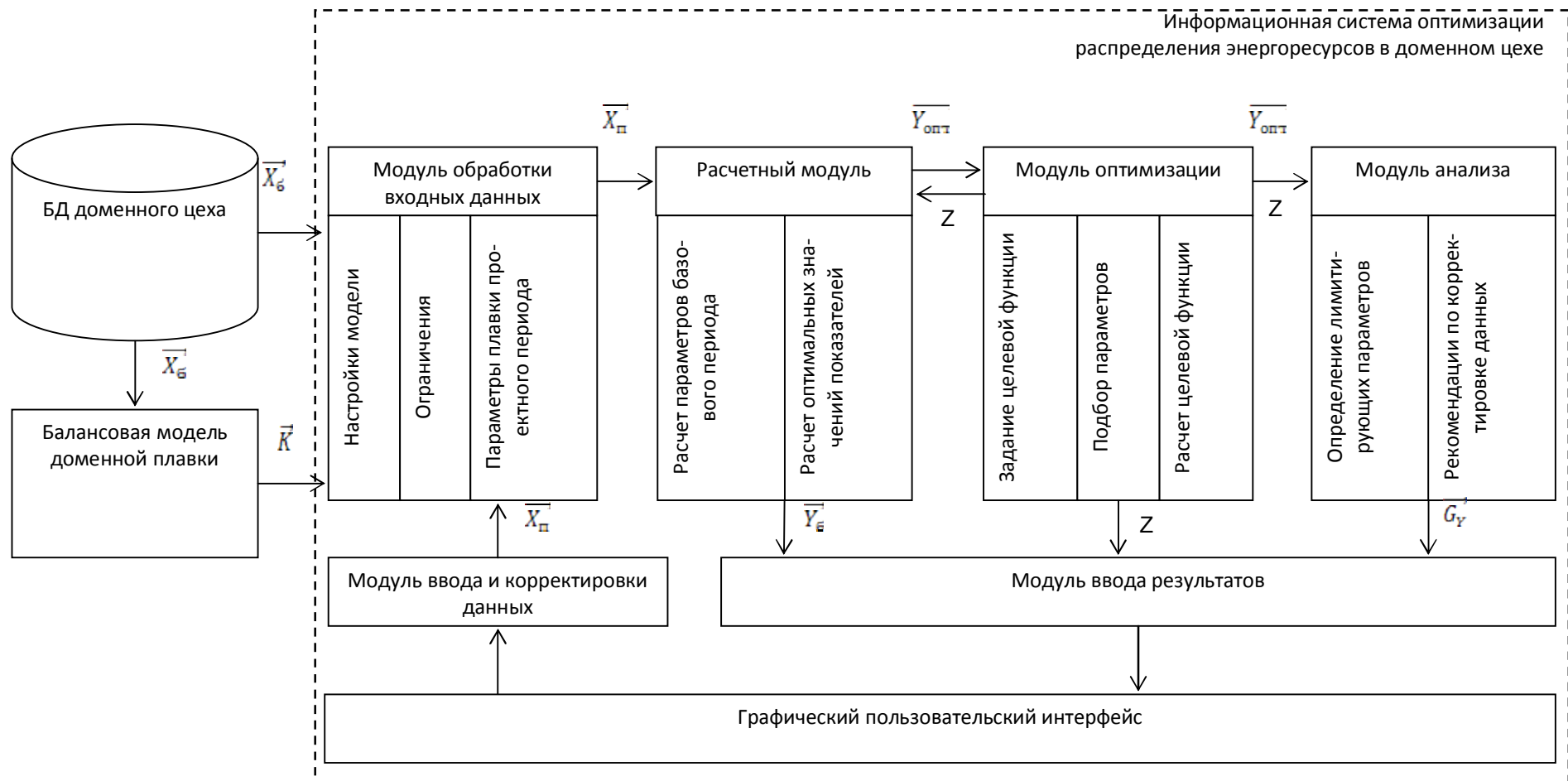


Рисунок 2 – Структура информационной системы оптимизации распределения энергоресурсов в доменном цехе

Отклонение от базового периода

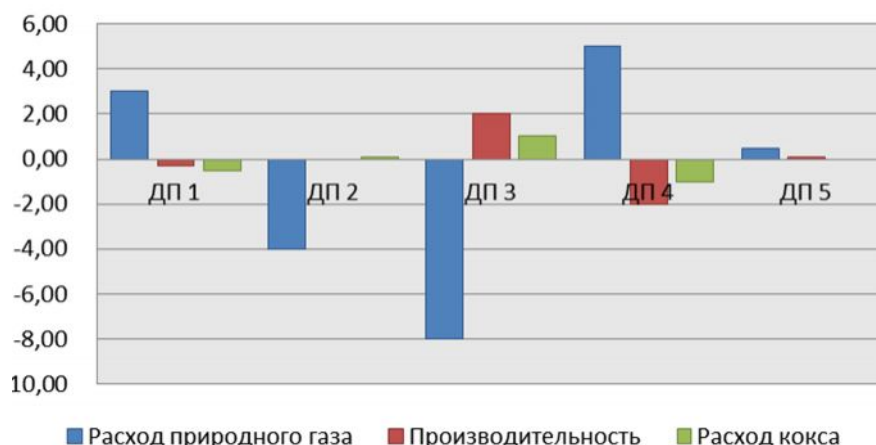


Рисунок 3 – Результаты сравнительного анализа распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей

Библиографический список

1. Сценарные условия развития электроэнергетики Российской Федерации на период до 2030 года / ЗАО «Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике», 2009. – 270 с.
2. Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами. М.: Энегоатомиздат, 1986. – 400 с.
3. Оптимизация в технике / Г.Рейклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел // М.: Мир, 1986. 350 с.
4. Mathematical model of the blast-furnace process. Zagajnov S.A., Onorin O.P. Spirin N.A. Yaroshenko Yu. G. Steel in Translation. 2003. Т. 33. № 12. С.1–5.
5. Разработка и внедрение математического и программного обеспечения для гибких технологических режимов работы доменных печей / С.А. Загайнов, О.П. Онорин, Л.Ю. Гилева [и др.] // Сталь. – 2000. – № 9. – С.12–15.
6. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н. А. Спирин, В.В. Лавров, С.И. Паршаков. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2006. – 307 с.
7. 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.
8. Оптимизация распределения природного газа в доменном цехе ММК / Н.А. Спирин, Ю.Н. Овчинников, И.Е. Косаченко [и др.] // Сталь. – 1991.– № 8. – С.13–18.
9. Selecting the optimal natural-gas and oxygen distribution in blast furnaces by means of a model. Lavrov V.V., Babin I.A., Spirin N.A. Steel in Translation, 2007, Vol. 37, № 12, pp. 998–1001.
10. Blast furnace Phenomena and modeling / Ed. By Yasuo Omori. Elsevier applied science // London and New York. 1987. – 631 p.
11. Development of Channeling Prediction System for a Blast Furnace. Jia-Shyan Shiau, Chi-Chung Wang, Chung-Ken Ho, Che-Hsiung Tung. AISTech 2013 Proceedings – the iron and steel technology conference and exposition, May 6th to 9th, 2013, Pittsburgh, Pa., USA, pp. 405–412.
12. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В.Емельянов, С.К. Корovin, Л.П. Мышляев и др. М.: Издат. объединение «Российские университеты», 2008. – 487 с.
13. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 456 с.
14. Pulverized coal injection optimizing the blast furnace process. Bala K. Paramanathan, Edo Engel. 6th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking – ICSTI, 42nd

International Meeting on Ironmaking and 12th International Symposium on Iron Ore, October 14th to 18th, 2012, Rio de Janeiro, RJ Brazil, pp. 2455–2463.

15. Validation of the numerical model for blast furnace shaft process. Dong Fu, Yan Chen, Md. Taifur Rahman, Chenn Q. Zhou. AISTech 2012 Proceedings – the iron and steel technology conference and exposition, May 7th to 10th, 2012, Atlanta, GA, USA, pp. 417–427.

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, ОПТИМИЗАЦИИ И ПРОГНОЗА ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

**Довженко П.Ю., Краснобаев А.В., Паршаков В.М.,
Чевычелов А.В., Полинов А.А., Прохоров И.Е.**

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,

г. Магнитогорск

ООО «АКОММ», г. Москва

В современных условиях, при тенденции увеличения стоимости сырья и энергоносителей для доменного производства, вопрос снижения удельных коэффициентов на тонну произведённого чугуна приобретает первостепенное значение. Экономия сырья без капитальных затрат может быть достигнута только за счёт совершенствования управления доменной плавкой. Особенность доменных печей как объектов управления состоит в закрытости происходящих технологических процессов, невозможности прямого контроля над основными технологическими параметрами работы печи. В результате важную роль в понимании процессов, происходящих в доменной печи, а также в определении способов влияния на эти процессы получило математическое моделирование, которое позволяет по косвенным параметрам определять такие показатели как температура материалов в различных зонах печи, температура фурменных очагов и т.д.

Реализуемая в доменном цехе автоматизированная система контроля, оптимизации и прогноза доменной плавки (АСКОП ДП) содержит в себе набор математических моделей, с множеством входных параметров [1–4]. Для точности расчётов и выдачи технологическому персоналу цеха правильных рекомендаций необходим высокий уровень достоверности параметров на входе в систему. Условно входные параметры можно разделить на две группы: параметры, поступающие из АСУ ТП, и параметры, поступающие из АСУ П.

Параметры, поступающие из АСУ П, это, как правило, параметры ручного ввода. Данные параметры заносятся в систему технологическим персоналом цеха, с разграничением персональной ответственности за каждое внесённое значение. Особенностью строения АСУ ТП доменного цеха ОАО «ММК» является автономная АСУ ТП каждой печи цеха. Система сбора и хранения значений технологических параметров, реализованная в рамках АСУ ТП доменных печей, состоит из трёх уровней:

- 1 уровень – набор датчиков для сбора первичной информации;
- 2 уровень – программируемые логические контроллеры (ПЛК) для интеграции сигналов с группы датчиков;
- 3 уровень – система хранения и визуализации данных, полученных с ПЛК.

Для дальнейшей интеграции данных в вышестоящие системы доступен третий уровень. Он представляет собой базу данных, куда заносятся значения всех параметров и время снятия этих значений с заданным интервалом. Так как для создания или обновления системы сбора и хранения значений технологических параметров доменной печи требуется её остановка, в доменном цехе ОАО «ММК» такие работы проводят при капитальном ремонте печи I разряда. Данные ремонты производятся, ориентировочно, раз в десять лет, поэтому в промежутках между ремонтами происходит эволюция программно-технических средств реализации систем сбора значений. В итоге, АСУ ТП каждой доменной печи имеет свои осо-

бенности, такие как наименование схожих параметров, единицы измерения, дискретность хранения, интерфейс передачи данных на уровень MES и т.п.

В связи с необходимостью передачи данных из различных по уровню развития и интерфейсам АСУ ТП печей в АСКОП ДП, была разработана подсистема интеграции данных АСУ ТП (рисунок 1). Данная подсистема содержит в себе интерфейсы для связи и забора данных из каждой АСУ ТП восьми доменных печей, производит, по необходимости, приведение к требуемым единицам измерения, контролирует достоверность значений параметров, осуществляет хранение и предоставление данных по единому классификатору контролируемых параметров. При изменениях в наименовании, местоположении, единицах измерения контролируемого параметра или модернизации АСУ ТП печи в целом достаточно только переопределения входных параметров источника в подсистеме сбора данных; на выходе из подсистемы данные остаются в неизменном, соответствующим требованиям математических моделей, виде.

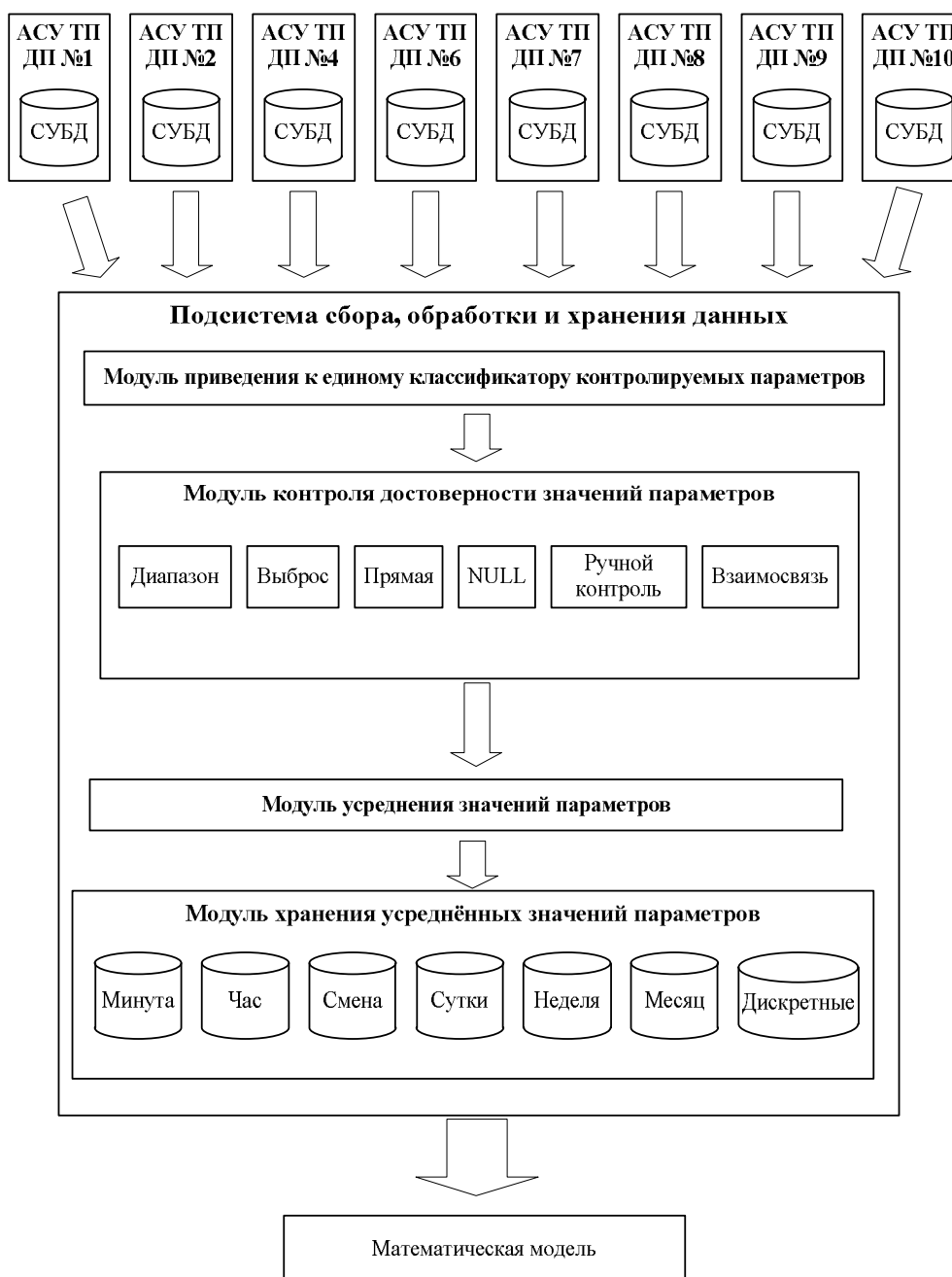


Рисунок 1 – Схема информационных потоков подсистемы интеграции данных АСУ ТП

Функция модуля приведения к единому классификатору контролируемых параметров состоит в переводе разнообразных единиц измерения схожих параметров на различных доменных печах к утверждённым и присваиванию схожим параметрам одинаковых наименований, для удобства анализа работы доменных печей и предоставления данных математической модели (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема работы модуля приведения к единому классификатору контролируемых параметров

Параметры АСУ ТП заносятся в систему автоматически, с разнообразных датчиков, установленных на доменной печи. Как правило, технологическому персоналу необходимо видеть только значения группы основных параметров, причём не точные значения, а тренд их изменения. Вследствие этого ошибки в значениях неосновных параметров, и смещение значений параметров, контролируемых по трендам, остаются незамеченными. В отличие от технологического персонала, математическая модель требует точных данных на входе. Поэтому необходимо осуществлять автоматический контроль достоверности каждого параметра АСУ ТП, используемого моделью.

Контроль осуществляется несколькими базовыми проверками значений параметров, такими как:

Выход значений за допустимый диапазон (*Диапазон*). Для каждого параметра задаётся нижний и верхний диапазон допустимых значений. При длительном выходе значения за допустимый интервал формируется сообщение для обслуживающего персонала. Также можно задать два диапазона – по краям допустимого интервала сформировать зону «внимание». При длительном нахождении значения параметра в этой зоне также формировать сообщение для обслуживающего персонала. Значения, выходящие за допустимый диапазон, в модуль усреднения не поступают (рисунок 3).

Недопустимое резкое изменения значения (*Выброс*). Множество параметров не допускают резкого изменения своих значений, что обусловлено технологией работы доменных печей. Задаётся максимально возможное изменение значения параметра за определённую единицу времени. При опережении этого изменения формируется сообщение для обслуживающего персонала. Значения выброса, а также значения после резкого изменения без восстановления в модуль усреднения не поступают (рисунок 3).

Отсутствие изменения значения длительный период времени (*Прямая*). Задаётся максимальное время, в течение которого значение параметра остаётся неизменным. При превышении этого времени формируется сообщение для обслуживающего персонала. Значения, неизменяющиеся спустя максимальный промежуток времени, в модуль усреднения не поступают (рисунок 3).

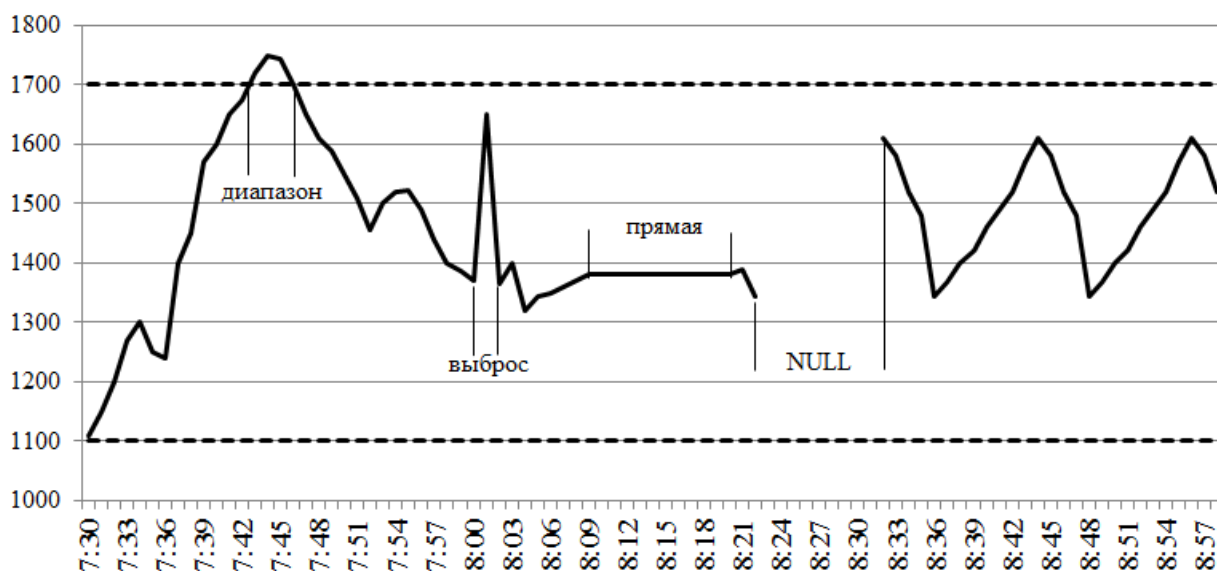


Рисунок 3 – Графическое изображение работы проверок «Диапазон», «Выброс», «Прямая» и «NULL»

Пропадание сигнала (*NULL*). При пропадании сигнала на заданное максимальное время формируется сообщение для обслуживающего персонала (рисунок 3).

Проверка взаимосвязей определённых параметров (*Взаимосвязь*). Для некоторых взаимосвязанных параметров технологическим персоналом задаются значения коэффициентов проверочных функций. При отрицательном результате какой – либо из проверок, система выдаёт сообщение, содержащее наименование параметра и функцию, по которой не прошла проверка. Это сообщение передаётся соответствующим службам для поиска и устранения неисправности (рисунок 4).

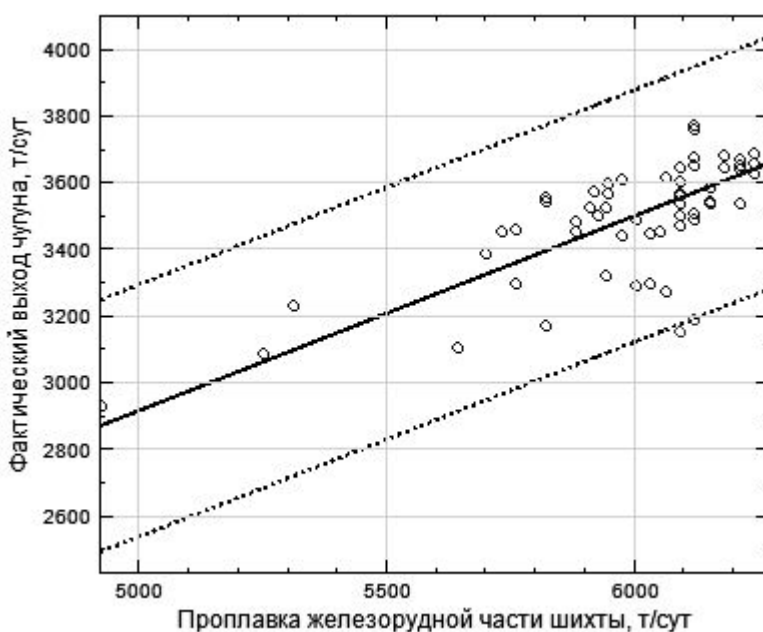


Рисунок 4 – Графическое изображение работы проверки «Взаимосвязь»

Сравнение значений одних и тех же параметров, полученных как из АСУ ТП так и из систем ручного ввода (*Ручной контроль*). Для некоторых параметров (химия колошникового газа, содержание кислорода в дутье) присутствует два вида источников информации:

приборы автоматического анализа газов и ручной отбор проб, с последующим анализом в лаборатории. При превышении определённого порога различия значений, система выдаёт сообщение, содержащее наименование параметра и предлагает технологу определить источник сигнала для математической модели. Также это сообщение передаётся соответствующим службам для поиска и устранения возможной неисправности (рисунок 5).

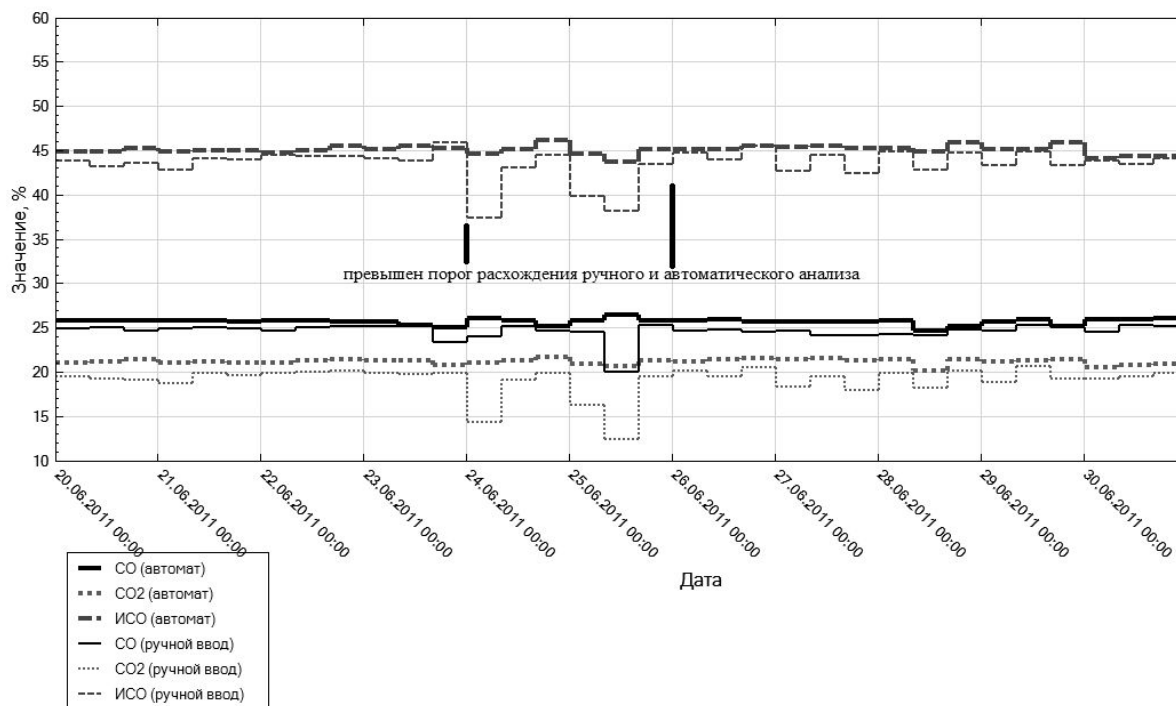


Рисунок 5 – Графическое изображение работы проверки «Ручной контроль»

Реализация вышеперечисленных проверок данных АСУ ТП, поступающих в реальном времени, позволяет повысить оперативность реагирования персонала, отвечающего за обслуживание АСУ ТП доменного цеха, на возникающие ошибки в данных и устранять их в рабочем порядке. Также появляется возможность отсекаать некорректные данные от входного потока математической модели и блокировать выдачу неправильных рекомендаций технологическому персоналу цеха.

После отсеивания недостоверных данных необходимо провести усреднение значений параметров за различные периоды времени (1 мин, час, смена, сутки, неделя, месяц), как того требуют различные математические модели. Данные усредняются в соответствии с установленным регламентом и методом усреднения. Дискретные данные хранятся без усреднения. Период времени хранения данных устанавливается в соответствии с требованиями технологического персонала, либо ограничивается физическим местом на дисковой подсистеме сервера. По истечении вышеназванного периода данные автоматически удаляются.

Таким образом, разработанная подсистема позволяет контролировать информацию, поступающую из АСУ ТП доменных печей, оперативно информировать технологический персонал цеха и персонал, обслуживающий систему, об ошибках в значениях контролируемых параметров и осуществлять усреднение и хранение полученной информации в едином виде. Это, в свою очередь, позволяет повысить надёжность информации на входе и, как следствие, повысить точность прогнозов и рекомендаций на выходе математических моделей.

Библиографический список

1. Паршаков В.М., Третьяк А.А., Уланов А.П.. АСУ ТП доменной плавки и её технологическое насыщение. Доменное производство – XXI век. Труды Международного конгресса доменщиков. – М.: Издательский дом «Кодекс», 2010. – С. 391 – 413.

2. Паршаков В.М., Чевычелов А.В., Полинов А.А. и др. Внедрение системы оптимизации параметров дутья на доменных печах ОАО «ММК». Доменное производство – XXI век. Труды Международного конгресса доменщиков. – М.: Издательский дом «Кодекс», 2010.- С. 426 – 441.
3. Паршаков В.М., Чевычелов А.В., Полинов А.А. и др. Внедрение на доменных печах ОАО «ММК» автоматизированной системы контроля, оптимизации и прогноза доменной плавки. Труды V Международного Конгресса по агло-коксо-доменным производствам. Ялта, 2012 г., с. 274 – 307.
4. Паршаков В.М., Чевычелов А.В., Полинов А.А. и др. Повышение эффективности доменной плавки за счет технологического насыщения АСУ ТП, созданных на доменных печах ОАО «ММК». «Инженерные решения. Черная металлургия», 2012, № 2.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Дмитриев А.Н., Золотых М.О., Иванов О.Ю., Чесноков Ю.А.

Институт металлургии УрО РАН,

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург*

Доменная печь относится к числу плавильных металлургических агрегатов шахтного типа. Внутреннее рабочее пространство печи ограничено огнеупорной футеровкой, предназначенной для защиты металлоконструкций печи от воздействия высоких температур, сохранения в течение длительного времени начальной геометрической формы рабочего пространства. На футеровку доменной печи оказывают разрушающее воздействие многочисленные факторы. Наиболее разрушающим воздействиям подвергается футеровка нижней части печи – лещади и горна. Поэтому использование рациональных конструкций огнеупорной кладки, систем охлаждения горна и лещади приводит к сокращению числа капитальных ремонтов и обеспечивает надежную эксплуатацию доменной печи в течение 15–20 лет.

Известны способы контроля толщины футеровки, основанные на применении ультразвука, радиоактивных изотопов, ударных упругих волн, измерении сопротивления электрической печи; с помощью измерения расхода и перепада температуры воды на входе и выходе из холодильника в охлаждаемой части печи [1]; способы контроля толщины футеровки доменных печей с помощью термодатчиков, установленных в кладке нижней части доменной печи [2].

Последние методы, основанные на измерениях температур футеровки и расчетов на их основе с помощью математических моделей оставшейся толщины футеровки, хорошо зарекомендовали себя и являются наиболее перспективными. Методы, основанные на измерении перепада температур воды могут использоваться дополнительно к ним с целью дополнительного контроля состояния боковых стенок нижней части печи и сокращения общего количества термопар.

В Институте металлургии УрО РАН разработана система контроля состояния огнеупорной футеровки горна доменной печи, предназначенная для предотвращения аварийных ситуаций.

Для лещади и стенок горна принято, что тепловой поток Q является одномерным стационарным и описывается известным уравнением расчета потока через многослойную плоскую стенку [3]

$$Q = \frac{(T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})}{\frac{1}{k_1} \cdot \Delta S_1 + \dots + \frac{1}{k_n} \cdot \Delta S_n}, \quad (1)$$

где $T_{\text{вн}}$, $T_{\text{нар}}$ – температуры внутренней и наружной поверхностей стенок; $\Delta S_{1...n}$ – толщина слоя стенки; $k_{1...n}$ – коэффициент теплопроводности слоя стенки.

Для трех слоев (например, боковой стенки печи) и двух термодатчиков проанализированы два возможных варианта расчета остаточной толщины кладки.

1) В случае роста гарнисажа (рисунок 1), при котором образуется новый слой толщиной ΔS_x и с коэффициентом теплопроводности k_x .



Рисунок 1 – К постановке задачи при росте гарнисажа

Тогда

$$\frac{(T_x - T_1)}{\frac{1}{k_x} \cdot \Delta S_x + \frac{1}{k_1} \cdot \Delta S_1 + \frac{1}{k_2} \cdot \Delta S_2 + \frac{1}{k_3} \cdot \Delta S_3} = \frac{(T_x - T_2)}{\frac{1}{k_x} \cdot \Delta S_x + \frac{1}{k_1} \cdot \Delta S_1 + \frac{1}{k_2} \cdot \Delta S_2 + \frac{1}{k_3} \cdot (\Delta S_3 + \Delta S_4)} \quad (2)$$

где $\Delta S_x = (r_0 - r_x)$ – толщина гарнисажа; $\Delta S_1 = (r_1 - r_0)$ – толщина 3 слоя; $\Delta S_2 = (r_2 - r_1)$ – толщина 2 слоя; $\Delta S_3 = (r_3 - r_2)$ – толщина 1 слоя; $\Delta S_4 = (r_4 - r_3)$ – толщина слоя между датчиками; T_1 – температура на первом датчике; T_2 – температура на втором датчике; T_x – температура на границе гарнисажа (задается равной 1150 °C); $k_{1,2,3,x}$ – коэффициенты теплопередачи соответствующего слоя.

Отсюда уравнение для расчета границы кладки при образовании гарнисажа S_x

$$S_x = r_0 + \frac{k_x \left[T_1 \cdot (r_4 - r_2) + T_2 \cdot (r_2 - r_3) + T_x \cdot k_2 (r_3 - r_4) - k_3 (T_1 - T_2) \cdot (k_1 \cdot (r_1 - r_2) - k_2 \cdot (r_1 - r_0)) \right]}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (T_1 - T_2)}. \quad (3)$$

2) В случае разгара кладки (рисунок 2) уменьшается толщина слоя ΔS_3 , тогда уравнение для определения остаточной толщины кладки принимает вид S_x

$$S_x = S_3 + \frac{k_1 \cdot \Delta S_2 \cdot \Delta S_3}{k_3 \cdot \Delta S_2 + k_2 \cdot \Delta S_3} \cdot \frac{(T_2 - T_x)}{(T_1 - T_2)}. \quad (4)$$

При текущем расчете необходимо проверять расчетное значение S_x на условие $|S_x - S_3| < 0,001$, так как возможно, что толщина 3-го слоя стала критически мала, и тогда проверочный расчет производится по следующей формуле

$$S_x = S_2 + \frac{k_1 \cdot \Delta S_2}{k_2 \cdot \Delta S_2} \cdot \frac{(T_x - T_2)}{(T_2 - T_1)}. \quad (5)$$



Рисунок 2 – К постановке задачи при разгаре кладки

Эта же формула применима для случая, когда третий слой полностью сгорел ($S_x < S_3$). Для условий, когда имеются показания трех или более датчиков на одном уровне, уравнения остаются теми же, но при этом необходимо использовать заданные парные коэффициенты, т.е. учитывать степень доверия показаниям датчиков. Аналогичные формулы

можно получить для расчета толщины кладки лещади, где количество слоев обычно больше 5.

Из приведенных выше уравнений для одномерного стационарного теплового потока через многослойную стенку, рассчитав радиус границы внутреннего слоя и зная T_x (1150 °С) и значение на датчиках (T_1 и T_2) с помощью линейной интерполяции (или любой другой) достаточно просто найти распределение температур по толщине кладки в области закладки датчиков. Более сложная задача стоит при определении распределения температурных кривых между группами датчиков по радиусу в лещади или в боковых стенках доменной печи. Математически строгим решением было бы использование различных известных численных методов для разностных схем, однако такой подход требует существенных компьютерных ресурсов и машинного времени, поэтому было принято решение на данном этапе использовать более простой вариант расчета температур между узлами (группами) датчиков - с помощью аппроксимации кубическим сплайном [4]. Тем более что при использовании численных методов существует известная проблема сходимости результатов расчета при решении сопряжения при переходе сетки с горизонта на вертикаль (или наоборот).

При реализации предложенного подхода обеспечивается с одной стороны, быстрое действие, что актуально для принятия своевременных решений, а с другой стороны, достаточная точность расчетного метода.

Для повышения точности расчета в части учета сложного профиля нижней части доменной печи использована теорема отсчетов (Теорема Котельникова, в англоязычной литературе теорема Найквиста-Шеннона) [5–6].

Разработаны алгоритм и программа расчета. Используется система сбора, обработки и передачи информации от датчиков температур в базу данных программы.

Кроме специального программного обеспечения используются: термопреобразователи кабельные типа ХА или НН для замера температуры в футеровке горна и лещади доменной печи в точках по проекту; газоплотное устройство для вывода термопреобразователей из доменной печи, которые устанавливаются и привариваются к кожуху печи; сборные кроссовые шкафы вокруг печи в соответствии с расположением газоплотных устройств; линия связи от сборных кроссовых шкафов до шкафов в помещении пульта управления печью; компьютер, монитор и другая необходимая компьютерная техника, которые связаны через локальную сеть с контроллерами главного компьютера пульта управления.

Кабельные термопреобразователи являются стандартными средствами для замера температуры в газовой, твердой и жидкой среде, имеющими два термоэлектрода типа ХА или НН. Защитная оболочка диаметром $d = 3 \text{ mm}$ производится из специального сплава. Кабельные термопреобразователи производятся по международным стандартам и соответствуют ГОСТ Р 8.585-2001. Фотографии термопреобразователей приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Кабельные термопреобразователи

Газоплотное устройство предназначено для вывода термопреобразователей из доменной печи. Оно сделано из металлической трубы, внутри которой проходят термопреобразователи из печи, а во внутреннем пространстве трубы заливается специальная жаро-

устойчивая масса, что обеспечивает газоплотность при температуре 1000 °С и под давление 16 МПа. Фотографии приведены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Газоплотные устройства

На рисунке 5 приведено вертикальное сечение горна доменной печи № 4 объемом 3200 м³ металлургического комбината «Jinan Iron & Steel Company» (г. Цзинань, провинция Шаньдун, КНР) для азимутов 240° и 60°. На рисунке 5 видно расположение термопар (всего их 683). Информация о прогаре в тех местах, где датчиков нет, может быть получена расчетом по заданному алгоритму с учетом показаний нескольких рядом расположенных термопар.

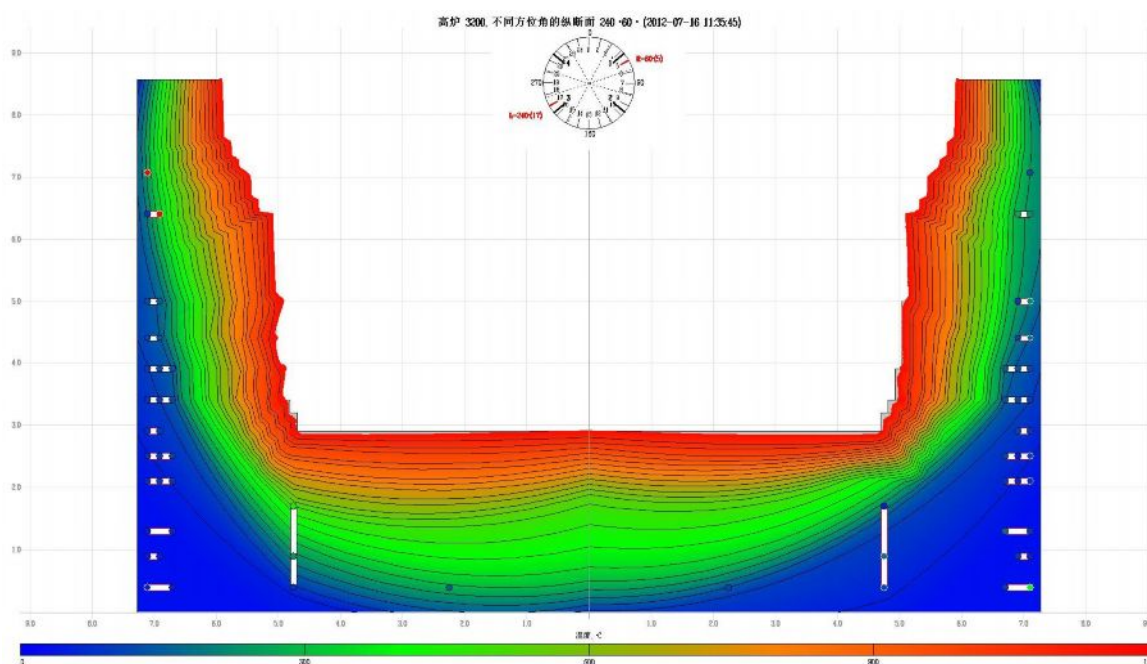


Рисунок 5 – Вертикальное сечение горна доменной печи № 4 объемом 3200 м³ металлургического комбината «Jinan Iron & Steel Company» по азимутам 240° и 60°

Разработаны также алгоритмы и программные модули расчета остаточной толщины огнеупорной кладки горна печи и распределения температур в объеме футеровки горна печи по горизонтальным и вертикальным сечениям, позволяющие оперативному персоналу производить текущий анализ и контроль работы доменной печи.

Все внимание оперативного персонала при использовании программы сосредоточено на трех формах (окнах). Это окно, в котором отображено вертикальное сечение доменной печи, окно горизонтального сечения и окно для отображения изменения параметров во времени. Основная часть экрана в режиме вертикального вида используется для вывода двух радиальных сечений доменной печи. Чертеж доменной печи занимает большую часть

экрана, а о масштабе можно судить по координатной сетке, поверх которой построены сечения. Значения координат (высота, радиус) приведены в метрах.

Данная система установлена также на доменных печах: № 2 объемом 1080 м³ металлургического комбината «Henan Jiuyan Iron & Steel (Group) Company» (г. Цзиюань, провинция Хэнань, КНР) и № 4 объемом 2500 м³ металлургического комбината «Guangxi Liuzhou Iron & Steel (Group) Company» (г. Лючжоу, Гуанси-Чжуанский автономный район, Китай). На печах установлено 212 и 383 термопары, соответственно. В марте 2013 года во время капитального ремонта система также установлена на доменной печи № 3 объемом 1750 м³ металлургического комбината «Jinan Iron & Steel Company» (г. Цзинань, провинция Шаньдун, КНР) и запущена в режиме контроля температур (524 термопары) во время задувки печи и разогрева кладки горна.

Таким образом, разработана и внедрена на ряде металлургических заводов Китая новая система контроля разгара огнеупорной футеровки горна доменной печи, включающая математическое описание, алгоритм и компьютерную программу расчета двумерных температурных полей в любом вертикальном и горизонтальном сечении футеровки горна доменной печи на основе показаний датчиков температур.

Работа выполняется при поддержке и непосредственном участии российской фирмы СККОНТ (Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Северная компания комплектующего оборудования и новых технологий»).

Библиографический список

1. Hong-bo Zhao, Shou-feng Huo, Shu-sen Cheng. Study on the early warning mechanism for the security of blast furnace hearths. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials Volume 20, Number 4, April 2013, Page 345–353.
2. Диагностика состояния футеровки доменных печей по температурному полю кладки / Н.А. Спиринов, Ю.В. Федулов, В.С. Новиков, В.С. Швыдкий, В.В. Лавров // Сталь. – 1997. – № 10. – С. 13–16.
3. Телегин А.С., Швыдкий А.С., Ярошенко Ю.Г. Тепломассоперенос. – М.: Металлургия, 1995. – 400 с.
4. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
5. H. Nyquist. Certain topics in telegraph transmission theory // Trans. AIEE. 1928. Vol. 47. Pp. 617–644.
6. Басараб М.А., Зелкин Е.Г., Кравченко В.Ф., Яковлев В.П. Цифровая обработка сигналов на основе теоремы Уиттекера-Котельникова-Шеннона. – М.: Радиотехника, 2004. – 69 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ЭНЕРГОУТИЛИЗАЦИИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Оленников А.А., Цымбал В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Традиционная металлургия и энергетика, базирующаяся на органическом топливе, достигли определенного предела возможности дальнейшего качественного совершенствования. Сквозной КПД исходного топлива на металлургических комбинатах полного цикла составляет около 20 %, а в топливной энергетике – 37 %, т.е. около двух третей энергии исходного топлива выбрасывается в окружающую среду.

Несколько лучшие показатели имеют технологические схемы прямого восстановления (бескоксовой металлургии), где развивается два технологических направления: твердо- и жидкофазное восстановление. Следует подчеркнуть, что в первом из этих направлений (например, шахтные печи «МИДРЕКС» [1]) повторяется та же самая нелогичность (с точки

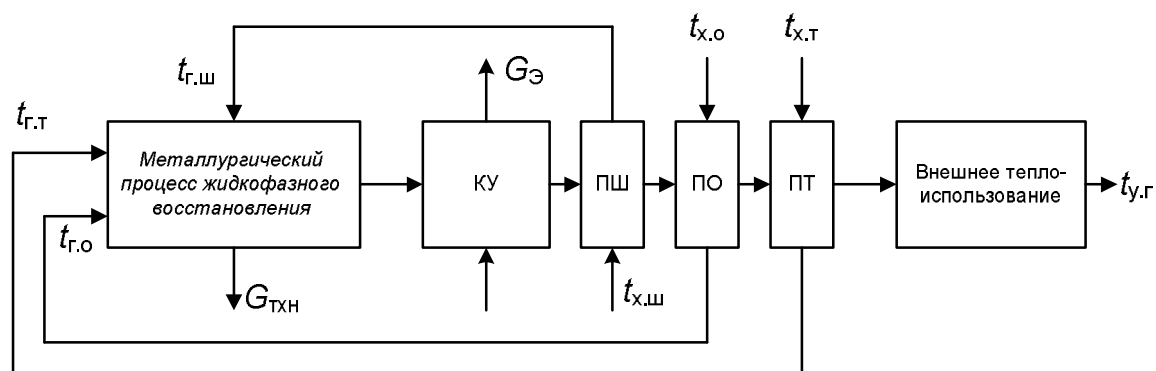
зрения глобальной экономии энергии), что и в традиционной (агло-коксо-доменной) технологии: сырье дробится для обогащения, затем окомковывается. И подается в плавильный агрегат. При этом реакционная поверхность уменьшается в десятки и даже сотни раз. Окомкованный материал требует большого времени пребывания, что приводит к большим объемам агрегатов и значительным капитальным и энергетическим затратам.

При жидкофазном восстановлении имеется возможность устранить эту нелогичность и использовать большую реакционную поверхность пылевидных материалов, однако остается свойственный прямому восстановлению недостаток – большие потери химического и физического тепла с отходящими газами.

Попытки использовать хотя бы часть этого тепла в самом технологическом агрегате, например, путем дожигания СО над шлаком, как это пытались делать в процессе «РОМЕЛТ» [1], не дали положительных результатов, так как при этом ухудшаются технологические показатели (степень восстановления). Определенных успехов в решении этой задачи удалось добиться в процессе «КОРЕКС» за счет подключения к технологическому агрегату теплоэнергетических установок: парового котла, паровой и газовой турбин. Благодаря этому «КОРЕКС» [1, 2] стал конкурентоспособен с доменным процессом. Однако из-за комбинации твердофазного восстановления с жидкофазным этот агрегат является достаточно громоздким и весьма капиталоемким.

В предлагаемой статье предпринята попытка решить аналогичную проблему применительно к струйно-эмульсионному агрегату типа СЭР [3]. В связи с тем, что в этом агрегате рабочая смесь (газовзвесь или эмульсия) полностью замкнута от атмосферы и находится под повышенным давлением, облегчается задача подключения к технологическому агрегату теплоиспользующих устройств. При этом не требуются специальных побудителей расхода для проталкивания потока отходящих газов через теплоутилизирующие устройства и можно гибко управлять перераспределением энергии между основным технологическим агрегатом и теплоутилизирующими устройствами.

Современная энергетика знает достаточно способов утилизации энергии отходящих газов. Наибольший интерес представляет комбинированный [4, 5], так как появляется возможность использовать энергию газов более эффективно. При таком способе тепловые отходы технологических камер используют как для внутреннего регенеративного, так и для внешнего теплоиспользования. Полученная тепловая энергия может использоваться очень широко как в самом процессе (подогрев сырья, окислителей, шихты), так и во внешнем теплоиспользовании (рисунк 1).



КУ – котел-утилизатор; ПШ, ПО и ПТ – подогреватели шихты, окислителя и топлива; $t_{x,т}$ и $t_{г,т}$ – температура топлива на входе и выходе; $t_{x,o}$ и $t_{г,o}$ – температура окислителя на входе и выходе; $t_{x,ш}$ и $t_{г,ш}$ – температура шихты на входе и выходе, $t_{y,г}$ – температура отходящих газов; $G_{ТХН}$ и $G_{Э}$ – выход технологической и энергетической продукции

Рисунок 1 – Комбинированная схема использования энергии отходящих газов металлургических агрегатов

Расчет конкретного варианта утилизации энергии является сложной задачей [6], как в структурном, так и в параметрическом плане. При этом необходимо знать цели использования утилизируемых вторичных энергетических ресурсов, а также выполнить значительную часть расчетов.

Для решения этих задач на основе разработанных математических моделей и алгоритмов создан программный продукт «SKV_Sapr» в среде Delphi с использованием объектно-ориентированного подхода к программированию, а также технологии многопоточных приложений. 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 задачу программного продукта входит:

- компоновка схемы утилизации энергии отходящих газов;
- конструктивный расчет теплоэнергетических установок, используемых в схеме;
- расчет количества тепла, воспринятого установками энергоутилизации;
- оценка потерь давления по газовому тракту, включая энергоутилизаторы;
- расчет физических параметров отходящих газов на каждом участке газового тракта;
- поиск оптимального варианта теплоэнергетической установки и всей схемы с участием эксперта;
- выдача технической документации и рекомендаций по проектированию.

При этом были реализованы следующие классы: TKotel, TKs, TGt, TCikl, TGrCikl, TEf, TKonvers, TSush – реализующие решения уравнений сложного теплообмена и газодинамики энергетических установок; TGazK, THeatK – реализующий решение уравнений газовой динамики и теплообмена по газходам; TOptimiz – для поиска оптимального варианта. В составе программного пакета присутствуют модели теплоэнергетических установок, используемые в современном проектировании, модели сложного теплообмена газодинамики, а также модель для поиска оптимального варианта по заданному критерию.

На начальном этапе моделирования, задаются технические условия и выходные параметры отходящего газа металлургического агрегата: состав, расход, давление, температура. В соответствии с названием проекта создаются рабочие файлы и формируются пути к ним. Далее выполняется компоновка схемы энергоутилизации (рисунок 2), при этом возможно обращение к базе данных с целью выбора предлагаемого варианта, рассчитанного ранее, либо конструирования нового. Далее вычисляют термодинамические параметры отходящего газа на основе известных термодинамических законов и приступают к описанию и вводу необходимых данных для теплоэнергетических установок.

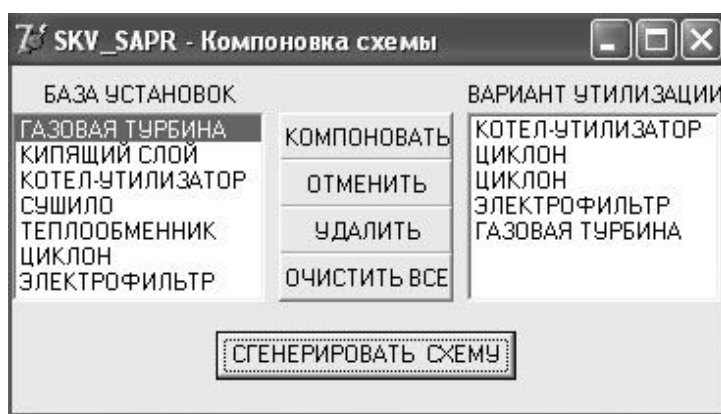


Рисунок 2 – Создание схемы энергоутилизации

При этом возможно обращение к расширяемым базам данных, которые разработаны в среде Microsoft Access и содержат, нормативную, конструкторскую, теплофизическую и энергетическую документации стандартных моделей, предлагаемых заводом-изготовителем, либо сконструированных самостоятельно. По завершению ввода данных выполняются расчеты и выводятся результаты по текущей энергоутилизирующей установке. Далее полученные результаты оцениваются экспертом, если необходимо вносятся необходимые изменения в конфигурацию установки и выполняются перерасчеты. Далее приступают к проектированию последующих установок. По завершению работы над последним энергоутилизатором, находящимся в схеме, выполняется расчет, по результатам которого определяют окончательные конструкторские параметры установок, возможное усвоение ими тепловой энергии, потери давления на каждом участке схемы, определение термодинамических параметров газа и его калорийности. Введено понятие сквозного коэффициента использования тепловой энергии [6], который также определяется по комплексному расчету схемы. Полученное значение этого коэффициента дает возможность оценить степень использования энергии отходящих газов, при этом добиваются его максимизации, применяя известные методы оптимизации с установленными ограничениями.

На рисунке 3 представлена схема утилизации энергии отходящих газов разработанная на программе «SKV_Sapг». В этой схеме физическое тепло используется в котле-утилизаторе, затем выработанный пар подается на паровую турбину, где установлен электрогенератор, который вырабатывает электрическую энергию, используемую потребителями. Физическое тепло через конденсатор и теплообменник подается в центральный тепловой пункт для использования тепловой энергии в различных целях. Температура на этом этапе снижается с 1550 до 800 °С. Остальное тепло после газоочистки подается в газотурбинную установку, где генератором вырабатывается электроэнергия, которая используется в кислородных блоках. Кислород компрессором, находящимся на валу газовой турбины подается в металлургический агрегат. Использование кислорода в металлургическом агрегате позволяет избавиться от азота в отходящих газах и существенно упростить газоочистные системы, а также улучшить экологию за счет исключения оксидов азота. Товарный азот в свою очередь используется для технологических целей. Температура газов в газовой турбине снижается с 800 °С до 200 – 300 °С. Далее газ с данной температурой подается в сушила, где температура газов может быть снижена до 50 °С и с помощью теплообменника также используется для производства товарной воды. Заключительной ступенью является тепловой насос, в котором используется низкопотенциальное тепло от 50 до 20 °С.

Таким образом, благодаря повышенному давлению и полному замыканию процесса в объеме самого технологического агрегата и в рассмотренных цепочках теплоутилизирующих устройств практически весь температурный потенциал физического тепла продуктов горения (от 1550 до 20 °С) и их химический потенциал используются в тех или иных теплоутилизирующих устройствах.

Если все тепло, затраченное на нагрев металла и шлака считать как полезно использованное (в принципе можно утилизировать и также тепло остывающего металла и шлака), то в данной схеме энергия исходного топлива, шихтовых материалов и химических реакций используется почти на 100 %.

Если же считать сквозной энергетический КПД по получаемым продуктам вторичного использования энергии, то он зависит от того, какие из представленных в схеме вариантов используются для утилизации тепла: получение горячей воды, пара, электрической энергии или синтез-газа.

В этом смысле наиболее эффективным вариантом является химическая регенерация энергии в реформере газа с получением энергетического или синтез-газа. В этом случае можно получить полностью бездымный процесс, поскольку отходящие газы (дым) путем пропускания их через решетку с раскаленным коксом и вдувания пара преобразовываются в высококалорийный газ или даже в синтез-газ, пригодный для получения экологически чистого моторного топлива, например, демитилового эфира. При этом температура продуктов

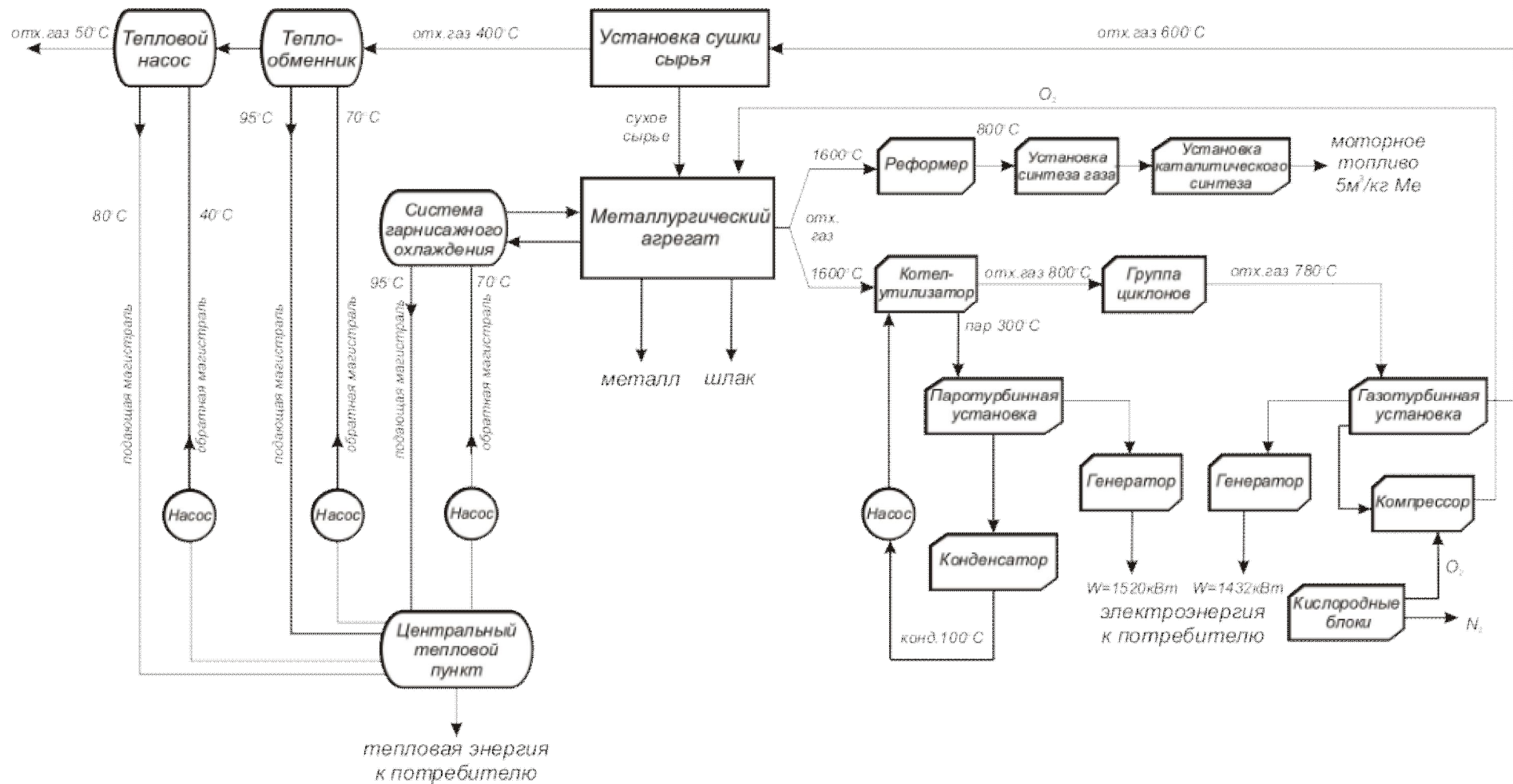


Рисунок 3 – Полученная схема утилизации энергии отходящих газов на программе «SKV_Sarg»

горения снижается, например, с 1550 до 700–800 °С, то есть физическое тепло превращается в химическую энергию более калорийного и весьма ценного газа. Таким образом, на этом этапе вся физическая и химическая энергия дыма используется полностью.

Также при помощи данного программного продукта возможно определение потерь давления на каждом участке газохода, а также количество утилизируемого тепла.

Использование данного программного комплекса позволяет сократить затраты времени на проектирование, а использование технологий баз данных дает возможность накапливать проектные решения и производить мгновенные перерасчеты с измененными параметрами. Программа также может использоваться для проведения вычислительных экспериментов по методике имитационного моделирования; исследования процессов теплообмена, состава и теплофизических параметров газа в газовом тракте и в энергоутилизирующих установках; исследования потерь давления в газоходах, последовательно подключенных теплоутилизаторов и систем газоочистки; автоматизированного проектирования вариантов утилизации вторичной энергии отходящих газов агрегатов струйно–эмульсионного типа, что позволяет ускорить процесс проектирования и повысить точность расчетов; оптимизации конструкции энергоутилизаторов; обучения студентов и повышения квалификации обслуживающего персонала.

Библиографический список

1. Курунов И.Ф., Савчук Н.А. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа. – М.: Черметинформация, 2002. – 198 с.
2. Эберле А., Зиука Д., Бем К., и др. // Черные металлы. – 2003. – № 11. – С. 59 – 64.
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: Учеб. пособие / Под редакцией В.П. Цымбала. СибГИУ – Новокузнецк, 2005. – 264 с.
4. Войнов А.П. и др. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты / А.П. Войнов, В.А. Зайцев, Л.И. Куперман, Л.Н. Сидельковский; – М.: Энергоиздат, 1989. – 272с.
5. Семененко Н.А. Организация теплоиспользования и энерготехнологическое комбинирование в промышленной огнетехнике – М.: Энергия, 1976. – 280 с.
6. Оленников А.А. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления / Оленников А.А., Цымбал В.П. // Изв. Вузов. Чер. металлургия. – 2008. – № 6. – С. 43–51.

СОЗДАНИЕ МНЕМОСХЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA-СИСТЕМ

Шипунов М.В., Ивушкин К.А., Грачев В.В., Циряпкина А.В.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

Объединенная компания «Сибшахтострой»,

г. Новокузнецк

Взаимодействие диспетчера (оператора) с системой автоматизации управления (САУ) промышленным комплексом осуществляется с помощью человеко-машинного интерфейса (НМИ – *Human-Machine Interface*) диспетчерской (операторской) станции. Чаще всего НМИ реализуется с помощью мнемосхем промышленных комплексов, разработанных с помощью SCADA-систем (*Supervisory Control And Data Acquisition System* – система оперативно-диспетчерского управления и сбора данных) [1].

Примеры таких мнемосхем приведены на рисунках 1–3.

Проектирование и создание мнемосхем регламентируется множеством стандартов [2–10]. Основные требования, предъявляемые к мнемосхемам промышленных комплексов в соответствии с этими стандартами, можно сформулировать следующим образом.

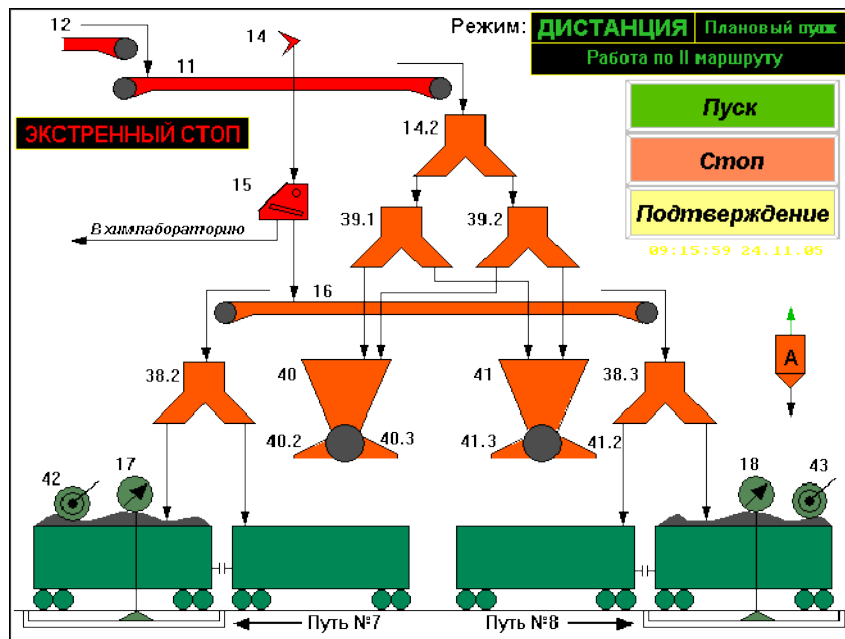


Рисунок 1 – Мнемосхема промышленного корпуса погрузки углеобогатительной фабрики

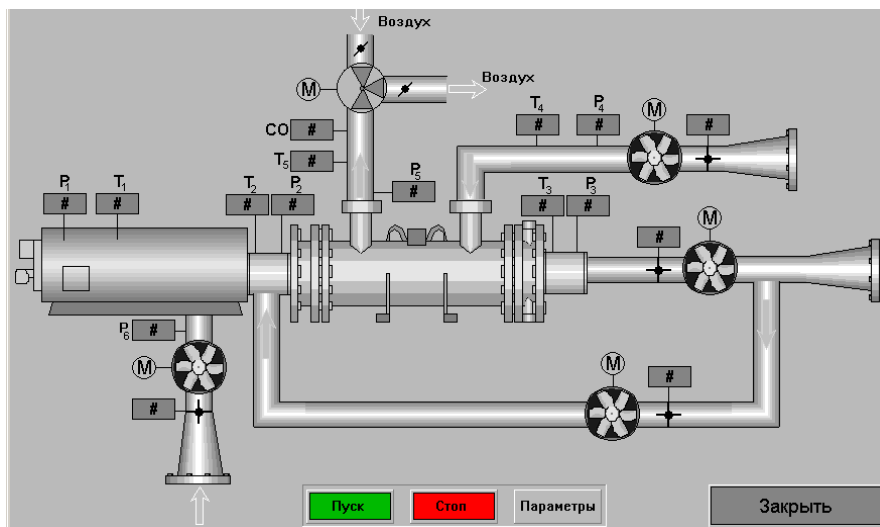


Рисунок 2 – Мнемосхема воздухонагревательной установки угольной шахты

1. Мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы диспетчеру (оператору) для контроля и управления промышленным комплексом.
2. Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами.
3. При компоновке мнемосхемы должно быть обеспечено пространственное соответствие между расположением элементов на мнемосхеме и расположением органов управления на пульте управления. При этом должны учитываться привычные ассоциации диспетчера (оператора).
4. Соединительные линии на мнемосхеме должны быть сплошными, простой конфигурации, минимальной длины и иметь наименьшее число пересечений. Следует избегать большого числа параллельных линий, расположенных рядом.
5. Форма и размеры панелей мнемосхемы должны обеспечивать диспетчеру (оператору) однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов.

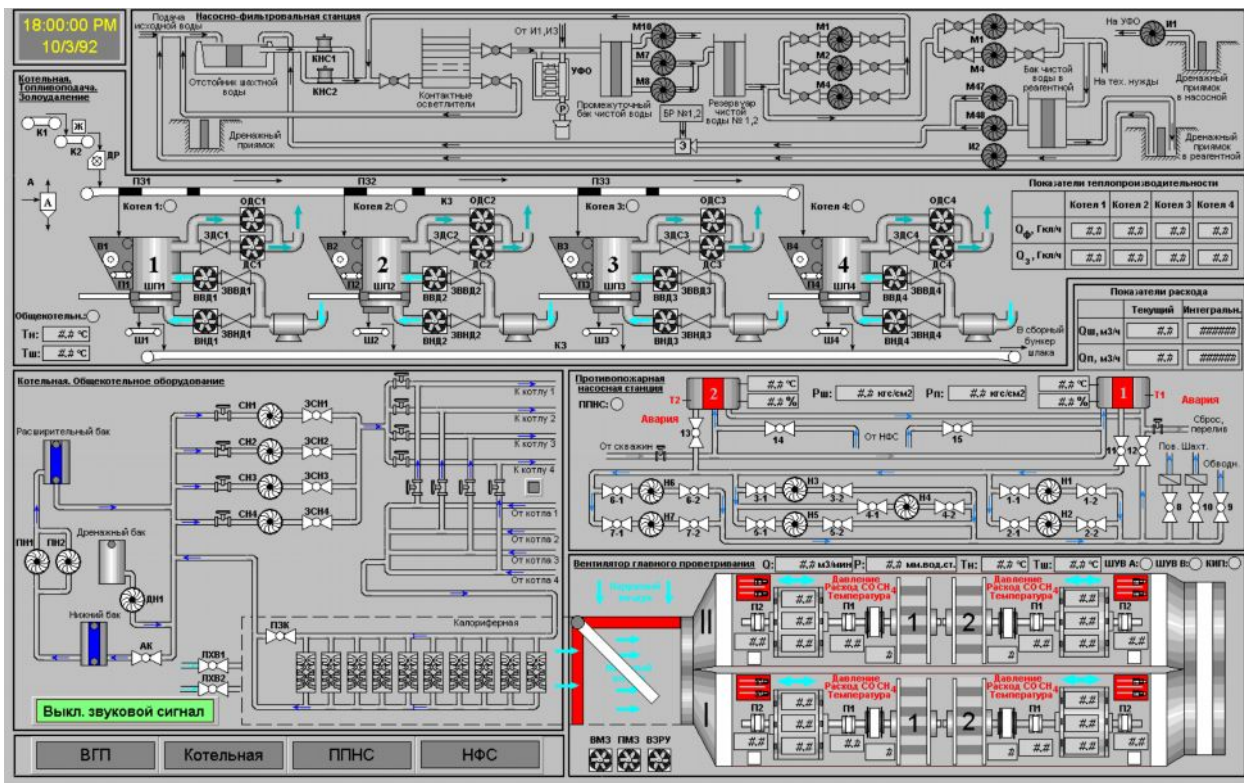


Рисунок 3 – Мнемосхема технологических процессов наземного комплекса угольной шахты

Процесс создания мнемосхем промышленных комплексов с использованием SCADA-систем укрупненно можно разделить на несколько этапов:

- анализ исходных данных по промышленному комплексу;
- создание статических элементов мнемосхемы промышленного комплекса;
- создание базы данных параметров технологического процесса (базы данных тегов);
- написание скриптов обработки событий;
- наложение элементов анимации на статические элементы мнемосхемы;
- отладка и размещение мнемосхемы.

Рассмотрим каждый из этапов более подробно на примере создания мнемосхемы промышленного комплекса углеобогащения обогатительной фабрики (ОФ) (рисунок 4) с помощью SCADA-системы InTouch корпорации Wonderware (США).

Этап 1. Анализ исходных данных. На первом этапе создания мнемосхемы промышленного комплекса ОФ был проведен анализ исходных данных:

- схемы цепи агрегатов;
- схемы автоматизации технологического процесса;
- технологического регламента промышленного комплекса;
- режимов работы промышленного комплекса.

В результате анализа были сделаны следующие выводы.

1. Все агрегаты и системы ОФ разделены по характеру участия непосредственно в технологическом процессе комплекса на две группы:

- *технологически взаимосвязанные* агрегаты и системы комплекса, образующие технологическую схему. Совместное функционирование таких агрегатов и систем обеспечивает протекание технологического процесса и его безопасность;

- *автономные* агрегаты и системы. Функционирование таких агрегатов и систем не связано жестко с функционированием агрегатов технологической схемы и не оказывает непосредственного влияния на ход и безопасность технологического процесса.

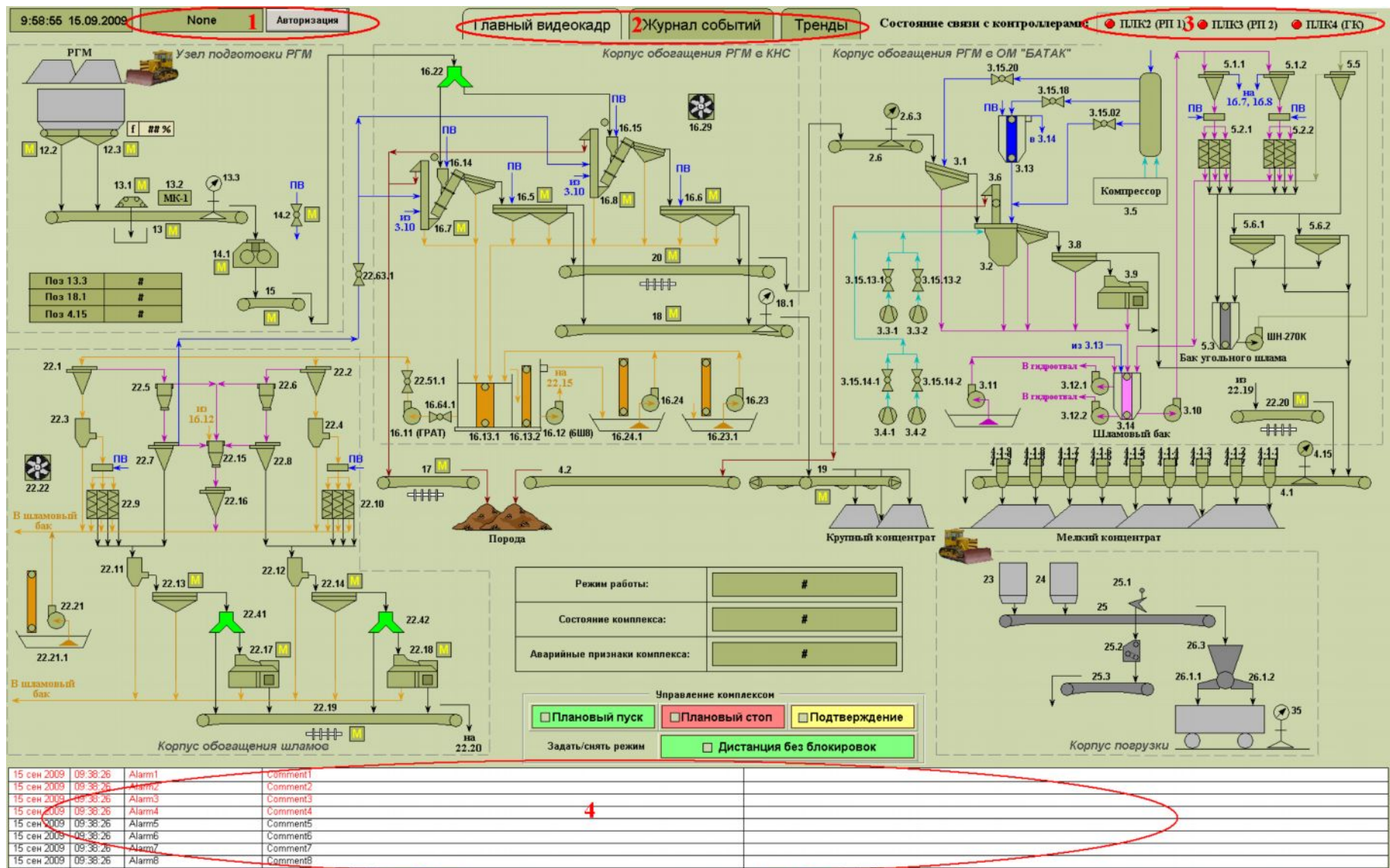


Рисунок 4 – Мнемосхема промышленного комплекса углеобогащения обогатительной фабрики

2. Технологически взаимосвязанные агрегаты и системы ОФ включены в технологический регламент промышленного комплекса.

3. В САУ промышленным комплексом ОФ предусмотрено три основных режима управления [11] – «Автомат», «Дистанция», «Местный» и один дополнительный – «Локальный местный». Режим «Локальный местный» необходим для кратковременной остановки какого-либо агрегата технологической цепи для осмотра и мелкого ремонта без аварийной остановки цепи технологически взаимосвязанных агрегатов.

После анализа исходных данных по ОФ перешли к созданию ее статических элементов мнемосхемы.

Этап 2. Создание статических элементов мнемосхемы. Создание статических элементов мнемосхемы промышленного комплекса ОФ осуществлялось в среде разработки и конфигурирования SCADA-системы InTouch WindowMaker как с помощью простых объектов, так и с помощью сложных.

Простые объекты использовались для создания мнемонических изображений большинства технологических агрегатов. Например, для создания конвейера потребовалось два элемента «круг» (Ellipse) и один элемент «прямоугольник» (Rectangle), для дробилки – два элемента «круг» (Ellipse), два элемента «прямоугольник» (Rectangle) и один элемент «многоугольник» (Polygon) (рисунок 5).

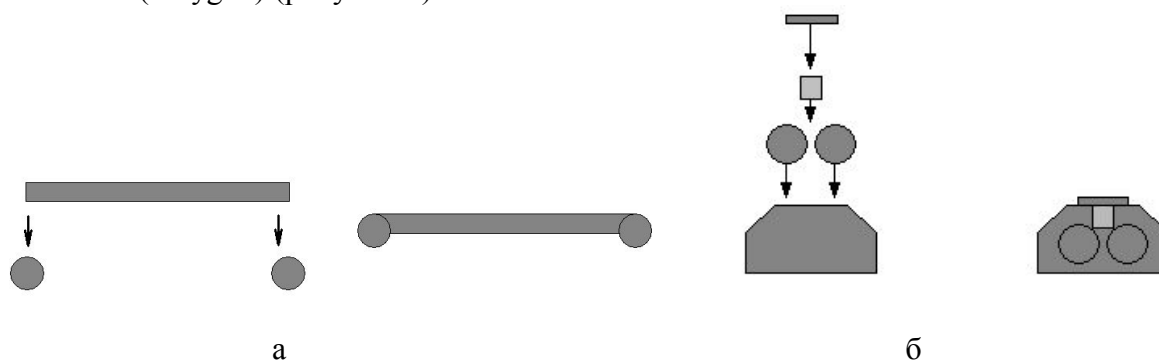


Рисунок 5 – Создание мнемонических изображений технологических агрегатов: конвейера (а) и дробилки (б)

Сложные объекты применялись для разработки мнемонических изображений некоторых агрегатов и элементов управления, обладающих сложным функционалом и большой трудоёмкостью их создания. Например, для создания таблицы алармов (тревог) использовался объект из библиотеки мастера (Wizard, ActiveX Control) – «AlarmViewerCtrl», для создания мнемонического изображения вентилятора использовался объект из библиотеки мастера (Wizard, Symbol Factory) – «Cool Fan» (рисунок 6).

Итоговую статическую мнемосхему промышленного комплекса ОФ (рисунок 4) условно можно разделить на три части: верхний фрейм, основной фрейм и нижний фрейм.

Верхний фрейм содержит:

- элементы авторизации (рисунок 4, область 1) для регистрации пользователей в системе;
- набор закладок (рисунок 4, область 2) для смены мнемосхемы технологического комплекса ОФ и дополнительных видеокадров в области основного фрейма;
- панель диагностики соединения с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) (рисунок 4, область 3).

В области *нижнего фрейма* расположена таблица алармов (рисунок 4, область 4) для отображения всех тревог и событий, сконфигурированных в системе, в реальном масштабе времени.

В область *основного фрейма* первоначально, при загрузке среды исполнения SCADA-системы InTouch WindowViewer, помещается мнемосхема промышленного комплекса ОФ, отображающая технологическое оборудование и схему материальных потоков.

При необходимости в область основного фрейма могут быть помещены дополнительные видеокadres: «Журнал событий», «Тренды» для отображения архивной информации об авариях и событиях, зафиксированных в системе, в табличном и графическом виде.

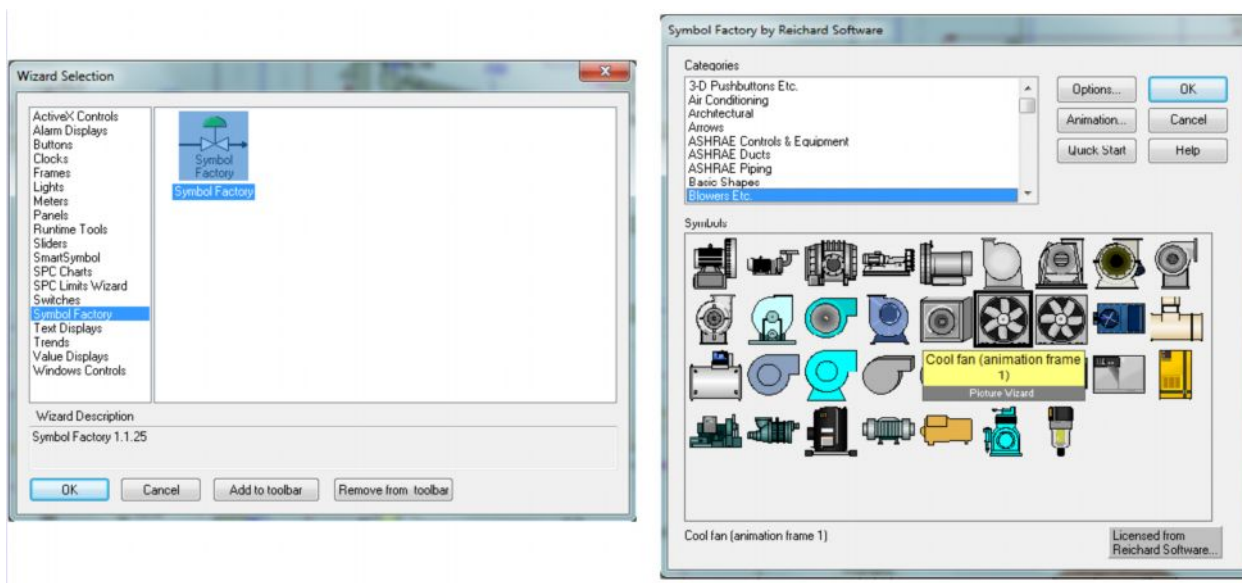


Рисунок 6 – Объект библиотеки «Cool Fan» для создания мнемонического изображения вентилятора

По завершении создания статических элементов мнемосхемы приступили к формированию базы данных параметров технологического процесса.

Этап 3. Создание базы данных параметров технологического процесса (базы данных тегов). Для эффективной работы мнемосхемы промышленного комплекса ОФ потребовалось использование внешних тегов (I/O Tags), внутренних тегов (Memory Tags) и трендовых тегов (Hist Trend Tags).

Внешние теги (I/O Tags) были использованы для:

а) информационного отображения физических сигналов с ПЛК:

– дискретные сигналы (I/O Discrete Tags). Например, сигнал датчика схода ленты конвейера (рисунок 7), сигнал датчика верхнего уровня емкости, признак работы насоса и т.п.;

– аналоговые целочисленные сигналы (I/O Integer Tags). Например, сигнал датчика уровня, процент открытия задвижки, частота питателя и т.п.;

– аналоговые вещественные сигналы (I/O Real Tags). Например, показания конвейерных весов, сигнал датчика давления, ток двигателя и т.п.;

б) отправки команд диспетчера на изменение параметра технологического процесса:

– дискретные команды (I/O Discrete Tags). Например, команда диспетчера на плановый пуск технологического комплекса, команда диспетчера на пуск/останов технологического агрегата;

– аналоговые команды (I/O Integer Tags, I/O Real Tags). Например, задание процента открытия задвижки, задание частоты питателя и т.п.

в) связи с внешними, по отношению к SCADA-системе, приложениями. Например, отсылка показаний по весам в суточный отчет, в приложение Excel, запись показаний датчика уровня в таблицу сторонней базы данных и т.п.

Внутренние дискретные теги (Memory Discrete Tags) использовались для:

– хранения значения флажковых кнопок «CheckBox» на видеокadre «Тренды». Например, тип тренда: 0 соответствует тренду реального времени, 1 – историческому тренду;

– хранения значения о качестве соединения с ПЛК. Например, значение тега

Connection_failure_plc1 равно 0 сигнализирует о нормальном информационном обмене с PLC1, значение 1 говорит о существовании проблем при обмене информацией;

– хранения значения о статусе выполнения запроса к базе данных. Например, значение тега Query020 равно 1 говорит об успешном выполнении запроса №20, 0 – запрос не выполнен.

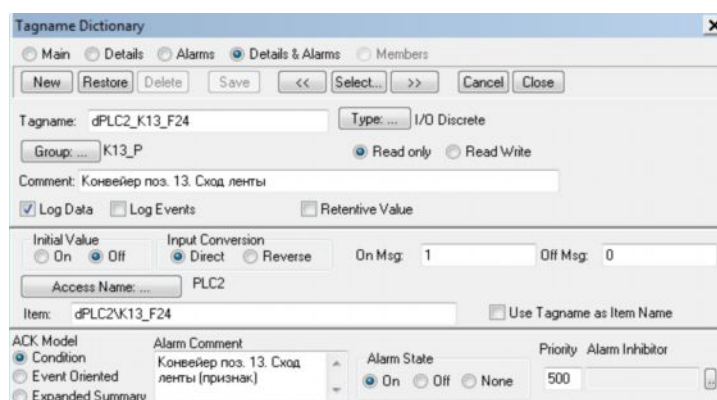


Рисунок 7 – Настройки тега dPLC2_K13_F24, связанного с датчиком схода ленты конвейера поз.13

Внутренние целочисленные теги (Memory Integer Tags) были использованы для хранения:

– значений текущего состояния технологических агрегатов (0 – Нет связи, 1 – Неготовность, 2 – Работа, 3 – Пуск, 4 – Авария, 5 – Стоп).

– детальной информации о состоянии связи с ПЛК (0 – соединение не установлено, причина неизвестна; 1 – соединение установлено, обмен идет в штатном режиме; 2 – соединение не установлено, проблема конфигурации ПЛК; 3 – соединение не установлено, аппаратная проблема ПЛК; 4 – соединение не установлено, проблема линии связи; 5 – соединение установлено, обмен идет в нештатном режиме, например, превышает время опроса);

– информации о текущем режиме работы промышленного комплекса (0 – режим не выбран, 1 – режим «Автомат», 2 – режим «Дистанция», 3 – режим «Местный»).

Внутренние вещественные теги (Memory Real Tags) хранят в себе показатели и параметры, рассчитанные в SCADA-системе, например, данные по массе, зольности, влажности и т.п.

Внутренние строковые теги (Memory Message Tags) использованы для хранения в SCADA-системе записей в текстовом виде. Например, тег SostOF хранит в себе строку с текущим состоянием технологического комплекса ОФ (0 – «Комплекс остановлен»; 1 – «Плановый пуск комплекса»; 2 – «Плановый останов комплекса»; 3 – «Работа комплекса»; 4 – «Неготовность технологического комплекса»; 5 – «Авария технологического комплекса»; 6 – «Экстренный стоп»).

Запись соответствующих значений во внутренние теги (Memory Tags) осуществляется с помощью скриптов обработки событий, создаваемых и конфигурируемых на следующем этапе.

Этап 4. Написание скриптов обработки событий. При создании мнемосхемы промышленного комплекса ОФ было создано большое количество скриптов:

– скрипты инициализации, выполняющиеся при запуске SCADA-системы и устанавливающие начальные значения тегов;

– скрипты-таймеры, выполняющиеся периодически;

– скрипты условия, запускающиеся при определенных соотношениях параметров;

– скрипты процедур определения текущего состояния технологических агрегатов;

– скрипты процедур выдачи команд на пуск/останов промышленного комплекса,

технологических агрегатов;

– скрипты процедур определения наличия/отсутствия связи с контроллерами и т.д.

Для примера рассмотрим *процедуру выдачи команд на пуск/останов технологического агрегата*, как наиболее показательную с точки зрения демонстрации возможностей встроенного языка программирования SCADA-системы InTouch. Данная процедура реализуется при помощи скрипта Action-Touch Pushbuttons графического элемента кнопка Button (по нажатию на кнопку) и скрипта Condition (по изменению логического выражения).

Для выдачи команды на пуск/останов агрегата диспетчер (оператор) нажимает на соответствующую кнопку «Пуск»/«Останов» на всплывающем окне технологического агрегата, запуская связанный с ней скрипт.

Скрипт Condition отслеживает отсылку команды на пуск/останов в течение определенного промежутка времени (условие выполнения скрипта: While True), и по его истечении обнуляет команду во избежание «самоподхвата» (случайного запуска) агрегата.

Например, процедура пуска грохота поз.16.5 реализована следующим образом.

1. По нажатию кнопки «Пуск» всплывающем диагностическом окне «Грохот поз.16.5» (рисунок 8) осуществляется выполнение скрипта Action-Touch Pushbuttons (рисунок 9):

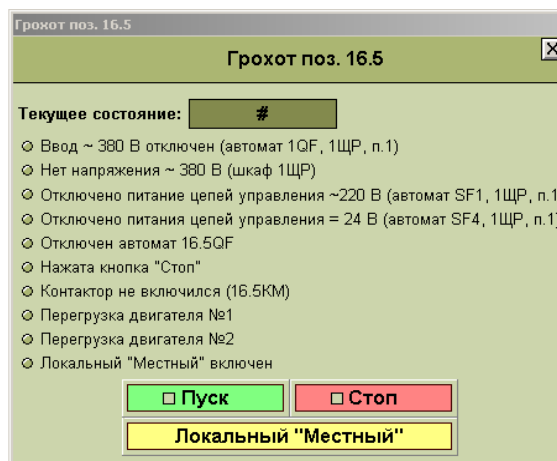
$$\begin{aligned}dPLC2_OFF_GR16_5_CO&=0; \\dPLC2_ON_GR16_5_CO&=1;\end{aligned}$$


Рисунок 8 – Всплывающее диагностическое окно «Грохот поз.16.5»

В первой строке скрипта: $dPLC2_OFF_GR16_5_CO=0$ осуществляется обнуление команды на останов грохота поз.16.5. Данный шаг позволяет избежать одновременной отсылки двух команд: на пуск и останов грохота.

Во второй строке скрипта: $dPLC2_ON_GR16_5_CO=1$ производится присвоение единицы тегу команды на пуск грохота поз.16.5.

2. Скрипт Condition отслеживает выполнение условия на пуск грохота (рисунок 10):

$$dPLC2_OFF_GR16_5_CO == 1;$$

отсчитывает 3 секунды и обнуляет тег команды на пуск: $dPLC2_ON_GR16_5_CO=0$.

По окончании этапа создания скриптов обработки событий приступили к анимированию мнемосхемы.

Этап 5. Анимирование мнемосхемы. Обобщенное отображение информации о текущем состоянии агрегатов промышленного комплекса ОФ было осуществлено в соответствии с признаками, формируемыми в САУ по результатам контроля, во-первых, посредством цветовой индикации мнемонического изображения этого агрегата или изменения взаимного положения элементов агрегата (например, вращение крыльчатки вентилятора), во-вторых, текстом в поле информационного табло всплывающих окон:

- серый цвет – агрегат выключен и готов к включению (состояние «Стоп»);
- зеленый цвет - агрегат включен (состояние «Работа»);
- зеленый цвет мерцающий - агрегат находится в состоянии «Пуск»;
- желтый цвет – агрегат выключен и не готов к включению (состояние «Неготовность»);
- красный цвет – агрегат находится в состоянии «Авария»;
- белый цвет – информация о состоянии агрегата неизвестна («Нет связи»).

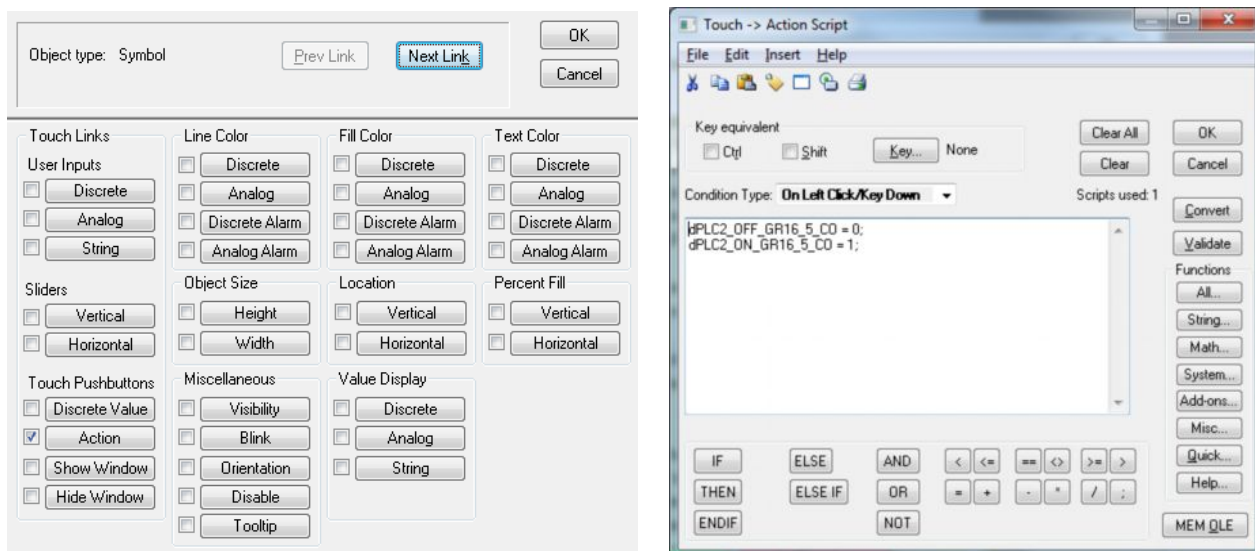


Рисунок 9 – Реализация скрипта Action-Touch Pushbuttons процедуры выдачи команды на пуск агрегата

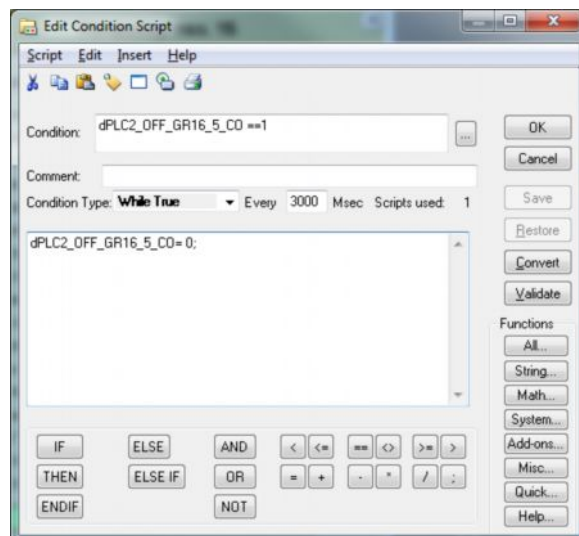


Рисунок 10 – Реализация скрипта Condition процедуры выдачи команды на пуск агрегата

Детальная информация о текущем состоянии агрегата, причинах его неготовности или аварии дается в виде текстовых сообщений на всплывающих диагностических окнах, вызываемых по команде диспетчера (рисунок 8). Текстовые сообщения (аварийные или предупреждающие признаки) выделяются черным цветом на фоне прочих сообщений для привлечения внимания диспетчера о нарушении работы оборудования.

Информация о режиме работы комплекса ОФ («Автомат», «Дистанция», «Местный»), о текущим состоянии комплекса («Комплекс остановлен», «Плановый пуск комплекса», «Плановый останов комплекса», «Работа комплекса») и об аварийных признаках

комплекса («Неготовность технологического комплекса», «Авария технологического комплекса», «Экстренный стоп») отображается в таблице, расположенной в нижней центральной части основного видеокadra над таблицей алармов.

О состоянии связи диспетчерской станции с контроллерами технологических комплексов можно судить по диагностическим лампочкам, расположенным в верхней части экрана монитора диспетчерской станции (рисунок 4, область 3). При нормальном обмене данными с ПЛК лампочка горит зеленым цветом. В случае, когда возникают нарушения в работе оборудования, обеспечивающего связь с ПЛК (например, обрыв линии связи), лампочка начинает мигать красным цветом.

После завершения основных этапов по разработке мнемосхемы перешли к заключительному этапу ее создания – отладке и размещению.

Этап 6. Отладка и размещение мнемосхемы. Процесс отладки мнемосхемы включал в себя поиск ошибок, проверку типовых ситуаций функционирования, тестирование коммуникационных протоколов. Основным методом отладки – имитационное моделирование. В процессе отладки были выявлена и устранена большая часть ошибок и недочетов, допущенных при создании мнемосхемы промышленного комплекса ОФ. После этого процесс создания мнемосхемы был завершен. Готовая мнемосхема была перенесена по информационной сети на рабочую станцию диспетчера (оператора) ОФ для выполнения рабочего процесса управления промышленным комплексом.

Библиографический список

1. Андреев Е.Б. SCADA-системы: взгляд изнутри / Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко. – М.: РТСофт, 2004. – 176 с.
2. ГОСТ 21480-76 Система «Человек-машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.1977, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 6 с.
3. ГОСТ 21829-76. Система «Человек-машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования. – Введ. 01.07.1977, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 9 с.
4. ГОСТ Р 50822-95 Система «ТВ-информ». Основные параметры. – Введ. 01.07.1996, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 8 с.
5. ГОСТ 22614-77 Система «Человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования. – Введ. 01.07.1978, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 10 с.
6. ГОСТ 22613-77 Система «Человек-машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования. – Введ. 01.07.1978, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 6 с.
7. ГОСТ 22615-77 Система «Человек-машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования. – Введ. 01.07.1978, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 6 с.
8. ГОСТ 23000-78 Система «Человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.1979, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 12 с.
9. ГОСТ 22902-78 Система «Человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.1979, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 7 с.
10. ГОСТ 21752-76 Система «Человек-машина». Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.1977, действует в наст. вр. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 9 с.
11. Мышляев Л.П. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Е.И. Львова и др.; Под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

К ОСОБЕННОСТЯМ ПЛАНИРОВАНИЯ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО РЕГИОНА

Новичихин А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В современных условиях топливно-сырьевой регион характеризуется большим числом структурных элементов, взаимосвязей между ними и внешней средой, наличием разного рода неопределенностей (отсутствие полной информации о функционировании, погрешность количественных и качественных оценок, стохастичность протекания неуправляемых процессов, влияющих на эффективности системы и др.). Поэтому важное значение имеют решения задач планирования для повышения эффективности функционирования и развития хозяйствующих субъектов: металлургических заводов, объектов угольной, нефтяной и газовой промышленности, энергосистем. Эти субъекты – полюса роста (концепция впервые была предложена Ф. Перу [1]), а также другие обеспечивающие или вспомогательные предприятия, компании и фирмы представляют собой социально-экономические системы (СЭС) топливно-сырьевого региона различного масштаба.

Для устойчивого функционирования и развития СЭС в современных условиях предлагается применение методов адаптивного управления. Под адаптивным управлением СЭС топливно-сырьевого региона понимается непрерывный процесс выработки и реализации управляющих решений, который учитывает изменения целей, ограничений, структуры и параметров, правил функционирования СЭС и ее окружения, характеристик, возмущающих воздействий. Оно позволяет компенсировать внешние и внутренние воздействия на СЭС посредством изменения параметров управляющих воздействий субъекта управления, структуры объекта управления и его характеристик с целью обеспечения «устойчивости» функционирования.

Таким образом, актуальной задачей адаптивного управления СЭС топливно-сырьевого региона является разработка процедур и правил адаптивного планирования для обеспечения устойчивого функционирования и развития в современных условиях посредством достижения соответствия комплекса критических факторов успеха эффективному управлению [2]. Адаптивное планирование в СЭС топливно-сырьевого региона заключается в разработке стратегий, программ развития и функционирования, включая периодическое формирование кратко-, средне- и долгосрочных прогнозов и гибкое изменение стратегий и программ (адаптацию к изменяющимся условиям). Процедура адаптивного планирования в СЭС представлена на рисунке 1.

Показатели функционирования СЭС определяются на основе мультиагентных динамических моделей, которые можно представить в виде кортежа:

$$X(t) \equiv \langle Ecn(t), Soc(t), Ecl(t), Pot(t), Ind(t) \rangle, \quad (1)$$

где $X(t)$ – показатели функционирования СЭС на конец года t ; $Ecn(t)$ – модель «Экономика» (прибыль, затраты, объемы инвестиций, налоговые отчисления и т.п.); $Soc(t)$ – модель «Социум» (новые рабочие места и т.п.); $Ecl(t)$ – модель «Экология» (объемы выбросов, загрязняющих окружающую среду, инвестиции на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов и т.п.); $Pot(t)$ – модель «Природно-ресурсный потенциал» (показатели обновления геологических и балансовых запасов топливно-энергетических ресурсов); $Ind(t)$ – модель «Промышленность» (объемы производства, потребления продукции топливно-энергетического комплекса, энергетический баланс и т.п.).

Формирование набора оптимальных сценариев развития является многокритериаль-

ной задачей оптимизации и решается посредством нахождения Парето-оптимальных решений [3]. Целевыми характеристиками социально-экономического развития топливно-сырьевого региона являются: уровень качества жизни – f_1 , успех реализации плана (противоположное «событие» интегральному риску реализации) – f_2 , эффективность вложения средств – f_3 .

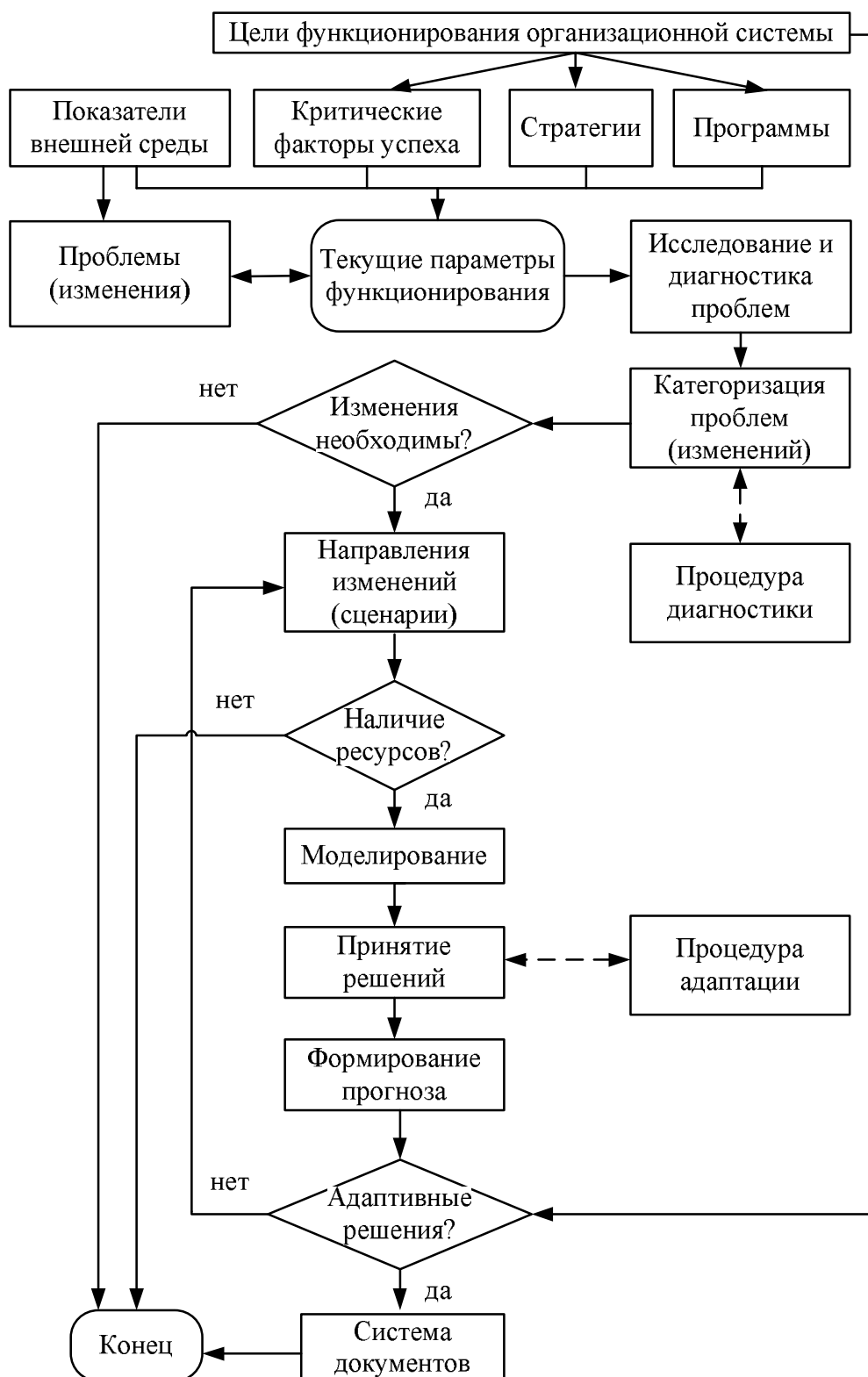


Рисунок – Процедура адаптивного планирования в СЭС

Интегральная оценка риска реализации определяется на основе формирования дерева оценок и составления карты рисков, при этом учитываются следующие стратегические риски: природно-ресурсный, промышленный, экологический, экономический и социальный.

Таким образом, развитие СЭС топливно-сырьевого региона определяется набором целевых характеристик:

$$F(Y) = \{f_k(Y)\}, \text{ при } k \in [1, K], \quad (2)$$

где k – количество комплексных критериев ($K = 3$).

Необходимо выбрать из множества допустимых решений такие параметры Y системы, чтобы целевые характеристики f_k находились в области оптимальных значений:

$$f_k(Y) \rightarrow \max, \text{ при } k \in [1, K]. \quad (3)$$

Следует отметить, что если точки оптимума Y^* , полученные при решении задачи по каждому критерию отдельно не совпадают, то решением задачи может быть только компромиссное решение, учитывающее все компоненты векторного критерия $F(Y)$.

Таким образом, точка Y^* , удовлетворяющая условиям (2, 3), оптимальна по Парето, если не существует другой точки Y' , для которой:

$$f_k(Y') \geq f_k(Y^*), \text{ при } k \in [1, K] \quad (4)$$

и хотя бы для одного из критериев выполнялось строгое неравенство.

Библиографический список

1. Perroux F. Economic space: theory and applications // Quarterly Journal of Economics. 1950. V. 64(1). PP. 89 – 104.
2. Новичихин А.В., Фрянов В.Н. Социально-экономические системы топливно-сырьевого региона: механизмы адаптивного управления // Проблемы теории и практики управления. 2012. № 3. С. 40–46.
3. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный анализ. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 176 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ГЕОМАССИВА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Петрова О.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г Новокузнецк*

Современное состояние угольной промышленности характеризуется интенсификацией технологических процессов с использованием прогрессивных технологий и горношахтного оборудования, в том числе дорогостоящего импортного. Однако производительность очистных и подготовительных забоев сдерживается ограничениями по геомеханическим и газодинамическим факторам вследствие негативных проявлений высокого горного давления, внезапного выделения метановоздушной смеси в горные выработки, вероятности самовозгорания угля и взрыва метана в выработанном пространстве. Управление этими процессами осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами. Вследствие сложности получения достоверной информации о происходящих геомеханических и газодинамических процессах принятие решений осуществляется с учётом коэффициентов запаса, величина которых достигает 3. Соответственно, при проектной суточной нагрузке на очистной забой 10–15 тыс.т фактическая добыча составляет 3–6 тыс.т.

Проблема снижения негативного влияния указанных ограничений может быть реше-

на посредством разработки и реализации системы, включающей оперативный мониторинг, прогноз альтернативных траекторий развития горных работ, выбор и реализацию оптимального варианта ведения горных работ.

Однако для этого необходимо получить исходную информацию о взаимодействующих геомеханических и газодинамических процессах. Одним из вариантов получения информации об этих процессах является математическое и численное моделирование напряжённо-деформированного и газодинамического состояния (НДГДС) газоносного углепородного массива.

Сложность математического моделирования НДГДС связана с особыми условиями газоносной углепородной толщи в сейсмически активных районах: неравномерное природное поле напряжений; блочная структура геомассива; тектонические нарушения; неравномерность распределения флюидов и физико-механических свойств горных пород. Существующие аналитические и численные решения комплекса указанных задач, позволяющие учитывать сложное взаимодействие горно-геологических, горнотехнических и техногенных факторов, не в полной мере соответствуют требованиям современного горного производства.

Поэтому для получения и накопления дополнительной информации о взаимодействии геомеханических и газодинамических процессов в окрестности горных выработок по результатам численного моделирования разработан комплекс проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов.

За основу программного обеспечения численного моделирования НДГДС углепородного массива принят разработанный в СибГИУ авторский пакет компьютерных программ [1–7], в который включены дополнительные программные модули, позволяющие решать следующие задачи: расчёт НДС в нелинейной постановке, прогноз остаточной прочности пород для определения границ структурных блоков, расчёт давления метана, расчёт суммарных напряжений в углепородном массиве под влиянием давления метана, гравитационного, геотектонического и техногенного полей напряжений, прогнозирование пространственного положения опасных зон.

Общая схема расчётной модели приведена на рисунке 1 [8, 9], где показана модель блочного геомассива с выделением структурных блоков, границами которых могут быть линеаменты, геологические нарушения, горные выработки, контакты соседних породных слоёв. В качестве вариантов начальных условий приведены эпюры давления на блок №2 соседних блоков в виде прямоугольной при геотектоническом природном поле напряжений и треугольной формы при гравитационном поле природных напряжений. Форма и численные значения эпюры на границах блока задаются в виде функции напряжений или смещений P , то есть

$$P = f(H, \gamma, w, \lambda, R, E, \nu, \sigma, \alpha, \delta, a, b), \quad (1)$$

где H – глубина разработки, γ – удельный вес пород, w – вертикальные или горизонтальные смещения блока под влиянием давления соседних блоков; λ – коэффициент бокового давления, R – предел прочности пород; E, ν – деформационные свойства пород: модуль деформации и коэффициент Пуассона; σ – горизонтальные или вертикальные напряжения на границе блока; α, δ – параметры ползучести горных пород; a, b – коэффициенты уравнения второго порядка формы эпюры давления соседних блоков.

Кроме механического давления соседних блоков в модели учитывается давление и дебит флюидов по границам блоков.

Газодинамические величины на рисунке 1 имеют следующие обозначения: $+\theta_{\text{ГП}}$, $-\theta_{\text{ГП}}$ – внешние источники газа в горных породах соответственно в положительном направлении оси абсцисс (левая граница модели) и в отрицательном направлении оси абсцисс (правая граница модели); $+\theta_{\text{ГВ}}$, $-\theta_{\text{ГВ}}$ – внешние источники газа в обрабатываемом пласте соответственно в положительном направлении оси абсцисс (левая граница модели) и в от-

рицательном направлении оси абсцисс (правая граница модели); $+\theta_{ГС}$, $-\theta_{ГС}$ - внешние источники газа в пластах-спутниках соответственно в положительном направлении оси абсцисс (левая граница модели) и в отрицательном направлении оси абсцисс (правая граница модели); $q_{В1}$, $q_{В2}$, $q_{В3}$, $q_{В4}$, $q_{В5}$ - внутренние источники газа в дизъюнктивном геологическом нарушении (глубинный метан), верхнем и нижнем пласте-спутнике, выработанном пространстве, обрабатываемом пласте соответственно; $+P_{xi}$, $-P_{xi+1}$ - давление газа по оси абсцисс на грани единичного элемента; $+P_{yi}$, $-P_{yi+1}$ - давление газа по оси ординат на грани единичного элемента.

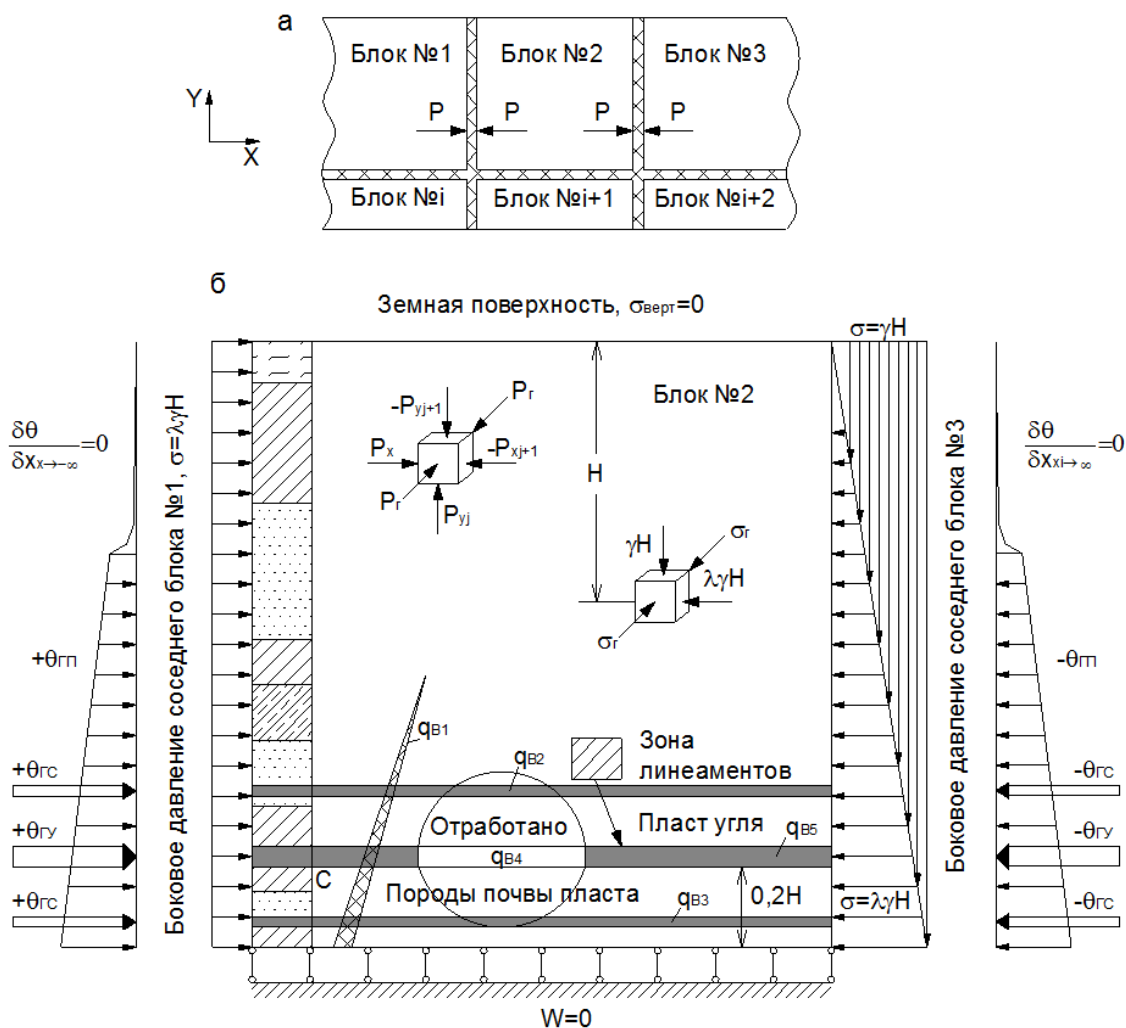


Рисунок 1 – Схема деления газоносного углепородного массива на структурные тектонические блоки (а), граничные геомеханические и газопереносные условия блока № 2 (б)

Для моделирования процессов изменения напряжений, деформаций, давления метана в пределах модели на рисунке 1, б выделена зона линеаментов, положение которой в разных вариантах расчетов и решаемых задач может сдвигаться в пределах всей модели. В зоне линеаментов изучается влияние формы, размеров, пространственного положения и количества трещин. Минимальное расстояние между поверхностями трещин принято 1 мм. Трещины могут быть зияющими или заполнены метаном, в том числе под внутренним давлением и с учётом внутренних источников.

Общая схема и варианты проведения вычислительных экспериментов для исследования НДС геомассива приведены на рисунке 2.

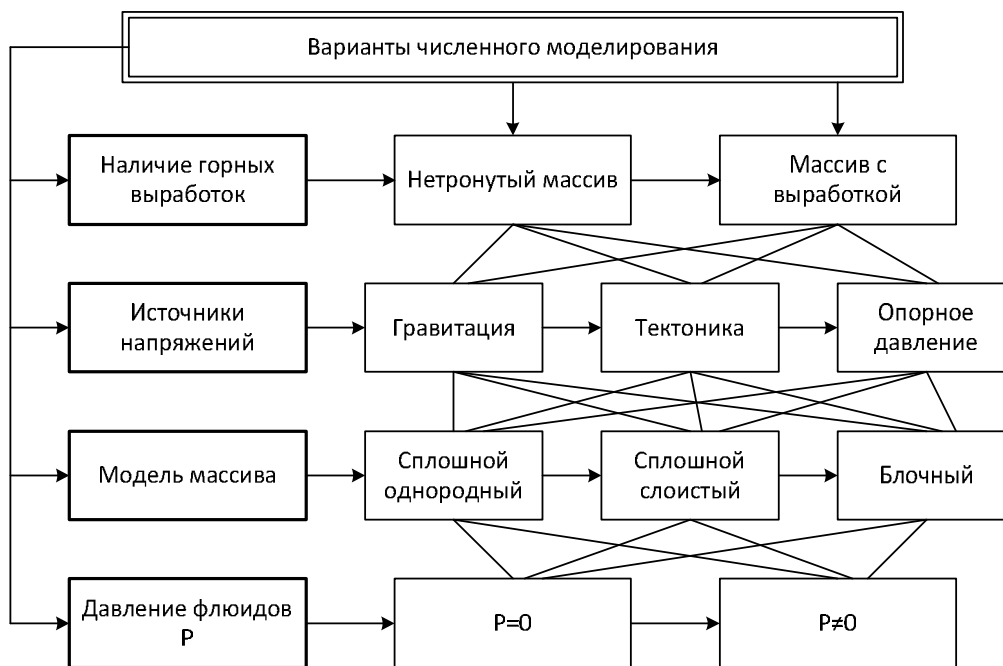


Рисунок 2 – Граф вариантов вычислительных экспериментов

Для проведения вычислительного эксперимента в качестве исходной принята модель углепородного массива одной из наиболее представительных шахт южного Кузбасса – шахта «Полосухинская».

По результатам численного эксперимента распределения НДС геомассива под влиянием гравитационного, геотектонического, техногенного полей напряжений построены графики распределения напряжений и смещений (рисунки 3, 4).

Учитывая, что при моделировании по каждому варианту получается большой объём информации, для её обработки на расчётной модели выделены характерные точки, параметры напряжённо-деформированного состояния в которых используются для принятия решений в системе управления производством (рисунок 5).

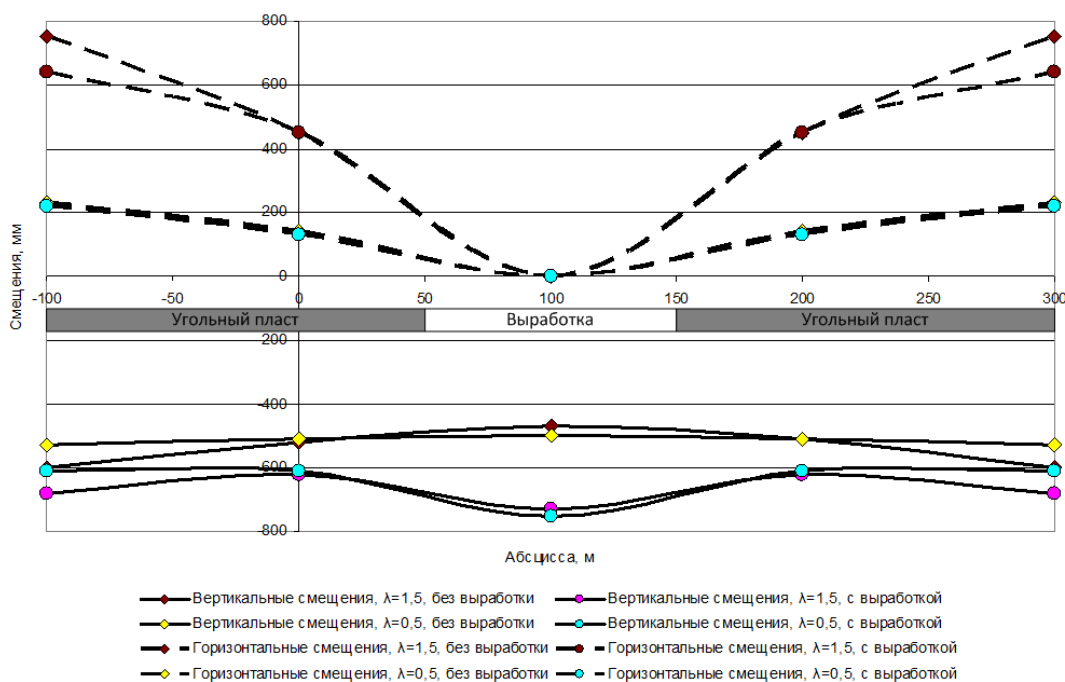


Рисунок 3 – Графики распределения смещений углепородного массива

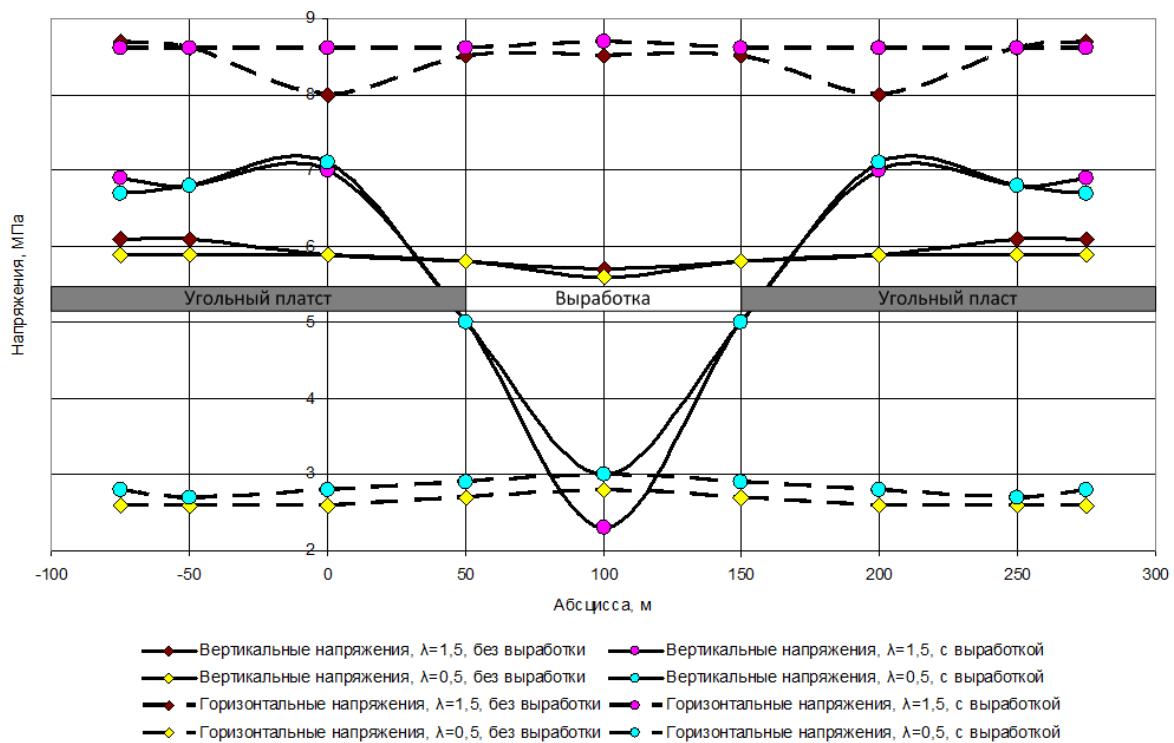


Рисунок 4 – Графики распределения напряжений в углепородном массива

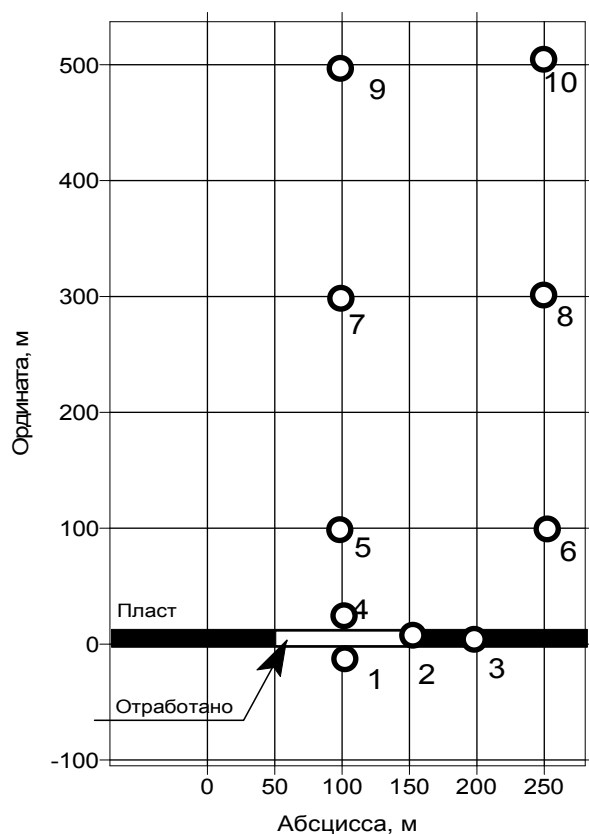


Рисунок 5 – Схема расположения характерных точек модели

Результаты численного моделирования и рекомендуемые для включения в базу данных параметры напряжённо-деформированного состояния в характерных точках углепородного массива для условий шахты «Полосухинская» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные параметры напряженно-деформированного состояния углепородного массива при взаимном влиянии гравитационных, геотектонических и техногенных напряжений

Вариант модели	Наименование параметра	Точка №1, x=100м, y=-5м*	Точка №2, x=150м, y=-1м	Точка №3, x=200м, y=-1м	Точка №4, x=100м, y=-1м	Точка №5, x=100м, y=100м	Точка №6, x=250м, y=100м	Точка №7, x=100м, y=300м	Точка №8, x=250м, y=300м	Точка №9, x=100м, y=500м	Точка №10, x=250м, y=500м
Однородная изотропная геосреда, с горной выработкой X1=50-X2=150, $\lambda=0,5$, боковая нагрузка по треугольной эпюре с двух сторон блока	Вертикальные смещения, мм	-119	-720	-424	-419	-828	-782	-1164	-1205	-1317	-1371
	Горизонтальные смещения, мм	0	0	-106	0	0	-174	0	-94	0	-14
	Вертикальные напряжения, МПа	0,5	-8,1	-4,0	-0,2	-2,9	-2,1	-1,3	-1,2	-0,1	-0,3
	Горизонтальные напряжения, МПа	-0,2	-13,8	-7,9	-0,1	-3,6	-5,9	-2,6	-2,9	-0,4	-0,5
Однородная изотропная геосреда, с горной выработкой X1=50-X2=150, $\lambda=1,5$, боковая нагрузка по прямоугольн. эпюре с двух сторон блока	Вертикальные смещения, мм	-124	-431	-421	-744	-841	-767	-1178	-1190	-1332	-1352
	Горизонтальные смещения, мм	0	-232	-504	0	0	-848	0	-848	0	-849
	Вертикальные напряжения, МПа	-8,0	-15,6	-12,6	-9,0	-11,9	-11,1	-11,4	-11,3	-11,3	-11,3
	Горизонтальные напряжения, МПа	-0,2	-14,1	-7,9	-0,1	-3,6	-5,9	-2,6	-2,9	-0,4	-0,6
Однородная изотропная геосреда, с горной выработкой X1=50-X2=150, $\lambda=0,5$, боковая нагрузка по прямоугольн. эпюре с двух сторон блока	Вертикальные смещения, мм	-12,3	-432	-421	-746	-843	-768	-1179	-1190	-1332	-1355
	Горизонтальные смещения, мм	0	-13	-131	0	0	-256	0	-255	0	-253
	Вертикальные напряжения, МПа	0,1	-8,8	-4,6	-0,8	-4,0	-3,2	-3,5	-3,3	-3,2	-3,4
	Горизонтальные напряжения, МПа	-0,2	-14,0	-7,9	0	-3,6	-5,9	-2,6	-2,9	-0,4	-0,5

*x, y – координаты характерных точек на модели, рис. 5

Выводы

1) База данных в структуре геоинформационной системы угольной шахты является основой для принятия решений по управлению производством. Так как возможности шахтного мониторинга геомеханических и газодинамических процессов по экономическим критериям и затратам времени ограничены, то в качестве основного источника формирования и пополнения базы данных и знаний геоинформационной системы предлагается использовать результаты вычислительного эксперимента.

2) Разработанный и адаптированный к сложным горно-геологическим условиям углепородного массива пакет компьютерных программ обеспечивает численное моделирование процессов формирования напряжений, давления газа, деформаций и повреждений в блочном массиве с целью использования результатов для управления горным давлением, прогноза и профилактики горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа.

3) По результатам численного моделирования установлена закономерность изменения деформаций в гравитационном и геотектоническом полях напряжений нетронутого углепородного массива: вертикальные деформации в гравитационном и геотектоническом полях напряжений почти не отличаются по знакам и величинам в пределах всей модели, а горизонтальные напряжения по величине изменяются прямо-пропорционально коэффициенту бокового давления.

4) Максимальный вектор горизонтальных смещений направлен от очистного выработанного пространства в сторону краевой части отрабатываемого пласта. Причём в геотектоническом поле горизонтальные смещения по абсолютной величине в 2-3 раза больше аналогичных смещений в гравитационном поле. Это приводит к сжатию угольного целика между подготовительной выработкой и очистным выработанным пространством и выдавливанию угля в подготовительную выработку.

5) В геотектоническом поле напряжений под влиянием очистных и подготовительных выработок горизонтальные деформации сжатия в 2-3 больше по сравнению с аналогичными деформациями в гравитационном поле напряжений, то есть отсутствуют условия для раскрытия трещин под влиянием горизонтальных деформаций как в гравитационном, так и геотектоническом полях напряжений.

6) По результатам численного моделирования выявлены следующие закономерности формирования и распределения потенциально опасных зон под влиянием горных выработок в газоносном блочном геомассиве: в краевой части угольного пласта; в подрабатываемых или надрабатываемых угольных пластах под влиянием знакопеременных горизонтальных напряжений и деформаций; в зонах геологических нарушений разрывного типа.

Библиографический список

1. Математическое моделирование процессов формирования напряжений и повреждений в геотектонических активных зонах углепородного массива под влиянием подземных горных выработок / В.Н. Фрянов, К.Д. Лукин, О.А. Петрова, В.О. Шеховцова, О.В. Фрянова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. - №8. – С. 131-138.
2. Павлова Л.Д. Моделирование пространственного распределения смещений пород кровли при взаимном влиянии горных выработок на сближенных пластах / Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение. Физика горных пород. - 2006. - С. 245-251.
3. Павлова Л.Д. Моделирование блочного обрушения горных пород с последовательным накоплением повреждений / Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Горный информационно-аналитический бюллетень - 2004. - № 3. - С. 203-205.
4. Программа подготовки данных для проведения расчетов геомеханических параметров угольных шахт методом конечных элементов / В.Н. Фрянов, Ю.А. Степанов // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2000610937; Заявка № 2000610798 от 24.06.2000. Зарегистр. 21.09.2000. – М.: Роспатент, 2000.
5. Программа расчета геомеханических параметров для исследования взаимодействия сек-

- ции механизированной крепи с углепородным массивом / А.В. Степанов, В.Н. Фрянов, Ю.А. Степанов // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2001610645; Заявка №2001610402 от 02.04.2001. Зарегистр. 31.05.2001. – М.: Роспатент, 2001.
6. Математическое моделирование взаимодействия двух выработок в горизонтально-слоистом горном массиве / А.Б. Цветков, В.Н. Фрянов, О.А. Петрова // Materialy IX mezinárodní vědecko - praktická konference «Efektivní nástroje moderních věd – 2013». – Díl 43. Technické vědy: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. – С. 53-58.
 7. Исследования влияния дизъюнктивных нарушений на эффективность дегазации угольных пластов / В.Н. Фрянов, В.Г. Криволапов, О.В. Фрянова, Ю.М. Говорухин, О.А. Петрова // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции. – Кемерово, 2011. – С. 64-69.
 8. Синтез краевой задачи теории упругости и статического давления для математического моделирования напряженно-деформированного состояния в угольном пласте и вмещающих породах при действии гравитации / А.Б. Цветков, П.В. Васильев, О.А. Петрова // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельная статья (специальный выпуск). – 2012. – №12. – С. 3-8.
 9. Модель формирования напряжений, деформаций и повреждений в углепородном массиве при интеграции гравитационного и геотектонического полей напряжений / О.А. Петрова, П.В. Васильев, О.В. Фрянова, В.Н. Фрянов // Материали за VIII международна научна практична конференция «Новината за напреднали наука – 2012». Том 26. Технологии. – София: «БялГрад-БГ» ООД, 2012. – С. 10-19.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.

Бубнов А.В., Дайнович А.М., Дайнович О.П.
Омский государственный технический университет,
г. Омск

Современные высокие требования в электроэнергетике к качеству электроэнергии, надежности электропитания, оперативному реагированию в аварийных ситуациях вызывают необходимость создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. К одним из таких систем относятся автоматизированные системы диспетчерского управления объектами электроэнергетики АСДУ-Э. Основные функции, выполняемые системами АСДУ-Э:

- формирование на дисплее оператора мнемосхемы электроснабжения с отображением наиболее важных параметров;
- обработка, регистрация и вывод на экран дисплея информации о событиях, авариях;
- дистанционное управление выключателями;
- регистрация последовательности срабатывания защит и противоаварийной автоматики;
- формирование базы данных, суточной и сменной ведомости, графиков изменения текущих параметров, архива;
- обеспечение единства времени в системе.

Для реализации этих функций на объектах электроэнергетики устанавливаются контроллеры, измерительные преобразователи, устройства сигнализации. Современные объек-

ты энергетики оснащаются микропроцессорными блоками релейной защиты (БМРЗ) с цифровыми выходами RS-232, RS-485. Возможности БМРЗ позволяют использовать их как по прямому назначению, так и в качестве устройств телесигнализации положения коммутационных аппаратов, телеизмерений электрических величин, сигнализаторов срабатывания защит, осциллографирования аварийных событий и интегрировать их в АСДУ-Э. Применение микропроцессорных терминалов защиты в этом случае позволяет отказаться от большого количества дополнительного оборудования для автоматизации (измерительные преобразователи, указательные реле, модули сигнализации и управления и др.), а также от проведения дополнительных монтажно-наладочных работ. Это позволяет получить значительный экономический эффект от внедрения автоматизированной системы. Помимо этих преимуществ, при интеграции БМРЗ в АСДУ-Э есть и недостатки, среди которых можно выделить следующие:

- для связи БМРЗ с контроллерами телемеханики обычно применяются последовательные интерфейсы RS-232, RS-485, работающие на невысоких скоростях передачи данных до 19200 бит/с. Это увеличивает цикл опроса устройств пропорционально количеству приборов. Увеличение цикла опроса отрицательно сказывается на быстродействии системы и своевременности доставки аварийных событий;

- блоки релейной защиты по своему функциональному назначению не являются измерительными преобразователями. Соответственно, отображаемые значения измеренных электрических величин с терминалов на мнемосхеме диспетчерского рабочего места имеют низкую точность, а, учитывая указанный выше недостаток, в любой момент времени не позволяют точно сопоставить баланс нагрузок по объекту, т.к. фиксация измерений с терминалов производится поочередно в разные моменты времени;

- полное отсутствие или неудовлетворительная синхронизация по времени установленных на объекте электроэнергетики устройств регистрации аварийных событий, это обусловлено многими причинами, среди которых можно выделить широкую номенклатуру разнотипных устройств на объектах, особенности аппаратно-программной части используемых устройств и др. [1].

Для устранения указанных выше недостатков различные производители автоматизированных систем (ООО «Прософт-Системы», НПП «Экра», ООО «ГОСАН», ООО «НПО «Мир» и др.) разработали специализированные контроллеры присоединений, которые используют интерфейс Ethernet с поддержкой стандартизированного протокола МЭК-870-5-103 для связи с верхним уровнем АСДУ. Применение таких приборов позволяет отказаться от специализированных контроллеров, производящих опрос терминалов защит на полевого уровне (контроллеры присоединений включаются непосредственно в технологическую локально-вычислительную сеть предприятия), а также расширить функциональные возможности автоматизированных систем.

Одним из перспективных направлений модернизации систем АСДУ является автоматизированное измерение показателей качества электрической энергии. Целью данной работы является модернизация алгоритма отображения информации на диспетчерских АРМ в SCADA-системах на примере использования прибора КПП-01М производства ООО «НПО Мир».

Прибор КПП-01М выполняет разнообразные функции, среди которых измерение параметров электрической сети и других показателей качества электроэнергии (ПКЭ), определение состояния каналов дискретного ввода (ТС), управление состояниями каналов дискретного вывода (ТУ), формирование событий об изменении состояния сети и энергообъекта с ведением очередей и журналов событий, регистрация аварийных и переходных процессов в сети, регистрация мгновенных значений токов и напряжений, а также регистрация среднеквадратических значений токов и напряжений (осциллографирование) и др. [2]




Вследствие значительного объема информационных сигналов, формируемого каждым КПП-01, требуется оптимизация алгоритма отображения сигналов на мнемосхемах диспетчерских АРМ. В соответствии с принятыми стандартами ФСК ЕЭС [3] по графиче-

скому отображению информации на мнемосхемах контролируемых объектов изображается минимально необходимый объем измеряемой информации (положение коммутационных аппаратов, ток нагрузки фазы А, напряжение фазы А, активная и реактивная мощность, частота сети переменного тока).

Для сохранения существующих принципов графического отображения элементов на мнемосхемах, а также визуализации дополнительных параметров объекта энергетики в современных программно-технических комплексах (ПТК) систем АСДУ-Э применяется механизм диалоговых окон. Диалоговое окно, содержащее расширенную информацию по параметрам присоединения (например, ячейки подстанции), открывается пользователем из контекстного меню. При этом окно автоматически не возникает на мнемосхеме, если происходит предупредительное или аварийное событие по дополнительным параметрам. Диспетчер сможет проконтролировать данное событие, непрерывно просматривая дополнительные параметры, либо протокол событий по объекту.

Для упрощения контроля дополнительных параметров авторами статьи предлагается дополнить каждый элемент мнемосхемы, содержащий расширенную информацию, сигнальной лампой «Событие». Цвет сигнальной лампы будет изменяться в соответствии с категориями произошедших событий. Расшифровка цветовой кодировки элемента приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Расшифровка цветowych кодировок элемента «Событие»

№	Внешний вид элемента	Категория событий
1		Нормальный режим работы, аварийных ситуаций не зафиксировано
2		Предупредительная сигнализация нештатного режима работы
3		Аварийная сигнализация.

Для регистрации диспетчером АСДУ-Э последовательности однотипных событий, сигнальный индикатор следует дополнить функцией мигания. Просмотр параметров, расшифровка аварийных ситуаций выполняется из свободно конфигурируемых пользователем ПТК диалоговых окон, вызываемых нажатием на сигнальную лампу «Событие» соответствующего объекта мнемосхемы.

Возможность конфигурирования диалоговых окон сводится к фиксации открытых диалоговых окон на фоне мнемосхемы, а также к фильтру выводимых параметров. Для обеспечения фиксации одного или нескольких диалоговых окон, их следует дополнить CheckBox-ом «Не закрывать». Аналогичные возможности для настройки следует применить для ограничения количества отображаемых параметров объекта. Для этого диалоговое окно дополняется контекстным меню, содержащим необходимые опции для визуализации изменений. Пример внешнего вида диалогового окна в ПТК приведен на рисунке 1.

Режим свободной фильтрации отображаемых параметров, а также механизм фиксации диалоговых окон позволяет диспетчеру системы АСДУ оперативно контролировать ключевые параметры с различных объектов, при этом выполняя операции на одном из объектов энергосистемы.

Возможности, полученные от реализации механизма фиксации диалоговых окон в современных ПТК, позволят диспетчеру системы АСДУ-Э оперативно реагировать в аварийных ситуациях, контролировать различные параметры энергосистемы (в том числе и ПКЭ) по ключевым присоединениям, наблюдать за распределением нагрузок в ходе оперативных переключений.

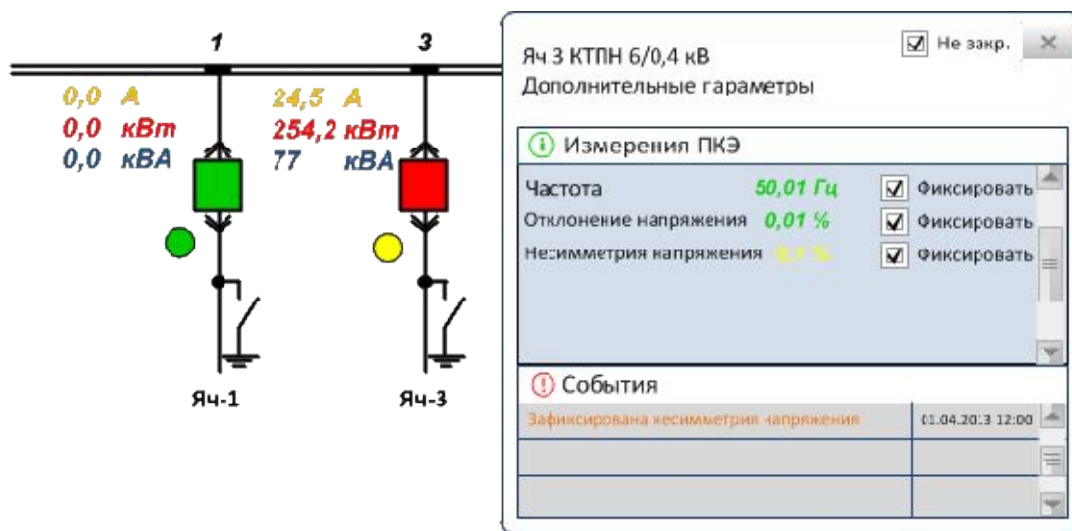


Рисунок 1 – Пример внешнего вида диалогового окна в ПТК

Библиографический список

1. Фещенко, В.А. Требования к регистрации аварийных событий [Текст]/ В.А.Фещенко, А.Н. Макеев, Т.Н. Горелик // Релейная защита и автоматика энергосистем. Сборник докладов XXI конференции. – 2012. – С.33–43.
2. М13.013.00.000 РЭ. УСТРОЙСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МИР КТР-01М. Руководство по эксплуатации [Текст, ил.]. – Омск: ООО «НПО «Мир». – 2013. – 80с.
3. СТО 56947007-25.040.70.101-2011 Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». Правила оформления нормальных схем электрических соединений подстанций и графического отображения информации посредством ПТК и АСУТП [Текст, ил.]. – Введ. 2011-09-22. – М: 2011. – 46с.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»

Барагичев К.Е., Грачев В.В., Дмитриев В.О.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
ООО ОК «Сибшахтострой»,
г. Новокузнецк*

При создании информационного обеспечения (ИО) системы автоматизации фабрики «Матюшинская» решались такие задачи как:

- Оперативное формирование и анализ информации об изменениях режимов функционирования и состоянии технологических процессов, агрегатов и оборудования, потреблении электрической и тепловой энергии;
- Оперативная согласованная коррекция заданий на режимные параметры технологических процессов;
- Оперативная реализация управляющих решений и регулирование технологических параметров.
- Оперативный контроль исправности оборудования.

- Автоматизация учёта сырья, готовой продукции и отходов производства.
- Создание распределённой системы дозирования реагентов флотации.

Верхний уровень ИО построен на базе продуктов фирмы Schneider Electric: OPC-сервера OFS, SCADA-системы VijeoCitect и системы сбора предыстории VijeoHistorian. Для решения последних двух задач в этих продуктах не было готовых модулей, поэтому они были созданы с нуля. Так, система была расширена за счёт следующих особенностей:

- VijeoCitect поддерживает ActiveX-компоненты и предоставляет полную программную поддержку различных средств VijeoCitect с помощью специализированного языка Cicode;
- VijeoHistorian базируется на стандартной СУБД SQL Server, что позволяет напрямую обращаться к историческим данным с помощью сторонних приложений и написанных на языке Cicode скриптов.

Для решения задачи автоматизации учёта сырья, готовой продукции и отходов производства была разработана система отчётности, в которой информационный обмен осуществляется по следующему принципу (рисунке 1). Информация о прошедшей по конвейерным весам нагрузке поступает с ПЛК через OPC-сервер OFS в SCADA-систему, откуда аккумулируется сервером предыстории VijeoHistorian. Последний хранит всю информацию в базе данных под управлением MS SQL Server.

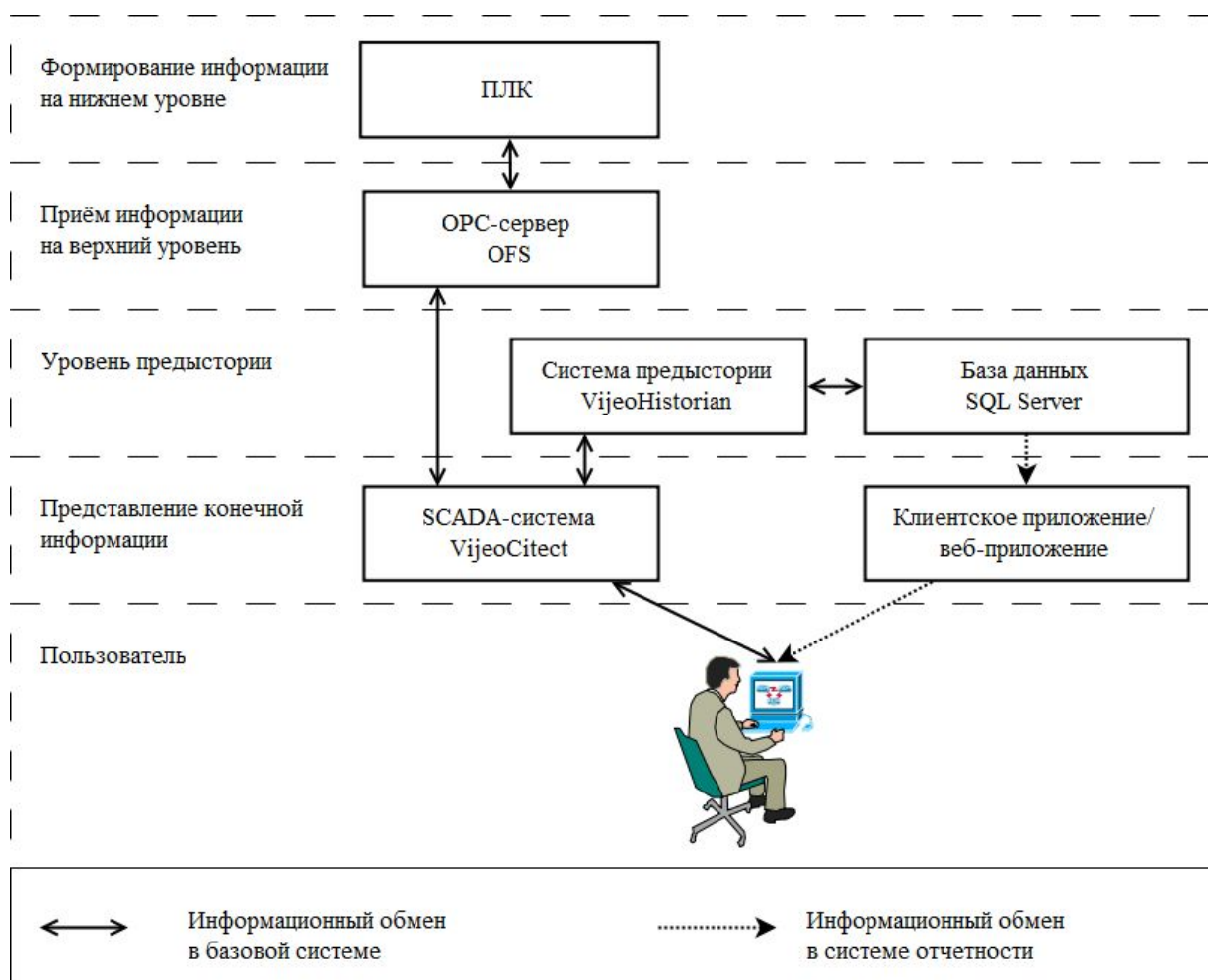


Рисунок 1 – Схема информационного обмена

Система отчётности разрабатывалась постепенно, по спиральной модели жизненного цикла и прошла три стадии развития, каждая последующая основывалась на результатах предыдущей стадии.

1) *Запускаемые по расписанию скрипты, обеспечивающие плановое создание файлов с данными для отчёта.* С определённой периодичностью (каждый час, смену, сутки) текущие значения сохранялись в файлы, откуда их диспетчер копировал при подготовке отчёта. Для создания этих файлов текущие данные из SCADA-системы в заранее установленные моменты времени обрабатывались Cicode-скриптами.

2) *Клиентское десктоп-приложение, по требованию формирующее файлы с предварительным отчётом.* Диспетчер задавал интересующую его дату, клиентское приложение формировало отчёт о переработанном сырье, продукции и отходах в виде таблиц почасовой и посменной нагрузки, диспетчер, при необходимости, корректировал его. Теперь текущие данные из SCADA-системы сохранялись не в файлы, а в базу данных, клиентское приложение считывало эти данные и формировало отчёт. Приложение было написано на языке Java, использовало стандарт взаимодействия JDBC для прямого (минуя VjjeoHistorian) доступа к базе данных под управлением SQL Server посредством SQL-запросов.

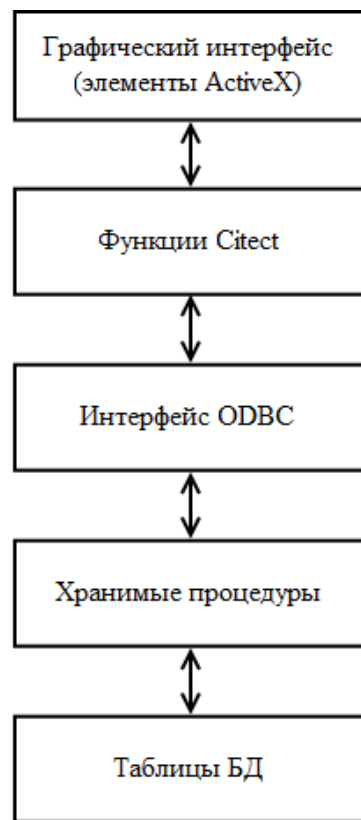
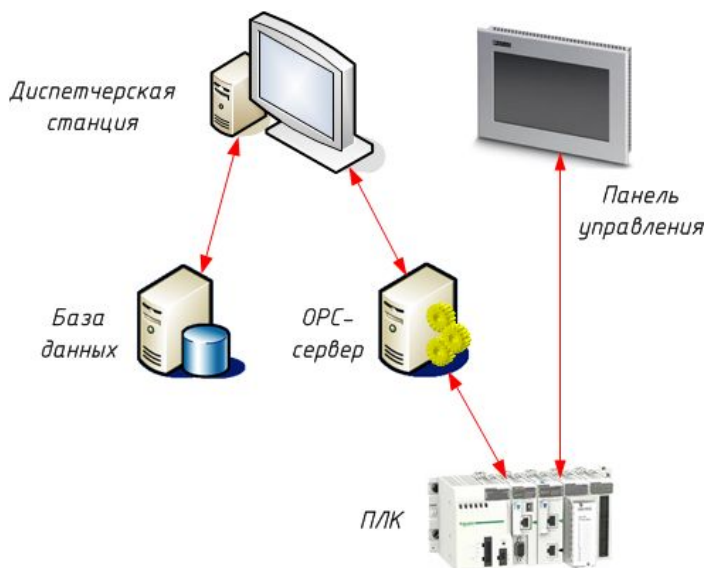
3) *Веб-приложение, формирующее отчеты.* Исчезла необходимость в создании файлов с таблицами почасовой и посменной нагрузки, диспетчер (и любой специалист фабрики) получил доступ к информации из БД через браузер посредством веб-приложения. Данное приложение написано с использованием технологии ASP.NET, языка C# и библиотеки ADO.NET, принцип работы остался тем же, что и на предыдущей стадии: пользователь вводит интересующую дату, в результате получает отчет о полученном сырье, продукции и отходах.

Таким образом, система отчётности прошла путь от тонкой настройки базового программного продукта с элементами программирования до выделения в отдельную подсистему с сетевым доступом и веб-интерфейсом. Она позволяет управляющему персоналу с помощью базовых программных средств (Интернет-браузер) получить доступ к отчётам о работе фабрики.

При решении задачи создания распределённой системы дозирования реагентов флотации требовалось обеспечить одновременную загрузку так называемых режимных карт (режимная карта – набор уставок, определяющий работу технологического участка) с диспетчерской станции и настройку параметров карты с местного пульта управления флото-фильтровальным отделением. Схема реализованного информационного обмена между компонентами системы представлена на рисунке 2, а. Диспетчер с помощью элементов графического интерфейса диспетчерской станции выбирает нужную режимную карту и применяет её. Аппаратчик флото-фильтровального отделения с помощью графического интерфейса панели управления подтверждает работу по указанной режимной карте либо корректирует её параметры (внешний вид окна рисунок 3). Параметры режимных карт централизованно хранятся в базе данных. Промежуточным звеном, обеспечивающим взаимодействие диспетчерской станцией и контроллера, является ОПС-сервер, панель управления, в свою очередь, взаимодействует с ПЛК напрямую. На нижнем уровне системы находится ПЛК, он управляет работой флото-фильтровального отделения по загруженной в него режимной карте.

Создавать режимные карты может только технолог, во время работы фабрики он даёт диспетчеру указания перейти к той или иной режимной карте, при этом настройка параметров карты занимается аппаратчик на пульте управления.

Цепочка взаимодействия программных компонентов на пути «графический пользовательский интерфейс – база данных» представлен на рисунке 2, б. Режимные карты и лог событий (дата/время включения каждой конкретной режимной карты) хранятся в таблицах БД. Для обеспечения простого интерфейса с БД и высокой скорости работы доступ к этим таблицам осуществляется с помощью хранимых процедур базы данных. Программным мостом между SCADA-системой и БД является интерфейс ODBC. Обращение к базе данных из SCADA-системы осуществляется посредством функций Cicode, на этом языке были написаны скрипты, обеспечивающие взаимодействие пользователя с БД. Графический интерфейс, созданный с помощью элементов ActiveX, представляет всю информацию на экране диспетчерской станции.



а

б

Рисунок 2 – Схема информационного обмена (а) и цепочки взаимодействия программных компонентов (б)

Задание режимов работы участка флотации

Уд. расход собирателл Долл собирателл в к-чан Принять

Уд. расход вспенивателя Доля вспенивателя в к-чан К карте

Текущие заданил

Удельный расход собирателя

Удельный расход вспенивателя

Доля собирателя в контактный чан

Доля вспенивателя в контактный чан

Работа по заданию оператора

Удельный расход	ФМ1	ФМ2	ФМ3	Конт-чан
Собиратель	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т
Вспениватель	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т

Текущие фактические значения

Расход	ФМ1	ФМ2	ФМ3	Всего
Шлам	1234.1м3/ч	1234.1м3/ч	1234.1м3/ч	1234.1м3/ч
Тв-фрак.	123.1 т/ч	123.1 т/ч	123.1 т/ч	123.1 т/ч
Собир.	123.1 л/ч	123.1 л/ч	123.1 л/ч	123.1 л/ч
Вспен.	123.1 л/ч	123.1 л/ч	123.1 л/ч	123.1 л/ч

Расход в к.чан	Доля	Абсолют
Собиратель	123 %	123.1 л/ч
Вспениватель	123 %	123.1 л/ч

Израсходовано	Смена	Пред-смена	Плотность питания <input type="text" value="123.1 г/л"/>	Уд.расход	ФМ1	ФМ2	ФМ3	К-чан
Собиратель	123.1 п	123.1 п		Собиратель	123.1 п/т	123.1 п/т	123.1 п/т	123.1 п/т
Вспениватель	123.1 л	123.1 л	Вспениватель	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т	123.1 л/т

Рисунок 3 – Интерфейс аппаратчика на панели управления

Таким образом, была реализована распределённая система дозирования реагентов флотации, что позволило более качественно и быстро переводить технологический участок на определённый режим работы, соответствующий определённому сырью, а так же проводить эксперименты по оптимизации имеющихся режимных карт.

В заключение можно отметить, что предложенные решения были внедрены в производство, полностью решают поставленные задачи и удовлетворяют требованиям по срокам создания и простоте поддержки системы в эксплуатации.

Библиографический список

1. Грачев В.В., Шипунов М.В., Циряпкина А.В. Создание информационного обеспечения систем автоматизации управления обогатительными фабриками // Труды VIII Всеросс. научно-практ. конф. «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве»/ СибГИУ – Новокузнецк, 2011. – С. 168–173.

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Бурыкин А.А.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
г. Екатеринбург*

В настоящее время всё большую популярность набирают мобильные устройства широкого спектра применения (смартфоны) с унифицированными системами - Android (Google), iOS (Apple) и Windows Phone (Microsoft). Такие устройства позволяют уже не только звонить, принимать вызовы, но и обладают большинством свойств современных компьютеров. Можно смотреть фильмы, играть в игры, слушать музыку, подключаться к сети Интернет и т.п. Помимо развлекательных функций появляются и полезные приложения, например, офисные пакеты, позволяющие просматривать/редактировать популярные форматы, а не так давно под мобильные платформы вышел известный графический пакет Adobe Photoshop [1]. Таким образом, несомненным конкурентным преимуществом любой информационной системы является наличие интерфейса с мобильного устройства. В статье рассматривается унифицированный интерфейс для мониторинга текущего состояния информационной системы.

При проектировании такой системы будем исходить от условия, что существует множество информационных систем и конечные пользователи (лицо принимающее решение – ЛПР), которые будут получать данные из этих систем. Каждый пользователь может получать данные только из одной системы (объекта автоматизации), например, технолог доменного цеха получает данные только по своему цеху. Все данные хранятся на едином сервере (Сервер хранения данных), возможно, в облаке, поэтому на данном узле данные должны быть защищены от несанкционированного доступа, т.е. зашифрованы. Следовательно, информация шифруется перед передачей на сервер хранения данных. Архитектура данной системы показана на рисунке 1.

Удобным инструментом для взаимодействия может являться платформа от компании Microsoft – Windows Communication Foundation (WCF) [2], которая позволяет передавать данные в SOAP [3] формате формате. Для iOS есть уже разработки на эту тему [4], упрощающие работу с данными в формате WCF на мобильном устройстве, для Windows Phone данная технология поддерживается на уровне операционной системы.

В общем виде алгоритм работы всей системы выглядит следующим образом:

- 1) Информационная система объекта готовит данные для передачи, т.е. формирует набор данных и выполняет шифрование. Данные могут быть совершенно разнородными.
- 2) Информационная система объекта загружает данные на Сервер хранения данных.
- 3) Сервер хранения данных помещает данные в БД, ставя в соответствие с объектом

автоматизации.

4) ЛПР (на схеме зеленый человечек) с мобильного устройства получает данные и расшифровывает их.

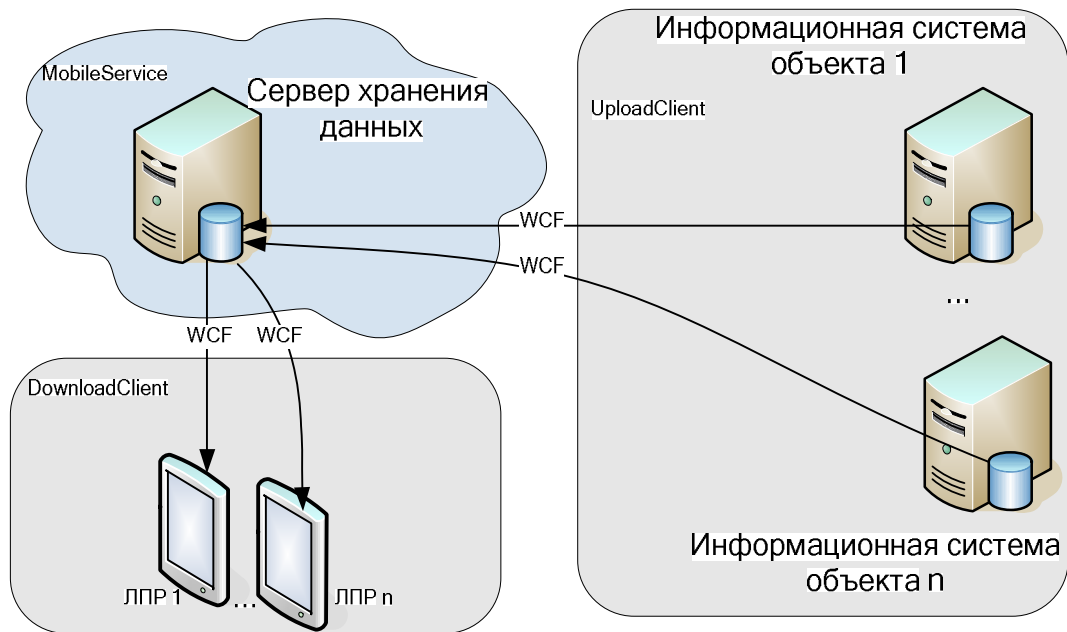


Рисунок 1 – Архитектура системы мобильного мониторинга

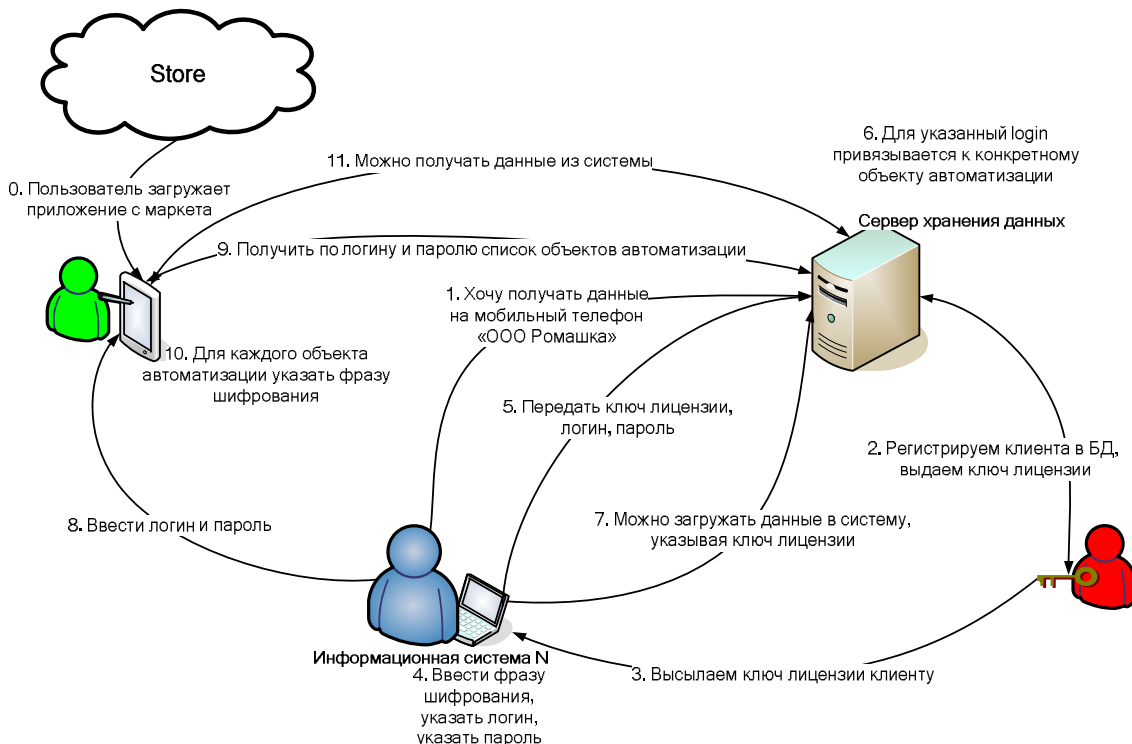


Рисунок 2 – Алгоритм работы системы Мобильного мониторинга

Следует отметить, что для работы системы требуется аутентификация/авторизация ЛПР на сервере хранения данных, для этого необходимо хранить информацию о пользователях (например, Login, PassHash, UserSid), привязанных к конкретному объекту автоматизации. UserSid может формироваться каждый раз при выполнении процедуры аутентификации.

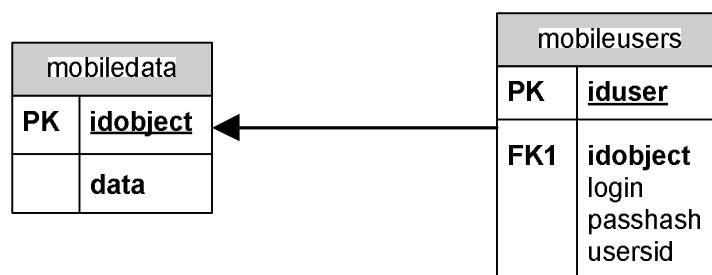


Рисунок 3 – Схема БД для сервера хранения данных

Объект автоматизации использует такую же процедуру аутентификации для загрузки данных в БД.

Рассмотрим теперь процедуру взаимодействия с ЛПР.

Процедура аутентификации, т.е. пользователь с мобильного устройства вводит логин/пароль и получает UserSid.

Далее пользователь с мобильного устройства:

- При первом подключении вводит ключ для дешифровки (можно сканировать qr код).
- Получает данные (*WrappedData*) с сервера хранения данных с помощью WCF вызова.
- Расшифровывает данные и получает в результате XML объект типа *MobileData*.
- На основе полученных данных строит дерево и показывает пользователю эти данные (*MobileData.Label*) в соответствии с состоянием. Например, если *MobileData.State* имеет значение 0, то зеленым, 1 – желтым, 2 – красным. При обновлении данных необходимо запоминать текущее положение пользователя (*MobileData.BranchId*), чтобы в случае добавления новых элементов остаться в текущем положении.

Процедура взаимодействия с объектом автоматизации выглядит следующим образом.

Процедура аутентификации, идентичная аутентификации пользователя.

Объект автоматизации с заданным интервалом времени вызывает метод на сервере хранения данных (с помощью WCF), передавая текущие данные. Таким образом, происходит обновление данных в БД в зашифрованном виде (ключ для расшифровки есть только у пользователя).

Поскольку реализация данной архитектуры такой системы (применение WCF) подразумевает использование платформы от компании Microsoft, то рассмотрим объектные сущности, которые будут использоваться для этого решения.

Объект *MobileData*, содержит следующие поля:

- *BranchId* – id отображаемого элемента интерфейса, *UInt32*
- *Label* – текст на элементе интерфейса, *String*
- *State* – состояние, необходимо, чтобы подкрашивать элемент интерфейса, *Byte*
- *Branches* – список дочерних элементов, *List<MobileData>*

Объект *WrappedData*, содержит, единственное поле:

- *Value* – зашифрованный XML объект (*MobileData*), *Byte[]*

Минимальный набор функций для системы мобильного мониторинга будет выглядеть следующим образом:

- Аутентификация – передается связка логин/пароль, возвращается UserSid.
- *UInt32 Login(String inLogin, String inPwd);*
- Отправка данных – передается UserSid и экземпляр типа *WrappedData*, который содержит зашифрованный экземпляр типа *MobileData*.
- *void SendData(UInt32 inClient, WrappedData inData);*
- Запрос данных - передается UserSid, возвращается *WrappedData*.
- *WrappedData RequestForData(UInt32 inClient).*

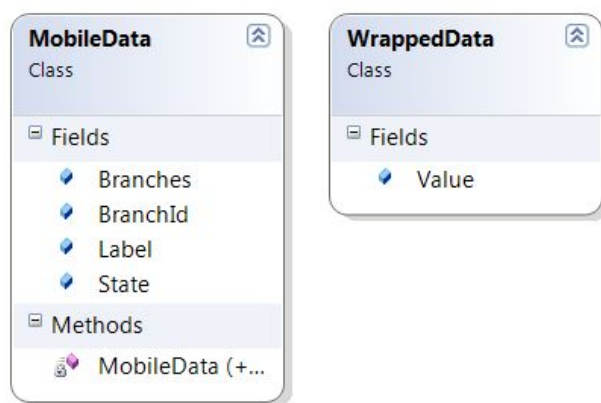


Рисунок 4 – Типы данных для системы мобильного мониторинга

В заключении следует отметить – сервер хранения данных может быть заменен на один из популярных сервисов хранения данных в облаке. Основная трудность будет заключаться в том, что большинство таких служб предназначено для хранения файлов, папок и не предназначено для пользовательских типов данных.

Библиографический список

1. <http://blogs.computerra.ru/25251>
2. <http://msdn.microsoft.com/en-us/netframework/aa6633242>
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/SOAP>
4. <http://www.iphonedevsdk.com/forum/iphone-sdk-development/39819-how-call-wcf-service.html>

К ПОСТРОЕНИЮ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Корнет М.Е.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск*

Введение. Улучшение технико-экономических показателей работы сталеплавильного цеха, таких как, уменьшение количества возвратов ковшей с металлом с машины непрерывной разливки на конвертер, уменьшение количества переназначенных марок стали, увеличение выхода годного металла, уменьшение удельного расхода сырья, материалов и энергоносителей, ставит перед производителями ряд технологических задач, решение которых невозможно без современных средств прикладного системного анализа и автоматизации. Необходима разработка комплексной модели сталеплавильного цеха, в виде совокупности взаимодействующих моделей технологических процессов выплавки, внепечной обработки и разливки. Модернизированная система управления производством, включающая подсистему оптимизации, позволила бы технологу цеха обоснованно чередовать и сочетать разнообразные технологические приемы для достижения поставленных целей.

Задачи технологической оптимизации сталеплавильного производства. В кислородно-конвертерном цехе № 2 Евраз ЗСМК функционируют АСУ плавкой, внепечной обработкой и разливкой. Кроме того, создана автоматизированная система оперативного диспетчерского управления производством, позволяющая следить за ходом процесса, осуществлять планирование использования сталеразливочных ковшей, формировать контактный график работы агрегатов, корректировать план производства при возникновении различных

отклонений (изменение скорости разливки, задержки плавки, аварии и др.). Данная система имеет перспективы развития. В частности необходимо осуществлять согласованную оптимизацию технологических процессов всей производственной цепочки, в ориентации на выполнение суточного задания в условиях текущей организационно-технологической ситуации (критериями оптимальности могут быть: сокращение длительности плавки и ее доводки, минимизация затрат на материалы и энергоносители, повышение частоты попадания в заданный химический состав и температуру стали и т.п.), и проектирование рациональной схемы производства (например, посредством переноса некоторых операций на агрегаты внепечной обработки, замены материалов, применения новой технологии и т.п.).

Следует отметить, что на рынке автоматизированных систем управления существуют готовые пакетные решения по комплексной автоматизации сталеплавильного производства, например, продукты компаний: Siemens VAI (Австрия), система ГИББС (Инновационное бюро металлургических технологий; Россия, Украина). Предлагаемые АСУТП высокотехнологичны. Их отличает трёхуровневая структура, к нижнему уровню которой относятся программируемые контроллеры, локальные системы контроля и регулирования, реализующие программы управления, выработанные вышестоящими уровнями; ко второму уровню относится система выработки управляющих воздействий на основе динамических моделей процессов, а третий уровень реализует управление цехом в целом. Ноу-хау каждого разработчика являются динамические модели тепловых и физико-химических процессов протекающих в агрегатах сталеплавильного цеха.

Математические модели и методы технологической оптимизации. Технологические процессы сталеплавильного производства характеризуются значительным количеством контролируемых и неконтролируемых переменных, влиянием возмущающих воздействий, стохастичностью взаимосвязей управляющих воздействий с выходными показателями. Колебания свойств извести и шлакообразующих, состава чугуна, состава и плотности металллолома, стойкости футеровки, заметалливание фурменных сопел, а также помехи и ошибки измерения усложняют разработку моделей адекватных реальному процессу. В виду сложности получения аналитических зависимостей, в последнее время предпринимаются попытки построения эвристических моделей сталеплавильных процессов, на основе нечёткой логики и логических правил условного вывода, нейронных сетей [1, 2]. Существенную роль в таких моделях играет человеческий фактор. Кроме того, необходимо длительное время для настройки моделей, что в условиях значительной нестационарности производственного процесса лимитирует их практическое использование. Статистические модели [3] обычно используются для задач статического управления. Основными предпосылками их успешного применения, является стабильность условий работы сталеплавильных агрегатов. Детерминированные физико-химические модели строятся на базе фундаментальных законов сохранения массы и энергии. Передовые достижения в теории сталеплавильных процессов основаны на термодинамике Гиббса [4]. Термодинамические модели плавки включают в себя модель фаз и на ее основе – модель системы «металл-шлак-газ». Здесь результат моделирования определяется выбором вида уравнения состояния и расчетом равновесия. Факт неравновесности реального процесса, а также действие неопределенных факторов и изменение состояния конвертера, учитываются коррекцией констант равновесия на основе массива экспериментальных данных.

При разработке комплексной модели сталеплавильного производства в аспекте ее практического применения в системе управления и оперативного планирования, приходится использовать компромисс между теоретической полнотой и сложностью использования модели при выработке управляющих решений. Модель имеет сложную структуру. Физико-химические процессы в ней формализуются в виде системы параметрических уравнений фундаментальных законов термодинамики, гидродинамики массопереноса и перемешивания фаз. Другой блок зависимостей обусловлен режимами функционирования агрегатов сталеплавильного цеха, их конструктивными особенностями (состояние футеровки, объем с учетом износа и т.д.), некоторые режимы могут быть описаны с точностью до параметров,

другие – являться непараметрическими статистиками. Модели такого класса рассмотрены в статье [5].

Известные методы оптимизации позволяют решать широкий круг практических задач. Для решения задач оптимизации шихтовки, раскисления и легирования, применяют метод линейного программирования, который позволяет минимизировать суммарную стоимость используемых материалов, при ограничениях на требуемый химический состав металла. При этом конечный состав металла и шлака зависит от последовательности ввода в агрегат многих порций материалов. Данный факт говорит о необходимости многоэтапной процедуры оптимизации. Например, возможно применение метода динамического программирования и его модификации, позволяющей обходить проблемы размерности – метода итеративного динамического программирования [6]. Этот метод успешно реализован в системе динамического управления дуговой сталеплавильной печью [7].

Подсистема технологической оптимизации АСУТП конвертерной плавки предназначена для выработки оптимальных управляющих воздействий на агрегаты, механизмы и устройства, участвующие в ТП. Она включает следующие блоки:

– *Блок оптимизации шихтовки плавки* определяющий, с учетом температуры и химического состава жидкого чугуна, требуемые количество и соотношение шихтовых материалов для получения заданной марки стали. Расчет шихты играет важнейшую роль, так как на этой стадии задаются начальные условия процесса.

– *Блок оперативной оптимизации дутьевого режима*, осуществляющий расчет корректирующих управляющих воздействий в процессе продувки: положения фурмы, интенсивности подачи кислорода и определяет момент окончания продувки. Продувка должна закончиться при одновременном достижении требуемых химического состава и температуры стали.

– *Блок оптимизации раскисления и легирования стали* на сливе обеспечивающий попадание в заданные химический состав и температуру по нижнему пределу заданной марки стали.

– *Блок оценки критериев оптимальности*, осуществляющий расчет критериев, таких как: продолжительность продувки, отклонение от заданных параметров шлака, потери металла с выбросами, отклонение от заданного состава и температуры стали, продолжительность плавки от окончания загрузки до выпуска металла, выход годного продукта по железу, расход кислорода и т.д., а также осуществляет свертку указанных частных критериев учетом их приоритетов.

– *Блок отображения информации технологу, участвующему в решении задач оптимизации.*

Рассматриваемая подсистема содержит также *блок параметрической адаптации*, который обеспечивает подстройку параметров используемых математических моделей по результатам замеров (химический состав лома, теплоемкость лома и вводимых материалов и т.д.) и по результатам проведенных плавки.

Построенные, с вышеописанным функциональным наполнением блоки, АСУ ТП всех агрегатов сталеплавильного цеха, позволяют решать задачи оптимального планирования и управления всем производством.

Заключение. В докладе рассмотрены некоторые вопросы построения подсистемы оптимизации сталеплавильных процессов, возможности таких подсистем. Произведен краткий обзор математических моделей и методов оптимизации сталеплавильных процессов. На примере ККЦ №2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» рассмотрены функциональные блоки подсистемы технологической оптимизации процесса выплавки стали.

Библиографический список

1. Kubat С.Н., Taskin Bofy-fuzzy logic control for the Basic Oxygen Furnace (BOF) // Robotics and Autonomous System. 2004 – vol. 49 – p. 193-205.
2. Sarita Chauhan, Mahendra Singh, Vivek Kumar Meena. Comparative study of BOF Steelmak-

- ing Process based on ANFIS and GRNN Model // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). 2013 – vol. 2 (9) – p. 198-202.
3. Гулыга Д.В., Сущенко А.В. Модель расчета параметров кислородно-конвертерной плавки // Сталь. 2003 - №12 – с. 19-24.
 4. Пономаренко А.Г., Окоукони П.И., Храпко С.А., Иноземцева Е.Н. Управление сталеплавильными агрегатами на основе современных физико-химических представлений // Труды 4-го конгресса сталеплавильщиков, г. Москва. 1997 – с. 35–40.
 5. Медведев А. В. Теория непараметрических систем. Моделирование // Вестник СибГАУ. 2010. Вып. 4 (30). с. 4–9.
 6. Luus R. Iterative dynamic programming. Chapman & Hall/CRC. 2000. – 330 p.
 7. Richard D. M. MacRosty and Christopher L. E. Swartz. Dynamic optimization of electric arc furnace operation. // American Institute of Chemical Engineers. 2007. Vol. 57 (3). p. (640–653).

О НЕОБХОДИМОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДООТВЕДЕНИЯ, ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ДВУХУРОВНЕВУЮ АСУТП

Никифоров И.К.

*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары*

«Комплекс сооружений, предназначенных для отведения, очистки бытовых, производственных и поверхностных (атмосферных) сточных вод, называют *системой водоотведения*».

«*Системы водоснабжения* – это комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, обеспечивающих прием воды из природного источника (водозаборные сооружения), транспортировку ее (водоводы), доведение до требуемых кондиций (очистные сооружения), подачу (насосные станции) и распределение по объекту (магистральные и распределительные сети), а также бесперебойный отбор требуемого количества воды с заданным напором в нужном режиме» [1].

В целом, *водоподготовка* – это комплекс мероприятий, реализованных в виде различных технологических процессов очистки и обеззараживания воды, и обеспечивающих ее необходимое качество очистки и санитарную безопасность.

В общем случае *системы водоотведения, подготовки и снабжения* (СВОПС) можно представить в виде замкнутого цикла (рисунок 1).

Структура СВОПС показывает, что из-за замкнутого цикла водооборота воды в естественных водоемах постепенно повышается уровень различных примесей антропогенного и техногенного происхождения из-за неидеальности СВОПС. В связи с этим приходится усложнять и разрабатывать новые технологические процессы в СВОПС, и эти процессы по имеющимся требованиям и стандартам должны быть автоматизированы. Вопросами автоматизации СВОПС в нашей стране занимаются давно (см. например, [2]), но несмотря на это, реально эксплуатируемые в нашей стране установки СВОПС отстали по техническим, экономическим и экологическим характеристикам и по степени автоматизации от подобных установок ведущих зарубежных производителей.

Анализ источников по данной тематике показал, что имеет место разобщенность частных систем в СВОПС с точки зрения современного подхода в область автоматизации и управления. А именно – в плане комплексного проектирования СВОПС с внедрением передовых АСУТП. При этом особую важность имеют правильно разработанные АСУТП, устраняющие разобщенность в управлении частными системами в структуре СВОПС. На первый взгляд подобная АСУТП должна представлять собой замкнутую одноуровневую сис-

тему. Но с точки зрения надежности (резервирования), мониторинга и расширения функциональных и аппаратных возможностей СВОПС, АСУТП должна быть как минимум двух-уровневой. В частности, в [3] указанный подход рассмотрен более подробно. Основной идеей данного подхода разработки АСУТП для СВОП является следующее: «Нижний уровень реализован в виде подсистемы «замкнутого» типа. Сигналы вырабатываемые модулями, входящими в АСУТП систем водоснабжения, являются корректирующими и в какой-то мере управляющими для модулей АСУТП систем водоотведения и водоподготовки. В итоге, появляющиеся в сточных водах опасные вещества будут снижены до допустимых уровней ПДК путем коррекции работы тех или иных технологических процессов водоочистки. Верхний уровень является уровнем АСУТП мониторинга и контроля, сигналы с которого поступают в МЧС, санэпидемстанции, местным и региональным представителям власти. В этом случае невозможно будет скрыть факт аварии и выброса опасных веществ в сточные воды».

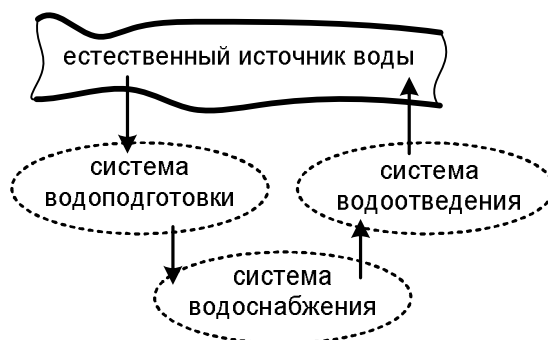


Рисунок 1 – Обобщенная структура СВОПС

Указанный подход к внедрению АСУТП в структуру СВОП позволяет снизить до возможного минимума выброс опасных веществ в естественные водоемы и снизить их ПДК в системе водоснабжения до значений, регламентируемых различными стандартами. Это также позволяет наращивать структуру СВОП в виде запараллеленных станций, т.е. реализовать распределенную архитектуру АСУТП. Преимуществом такой стратегии является то, что узлы (станции) могут отключаться, не нарушая работу сети в целом. Это также повысит надежность в плане резервирования и отказоустойчивости всей СВОП.

Библиографический список

1. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник / Б.Н. Репин [и др.]. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
2. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 392 с.
3. Никифоров И.К. Новый подход в разработке АСУТП систем водоотведения и водоснабжения // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2013. – № 5. – С. 3–9.

К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА АММИАКА

Кулаков С.М., Горопов Д.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Колонна синтеза аммиака, предназначена для осуществления процесса синтеза аммиака из азотоводородной смеси с применением железосодержащих катализаторов. Регулирование температурного режима в колонне синтеза аммиака, осуществляется путем изменения расходов по линиям подачи сырья в колонну без предварительного его нагрева («холодные байпасы») и линии основного хода сырья через нижнюю часть колонны, проходящего через нагревательные элементы до непосредственной подачи газа на катализаторные коробки. Из-за того, что колонна синтеза аммиака является сложным объектом, содержащим внутренние обратные связи, решение задачи регулирования технологического процесса, с использованием типовых методов, имеет низкую эффективность. А именно, регулирование каждого потока сырья должно осуществляться с учетом характеристик других сырьевых потоков. Функции стабилизации значений технологических параметров агрегата, а также оптимизация значений этих параметров обычно осуществляются оператором-технологом. При этом функции измерения и отображения значений параметров реализуются системой автоматизации.

В данной работе предложено расширить традиционной функции системы автоматизации путем добавления блока определения оптимальных значений уставок и регулирования температуры газа входящего на каждую из катализаторных полок (рисунок 1). В зависимости от ситуации работа данного блока направлена либо на поддержание текущего технологического режима, либо на поиск возможностей повышения эффективности процесса, путем корректировки технологического режима, в соответствии с принятыми критериями. При этом система управления должна контролировать не только значения технологических параметров, но и скорости их изменения.

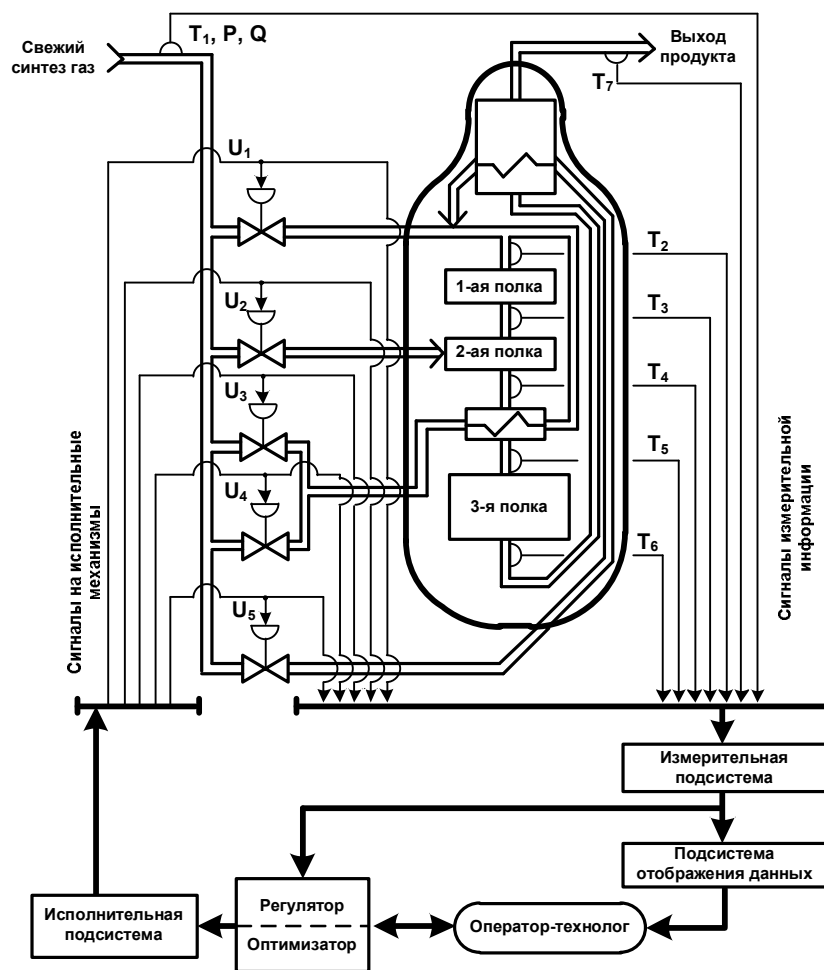


Рисунок 1 – Концептуальная схема предлагаемой системы управления

При модернизации системы автоматического управления использовались знания опытных экспертов (операторов-технологов). В результате их опроса сформированы характерные (типичные) ситуации, возникающие по ходу технологического процесса в колонне синтеза аммиака. Результаты опроса представлены в таблице 1. В зависимости от ситуации опытные эксперты применяют различные варианты действий, которые вносятся в базу знаний по регулированию процесса синтеза аммиака.

Таблица 1 – Описание характерных ситуаций для процесса, протекающего в колонне синтеза

№ ситуации	Описание ситуации
1	Оценки температур $T_1(i) \div T_7(i)$ в колонне синтеза аммиака синхронно растут (уменьшаются), и это сопровождается увеличением (уменьшением) давления $P(i)$ на входе в колонну, или снижением (увеличением) содержания аммиака $Q(i)$ в синтез-газе на входе в колонну.
2	Оценки температур $T_1(i) \div T_7(i)$ в колонне синтеза аммиака синхронно растут (уменьшаются). При этом ни давление $P(i)$ на входе в колонну, ни содержание аммиака $Q(i)$ на входе в колонну значительно не изменяются, что свидетельствует об изменении неконтролируемых возмущений.
3	Оценки температур $T_1(i) \div T_7(i)$ в колонне синтеза аммиака растут (уменьшаются). При этом имеется явный фаворит в скорости изменения среди параметров, что связано с инерционностью колонны синтеза и завершением переходного процесса, вызванного изменениями положения регулирующих

№ ситуации	Описание ситуации
	заслонок.
4	Оценки температур $T_1(i) \div T_7(i)$ в колонне синтеза аммиака изменяются разнонаправлено и хаотично. Предаварийный режим работы агрегата.
5	Оценки температур $T_1(i) \div T_7(i)$ в колонне синтеза аммиака изменяются незначительно. Данный режим относится к стабильному режиму работы агрегата. При выполнении указанных условий, возможен поиск оптимальных значений технологических параметров и перенастройка технологического режима.

За основу функциональной структуры интеллектуальной системы управления, представленной на рисунке 2, выбрана базовая структура интеллектуальной системы управления, описанная в работах К.А. Пупкова, В.Г. Конькова [1]. Блоки, входящие в состав этой системы, выполняют следующие функции:

- Подсистема оценивания осуществляет фильтрацию измеренных значений переменных, то есть выделяет низкочастотную составляющую сигналов.

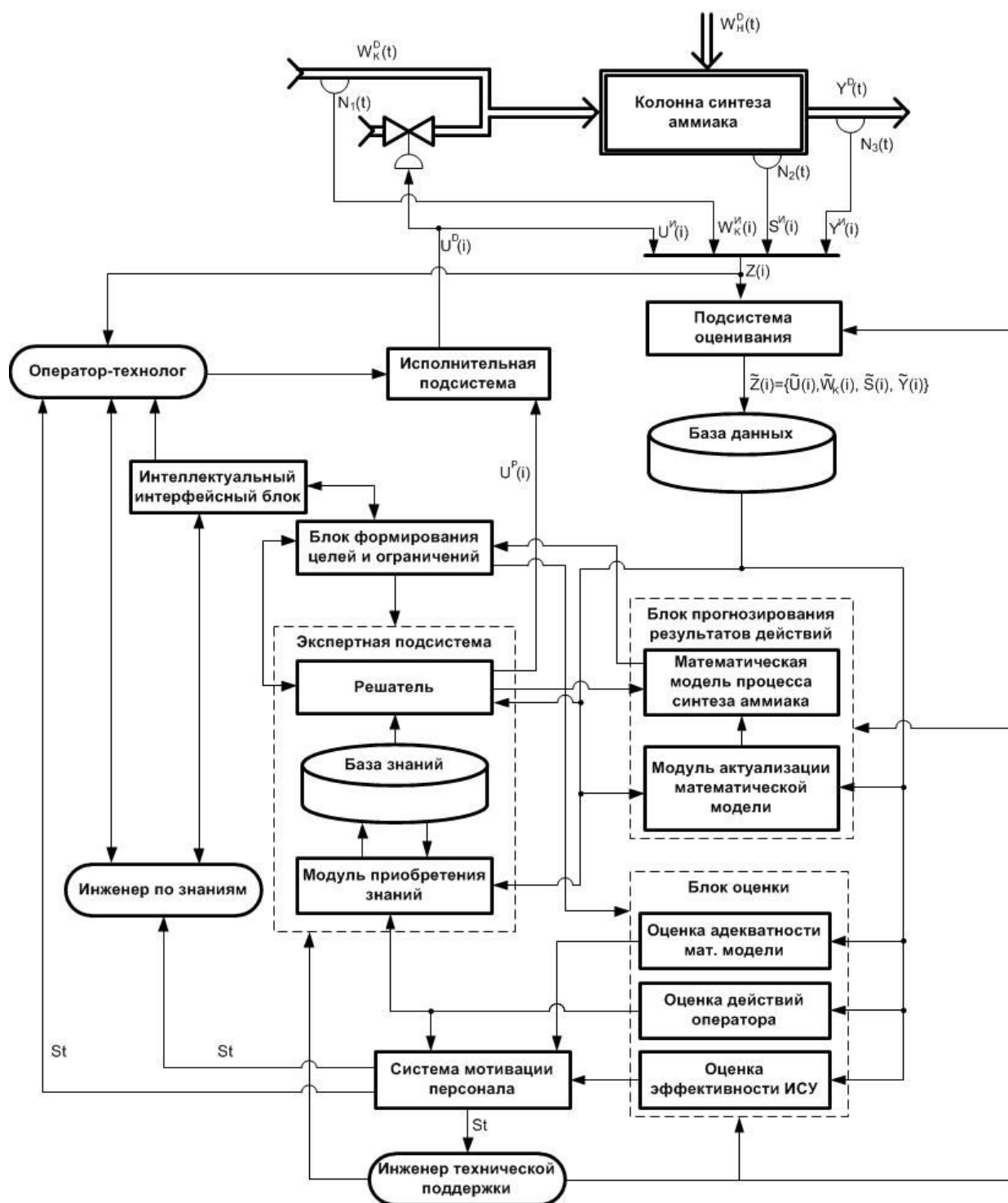
- База данных представляет собой область памяти хранящей измеренные нормализованные значения технологических параметров, а также выработанные и реализованные управляющие воздействия. Пополнение и хранение данных организовано по принципу FIFO (первый на входе – первый на выходе).

- Блок прогнозирования результатов действий, как и в модели К.А. Пупкова, необходим для оценки влияния управляющих воздействий на объект управления. Кроме того, он содержит модуль актуализации математической модели.

- Экспертная подсистема, представляет собой типовую экспертную систему, которая состоит из решателя, формирующего очередность применения решающих правил, и базы знаний – элемента интеллектуальной системы, содержащего набор продукционных правил, необходимых для управления колонной синтеза аммиака. В этой подсистеме предусмотрено пополнение базы знаний не только на этапе ее формирования инженером по знаниям, но и после запуска системы управления, – через модуль приобретения знаний.

- Блок формирования цели и ограничений формирует информацию для проверки соответствия принятых решений критериям безопасности технологического режима, а также для выбора решений наиболее полно отвечающих принятой цели.

- Блок оценки состоит из нескольких частей, выполняющих следующие функции: оценка эффективности интеллектуальной системы управления (ИСУ), оценка эффективности действий оператора-технолога, оценка адекватности математической модели.



U – управляющие воздействия; W_K, W_H – контролируемые и неконтролируемые возмущающие воздействия; S – параметры состояния; Y – выходные параметры; N – помеховые воздействия; St – стимулирующие воздействия

Рисунок 2 – Функциональная схема интеллектуальной системы управления колонной синтеза аммиака

– Интерфейсный блок служит для связи экспертной подсистемы и других автоматических блоков системы управления с оператором-технологом, инженером по знаниям, инженером технической поддержки. Данный блок используется для обучения интеллектуальной системы (наполнения базы знаний) инженером по знаниям, а так же для предоставления данных из базы знаний операторам-технологам в удобной форме. Блок обработки знаний

должен уметь формировать по запросу пользователя объяснения о собственной деятельности. Интерфейс также служит для взаимодействия инженера по знаниям со знаниями, хранящимися в памяти ИСУ. Кроме того, он предоставляет возможность взаимодействия ИСУ с инженером технической поддержки, для своевременной корректировки элементов ИСУ в случае необходимости.

– Исполнительная подсистема представляет собой элемент АСУ ТП, выполняющий функцию изменения расходов для разных материальных потоков. Она может реализовать управление как в автоматическом режиме, так и в ручном, когда изменение расхода сырья по конкретным потокам производится оператором-технологом (при этом автоматическая часть интеллектуальной системы управления функционирует в режиме активного советчика [2]).

Из-за постоянно меняющихся возмущающих воздействий, часть из которых не контролируется, работа управляющей системы возможна в двух режимах. А именно, в режиме компенсации возмущений, и стабилизации технологического режима в границах значений параметров соответствующих «норме», а также в режиме анализа эффективности действующего технологического режима и его оптимизации поисковым методом с использованием математического моделирования и пробных воздействий.

Библиографический список

1. Кулаков С.М. Интеллектуальные системы управления технологическими объектами: теория и практика: монография / С.М. Кулаков, В.Б. Трофимов; СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 223 с.:ил.
2. Авдеев В.П., Бурков В.Н., и др., Многоканальные организационные механизмы. М.: ИПУ РАН. 1986. – 41 с.

К ВОПРОСУ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В УСЛОВИЯХ ГПМ

Ибатуллин А.А.

Омский государственный технический университет, г. Омск

В современном машиностроительном производстве все большее место занимает механическая обработка с переменными режимами резания. В результате в течение одного рабочего хода могут реализовываться различные закономерности изменения режима резания. При этом в широких пределах изменяются и параметры сечения срезаемого слоя, скорость резания, кинематические углы режущего инструмента (РИ). Указанные факторы оказывают существенное влияние на стабильность силового и температурного режимов, а также на стойкость РИ. Вследствие нестабильности процесса формообразования известные косвенные методы оценки износа РИ (по силе резания, вибрациям и др.) оказываются неэффективными. Поэтому появляется необходимость в разработке таких методов определения текущего и предельного износа РИ, которые были бы пригодны для условий нестационарного резания.

При автоматизации управления обработкой детали на обрабатывающем центре в условиях ГПМ необходимы алгоритмы учета погрешностей обработки. Вопросы формализованного описания процесса контроля обработанной детали рассмотрены в работах [1–3]. Рассмотрим вопрос применительно к режущему инструменту.

Форма обработанной детали и ее размеры будут определяться взаимным положением базовых формообразующих поверхностей, получаемых в результате снятия припуска тем или иным режущим инструментом. Погрешности обработки будут определяться отклонением параметров и положением в пространстве формообразующих поверхностей от расчетных значений, используемых управляющей программой станка. Корректирование этих погрешностей путем коррекции управляющей программы возможно от прохода к проходу

при многопроходной обработке определенной поверхности или от детали к детали при однократной обработке некоторой поверхности для нескольких одинаковых деталей. Рассмотрим формализованное описание процесса контроля режущего инструмента.

Контроль инструмента в ГПМ осуществляется с целью определения точности его настройки и коррекции управляющей программы для компенсации систематических составляющих погрешности настройки, что, в частности, позволяет исключить пробные проходы при обработке на станках с ЧПУ.

На рисунке 1 приведены схемы измерения координат расчетной точки K инструмента с помощью измерительной головки, установленной на столе станка. Для упрощения на схемах приведена плоская система координат. Фактически же все изменения осуществляются в трехмерном пространстве, задаваемом системой координат станка. В качестве примера взята обработка детали на обрабатывающем центре, однако, выводы справедливы и для других станков.

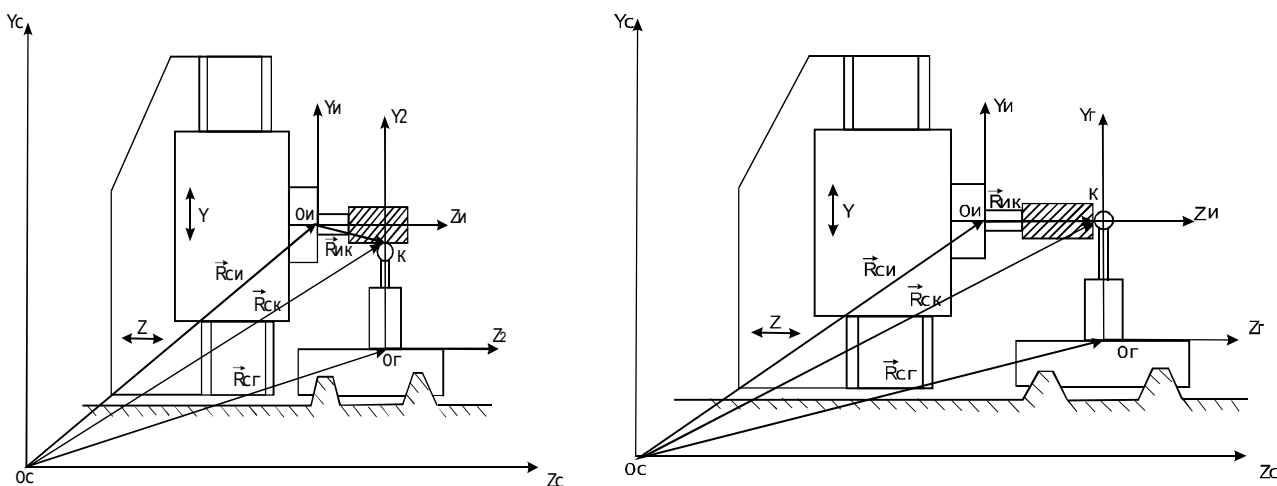


Рисунок 1 – Схема измерения базовых точек инструмента

На рисунке 1 обозначены системы координат: $O_c X_c Y_c Z_c$ – неподвижная система координат станка; $O_u X_u Y_u Z_u$ – подвижная система координат, связанная с инструментом; $O_2 X_2 Y_2 Z_2$ – подвижная система координат, связанная с измерительной головкой. При измерениях происходит перемещение систем координат измерительной головки и инструмента в системе координат станка и величины координатных перемещений в системе $O_c X_c Y_c Z_c$ изменяются.

Для случая контроля базовой точки K инструмента (рисунок 1) можно записать следующее выражение

$$\bar{r}_{ck} = \bar{r}_{c2} + \bar{r}_{2k}, \quad (1)$$

или в координатной форме

$$\begin{pmatrix} x_{cu} \\ y_{cu} - R \\ z_{cu} + z_{uk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{c2} + x_{2k} \\ y_{c2} + y_{2k} \\ z_{c2} + z_{2k} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Из выражения (2) можно определить фактический радиус инструмента:

$$R = y_{cu} - (y_{c2} + y_{2k}), \quad (3)$$

где \bar{r}_{CK} – радиус-вектор расчетной точки K инструмента в системе координат станка; \bar{r}_{C2} – радиус-вектор начала системы координат измерительной головки в системе координат станка; \bar{r}_{2K} – радиус-вектор точки K контакта наконечника измерительной головки с инструментом. Поскольку величины y_{cu} и y_{c2} определяются с помощью измерителей координатных перемещений станка, а величина y_{2K} задается конструкцией измерительной головки, то появляется возможность определения фактического радиуса R инструмента. Сравнивая эту величину с расчетным значением радиуса инструмента, определяем требуемую коррекцию инструмента в направлении координаты Y

$$\Delta_K = R_{расч} - R. \quad (4)$$

Описанный метод часто реализуется на практике, но его недостатком является возможность существенной ошибки вследствие погрешности базирования инструмента и измерительной головки на станке. С учетом этих погрешностей запишем уравнение

$$\bar{r}_{ук} \cdot M_{cu} + \Delta \bar{r}_{cu} = \bar{r}_{c2} + \bar{r}_{2K} \cdot M_{c2} + \Delta \bar{r}_{c2} - \bar{r}_{cu}, \quad (5)$$

где M_{cu}, M_{c2} – матрицы, учитывающие возможный поворот систем координат инструмента и измерительной головки относительно системы координат станка вследствие погрешности базирования; $\Delta \bar{r}_{c2}, \Delta \bar{r}_{cu}$ – линейные смещения систем координат инструмента и измерительной головки в системе координат станка, вследствие погрешности базирования.

Из-за влияния погрешностей результат измерения координат базовой точки становится неопределенным. Поскольку измерительная головка постоянно установлена на станке, то для уменьшения погрешности измерения координат базовых точек ее можно аттестовать, определив

$$\Delta \bar{r}_{CK} = \bar{r}_{2K} \cdot M_{c2} + \Delta \bar{r}_{c2}, \quad (6)$$

где $\Delta \bar{r}_{CK}$ – фактическое положение точки контакта измерительного наконечника головки относительно номинального начала системы координат головки, выраженное в системе координат станка.

С учетом аттестации измерительной головки инструмента выражение (5) примет вид

$$\bar{r}_{ук} \cdot M_{cu} + \Delta \bar{r}_{cu} = \bar{r}_{c2} + \Delta \bar{r}_{CK} - \bar{r}_{cu}, \quad (7)$$

или в координатной форме записи

$$\begin{pmatrix} a_{11}x_{ук} + a_{12}y_{ук} + a_{13}z_{ук} \\ a_{21}x_{ук} + a_{22}y_{ук} + a_{23}z_{ук} \\ a_{31}x_{ук} + a_{32}y_{ук} + a_{33}z_{ук} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x_{cu} \\ \Delta y_{cu} \\ \Delta z_{cu} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{c2} + \Delta x_{CK} - x_{cu} \\ y_{c2} + \Delta y_{CK} - y_{cu} \\ z_{c2} + \Delta z_{CK} - z_{cu} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\psi * \cos\theta & -\cos\psi * \sin\theta & \sin\psi \\ \sin\varphi * \sin\psi * \cos\theta + \cos\varphi * \sin\theta & -\sin\varphi * \sin\psi * \sin\theta + \cos\varphi * \cos\theta & -\sin\varphi * \cos\psi \\ -\cos\varphi * \sin\psi * \cos\theta + \sin\varphi * \sin\theta & \cos\varphi * \sin\psi * \sin\theta + \sin\varphi * \cos\theta & \cos\varphi * \cos\psi \end{pmatrix},$$

где φ, ψ, θ – углы поворота системы $O_c X_c Y_c Z_c$ вокруг осей $O_u X_u, O_u Y_u, O_u Z_u$, соответственно, вследствие перекосов инструмента при установке в шпиндель

станка; $\Delta x_u, \Delta y_u, \Delta z_u$ – линейные смещения инструмента относительно номинального положения при его установке в шпиндель.

Коррективы, как правило, поддаются только линейные смещения инструмента и, следовательно, при контроле последнего возникает задача дифференциации составляющих погрешностей базирования. Последнее обстоятельство ведет к увеличению объема контроля.

Так на рисунке 2, б для определения положения образующей инструмента можно измерить координаты двух принадлежащих ей точек $K_1(x, y_{ск1}, z_{ск1})$ и $K_2(x, y_{ск2}, z_{ск2})$.

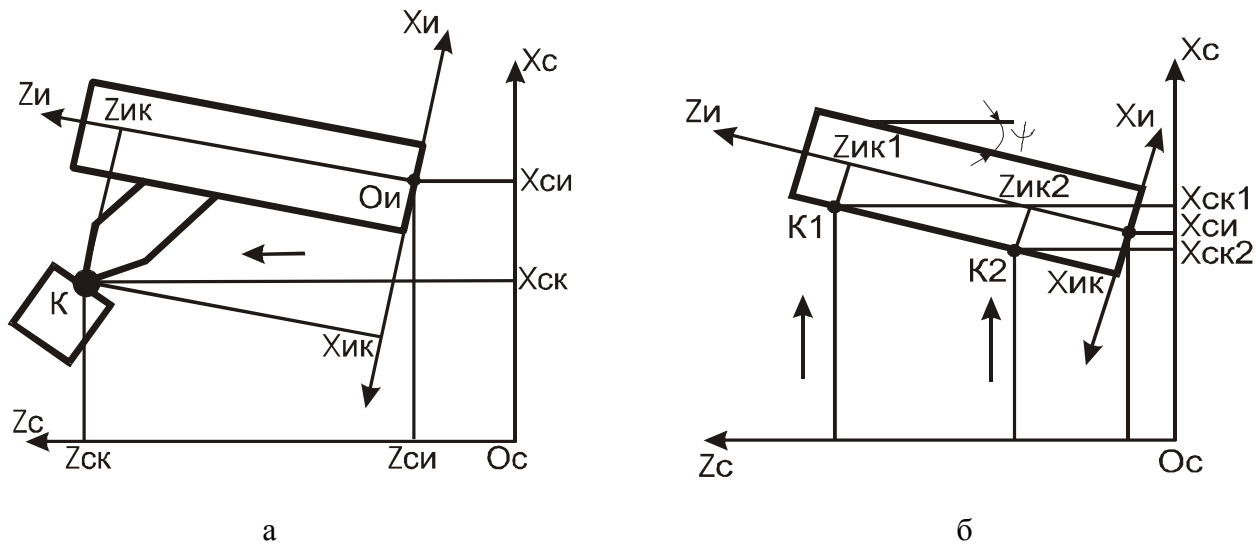


Рисунок 2 – Схема измерения базовых точек инструмента

Тогда поворот инструмента вокруг оси $O_c X_c$ определится следующим образом:

$$\psi = \arctg \frac{y_{ск2} - y_{ск1}}{z_{ск2} - z_{ск1}}. \quad (9)$$

В результате на длине обрабатываемой поверхности L_z погрешность может составить

$$\Delta = L_z \frac{y_{ск2} - y_{ск1}}{z_{ск2} - z_{ск1}}. \quad (10)$$

Эта погрешность не может быть скомпенсирована линейной коррекцией инструмента вдоль оси $O_c X_c$.

Для полной дифференциации составляющих погрешностей система контроля должна решать задачу идентификации положения того или иного геометрического элемента инструмента путем измерения координат нескольких базовых точек принадлежащих этому геометрическому элементу и математического моделирования положения элемента в координатном пространстве станка. Смоделированное положение элемента сравнивается с заданным, и определяются составляющие погрешности установки инструмента и необходимые коррективы его положения по координатным осям системы координат станка.

Предложенное формализованное описание позволяет по результатам контроля координат точек, принадлежащих режущему инструменту, установить его износ. Полученные в результате контроля данные могут быть использованы для коррекции движения обрабатывающего инструмента с целью компенсации погрешности.

На основе приведенной математической модели легко сформулировать алгоритм управления точностью обработки цилиндрической поверхности:

- измерение координат базовых точек инструмента;
- вычисление погрешности (износа);
- коррекция управляющей программы.

Библиографический список

1. Ибатуллин, А.А. К вопросу оценки точности обработки плоских поверхностей в условиях гибкого производства // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XVI Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 5. Секция 5./Под общ. Ред. В.С. Балакирева./ Ростов н/Д: РГАСХМ ГОУ, 2003. – С.42-44.
2. Ибатуллин, А.А. Математическая модель контроля положения обработанной плоской поверхности при обработке на станках с ЧПУ/ Ибатуллин А.А., Федотов А.В. // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды IV Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – С.313-314.
3. Ибатуллин, А.А. Способ контроля положения обработанной цилиндрической поверхности в условиях ГПМ // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2011. – С.198-201.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МАССОВОЙ ВЫГРУЗКИ КОМПЛЕКТОВ ДОКУМЕНТОВ КЛИЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Куделин С.П., Мясников Д.А., Челнокова В.Д.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург*

Корпоративная информационная система (КИС) является одним из наиболее эффективных механизмов комплексной автоматизации. Как правило применяется модульно-компонентный принцип построения программных систем с применением «удачных решений» внешних производителей [1], позволяющих снизить трудозатраты на формирование пакетов документов.

Одним из таких решений является система массовой выгрузки документов. Эта система (Рисунок 1) состоит из трех подсистем [2–4]:

1) «Выгрузка счетов» содержит:

- основной сервер с запущенными процессами: диспетчер заданий, менеджеры выгрузки и сборщик;
- дополнительные сервера с запущенными процессами: менеджеры выгрузки и сборщик;

2) Сервера печати, для печати полученных комплектов документов;

3) Сервер отправки эл. почты.

Система массовой выгрузки документов предназначена для проведения централизованной работы.

Печать документов, как правило, выносится в линейные подразделения, что делает актуальной принципиально другое решение применения системы массовой выгрузки счетов (рисунок 2).

Достоинствами такой схемы являются

- большая мобильность построения рабочих мест печати (независимость от драйверов принтеров, пониженные требования к ресурсам рабочих мест печати), возможность промежуточного контроля;

- возможность промежуточного контроля выгружаемых документов;
- контроль доставки почты, обеспечиваемый внешним ПО.

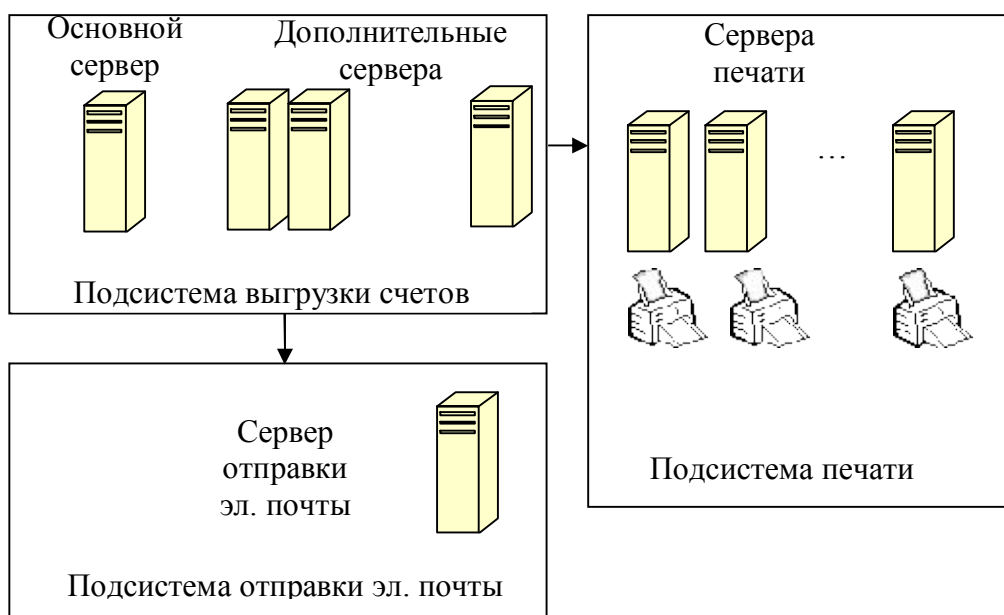


Рисунок 1 – Структура системы массовой выгрузки ODPS

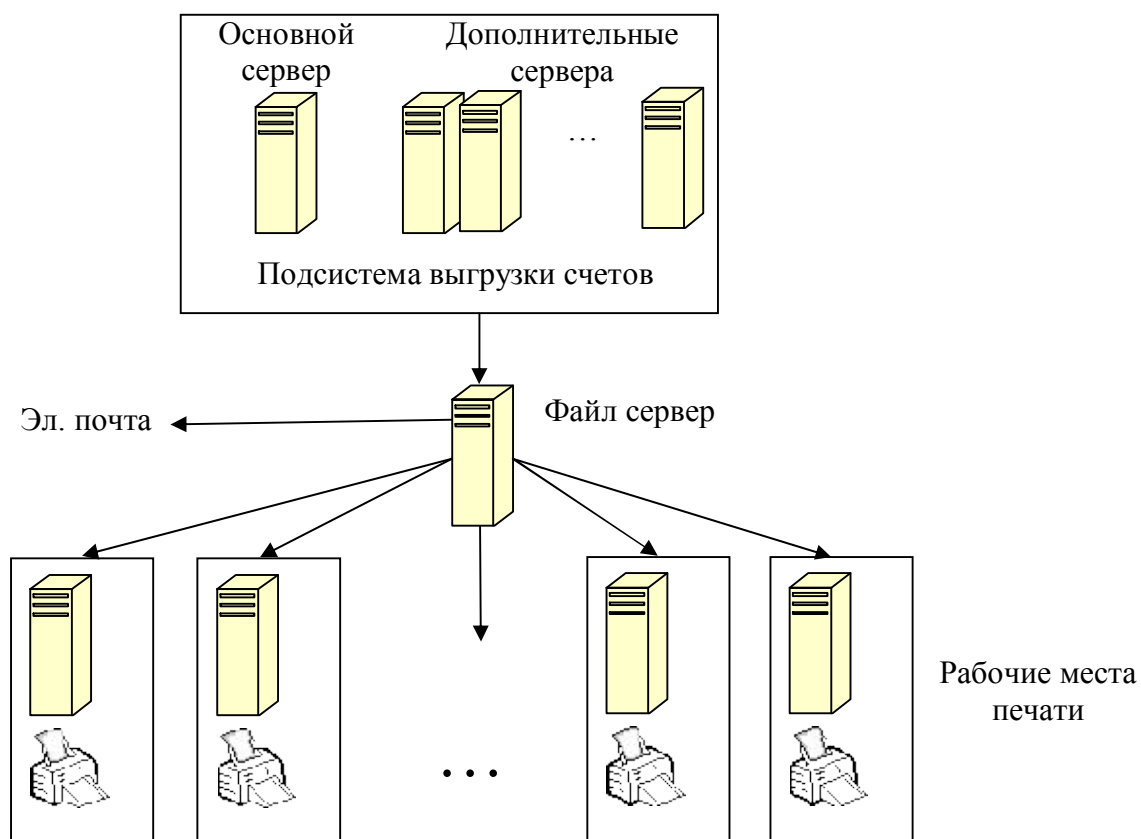


Рисунок 2 – Усовершенствованная структура применения системы массовой выгрузки ODPS

Для работы по новой схеме применяется алгоритм (рисунок 3) с большим количест-

вом ручных операций.

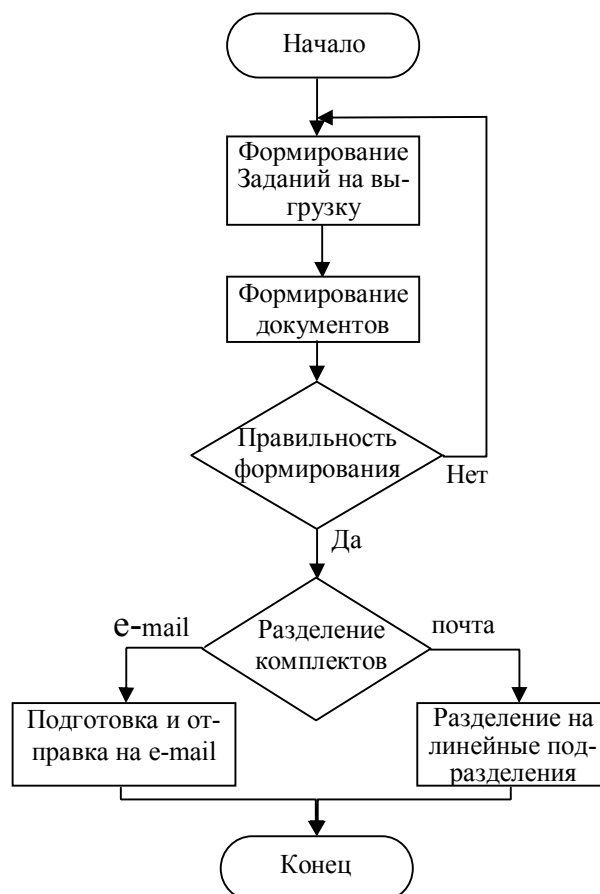


Рисунок 3 – Алгоритм применения системы массовой выгрузки ODPS

Для оптимизации процесса выгрузки документов реализован программный комплекс с использованием внешней системы ODPS, возможностей БД ORACLE [5] и визуальной среды разработки Visual Studio 2010 [6]. Выгрузка счетов производится в формате PDF. Для запуска выгрузки используются функции внешнего API интерфейса ODPS:

- формирования задания выгрузки;
- добавление идентификатора счета;
- прикрепление параметров к идентификатору;
- запуск задания на выполнение.

Основные модули программного комплекса:

- Подсистема загрузки счетов в ODPS реализована в виде задания (пакет DBMS_JOB) ORACLE, запускаемого 1 раз в 15 минут, программа задания анализирует данные работы предыдущих систем, осуществляет поиск рассчитанных выгружаемых счетов, исключая список уже выгруженных счетов;

- ODPS-система массовой выгрузки счетов ПЕТЕР-СЕРВИС;

- Подсистема анализа работы проверяет наличие выгруженных файлов счетов на диске; счета проверяются по номерам лицевых счетов (уникальных кодов клиентов), в случае их отсутствия требование о их перевыгрузке передается в 1 подсистему;

- Подсистема дополнительной обработки результатов применяется для дополнительного выделения данных для конкретных заказчиков; подсистема с помощью запросов в БД формирует командные файлы для переноса файлов в каталоги заказчиков, инициирует процессы архивации; для удобства подсистема работает с определенной структурой выходных каталогов, полученные архивы файлов являются выходной информацией;

- Подсистема отправки на эл. почту файлов из папки выгрузки.

Система разрабатывается для уральского филиала ОАО «Мегафон». Но она может быть применена на любых промышленных предприятиях с большим объемом выводимых документов.

Библиографический список

1. Абдикеев Н.М., Китова О.В., Завьялова Н.Б. и др. Корпоративные Информационные системы управления. М. – Инфра-М, 2006. – 464с.
2. Подсистема «заказы на доставку документов клиенту». Руководство системного программиста. 643.11150642.19007-05 32 01-М – СПб. PETER-SERVICE. – 47с.
3. Подсистема «заказы на доставку документов клиенту». Руководство оператора. 643.11150642.19007-05 32 01-М – СПб. PETER-SERVICE. – 17 с.
4. Подсистема «Ядро системы ведения заказов на доставку». Руководство системного программиста. 643.11150642.19004-05 32 01-М– СПб. PETER-SERVICE. – 11 с.
5. Скотт Урман, Рон Хардман, Майкл МакЛафлин Нильсен ORACLE DATABASE 10g. Программирование на языке PL/SQL. – М.: Oracle Press, 2007. – 816 с.
6. Пауэрс Л. Microsoft Visual Studio 2008 / Л.Пауэрс, М.Снелл. СПб.: БХВ-Петербург, 2009, – 1200 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСФЕР-АГЕНТСКОЙ СЕТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО РЕГИСТРАТОРА

Терентьев А.Ю., Ярчук В.Ф.

ООО «ТЭКСИ-Консалтинг»,

г. Екатеринбург

На сегодняшний день практически каждый крупный специализированный регистратор, осуществляющий деятельность по ведению реестров акционерных обществ, занят созданием или уже внедрил собственную корпоративную систему электронного документооборота (ЭДО). Бурное развитие отрасли коллективного инвестирования в России ставит перед специализированными регистраторами новые задачи в области технологий обслуживания и качества услуг, в том числе обеспечение стабильной оперативной обработки многократно возрастающих потоков операций с ценными бумагами, оперативное взаимодействие с управляющими компаниями и их агентами, работающими в различных регионах, высококачественное обслуживание растущего числа владельцев ценных бумаг. Все перечисленное выше требует от специализированных регистраторов развития и внедрения технологий ЭДО для взаимодействия с участниками рынка коллективных инвестиций.

Рассматриваемая в докладе система электронного документооборота (СЭД) между трансфер-агентом и специализированным регистратором предназначена для организации обмена электронными сообщениями с использованием модуля ТА-обмена (модуля ТОМ) и программно-технического комплекса «Миг» (ПТК «Миг»).

Трансфер-агентом (ТА) называется лицо, осуществляющее прием документов от зарегистрированных лиц и передачу их регистратору, а также прием от регистратора ответов на запросы и передачу их зарегистрированным лицам. Прием и выдача документов зарегистрированным лицам осуществляется в соответствии с трансфер-агентским договором, заключенным между регистратором и трансфер-агентом.

Сообщение – это обменный пакет, включающий в себя данные о регистрации принятых документов, вложенные файлы в виде архива или сканированных документов, а также служебную информацию.

Модуль ТОМ предназначен для выполнения операций по обмену данными между участниками трансфер-агентской сети регистратора, включая ТА-пункты сторонних организаций (эмитентов, номинальных держателей) и обеспечивает автоматизированную подготовку документов для передачи, прием и обработку поступивших документов, а также

взаимодействие с другими программными системами:

- системой ведения реестров «Вереком-2»;
- ПТК «Миг», осуществляющим транспорт электронных документов, подготовленных модулем ТОМ (транспорт с использованием средств шифрования, ЭЦП, проверка соответствия форматам XML-документов). Для хранения сертификатов ключей шифрования используются электронный носитель e-Token. Доступ к сертификату на электронном носителе защищен паролем.

Модуль ТОМ должен обеспечивать передачу:

- неформализованных документов (сканобразы документов);
- файлов установленного формата для обмена регистраторов и депозитариев (XML-формат FRD_11_01, утвержден советом директоров Профессиональной ассоциации регистраторов, трансфер-агентов и депозитариев в 2011 году);
- файлов произвольного XML-формата (не регламентированного формата).

Единицей обмена в модуле ТОМ является сообщение, структура данных которого включает:

- входящий акт;
- входящие документы акта;
- скан-образы входящих документов;
- распоряжения для выполнения запросов и операций в реестре;
- исходящие документы, сформированные в результате исполнения входящих документов данного входящего акта;
- связи входящих документов акта с распоряжениями и исходящими документами.

При регистрации входящего акта указанные данные сохраняются в SQL-базе модуля ТОМ.

В момент отправки запись входящего акта из SQL-базы конвертируется в набор XML-файлов.

Подготовка электронного сообщения в модуле ТОМ начинается с создания входящего акта. Функция выполняется на главной экранной форме модуля ТОМ, которая содержит список зарегистрированных входящих актов и панель кнопок управления.

Добавление записи входящего акта сопровождается появлением экранной формы сообщения (акта), которая содержит вкладки:

- «Входящие документы»;
- «Распоряжения»;
- «Исходящие документы»;
- «Протокол обработки сообщения».

Регистрация входящих документов в SQL-базе модуля ТОМ производится на вкладке «Входящие документы». Входящий номер регистрируемых документов наследуется от входящего акта, который был назначен при создании акта и вычисляется следующий свободный номер активированного входящего документа в акте. Тип входящего документа выбирается из справочника типов входящих документов системы «Вереком-2».

Ввод записи входящего документа может быть дополнен добавлением скан-образов документов.

Регистрация распоряжений для выполнения действий в реестре или выполнения запросов в реестр производится на вкладке «Распоряжения» формы работы с актом. Предусмотрено добавление/удаление записей распоряжения, ввод/корректировка реквизитов распоряжения. Ввод записи распоряжения начинается с выбора типа распоряжения из следующего допустимого перечня типов распоряжений (выбор производится из выпадающего списка):

- Запрос выписки;
- Запрос справки об операциях;
- Запрос справки о наличии ЦБ;
- Запрос уведомления об операции;

- Открытие лицевого счета зарегистрированного лица;
- Корректировка данных зарегистрированного лица;
- Перерегистрация ценных бумаг;
- Блокирование операций по лицевому счету;
- Разблокирование операций по лицевому счету.

Для каждого типа распоряжения имеется специальная экранная форма с соответствующим набором реквизитов распоряжения и возможностью выбора входящих документов акта для этого распоряжения.

При вводе распоряжения предусмотрена возможность выбора реквизитов из среза реестра, который имеется в базе ТА-пункта:

- выпуск ценных бумаг (из полного перечня выпусков реестра);
- зарегистрированное лицо – участник распоряжения (предусмотрен выбор по номеру лицевого счета или начальной части полного наименования зарегистрированного лица);
- тип документа-основания (из справочника системы «Верекон-2»).

Вкладка «Исходящие документы» предназначена, главным образом, для просмотра записей исходящих документов, которые были сформированы системой «Верекон-2» и являющиеся результатом исполнения входящих документов данного акта с категорией:

- «Документ-основание для проведения операции»;
- «Запрос».

На этой вкладке предусмотрена возможность добавления/ удаления/ редактирования записей исходящего документа, включая изменение привязки исходящего документа к входящим документам этого акта.

Подготовка электронного сообщения для передачи в ПТК «Миг» может производиться путем ручного выбора записей входящих актов, готовых для отправки.

Для каждого выбранного входящего акта формируется отдельное электронное сообщение, которое включает набор файлов:

- 1) XML-файл входящего акта (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 2) XML-файл регистрации входящих документов акта (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 3) JPG-файлы скан-образов входящих или исходящих документов акта (входящих - при передаче из ТА-пункта регистратору, исходящих – при передаче от регистратора в ТА-пункт – с отказом выполнения распоряжения или запроса);
- 4) XML-файл регистрации исходящих документов (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 5) XML-файлы исходящих документов (выписки, справки, уведомления) (при передаче от регистратора в ТА-пункт, а также при передаче из ТА-пункта регистратору для обновления реквизитов выдачи исходящего документа);
- 6) XML-файлы распоряжений (при передаче из ТА-пункта регистратору) в одном из вариантов:

а) распоряжения в XML-формате FRD_11_01:

- распоряжение на выдачу выписки;
- распоряжение на выдачу справки об операциях;
- распоряжение на выдачу справки о наличии ЦБ;
- распоряжение на выдачу уведомления об операции;
- распоряжение на перерегистрацию ценных бумаг;

б) распоряжения в нерегламентированном XML-формате:

- распоряжение на открытие лицевого счета зарегистрированного лица;
- распоряжение на корректировку данных зарегистрированного лица;
- распоряжение на блокирование операций по лицевому счету;
- распоряжение на разблокирование операций по лицевому счету.

Для отправки оператор ТА-пункта выбирает записи, находящиеся в статусе «Подготовлено для отправки». Изменение статуса входящего акта на стороне регистратора проис-

ходит по нажатию кнопки «Обновить статус актов» на гриде сообщений основной формы модуля ТОМ.

От регистратора допускается повторная передача ранее отправленного акта, если в нем содержатся новые данные, добавленные в акт после последней отправки.

Отправленное сообщение (акт) помечается датой-временем отправки адресату. Впоследствии эта отметка используется для анализа, требуется ли повторно отправлять данный входящий акт в ТА-пункт. Необходимость повторной отправки акта в ТА-пункт возникает, если в акте имеются входящие документы, у которых дата-время исполнения документа больше даты-времени последней отправки акта.

Для поддержки в актуальном состоянии среза данных реестра в базе ТА-пункта предусмотрена функция формирования электронного сообщения с данными реестра для передачи в ПТК «Миг». Формируемое электронное сообщение включает набор XML-файлов формата TRF_11_01, разработанного для приема-передачи реестров между специализированными регистраторами, эмитентами и депозитариями. Данный формат утвержден советом директоров Профессиональной ассоциации регистраторов, трансфер-агентов и депозитариев в 2011 году. Следующий набор файлов этого формата используется для передачи актуального среза данных реестра от регистратора в ТА-пункт:

- XML-файл конверта электронного сообщения с данными реестра;
- XML-файл с анкетными данными эмитента;
- XML-файл с описанием выпусков ценных бумаг;
- XML-файлы с анкетами зарегистрированных лиц;
- XML-файл с анкетами совладельцев;
- XML-файл с анкетами уполномоченных представителей.

Для оптимизации обмена передаче подлежат только данные реестра, измененные с момента последней отправки подобного электронного сообщения в конкретный ТА-пункт. Данные о выполненных обновлениях среза реестра в ТА-пункте хранятся в SQL-базе регистратора.

Перед отправкой в ПТК «Миг» XML-файлы среза объединяются в единый ZIP-файл. Отправление среза реестра сопровождается созданием записи сообщения без создания записи входящего акта для этого сообщения.

В модуле ТОМ предусмотрена также функция подготовки электронного сообщения с набором файлов произвольного формата. Данное электронное сообщение является сообщением свободного формата и включает единственный регламентированный файл – XML-файл конверта электронного сообщения.

Успешное функционирование рассматриваемой СЭД зависит, в том числе, от наличия налаженного контроля взаимодействия между модулем ТОМ и ПТК «Миг». В рассматриваемой реализации СЭД предусмотрена обработка модулем ТОМ технических сообщений, формируемых ПТК «Миг».

Модуль ТОМ обрабатывает следующие технические сообщения ПТК «Миг»:

"SEND" – документ отправлен (принят сервером СЭД);

"PARK" – документ получен и принят к обработке;

"REJT" – документ не принят к последующей обработке.

Соответствие технического сообщения электронному сообщению устанавливается по совпадению основной части наименования файла электронного сообщения и технического сообщения. ТА-модуль меняет статус акта (электронного сообщения) по следующей схеме:

– статус «Передан» меняет на статус «Принят к обработке» – при приеме технического сообщения типа "PARK";

– статус «Передан» меняет на статус «Документ не принят к последующей обработке» – при приеме технического сообщения типа "REJT".

В модуле ТОМ предусмотрена функция переноса обработанных сообщений в архив.

Выбранные записи сообщений перемещаются на вкладку «Архив сообщений», отку-

да могут быть возвращены, в случае необходимости, обратно на вкладку «Сообщения». При выполнении указанных операций допускается множественный выбор записей сообщений.

Регламент рассматриваемого электронного документооборота предусматривает также обмен бумажными документами, которые доставляются с некоторым запаздыванием (несколько дней) относительно перемещения их электронных копий.

Контроль перемещения бумажных документов обеспечивается функцией модуля ТОМ, которая предусматривает простановку отметок о передаче бумажных оригиналов документов акта и предназначена только для выполнения в ТА-пунктах.

Основным отчетом, который формируется с помощью модуля ТОМ, является журнал обмена документами с регистратором (ТА-пунктом). Отчет включает перечень входящих документов с основным набором реквизитов входящего документа: номер и дата регистрации в ТА-пункте и в базе регистратора, наименование документа, категория и статус документа, дата исполнения, перечень исходящих документов, являющихся результатом выполнения входящего документа и некоторые другие реквизиты.

Корректная работа модуля ТОМ зависит от правильного выполнения настройки параметров модуля, которые определяют его взаимодействие с ПТК «Миг». Для упрощения процедуры настройки этих параметров в модуле предусмотрена функция синхронизации настроек модуля ТОМ с аналогичными настройками ПТК «Миг». Указанная синхронизация реализована в виде функции импорта настроек из ПТК «Миг» в модуль ТОМ. После завершения процесса синхронизации настроек, модуль ТОМ проверяет корректность настройки путем запуска специального теста.

Программный комплекс ТОМ позволяет каждому трансфер-агенту назначить список эмитентов, по которому возможен обмен документами с Регистратором. Если в качестве ТА-пункта выступает эмитент, то ему доступен прием только документов по своему реестру.

Каждому трансфер-агенту назначается индивидуальный номер, который используется при регистрации входящих документов, принятых трансфер-агентом от клиента.

Регистратор обрабатывает принятые документы в установленные сроки и направляет ответ о результатах обработки трансфер-агенту. Трансфер-агент обязан проверять получение ответа от Регистратора, даже если в отправленном сообщении не было распоряжений на предоставление информации. После приема ответа от регистратора о результатах обработки распоряжений трансфер-агент может сформировать журнал обмена и посмотреть результаты исполнения операций.

Для приема сообщения от регистратора трансфер-агент запускает ПТК «Миг» в режиме «Стартовать в автоматическом режиме обработки входящих и исходящих документов». По окончании приема в протоколе обработки документов отображается количество отправленных/принятых документов, а также результат выполнения каждой операции.

Уполномоченный представитель трансфер-агента распечатывает полученные ответы, подписывает представителем трансфер-агента и заверяет печатью трансфер-агента.

В случае отказа в проведении операции или предоставлении информации, регистратор самостоятельно направляет «уведомление об отказе» обратившемуся лицу.

Ответ на запрос направляется обратившемуся лицу трансфер-агентом самостоятельно в соответствии со способом, указанным в запросе.

Если обратившееся лицо указало способ получения ответа «Лично у регистратора», то трансфер-агент должен известить акционера о полученном ответе на запрос и необходимости забрать документ. При получении ответа зарегистрированное лицо расписывается на распоряжении и указывает дату получения.

Если зарегистрированное лицо не пришло за ответом в течение установленного срока с момента получения выписки от регистратора, то трансфер-агент направляет ответ обратившемуся лицу по почте. На распоряжении проставляется отметка о способе направления ответа, дате, номере заказного письма.

Если обратившееся лицо указало способ получения «Заказным письмом по адресу»,

то трансфер-агент направляет выписку в течение установленного срока с момента получения выписки от регистратора. На распоряжении проставляется отметка о способе направления ответа, дате, номере заказного письма.

В «Журнале обмена документами» отображаются результаты обработки принятых документов.

После выполнения сверки документов и журнала обмена регистратор формирует «окончательный» журнал обмена и направляет его трансфер-агенту.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Гурин И.А., Носков В.Ю.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург*

Введение

Современный уровень технологического прогресса привел к автоматизации многих процессов. Те процессы на заводах, которые еще несколько десятков лет назад настраивались и работали под руководством человека, сейчас зачастую автоматизированы. Автоматизация связана со снижением материальных, энергетических и трудовых ресурсов на производство продукции. Снижение трудовых ресурсов позволило пропорционально увеличить объемы производства. Но увеличение объема производства при одновременном сокращении численности работников на единицу рабочих машин, привело одновременно к повышению рисков возникновения опасных для жизни ситуаций. В этих условиях важным вопросом становится оповещение об авариях, нестабильной работе и ошибках в работе агрегатов и механизмов. Системы оповещений активно внедряются на предприятиях. На крупных агрегатах это SCADA-системы со встроенными оповещениями и возможностью доставки по SMS или e-mail.

Системы оповещений на производстве

Системы оповещений всегда существовали на предприятиях, например, оповещения в виде сигнализации о пожаре. Выбор сигнала системы оповещений обуславливался характером возникшей проблемы. Основными сигналами были:

- звуковая сигнализация;
- световая сигнализация;
- фиксированное предзаписанное или переданное с использованием оператора голосовое сообщение, передаваемое по телефонной линии или системе голосовых оповещений на базе громкоговорителей;

В XXI столетии цифровых технологий к способам оповещений добавились:

- автоматизированное параметрическое голосовое сообщение, передаваемое по сети стационарной, подвижной связи или системе голосовых оповещений на базе громкоговорителей;
- мультимедийное/текстовое сообщение, доставляемое на сотовый телефон (MMS/SMS);
- сообщения служб электронной почты;
- сообщение из службы обмена мгновенными сообщениями (ICQ, Jabber и т.д.).

Если традиционные средства сигнализаций достаточно отработаны и представлены в виде законченных решений у различных производителей, то решения с современными методами оповещения находятся в активной стадии развития.

Рассмотрим более подробно один из вариантов построения системы оповещения, построенной на базе программных средств Open Source, которая позволяет реализовать часть современных методов оповещений. Нас не будут интересовать способы сбора и обработки информации с контролируемых объектов. Это могут быть контроллеры, обрабатывающие сигналы с десятков датчиков, различные реле или платы расширений в компьюте-

рах. Будем предполагать, что устройство уже имеет на своем выходе сформировавшееся событие, на основании которого необходимо провести информирование обслуживающего персонала.

Общая схема решения

В качестве способов оповещений выберем голосовые и текстовые сообщения, доставляемые на сотовый телефон.

Доставка голосовых сообщений может быть выполнена с использованием каналов сети Интернет (с использованием услуги VoIP терминации вызовов от одного из операторов связи). В этом случае передача голоса осуществляется с использованием SIP-транка. Альтернативным способом передачи голосовых сообщений является использование собственного VoIP шлюза, имеющего возможности совершать вызовы через местную телефонную сеть.

Доставка голосовых и текстовых сообщений может выполняться с использованием GSM-канала и оборудования, называемого GSM модем/GSM шлюз. В этом случае используются базовые услуги любого сотового оператора – исходящие вызовы и передача SMS. Использование голосового режима реализовано не на всех GSM шлюзах и в рамках рассматриваемого решения не используется.

Общая схема решения представлена на рисунке 1. Стоит отметить, что сервер службы оповещений, база данных, сервер АТС Asterisk и SMS-шлюз могут располагаться как на одной, так и на разных физических машинах.

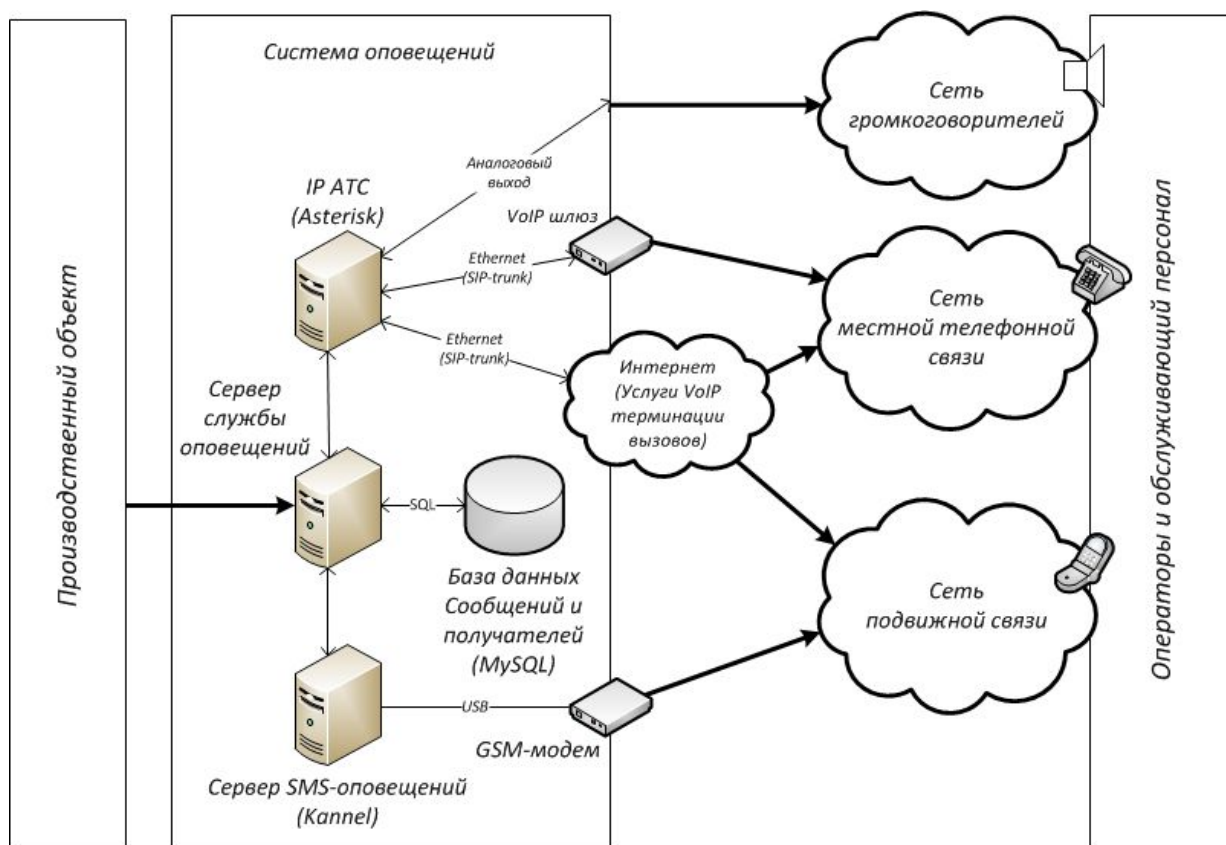


Рисунок 1 – Схема системы оповещений

Основным звеном на схеме является сервер службы оповещений. Его задачей является прием сформированных данных об авариях или сбоях в работе от производственного объекта/SCADA систем. В качестве сервера службы оповещений использован Web-сервер Apache, который принимает сообщения в формате XML-формате, передаваемые в теле POST-запроса. Каждое сообщение содержит два обязательных поля:

- текст сообщения;
- значимость сообщения.

В базовом варианте базы данных хранится 2 таблицы: таблица получателей и таблица настройки оповещений. Таблица получателей содержит следующие поля:

- имя;
- номер телефона;
- адрес электронной почты;
- список значимостей.

Список значимостей пользователя может включать один или несколько значимостей сообщений. В случае если список значимостей пользователя включает значимость сообщения, то сообщение доставляется данному пользователю. В противном случае пользователь исключается из списка рассылки.

Таблица настройки оповещений содержит следующие поля:

- значимость;
- голосовое сообщение;
- текстовое сообщение.

В этой таблице для каждого значения значимости сообщения прописан список способов оповещения (голосовое сообщение – да/нет и т.д.).

Таким образом, после программной обработки сообщения имеется список и способ рассылки, а также текст сообщения. В зависимости от способа оповещения, сообщения последовательно для каждого элемента списка отправляются на необходимый сервер. Для голосовых сообщений использован сервер АТС Asterisk, а для текстовых сообщений – сервер SMS-шлюза Kannel..

Рассмотрим более подробно доставку сообщений через АТС Asterisk и SMS-шлюз Kannel.

Использование GSM модема

Для автоматизации передачи текстовых сообщений служат специальные устройства, которые называются GSM терминалами (модемами). GSM модем – современное средство автоматизации, обеспечивающее надежную беспроводную передачу данных по цифровым сетям GSM. GSM терминал обеспечивает передачу данных из любой точки земного шара, охваченной GSM-сетью. Сегодня это более 80 % территорий, заселенных людьми [6].

GSM модемы имеют следующие преимущества по сравнению с обычными телефонами:

- повышенная надежность работы;
- управление с помощью набора АТ-команд;
- подключение к компьютеру через COM-порт, USB, Bluetooth или ИК-порт.

В работе используется практическая реализация сервиса SMS-оповещений на основе GSM модема iRZ MC52PU. Это двухдиапазонный GSM-модем, отлично приспособленный для промышленных приложений – телеметрии, беспроводного сбора данных с датчиков, дистанционного наблюдения и сигнализации. В данной модели расширены функциональные возможности, среди которых – возможность перезагрузки модема сигналом DTR. Модем iRZ MC52PU оснащен интерфейсом USB и может питаться как от внешнего источника питания, так и прямо от USB-порта. Достаточно подключить антенну, USB-кабель, установить SIM-карту и модем готов к работе.

Подключение к компьютеру было выполнено по USB, который использует последовательный обмен данными. Кроме общения с модемом посредством АТ-команд, существуют специализированные программы для работы с некоторыми функциями программы. Наиболее распространенные программы:

– Kannel – простой и мощный WAP и SMS-шлюз с открытым исходным кодом, широко используемый во всем мире для отправки триллионов коротких сообщений (SMS), WAP Push служб и мобильного Интернета.

- gnokii – набор программ для связи с мобильным телефоном. Программа поддержи-

вает следующие возможности: исходящий вызов, прием вызова, отправка SMS-сообщения и работа с телефонной книгой. Существует реализация для операционных систем GNU/Linux, BSD unix, Windows, and Mac OS X.

Работа системы оповещений была проверена на SMS-шлюзе Kannel, т.к. установка программы является тривиальной задачей и может выполняться из пакета или из исходных кодов. После выполнения настройки и запуска программа, можно отправлять текстовые сообщения. Отправка осуществляется с помощью запросов по протоколу HTTP на заданный в конфигурации порт.

Таким образом, подключение SMS-оповещений не требует знания AT-команд управления модемами, а заключается лишь в настройке программного обеспечения.

Доставка голосовых сообщений с использованием Asterisk

Голосовые оповещения предполагают наличие заранее подготовленных фраз или сигналов, которые считываются и транслируются в сеть. Передача голосовых сообщений осуществляется по технологии IP-телефонии (VoIP). Под IP-телефонией подразумевается набор коммуникационных протоколов, технологий и методов, обеспечивающих двустороннее голосовое общение по сети Интернет или по любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передается в цифровом виде и, как правило, перед передачей преобразовывается (сжимается) с тем, чтобы удалить избыток информации. Считается, что IP-телефония реализует задачи и решения, которые с помощью технологии телефонной сети общего пользования реализовать труднее, либо дороже.

Для организации способа голосовых оповещений используется программное решение Asterisk. Это свободно распространяемое решение компьютерной телефонии с открытым исходным кодом от компании Digium, первоначально разработанное Марком Спенсером. Приложение работает на операционных системах Linux, FreeBSD, OpenBSD и многих других.

Установка и конфигурирование Asterisk является нетривиальной задачей, т.к. программное обеспечение не уступает по функциональности любой современной аппаратной АТС. Документацию по установке можно найти на официальном сайте программного продукта.

Совершать исходящие вызовы в Asterisk можно двумя способами:

1) Asterisk auto-dial out с использованием call-файлов. Принцип основан на том, что собранные файлы помещаются в специальную директорию, которую сканирует Asterisk. При обнаружении программой нового файл, он выполняется.

2) Asterisk Manager API с использованием команды Originate. AGI (Asterisk Gateway Interface) – это встроенный в Asterisk метод выполнения внешних скриптов, который может расширить функциональность Asterisk при помощи других языков программирования. Список языков программирования: Perl, PHP, C, Pascal, Bourne Shell.

Второй способ является более гибким и надежным, но и более сложным в настройке. Данный способ позволяет выводить голосовые сообщения как на каналы VoIP, так и на аналоговые выходы звуковой карты. Работа AGI начинается с передачи списка переменных, связанных с расширением:

- путь к считываемому сообщению в формате MP3;
- вызываемый номер;
- канал доставки (имя SIP-канала);
- приоритет;
- таймаут.

После этого приложение отправляет серверу Asterisk специальные команды AGI интерфейса через стандартный поток вывода и получает результаты выполнения этих команд, через поток стандартного ввода.

Таким образом, средства ПО Asterisk позволяют строить любую систему голосовых оповещений.

Заключение

Автоматизация и информатизация на производстве являются основными приоритетами в развитии. Они позволяют повысить конкурентоспособность за счет повышения качества продукции и снижения себестоимости, а также повышают надежность и стабильность работы агрегатов. Не смотря на это, потребность в оперативном оповещении обслуживающего персонала о возникновении отклонений от рабочих режимов оборудования остается важной задачей для любого производственного предприятия. В данной работе рассмотрены современные, доступные к реализации методы оповещения, которые позволяют повысить скорость доставки, географическую территорию на которой производится информирование, а также информативность передаваемых сообщений обслуживающему персоналу.

Библиографический список

1. IP-телефония [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/IP-телефония> (дата обращения 30.05.2013).
2. SMS-шлюз [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SMS-шлюз> (дата обращения 30.05.2013).
3. SMTP [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SMTP> (дата обращения 30.05.2013).
4. Sendmail [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Sendmail> (дата обращения 30.05.2013).
5. Postfix [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Postfix> (дата обращения 30.05.2013).
6. Беспроводной модем [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводной_модем (дата обращения 30.05.2013).
7. GSM модем iRZ MC52PU [Электронный ресурс] // Радиофид: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://www.radiofid.ru/ru/products/wireless/by-type/gsm-modems/56-gsm-modems/686-gsm-irz-mc52pu.html> (дата обращения 30.05.2013).

О СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ АСУТП ПРОИЗВОДСТВА ХРОМОВОГО АНГИДРИДА НА ЗАВОДЕ ЗАО «РУССКИЙ ХРОМ 1915»

Девярых Е.А., Девярых Т.О., Берковская Д.В.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург*

В рамках технического перевооружения производства хромового ангидрида на ЗАО «Русский хром 1915» (г. Первоуральск) компания «Феррокс» внедрила автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Техническое перевооружение заключается в переводе существующего производства хромового ангидрида периодическим способом (производительность 19 000 т/год) в производство хромового ангидрида непрерывным способом (производительность 6000 т/год) и введением раствора гипохлорита натрия в бисульфитную травку монокроматных растворов.

Целями разработки проекта АСУТП о применении SCADA являлись:

- улучшение технико-экономические показатели производства;
- автоматизация процесса утилизации отходов производства хромового ангидрида в соответствии с современными экологическими нормами;
- повышение выпуска годного по качеству продукта;
- контроль материальных потоков;
- улучшение условий труда технологического и обслуживающего персонала.

Система мониторинга и управления процессом построена на основе клиент-серверной архитектуры и разрабатывалась в программной среде SIMATIC WINCC V7.0.

Система автоматизации построена на основе PLC SIMATIC S7 CPU-319 3PN/DP и

станции удаленной периферии ET200S. Связь контроллера со станциями удаленной периферии осуществляется посредством интерфейса PROFIBUS DP выполненного на основе топологии «оптическое кольцо».

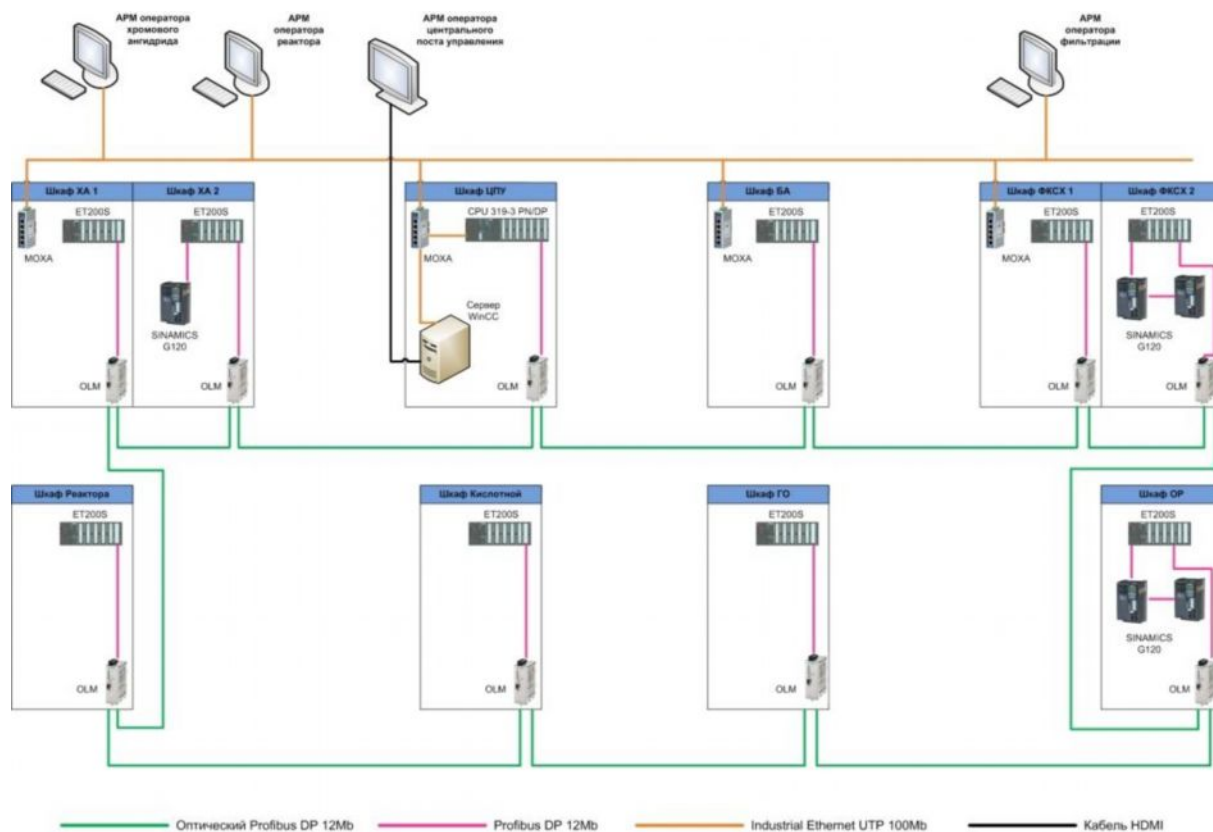


Рисунок 1 – Схема расположения комплекса технических средств

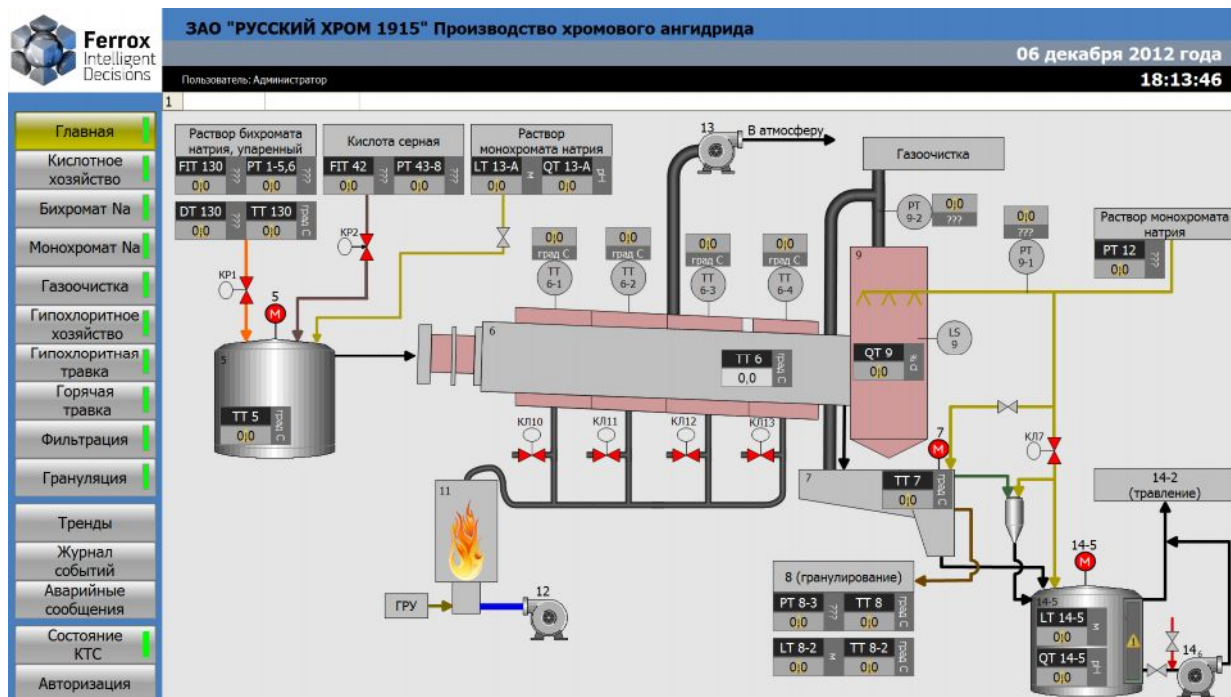


Рисунок 2 – Интерфейс SCADA системы

Управление насосами и мешалками осуществляется при помощи частотно-

регулируемых преобразователей SINAMICS G120 и пускорегулирующей аппаратуры фирмы SIEMENS.

Общее количество цифровых сигналов – 1100 шт., из них:

- аналоговые входы – 120 шт., аналоговые выходы – 100 шт.;
- дискретные входы – 650 шт., дискретные выходы – 230 шт.

Всё оборудование, применяемое в КТС АСУ ТП производства хромового ангидрида, имеет сертификаты соответствия ГОСТ Р, обеспечивая надёжную бесперебойную работу производства.

После передачи системы в промышленную эксплуатацию было получено снижение удельного расхода материальных и энергетических ресурсов, увеличение выпуска годной продукции и улучшения характеристик электро- и промышленной безопасности, за счет:

- использования современных надежных средств автоматизации, математических моделей и методов управления и регулирования;
- повышения точности выполнения технологических операций;
- улучшения информативности технологического персонала.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ВЕГЕТАЦИИ

Пешко М.С.

*Омский государственный технический университет
г. Омск*

При выращивании сельскохозяйственной продукции в условиях защищенного грунта появляется возможность автоматизации управления процессом вегетации в целях повышения эффективности этого процесса. Однако технологические режимы процесса вегетации зависят от многих переменных факторов, что существенно затрудняет алгоритмизацию процесса управления, поскольку в настоящее время управления подобными процессами в основном осуществляется на основе знаний и опыта специалистов-технологов. Представляется целесообразным использование для управления процессами вегетации в автоматизированных системах интеллектуальных технологий управления.

Для рассматриваемого случая, когда при управлении решающее значение имеют знания и опыт человека (технолога), предлагается использовать нечеткий регулятор с его последующей реализацией на базе программируемого контроллера. При этом нечеткий регулятор на основе информации о технологических параметрах управляемого процесса и о параметрах окружающей среды определяет необходимость управляющего воздействия на процесс для приведения последнего в состояние, соответствующее конкретным условиям функционирования.

Алгоритм управления нечеткого регулятора определяется базой правил, составляемых на основе опыта ведущего процесс технолога. Коррекция базы правил позволяет оперативно учитывать динамику накопления такого опыта.

Описанный выше подход нами был реализован при создании автоматизированной системы управления процессом вегетации грибов вешенки в тепличных условиях. Схема автоматизированной системы показана на рисунке 1.

Технологическими параметрами процесса вегетации грибов являются: $T(t)$ -температура воздуха в теплице, $M(t)$ -влажность воздуха, $Q(t)$ -концентрация углекислого газа в воздухе теплицы. При этом масса и качество получаемой продукции существенно зависят от сочетания этих параметров процесса. Оптимальное сочетание параметров, обеспечивающее максимальную производительность, качество и минимальные затраты на процесс, не остается постоянным и существенно зависит от условий протекания процесса: времени года, различных агробиологических факторов и др.

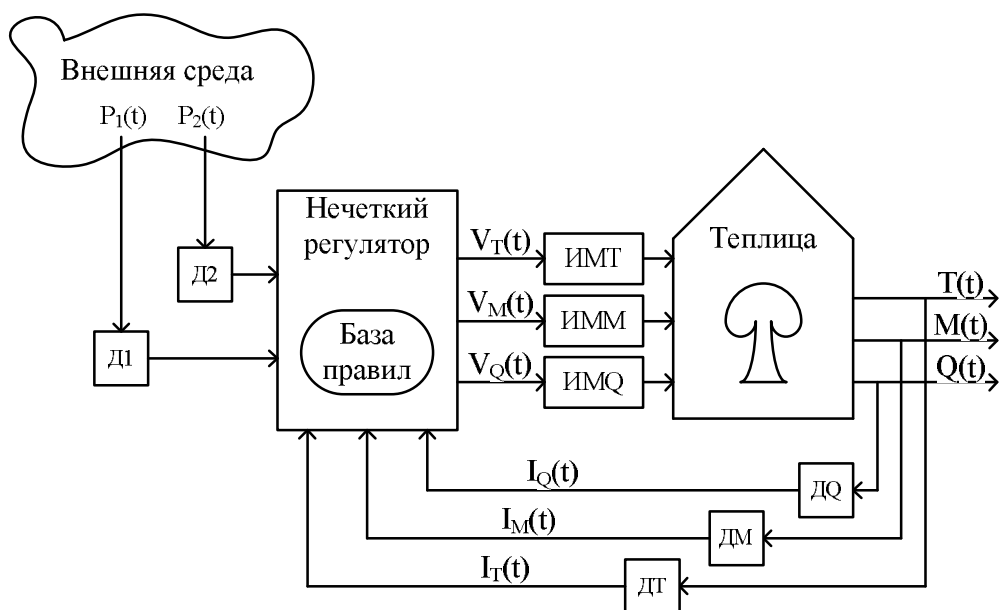


Рисунок 1 – Система нечеткого управления процессом вегетации

Если используются традиционные ПИД-регуляторы для технологических параметров, то технолог вынужден вручную корректировать уставки регуляторов при изменении внешних условий, что не отвечает требованиям автоматизации процесса управления.

В рассматриваемой системе информация о технологических параметрах процесса поступает в нечеткий регулятор в виде информационных сигналов от датчиков ДQ, ДМ и ДТ. Одновременно нечеткий регулятор получает информацию о параметрах $P_1(t)$ и $P_2(t)$ окружающей среды, формируемую датчиками Д1 и Д2.

На основе базы правил, учитывающих опыт технолога, нечеткий регулятор осуществляет логический вывод и определяет управляющие воздействия $V_T(t)$, $V_M(t)$ и $V_Q(t)$ для исполнительных механизмов ИМТ, ИММ и ИМQ в каналах управления температурой $T(t)$, влажностью $Q(t)$ и содержанием углекислого газа $Q(t)$. Результатом управления является установление таких технологических параметров процесса вегетации, которые в наибольшей степени соответствуют условиям функционирования процесса, и дальнейшее автоматическое поддержание этих режимов с одновременным отслеживанием всех изменений условий функционирования.

Проектирование нечеткого регулятора связано с необходимостью выполнения исследований и последовательным решением задач фазификации, нечеткого вывода и дефазификации (алгоритм Мамдани нечеткого управления). Рассмотрим принципиальные моменты, связанные с решением перечисленных задач для обсуждаемой системы.

В известных работах по нечетким регуляторам [1–3] при решении задачи фазификации обычно используются упрощенные треугольные и трапециевидные функции принадлежности, что нельзя признать удовлетворительным для рассматриваемого случая. Поэтому для синтеза функции принадлежности в процессе решения задачи фазификации мы использовали модифицированный метод Саати [4], позволяющий учесть знания эксперта. Рассмотрим этот вопрос на примере задачи фазификации физической величины «температура воздуха в теплице $T(t)$ ».

Этой физической переменной сопоставлена лингвистическая переменная «температура процесса», в которой выделены шесть термов: n – пониженная, sn – немного пониженная, z – номинальная, sp – немного повышенная, p – повышенная, bp – завышенная. Для каждого терма формируется функция принадлежности, связывающая конкретные значения физической величины «температура воздуха в теплице $^{\circ}\text{C}$ » с термом лингвистической переменной. Например, терму sn сопоставлен диапазон изменения температур $12 - 14^{\circ}\text{C}$ с ядром при 13°C .

В соответствии с методом Саати для каждого плеча функции принадлежности (левое плечо 12 – 13 °С, правое плечо – 13 – 14 °С) выделяем по семь равноудаленных точек и для каждой точки определяем экспертную оценку по шкале Саати. Полученные экспертные оценки используются для составления матрицы Саати, на основе которой составляется кусочно-линейная функция принадлежности, которая для нашего случая имеет вид, показанный на рисунке 2.

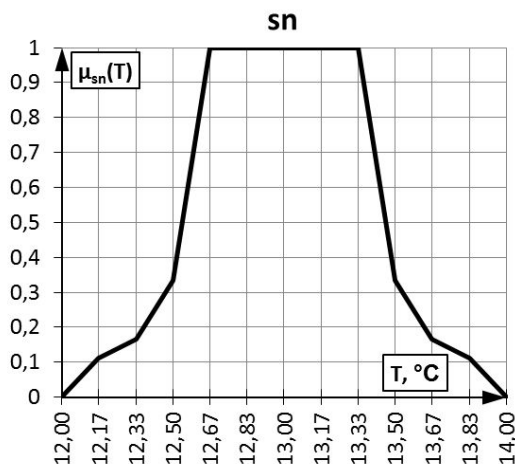


Рисунок 2 – Кусочно-линейная функция принадлежности для терма sn

Эта функция описывается 12 зависимостями и имеет плоскую вершину, что следует отнести к ее недостаткам. Поэтому была выполнена аппроксимация функции принадлежности двумя полиномами Лагранжа 5ой степени (функция lagrmf):

$$\begin{cases} T \leq 12; \mu_{sn}(T) = 0; \\ 12 < T < 13; \mu_{sn}(T) = -2,52 + 0,27T + 3,177(T - 13)^2 + \\ + 20,833(T - 13)^3 + 29,947(T - 13)^4 + 13,02(T - 13)^5; \\ 13 \leq T < 14; \mu_{sn}(T) = 4,52 - 0,27T + 3,177(T - 13)^2 - \\ - 20,833(T - 13)^3 + 29,947(T - 13)^4 - 13,02(T - 13)^5; \\ T \geq 14; \mu_{sn}(T) = 0; \end{cases} \quad (1)$$

где T – температура воздуха в теплице, [°C]; $\mu_{sn}(T)$ – функция принадлежности терма «sn».

Результат аппроксимации показан на рисунке 3. При этом пунктиром показана исходная кусочно-линейная функция принадлежности, а сплошной линией – аппроксимирующая зависимость.

Полученный результат удовлетворительно отображает представления технолога о степени влияния изменения температуры на процесс. Функция принадлежности lagrmf использована всех других термов лингвистических переменных.

Результат решения задачи фазификации для лингвистической переменной «температура процесса» сведен в таблице 1. Аналогичным образом решена задача фазификации для остальных лингвистических переменных.

Алгоритм управления для нечеткого регулятора описывается базой правил. База правил разрабатывается на основе опыта и представления человека о логике управления процесса. Например, для управления процессом вегетации в общем виде можно сформулировать следующие правила:

1) Если наружная температура номинальная, то следует обеспечить немного повышенную температуру процесса вегетации, немного пониженную влажность воздуха и пониженное содержание углекислого газа в воздухе теплицы.

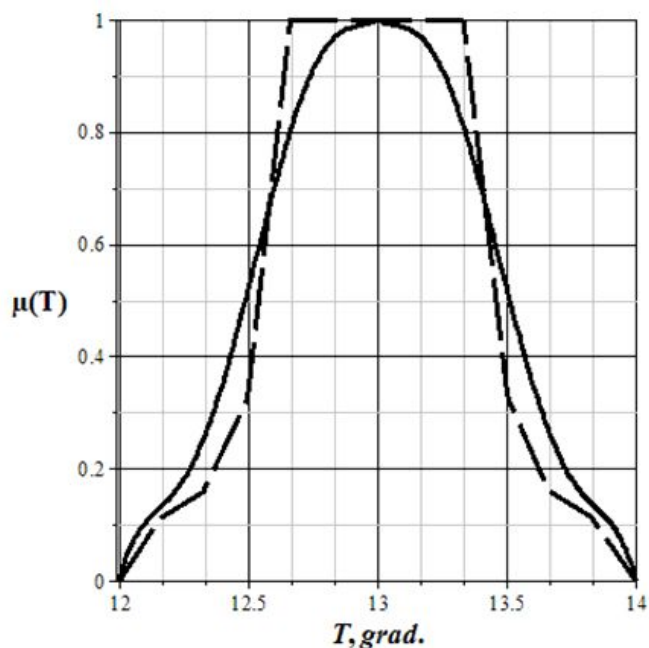


Рисунок 3 – Аппроксимация функции принадлежности

2) Если наружная температура пониженная, то следует выдерживать рекомендуемые номинальные параметры технологического режима (номинальные значения температуры, влажности и содержания углекислого газа).

3) Если наружная температура заниженная, то следует выдерживать немного пониженную температуру процесса, номинальную влажность и завышенное содержание углекислого газа в воздухе теплицы.

4) Другие правила, описывающие другие возможные условия.

Таблица 1 – Решение задачи фазификации

Физическая величина	Значение величины	Лингвистическая переменная	Термы лингвистической переменной	Характеристика термина
Температура воздуха в теплице, °C	12–13	Температура процесса	n	пониженная
	12–14		sn	немного пониженная
	13–15		z	номинальная
	14–16		sp	немного повышенная
	15–17		p	повышенная
	16–17		bp	завышенная

В приведенном примере учтена только температура среды, внешней по отношению к теплице. Аналогично учитываются другие влияющие факторы и составляется развернутая база правил, учитывающая все возможные случаи.

Обобщенные правила уточняются с помощью логических выражений, связывающих измерительную информацию и управляющее воздействие. При составлении выражений используем термы лингвистических переменных, введенных для описания входной информации и управляющих воздействий.

Логические выражения составляются в следующей форме:

– Если «наружная температура» равна «n» и «температура процесса» равна «n», то

управление в канале управления температурой Упр.Т=Ор.

– Если «наружная температура» равна «n» и «температура процесса» равна «z», то управление в канале управления температурой Упр.Т=St.

...

Логические выражения должны описывать все возможные состояния системы. Для наглядности их удобно представлять дескрипторной форме в виде таблицы (таблица 2).

Таблица 2 – База правил нечеткого регулятора

T/M/Q	bn	n	sn	z	sp	p	bp	bbp
Tout = n								
Упр. Т		Ор	Ор	St	Cl	Cl	Cl	
Упр. М		Ор	Ор	St	Cl			
Упр. Q	Cl	Cl	Cl	St	Ор	Ор	Ор	Ор
Tout = bn								
Упр. Т		Ор	St	Cl	Cl	Cl	Cl	
Упр. М		Ор	Ор	St	Cl			
Упр. Q	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	St	Ор
Tout = z								
Упр. Т		Ор	Ор	Ор	St	Cl	Cl	
Упр. М		Ор	St	Cl	Cl			
Упр. Q	Cl	St	Ор	Ор	Ор	Ор	Ор	Ор

На основе логических выражений описываем правила нечеткого вывода для управляющего воздействия, используя соответствующие положения нечеткой логики. Обобщенное выражение для функции принадлежности управляющего воздействия

$$\mu_B(u) = \max \{ \min [\mu_A(y), \mu_R(y, u)] \}, \quad (2)$$

где B – терм лингвистической переменной для управляющего воздействия; u – управляющее воздействие; A – терм лингвистической переменной описания состояния процесса; y – физическая величина, характеризующая состояние процесса; R – отношение «состояние-управление».

В процессе нечеткого вывода нечеткий регулятор определяет значение функций принадлежности управляющих воздействий по канал управления температурой, влажностью и содержанием углекислого газа. Для определения физической величины управляющих воздействий необходимо выполнить дефазификацию для логических значений управляющих воздействий. В рассматриваемом случае использование алгоритма нечеткого вывода по Мамдани для дефазификации используется центроидный метод, и физическая величина управляющего воздействия определяется с использованием зависимости

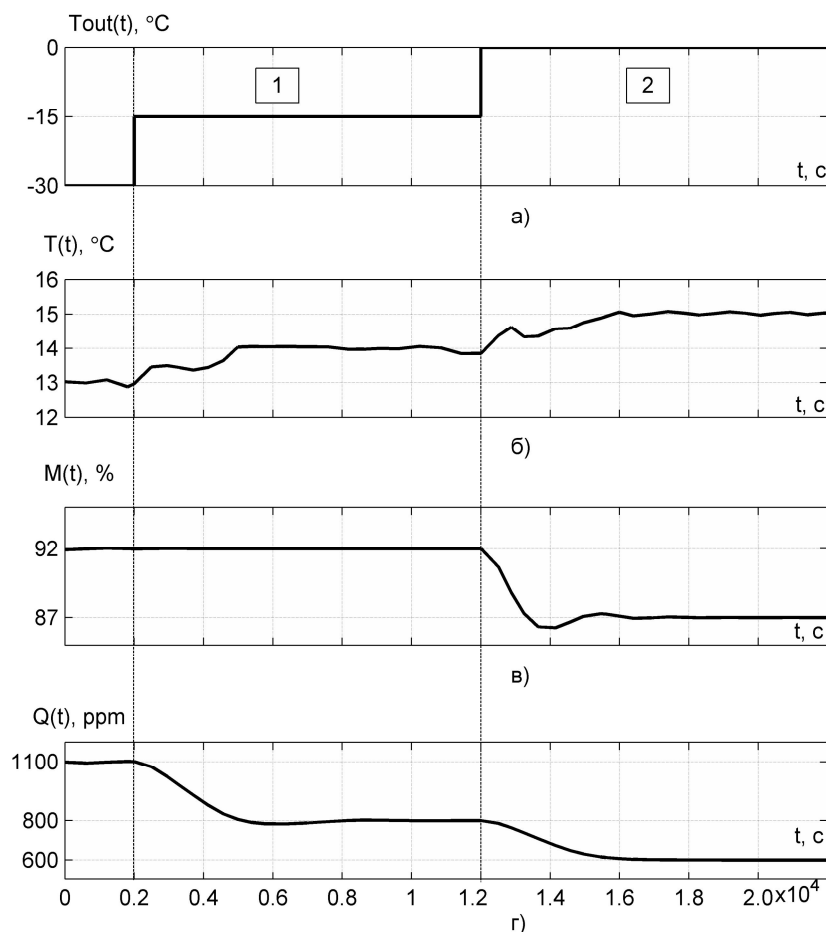
$$V_i = \frac{\int_{\underline{u}}^{\bar{u}} u \mu_{\tilde{u}}(u) du}{\int_{\underline{u}}^{\bar{u}} \mu_{\tilde{u}}(u) du}, \quad (3)$$

где V_i – физическая величина управляющего воздействия в канале i ; u – величина управления в пределах $u \in \underline{u}, \bar{u}$; \tilde{u} – результат агрегатирования (композиции) функций принадлежности термов лингвистической переменной управления.

Сформулированные нечетким регулятором управляющие воздействия V_T, V_M, V_Q подаются на соответствующие исполнительные механизмы и обеспечиваются требуемое значение технологических режимов процесса вегетации.

Для проверки описанного выше принципиального решения нечеткого регулятора было выполнено моделирование системы нечеткого управления процессом вегетации средствами математической лаборатории Matlab. При этом для описания динамики объекта управления использованы результаты, описанные в [5].

Исследования заключались в подаче на вход нечеткого регулятора скачкообразных возмущений, характеризующих изменение наружной температуры $T_{out}(t)$ и в наблюдении переходных процессов для технологических режимов $T(t)$, $M(t)$, $Q(t)$. Графики переходных процессов представлены на рисунке 4.



а – график наружной температуры, б – график температуры процесса, в – график влажности воздуха в теплице, г – график концентрации углекислого газа в теплице

Рисунок 4 – Графики переходных процессов в системе:

График на рисунке 4, а показывает входное воздействие температуры $T_{out}(t)$ окружающей среды. Заданы 2 скачка температуры: $-30 - -15$ °C на участке 1; $-15 - 0$ °C на участке 2. В начальный момент времени, наружная температура -30 °C соответствует терму «bn» переменной T_{out} ($\mu_{nb}(0^\circ\text{C})=1$) и действует правило 3, предусматривающее следующие технологические параметры: температура 13 °C, влажность 92 % и CO_2 1100 ppm.

Переходные процессы представлены в системе графиками б) – температура воздуха в теплице; в) – влажность воздуха в теплице и г) – содержание углекислого газа (CO_2) в воздухе теплицы.

Графики переходных процессов показывают, что при скачке наружной температуры до -15 °C (участок 1) нечеткий регулятор устанавливает в теплице номинальное значение температуры воздуха (14 °C), номинальное значение влажности воздуха (92 %) и номиналь-

ное значение концентрации углекислого газа (800 ppm), что соответствует выполнению требований общего правила 2.

Последующий скачок наружной температуры до 0 °С (участок 2) приводит к переводу регулятором управляемого процесса в состояние: повышенная температура воздуха (15 °С); немного пониженная влажность воздуха (87 %) и пониженное содержание углекислого газа в воздухе (600 ppm), что соответствует общему правилу 1. После окончания переходных процессов технологические параметры стабилизируются на обусловленном уровне.

Таким образом, нечеткий регулятор обеспечивает автоматическое поддержание заданных технологических параметров процесса вегетации и адаптацию этого процесса к изменяющимся условиям функционирования процесса, что невозможно для традиционных ПИД-регуляторов. Нечеткий регулятор позволяет использовать накапливаемый при реализации процесса вегетации технологический опыт путем коррекции базы правил нечеткого регулятора. В результате использования такого регулятора повышается уровень автоматизации управления процессом вегетации и улучшается качество последнего.

Библиографический список

1. Lafont, F. Balmat, J.-F. Optimized fuzzy control of a greenhouse / F. Lafont, J.-F. Balmat // Fuzzy Sets and Systems. – 2002. – Vol. 128, Issue 1. – P. 47–59.
2. Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge. Fuzzy control of heat recovery systems from solid bed cooling / Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge // Applied Thermal Engineering. – 2000. – Vol. 20. – P. 49–67.
3. Dounis, A.I. Manolakis, D.E. Design of a fuzzy system for living space thermal-comfort regulation / A.I. Dounis, D.E. Manolakis // Applied Energy. – 2001. – Vol. 69. – P. 119–144.
4. Штовба, С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С. Д. Штовба. – Винница : Континент-Прим., 2003. – 198 с.
5. Пешко, М. С. Раскрытая математическая модель микроклимата грибной теплицы / М. С. Пешко // Молодой ученый. – 2011. – № 9. – С. 42–48.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОМЫМ РЕЖИМОМ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

Вохмяков А.М., Казяев М.Д., Казяев Д.М.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
ООО «НПК «УралТермоКомплекс»
г. Екатеринбург*

Объектом рассмотрения является автоматическая система управления тепловым режимом вертикальной газовой термической печи высотой рабочего пространства 12 м, предназначенной для термообработки валков и роторов.

Вертикальная газовая термическая печь (далее «Печь») построена по проекту, разработанному ООО НПК «УралТермоКомплекс». В проекте предусмотрено применение керамоволокнистых материалов для футеровки печи, использование скоростных рекуперативных горелок в системе отопления печи, а также внедрение современной многоуровневой автоматической системы управления тепловым режимом печи.

Печь спроектирована и построена как камерная, т.е. металл находится в рабочем пространстве неподвижно весь период обработки. Загрузка изделия производится мостовым краном и с помощью специальных приспособлений подвешивается на подвижные опорные балки крышки печи.

После загрузки печи выполняется нагрев садки по заданному технологическому режиму. По достижении металлом заданной температуры выполняется технологическая вы-

держка и затем производят охлаждение изделия либо вместе с печью, либо принудительно с регулируемой скоростью.

Общие характеристики печи представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие характеристики печи

Наименование параметра	Значение параметра
Тип печи	Вертикальная термическая
Размеры рабочего пространства печи, мм: высота x внутренний диаметр	12 000 x 3 380
Режим работы	Периодический
Масса садки с приспособлениями (максимальная), т	75
Температура нагрева металла (максимальная), °С	1000
Максимальная скорость нагрева садки, °С/ч	80
Топливо и его теплота сгорания Q_n^p , МДж/м ³	Природный газ, 34,0
Тип горелок	Рекуперативные
Номинальная тепловая мощность горелки, кВт	250
Количество горелок	11
Номинальный расход газа на одну горелку, м ³ /ч	25
Расход газа на печь (max), м ³ /ч	236
Давление природного газа перед печью (max), кПа	7,0
Давление воздуха перед печью, кПа	15,5
Количество зон теплового регулирования, шт	5

Часть печи находится ниже уровня пола цеха, в кессоне.

Кожух печи изнутри зафутерован модулями. Между керамоволокнистыми модулями и кожухом печи выполнена дополнительная теплоизоляция из базальтового мата.

Система отопления печи состоит из 11 скоростных рекуперативных горелок единичной тепловой мощностью 250 кВт, работающих в импульсном режиме.

Суть импульсного режима отопления заключается в том, что тепловая мощность печи или какой-либо ее виртуальной зоны регулируется не изменением расхода топлива, а изменением времени включения и отключения горелок, при этом включенные горелки работают при постоянном номинальном расходе топлива.

Печь условно разделена на пять виртуальных зон теплового регулирования. В первой, второй, третьей и четвертой зонах (отсчет виртуальных зон теплового регулирования ведется сверху вниз) установлено по 2 горелки. В пятой зоне установлено 3 горелки.

Регулирование температур в зонах осуществляется по показаниям регулирующих термопар, также имеются контрольные термопары.

Управление клапанами происходит через блок управления горелкой. Работа блоков управления горелками контролируется АСУ печи. Контроль пламени горелки осуществляется ионизационным датчиком.

Воздух на горение поступает от высоконапорного вентилятора. Скорость вращения рабочего колеса вентилятора регулируется частотным преобразователем.

Этим же вентилятором подается воздух на эжекторы горелок для удаления через них дымовых газов из печи.

При выключении горелки подводы газа и воздуха к горелке автоматически перекрываются клапанами.

Продукты горения из печи удаляются дымососом в общую металлическую дымовую трубу.

Крышка печи состоит из двух половин, каждая из которых конструктивно объединена с опорными балками, т.е. движение опорной балки и половинки крышки печи осуществ-

ляется совместно при помощи системы электрических приводов. Каждая система приводов состоит из двух электрических мотор-редукторов. Опорные балки с половинками крышки печи перемещаются синхронно относительно друг друга.

Для центровки, при посадке металла с приспособлением в печь, на опорных балках предусмотрены посадочные места.

Управление всей системой механизации осуществляется только с местного пульта управления, установленного на верхней площадке.

При наличии загруженного металла для проведения режима термообработки Система блокирует движение крышек печи.

Трехуровневая автоматическая система управления тепловым режимом (далее «Система») обеспечивает безопасную эксплуатацию печи и проведение различных режимов термообработки.

Системой автоматического регулирования, реализованной на базе программируемого логического контроллера Siemens Simatic S7-315 («далее ПЛК»), предусмотрено управление температурами 5ти виртуальных зон, за счет изменения продолжительности и частоты включения и выключения горелок.

Система автоматического регулирования выполняет следующие функции:

- пуск, разогрев печи, нагрев садки по выбранной программе с заранее заданной скоростью подъема температуры от 20 до 80 °С/ч, выдерживая перепад температур по печным термопарам не более ± 5 °С в пределах температур от 200 до 1000+10 °С;

- выдержка во времени при заданной температуре от 200 до 1000 °С, сохраняя разницу показаний температур по печным и гибким (на изделии) термопарам не более 10 °С;

- охлаждение с заранее заданной скоростью снижения температуры от 20 до 60 °С/ч в пределах от 1000 °С до 200 °С;

- управление работой вентилятора и дымососа;

- автоматическая запись и архивирование всех параметров работы печи;

Реализованный в системе клапан отсечной быстродействующий обеспечивает прекращение подачи природного газа на печь при возникновении аварийной ситуации (при этом выдается аварийная текстовая, звуковая и световая сигнализация).

Основными элементами системы являются: шкаф управления (далее «ШУ»), автоматизированное рабочее место (далее «АРМ»), шкаф приводов, местный пульт управления (далее «Пульт») и щит освещения.

ШУ предназначается для размещения управляющей аппаратуры, в т.ч. и ПЛК.

АРМ установлен в специальном помещении для операторов печи. На АРМе реализована система визуализации работы печи, которая предусматривает управление печью, отображение технологических параметров и режима работы печи, архивацию технологических параметров (глубина архива составляет 1 год), выведение аварийных сообщений о работе печи и настройку регуляторов печи.

Для исключения случайных действий со стороны оператора печи или посторонних лиц, которые могут привести к повреждению печи или ее элементов, предусмотрено использование паролей, разрешающих доступ к управлению системой.

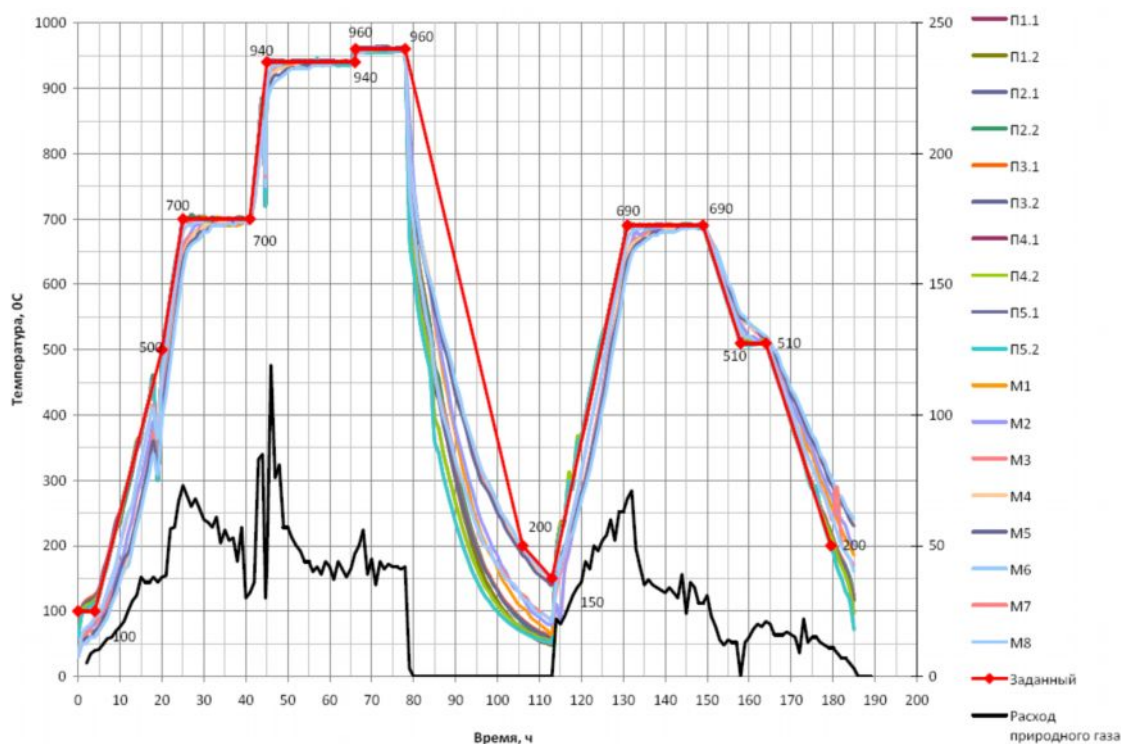
Основная мнемосхема АРМа представлена на рисунке 1.

Шкаф приводов предназначается для размещения частотного преобразователя вентилятора и всей силовой коммутации, обеспечивающей работу печи и ее элементов.

Пульт установлен на верхней площадке обслуживания печи и предназначен для размещения панели оператора и частотных преобразователей, управляющих работой приводов крышек печи.

На панели оператора осуществляется отображение состояния печи (значения основных технологических параметров и аварийные сообщения), а также с панели оператора осуществляется управление крышками печи.

Основная мнемосхема панели оператора представлена на рисунке 2.



П1.1 – П5.1 – температуры по зонам печи; М1 – М8 – температура металла в соответствующей точке

Рисунок 3 – Температуры рабочего пространства и нагреваемой садки по ходу комплексного испытания печи

Заключение

В ходе проведения испытаний печи установлено:

- 1) Печь разогревается до максимальной температуры 960 °С с перепадом температур по рабочему пространству печи менее ± 5 °С.
- 2) Автоматическая система управления тепловым режимом печи поддерживает равномерное распределение температур по рабочему пространству печи, перепад температур на поверхности изделия не превысил ± 1 °С.
- 3) Запроектированные система отопления и система автоматического управления печи позволяют работать как на высокотемпературных, так и на низкотемпературных режимах.
- 4) Система отопления печи позволяет производить охлаждение садки в автоматическом режиме.
- 5) Автоматическая система безопасности обеспечивает прекращение подачи природного газа к печи при возникновении внештатной ситуации, определяемой системой.

О МЕХАНИЗМЕ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИТ-СЕРВИСОВ

Бондарь Н.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Проблема оценки эффективности деятельности персонала отдельной службы современной организации является актуальной. Это обусловлено тем, что функции управления персоналом рассредоточены между различными структурными подразделениями организации, отсутствует единая методика оценки качества выполнения этих функций. В связи с

этим необходимо сформулировать механизм стимулирования, позволяющий учитывать конкретные ситуации в организации, отражать слабые места и своевременно осуществлять его актуализацию.

Стимул обычно характеризуется как воздействие на персонал извне (со стороны) с целью побуждения его к эффективной деятельности. Стимулирование позволяет работнику реализовать себя как личность. Оно выполняет экономическую, социальную и нравственную функции [1]. Экономическая функция выражается в том, что стимулирование труда содействует повышению эффективности производства, которое выражается в повышении производительности труда и качества продукции. Нравственная функция определяется тем, что стимулы к труду формируют активную жизненную позицию, высоконравственный общественный климат в обществе. При этом важно обеспечить правильную и обоснованную систему стимулов с учетом традиции и опыта.

Механизмом стимулирования это правило принятия решений руководством относительно стимулирования службы, подразделения, индивидуума. Механизм стимулирования включает в себя систему стимулирования, которая определяется функцией стимулирования, задающей зависимость вознаграждения службы от выбираемых им действий [2].

Множество допустимых действий персонала представляет собой набор альтернатив, из которых он производит свой выбор. Например, диапазон возможной продолжительности рабочего времени, неотрицательный и не превышающий технологические ограничения объема производства, уровень качества продукции и т.д.

На современном этапе деятельность работников предприятия оценивается по целому ряду показателей: выполнение плановых, производственных заданий, комплекса трудовых дисциплинарных показателей, а также показателей качества. Однако данное множество показателей и результатов деятельности не дает возможности получения обобщенной оценки, характеристики отдельного подразделения, службы или конкретного работника.

Оценка деятельности побуждает коллектив анализировать и корректировать свою работу, сосредотачивая внимание не на отдельных показателях работы, а на всем комплексе учитываемых показателей.

Функциональные элементы предлагаемого механизма стимулирования персонала на стадии эксплуатации сервисов показаны на рисунке 1.

На основе поставленных целей, заданных ограничений, нормативов и другой информации, а также имеющихся в наличии трудовых, производственных и материальных ресурсов, осуществляется планирование деятельности, которое выражается в выдаче плановых заданий как в целом рассматриваемому объекту системы деятельности, так и отдельным его составляющим по ряду показателей.

Планирование деятельности службы осуществляется в разрезе выделенных объектов управления на основе:

- поданных заявок на выполнение работ;
- имеющихся материальных, трудовых и временных ресурсов планируемого периода;
- планируемых затрат;
- существующих норм производительности, норм трудозатрат на проведение определенных видов работ;
- нормативных показателей трудовой дисциплины (опоздание, преждевременный уход и др.);
- должностных и административных норм (должностные преступления, хищения и другие противоправные действия);
- правил норм ОТ и ТБ и т.п.

В течение и по окончании установленного планового периода системой учета осуществляется сбор и обработка данных по каждому выделенному объекту контроля, формируется отчетная информация. Одновременно формируются данные специальных наблюдений, необходимые для контроля достоверности получаемых сведений и формирования нор-

мативов.

Определяются и корректируются нормативные значения метрик, которые впоследствии используются как при определении отклонений.

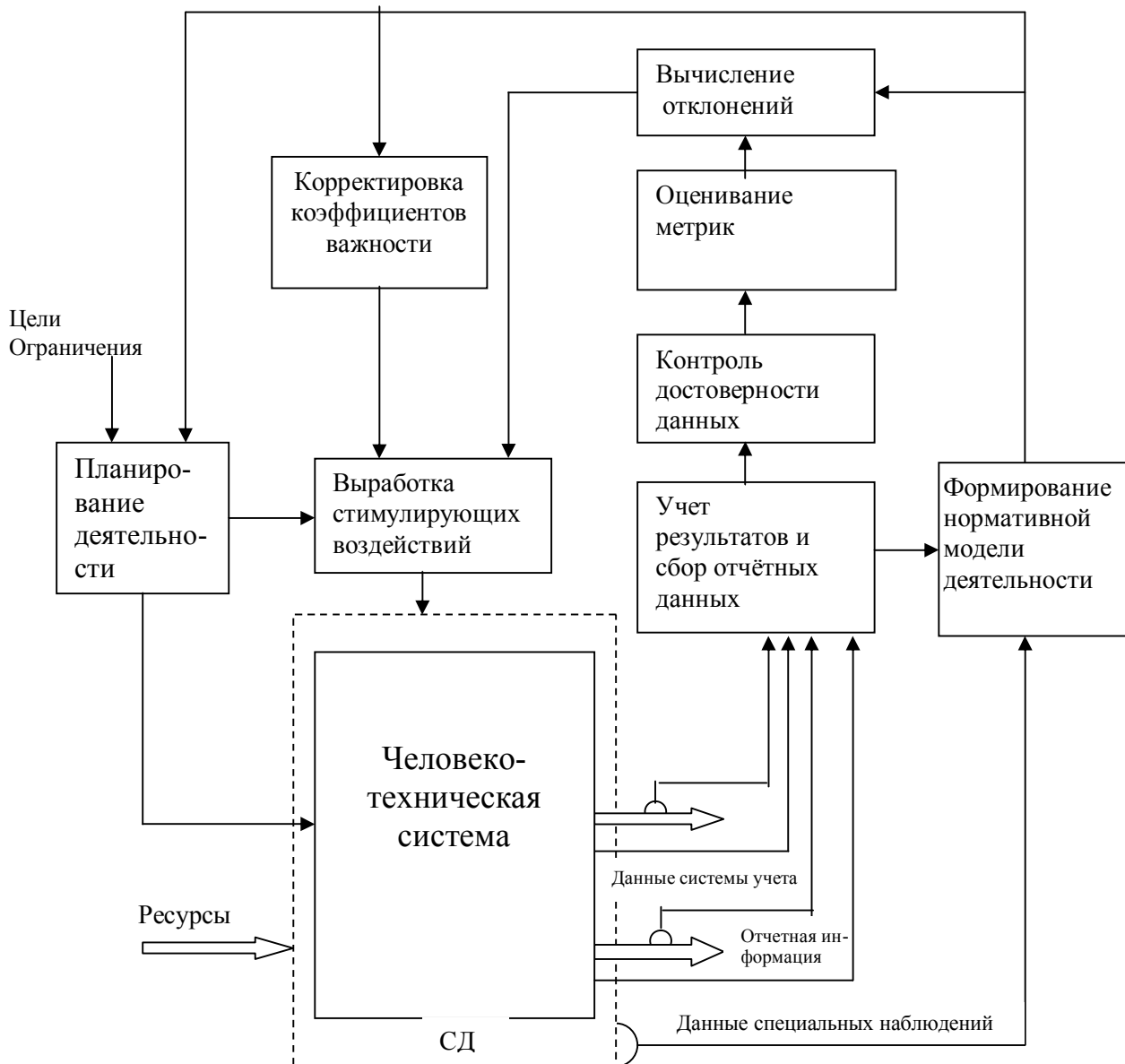


Рисунок 1 – Схема управления системой деятельности (СД)

Производится оценивание метрик, вычисление отклонений от их нормативных значений. На основе полученных значений согласно механизму стимулирования определяются стимулирующие воздействия для службы.

Разработка функции стимулирования персонала стадии эксплуатации ИТ-сервисов

В соответствии с принципами стимулирования были разработаны метрики для оценки деятельности службы эксплуатации ИТ-сервисов. При этом с помощью экспертов был выполнен анализ метрик, предложенных в работе [3], и выбраны наиболее важные метрики, отражающие деятельность службы эксплуатации.

Условные обозначения:

N_3 – общее количество поступивших заявок клиентов за календарный период;

$N_3^{уд}$ – количество заявок, выполнением которых клиенты удовлетворены;

N_3^1 – количество заявок, выполненных после первого обращения, шт.;

$N_{И}$ – общее количество инцидентов с ИТ-активами за календарный период, шт.;
 $N_3^{НЭ}$ – количество заявок, неправильно эскалированных, шт.;
 $N_{И}^{УС}$ – количество инцидентов, поступивших от процесса управления событиями, шт.;
 T_i – время ожидания клиентом ответа на i -ую заявку, мин;
 N_3^W – количество обращений через www, шт.

Таблица 1 – Перечень метрик эффективности работы службы эксплуатации

Метрика	Коэффициент важности метрики	Формульное представление метрики
Степень (процент) удовлетворенности клиентов за календарный период	0,8	$M_1 = N_3^{УД} \cdot 100 / N_3$
Процент заявок, закрытых после первого обращения	0,8	$M_2 = N_3^1 \cdot 100 / N_3$
Процент неправильно эскалированных заявок	0,8	$M_3 = N_3^{НЭ} \cdot 100 / N_3$
Процент инцидентов, поступивших от процесса управления событиями	0,7	$M_4 = N_{И}^{УС} \cdot 100 / N_{И}$
Среднее время ожидания ответа на звонок	0,3	$M_5 = \sum_{i=1}^{N_P} T_i / N_3$
Процент обращения через веб	0,3	$M_6 = N_3^W \cdot 100 / N_3$

Для всей службы устанавливаются нормативные значения метрик M_1^* , M_2^* , M_3^* , M_4^* , M_5^* , M_6^* . По окончании установленного периода (месяц, квартал, год) на основе оценок фактически значений первичных параметров N_3 , $N_3^{УД}$, N_3^1 , $N_{И}$, $N_3^{НЭ}$, $N_{И}^{УС}$, T_i , N_3^W формируются данные для расчета оценок метрик. При этом необходима нормализация метрик, приводящая все метрики к единому диапазону изменения и к безразмерному виду, позволяющему производить их сопоставление. Кроме того следует установить приоритеты, учитывающие важность метрик.

Нормализованное значение (безразмерная величина) определяется например, путем деления соответствующего размерного показателя на его «идеальное значение», за которое можно принять супремум (инфимум) локального показателя (наилучшее достигнутое по данному критерию значение). С этой целью также можно использовать установленный норматив.

На основе оценок метрик для службы разрабатываются индивидуальные стимулирующие воздействия в виде материальных стимулов (через фонд оплаты труда), моральных стимулов (поощрений, благодарностей) включения либо отличающихся работников в резерв на выдвижение, а также выражающееся в корректировке установленных нормативных документов (стандартов предприятия, положений и т.д.).

$$\sigma(i) = \sigma_0 + \alpha_1(M_1 - M_1^*) + \alpha_2(M_2 - M_2^*) + \alpha_3(M_3^* - M_3) + \alpha_4(M_4^* - M_4) + \alpha_5(M_5^* - M_5) + \alpha_6(M_6 - M_6^*),$$

$$\text{если } M_1 > M_1^*, M_2 > M_2^*, M_3 < M_3^*, M_4 < M_4^*, M_5 < M_5^*, M_6 > M_6^*.$$

$$\sigma(i) = 0,$$

$$\text{если } M_1 < M_1^*, M_2 < M_2^*, M_3 > M_3^*, M_4 > M_4^*, M_5 > M_5^*, M_6 < M_6^*$$

Обязательным условием является ежемесячное обсуждение оценок метрик с целью

осознания работниками слабых и сильных мест в работе службы.

Наличие таких метрик позволяет:

- выделить в деятельности службы приоритеты;
- оценить вклад службы ;
- контролировать затраты ;
- определять итоги деятельности службы за истекший календарный период.

Сложным вопросом при формировании метрик и их нормативных значений является оценивание коэффициентов важности [4]. Это можно осуществить на основе метода Саати, метода Коггера.

Управление персоналом на основе механизма стимулирования дает возможность контролировать и улучшать не только показатели основной деятельности, но и ряд других взаимосвязанных с ними. Замечательной особенностью данного подхода является то, что работники становятся напрямую заинтересованы в улучшении любого, пусть даже незначительного с их точки зрения, показателя своей работы.

Библиографический список

1. Гапонова О.С. Организационно-экономический механизм формирования системы мотивации и стимулирования труда в сфере НИОКР промышленного приборостроения. Монография./ О.С. Гапонова. – Екатеринбург–Нижний Новгород; УрО РАН, 2010. – 188 с.
2. Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах/ Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 2003. – 312с.
3. Брукс П. Метрики для управления ИТ-услугами/ Питер Брукс – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 283 с.
4. О критериях эффективности работы службы управления персоналом / С.М. Кулаков, Е.В. Петров, Н.Ф. Бондарь // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 15: Сибирский гос. индустр. университет. – Новокузнецк, 2005. – С. 91–97.

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКАЯ СМАРТ-КОБОРГ СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Соловьёв В.И.

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

Основная сущность коборг-технологии для диагностирования и управления сложными организованными объектами (A complicated organized objects-Coborgs) была освещена в [1, 2]. Она заключается в представлении таких объектов как некоторого организованного единства всех согласованно действующих в них процессов, органов, систем или функциональных узлов, не относящиеся к животному или растительному миру, но обладающие основными свойствами живых организмов. В этом случае при проектировании интеллектуальных систем в некоторой проблемно-ориентированной области необходимо в составе коборга: а) выделить органы (процессы, функциональные узлы или системы); б) сформулировать перечень информативных внутренних параметров состояния (ВПС) в виде различных проектных нормативов, заданных диапазонов и траекторий, предельно допустимых минимальных или максимальных величин; в) обеспечить возможность непрерывного контроля (измерения, регистрации) ВПС в реальном времени; г) определить перечень возможных расстройств (заболеваний) или аномальных состояний коборга при выходе ВПС за установленные интервалы. Дальнейшее построение интеллектуальной системы диагностирования и управления коборгом (SmartCoborgSystem) может производиться, например, на основе

процедур использования и обработки знаний в соответствующей предметной области [3]. Коборг-технология достаточно хорошо зарекомендовала себя при создании систем диагностирования и управления локальными (сосредоточенными) объектами. Здесь укажем на металлургические агрегаты (доменные печи, агломерационные машины) [4].

В докладе рассмотрена возможность применения коборг-технологии для создания интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными мультиагентными объектами, находящиеся в едином сетевом пространстве, которые мы в соответствии с основной концепцией коборг-технологии назовем мультиагентными коборгами (МА-коборги). МА-коборгами могут быть:

- действующая группа интеллектуальных роботов-агентов;
- действующие отряды (соединения) локальных техно-коборгов (надводных и подводных судов, самоходных наземных машин, воздушных аппаратов);
- подразделение (коллектив, команда, персонал), выполняющее определенное задание или решающая определенную задачу.
- группировки или соединения, действующие в сетевом пространстве;

Здесь на примере создания интеллектуальной системы оперативного управления деятельностью металлургического предприятия, рассмотрим неоднородное сетевое пространство, включающее в себя на нижнем уровне в качестве программных агентов локальные техно-коборги (технологические агрегаты) или отделы и участки, оснащенные автоматизированными рабочими местами (АРМ). На следующих «этажах» сети находятся соответственно цеховые коборги, коборги производств и, наконец, основные функциональные коборги, отражающие главные области деятельности предприятия: производство, коммерцию и финансы. Таким образом, создается структура «матрешечного» типа, в которой каждый локальный программный агент, оставаясь частью общей системы, осуществляет самостоятельно свои функциональные задачи. Каждый уровень «матрешки» представляет собой локальную p2p (peer-to-peer) сеть и имеет возможность работать с другими подсистемами сети. На рисунке 1 представлен фрагмент сетецентрической архитектуры металлургического предприятия.

Известны теоретические и прикладные разработки [5,6] применения сетецентрического подхода для целей управления сложными распределенными объектами. Сущность его заключается «...в организации управления сложными процессами в распределенной коммуникационной инфраструктуре, реализующей максимальную ситуационную осведомленность каждого узла и переходу к работе каждого узла в режиме самоорганизации на достижение поставленных задач». [7].

Основным отличием предлагаемой сетецентрической архитектуры от общеизвестной заключается в том, что элементы и узлы на каждом «этаже» сети представляются сложными организованными объектами – коборгами. Такое представление позволяет возложить на коборг не только функцию планировщика, но и осуществлять диагностирование и прогноз текущего состояния коборга на предмет его функционального расстройства (заболевания), выявлять причины расстройства или аномального состояния и своевременно формировать параметрические и симптоматические воздействия по ликвидации развивающегося расстройства. С точки зрения коборг-технологии сетецентрическое пространство на каждом этаже представляется в виде автономного МА-коборга, включающего коборг-координатор с соответствующим числом нижележащих интеллектуальных коборгов-исполнителей (на рисунке 1 выделены пунктирной линией). В свою очередь, коборги-координаторы и коборги-исполнители изменяют соответственно своё назначение на других этажах сети.

Такой подход позволяет рассматривать МА-коборг как некое типовое самостоятельное подразделение, встроенное в общую архитектуру системы управления, соответствующее организационной структуре предприятия. Отметим основные отличительные свойства такого МА-коборга:

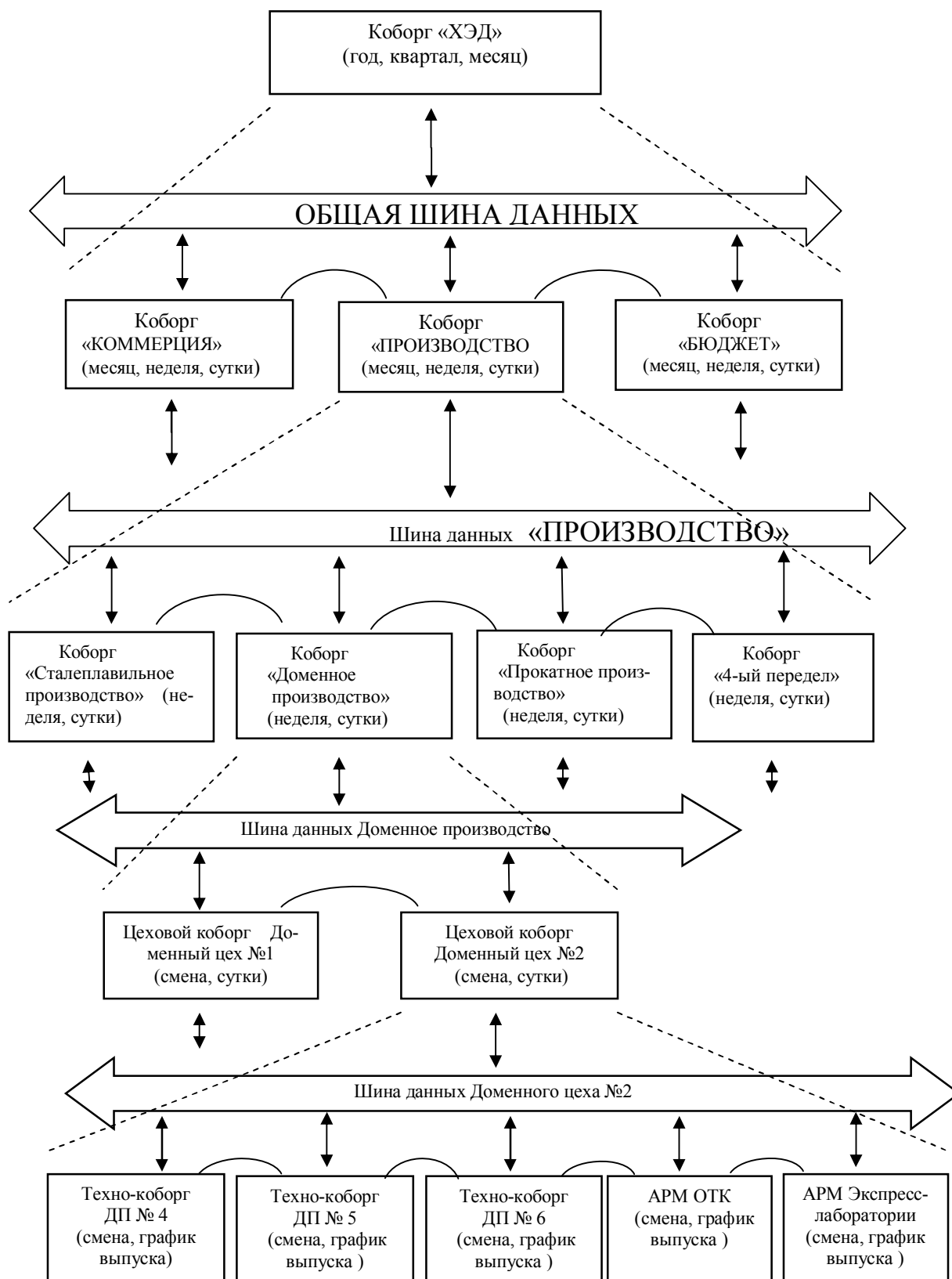


Рисунок 1 – Сетецентрическая архитектура системы оперативного управления металлургическим предприятием (фрагмент «Производство»)

1. Каждый локальный коборг, входящий в состав МА-коборга имеет свою структуру и органы (узлы, компоненты, процессы) в соответствии со своей физической сущностью. Так, основными исполнительными органами координационного МА-коборга «ХЭД», пред-

ставляющего оперативное состояние хозяйственно-экономической деятельности предприятия являются коборги «ПРОИЗВОДСТВО», «КОММЕРЦИЯ» и «БЮДЖЕТ». В свою очередь, основными органами координационного МА-коборга «ПРОИЗВОДСТВО» являются цеховые исполнительные коборги: «Доменное производство», «Сталеплавильное производство», «Прокатное производство», «4-ый передел». И, наконец, в состав цеховых координационных МА-коборгов, например, «Доменный цех», входят исполнительные технокоборги: «Доменные печи».

Органами координационного МА-коборга «БЮДЖЕТ» являются функциональные исполнительные коборги: а) «финансовые обязательства предприятия»; б) «встречные обязательства» (платежи по обязательствам получателей); в) «ожидаемые финансовые резервы»; г) «фактические финансовые резервы». На следующем нижнем этаже исполнительными коборгами будут являться органы: «Приход», «Расход», «Отгрузка товаров и услуг», «Поступление платежей», в состав которых, в свою очередь, входят соответственно исполнительные коборги по основным статьям обязательств и расходов предприятия, получателям и плательщикам.

Органами координационного МА-коборга «КОММЕРЦИЯ» являются функциональные исполнительные коборги: а) «Сбыт готовой продукции»; б) «Поступление сырья»; в) «Отгрузка сырья поставщиками». На следующем нижнем этаже в состав координационных МА-коборгов: «Сбыт готовой продукции»; «Поступление сырья»; «Отгрузка сырья поставщиками» входят соответственно исполнительные коборги по видам и количеству отправляемой готовой продукции, поставляемого на предприятие и отгружаемого поставщиками сырья и материалов.

2. Функциональная структура МА-коборга содержит следующие два типа ВПС:

а) индивидуальные параметры состояния (ИПС) каждого исполнительного коборга в составе соответствующего функционального органа МА-коборга. Индивидуальными параметрами состояния могут являться:

– на уровне технологических агрегатов (техно-коборгов) – тепловые, механические и газодинамические показатели, характеризующие ход технологического процесса (характер движения шихты, химический состав и изменение содержания газов в процессе плавки металла, температуры нагрева зон печи и прокатываемого металла и др.);

– на уровне цехового коборга – текущие значения вероятности расстройств или заболевания каждого техно-коборга, входящего в состав цеха;

– на уровне коборга «ПРОИЗВОДСТВО» – текущие значения вероятности расстройства или нежелательного состояния каждого цехового коборга, входящего в состав производства;

– на уровне коборга «ХЭД» – текущие значения вероятности расстройства или нежелательного состояния производственной, коммерческой и финансовой (здесь бюджетной) деятельности предприятия.

б) целевые параметры состояния (ЦПС), отражающие общие выходные показатели координирующего МА-коборга. На цеховом и общепроизводственном уровнях таковыми являются: выпуск готовой продукции, отправка готовой продукции со склада, удельные расходы сырья и материалов на производство (эффективность производства). На уровне коборга «ХЭД» этими показателями в оперативном плане могут являться доход и затраты. ЦПС используются при диагностировании состояния МА-коборга для корректирования (усиления или ослабления) влияния коэффициентов уверенности вывода на возможное изменение состояния коборга. Текущие значения и характер изменения ЦПС и ИПС отражают состояние и определяют результат деятельности и функционирования мультиагентного объекта на все этапы его жизненного цикла. Очевидно, что независимо от назначения МА-коборга его эффективное функционирование возможно тогда, когда он находится в нормальном состоянии. Нормальное (заданное) состояние МА-коборга, соответствующее достижению или приближению к поставленной цели (целевой функции), обеспечивается в случае, когда его основные ВПС находятся в заданных интервалах. Так заданные интервалы

ИПС удобно представлять в виде проектных нормативов или оперативных заданий каждому интеллектуальному исполнительному агенту с учетом его принадлежности к определенному органу МА-коборга.

Пример результата оперативного диагностирования МА-Коборга на высшем этаже сетевидрической сети предприятия приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Диаграмма оперативного диагностирования МА-Коборга

На рисунке:

- «б» – текущее состояние исполнительного коборга «БЮДЖЕТ»;
- «п» – текущее состояние исполнительного коборга «ПРОИЗВОДСТВО»;
- «к» – текущее состояние исполнительного коборга «КОММЕРЦИЯ»;
- «хэд» – текущее состояние центрального координирующего коборга «ХЭД» (хозяйственно-экономическая деятельность предприятия).

3. В общем случае онтологический базис диагностирования и управления мультиагентными коборгами представляется некоторым множеством знаний в области диагностирования текущего состояния определенного функционального коборга, о числе и характере контролируемых внешних и внутренних возмущений, способов и приемов применения управляющих воздействий по ликвидации намечающихся расстройств или заболевания коборга. Общая функциональная структура любой коборг-системы содержит:

- а) модуль обработки входной информации (прием в реальном или псевдореальном времени измеренных или регистрируемых входных параметров);
- б) процессор искусственного интеллекта для формирования базы знаний на внешнем языке представления знаний, подсистему контроля и отладки базы знаний, отображения базы знаний и результатов диагностирования;
- в) базы знаний расстройств (заболеваний) коборга. Представляется так называемым «коллективным экспертом», содержащего в себе некую совокупность знаний, извлекаемых из прикладных трудов предметной области, технологических и других инструкций типовых положений, правил, стандартов, а также знаний экспертов;
- г) базы знаний контролируемых внутренних и внешних возмущений (причин) расстройства или заболевания коборга;
- д) базы знаний управляющих воздействий. В оперативном плане в зависимости от степени расстройства или заболевания коборга применяются соответственно симптоматические или параметрические воздействия для ликвидации симптомов или причин, вызвавших расстройство функционирования коборга;
- е) модуль развития и коррекции базы знаний.

4. Для работы с неоднородными объектами в системе использованы связанные друг с другом различные математические формализации и экспертные знания. В качестве формальной базовой спецификации, пригодной для описания математических моделей, произвольных вычислений, диалога и экспертных знаний в реальном времени используется математический аппарат функциональных сетей (ФС) [8], который в качестве средства представления знаний открывает большие возможности в автоматизации построения систем ис-

кусственного интеллекта.

Предложенная Коборг-технология позволяет:

– создать универсальную основу при проектировании интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными организованными объектами различного назначения (локальными коборгами), в том числе для неоднородных мультиагентных объектов сетцентрической архитектуры (МА-коборгами);

– представление сетцентрической системы в виде совокупности многоуровневых сложных организованных мультиагентных объектов (МА-Коборгов) из центрального коборга и исполнительных интеллектуальных агентов (локальных коборгов). Это позволяет возложить на коборг не только функцию традиционного планировщика, но и обеспечить принцип самоорганизации органов (узлов, компонентов) сети. Она выражается в оперативном самодиагностировании и прогнозе текущего состояния коборга на предмет его функционального расстройства (заболевания), выявлении причин расстройства или аномального состояния и своевременного формирования параметрических и симптоматических воздействий по ликвидации развивающегося расстройства.

Библиографический список

1. Соловьев В.И. Интеллектуальная система управления сложными организованными объектами (коборгами). Патент на изобретение RU № 2435187 С2, 2011г.
2. Соловьев В.И. Интеллектуальные мультиагентные коборг-системы. Интеллектуальные системы: Труды Десятого международного симпозиума. / Под ред. К.А. Пупкова. – М: РУСАКИ, 2012. С.254 – 258.
3. Уэно Х. и др. Представление и использование знаний. Под ред. Уэно Х, Исидзука М. – М.: Мир, 1989.
4. В.И. Соловьев, Е.А. Павлова, В.А. Краснобаев. Интеллектуальная автоматизированная система управления металлургическими агрегатами //Черные металлы. Русское издание: Июль-август 2004.
5. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях. – Мехатроника, Автоматизация, Управление. – 2010. – № 12. – С. 33–46.
6. Феоктистов А.Л. и др. Разработка принципов построения многоуровневой мультиагентной системы для управления проектами и ОКР РКК «ЭНЕРГИЯ» - Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. – С. 718–723.
7. Шабунин Б.А. и др. Сетцентрический подход к созданию распределенных систем управления ресурсами ОАО «РЖД» на основе мультиагентных технологий. – Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. – С. 724–734.
8. Юрченко В.В. Функциональные сети. – М: Наука, 1992. – 184 с.

О ДИАГНОСТИКЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ

Орлов В.И.

*ОАО «Испытательно-технический центр – НПО ПМ»,
г. Железногорск*

Введение. Современный космический аппарат (КА) – это сложная система, которая, находясь в космосе в течение 10–15 лет, должна сама себя диагностировать, проверять, принимать решение в рамках поставленных задач и выполнять различные возложенные на нее функции. Космос является агрессивной средой, которая обладает различными деструктивными характеристиками, в том числе глубокий вакуум, большой перепад температур, радиация, потоки заряженных частиц и т.д.

Бортовая аппаратура в космическом пространстве не подлежит ремонту, именно поэтому она называется неремонтопригодной, и, соответственно, надежность такой аппаратуры должна быть максимальной. Требуемый уровень надежности обеспечивается за счет различных факторов, самым главным из которых является использование высоконадежных электронных компонентов.

Комплектация бортовой аппаратуры КА высоконадежной электронно-компонентной базы (ЭКБ) является одной из основных задач современной космической отрасли. Особое значение здесь приобретает индивидуальная отбраковка компонентов. Для каждого компонента предусмотрено проведение таких испытаний как: электротермотренировка (ЭТТ) с последующим расчетом дрейфа электрических параметров; диагностические испытания (контроль вольт-амперных характеристик (ВАХ), токов потребления по шине питания, др.).

Одним из важнейших этапов комплектации бортовой аппаратуры КА является работа с заводами-изготовителями. Основные характеристики качества и надежности определяются в процессе производства на заводе-изготовителе. В России отсутствует специализированное производство ЭКБ для космической отрасли, как это организовано в США и Западной Европе. Требования к качеству и надежности ЭКБ, используемых в аппаратуре КА, выше, чем к ЭКБ, выпускаемой российскими заводами в настоящее время.

При диагностике электрорадиоизделий (ЭРИ) основное внимание уделяется видам диагностических испытаний и средствам контроля [1]. При проведении диагностического контроля проводятся измерения электрических характеристик при различных видах нагрузок на отдельные элементы и узлы ЭРИ. По результатам измерений вольт-амперных характеристик до и после электротермотренировки диодных матриц и транзисторов были проведены компьютерные исследования ЭРИ, которые позволяют моделировать дискретно-непрерывный процесс производства ЭРИ в рамках установленного технологического регламента с целью оптимизации процесса изготовления ЭРИ.

Обработка данных испытаний ЭРИ. Были взяты результаты испытаний ЭРИ, производимые на ОАО «ИТЦ НПО-ПМ». При корреляционном анализе данных результатов испытаний до и после ЭТТ были построены гистограммы распределений различных электрических параметров. При этом была выявлена следующая тенденция: смещение моды и математического ожидания параметров партии изделий до и после ЭТТ, что привело к возникновению многомодальной (в основном 2-х модальной, в отдельных случаях 3-х модальной) оценки дрейфа параметров. Дрейф параметров оценивается как разница значений параметра «до» и «после» ЭТТ. При численной обработке проводилось предварительное центрирование и нормирование исходной выборки. Типичный пример гистограммы характеристик представлен на рисунке 1:

Построены оценки плотности вероятности распределения измеряемых электрических характеристик (на рисунке 1, а, б) показаны сплошной линией. Анализ результатов показал несогласованность с общепринятыми законами распределений, в частности, на практике оказывается, что функции плотности вероятности распределения далеки от нормального. Ниже приведены графики оценок плотностей распределения по данным диагностических испытаний жесточенного контроля статического коэффициента передачи тока:

Выявлены зависимости различного характера между числовыми характеристиками. Ниже проиллюстрированы оценки линейного, нелинейного характеров:

На рисунках 3 и 4 представлена зависимость показателя напряжения насыщения база эмиттер при различных режимах подачи тока. Здесь по осям отложены значения замеров числовых характеристик центрированные и нормированные, восстановлены стохастические зависимости при использовании непараметрической оценки регрессии Надарая-Ватсона [2].

Результаты обработки данных и их анализ показывают, что между некоторыми временными установлена как слабая, так и сильная стохастическая связь. Результаты восстановления зависимостей в отдельных случаях приближаются к линейным, а в других – к нелинейным. Наиболее значительный вывод состоит в том, что в группе «годных» изделий обнаружены отличающиеся классы ЭРИ. Последнее приводит к очень важной практической

задаче, связанной с рациональным ведением технологического процесса при производстве ЭРИ.

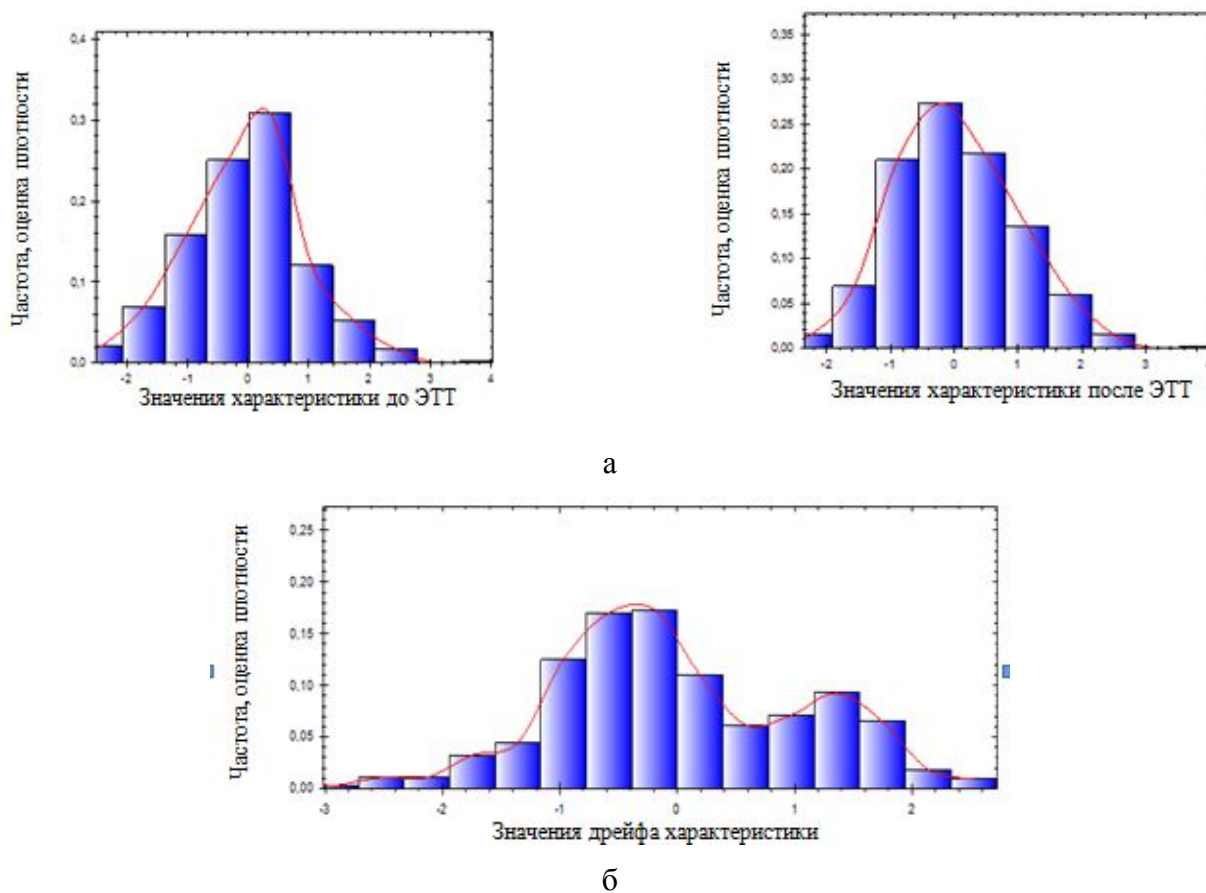


Рисунок 1 – Оценка плотности распределения прямой ВАХ (диагностический контроль, включая ужесточенный), режим измерения – 10 мкА (а) и плотности распределения дрейфа (б)

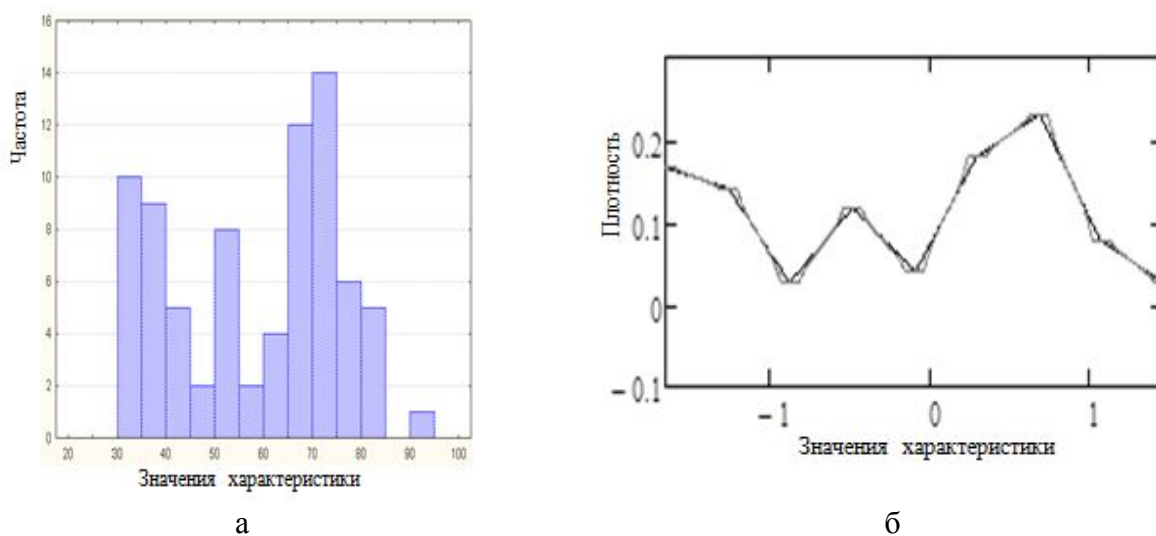


Рисунок 2 – Гистограмма (а) и оценка плотности распределения статического коэффициента передачи тока (б)

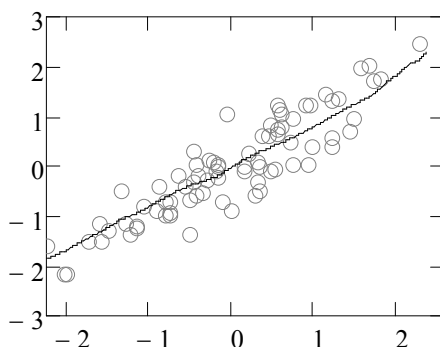


Рисунок 3 – Линейная зависимость показателей

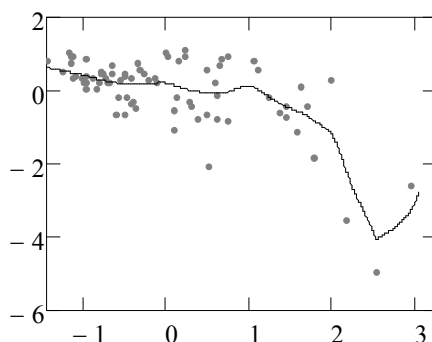


Рисунок 4 – Нелинейная зависимость показателей

Моделирование и управления технологическим процессом производства ЭРИ. Технологический процесс может быть представлен в виде схемы, представленной на рисунке 5, а):

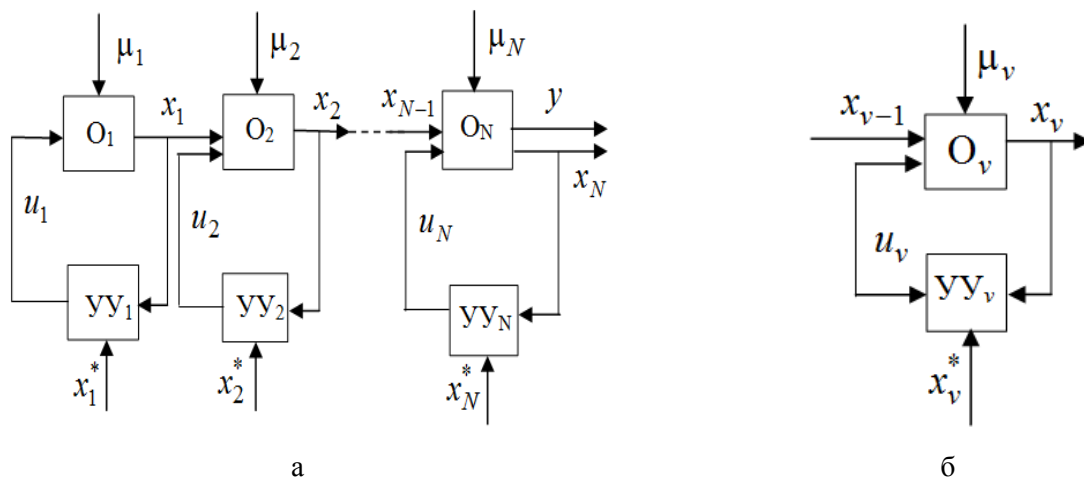


Рисунок 5 – Схема управления последовательным технологическим процессом (а) и фрагмент схемы с обозначением переменных в векторной форме (б)

Весь технологический процесс можно разбить на несколько последовательных подпроцессов O_v , $v = \overline{1, N}$, предусмотренных технологией производства [3, 4].

Каждый подпроцесс можно рассматривать как отдельный объект и формировать для него контур управления. На каждом этапе определяется задающее воздействие – x_v^* , которое задается оператором. Далее значение задающего воздействия подается в соответствующую

щее управляющее устройство – $УУ_v$. На каждый объект O_v подаются входные переменные следующих типов:

- 1) управляющее воздействие u_v , выработанное управляющим устройством $УУ_v$;
- 2) переменная x_{v-1} с предыдущего этапа технологического процесса, является контролируемым, но неуправляемым входным воздействием для последующего v -го этапа;
- 3) неуправляемая контролируемая входная переменная, действующая на каждый конкретный объект O_v , обозначаемая через $\mu_v, v = \overline{1, N}$.

Входная переменная x_{v-1} является неуправляемой на v -ом этапе процесса, по сути имеет смысл переменной $\mu_v, v = \overline{1, N}$. Все переменные процесса в общем случае могут являться векторами с различным числом компонент (рисунок 5, б):

$x_{v-1} = (x_{v-1,1}, \dots, x_{v-1,l_{x_{v-1}}}), \mu_v = (\mu_{v,1}, \dots, \mu_{v,l_{\mu_v}}), x_v = (x_{v,1}, \dots, x_{v,l_{x_v}}), u_v = (u_{v,1}, \dots, u_{v,l_{u_v}})$ где $l_{x_v}, l_{\mu_v}, l_{u_v}$ – размерности соответствующих векторов. Непараметрическая модель подпроцесса рис.1Б при наличии выборки $\{(x_{v-1}^i, x_v^i, u_v^i, \mu_v^i), i = \overline{1, s}\}$ запишется в виде статистики [2]:

$$x_v^s(x_{v-1}, u_v, \mu_v) = \frac{\sum_{i=1}^s x_v^i \cdot \omega(x_{v-1}^i, u_v^i, \mu_v^i; x_{v-1}, u_v, \mu_v)}{\sum_{i=1}^s \omega(x_{v-1}^i, u_v^i, \mu_v^i; x_{v-1}, u_v, \mu_v)}, \quad (1)$$

где принято обозначение:

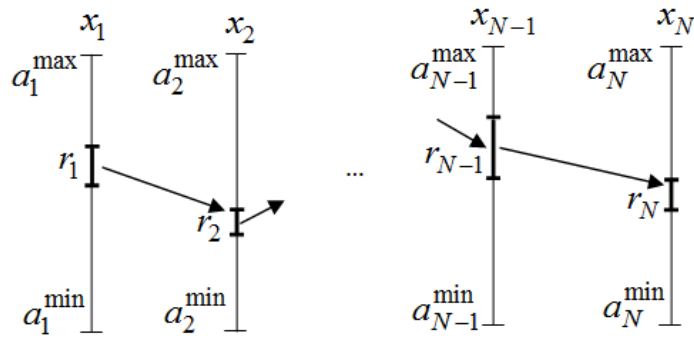
$$\omega(x_{v-1}^i, u_v^i, \mu_v^i; x_{v-1}, u_v, \mu_v) = \prod_{j=1}^{l_{x_{v-1}}} \Phi\left(\frac{x_{v-1,j} - x_{v-1,j}^i}{C_{x_{v-1}}^s}\right) \prod_{k=1}^{l_{u_v}} \Phi\left(\frac{u_{v,k} - u_{v,k}^i}{C_{u_v}^s}\right) \prod_{m=1}^{l_{\mu_v}} \Phi\left(\frac{\mu_{v,m} - \mu_{v,m}^i}{C_{\mu_v}^s}\right).$$

Здесь $\Phi(\cdot)$ – ядерная функция, а C^s – параметры размытости, обладают известными свойствами сходимости непараметрических оценок [2].

В качестве контролируемых параметров исследуемого процесса могут выступать такие показатели, как прямая вольтамперная характеристика, постоянное прямое напряжение, напряжение насыщения базы эмиттера и т.п. На практике диапазоны значений переменных, фигурирующих в данном технологическом процессе, определяются технологическим регламентом, утвержденным для конкретного предприятия. В некоторых случаях даже соблюдение технологического регламента может привести к выпуску некачественной продукции и даже к браку.

Приведем более подробно возможный вариант «течения» конкретного технологического процесса изготовления ЭРИ для произвольной компоненты вектора x . Реальный технологический процесс будет «протекать» аналогично, только в многомерном пространстве, определяемом значениями всех компонент (x, u, μ) .

Приведенная выше модель (1) строится при наличии соответствующих обучающих выборок для каждого объекта $O_v, v = \overline{1, N}$. Подобные модели относятся к классу адаптивных и обучающихся [3] и корректируются по мере вновь поступающих измерений технологических переменных [5]. Практическое использование системы моделей может служить основанием для разработки системы управления и оптимизации дискретно-непрерывным процессом с идентификатором. Основная цель обучающейся системы состоит в том, чтобы найти задающие воздействия последовательности подпроцессов (рисунок 5, а) и управляющих устройств $УУ_v, v = \overline{1, N}$, обеспечивающих наиболее рациональное «течение» технологического процесса изготовления ЭРИ. Это открывает реальный путь изготовления ЭРИ заданного качества.



a_v^{\min}, a_v^{\max} – минимальная и максимальная границы диапазона допустимых значений переменных, определяемые технологическим регламентом;

r_v – фактическая область значения параметра, $v = \overline{1, N}$

Рисунок 6 – Диапазоны значений параметров, определяемые технологическим регламентом

Непараметрический алгоритм управления на каждом цикле производства ЭРИ в общем виде может быть представлен следующим образом [2]:

$$u_v^s(x_{v-1}, x_v^*, \mu_v) = \frac{\sum_{i=1}^s u_v^i \cdot \omega(x_v^i, \mu_v^i; x_v^*, x_{v-1}, \mu_v)}{\sum_{i=1}^s \omega(x_{v-1}^i, \mu_v^i; x_v^*, x_{v-1}, \mu_v)}, \quad (2)$$

где принято обозначение: $\omega(x_{v-1}^i, \mu_v^i; x_v^*, x_v, \mu_v) = \prod_{j=1}^{l_{x_{v-1}}} \Phi\left(\frac{x_{v,j}^* - x_{v,j}^i}{C_{x_v}^s}\right) \prod_{m=1}^{l_{\mu_{v-1}}} \Phi\left(\frac{\mu_{v,m} - \mu_{v,m}^i}{C_{\mu_m}^s}\right)$.

Пусть управляемая переменная x_1 технологического процесса приняла определенное значение из интервала $r_1 \in [a_1^{\min}; a_1^{\max}]$. Заметим, что область r_1 много меньше всего интервала $[a_1^{\min}; a_1^{\max}]$. При этом переменная x_2 , статистически зависимая от показателя x_1 , также принимает определенное значение из области $r_2 \in [a_2^{\min}; a_2^{\max}]$. На рисунке 6 стрелки иллюстрируют последовательность и малые диапазоны выбора значений управляющих переменных для конкретного процесса, эту последовательность вместе с указанием малых диапазонов можно интерпретировать как «путь» внутри технологического регламента.

Для рационального ведения процесса необходимо для задающего воздействия x_v^* каждого подпроцесса определить значение $x_v \in r_v \subset [a_v^{\min}; a_v^{\max}]$, $v = \overline{2, N}$. Представляется целесообразным ведение технологического процесса осуществлять следующим образом: если на v -ом этапе изготовления получены значения переменных, принадлежащих интервалу r_v , то на $(v+1)$ -ом наиболее рационально, чтобы соответствующие технологические переменные принадлежали не всему интервалу $[a_{v+1}^{\min}; a_{v+1}^{\max}]$, а его подобласти $r_{v+1} \subset [a_{v+1}^{\min}; a_{v+1}^{\max}]$.

Для различных современных производств характерно, что диапазон значений технологических переменных достаточно широк во всех сечениях технологического процесса, хотя и соответствует технологическому регламенту. Поэтому возникает задача, связанная с оптимизацией технологического процесса в рамках технологического регламента.

Основная мысль вышесказанного состоит в обосновании оптимизации технологического процесса изготовления ЭРИ в рамках технологического регламента. Здесь возможны два пути. Первый из них состоит в том, чтобы разработать на основе исследований, прове-

денных для каждого конкретного предприятия, более жесткий технологический регламент и, естественно, ему следовать. Естественно, это потребует приобретения соответствующего контрольно-измерительного оборудования и повлечет значительные затраты.

Второй путь состоит в том, чтобы следовать имеющемуся технологическому регламенту, но оптимизировать режим ведения процесса в данном технологическом объекте с учетом фактически проведенной технологической операции на предыдущем объекте. Такой путь значительно более реалистичен, поскольку не требует значительных затрат на создание системы с одной стороны, а с другой – позволяет существенно повысить качество выпускаемой продукции и уменьшить потери при производстве тех или иных изделий. Для этого необходима разработка и внедрение интеллектуальных компьютерных систем (ИКС) оптимизации технологических режимов «внутри» технологического регламента.

Заключение. Основные результаты доклада состоят в следующем: как показали эксперименты, в классе годных изделий в результате диагностических испытаний явно выделяются две, а в некоторых случаях три группы, которые условно можно назвать «хорошими» и «очень хорошими». Исходя из этого, появляется возможность изготавливать ЭРИ того или иного заданного качества. Но для этого необходимо построение адаптивных и обучающихся моделей, описывающих подпроцесс при переходе из одного состояния в другое. Приведены соответствующие непараметрические модели и алгоритмы выбора управляющих воздействий на каждом этапе. Следовало бы отметить, важность рассматриваемой задачи, а также большую трудоемкость разработки конкретных систем подобного типа с целью существенного повышения качества изготовления ЭРИ для КА.

Библиографический список

1. Данилин Н.С. Диагностика и контроль качества изделий цифровой микроэлектроники. – Москва, Издательство стандартов. 1991. – 176 с.
2. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии, изд. Тбил. ун-т, 1983. – 194 с.
3. Медведев А.В. О некоторых проблемах информатизации управления // Проблемы информатизации региона: Материалы второй международной конференции. Красноярск, 1997. – С.49-68
4. Орлов В.И., Сергеева Н.А. О непараметрической диагностике и управлении процессом изготовления электрорадиоизделий // Вестник СибГАУ. – Красноярск, 2013. – Вып.2., С.70-75.
5. Медведев А.В. Теория непараметрических систем. Процессы // Вестник СибГАУ.– Красноярск, 2010. – Вып. 2., – С. 4–9.

**СЕКЦИЯ 3.
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВУЗАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

Малинов М.Б., Мочалов С.П., Третьяков В.С.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк

Уральский федеральный университет,

г. Екатеринбург

Развитие образования Российской Федерации в качестве приоритетов выделяет повышение качества, обеспечение доступности и интеграцию российского образования в международное образовательное пространство за счет внедрения электронного обучения (ЭО), дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и сетевых форм реализации образовательных программ. Одним из необходимых условий при этом является формирование целостного представления о текущем уровне и динамике развития ЭО и (ДОТ) в учебных заведениях.

Представлены результаты создания и применения информационной системы мониторинга электронного обучения (ИСМЭО), которая ориентирована на сектор высшего образования и решение следующих задач:

- комплексное информационно-аналитическое обеспечение процессов анализа текущего уровня развития ЭО и ДОТ в вузах;
- оценка уровня потенциальной готовности вузов к участию в межвузовских образовательных проектах и реализации сетевых форм образовательных программ;
- расширение межвузовского взаимодействия в области обмена компетенциями, технологиями и ресурсами ЭО

В основу методики положена методология бенчмаркинга, в которой в качестве ориентиров развития используются образцы «лучших практик». Авторы использовали анализ международных методик бенчмаркинга, применяемых в ведущих университетах мира [1, 2] (Quality Matters, Pic&Mix, ACODE, eMM, E-xcellence и др.) для выделения критериев качества ЭО и ДОТ и опыт российских вузов. Кроме того были добавлены критерии оценки готовности вузов к внедрению ЭО и ДОТ и индикаторы, позволяющие оценить масштаб использования ЭО и ДОТ в вузе.

Система критериев мониторинга имеет трехуровневую иерархическую структуру в виде 6 категорий, 17 показателей и 48 индикаторов. Категория имеет несколько показателей, каждый из которых в свою очередь характеризуются группой индикаторов. Информация вводится на нижнем уровне.

Перечень категорий методики мониторинга:

- 1) *Стратегия и управление* – качество документирования целей и задач в области ЭО и ДОТ в организационных документах вуза;
- 2) *Информационно-техническое обеспечение* – готовность и соответствие информационно-технической инфраструктуры задачам ЭО и ДОТ;
- 3) *Учебно-методическое обеспечение* – наличие и соответствие стандартов учебно-методического обеспечения вуза требованиям ЭО и ДОТ;
- 4) *Среда обучения* – соответствие электронных средств доставки учебного контента и организации обучения требованиям ЭО и ДОТ;
- 5) *Поддержка* – соответствие системы онлайн и офлайн поддержки студентов и сотрудников вуза требованиям ЭО и ДОТ;
- 6) *Количественные показатели ЭО и ДОТ* – показатели масштаба использования ЭО и ДОТ в вузе.

* Работа выполнена по заданию Минобрнауки России регистрационный номер 10.7045.2013.

Анализ задач, возникающих при организации процесса мониторинга ЭО и ДОТ [1], позволил сформулировать следующие основные процессы, которые должна автоматизировать система:

- сбор первичной информации по системе индикаторов мониторинга ЭО;
- аналитическая обработка информации мониторинга ЭО;
- предоставление вузам аналитической информации о текущем состоянии ЭО и рекомендаций по совершенствованию процессов, связанных с ЭО;
- предоставление администраторам аналитических отчетов о текущем состоянии ЭО в вузах – участниках мониторинга;
- ведение архивов данных мониторинга без ограничения сроков давности;
- ведение каталога образовательных ресурсов, модулей и технологий, которые вузы готовы предоставлять в рамках сетевой формы реализации образовательных программ или в проектах открытого образования.

Система ИСМЭО реализует следующие основные функции:

- Поддержка системы показателей мониторинга ЭО и ДОТ в соответствии с разработанной методикой мониторинга;
- Ведение реестра организаций, участвующих в мониторинге, с возможностью создания внутри организации иерархии подразделений любой глубины вложенности;
- Создание задач мониторинга (общих и локальных для организации) с возможностью назначения группы категорий показателей для задачи;
- Ведение списка пользователей и реализация системы ролей пользователей для управления полномочиями в системе;
- Обеспечение ввода индикаторов мониторинга с индикацией состояния процесса;
- Графическая визуализация результатов мониторинга с возможностью сравнения лучшими и средними результатами по группе организаций;
- Ведение реестров ресурсов и технологий, предлагаемых для сетевой формы реализации образовательных программ.

Функциональная структура системы ИСМЭО показана на рисунке 1. В состав информационной системы входят следующие подсистемы:

Подсистема хранения данных предназначена для хранения оперативных данных системы, данных анализа, документов и служебных данных системы.

Подсистема ведения классификаторов и реестров предназначена для централизованного ведения классификаторов и справочников, используемых для обеспечения информационной совместимости подсистем, том числе реестра вузов-участников мониторинга.

Подсистема ввода/вывода оперативной информации предназначена для предоставления конечным пользователям интерфейса для ввода и отображения первичной информации по мониторингу.

Подсистема анализа предназначена для выполнения аналитической обработки информации по мониторингу.

Подсистема отображения аналитической информации обеспечивает формирование и предоставление по запросам пользователей системы аналитической и статистической информации в различных форматах (включая графические), вывод подготовленных отчетов на печать, экспорт отчетов в файлы. Данная подсистема также может выполнять функцию открытого информационного ресурса для предоставления публичного доступа к открытой части информации системы.

Подсистема управления задачами предназначена для предоставления администраторам системы интерфейса для создания задач мониторинга для вузов, назначения ответственных за выполнение задачи пользователей, определения перечня индикаторов, по которым проводится мониторинг.

Подсистема управления пользователями предназначена для управления учетными записями пользователей, управления ролями пользователей, выполнения процедур аутентификации и управления доступом к элементам системы.

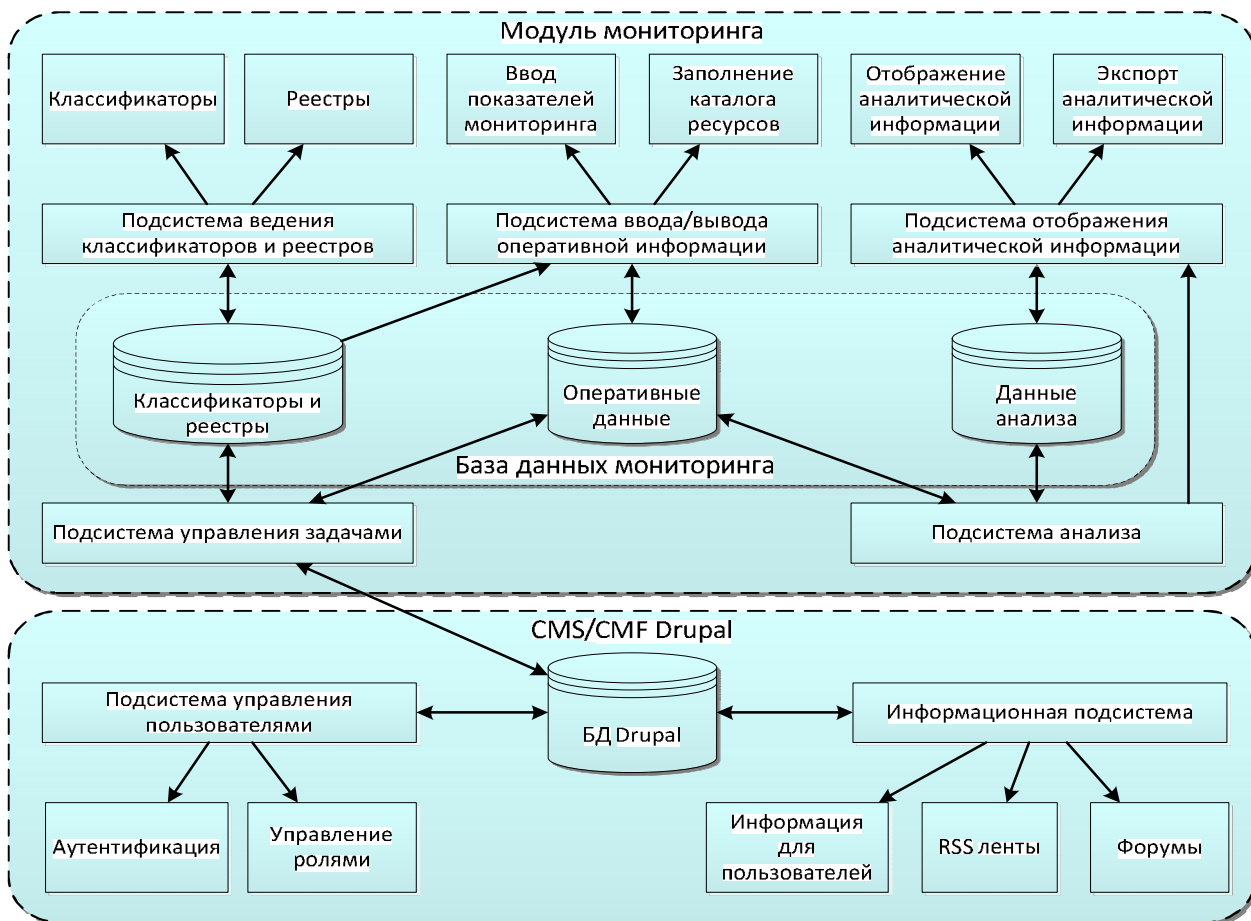


Рисунок 1 – Функциональная структура системы ИСМЭО

Информационная подсистема предоставляет информационные и коммуникационные функции.

Архитектурно система реализована в виде web-приложения на основе CMS Drupal 7 [3] – системе управления контентом, выпускаемой по Open Source лицензии GNU GPL, используемой в проекте в качестве CMF (Content Management Framework). Основной функционал системы реализован в формате отдельного модуля «Monitoring», подключаемого к Drupal. Для реализации функций графического анализа используется библиотека pChart.

Модель процесса использования системы ИСМЭО показан на функциональной блок-схеме рисунка 2. Система позволяет распределять задачи между различными категориями пользователей, делегировать полномочия на ввод информации по определенным категориям показателей отдельным пользователям, осуществлять мониторинг всего вуза либо отдельных подразделений (филиалов, институтов, факультетов и т.п.). Подсистема анализа позволяет получать отчеты в табличном и графическом виде, определять состав отчетов для каждой категории пользователей, проводить сравнительный анализ результатов вуза со средними либо установленными администратором пороговыми значениями, сопоставлять результаты разных вузов, определять области для улучшения элементов ЭО и ДОТ вуза.

Клиентская часть системы функционирует в виде web-сайта и доступна по адресу <http://www.monitoring-el.ru>. Примеры экранных форм системы ИСМЭО приведены на рисунке 3.

Система прошла апробацию в ходе проведения пилотного мониторинга уровня развития электронного обучения в вузах, организованного департаментом государственной политики в сфере высшего образования МОН России в сентябре 2013 года, в котором приняли участие 149 вузов.

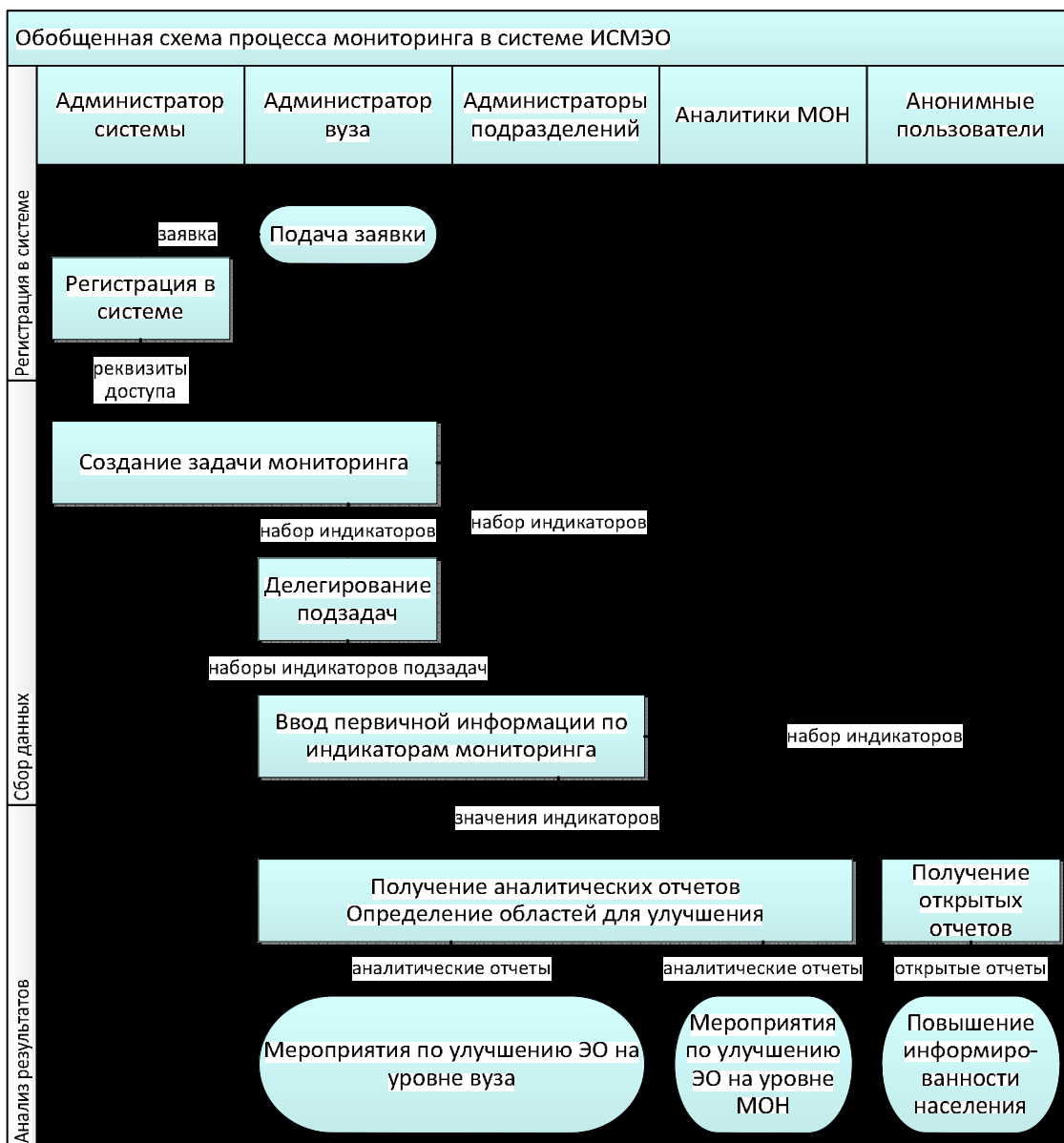
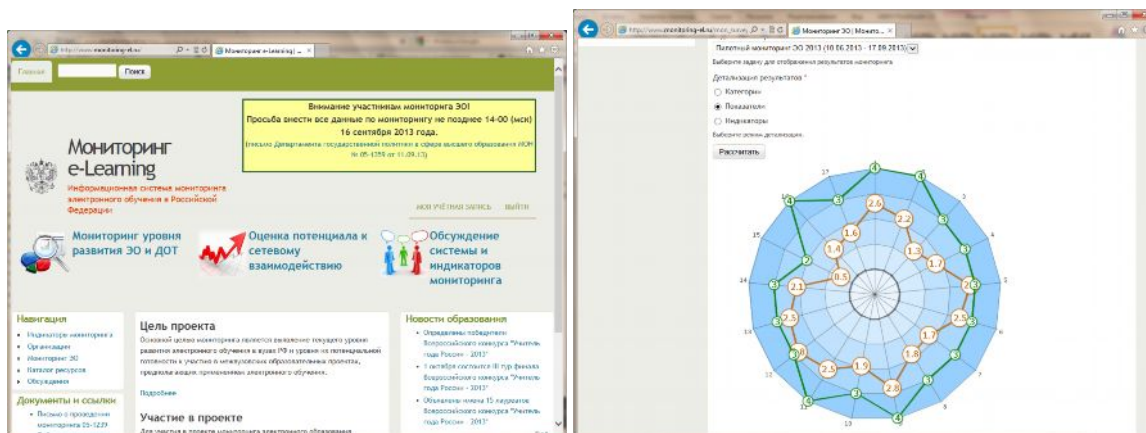


Рисунок 2 – Блок-схема процесса использования системы



а – главная страница системы; б – пример графического анализа
Рисунок 3 – Примеры экранных форм системы ИСМЭО

Проведение мониторинга позволило выявить существующие проблемы, определить задачи дальнейшего развития электронного образования и направления распространения практики эффективной реализации электронного обучения в вузах.

Библиографический список

1. Ossiannilsson, Ebba. Benchmarking e-learning in higher education: lessons learned from international projects. Academic dissertation to be presented with the assent of the Doctoral Training Committee of Technology and Natural Sciences of the University of Oulu for public defence in Auditorium IT116, Linnanmaa, on 14 December 2012, at 12 noon. – Oulu, Finland.: University of Oulu, 2012. – 171с.
2. Devedzic, V., Scepanovic, S., Kraljevski, I. E-learning benchmarking. Methodology and tools review. Report 1.3 [Электронный ресурс]: DL@WeB Tempus project University of Kragujevac. 2011. – Режим доступа: <http://www.dlweb.kg.ac.rs/files/DEV1.3%20EN.pdf> (дата обращения 16.09.2013).
3. Drupal [Электронный ресурс]: Официальный сайт проекта. – Режим доступа: <http://drupal.org> (дата обращения 16.09.2013).

ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ВСТРОЕННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Зельцер С.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

1. К характеристике проблемы

Идея применения тренажеров в горном деле далеко не нова. Вопрос, скорее, заключается в экономической и эффективной ее реализации. Как известно, стоимость тренажеров – имитаторов с динамической моделью объекта сопоставима со стоимостью действующей АСУ, а их полезность почти полностью определяется адекватностью моделирующего комплекса, с помощью которого воспроизводятся режимы, например, вентиляции, параметры микроклимата, загазованность выработок, обвалы, сдвиг пластов и т.д.

Как правило, ТС функционируют без непосредственной связи с АСУ, за что и получили наименование автономных.

Развитие автономных ТС требует дополнительных вложений в связи с непрерывным наращиванием и усложнением функций производственных АСУ ТП. В идеальном случае развитие ТС должно идти опережающими развитие АСУ ТП темпами, что обеспечит обучение персонала перспективным, готовящимся к внедрению, задачам автоматизированной добычи, ликвидации аварий в кратчайшие сроки и с минимальными потерями, обеспечения приемлемых условий работы в горных выработках.

Проблема стоимости ТС не является единственной. Такой же, если не более важной, представляется, на наш взгляд, проблема воссоздания в ТС адекватной реальным производственным условиям визуальной и психологической обстановки.

Сразу оговоримся, что здесь не рассматриваются весьма полезные тренажеры типа манекена МИТи или компьютерного 3D-изображения самоспасателя. Речь идет об имитационном моделировании технологии добычи, влиянии горногеологических условий угледобычи на безопасность, экологическую обстановку и экономику предприятия и региона в целом...

Необходимые для этого полные адекватные математические или физические модели вряд ли могут быть построены, а их реализация превращается в такую головную боль, что проще построить для экспериментов отдельную шахту.

Качественный процесс в деле тренажеростроения может быть достигнут, по нашему мнению, на пути создания встроенных тренажеров, которые должны входить в состав АСУ

ТП и, являясь одной из ее функциональных подсистем, работать и развиваться вместе с производственной системой управления. Для их реализации требуются специальные методы моделирования, например, натурно-математическое, положенное в основу рассматриваемой здесь концепции построения и применения встроенных тренажерных систем.

Дополнительным доводом в пользу автономных тренажеров является существенное развитие информационной базы для моделирования горнорудных предприятий в свете современных концепций и автоматизированных систем мониторинга и обеспечения их безопасности. С очевидностью можно считать, что в современных АСУ заложены большие потенциальные возможности для реализации встроенных испытательно-наладочных и тренажерных систем, обеспечивающих как освоение приемов реализации технологических процессов в штатных и критических ситуациях, так и правил эксплуатации и совершенствования информационно-управляющих систем.¹

2 Концепция современного тренажера: анализ систем-аналогов

Современный тренажер или тренажерная система (ТС) представляет собой сложную автоматизированную систему обучения, которой свойственны на уровне обеспечения конкретных задач обучения все характерные особенности АСУ технологическими процессами, а на уровне организации работы ТС – черты АСУ организационного типа.

Организация работы ТС в целом связана с решением задач воспроизведения режимов функционирования натурального объекта, автоматизированной обработки данных, планирования и организации процесса обучения, документирования и отображения информации.

Большое значение при обучении на ТС имеет специальное методическое обеспечение в виде нормативных моделей деятельности операторов-технологов и персонала службы автоматизации.

Для формирования и совершенствования профессиональных навыков операторов-технологов на ТС возлагаются следующие основные задачи:

- моделирование в регулируемом (замедленном, реальном, ускоренном) масштабе времени режимов функционирования натурной системы управления, ее реакции на действия обучаемого в нормальных и критических режимах;
- моделирование физических факторов рабочей среды, в том числе, рабочего места операторов с соответствующими натурными системами отображения информации и пульта управления;
- воспроизведение алгоритмов нормативной (условно-эталонной) деятельности, которые обучаемый должен усвоить, а затем и превзойти;
- управление процессом обучения и тренировки;
- контроль, оценка и документирование результатов деятельности обучаемого в процессе обучения и тренировки, стимулирование операторов по результатам деятельности;
- воспроизведение информации, зафиксированной в процессе обучения и тренировки, с возможностью временной остановки или возврата на любой предыдущий этап отработываемой задачи.

С учетом наиболее существенных задач, которые должны быть реализованы на тренажере, его представляют как систему, состоящую из обучаемого оператора (операторов), рабочего места (РМО), моделирующего комплекса (МК), аппаратуры контроля и оценки действий обучаемых (АКО), инструктора и связей между ними.

Конкретные сведения о ТС для подготовки операторов АСУ технологическими процессами по данным отечественной и зарубежной печати приведены ниже. При этом будем рассматривать известные решения с точки зрения принятых в них подходов к моделированию поведения объектов управления.

В качестве моделирующего комплекса используется обычно вычислительный комплекс (аналоговый, цифровой, гибридный), на котором решаются уравнения движения объ-

¹ <http://kalugatechnadzor.ru/analitika/342> Принципы построения multifunctionальных систем безопасности угольных шахт, опыт и перспективы их использования в Кузбассе

екта и воспроизводятся информация и алгоритмы функционирования систем автоматики. Модели управляющих систем в некоторых случаях заменяются реальной аппаратурой контроля и регулирования.

Известны ТС, не имеющие модели объектов. Тренировка операторов осуществляется в моменты остановки ТОО в помещениях постов управления на реальной аппаратуре. Для воспроизведения необходимых режимов функционирования ТОО и контроля за действиями обучаемых к приборам поста управления подключается пульт инструктора, с которого задаются требуемые производственные ситуации.

Результаты воздействий обучаемого на процесс не моделируются, а оцениваются инструктором или специальной экспертной системой.

Известен большой класс ТС, в которых используются физико-химические модели процессов, модели в виде комбинаций типовых звеньев теории регулирования. При этом практически во всех ТС такого класса с помощью специальных генераторов воспроизводится влияние случайных помех на объект управления.

Наибольшее распространение такие ТС получили при подготовке операторов химико-технологических производств, операторов тепловых пунктов и электростанций, в металлургической промышленности; в горном деле их применяют для моделирования систем управления микроклиматом в шахтах и систем аэрогазового контроля.

Вот только несколько примеров из практики тренажеров для горнодобывающих предприятий.

2.1 Использование системы поддержки принятия управленческих решений при формировании плана проведения аварийно-спасательных оперативных мероприятий по защите населения и ликвидации последствий аварий²

Разработанный программный модуль находит применение при анализе аварии и принятии решений по ликвидации ее последствий. Программный модуль используется в практической деятельности экологических служб, в службах по делам ГО и ЧС, а также в качестве обучающей системы при проведении учений по отработке взаимодействия всех подразделений при ликвидации аварии.

2.2 Мультимедийные обучающие системы: развитие практических навыков и теоретическая подготовка.

Мультимедийные обучающие системы (МОС) предназначены для подготовки операторов систем управления технологических установок, горнодобывающего оборудования, поточно-транспортных систем. Основной задачей МОС является развитие практических навыков с одновременной теоретической подготовкой, а также подготовка сотрудника к принятию быстрых и качественных решений.

Основные принципы МОС:

- систематичность и последовательность в обучении;
- наглядность, доступность и посильность обучения;
- прочность усвоенных знаний и приобретенных навыков.

В настоящее время это наиболее распространенные ТС в горнодобывающей промышленности и углеобогащении.

2.3 Автоматизация работы диспетчерской службы предприятий теплоснабжения³

В последнее время широко обсуждается вопрос об исполнении закона №190 «О теплоснабжении», статья 20, пункт 4. Этот пункт требует от теплоснабжающих организаций наличия организационных мероприятий и технических средств:

- плана действий по ликвидации последствий аварийных ситуаций с применением электронного моделирования;
- мониторинга состояния системы теплоснабжения;
- механизма оперативно-диспетчерского управления в системе теплоснабжения.

² В.М. Панарин, А.А. Зуйкова. Тульский государственный университет, г. Тула

³ Бурдин В.М., Капитанова Л.Г., Бudyко И.А., ООО «СП «Гражданская защита»

Предлагается интегрированное решение этих задач с использованием комплекса «Центральный диспетчерский пункт теплоснабжения» (ЦДП ТС). Комплекс ЦДП ТС состоит из нескольких подсистем, имеет модульную структуру и может наращиваться.

2.4 Оптимизация параметров систем управления проветриванием рудных шахт в условиях аварийных ситуаций⁴

Современная вентиляция рудных шахт должна обеспечивать требуемые санитарно-гигиенические условия труда в подземных выработках.

Однако, постоянно имеющее место усложнение горно-геологических и технико-технологических условий эксплуатации горных предприятий выдвигает новые проблемы. Ряд вопросов в общешахтном и местном проветривании связаны с трудностями воздухо-распределения, доставки свежего воздуха к рабочим местам, учёта в вентиляционных системах дополнительных побудителей движения воздуха, снижения непроизводительных утечек и т.д. Эти вопросы, в конечном итоге, определяют степень эффективности управления проветриванием. Особые условия, которые могут привести к неконтролируемой и даже неуправляемой вентиляции, чаще всего связаны с подземными пожарами.

Управление вентиляцией шахт в штатных и, особенно, в аварийных ситуациях немыслимо сегодня без специальных мероприятий по начальной подготовке и постоянной поддержке высокого уровня профессиональной готовности диспетчера шахты.

2.5. О моделях – имитаторах горно-геологических условий добычи полезных ископаемых⁵

Технологии ведения горных работ присуще качество мобильности, не столь характерное для технологических процессов заводов и фабрик. Возникают задачи многовариантного анализа технологий с целью выбора оптимального варианта добычи и управления. Показано, что «жесткие» модели угледобычи трудно поддаются модификации, и моделирование теряет смысл, так как разработка модели отстает от развития горных работ.

В горном деле за рубежом перешли к применению имитационного моделирования, в котором применяются логико-математические схемы, отображающие поведение системы от одного состояния к другому. Событием, сопровождающим изменение состояния, является начало или окончание какой-либо технологической операции. Созданы динамические модели управления горными работами и транспортными системами.

2.6 Системы мониторинга горно-геологических работ.

С интенсификацией горных работ и ужесточением требований к их безопасности создание комплексной системы мониторинга угольной шахты является обязательным и экономически оправданным.⁶

Существует множество проектов и реализованных систем безопасности и аэрогазового контроля, выполненные, в том числе, в НИЦ СибГИУ под руководством д.т.н. Л.П. Мышляева [2].

Аналогичные исследования выполнялись в рамках федеральной программы «Вузовская наука – регионам», региональной НТП «Кузбасс», региональной НТП «Сибирь», а также по заказам угольных предприятий⁷.

3. *Концепция встроенных тренажеров на базе натурно-математического моделирования*

В самом общем случае ТС должна отвечать на два вопроса:

1) Как изменится ситуация на реальном (натурном) объекте, если реализовать реше-

⁴ Коренной К.Н. Дисс. кандидата технических наук.

⁵ Журавлева Е.М. Разработка методов совершенствования управления угледобывающими предприятиями : Дис. канд. экон. наук: 08.00.05 Москва, 2005 189 с. РГБ ОД, 61:05-8/5142.

⁶ Зельцер С.Р., Каледин О.В., Шехтман В.Е. Оперативный анализ безопасности горнорудных предприятий. Отчет о НИР, 2009 г., INTES. Междуреченск – Новокузнецк;

⁷ Шадрин А. В. Автоматизированный мониторинг противовыбросных мероприятий при разработке угольных пластов : Дис. д-ра техн. наук : 25.00.20 : Кемерово, 2004 356 с. РГБ ОД, 71:05-5/319.

ния или действия обучаемого персонала?

2) Какие решения или действия следует реализовать в данной ситуации, чтобы получить требуемый результат?

Ответ на эти вопросы могут быть получены с помощью тренажерной системы (ТС) на базе НММ (натурно-математического моделирования) [1–4].

Такие ТС могут (и должны!) функционировать в виде обучающих, моделирующих и испытательных комплексов непосредственно в составе действующей АСУ ТП, максимально используя ее программные и технические ресурсы в плане получения, обработки и отображения информации.

НММ позволяет организовать в ТС параллельную работу в одних и тех же условиях, как минимум, трех управляющих систем:

- рабочего назначения, решающей основные (производственные) задачи;
- технолога-обучаемого или инженера-исследователя;
- нормативной модели деятельности (например, в виде формализованной технологической инструкции), содержащей типовые правила действий и решения, которые обучаемый должен освоить, а затем и превзойти.

Результаты нормативной деятельности служат базой для оценки эффективности управления как обучаемого, так и действующего персонала, и для принятия на этой основе стимулирующих решений, планирования процессов обучения, аттестации персонала и т.п.

По НММ и его применению в ТС накоплен достаточно большой материал, однако некоторые вопросы не являются до конца решенными или не доведены до практических приложений. В первую очередь, это касается методического обеспечения оценки уровня профессиональной готовности технологического персонала, управления процессом обучения и др.

Каждая обучающая система включает в себя пять этапов подготовки персонала: изучение устройства технологической установки; изучение системы управления технологической установкой; изучение основ работы в условиях технологического процесса; изучение основ работы в условиях аварийных ситуаций; закрепление знаний работы в технологическом процессе в условиях аварийных ситуаций.

Каждый из этих этапов имеет два режима работы: «Демонстрация» и «Тестирование». В режиме «Демонстрация» обучающийся изучает материал и закрепляет полученные знания и навыки; в режиме «Тестирование» проводится проверка знаний по каждому из этапов.

Наилучшим образом обеспечить контроль усвоения знаний обучаемым по указанным этапам и режимам позволяет многобалльная рейтинговая система оценок.

Система обучения на основе рейтинговых оценок – это тактика обучения, основанная на накоплении оценок, в отличие от традиционного способа оценивания, не использующего эффект их суммирования.

При использовании тестовых технологий качество знаний, как правило, оценивается отношением числа правильных ответов к общему числу тестовых заданий, выраженному в процентах. Поэтому целесообразно другие показатели качества обучения, например, при регулировании технологических процессов, оценивать в таких же единицах.

Основные парадигмы образовательных учреждений «традиционного» обучения, основанного на усвоении готовых знаний, умений, навыков, не дают требуемого результата, в отличие от обучения с применением информационных технологий, в первую очередь, имитационного моделирования и тренажерных автоматизированных систем.

Библиографический список

1. Зельцер С.Р. Исходные предпосылки и основы реализации метода натурно-математического моделирования в действующих системах управления. Тр. Межд. научно-практической конференции. – Новочеркасск, 2002.
2. Сазыкин Г.П., Синеокий Б.А., Л.П. Мышляев. Проектирование и строительство углеобо-

- гатительных фабрик нового поколения. Монография: 2003 Новокузнецк, СибГИУ. 123 с., ил.
3. Устройство для моделирования систем управления. С.В.Емельянов, В.П.Авдеев, С.К.Коровин, Л.П. Мышляев, С.Р. Зельцер. – АС № 1043688. БИ №35, 1983
 4. Тренажер оператора систем управления. В.П. Авдеев, Л.П. Мышляев, С.Р.Зельцер и др. Патент РФ RU 2012065 С1. 30.04.94.

МОДЕЛИРУЮЩИЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС

Макаров Г.В., Буркова Е.В., Демченко Д.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Создание программных продуктов, предназначенных одновременно как для проведения исследований, так и занятий со студентами, необходимо для повышения качества образовательного процесса и знакомства обучающихся с реальными исследовательскими задачами и технологиями.

Разработанный моделирующий комплекс является учебно-исследовательским и изначально был создан в рамках изучения совместного подобию для решения задач моделирования объектов и систем автоматического регулирования. В дальнейшем функциональные возможности расширились за счет интегрированных модулей и алгоритмов. На данный момент комплекс применяется для моделирования объектов и систем [1], оценивания статистических характеристик натуральных данных [2], генерирования сигналов с заданными свойствами [3]. В комплексе реализован ряд функций и механизмов, применимый также и в рамках изучения студентами таких дисциплин, как «Содержательные основы автоматизации», «Моделирование» для решения различных учебно-исследовательских задач:

- моделирования систем автоматического регулирования (САР);
- генерирование сигналов;
- анализ и обработка натуральных данных;
- выявление нестационарности характеристик каналов регулирования и приведенных к выходу возмущений[4].

Разработанный моделирующий комплекс имеет возможность расширения, постоянно модернизируется и дополняется новыми алгоритмами. Принципы объектно-ориентированного программирования позволяют разрабатывать модули для комплекса отдельно и интегрировать их в общую структуру с минимальными трудозатратами. На данный момент комплекс включает следующие модули.

Блок управления.

Предназначен для получения от пользователя «указаний» и параметров для модулей и алгоритмов комплекса.

Формирование временных рядов данных (ВРД) с заданными свойствами.

Задаются математическое ожидание, дисперсия, форма нормированной автокорреляционной функции (АКФ). Для этого используются различные алгоритмы и модели генерирования, в частности, генератор процесса Орнштейна-Уленбека, авторегрессионная модель высокого порядка.

Моделирование САР по отклонению и контролируемому возмущению.

Данные САР являются наиболее распространенными и их модели подходят как для обучения студентов, так и для научных исследований. Реализация этих САР позволяет вводить в качестве внешних воздействий натурные данные, что позволяет использовать их для различных исследований с пересчетными моделями.

Оценивание эффективности работы САР.

В качестве критериев используются среднеквадратическое и среднемодульное отклонение как на всем интервале, так и вычисляемые рекуррентно.

Выявление нестационарности.

В комплекс включен алгоритм, позволяющий производить оценку нестационарности динамических свойств каналов преобразования объекта и статистических характеристик приведенных возмущений с одновременным установлением ее причин.

Анализ ВРД.

Анализ статистических величин, R/S-анализ Хёрста как натуральных, так и любых модельных данных.

Частотный анализ ВРД.

Прямое и обратное преобразование Фурье с возможностью частотной фильтрации и построения спектра плотности мощности.

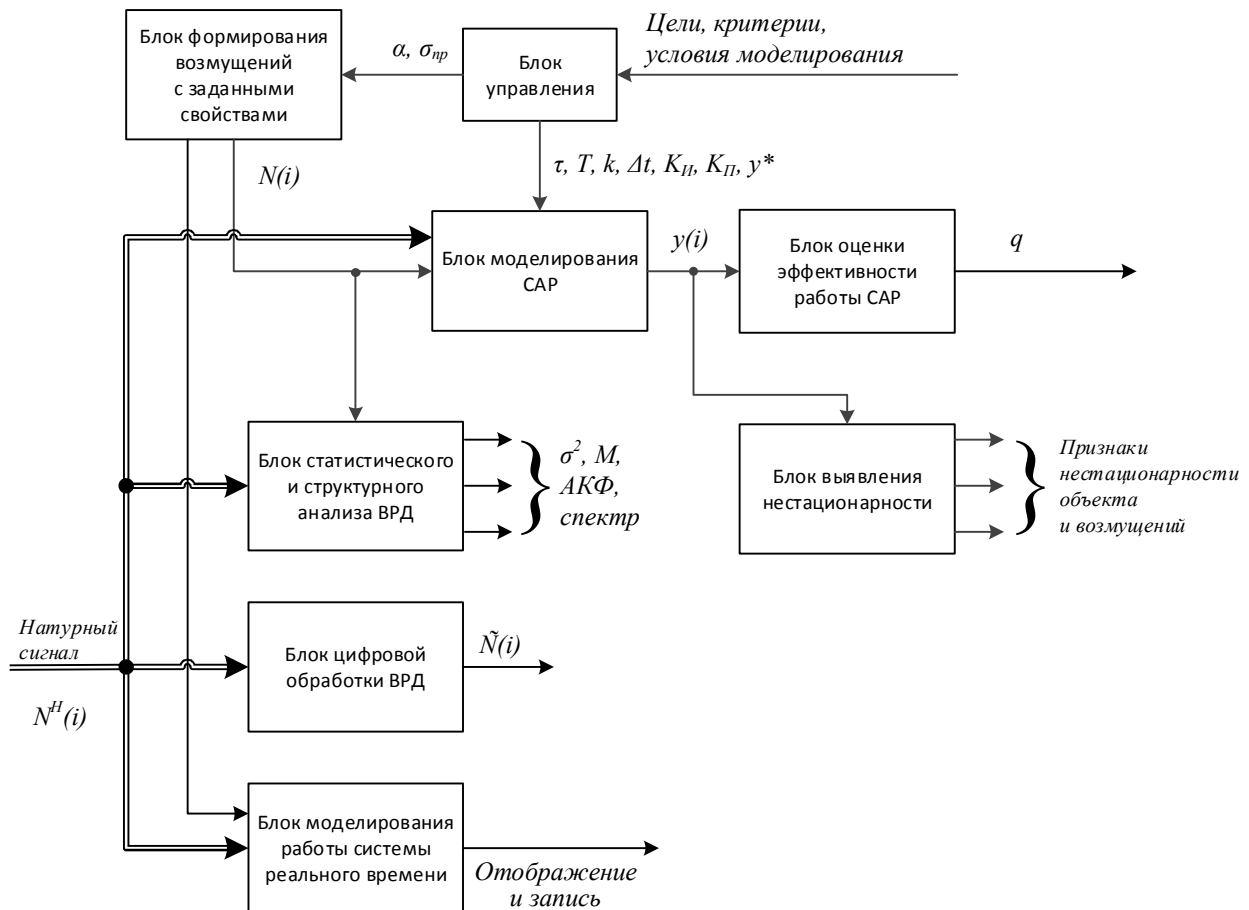
Цифровая обработка ВРД.

Включает на данный момент наиболее распространенные алгоритмы фильтрации, сглаживания, экстраполяции.

Моделирование переходных процессов в объектах и системах реального времени.

Данный модуль предназначен для моделирования переходных процессов в режиме псевдореального времени в учебных целях. Позволяет также записать сигнал для дальнейшей обработки (выделения полезной составляющей, идентификации характеристик и т.д.)

Укрупненная структура комплекса представлена на рисунке 1.



α, σ_{np} – параметры генерируемого ряда; $\tau, T, k, \Delta t, K_{II}, K_{II}, y^*$ – параметры объекта и системы регулирования; $y(i)$ – выходное воздействие; q – значения критерия; σ^2, M – оценки статистических характеристик; $\tilde{N}(i)$ – обработанный (сглаженный) сигнал; $N(i)$ – сгенерированный сигнал; $N^H(i)$ – натуральный сигнал.

Рисунок 1 – Структура комплекса

Возможность ввода натуральных данных позволяет решать ряд как учебных, так и исследовательских задач, в частности, реализовывать пересчетные модели, идентифицировать характеристики натуральных объектов, оценивать статистические характеристики приведенных возмущений для дальнейшего использования их при моделировании.

Модули комплекса реализованы на двух языках программирования высокого уровня: C++ и C#. В данный момент для большего удобства работы часть на C++ переводится в C# под платформу .NET Framework 4. Скриншот основной программы с графическим интерфейсом пользователя представлен на рисунке 2. Из основного окна открываются вкладки с различными функциями. Все они взаимосвязаны между собой для обмена данными.

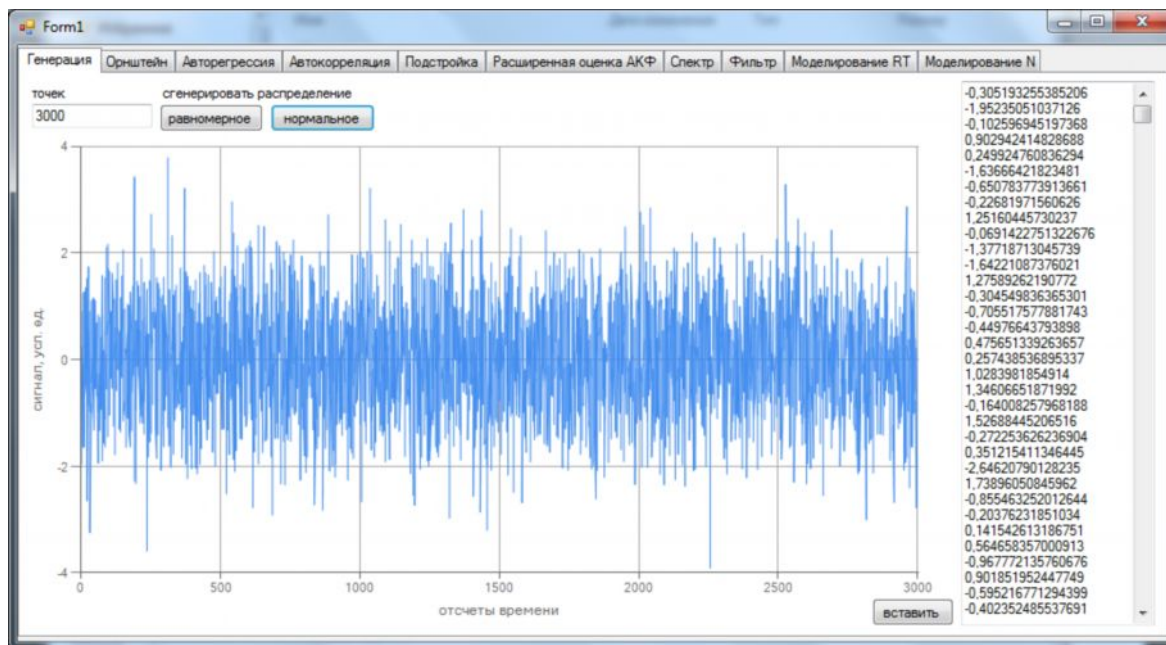


Рисунок 2 – Скриншот графического интерфейса пользователя

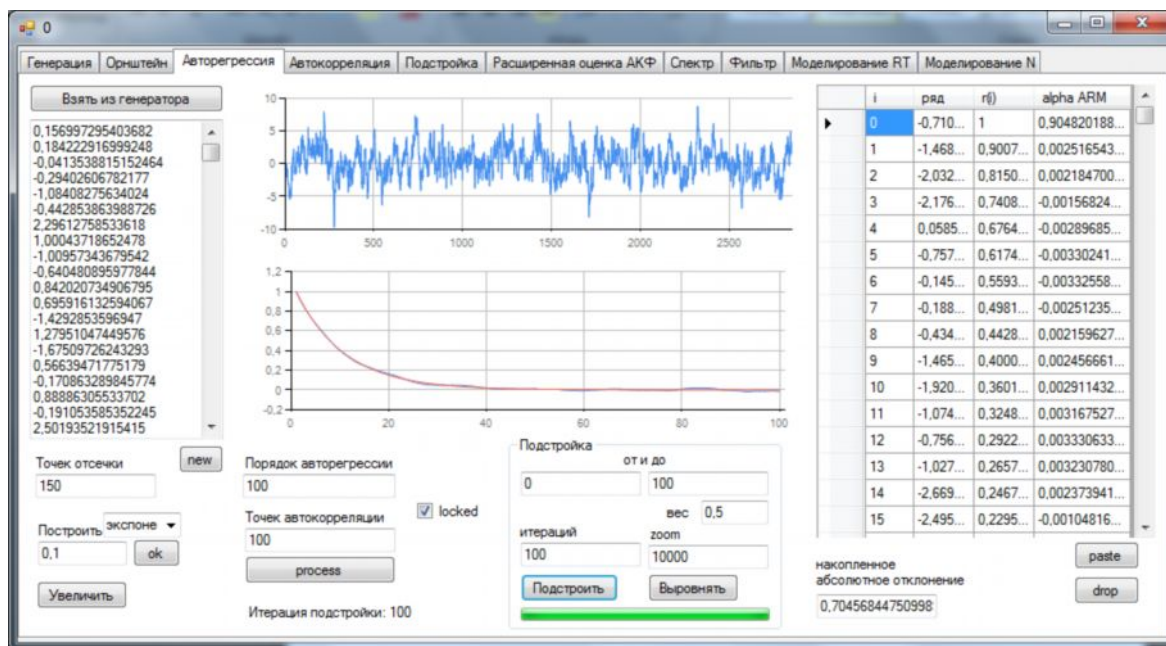


Рисунок 3 – Скриншот вкладки генерирования временного ряда данных с помощью авторегрессионной модели

Все данные, полученные в результате работы комплекса, выводятся как в виде графиков в программе, так и в виде численных значений, готовых к экспорту в текстовые файлы, либо в программу MS Excel, что позволяет сохранить и использовать их в дальнейшем в самом комплексе и в сторонних приложениях.

В дальнейшем планируется расширять возможности комплекса, дополняя его другими структурами объектов, систем, новыми алгоритмами генерирования и обработки временных рядов данных, новыми признаками нестационарности и др. Ведется разработка модуля оптимизации параметров регулятора для поиска минимума целевого критерия качества регулирования САР.

Библиографический список

1. Численные исследования подобия систем регулирования по контролируемым возмущениям / Макаров Г.В., Евтушенко В.Ф. / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2012. № 12. С. 65
2. Евтушенко, В.Ф., Оценивание эффектов неконтролируемых возмущений для установки сжигания водно-шламового топлива / В.Ф. Евтушенко, Л.П. Мышляев, К.А. Ивушкин, Д.Г. Березин, Ж.М. Гафиятов, Т.В. Тюжин / Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сборник научных статей. Под общей ред. профессора В. Н. Фрянова; Сиб. гос. индустр. ун-т: – Новокузнецк, 2012, – с. 201–206 (319 с.)
3. Макаров Г. В., Моделирование временных рядов данных с заданными статистическими свойствами / Макаров Г.В., Буркова Е.В. / Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», г. Новокузнецк, СибГИУ, 2012 г. – С. 317–320.
4. Ротач В.Я., Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В. Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА С ЭЛЕМЕНТАМИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Падалко А.Г., Оленников А.А., Нурмухаметов В.Н., Цымбал В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

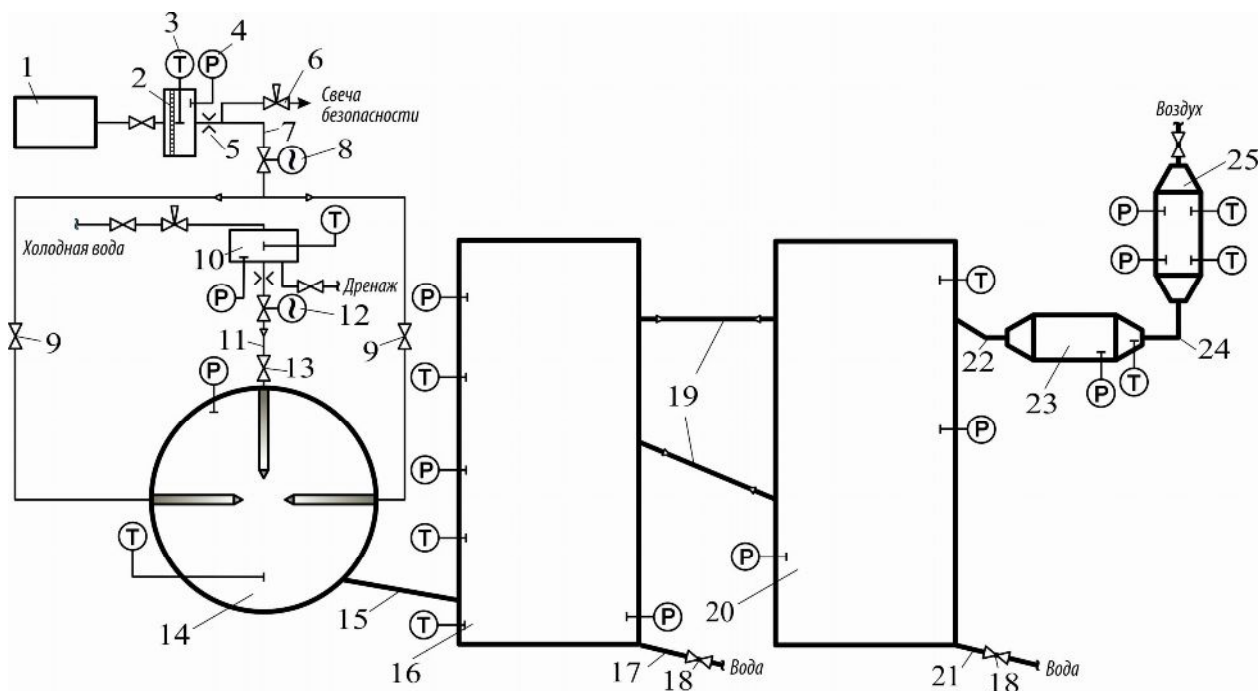
На кафедре информационных технологий в металлургии СибГИУ создана установка низкотемпературного физического моделирования общий вид которой представлен на рисунке 1, а принципиальная схема системы контроля и автоматизации на рисунке 2. В этой установке отражено гидродинамическое подобие процессов протекающих в новом самоорганизующемся струйно-эмульсионном металлургическом процессе [1]. На этой установке возможно моделирование некоторых диссипативных структур: реактор осциллятор с газодинамическим запирающим, ядро уплотнения встречных струй, сепаратор металла, шлака и газа, кипящий слой и др.[2]

Основные задачи, решаемые с помощью рассматриваемой автоматизированной моделирующей установки следующие:

- контроль, регулирование и управление механизмами, системами и процессом в целом;
- обеспечение согласованной работы оборудования;
- диагностика и мониторинг оборудования;
- предотвращение аварийных ситуаций;
- сбор и хранение информации о ходе эксперимента;
- анализ и предварительная обработка информации.



Рисунок 1 – Общий вид лабораторной установки низкотемпературного физического моделирования



- 1 – компрессор; 2 – подогреватель воздуха; 3 – датчик температуры; 4 – датчик давления;
 5 – электронный расходомер; 6 – отсечной клапан; 7, 11, 15, 17, 19, 22, 24 – соединительный канал; 8, 12 – кран с электроприводом; 9, 13, 18 – ручной балансировочный кран;
 10 – бак-аккумулятор; 14 – реактор-осцилятор; 16 – рафинирующий отстойник;
 20 – реактор-гранулятор; 23 – котел-утилизатор; 25 – аппарат кипящего слоя

Рисунок 2 – Принципиальная схема автоматизированной лабораторной установки низкотемпературного физического моделирования

Рассмотрим основные функциональные возможности установки. Компрессором 1 в подогреватель 2 подается сжатый воздух, где настраивается требуемая температура воздуха, поступающего по соединительным каналам 7 в реактор-осцилятор 14. При этом для контроля температуры и давления воздуха в устройстве 2 установлены электронные датчики 3 и 4. Для измерения расхода воздуха на канале 7 предусмотрены балансировочный кран с электроприводом 8 и электронный расходомер 5. В баке-аккумуляторе для воды 10 установлен подогреватель, а на соединительном канале 11 необходимая для контроля аппаратура 12.

Таким образом, в реактор 14 по каналам 7 и 11 через имеющиеся на их концах сопла подается под давлением вода (имитирующая сырье, возможно подмешивание твердых взвешенных частиц) и воздух (имитирующий окислитель или топливо), где при взаимодействии встречных потоков газа образуется ядро уплотнения, а во взаимодействии с вертикальным потоком конденсированной фазы образуется мелкодисперсная газовзвесь.

Свойства этого образовавшегося ядра в зависимости от технологического режима можно изменять при помощи установленной арматуры 9 и 13 на соединительных каналах 7 и 11. Благодаря эффекту критического стечения двухфазной жидкости через эффект аэродинамического запираания соединительного канала создается высокий потенциал давления. Образовавшаяся газовзвесь по соединительному каналу 15 поступает в рафинирующий отстойник 16.

В нижней части рафинирующего отстойника 16 предусмотрен сливной канал 17 с ручным балансировочным краном 18. Канал 17 используется для отвода воды (имитирующая жидкий металл). С боковых сторон агрегата 16 установлены датчики температуры и давления. Образовавшаяся в верхней части рафинирующего отстойника 16 легкая пена совместно с газом поступают по соединительным каналам 19 в реактор-гранулятор 20. Образовавшаяся в нижней части гранулятора 20 рыхлая пена (шлак), по соединительному каналу 21 удаляется из агрегата. Поступающий из рафинирующего отстойника 16 в реактор-гранулятор 20 отходящий газ транспортируется по соединительному каналу 22 в котел-утилизатор 23, где происходит отдача теплоты от отходящего газа к теплообменным контурам котла-утилизатора. По водяным контурам агрегата 23 осуществляется циркуляция охлаждающей воды, в результате чего отбирается тепловая энергия от труб котла-утилизатора. Интенсивность циркуляции воды по контурам агрегата 23 изменяется путем подачи электрической энергии на насос, установленный на гидравлическом контуре котла-утилизатора, что повлияет на температуру отходящего газа.

По соединительному каналу 24 отходящий газ поступает в аппарат кипящего слоя 25, который в общем виде состоит из трех основных частей: цилиндрического корпуса, подовой и купольной решеток. Такие аппараты изготавливают под конкретно поставленную задачу.

Система автоматизации лабораторной установки состоит из двух подсистем: контроля и регулирования подачи газов; контроля и управления шихтоподачей.

«Мозгом» установки является программируемый логический контроллер ПЛК-150 (ПЛК) фирмы ОВЕН. Данный контроллер обладает рядом преимуществ, одно из них – отсутствие операционной системы и в связи этим возможность работы по любому нестандартному протоколу, широкие возможности самодиагностики, возможность «горячей» замены программы, встроенный аккумулятор и часы реального времени. ПЛК конфигурируется персональным компьютером посредством интерфейса RS-485 и программного комплекса CoDeSys [3].

Отметим, что в системе измеряются температура, избыточное давление и дифференциальное давление (расход). В связи с этим в установке используются: датчики избыточного давления ОВЕН ПД100-ДИО,6-311-1,0; датчики дифференциального давления Элемер АИР-10/М1-ДД 1457; термопары ОВЕН ДТПЛ 204-00.40/0,6. Для регулирования расхода реагентов используется электропривод с отсечным клапаном.

Также необходимо выделить две подсистемы: верхнего уровня и нижнего уровня.

Первая подсистема связывает между собой серверный ПК, клиентские ПК и ПЛК.

Связь в данной системе происходит по протоколу ModbusTCP с использованием интерфейса RJ-45 (локальная сеть). Использование интерфейса RJ-45 позволяет любому компьютеру в локальной сети (клиентские ПК) иметь доступ к НМІ системы автоматизации. Для доступа такого рода необходима установка SCADA-системы Aggregatena на клиентских компьютерах. Использование локальной сети в качестве сети передачи данных является причиной использования протокола ModbusTCP (модификация Modbus для сетей на основе TCP/IP). Таким образом, эта подсистема позволяет осуществлять дистанционный многопользовательский доступ к данной лабораторной установке.

Вторая подсистема – нижнего уровня – объединяет элементы автоматики (ПЛК, МВА-8, датчики). Связь в этой системе производится по протоколу Modbus с использованием интерфейса RS-485. Использование интерфейса RS-485 в наши дни является стандартом для организации связи между электронными средствами автоматизации.

Таким образом, для передачи данных с нижнего уровня на верхний существует три альтернативных канала передачи данных. Основным каналом связи выступает интерфейс RJ-45 (локальная сеть), а в качестве резервных – интерфейсы COM и USB. При обрыве связи по одному из каналов OPC-сервер произведет автоматическое переключение на резервный канал (очередность переключения следующая – RJ-45, COM, USB). Данное решение позволяет существенно повысить надежность системы.

Далее необходимо отметить, что в информационной подсистеме передаются либо контролируемые, либо настроечные параметры.

К контролируемым параметрам относятся: температура в нагревательном контуре (подогрев воздуха); давление в нагревательном контуре (подогрев воздуха); температура в буферном баке; давление в буферном баке; температура в реакторе–осцилляторе; давление в реакторе–осцилляторе; температура в рафинирующем отстойнике в 3 точках; давление в рафинирующем отстойнике в 3 точках; температура в реакторе–грануляторе; давление в реакторе–грануляторе в 2 точках.

К *настроечным параметрам* относятся: расход и температура реагентов, поступающих в реактор–осциллятор.

Контролируемые параметры передаются от датчиков в виде аналогового сигнала в модуль аналогового ввода МВА-8, после чего МВА-8 преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает данные в ПЛК. Затем OPC-сервер принимает данные от ПЛК. Из OPC сервера данные попадают в базу данных (в режиме OPCNDA – HistoricalDataAccess) и в НМІ (в режиме OPCDA – DataAccess).

Необходимость накапливать исторические данные в режиме OPCNDA обусловлена тем, что наличие большого количества таких данных делает возможным проведение различного рода исследований, связанных с процессами, протекающими в агрегатах типа СЭР. Для создания и ведения баз данных «исследование» и «протокол» применена система управления базами данных, отвечающая требованиям современных сетевых СУБД (MS SQL). Передача данных в СУБД осуществляется с помощью LectusModbus OPC/DDE сервера. Данные из ПЛК-150 (под управлением CoDeSys) через интерфейс Ethernet по протоколу Modbus TCP поступают в ПК, а именно в программу LectusModbus OPC/DDE сервер. Далее используют спецификацию OPC DA (DataAccess) данные в реальном времени поступают в SCADA-систему отображаясь на экранной форме (фрагмент показан мониторе рисунок 1) и записываются в БД (MS SQL).

Важную роль в системе играют настроечные параметры – они определяют характер работы агрегатов. Набор значений настроечных параметров по умолчанию, необходимый для работы комплекса, записан в памяти ПЛК. При необходимости, настроечные параметры могут быть изменены из НМІ. Эти изменения передаются через OPC-сервер в ПЛК. В свою очередь ПЛК изменяет настроечные параметры по умолчанию на заданные.

С помощью Scada-системы возможно организовать дистанционный доступ к данной установке с удаленного компьютера, что позволит сделать эту установку многопользовательской.

Пример исследование газодинамических режимов и локализованных зон.

Рафинирующий отстойник является одной из основных частей нового агрегата и представляет собой реактор колонного типа. Изучение механизма газо-гидродинамических процессов, имеющих место в рафинирующем отстойнике, позволяет определить ряд важных параметров процесса, таких как время пребывания веществ в агрегате, коэффициент скольжения конденсированной фазы относительно газа и т.д. В силу специфики объекта прямое наблюдение и постановка экспериментов затруднена, поэтому большое значение приобретает вопрос разработки математической модели протекающих в реакторе газогидродинамических и химических процессов.

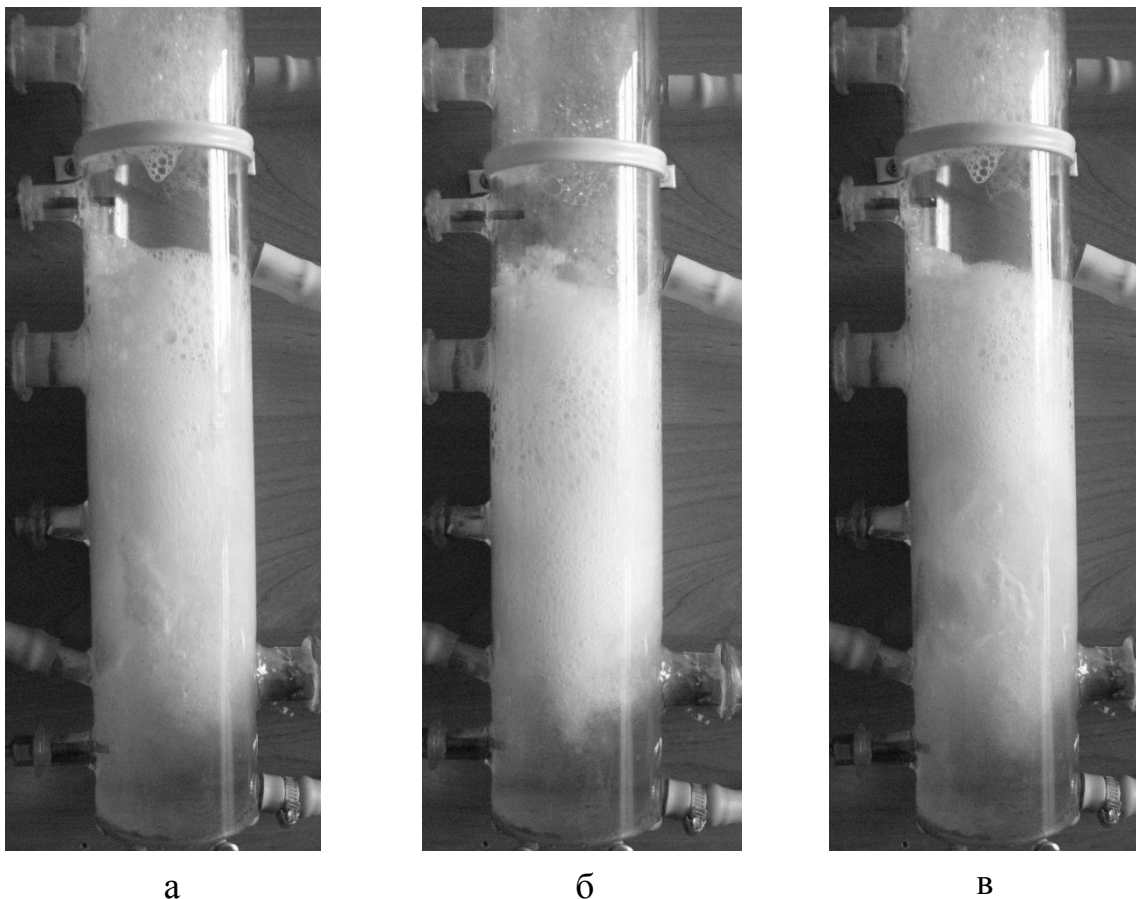
В теории гидродинамики многофазных сред существует большое число подходов к описанию процессов движения и взаимодействия многофазных сред в вертикальных и горизонтальных каналах. Существующие модели с той или иной степенью адекватности описывают лишь отдельные аспекты гидродинамических процессов, а кинетические модели процессов практически не связаны с гидродинамическими процессами. До сих пор не удалось создать комплексную модель, полностью учитывающую все особенности механизма процессов в вертикальных колонных реакторах.

Реакторы колонного типа представляют собой аппараты, в которых реакции между газофазными и жидкофазными реагентами протекают в процессе прохождения газа в виде газовых пузырей через слой жидкости или эмульсии. Рафинирующий отстойник можно отнести к прямоточным реакторам колонного типа с восходящим движением потоков. По типу массообменных процессов он является реактором диффузионного смешения. Для дифференциации гидродинамических режимов, возникающих в колонных реакторах при увеличении скорости газового потока, принята следующая классификация: пузырьковый (барботажный) режим, турбулентно-инерционный режим или пенный режим, волновой или пробочный режим.

На описанной на рисунке 1 и 2 лабораторной установке был проведен ряд экспериментов с целью изучения гидродинамических режимов и измерения скорости движения фаз. Изучение режимов производилось путем визуальных наблюдений и видеосъемки с регистрацией входных и выходных параметров с помощью рассмотренной на рисунке 2 автоматизированной системы контроля. В качестве несущей среды используется воздух, а конденсированную фазу моделирует вода, в которую могут добавляться различные пенореагенты. Для наблюдения направления движения потоков жидкости и газа, а также получения количественных данных по скоростям движения дисперсной фазы в поток добавлялись пластиковые шарики и различные дисперсные материалы. Экспериментальные исследования подтвердили существование известных из литературных источников гидродинамических режимов движения среды в вертикальном колонном реакторе (рисунок 3).

Для барботажного режима характерно почти однородное распределение пузырей по размерам при их равномерном радиальном распределении. Диаметры пузырей невелики и их коалесценция практически не происходит. Скорость движения пузырей почти соответствует скорости газа. С увеличением линейной скорости газа газожидкостная смесь переходит в турбулентный режим движения. Скорость коалесценции газовых пузырей существенно возрастает, дисперсия газа в жидкости перестает быть гомогенной, наблюдается нестационарный характер движения потока. Для турбулентного режима характерно одновременное присутствие в системе мелких и крупных пузырей, доля последних возрастает с увеличением скорости газа. Также можно наблюдать неравномерность распределения газовых пузырей не только по высоте, но и по сечению. В этом случае пузыри большего диаметра образуются и движутся вверх, увеличиваясь в диаметре, по центральной части установки, а более мелкие пузыри отбрасываются на периферию и сползают вниз, и затем в нижних слоях снова увлекаются газом в центральный поток, т.е. возникают большие турбулентные вихри. Большие пузыри приобретают форму сферических капсул с очень мобильной и пластичной поверхностью. Их диаметры зависят от диаметра агрегата, физико-химических свойств жидкости и т.д. При еще более высоких скоростях большие пузыри стабилизируются, что

приводит к образованию газовых пробок, диаметры которых достигают диаметра агрегата. Таким образом, возникает пробочный режим движения. При этом газовые пузыри увлекают за собой часть жидкости, что приводит к возникновению циркуляции жидкой фазы. Считается, что данный режим возникает в реакторах с малым поперечным сечением (0,15-0,20 м) и на промышленных установках возникнуть не сможет, т.к. их размеры значительно больше поперечного сечения лабораторной установки.



а – барботажный режим; б – турбулентно-инерционный режим;
в – пробочный (снарядный) режим

Рисунок 3 – Гидродинамические режимы течения

На основе обработки экспериментальных данных (видеосъемка и визуальные наблюдения), а также по результатам промышленных экспериментов были установлено, что характер движения среды на разных горизонтах установки существенно различается. Были выявлены 5 зон с различными режимами движения. Представленные выше результаты являются лишь одним из примеров моделирования, более подробный анализ которых заслуживает отдельного рассмотрения.

Основным же преимуществом созданной автоматизированной моделирующей установки является возможность экспериментальной проверки адекватности создаваемых математических моделей с последующим переносом результатов на реальные процессы. При этом следует заметить, что наблюдаемые на физической модели даже эффекты качественного плана в ряде случаев могут помочь в раскрытии внутренних механизмов процессов, не поддающихся непосредственному наблюдению.

Библиографический список

1. 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.
2. Оленников А.А., Цымбал В.П. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2008. – № 6. – С. 43–51.
3. Денисенко В.В. компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, обслуживанием. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с., ил.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ*

Редькина А.В., Карпов Л.Е., Редькин А.В.

Сибирский федеральный университет

г. Красноярск

Институт системного программирования РАН

г. Москва

Применение информационных технологий для поддержки процесса обучения в настоящее время находит все большую поддержку как у преподавателей, так и у студентов. Несмотря на наличие большого количества обучающих систем, реальный уровень автоматизации процесса обучения остается невысоким. Основными причинами сложившегося положения является то, что современные обучающие системы решают общие вопросы для всех дисциплин, не уделяя внимания формированию базовых технических приемов и навыков, таких, как решение задач. Именно этот этап, закладывающий фундамент обучения в естественно научных дисциплинах, требует как от студента, так и преподавателя больших усилий и затрат времени, а от разработчиков программного обеспечения учета специфических особенностей изучаемых дисциплин. В естественно научных дисциплинах решение задач является одной из основ усвоения знаний, при этом решение задач идет в порядке от простых к сложным, когда освоение набора базовых задач стимулирует процесс решения сложных и нестандартных. Контроль усвоения решений простых задач, как правило, можно возложить на автоматизированные тренажеры, позволяющие студентам, без участия преподавателя, решать типовые задачи и получать адекватную оценку знаний. Такая автоматизация позволит повысить эффективность процесса обучения, освободив преподавателя от значительной части рутинной работы.

Представляется актуальным исследование и разработка подходов к построению инструментальных средств, обеспечивающих поддержку в обучении решению задач. Интеграция инструментальной поддержки с уже существующими обучающими системами, позволит ускорить разработку программного обеспечения, создав при этом единую среду как для существующих, так и предлагаемых в данной работе подходов в обучении. Немаловажное значение имеет адаптация к уровню знаний обучаемых и ориентация на отслеживание результатов обучения.

На основе анализа функциональных и технических характеристик существующих информационно-образовательных сред (Lotus LMS, WebCT/BlackBoard, MOODLE, Sakai, Efront) предпочтение было отдано системе управления обучением MOODLE. Перечисленные среды достаточно близки по своим функциональным возможностям, но среда MOODLE является свободно распространяемым программным продуктом с открытым кодом, лингвистически адаптирована, изначально ориентирована на развитие, поэтому позво-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 11-07-00551.

ляет дополнять имеющуюся функциональность системы новыми инструментальными средствами.

Разработка систем, поддерживающих обучение в решении задач, ведется постоянно, но эти системы являются разрозненными, узкоспециализированными, направленными на целевую аудиторию, не адаптированы к уровню знаний обучаемых [1]. Основные трудности на пути разработки инструментальной поддержки в решении задач связаны с тем, что не существует единого способа решения задач не только по различным дисциплинам, но и по разделам дисциплин. Именно поэтому, в обучающих системах ведется контроль по конечному результату без какого-либо анализа хода решения задач. Автоматический контроль правильности хода решения задачи, а не только конечного результата, позволит уменьшить недостатки существующих обучающих систем. Кроме того, подобные системы усилят обратную связь со студентом. Студент будет не просто изучать представленный материал, отвечать на вопросы, выбирая ответ из заранее сконструированных альтернатив, а активно тренироваться в решении задач. Таким образом, необходимы не только обучающие системы общего назначения, но и предметно-ориентированные системы интегрированные с ними.

Для создания инструментов поддержки в решении задач необходимо разработать средства обучения, включающие набор заданий, набор ошибок, набор тестов, среду для построения ответа (решения), систему протоколирования действий обучаемого, средства анализа и контроля этих действий, средства интерпретации полученного результата.

Среда для построения ответа включает редакторы, содержащие набор инструментов, укомплектованных на основе модели предметной области, реализующие элементарные операции, примитивы, из которых складывается решение. Каждое действие пользователя регистрируется, чтобы в дальнейшем на основе полученного протокола, построить дерево решений. Таким образом, решение описывается на некотором формальном языке, поддерживающим систему знаков, однозначно понимаемую как человеком, так и компьютером, следовательно, оно имеет свои синтаксические, семантические или прагматические аспекты. Введение формального языка приводит к необходимости однозначного перевода описания на одном языке в описание на другом и их эквивалентной интерпретации. Для каждой предметной области разрабатывается механизм проверки корректности решения. После первичной обработки дерево решений преобразуется в промежуточное представление, пригодное для дальнейшей обработки. Многообразие форм и способов представления решений затрудняет поиски универсального подхода проверки корректности решения, что до некоторой степени ограничивает предметные области и классы задач, для которых возможен эффективный анализ корректности решений. К таким представлениям относятся решения, сформулированные на конечном множестве объектов, а также в областях, где уже используется достаточно формализованное представление решения задач. Прежде всего, это – «Языки программирования», «Исчисление высказываний», некоторые разделы химии и алгебры и некоторые другие.

Для проверки корректности решений используются следующие стратегии:

– Сравнение уже имеющегося ответа с ответом пользователя. Этот способ не позволяет анализировать ход решения задачи.

– Сравнение уже имеющегося описания решения с описанием решения пользователя. Так как может существовать несколько вариантов верных способов решения одной задачи, как и способов описания решений, такая стратегия применима для узкого класса задач при ограниченном языке описания решений.

– Сравнение уже имеющегося описания решения с описанием решения пользователя в контрольных точках. Данная стратегия предоставляет большую свободу, чем предыдущая, позволяя балансировать относительно заданного хода решения с обязательным прохождением контрольных точек.

– Построение некоторого дерева решения и определение его эквивалентности с уже имеющимся деревом описания решения. Суть этой стратегии построения сводится к отслеживанию, перечислению и фильтрации примитивов, используемых пользователем в пред-

ставлении ответа-решения, а также отражению связи между примитивами.

Дерево решений – это граф, вершины и ребра которого представляют собой описание примитивов на основе регистрации действий пользователя. Количество видов вершин определяется набором инструментов тематического редактора. Ребра графа отражают ход решения задачи. Переход на следующую вершину графа определяется атрибутами, хранящимися в описании вершины. В качестве атрибутов, описывающих элементарные операции, используются как количественные признаки, так и поведенческие. Одним из таких вариантов определения эквивалентности служит автоматическое построение ответа по имеющемуся дереву решений задачи с последующим сравнением его с ответом пользователя, построенного также автоматически по его дереву решений.

На основе объектно-ориентированного анализа разработано программное обеспечение редакторов для курса программирование (построения блок-схем алгоритмов) и «Преобразователь алгебраических и логических выражений» для алгебры и математической логики, а также простейший редактор химических формул. Предметная область этих разделов дисциплин достаточно четко очерчена, поэтому позволяет представлять решения задач в форме, доступной для машинной обработки.

Выполнение проблемно-ориентированных компонентов в виде стандартизованных сервисов позволяет разрабатывать и тестировать их независимо друг от друга, обеспечивает механизмы адаптации системы к вновь появляющимся задачам [2]. Инструментальная поддержка является относительно автономной системой за счет взаимодействия слабосвязанных сервисов. Возможность отображения компонентов системы в модули сервис-ориентированной архитектуры создает предпосылки для включения новых функций, без внесения изменений в используемые сервисы (рисунок 1). Реестр сервисов – централизованный репозиторий, содержащий справочник всех сервисов, доступных в данном программном инструментарии.

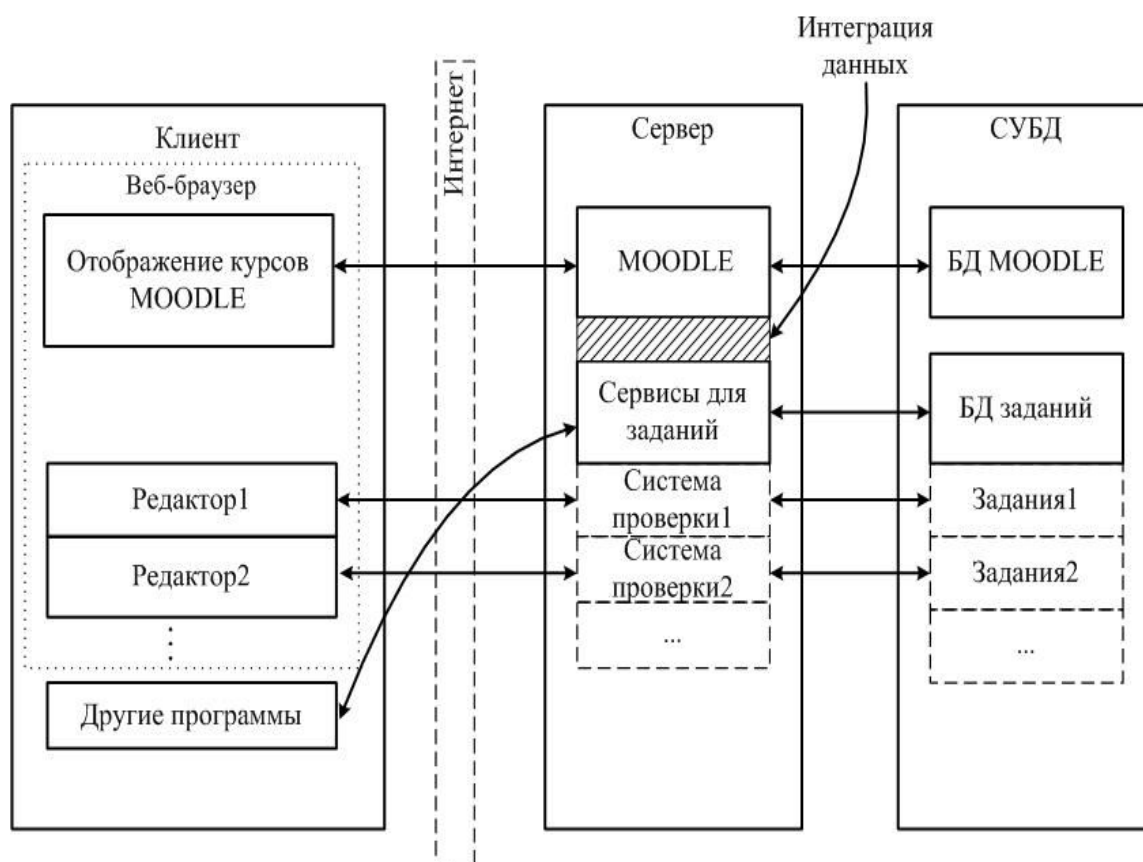


Рисунок 1 – Внутренняя организация на уровне программ

Предложенная архитектура инструментальной поддержки разработчика систем обучения решению задач позволяет перенести нагрузку по подготовке решения задачи на клиентскую сторону системы, разгрузив таким образом серверную сторону. Реализация проблемно-ориентированных компонентов в виде сервисов позволяет разнести в пространстве и во времени источники информации, необходимые для обучения, а также обеспечивает единую схему взаимодействия и гибкие механизмы адаптации системы к вновь появляющимся задачам. Унификация интерфейса для сопряжения с другими системами способствует повышению масштабируемости, гибкости и эргономичности системы. Предлагаемые подходы к построению систем поддержки обучения решению задач позволяют интегрировать информационные ресурсы, отвечают современным тенденциям развития информационных обучающих систем, обеспечивают эволюцию функций систем. Основное преимущество предложенной архитектуры состоит в построении гибких адаптивных обучающих систем, способных к функциональным перестройкам и постоянному развитию. Разработка инструментальных средств поддержки в решении задач и их интеграция с существующими системами управления обучением является важным шагом в создании единой образовательной среды.

Одним из основных сложностей при создании единой образовательной среды является стандартизация и унификация модулей и различных систем. Рассмотрены проблемы интеграции редакторов в системы управления обучением MOODLE и Efront. Для этого рассмотрены спецификации взаимодействия систем, применяемые в области электронного обучения. Спецификация IMS Learning Tools Interoperability определяет методы равноправного взаимодействия интерактивных обучающих средств с сертифицированными IMS системами управления обучением [3]. Возможно, со временем эта спецификация обеспечит универсальный метод интеграции учебных модулей с системами управления обучением. Спецификация SCORM (Sharable Content Object Reference Model) – эталонная модель переносимых объектов контента [4]. Для интеграции в систему управления обучением SCORM-совместимый учебный материал должен быть заранее собран в архив с определённой структурой, что накладывает ограничение на внедрение интерактивных модулей, лишая их возможности дальнейшего редактирования и добавления заданий. В качестве примера интерактивного модуля, реализуемого на основе рассматриваемых спецификаций, разработан редактор-преобразователь логических и алгебраических выражений. Интеграция существующих и разрабатываемых систем, выявление общих принципов взаимодействия и построения предметно-ориентированных компонентов позволяет упростить разработку программного обеспечения для поддержки процесса обучения. Публикация в единой информационно-образовательной среде теоретического материала и размещение поддержки в решении задач представляется главной целью разработки систем управления обучением.

Библиографический список

1. Редькина А.В. Многокомпонентные инструментальные системы поддержки процесса обучения / Редькина А.В., Карпов Л.Е., Минкин И.В // Программные продукты и системы. Международное научно-практическое приложение к международному журналу «Проблемы теории и практики управления» - 2011, №3 – С. 104-107.
2. Митра Т. Архитектура на практике: Часть 1. Реализация сервис-ориентированной архитектуры / Т. Митра [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ar-arprac1/index.html>
3. Seamless, Rapid Integration of Innovative Learning Applications and Tools. Available at: <http://www.imsglobal.org/lat.html> (accessed 10 january 2012).
4. Advanced Distributed Learning (ADL), Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 4rd Edition. Overview, 2009.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА В УПРАВЛЕНИИ УЧЕБНЫМ РОБОТИЗИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ СБОРКИ

Курышкин Н.П., Любимов О.В., Самойлов Д.Н.

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово*

Учебный робототехнический комплекс (РТК) на базе двух роботов ЦПР-1П, работающих совместно с двумя питателями и ленточным конвейером (рисунок 1), используется на кафедре прикладной механики для выполнения ряда лабораторных работ по робототехнике. Скомплектованный несколько десятилетий назад, он имеет вполне исправную механическую часть, но физически и морально устаревшую систему управления.

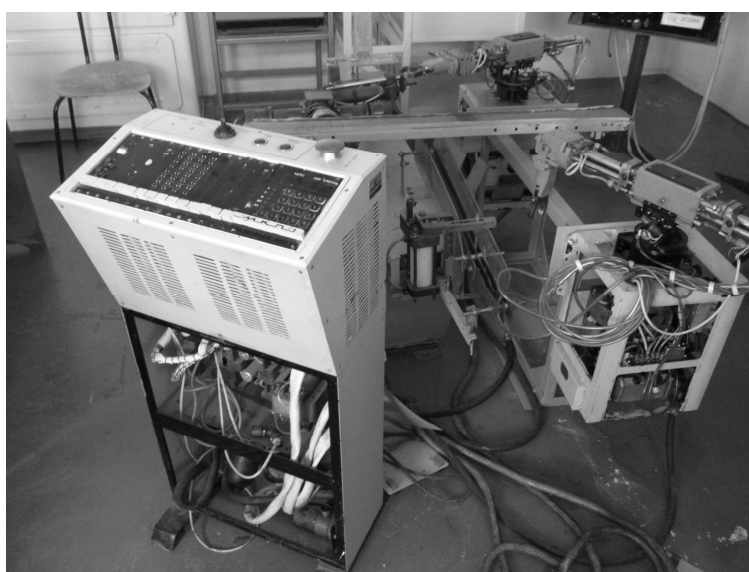


Рисунок 1 – Общий вид учебного РТК сборки

Между тем, современные программируемые логические контроллеры (ПЛК), ориентированные на работу с машинными агрегатами и имеющие развитый «машинный» ввод-вывод сигналов датчиков и исполнительных механизмов заслуживают внимания как вариант системы управления роботами и РТК. В системах управления технологическими объектами логические команды преобладают над числовыми операциями, что позволяет при сравнительной простоте микроконтроллера получить мощные системы, действующие в режиме реального времени.

В настоящее время на российском рынке в качестве ведущих производителей промышленной автоматизации главенствуют такие зарубежные компании как: Siemens, ABB, GE, Fanuc, Mitsubishi Electric и Schneider Electric, а отечественные производители ПЛК представлены фирмами ООО НПП «Автоматика-С», группой компаний «Текон», компаниями «ОВЕН», «ДЭП», «Эмикон» и некоторыми другими.

В качестве основы для модернизированной системы управления, после анализа предложений, авторами был выбран микроконтроллер ПЛК-110-32 компании «ОВЕН» [1], в котором, несмотря на его приемлемую «бюджетную» стоимость, изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы: высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180 МГц компании Atmel; большой объем оперативной и постоянной памяти; энергонезависимая память для хранения

значений переменных. Кроме того, конкурентные преимущества данного ПЛК заключаются:

- в высокой скорости работы дискретных входов при использовании подмодулей счетчика;
- в большом количестве интерфейсов для программирования контроллера, работающих независимо друг от друга;
- в широких возможностях самодиагностики, возможности работать при пропадании питания;
- в возможности создавать и сохранять архивы на Flash контроллера;
- и, особенно, в наборе готовых программных модулей, предоставляемых компанией бесплатно.

Еще одним доводом в пользу выбора ПЛК «ОВЕН» являлось поставляемое совместно с ним программное обеспечение.

Типична ситуация, когда производитель ПЛК сопровождает свой продукт собственной средой программирования, которая, как правило, не совместима с другими, да и о кросс-платформенности программного кода можно забыть.

В то же время существует и в ряде случаев успешно используется стандарт Международной Энергетической Комиссии (МЭК) 61131-3, первоначальной целью которого была унификация языков программирования ПЛК и предоставление разработчикам ряда аппаратно-независимых языков:

- IL (Instruction List) ассемблер-подобный язык;
- ST (Structured Text) Pascal-подобный язык;
- LD (Ladder Diagram) язык релейных схем;
- FBD (Function Block Diagram) язык функциональных блоков;
- SFC (Sequential Function Chart) язык диаграмм состояний.

Это, по замыслу создателей стандарта, обеспечивает простую переносимость программ между различными аппаратными платформами и снимает необходимость изучения новых языков и средств программирования при переходе разработчика на новый ПЛК.

Специально разработанными средами программирования на стандарте МЭК являются Step7 фирмы Siemens, concept - Schneider Electric, AL-PCS/WIN-E и его дополнения - Mitsubishi Electric. Но наибольшей популярностью в мире пользуются комплекс Controller Development System (CoDeSys), разработанный фирмой 3S - (Smart Software Solutions, Германия). Это универсальный инструмент программирования контроллеров на языках МЭК, не привязанный к какой-либо аппаратной платформе и удовлетворяющий всем современным требованиям.

Основные особенности CoDeSys, поставляемого «ОВЕН»:

- полноценная реализация МЭК языков;
- встроенный эмулятор контроллера, позволяющий проводить отладку проекта без аппаратных средств. Причем эмулируется не некий абстрактный контроллер, а конкретный ПЛК с учетом аппаратной платформы;
- встроенные элементы визуализации, дающие возможность создать модель объекта управления и проводить отладку, т.е. возможность создавать человеко-машинный интерфейс (HMI);
- очень широкий набор сервисных функций, ускоряющий работу программиста;
- существующая русифицированная версия программы, и русскоязычная документация.

Наличие вышеописанного аппаратно-программного комплекса стимулировало, помимо решения основной задачи, междисциплинарное углубленное изучение группой обучающихся языков МЭК и создание на их основе проектов собственных автоматизации, отладка которых легко реализовывалась с применением режима эмуляции работы ПЛК, в рамках учебно-исследовательской работы студентов (УИРС).

Наконец, в комплексе лабораторных работ по робототехнике обучающиеся получа-

ют возможность работы с системой управления РТК, реализованной с применением CoDe-Sys на ПЛК «ОВЕН». Управление осуществляется с использованием виртуального пульта управления, реализованного средствами визуализации CoDeSys, и позволяющего работать в режиме ручного и автоматического управления. Предусмотрена индикация рабочего режима, а также индикация положений звеньев роботов и вспомогательного оборудования (рисунки 2).

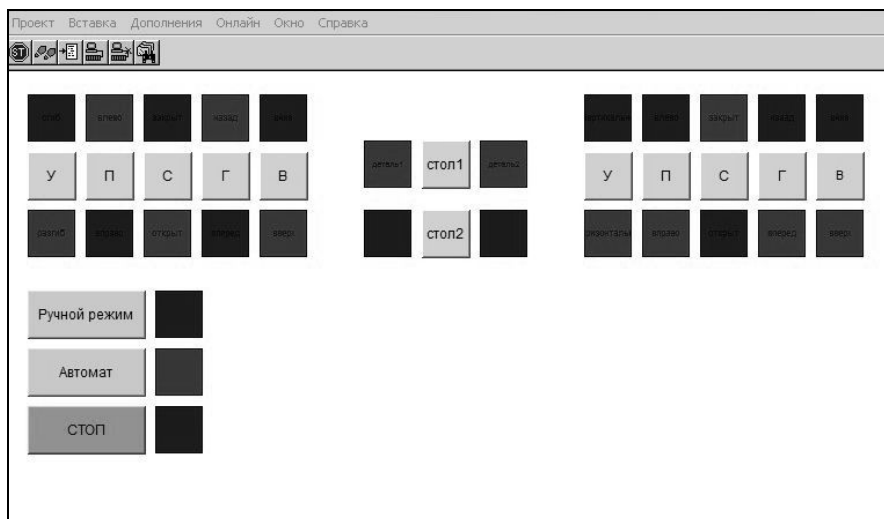
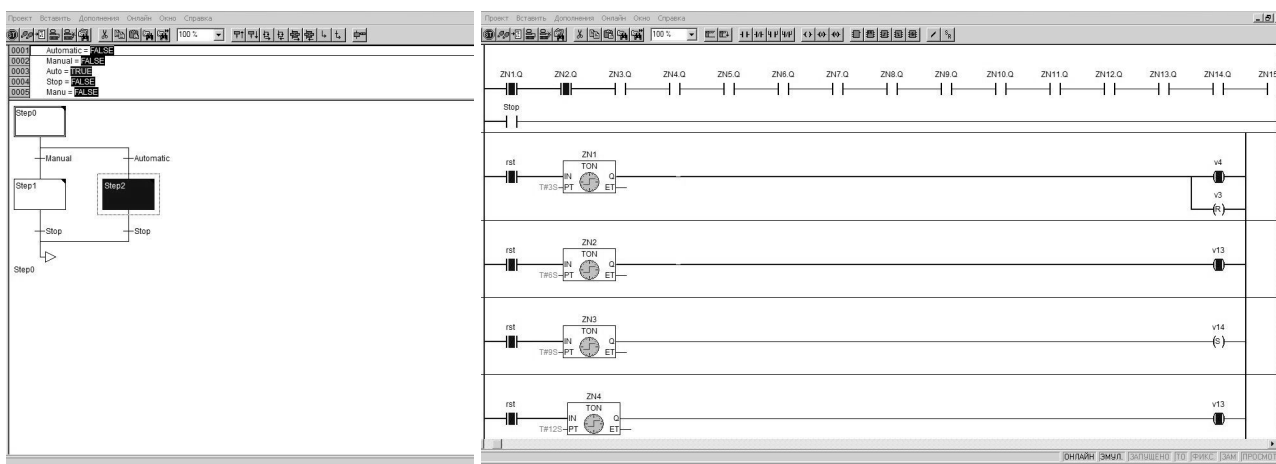


Рисунок 2 – Виртуальный пульт управления РТК, созданный средствами визуализации CoDeSys

Студентам, ознакомившимся с языками МЭК в процессе УИРС, вполне понятна реализация программы управления РТК, реализованная на языках SFC и LD (рисунок 3). Это дает в дальнейшем стимул для разработки собственного варианта программы управления, реализующей собственный уникальный цикл работы оборудования РТК, а также собственного уникального виртуального пульта управления этим оборудованием.



а

б

Рисунок 3 – Реализация программы управления РТК на языках SFC (а) и LD (б)

Таким образом, использование ПЛК в качестве основы модернизированной системы управления учебным РТК может быть активно использовано в междисциплинарных, комплексных целях при обучении бакалавров направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств».

О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА САПР УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Власов А.В., Мужиченко И.А.

*Московский государственный областной социально-гуманитарный институт
г. Коломна*

В Российской Федерации одной из приоритетных целей государства является предоставление возможностей получения современного качественного образования. Важным условием ее достижения является необходимость широкого внедрения и использования средств вычислительной техники в учебном процессе. Информационные технологии призваны улучшить процессы обучения и самообразования. Особенно актуальным является вопрос повышения качества подготовки квалифицированных специалистов технического профиля, поскольку именно они оказывают определяющее влияние на развитие экономики.

Как известно, качество наукоемкой технической продукции во многом закладывается на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, поэтому современному специалисту-проектировщику необходимо владеть достаточно обширными знаниями, как в своей профессиональной области, так и в области информационных технологий и, прежде всего, в области систем автоматизированного проектирования (САПР). Для успешной деятельности предприятия в условиях рыночной экономики требуется постоянная работа, направленная на снижение издержек производства, сокращение сроков разработки новых изделий, повышение производительности труда и конкурентоспособности продукции. Положительных результатов в этом направлении можно достичь несколькими способами:

- увеличение штата сотрудников подразделений;
- применение более жестких требований к исполняемой работе уже имеющихся специалистов;
- повышение квалификации сотрудников;
- использование современных компьютерных технологий.

Первые два способа относятся к экстенсивным мерам, которые на современном этапе развития производства недостаточно эффективны. Что касается третьего и четвертого способов, то они, безусловно, являются средством интенсификации проектно-производственной деятельности, и, очевидно, что без совместного их использования достижение результата трудновыполнимо.

В связи с этим можно сказать, что подготовка высококвалифицированных инженеров и технологов, уверенно владеющих современными технологиями автоматизированного проектирования, является важной ступенью в повышении конкурентоспособности предприятий. Однако делать ставку на молодых специалистов, недавних выпускников высших учебных заведений не всегда возможно. В настоящее время имеет место определенный разрыв между тем, что ожидают от них руководители предприятий в области САПР, и тем, что они реально могут сделать. Для руководителя естественной является мысль о том, что молодые инженеры на 100% должны быть подготовлены для использования современных технологий в области автоматизированного проектирования. К сожалению, реально все обстоит несколько иначе. Среди выпускников высших учебных заведений буквально единицы способны к самостоятельной работе в условиях автоматизированного производства. Учитывая этот факт, работодатели с большой осторожностью относятся к специалистам без опыта.

Возникновение данного противоречия объясняется тем, что преподаваемый в учебных заведениях материал закладывает определенные основы образования технических специалистов в области САПР, но недостаточно учит их практическому применению полученных знаний в различных сферах деятельности и дальнейшему развитию. Это происходит в силу того, что при составлении учебных программ для подготовки инженерных кадров в области автоматизированного проектирования образовательные учреждения сталкиваются

со следующими проблемами:

Проблема углубленного изучения САПР.

В большинстве ВУЗов обучение специалистов автоматизированному проектированию сводится к изучению какой-либо конкретной инструментальной системы. Таким образом, у учащихся формируются ограниченные возможностями данной системы познания в области автоматизированного проектирования. Для решения этой проблемы необходимо изучить методику и приемы выполнения проектных операций, общие для различных систем. Этим решаются две задачи. Во-первых, прививается интерес к дальнейшему обучению и повышению квалификации, поскольку полученные базовые знания служат надежной платформой в этом процессе. Во-вторых, демонстрируется универсальность интерфейсов и способов автоматизированного проектирования в различных системах. Для специалиста, имеющего достаточное представление о методике автоматизированного проектирования, владеющего практическими навыками работы с объектами проектирования и обладающего способностью обучаться, не составит труда адаптироваться под специфику конкретной САПР, применяемой в той сфере деятельности, в которой ему предстоит работать.

Проблема недостаточности обзорного изучения САПР.

Для успешного применения полученных навыков недостаточно знаний основных принципов работы различных САПР. Многие определяются методикой изложения материала. Зачастую лекционный материал не подкрепляется практикой. Или наоборот: практически сразу студентам предоставляется возможность поработать на конкретном программном продукте и изучить его основные функциональные возможности. Однако систем достаточно много, и на изучение особенностей реализации той или иной операции в каждой из них просто не хватает учебного времени. Из-за сложившейся ситуации учебное заведение отдает предпочтение каким-либо нескольким инструментальным решениям САПР. В результате этого студенты, получив практические навыки работы в этих системах, зачастую не понимают, какие процессы скрывают под собой те или иные операции. Тем самым у них формируются поверхностные знания об автоматизированном проектировании, практически на уровне управления «черным ящиком». Это, естественно, не способствует успехам в будущей профессиональной деятельности

Проблема последовательности изучения CAD/CAM/CAPP/CAE систем.

Во многих ВУЗах изучение автоматизированного проектирования сводится в основном к освоению инструментария трехмерного моделирования, т.е. САД-систем. Косвенным подтверждением этого является большое количество учебников и учебных пособий, посвященных этой теме. В то время, как три другие составляющие автоматизированного проектирования представлены буквально единичными изданиями. Безусловно, САД-системы являются основой автоматизации, но современное предприятие немислимо без использования комплексных САПР. Подобный подход приводит к тому, что молодые специалисты по окончании обучения имеют навыки трехмерного моделирования, но при этом не понимают взаимосвязи автоматизированных систем и не могут эффективно применять полученные практические знания в условиях высокоавтоматизированного производства.

С целью разрешения указанных проблем предлагается создание программно-аппаратного комплекса учебного назначения, функциональная схема которого представлена на рисунке 1.

Как видно из схемы, комплекс включает в себя теоретическую, практическую, программную и производственную части. Теоретическая часть представляет собой курс лекционных занятий, в ходе которых обучаемые узнают основные понятия, методологию и структуру современных САПР.

В практической части реализуются базовые действия, без которых невозможно получение комплексных знаний в области САПР, а именно, моделирование геометрии деталей и сборочных единиц, инженерно-технические расчеты проектируемого изделия, 3D визуализация, разработка технологических процессов, проектирование управляющих программ. Для наглядной проверки и контроля выполнения задания студенты выполняют пространст-

венную визуализацию траекторий обработки с имитацией съема материала средствами выбранной базовой САПР. По завершении этого этапа происходит формирование интерфейсных файлов для передачи информации в систему управления подключаемого к комплексу станка с ЧПУ.

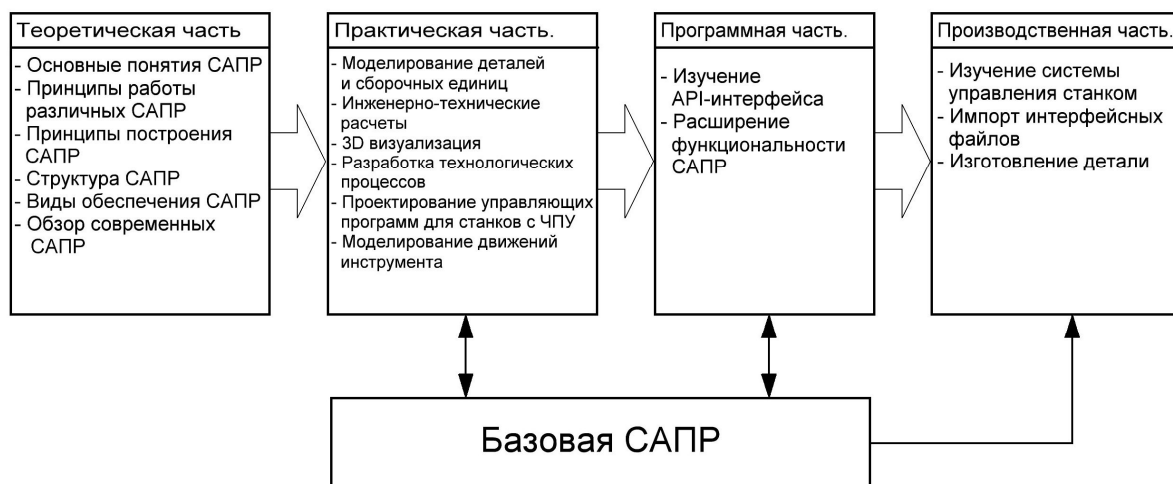


Рисунок 1 – Функциональная схема программно-аппаратного комплекса

Следующий этап – программный. Он включает в себя два больших подраздела: изучение и использование возможностей API интерфейсов базовой системы и разработку специализированных программных модулей с их интеграцией в базовую систему. В первом подразделе студенты изучают функционал API выбранной базовой САПР и принципы его практического использования. Во втором подразделе, основываясь на полученных сведениях, выполняется разработка программных модулей, расширяющих функционал базовой САПР. Эти параметрические модули позволяют в зависимости от вводимых начальных данных автоматически формировать модели типовых деталей или сборочных единиц и экспортировать их в базовую САПР. Как правило, на предприятиях используется большое количество типовых элементов, отсутствующих в стандартных библиотеках. Полученные навыки программирования модулей и их интеграции в базовую САПР без сомнения будут полезны в дальнейшей профессиональной деятельности.

В производственной части программно-аппаратного комплекса изучаются системы управления станками с ЧПУ для дальнейшей их настройки, и импорта подготовленных в практической части интерфейсных файлов.

В результате использования рассматриваемого комплекса студенты получают возможность глубокого изучения всех аспектов комплексной автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделий.

Важной составляющей комплекса является базовая САПР, поскольку на основе ее возможностей реализуются все модули комплекса: проектирование деталей, расчеты, разработка технологических процессов, моделирование движений инструмента, программирование модулей и 3D визуализация.

Для автоматизации проектирования предлагается большое количество различных САПР. При выборе базовой системы в качестве основных рассматривались следующие критерии:

- реализация функционала CAD/CAM/CAPP/CAE на единой информационной и программной платформе;
- широкое использование на промышленных предприятиях;
- возможность интеграции модулей, разрабатываемых стандартными средствами визуального программирования;

- доступность и полнота документации;
- квалифицированная техническая поддержка;
- поддержка университетского лицензирования по приемлемым ценам.

На основе анализа рынка программных продуктов выбор сделан в пользу системы T-FLEX, поскольку именно она является на сегодня единственной отечественной разработкой класса CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM, реализованный едином информационном, программном и интерфейсом ключе, которая базируется на одном из самых современных графических ядер Parasolid [1].

Система T-FLEX в полной мере позволяет использовать параметрическое моделирование деталей, выполнять разработку технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ, производить анализа конструкций по всем основным параметрам. Наличие средств создания встроенных подсистем САПР с помощью стандартных языков программирования делает ее эффективным средством проектирования и одновременно объектом изучения [2].

Для реализации программно-аппаратного комплекса разрабатываются специализированные программные модули на основе выбранной базовой системы. В них представлены обобщенные способы реализации проектных операций, типичные для различных автоматизированных систем. Это позволяет абстрагироваться от инструментария конкретной САПР, сосредоточив основное внимание на методике автоматизированного проектирования. Таким образом, создаваемый комплекс позволит во многом решить указанные выше проблемы современного технического образования в области автоматизированного проектирования при подготовке квалифицированных конструкторов и технологов. Активное применение его в учебном процессе позволит наглядно, на практических примерах продемонстрировать все преимущества комплексной автоматизации.

Разрабатываемый комплекс планируется реализовать для нескольких направлений подготовки технических специалистов, что даст возможность студентам глубже изучить особенности использования САПР применительно к выбранной сфере деятельности. Изучение будущей инженерной профессии в рамках компьютерного комплекса оттеняет ее творческий характер, что позволит студенту в процессе обучения утвердиться в правильности сделанного профессионального выбора. В дальнейшем это будет поддерживать интерес к совершенствованию своих навыков и постоянному повышению квалификации.

Библиографический список

1. Бунаков П.Ю., Широких Э.В. Высокоинтегрированные технологии в подготовке инженеров-технологов / Новые образовательные технологии в вузе: сборник докладов пятой международной научно-методической конференции, 4–6.02.2008 г. Часть 2. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. – С. 83-89.
2. Бунаков П.Ю. Сквозное проектирование в T-FLEX – М.: ДМК Пресс, 2009. – 400 с., ил.

О ПРОЕКТНО-ПРОЦЕССНОМ ПОДХОДЕ К УПРАВЛЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЯ СПО

Миронова Е.В., Бондарь Н.Ф.

*Прокопьевский электромашиностроительный техникум
г. Прокопьевск,
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В условиях реализации ФГОС III поколения приоритетной задачей для образовательных учреждений СПО становится подготовка компетентных специалистов, которые соответствуют требованиям, предъявляемым работодателями. В условиях организационных изменений в сфере подготовки специалистов, быстрой смены технологий и постоянно-

го обновления учебных планов обучение становится процессом реализации непрерывно сменяющихся друг друга проектов.

Для того, чтобы образовательный процесс соответствовал своему назначению, необходимо создать систему управления этим процессом, которая обеспечивала бы не только его нормальное протекание, но и содержала бы инструментарий, для его оптимизации и развития. В российских учреждениях высшего и среднего профессионального образования на сегодняшний день преобладает «процессный подход» к управлению образовательной деятельностью. Параллельно с ним присутствует и проектный подход, который частично связан с обновлением образования, но преимущественно акцентирован на привлечение в образование частных инвестиций и получение дохода.

На сегодняшний день становится очевидным, что ни проектный, ни процессный подход к организации обучения в учреждениях СПО в раздельном их применении не позволяют в полной мере удовлетворить изменяющиеся требования работодателей, самих обучающихся и их родителей. В связи с этим возникает необходимость разработки проектно – процессной структуры системы управления образовательным процессом СПО.

На рисунке 1 представлена укрупненная функциональная схема системы проектно-процессного управления учреждением СПО. Любой новый образовательный процесс (например, обучение по новым специальностям, переход на новые образовательные стандарты и т.д.) начинается с разработки проекта который включает учебный план и рабочие программы дисциплин (профессиональных модулей). При этом, процесс проектирования протекает параллельно с реальными образовательными процессами данного учреждения СПО (например, одновременно может проходить обучение по образовательными стандартам разных поколений, присутствовать несколько специализаций, и т.д.).

Управляющая система процессом проектирования предполагает разработку стратегий проектирования, формирование коллектива исполнителей, а так же непосредственную разработку проекта.

Далее следует внедрение учебных планов, программ и изменений в образовательный процесс. Управляющая система процесса внедрения предполагает корректировку расписания, распределение учебной нагрузки между преподавателями, участвующими в новом процессе, а так же обеспечение нового процесса необходимыми ресурсами: материальными, информационными, кадровыми и т.д.

Таким образом в представленной схеме образовательный процесс представляет собой несколько, одновременно протекающих подпроцессов, одни из которых могут находиться на стадии внедрения, другие - на стадии эксплуатации, а третьи - на стадии утилизации (закрытия). Управляющая система реального образовательного процесса осуществляет текущее планирование образовательного процесса, его организацию, выполняет контроль регулирование, осуществляет стимулирование всех участков процесса (преподавателей и учащихся), а так же постоянно выполняет его оптимизацию.

Основным управляемым процессом в учреждении СПО является образовательный процесс, который должен обладать следующими свойствами:

- гарантированность (применимость) свойство процесса обеспечивать подготовку специалистов с требуемыми компетенциями.

- доступность-свойство процесса охватить все слои населения независимо от пола, возраста и социального статуса

- мощность, то есть возможности учреждения СПО по подготовке специалистов по определенному спектру специальностей исходя из имеющихся в его распоряжении информационных, материальных и кадровых ресурсов

- непрерывность возможность осуществления образовательного процесса на основе ранее осуществленных образовательных процессов (в учреждениях НПО или школе), а так же служить базой для образовательного процесса более высокого уровня (обучение в ВУЗе).



Рисунок 1 – Функциональная схема проектно-процессного управления образовательным процессом учреждения СПО

Входными переменными образовательного процесса являются характеристики абитуриентов, параметры рынка труда и образовательных услуг и т.п., а выходными переменными – характеристики потока дипломированных специалистов (техников). Образовательный процесс ориентирован на формирование регламентированных ФГОС профессиональных компетенций. Основными процессами жизненного цикла продукции в сфере образовательной деятельности учреждения СПО с учетом ГОСТ Р ИСО 9001: 2001[1] являются:

- эффективное планирование процессов образовательной деятельности;
- процессы, связанные с потреблением продукции образовательной деятельности;
- разработка учебной и учебно - методической документации;
- закупки ресурсов;
- процесс обучения;
- контроль успеваемости студентов и качества учебного процесса.

Конкретными управляемыми объектами в данной схеме управления являются технологии обучения и ресурсы. Технологии определяют разработку и осуществление процессов жизненного цикла образовательных услуг, а от качества и количества используемых ресурсов зависит качество процессов жизненного цикла, и в конечном счете, уровень освоения профессиональных компетенций.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9004:2001 [2] к ресурсам можно отнести «работников, инфраструктуру, производственную сферу, информацию, поставщиков и партнеров природные и финансовые ресурсы». Ресурсами учреждения СП в сфере образовательной деятельности, выступают:

- преподавательский состав учреждения СПО;
- континент обслуживающего и вспомогательного персонала;
- материально-техническое обеспечение (лаборатории, аудитории, оборудование, приборы, канцтовары, бумага и т.д.);
- финансовые средства;
- информационные базы;
- интеллектуальные ресурсы (учебно-методическое обеспечение).

Внедрение проектно-процессного подхода к управлению учреждением СПО имеет ряд преимуществ:

- ускоряется деятельность по изменению образовательного процесса в соответствии с изменяющимися требованиями работодателей;
- улучшается «прозрачность» образовательного процесса для работников учреждения;
- формируются готовые проекты, которые могут быть реализованы другим образовательным учреждением;
- ускоряется внедрение оптимизационных изменений в образовательном процессе (1 год вместо 4–5).

Вместе с тем, при внедрении проектно-процессного подхода возникает ряд проблем таких как: увеличение объема работ при сохранении или незначительном увеличении кадрового состава; отсутствие у большинства преподавателей навыков проектной деятельности; плохо проработан механизм поощрения проектной деятельности преподавателей СПО.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001:2001. Системы менеджмента качества. Требования. [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2001.– 29 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9004:2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Бондарь Н.Ф., Миронова Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Автоматизированные лабораторные установки (АЛУ) необходимы для освоения известных и новых систем автоматизации управления различными техническими объектами, а также для выполнения исследований на базе физико-математических моделей и натурно-модельных комплексов.

В данной работе для создания АЛУ использованы следующие исходные данные:

1. Проект физической модели технического объекта – нагревательного котла, подобной реальному объекту.
2. Перечень параметров модельного объекта и пределы их измерения: температура воды в котле – от 0 до 100 °С; температура окружающей среды – от 15 до 25 °С; влажность среды – не выше 80 %; объем нагревательной емкости – 20 литров; диаметр трубопровода – 30 мм; давление водопровода – от 400 до 630 кПа (согласно СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий»); давление в нагреваемой емкости – от 1,6 до 2,5 МПа; напряжение сети – 220 В.
3. Перечень технических средств измерения и регулирования названных параметров, фирмы «ОВЕН».

Функциональная схема предлагаемой лабораторной установки представлена на рисунке 1. Функционирование установки имеет следующие особенности. В емкость наливается вода до заданного уровня. Уровень воды поддерживается за счет открытия исполнительным механизмом нижнего клапана. Нагрев жидкости производится с помощью ТЭНа, на которой поступает напряжение питания, изменяемое с помощью лабораторного трансформатора (ЛАТР). Изменение напряжения питания позволяет изменять динамические характеристики нагревателя воды. Для измерения температуры и уровня воды используются термопреобразователь сопротивления (ДТС) и трехстержневой трехуровневый кондуктометрический датчик уровня (ДСП.3) соответственно.

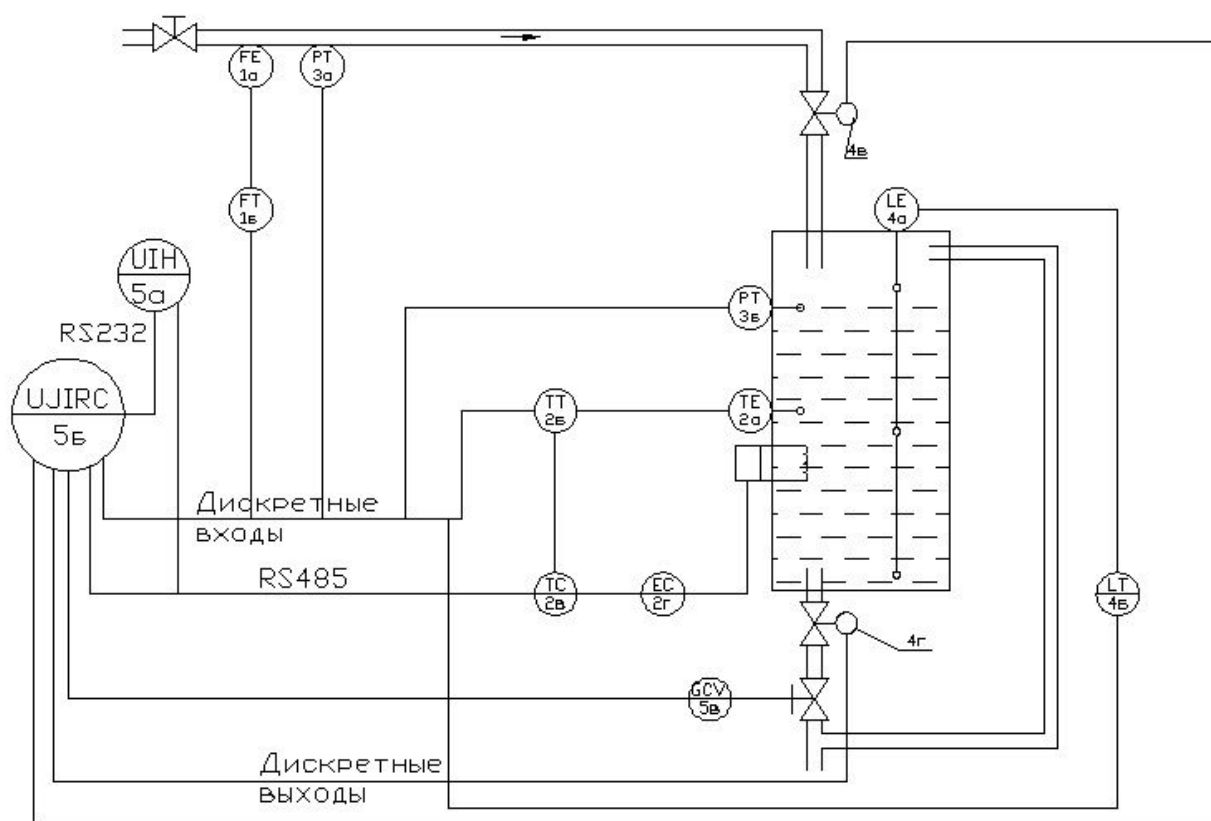


Рисунок 1 – Схема автоматизированной лабораторной установки

Блок согласования сигналов кондуктометрических датчиков БКК1 необходим для преобразования сигнала ДСП.3 в сигнал, подаваемый на контроллер ПЛК. Регулирование температуры осуществляется универсальным двухканальным программным регулятором ОВЕН ТРМ151-08, ЛАТРом, а также программируемым логическим контроллером ПЛК 154.

Характеристика технологического процесса как объекта автоматизации.

Основные параметры, характеризующие процесс нагрева воды:

- температура воды в нагреваемой емкости;
- давление в рабочем пространстве нагреваемой емкости;
- уровень воды в нагреваемой емкости;
- равномерность прогрева воды;
- расход воды в подающем трубопроводе;
- давление воды в подающем трубопроводе.

Процесс управления нагревом происходит при следующих возмущающих воздействиях:

- изменение мощности ТЭНов;

- изменение уровня воды;
 - Основные управляющие воздействия:
 - изменение продолжительности включения ТЭНов;
 - изменение потока воды в емкость.
- Описание системы автоматизации*

Таблица 1 – Контролируемые параметры лабораторной установки

Параметр	Место измерения	Пределы измерения	Допустимая погрешность измерения
Температура воды в емкости	Нагревательная емкость	0–100 °С	± 2 %
Уровень воды в емкости	Нагревательная емкость	Нижний-перелив	
Давление в трубопроводе	Перед первым соленоидным клапаном	400–630 кПа	±0,6 %
Давление в нагревательной емкости	Нагреваемая емкость	1,6–2,5 МПа	±0,5 %
Расход воды	Перед первым соленоидным клапаном	400–630 кПа	±0,6 %

Таблица 2 – Регулируемые параметры лабораторной установки

Параметр	Место измерения	Пределы измерения	Допустимая погрешность измерения
Температура воды	Нагревательная емкость	0–100 °С	±2 %
Уровень воды	Нагревательная емкость	Нижний-перелив	

При выборе аппаратуры контроля и сигнализации необходимо учитывать параметры контролируемой и окружающей среды – температуру, давление, состав, влажность, запыленность, электрические свойства, а также условия измерения – размеры и характер контролируемого объекта, расстояние между точкой расположения датчика и вторичным прибором, возможные механические воздействия (удары, вибрация), наличие источников электропитания [1, 2]. Должны быть выдержаны требования противопожарной техники и охраны труда, требования, предъявляемые к погрешности, чувствительности и инерционности измерительной аппаратуры. Если имеется возможность, то следует применять унифицированную аппаратуру: приборы и регуляторы одного завода-изготовителя и т.д. Это облегчит обслуживание системы управления и позволит сократить число резервируемых технических средств.

Измерение *температуры* осуществляется термометром сопротивления ДТСХХ4 (датчик с кабельным выводом). Датчик температуры устанавливается в нагревательной емкости. Вторичным прибором является нормирующий преобразователь температуры НПТ2. Сигнал со вторичного прибора поступает на двухканальный программируемый регулятор ТРМ 151-08, на программируемый логический контроллер ПЛК 154 и на персональный компьютер.

Давление воды в подающем трубопроводе и пара в нагревательной емкости измеряется с помощью преобразователей избыточного давления с унифицированным выходным токовым сигналом, поступающим на контроллер ОВЕН ПЛК 154, (56).

Уровень воды в трех точках нагревательной емкости измеряется трехстержневым кондуктометрическим датчиком уровня и отображается в блоке согласования кондуктомет-

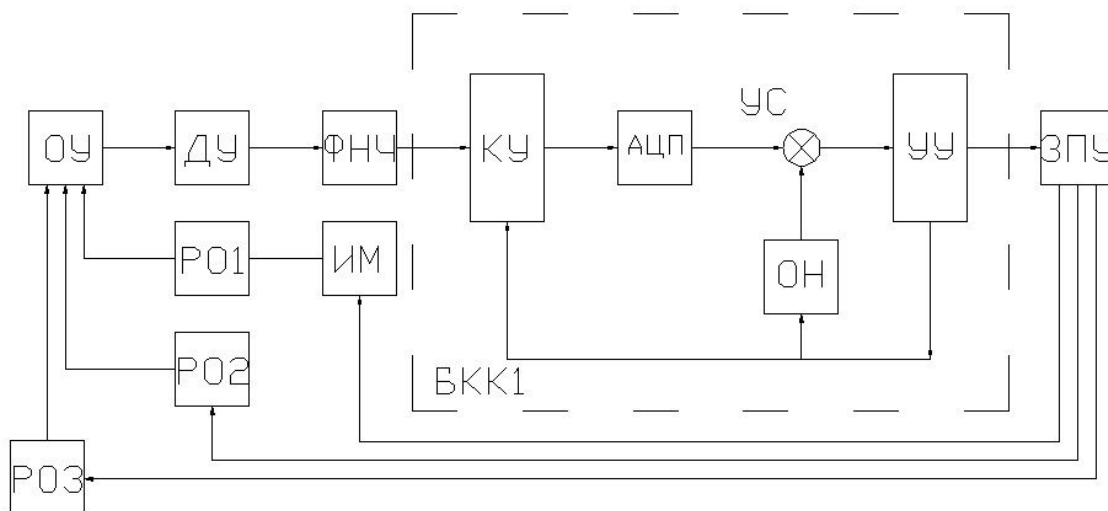
рических датчиков ОВЕН БКК1, сигнал с которого поступает на ПЛК 154.

Расход воды определяется с помощью следующей аппаратуры: измерительная диафрагма, дифманометр и ОВЕН ПЛК 154 (1а, 1в, 5б).

Система автоматического управления лабораторной установки включает следующие контуры (узлы) автоматического регулирования: контур регулирования температуры воды в нагревательной емкости и контур регулирования уровня воды в емкости.

Регулирование температуры в нагревательной емкости осуществляется типовым комплектом приборов по сигналу термометра сопротивления. При отклонении действительной температуры от заданной регулятор включает или отключает ТЭН. Кроме того, программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 154 может посылать задающий сигнал на регулятор для включения ТЭН программно или по команде оператора. ЛАТР позволяет изменять напряжение, поступающее на ТЭН. Тем самым изменяется время и скорость нагрева воды.

Регулирование уровня в нагревательной емкости осуществляется блоком согласования кондуктометрических датчиков ОВЕН БКК1 по сигналу кондуктометрического датчика уровня, а также программируемым логическим контроллером ПЛК 154, который воздействует на соленоидные клапаны (4в, 4г) и на исполнительный механизм. Оператор с ПК дает команду на подачу жидкости до заданного уровня, в результате чего открывается верхний клапан. При достижении среднего значения уровня (значения выше уровня расположения нагревательного элемента), открывается нижний соленоидный клапан и исполнительный механизм поворачивает регулирующий клапан на заданный угол, в результате чего происходит сброс некоторого количества воды, что позволяет поддерживать уровень воды в заданном диапазоне. При достижении верхнего значения уровня происходит закрытие верхнего соленоидного клапана. Положение регулирующего клапана в этом случае определяется программно или оператором установки. Функциональная схема САУ уровня воды в АЛУ представлена на рисунке 2.



ОУ – объект управления; ДУ – трехстержневой кондуктометрический датчик уровня; ФНЧ – фильтр низких частот; КУ – коммутирующее устройство; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; УС – устройство сравнения; ОН – опорное напряжение; УУ – устройство управления; ЗПУ – задающее программное устройство; БКК1 – блок согласования кондуктометрических датчиков; ИМ – исполнительный механизм; РО1...РО3 – регулирующие органы

Рисунок 2 – Схема системы автоматического регулирования уровня воды

Данная лабораторная установка позволяет выполнять следующие лабораторные работы:

- «Исследование САУ температуры воды»;
- «Изучение принципов управления и законов регулирования»;
- «Типовые средства контроля технологических параметров»;
- «Изучение и выбор технических средств САУ».

Данную лабораторную установку целесообразно использовать как учебно-научную лабораторную базу для экспериментального исследования процессов в системах автоматического управления, обучения студентов с целью формирования у них навыков исследования и эксплуатации САУ. Пользователями АЛУ могут быть студенты специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» и других специальностей, а также слушатели курсов повышения квалификации и переподготовки по направлению «Современные технологии автоматизации».

Ввод в эксплуатацию разрабатываемой лабораторной установки позволяет повысить качество подготовки специалистов в сфере автоматизации за счет практического закрепления полученных теоретических знаний.

Библиографический список

1. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля./ Под ред. А.С. Ключева.- М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.: ил.
2. Шагин А.В. Основы автоматизации техпроцессов/ А.В. Шагин, В.И. Демкин, Ю. Кононов, А.Б. Кабанова. – М.: Высшее образование, 2009. – 163 с.

**СЕКЦИЯ 4.
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

ОБ ОДНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

Панферов В.И., Панферов С.В.

*Южно-Уральский государственный университет,
г. Челябинск*

Актуальность задачи выбора и настройки автоматических регуляторов. Задача качественного построения автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) предполагает решение вопросов выбора и настройки автоматических регуляторов, задействованных в различных контурах системы. Несмотря на солидный «возраст» этой проблемы, в ее решении еще имеются достаточно «темные» моменты и требующие дальнейшего развития вопросы. Для подтверждения актуальности и значимости этой проблемы и для настоящего времени укажем, что вопросы выбора и настройки автоматических регуляторов рассматривались и рассматриваются в достаточно представительном списке работ, указанном в [1]. В данных работах предлагаются и анализируются различные способы структурно-параметрического синтеза систем автоматического регулирования (САР), значительная часть работ посвящена настройке ПИД-регуляторов, их модификациям и вопросам их реализации. В 2000 г. только на одном семинаре IFAC (International Federation of Automatic Control) было представлено около 90 докладов, посвященных ПИД регуляторам. Обсуждается и обоснованность применения ПИД-регуляторов, в частности, утверждается, что П-, ПИ- и ПИД- «... алгоритмы были получены чисто эвристическим путем» [2, стр. 82 и др.] и что «... достаточно убедительное формальное доказательство целесообразности их применения ... до сих пор получить не удалось» [2, стр. 24]. Актуальной считается проблема адаптации настроек автоматических регуляторов технологических процессов [3 и др.], что совсем не значимо для САР с объектами типа сервомеханизмов. Утверждается, что «... правильно спроектированная, реализованная и налаженная САР на базе ПИД регулирования может успешно решать 99 % существующих на предприятиях проблем непрерывного управления технологическими объектами» [4, 5], что «... около 90...95 % регуляторов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД алгоритм» [6], что «... ПИД регуляторы ... являются по существу единственными регуляторами, используемыми на практике в системах автоматического управления технологическими процессами» [7]. При этом отмечается, что «... вопреки распространенному представлению, ПИД регуляторы являются далеко не простыми в настройке» [7]. При решении задачи синтеза САР промышленные объекты управления обычно представляют с помощью следующих типовых передаточных функций:

$$\frac{1}{T_{об}p} \exp(-\tau_{об}p), \frac{k_{об}}{T_{об}p+1} \exp(-\tau_{об}p), \frac{k_{об}}{a_2p^2+a_1p+1} \exp(-\tau_{об}p),$$

где $k_{об}, T_{об}, \tau_{об}$ – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени и время запаздывания объекта, a_1, a_2 – коэффициенты дифференциального уравнения объекта, p – комплексная переменная.

В учебной литературе по-прежнему базовое место занимает графо-аналитический метод расчета настроек ПИД-регуляторов промышленных объектов, детально разработанный в свое время В.Я. Ротачем [2]. Качество переходных процессов здесь оценивается линейным интегральным критерием, который вообще-то пригоден только для монотонных и знакопостоянных процессов. Это главный недостаток метода, который пытаются компенсировать введением ограничений на запасы устойчивости САР. Утверждается, что это гарантирует достаточно интенсивное затухание переходного процесса, что «... ограничение на

запас устойчивости делает процессы регулирования слабоколебательными, площадь под их графиками может быть достаточно точно оценена линейным интегральным критерием» [3]. Тем не менее, это все-таки не исключает его колебательный характер, поэтому линейный интегральный критерий по-прежнему будет оценивать его качество достаточно приближенно. На наш взгляд, распространенность метода обуславливается тем, что задача отыскания минимума линейного интегрального критерия по параметрам настройки регулятора из ПИД-семейства до конца решается аналитически и получаемые ответы хорошо известны. Если же использовать модульный или квадратичный интегральные критерии качества переходных процессов, то введение указанного ограничения на запас устойчивости в подавляющем большинстве случаев будет достаточно излишним. Исключения, по-видимому, составляют случаи, когда требуется предельно высокая точность идентификации математической модели объекта управления (например, случаи применения регуляторов Ресвика и Смита). Получение ограниченных значений таких критериев уже само по себе является свидетельством устойчивости САР, а их минимизация, понятно, только увеличивает его запас. Однако, несмотря на это, существует мнение, что ограничение на запас устойчивости все-таки «... должно быть выведено из подынтегральной функции и задано явно» [8].

Недостатки метода расчета настроек ПИД-регуляторов по минимуму линейного интегрального критерия обусловили появление работы [9] сотрудников Московского энергетического института, как нам представляется, весьма тесно сотрудничавших с В.Я. Ротачем. В [9] непосредственно отмечено, что качество переходных процессов в САР, настроенных на минимум линейного интегрального критерия, обычно хуже, чем при настройках на минимум квадратичного критерия.

Вместе с тем, отметим, что в обсуждаемой графо-аналитической методике рекомендации по выбору типа регулятора не однозначны, отчетливых разъяснений, почему в данном случае (на данном объекте управления) следует применять именно этот регулятор, обычно нет. Понятно, что все это значительно усложняет задачу синтеза системы.

Известны также решения задачи синтеза САР, представленные в формульном виде для настроек регуляторов (см., например, [10]), обеспечивающих три типа переходных процессов на типовых объектах управления. Однако и здесь нет однозначности и отчетливости рекомендаций, не ясно, как были получены указанные формулы для настроек, остается только предполагать, что это было сделано путем обобщения результатов моделирования и натуральных экспериментов.

Отметим также и то, что процедура настройки регуляторов остается еще секретом некоторых фирм, работающих в данной области [4 и др.], поскольку (процитируем еще раз) «...ПИД регуляторы являются далеко не простыми в настройке» [7]. Об актуальности и значимости этой проблемы свидетельствуют, например, и данные компании Honeywell, которая провела обследование 100000 контуров регулирования на 350 предприятиях, принадлежащих различным отраслям промышленности, согласно этим данным 49 – 63 % САР работает с плохими настройками [11].

В литературе рассматриваются вопросы применения так называемых фазирегуляторов в системах автоматизации технологических процессов. Привлекательность этой идеи основана на том, что объекты, трудно поддающиеся математическому описанию, довольно часто успешно управляются человеком-оператором, который, вообще говоря, формулирует (и, конечно, реализует) свои действия достаточно не четко. Обсуждая перспективность применения таких регуляторов, ограничимся цитированием только того, что высказал на этот счет проф. Ротач В.Я. «... фазирегуляторы ... являются обычными четкими регуляторами. Поскольку квантование только ухудшает качество управления, то ... следует считать снятым вопрос о преимуществах таких регуляторов перед традиционными четкими непрерывными регуляторами» [12], что фазирегуляторы являются « ... обычными неизвестно зачем усложненными детерминированными регуляторами» [7].

Солидное количество недостатков отмечается и у регуляторов, построенных с помощью нейронных сетей, поэтому не следует ожидать их широкого применения для управ-

ления технологическими процессами в ближайшем будущем.

В настоящее время интенсивно разрабатываются процедуры синтеза регуляторов методами H^∞ – теории [13, 14]. Однако H^∞ – теория применима для объектов типа серво-механизмов.

Известен также метод обратной задачи динамики для синтеза систем управления [15].

Таким образом, все вышеизложенное свидетельствует о заметной незавершенности, о том, что необходимо найти ясные и недвусмысленные ответы на еще многие вопросы, казавшиеся бы, уже решенной проблемы выбора и настройки автоматических регуляторов.

Предлагаемые решения. В работе [16], как нам представляется, удалось получить некоторое формальное обоснование целесообразности применения ПИД-регуляторов, здесь задача решалась методом выбора передаточной функции замкнутой системы в виде

$$W_{зс}(p) = \frac{1}{\theta p + 1} \exp(-\tau_{об} p), \text{ где } \theta - \text{некоторая постоянная времени, а параметр } \tau_{об} \text{ прирав-$$

нивался ко времени запаздывания объекта управления. Выбор указанного вида эталонной передаточной функции замкнутой системы достаточно детально обоснован в [1, 16]. Недавним подтверждением целесообразности такого выбора является и работа [9], в которой, в частности, величина θ называется «... постоянной времени сглаживателя».

В результате применения данного подхода получили, что для объектов первого типа передаточная функция квазиоптимального регулятора будет равна $W_p(p) = \frac{T_{об}}{\tau_{об} + \theta}$, т.е.

близким к идеальному является П-регулятор с коэффициентом передачи $k_p = \frac{T_{об}}{\tau_{об} + \theta}$. Для

объекта второго типа квазиоптимальным будет ПИ-регулятор, его передаточная функция будет иметь вид $W_p(p) = \frac{T_{об}}{k_{об}(\tau_{об} + \theta)} [1 + \frac{1}{T_{об} p}]$. Передаточная функция регулятора для объ-

екта третьего типа будет такой $W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об}(\tau_{об} + \theta)} [1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p]$, т.е. целесообразно

применение ПИД-регулятора. Таким образом, было и установлено, что для каждого конкретного объекта управления, принадлежащего множеству типовых динамических объектов, целесообразно применение конкретного регулятора из ПИД-семейства с конкретными настройками. В результате задача структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов локальных контуров становится однозначно решаемой как по структуре регуляторов, так и по их настройкам.

Исследование устойчивости и качества систем. Для полноты исследования предлагаемого способа решения задачи синтеза рассматривался вопрос о качестве переходных процессов в сконструированных указанным образом системах и о грубости этих структур и настроек. В работах [17,18] указанное исследование проведено для объекта

$W_{об}(p) = \frac{1}{T_{об} p} \exp(-\tau_{об} p)$ с регулятором $W_p(p) = \frac{T_{об}}{\tau_{об} + \theta}$. Аналогичные исследования для

объекта $W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{T_{об} p + 1} \exp(-\tau_{об} p)$ с регулятором $W_p(p) = \frac{T_{об}}{k_{об}(\tau_{об} + \theta)} [1 + \frac{1}{T_{об} p}]$ и для

объекта $W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} \exp(-\tau_{об} p)$ с регулятором

$W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об}(\tau_{об} + \theta)} [1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p]$ проведены соответственно в работах [19, 20].

Для исследования устойчивости и анализа качества переходных процессов в каждом

случае разработаны по две компьютерные программы: одна для анализа переходных процессов при возмущении по заданию, а другая – при возмущении со стороны регулирующего органа. В каждой из разработанных программ предусмотрен ввод параметров объекта, а также и параметров настройки регуляторов. Каждая из программ осуществляет не только построение графика переходного процесса, но и определяет перерегулирование σ и время

регулирования t_P , а также вычисляет значения критериев $I_1 = \int_0^{t_K} |\varepsilon(t)| dt$, $I_2 = \int_0^{t_K} \varepsilon^2(t) dt$, где

t_K – конечное время оценки качества переходного процесса, ε – ошибка регулирования.

При этом время регулирования t_P определялось как время, по истечению которого отклонение регулируемой величины от задания не будет превышать 5 %. Интегрирование дифференциальных уравнений объектов управления осуществлялось методом Рунге-Кутты с погрешностью, пропорциональной пятой степени шага по времени. Для компьютерного использования алгоритм регулирования представляли в дискретной форме, при вычислении интеграла применяли метод трапеций. С целью сокращения объема необходимых вычислений использовали рекуррентные формы дискретного представления алгоритмов ПИД-регулирования. В программах предусматривается ввод нижнего и верхнего пределов изменения регулирующего воздействия. Варьировались как параметры объекта управления, так и параметры настройки регуляторов. Границы области устойчивости, где это представлялось возможным, отыскивались аналитическим методом, в других случаях устойчивость САР оценивалась численным методом по кривым переходных процессов.

Во всех случаях установлено, что рассматриваемый метод синтеза промышленных САР, позволяющий однозначно выбирать как структуру, так и параметры настройки регулятора, обеспечивает приемлемое качество переходных процессов и достаточный запас устойчивости системы при довольно заметных по размерам вариациях параметров объекта управления и погрешностях задания настроек регулятора.

В работе [9] передаточная функция оптимального регулятора также определяется по передаточной функции замкнутой системы вышеуказанного вида. При этом утверждается, что аппроксимация методом наименьших квадратов амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) найденного таким образом оптимального регулятора АФЧХ ПИД-регулятора обеспечивает минимизацию квадратичного критерия качества переходного процесса, что достаточно удивительно. Причем никаких прямых доказательств этого в [9] не приводится. Кроме того, при таком подходе получается, что для объектов любого типа субоптимальный регулятор один и тот же – это ПИД-регулятор, что является достаточно спорным вопросом. Используется графо-аналитическая процедура, в настоящее время недостаточно удобная и недостаточно точная, кроме того, нужный диапазон частот отыскивается эвристическим способом. В связи с этим утверждение авторов работы [9] о том, что оптимизация настройки регуляторов по квадратичному критерию «... не нашла широкого применения из-за необходимости итерационного поиска оптимальной точки» становится неубедительным преимуществом метода данной работы. Возникает также вопрос: почему бы не решать задачу, используя непосредственно описание САР дифференциальными уравнениями? Всем хорошо известно, что переходные функции (кривые разгона), передаточные функции, АФЧХ и дифференциальные уравнения – это только разные формы представления динамических свойств и характеристик систем и их элементов.

Заключение. Предложенный метод структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов по эталонной передаточной функции замкнутой системы дает однозначные ответы на следующие вопросы: какой регулятор следует использовать для данного объекта управления и каковы должны быть его настройки. Показано, что сконструированные таким образом САР обладают должными запасами устойчивости и приемлемым качеством переходных процессов. Поэтому данный метод синтеза можно достаточно уверенно рекомендовать для практического использования.

Библиографический список

1. Панферов, С.В. Об одном решении задачи синтеза автоматических регуляторов в адаптивной системе управления отоплением зданий / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 16. – №23(282). – С. 142–149.
2. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / В.Я. Ротач. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с.
3. Ротач, В.Я. Адаптация в системах управления технологическими процессами / В.Я. Ротач // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 01. – С. 4–10.
4. Варламов, И.Г. «Гаечный ключ» для наладчика САР / И.Г. Варламов, Л.П. Сережин, Б.В. Филимонов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 09. – С. 17–22.
5. Варламов, И.Г. «Не мешайте регуляторам работать!» / И.Г. Варламов, М.М. Кузнецов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 06. – С. 20–23.
6. Денисенко, В. ПИД–регуляторы: принципы построения и модификации. Часть 1 / В. Денисенко // Современные технологии автоматизации. – 2006. – № 4. – С. 66–74.
7. Ротач, В.Я. К расчету оптимальных параметров ПИД регуляторов по экспертным критериям / В.Я. Ротач // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 11. – С. 5–9.
8. Ротач, В.Я. Расширение границ действия теории автоматического управления теплоэнергетическими процессами / В.Я. Ротач // Теплоэнергетика. – 2009. – № 10. – С. 25–31.
9. Пикина, Г.А. Беспойсковый метод расчета настроек ПИД–регуляторов на минимум квадратичного критерия / Г.А. Пикина, Ю.С. Мещерякова // Теплоэнергетика. – 2012. – № 10. – С. 58–64.
10. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов: уч. пособие / Г.М. Глинков, В.А. [и др.]. – М.: Металлургия, 1986. – 352 с.
11. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования / Ш.Е. Штейнберг [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004 – № 07. – С. 1–7.
12. Ротач, В.Я. Возможен ли синтез нечетких регуляторов с помощью теории нечетких множеств? / В.Я. Ротач // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004 – № 01. – С. 33–34.
13. Поляк, Б.Т. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
14. Поляк, Б.Т. Развитие теории автоматического управления / Б.Т. Поляк // Проблемы управления. – 2009. – № 3.1. – С. 13–18.
15. Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. / Д.П. Ким – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
16. Панферов, С.В. К обоснованию метода структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов / С.В. Панферов, А.И. Телегин, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ, серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2009. – вып. 9 – № 3 (136). – С. 29–36.
17. Панферов, С.В. Оценка качества регулирования уровня жидкости в системах теплоснабжения / С.В. Панферов, А.И. Телегин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2009. – Вып. 11. – № 15 (148). – С. 39–44.
18. Панферов, С.В. Анализ качества выбора и настройки автоматического регулятора уровня жидкости / С.В. Панферов, А.И. Телегин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2009. – Вып. 8. – № 16 (149). – С. 49–53.
19. Панферов, С.В. К задаче конструирования автоматического регулятора для статического объекта первого порядка с запаздыванием регуляторов / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ, серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2011. – вып. 14. – № 23 (240). – С. 79–86.
20. Панферов, С.В. К задаче конструирования автоматического регулятора для объекта второго порядка с запаздыванием / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2011. – Вып. 12. – № 16 (233). – С. 46–52.

О НОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНЫХ СИТУАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Шабанов А.П.

*Институт проблем информатики РАН,
г. Москва*

Постановка задачи. В организационных системах – ведомствах, учреждениях и предприятиях всё чаще создаются координационные и аналитические центры, центры и пункты управления, службы технической поддержки [0, 0] (далее по тексту, ситуационно-аналитические центры – САЦ). САЦ создаются для поддержания на заданном уровне деятельности организационных систем, для предотвращения угроз, а в случаях их возникновения – для быстрой ликвидации и минимизации потерь. Разработана технология поддержки деятельности [0], которая реализуется с помощью системы САЦ [0] или на базе центра управления [0], в зависимости от архитектуры управления в организационной системе. Данная технология обеспечивает в реальном масштабе времени сбор и обработку информации о показателях видов деятельности и деятельности в целом, выработку сценариев принятия решений и осуществление контроля над их исполнением. При обработке информации производится сравнительный анализ фактических показателей эффективности с нормированными показателями – регламентированными в документах организационной системы. Одним из видов деятельности является деятельность САЦ. Однако есть вопрос, который недостаточно глубоко проработан в технологии – это вопрос определения нормированных показателей САЦ – какими показателями должен обладать эффективный САЦ? В настоящем докладе рассмотрен методический подход к проектированию нормированных показателей САЦ, который базируется на применении стенда главного конструктора и моделировании процессов деятельности: (а) устранения угроз; (б) предотвращения угроз и (в) поддержания на заданном уровне деятельности организационной системы.

Описание методического подхода. На стенде главного конструктора, наряду с реализацией уже известных задач [0, 0] осуществляется моделирование процессов деятельности САЦ в среде моделируемых процессов деятельности организационной системы, внешних и внутренних факторов влияния на эту деятельность:

- на основе использования наборов показателей: функциональных, технологических, технических, организационных, эксплуатационных и экономических;
- путём аудита показателей, присущих известным САЦ, и обобщения мирового опыта;
- с применением концептуальной модели оценки эффективности, схема которой приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема концептуальной модели оценки эффективности

По результатам проводимого сравнительного анализа различных версий САЦ определяется такой набор нормированных показателей, который позволил бы создать наиболее эффективный САЦ.

Определения и формулы, приведённые в таблице 1, дают представление о применении в технологии [1] аналитическом аппарате для оценки эффективности.

Таблица 1 – Определения и формулы для оценки эффективности САЦ

Обозначения	Определения и формулы
$n=1, 2, \dots, N$	– данные о порядковом номере вида деятельности.
α_n	– данные о приоритете n -го вида деятельности.
D_n	– данные о требуемом состоянии n -го вида деятельности.
D_n^*	– данные о фактическом состоянии n -го вида деятельности.
ΔD_n^*	– данные о фактическом показателе эффективности n -го вида деятельности: $\Delta D_n^* = D_n^* / D_n.$
$\Delta D_{n-крит.}$	– данные о критическом показателе эффективности n -го вида деятельности, снижение, по сравнению с которым, фактического показателя ΔD_n^* означает существование угрозы для этого вида и необходимости принятия действий по её устранению: $\Delta D_{n-крит.} < 1,$ например, $\Delta D_{n-крит.} = 0,5$.
$\Delta D_{n-доп.}$	– данные о допустимом показателе эффективности n -го вида деятельности, снижение, по сравнению с которым, фактического показателя ΔD_n^* означает возможность появления угрозы для этого вида и необходимости принятия действий по недопущению её появления: $\Delta D_{n-крит.} < \Delta D_{n-доп.} < 1,$ например, $\Delta D_{n-доп.} = 0,9$.
D	– данные о требуемом состоянии деятельности в целом: $D = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \dots + \alpha_N D_N.$
D^*	– данные о фактическом состоянии деятельности в целом: $D^* = \alpha_1 D_1^* + \alpha_2 D_2^* + \dots + \alpha_N D_N^*.$
ΔD^*	– данные о показателе эффективности деятельности в целом: $\Delta D^* = D^* / D.$
$\Delta D_{крит.}$	– данные о критическом показателе эффективности деятельности в целом, снижение, по сравнению с которым, фактического показателя ΔD^* означает существование угрозы для деятельности в целом и необходимости принятия действий по её устранению: $\Delta D_{крит.} < 1,$ например, $\Delta D_{крит.} = 0,5$.
$\Delta D_{доп.}$	– данные о допустимом показателе эффективности деятельности в целом, снижение, по сравнению с которым, фактического показателя означает возможность появления угрозы для деятельности в целом и необходимости принятия действий по недопущению её появления. $\Delta D_{крит.} < \Delta D_{доп.} < 1,$ например, $\Delta D_{доп.} = 0,9$.

Преобразуя приведённый в таблице аналитический материал для оценки показателей САЦ, получим формулу:

$$\Delta D_i = \alpha_1 D_{i1} + \alpha_2 D_{i2} + \alpha_3 D_{i3} + \alpha_4 D_{i4} + \alpha_5 D_{i5} + \alpha_5 D_{i6}, \quad (1)$$

где α_i и D_{ij} – приоритеты и показатели: функциональные (α_1 и D_{i1}), технологические (α_2 и

D_{i2}), технические (a_3 и D_{i3}), организационные (a_4 и D_{i4}), эксплуатационные (a_5 и D_{i5}) и экономические (a_6 и D_{i6}); $i = 1$ – процесс устранения угроз; $i = 2$ – процесс предотвращения угроз; $i = 3$ – процесс поддержания на заданном уровне деятельности организационной системы.

Каждый из составных показателей $D_{i1}, D_{i2}, D_{i3}, D_{i4}, D_{i5}, D_{i6}$ формулы (1) определяется аналогичным образом, в соответствии с набором показателей и их приоритетов, относящимся к тому или иному составному показателю. При этом:

- к функциональным показателям относятся показатели: число реализуемых в САЦ функций и отношение этого числа к требуемому числу функций; число разработанных и записанных в САЦ сценариев принятия решений и отношение этого числа к требуемому числу сценариев, другие показатели;

- к технологическим показателям относятся показатели: своевременности и надёжности предоставления информации, достоверности, защищённости и конфиденциальности информации, предоставляемой САЦ лицам, принимающим решения, другие показатели;

- к техническим показателям относятся показатели: надёжности, пропускной способности (производительности) и объёма памяти технических средств, другие показатели;

- к организационным показателям относятся показатели: укомплектованности и организационной структуры, профессионализма и психологической готовности субъектов, другие показатели;

- к эксплуатационным показателям относятся показатели: энергопотребления, инженерного обеспечения и жизнеобеспечения помещений, другие показатели;

- к экономическим показателям относятся показатели: стоимости оборудования, услуг (выполняемых работ), программного обеспечения и другие показатели.

Работу на стенде осуществляют: главный конструктор проекта, группа экспертов и администратор стенда. На рисунке 2 приведены их основные функции.

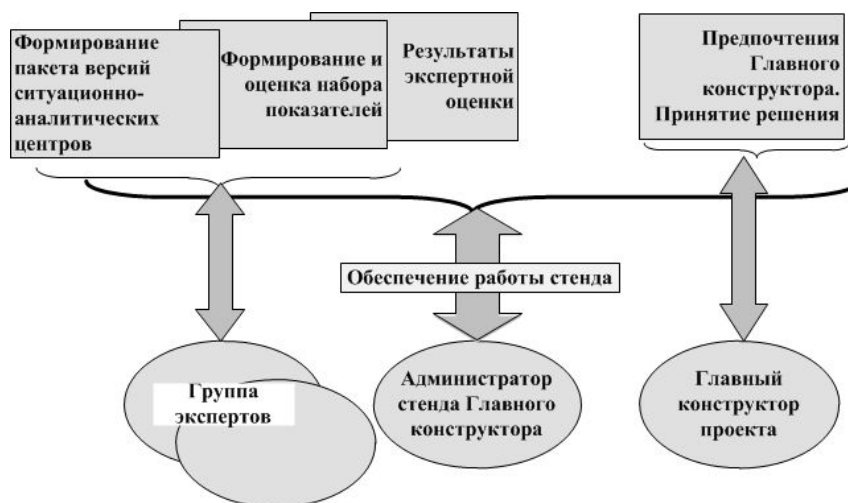


Рисунок 2 – Основные функции пользователей стенда главного конструктора

Свойство субъективности (назначение приоритетов), положенное в основу рассматриваемого подхода, предъявляет высокие требования к профессиональным и психологическим качествам главного конструктора и экспертов, определяющих нормативные показатели эффективного САЦ. Так, ниже на графиках (рисунок 3) видно, что изменения соотношений между компонентами D_1, D_2, D_3, D_4 и D_5 , при постоянном значении компонента D_6 и любом i приводят к значительным изменениям эффективности САЦ (ось ординат) в целом. При этом изменения даже одного из показателей (значения D_1 – оси абсцисс) также оказывают заметное влияние на общий показатель эффективности.

В работах [0, 0] приведены результаты исследования влияния типа структуры и уровня подготовки эксплуатирующего персонала на мощность службы технической поддержки (СТП). Ниже на рисунке 4 приведен пример расчёта числа специалистов в СТП для двух типов организационной структуры: конвейерно-древовидного типа и вырожденной типа.

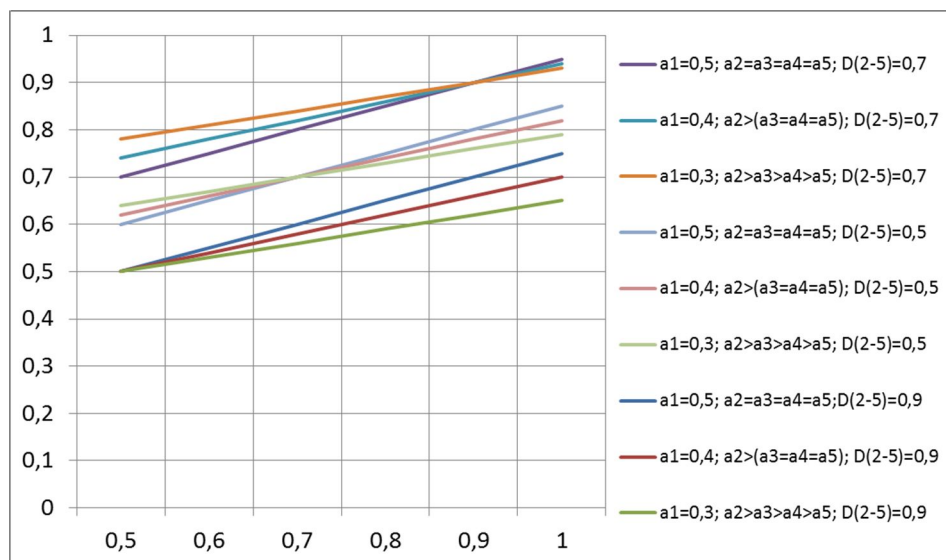


Рисунок 3 – Основные функции пользователей стенда главного конструктора



Рисунок 4 – Результаты расчёта числа специалистов (пример)

На рисунке 4 показана зависимость числа специалистов от мощности СТП. Мощность СТП измеряется числом $N_{\text{макс}}$ интервалов обслуживания и соотносится с максимально-допустимой длительностью интервала занятости, который может образовываться с соблюдением заданных значений минимально-допустимой вероятности $P_{\text{мин}}$ не превышения заданного максимально-допустимого времени $T_{\text{макс}}$ ожидания в СТП обслуживания. Приведённые результаты получены для следующих исходных данных:

– процесс обслуживания требований состоит из четырёх последовательно реализуемых функций: «Классификация требования», «Формулирование проблемы», «Определение задач» и «Сопровождение задачи», время обслуживания каждой функции, соответственно, 15, 5, 5 и 20 минут;

– на первом уровне конвейерно-древовидной структуры размещается один элемент, реализующий первую функцию; на втором уровне – два элемента, реализующие вторую и третью функцию; на третьем уровне – четыре элемента, реализующие четвертую функцию, из которых, два элемента соотносятся с первым элементом второго уровня, а два элемента соотносятся со вторым элементом второго уровня;

– максимально-допустимое время T_{\max} ожидания обслуживания – 30 минут; (г) минимально-допустимая вероятность P_{\min} не превышения $T_{\text{доп.}}$ – 0,98; (д) количество обслуживающих приборов в системе равно суммарному количеству приборов во всех элементах системы.

Как видно из рисунка 4 влияние организационных показателей (в рассматриваемом примере – это тип организационной структуры) значительное, что подчёркивает необходимость учёта этих показателей при оценке эффективности САЦ.

Заключение. Рассмотренный методический подход позволяет:

1. Использовать вычислительные мощности стенда главного конструктора проекта для автоматизации процесса оценки эффективности САЦ.

2. Достаточно полно – путём учёта функциональных, технологических, технических, организационных, эксплуатационных и экономических показателей – проводить оценку эффективности САЦ.

3. Проводить оценку эффективности в условиях, приближённых к реальным – путём моделирования на стенде главного конструктора процессов деятельности САЦ.

4. Определить нормированные показатели САЦ, которые позволяют обеспечить при заданных условиях максимальную эффективность его деятельности.

Библиографический список

1. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Ситуационные центры: информация - процессы – организация // Электросвязь, 2011, № 6, с. 42-46.
2. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Управление уровнем доступности услуг информационных технологий // Железнодорожный транспорт, 2011, № 12, с. 39-45.
3. Зацаринный А.А., Сучков А.П., Шабанов А.П. Технология поддержки деятельности организационной системы // Заявка на изобретение, Рег. № 2012151182 от 29.11.2012 г.
4. Зацаринный А.А., Сучков А.П., Козлов С.В., Шабанов А.П. Система ситуационно-аналитических центров организационной системы // Заявка на изобретение, Рег. № 2012134127 от 29.11.2012 г.
5. Зацаринный А.А., Сучков А.П., Козлов С.В., Шабанов А.П. Центр управления организационной системы // Патент на полезную модель RU127493 U1, G05B19/00, опубл. 27.04.2013 г.
6. Зацаринный А.А., Гаранин А.И., Козлов С.В. Стенд главного конструктора – организационно-техническая основа разработки крупномасштабных информационно-телекоммуникационных систем. // Системы и средства информатики. Вып.20, №3. – М.: ИПИ РАН, 2010. – с.174-190.
7. Аракелян М.А., Чепин Е.В., Шабанов А.П. Функциональное представление стенда для сопровождения инфокоммуникационных проектов // Информационные бизнес системы. Третья Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. 23.04.2011 г: Материалы конференции. – М.: Гелиос АРВ, 2011, с. 293-297.
8. Шабанов А.П., Беляков А.Г. Организационные структуры массового обслуживания // М., 2007 (Научное издание/Институт проблем управления им. Трапезникова РАН), с.100.
9. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Методологический подход к управлению качеством информации в сложных инфокоммуникационных проектах // Системы и средства информатики. Вып.21. – М.: Наука, 2011, № 2, с. 2–19.

О СИСТЕМЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОМПЛЕКСОВ*

Мочалов П.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г.Новокузнецк*

В настоящее время перспективной прикладной областью информационных технологий является создание и применение трехмерных интерактивных виртуальных сред, в которых пользователь может в пространстве взаимодействовать с созданными виртуальными объектами путем самостоятельного наблюдения, перемещения, действий и исследований. В таких средах максимально могут быть достигнуты критерии адекватности реальному миру в связи с наличием как функционального, так и пространственного соответствия. Термином «виртуальная реальность» обозначают новые виды компьютерных интерфейсов, нацеленных на создание у пользователя ощущения реальности окружения. Это ощущение вынуждает пользователя взаимодействовать с окружающим миром точно так же, как он бы вел себя в реальности.

Поэтому виртуальные среды или системы виртуальной реальности активно используются в бизнес-приложениях, в научной и инженерной визуализации, образовании, рекламе, архитектуре и особенно в компьютерных играх.

Перспективным направлением практического применения трехмерных интерактивных виртуальных сред является использование их при проектировании и создании новых технологий, моделировании и демонстрации работы технологических процессов и комплексов. Следует выделить также область применения для создания обучающих систем, тренажеров и симуляторов промышленных агрегатов, виртуальных лабораторных работ по техническим дисциплинам в составе вариативных модулей для электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Основными задачами, которые необходимо решать при создании виртуальных сред являются формирование трехмерных объектов, их объединение в виртуальную сцену, позволяющую пользователю воспринимать динамично изменяющееся объемное виртуальное пространство и реализация механизмов манипулирования объектами для изменения состояния среды и процессов, протекающих в ней. Это невозможно без реализации задач взаимодействия моделей трехмерной графики и математических моделей, описывающих закономерности развития процессов и перемещения объектов реального мира.

Системы виртуальной реальности используют принцип анимации реального времени. Поэтому быстродействие всех вычислительных процессов должно обеспечивать поддержание высокой частоты обновления изображений на экране не ниже 30 кадров в секунду (зависит от частоты монитора).

Таким образом, создание интерактивных 3D систем является многокритериальной оптимизационной задачей, решение которой должно обеспечивать адекватность виртуальной среды и быстродействие вычислительных процессов достаточное для формирования изображений в режиме реального времени.

Поэтому одним из важнейших этапов при создании *3D-виртуальных сред технологических процессов и комплексов* является решение задачи обеспечения адекватности моделирующих сред на основе разработки совокупности математических моделей и алгоритмов, необходимых для выполнения функций расчета процессов и управления графическими трехмерными объектами.

Особенность технологических процессов и комплексов как объектов математиче-

* Работа выполнена по заданию Минобрнауки России регистрационный номер 10.7045.2013.

ского моделирования в 3D виртуальных средах состоит в том, что реальные они представляют собой сложные организационно-технические объекты с наличием большого числа взаимодействующих структурных элементов с различными статическими и динамическими свойствами. Основными структурными компонентами комплексов являются средства технологического оснащения, предметы производства, персонал и технологические процессы или операции.

При выделении технологического комплекса как объекта моделирования, в соответствии с заданной целью – создание виртуальной среды, следует рассматривать объект исследования в двух системных свойствах: техническом и технологическом. Техническое рассмотрение заключается в выделении и формализации деятельности таких основных элементов как здание, агрегаты, машины, механизмы, узлы и т.д. Технологические свойства – это функциональное содержание сущности процессов, стадий, режимов управления, действий персонала и т.д.).

В рамках такой декомпозиции на рисунке 1 приведена обобщенная структурная схема, раскрывающие основные системные и базисные технические блоки технологического комплекса как объекта моделирования.

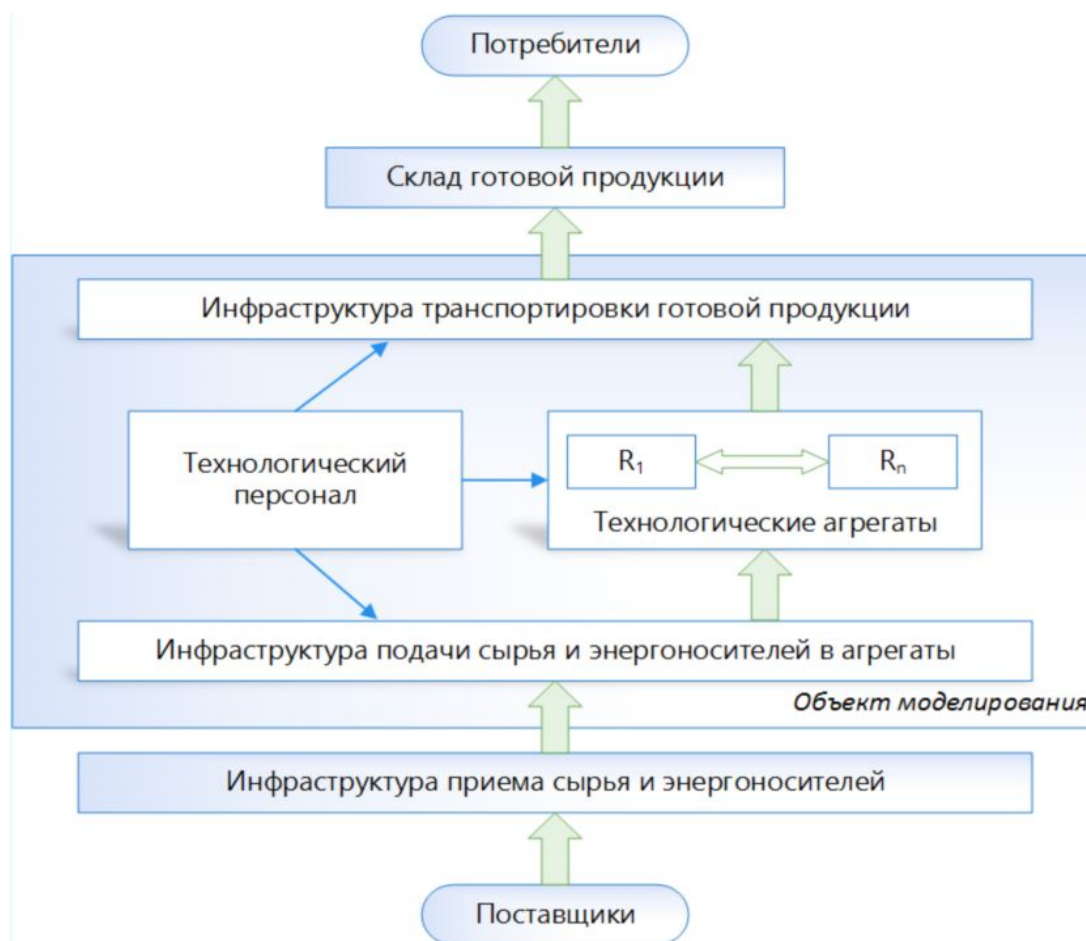


Рисунок 1 – Технические элементы технологического комплекса

Основные системные и базисные функциональные блоки технологического комплекса, как объекта моделирования, представлены на рисунке 2. Здесь S_i – стадия i технологического процесса, а S_{ij} – элемент j стадии.

Система математических моделей, которая необходима для создания 3D-виртуальной среды технологического комплекса, разработана в соответствии с рассмотренной выше логической иерархией объекта моделирования.



Рисунок 2 – Функциональные элементы технологического комплекса

Математические модели глобально делятся на три категории:

- модели, отражающие организационно производственный механизм функционирования технологическим комплексом в целом;
- модели, на основе которых осуществляются расчеты технологических процессов и работы оборудования;
- модели, выполняющие задачи расчета графических параметров объектов виртуального мира.

Функциональная структура системы моделей и связей их взаимодействия показана на рисунке 3. Кратко рассмотрим назначение основных базовых моделей.

Математическая модель и алгоритмы работы технологического комплекса является моделью верхнего уровня. Выполняет задачу вычисления необходимого количества сырья и энергетических ресурсов, а так же состояний главных агрегатов в зависимости от начальных условий. Кроме того, реализует функции управления и контроля состояния главных агрегатов.

Математические модели и алгоритмы работы оборудования являются моделями среднего уровня. Входные данные предоставляются моделями высокого уровня, а также моделями расчета технологических процессов. Данные модели подразделяются на три взаимодействующие между собой блока:

- модели и алгоритмы работы агрегатов и основного оборудования;
- модели и алгоритмы работы механизмов и вспомогательного оборудования;
- модели и алгоритмы действий технологического персонала, которые реализуют процедуру искусственного интеллекта в виде алгоритмов перемещения и выполнения набора действий.

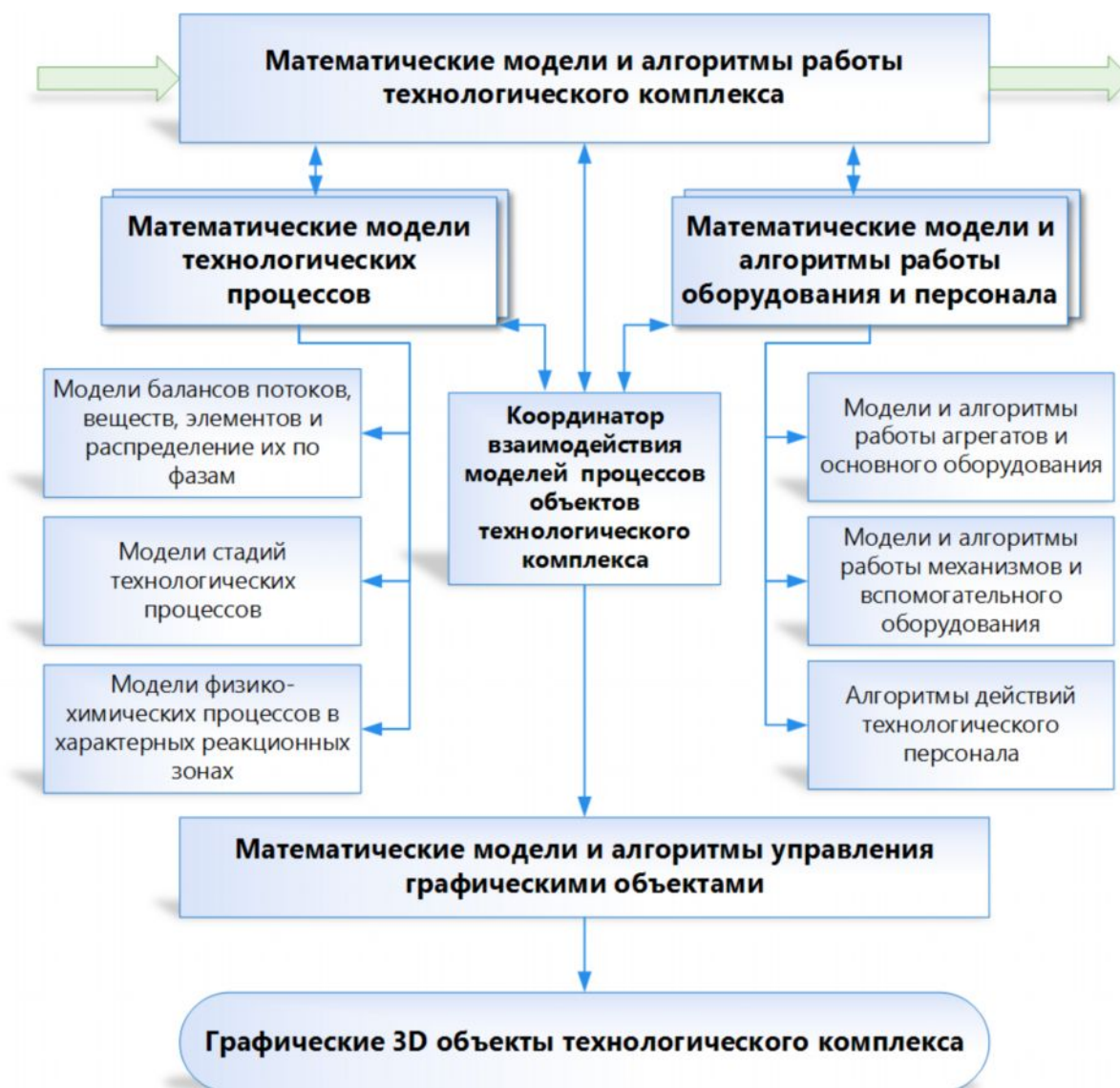


Рисунок 3 – Совокупность математических моделей 3D-виртуальной среды.

Математические модели технологических процессов в агрегатах являются моделями среднего уровня, входные данные представляются моделями высокого уровня. Данные модели подразделяются на три блока:

- математические модели балансов потоков, веществ, элементов и распределение их по фазам
- математические модели стадий или периодов технологического процесса.
- математические модели физико-химических процессов в характерных реакционных зонах.

Математические модели и алгоритмы управления графическими объектами являются моделями нижнего уровня. Реализуют алгоритмы управления графическими объектами. Ключевой задачей является преобразование параметров моделей среднего уровня в параметры 3D-графики.

Для этого используются параметры трансформации и отображения. Изменение параметров трансформации позволяет осуществлять как простейшие воздействия на объект в целом в виде сдвига, масштабирования, поворота, так и сложные – путем управления каждой вершиной объекта в отдельности. Параметрами отображения в трехмерном пространстве, которыми необходимо управлять являются цвет, прозрачность, отражение света, поглощение света.

В связи с высокими требованиями к быстродействию алгоритмы для выполнения задач реализовываются как на уровне центрального процессора, так и на уровне процессора графического контроллера.

Координатор взаимодействия моделей и объектов выполняет функции синхронизации расчетов, обмена данными между расчетными модулями системы и интерфейсами. Строится на основе принципов объектно-ориентированного проектирования программ согласно идеологии паттерну посредник (Mediator).

Графические 3D-объекты технологического комплекса распределяются на группы, которые отражают работу оборудования, наблюдаемые в реальности образы физико-химических процессов и действия персонала. Все объекты строятся из набора примитивов – трехмерных сеток, состоящих из вершин, треугольников и нормалей с наложенными на них материалами. В зависимости от сложности отображаемого объекта в качестве материала используется либо простейшая заливка поверхности однотонным цветом, либо распределенное статическое или динамическое поле. Для создания сложных образов, например, струя воды, горящий факел, применяются алгоритмы объединения графических примитивов в составные объекты и использования способов и источников освещения.

Практическое приложение подхода к формированию системы моделей при создании 3D-виртуальных сред технологических процессов и комплексов в докладе рассматривается на примере построения моделей для энерготехнологического комплекса и металлургического цеха. Структурно модели представляют системы линейных и нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений, которые обоснованы исходя из фундаментальных законов и анализа практик применения такого класса моделей для описания технологических процессов.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Слепцов В.В., Васильев А.М., Олейников Н.А.

*Московский государственный университет приборостроения и информатики
г. Москва*

В современных условиях производства проявляется устойчивая тенденция перехода к гибким автоматизированным производствам (ГПС), при этом важнейшее значение приобретает роботизация технологических процессов перемещения грузов в зонах изготовления и хранения продукции за счет использования напольного транспорта, главным образом, роботов.

В настоящее время робота́ры достаточно широко применяются в ГПС – так, например, гибкая производственная система (ГПС) «Робогейт» для точечной контактной сварки, установленная на одном из заводов фирмы ФИАТ, использует 50 роботов. Высоким качеством отличается роботизированная тележка производства SEW-EURODRIVE, которая используется для транспортировки грузов внутри цехов или складских комплексов. Все это говорит о важности работ по созданию РТУ.

Информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС) роботизированных транспортных устройств (РТУ) являются важнейшей составной частью этих устройств, в значительной мере определяющей их потребительские качества, поэтому повышение эффективности РТУ невозможно без совершенствования их ИИУС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– разработать методы и методику определения траектории движения РТУ, позво-

ляющую минимизировать один из критериев качества (например, быстродействие или энергопотребление);

– разработать математические модели следящих электроприводов ИИУС РТУ, учитывающие их основные особенности – ограничение сигналов регуляторов параметров и ограниченную емкость аккумуляторной батареи;

Анализ различных РТУ, применяемых в автоматизированном производстве, особенностей их конструктивного и схмотехнического исполнения, технических характеристик показал, что несмотря на разнообразие как самих РТУ, так и режимов и показателей качества их работы, основные элементы, используемые в них однотипны. Кроме того, проведенный анализ позволил определить усредненные характеристики робокар:

- грузоподъемность – до 500 кг;
- скорость перемещения – до 70 м/мин;
- ускорения при разгоне и торможении соответственно – до 0,5 и 0,7 м/с²;
- точность остановки робокара – до 30 мм;
- время цикла перегрузки – до 3 с;
- радиус поворота на максимальной скорости – не более 0,9 м;
- время работы без подзарядки аккумуляторов – не менее 6 ч;
- напряжение аккумуляторной батареи – 24 В;
- собственная масса робокара – не менее 425 кг.

Кроме того, РТУ был представлен в виде совокупности информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС) и $n+m+1$ исполнительных устройств, представленной на рисунке 1 [1].

Приняты следующие обозначения: $U_{зпi}$ – сигналы задания положения по каждой из управляемых координат (транспортных и ориентирующих); $U_{дпi}$ – сигналы с датчиков положения по каждой их управляемых координат; X_i – управляемые координаты; $U_{тдj}$ – сигналы с технологических датчиков; Z_i – технологические параметры; Y_i – управляемые технологические параметры.

Для проведения анализа и синтеза исполнительных электроприводов, входящих в состав ИИУС РТУ, была рассмотрена типовая структура электроприводов, которые строят по схеме с подчиненным регулированием параметров как на рисунке 2.

Приняты следующие обозначения:

$I_{зп}$, $I_{зс}$, $I_{зм}$ – соответственно сигналы задания положения, скорости и момента (тока);

$I_{дп}$, $I_{дс}$, $I_{дм}$ – соответственно сигналы с датчиков положения, скорости и момента;

M , Ω , γ – соответственно момент, скорость и положение исполнительного органа ЭД;

РП, РС, РМ – соответственно регуляторы положения, скорости и момента;

ДП, ДС, ДМ – соответственно датчики положения, скорости и момента;

УМ – усилитель момента;

ИП – источник питания.

Из-за необходимости обеспечить более длительный срок работы без подзарядки, в РТУ используют либо двигатели постоянного тока, либо вентильные двигатели, математические модели которых совпадают.

В этом случае, математическая модель автономного электропривода ИИУС РТУ имеет вид как на рисунок 3.

$U_{зп}$, $U_{зс}$, $U_{зт}$ – соответственно сигналы задания положения, скорости и тока;

$U_{дп}$, $U_{дс}$, $U_{дт}$ – соответственно сигналы с датчика положения, скорости и тока;

$U_{я}$, $I_{я}$ – соответственно напряжение и ток в ДПТ;

$M_{н}$ – внешний момент;

$\alpha_{д}$, ω – соответственно положение и скорость;

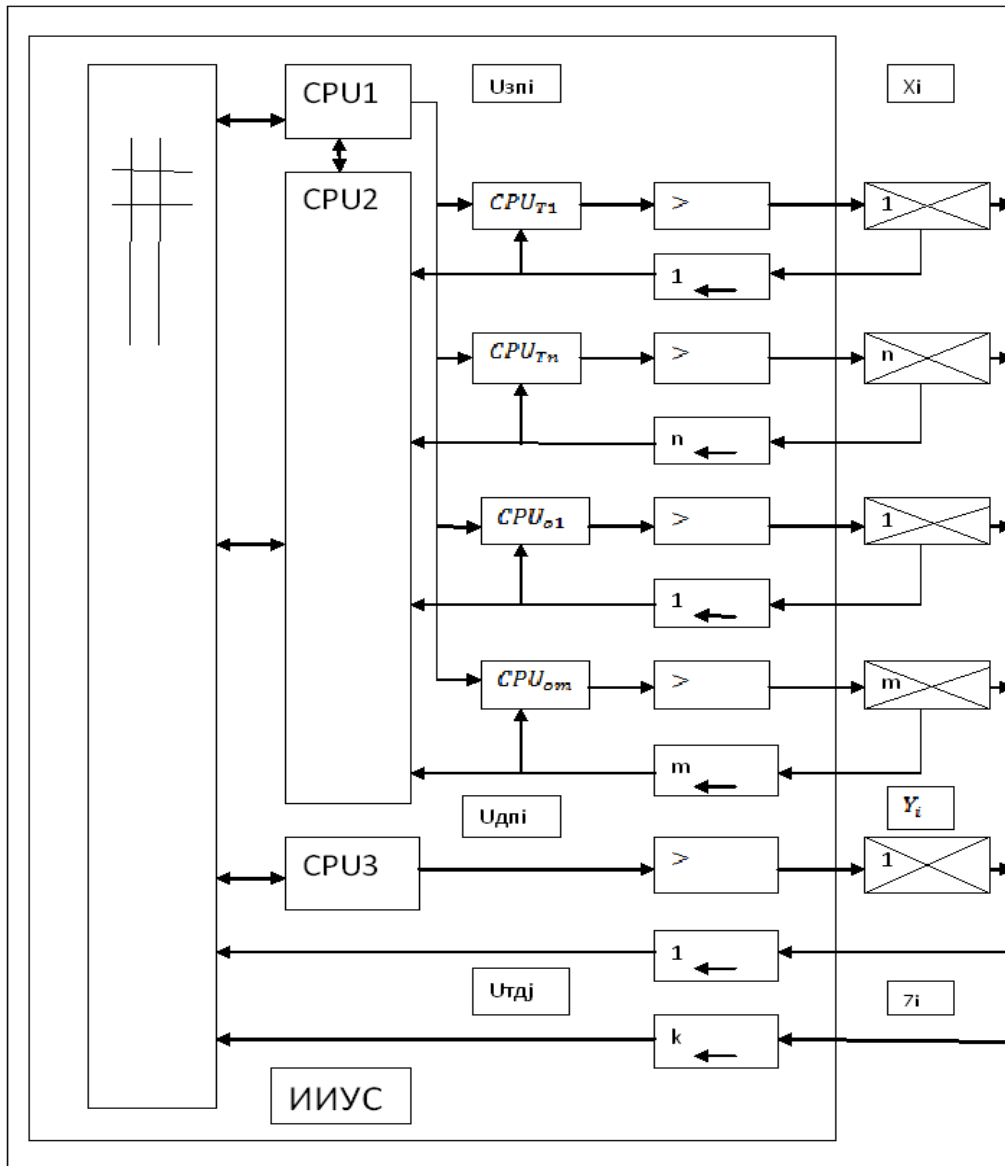


Рисунок 1 – Структура ИИУС РТУ

K_y, T_y – коэффициент передачи и постоянная времени усилителя мощности;
 R, L – соответственно активное сопротивление и индуктивность ДПП;
 J – момент инерции двигателя и нагрузки;
 K_m, K_ω – соответственно коэффициент передачи по моменту и противоЭДС ДПП;
 K_n, K_c, K_t – соответственно коэффициенты передачи датчиков скорости и тока;
 F_{rp}, F_{pc}, F_{pt} – нелинейности типа «ограничения» регуляторов скорости и тока;
 K_i – коэффициент изменения питания.

Анализ контуров положения ИИУС РТУ был проведен путем моделирования переходных процессов в контурах с помощью пакета «SIAM». При этом на вход автономного контура положения подавались линейно нарастающие сигналы интенсивностью 125, 250, 500 дискрет/с. Анализировались ошибки в контуре и перемещения.

Выяснилось, что контуры положения обладают неплохими техническими характеристиками, хотя и видны некоторые колебания вокруг задаваемой траектории.

Однако рассмотренная модель не учитывает одну очень важную особенность ИИУС РТУ. Дело в том, что все электроприводы РТУ работают от одной аккумуляторной батареи

и возникает опасность возникновения во время переходных процессов (при разгоне и торможении) провалов по питанию. Для анализа таких ситуаций математическую модель, представленную на рисунке 3, необходимо дополнить элементами, учитывающими свойства аккумуляторной батареи.

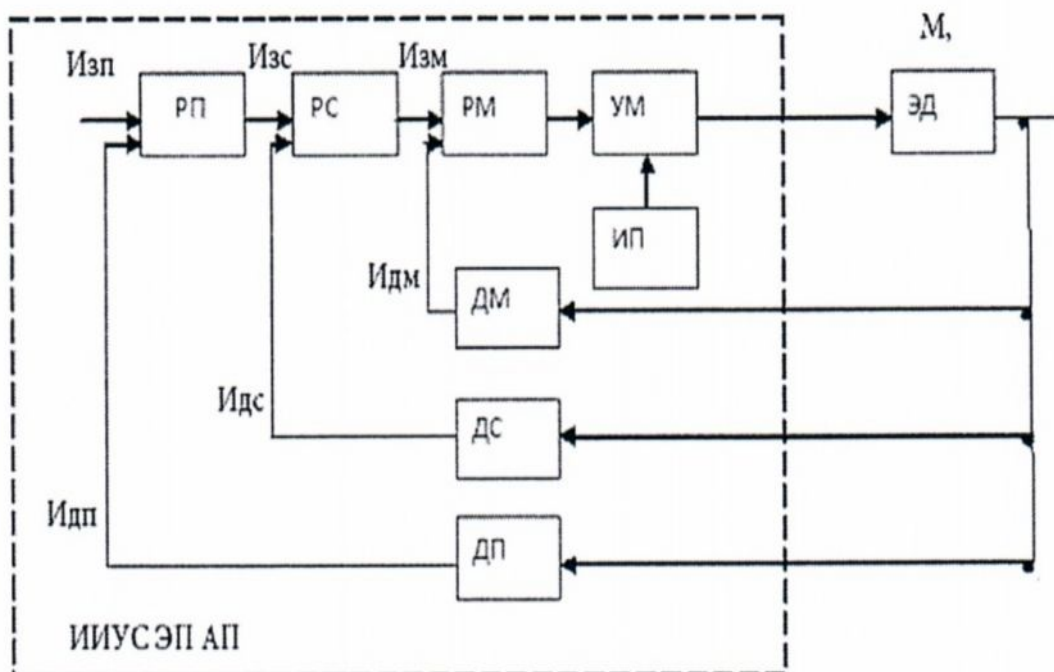


Рисунок 2 – Функциональная схема РЭП

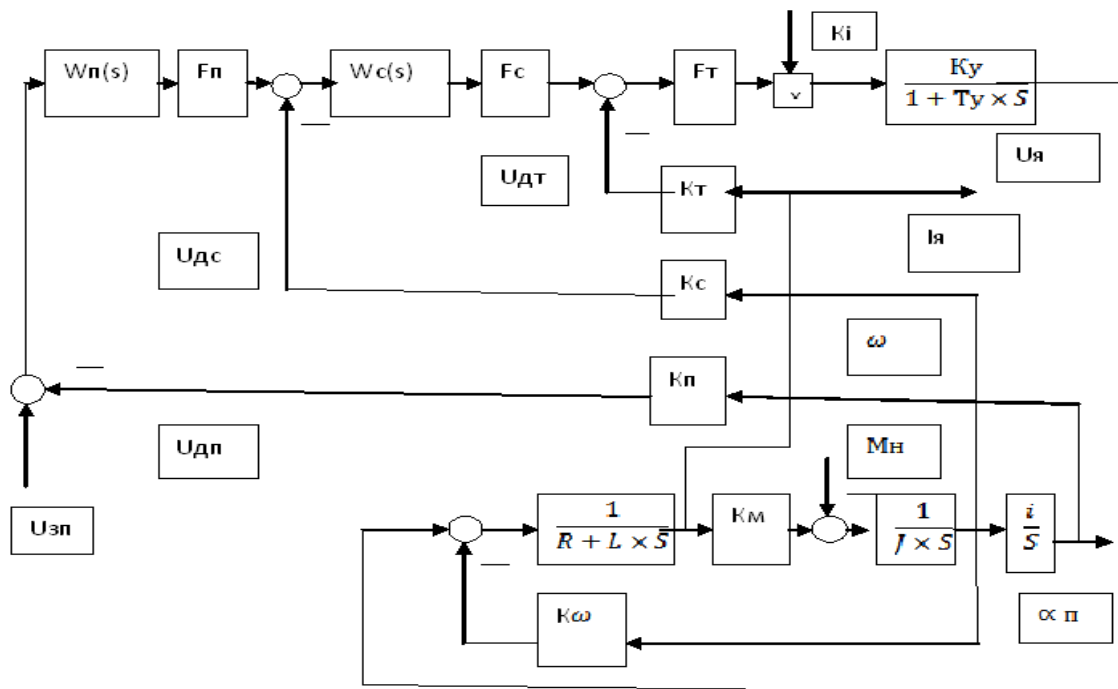


Рисунок 3 – Структурная схема автономного электропривода РТУ

С учетом вышеизложенного, математическую модель системы из 2-х электроприводов ИИУС РТУ можно представить в виде структурной схемы как на рисунке 4.

В этой схеме блоки выделения модуля и блок с передаточным коэффициентом K_i

учитывают эффект падения напряжения питания при больших токах, потребляемых электроприводами.

Исследования показали, что при малых скоростях движения РТУ переходные процессы в контуре положения практически не отличаются от процессов при постоянном напряжении, но при больших скоростях картина совсем иная. В контуре положения движение происходит «рывками» с соответствующим возрастанием ошибки примерно в 3 раза (с 83 до 270 дискрет). Это означает, что ускорения при разгоне и торможении электроприводов необходимо регулировать.

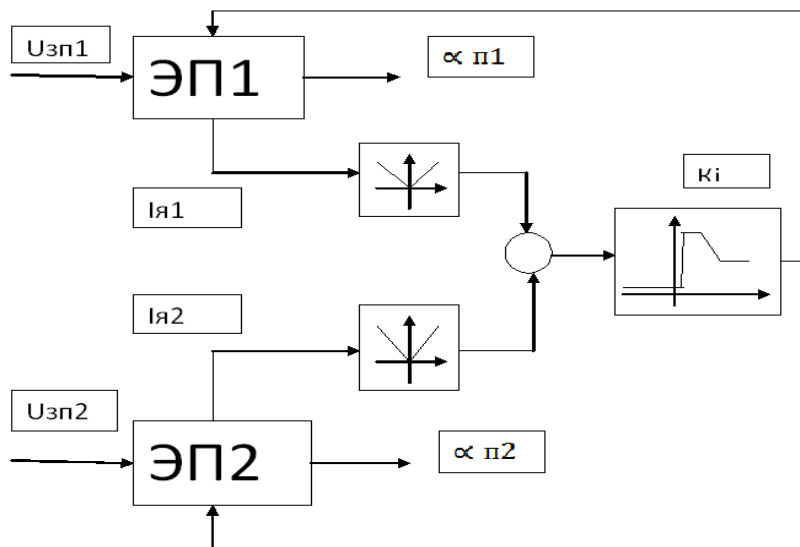


Рисунок 4 – Структурная схема системы электроприводов РТУ

Также в работе проводился анализ методов оптимизации, пригодных для решения задач планирования оптимальной по какому-либо критерию (быстродействию, энергоэффективности) траектории движения РТУ и выбора наиболее пригодного.

Анализировались следующие методы оптимизации: метод перебора, метод Монте-Карло, метод ветвей и границ, метод динамического программирования, метод массового обслуживания, метод конечных автоматов, метод сетей Петри, метод замещений на графах, который и выбран в качестве основного [2].

Был предложен алгоритм расчета оптимальной траектории РТУ, показавший высокую эффективность [1].

Также был проведен расчет части оптимальной траектории движения робокара РБТ-1 для опытного участка автоматизированного цеха, расположенного на территории ОАО «Центральный научно-исследовательский технологический институт», состоящего из комплекса отдельных робототехнических гибких автоматических линий, содержащих различные технологические машины (станки, лазерные технологические установки, сборочные роботы и т.д.).

Библиографический список

1. Васильев А.М., Костромин М.А., Резько А.П. Разработка обобщенной функциональной схемы информационно-измерительной и управляющей системы робокара. Научно-технический вестник Поволжья, 2013, № 2.
2. Горшков А.Ф. Метод замещений. – М.: КноРус, 2004. – 184 с.

О ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЙ РАЗВЕРТЫВАНИЯ РЕЛИЗОВ НА СТАДИИ ВНЕДРЕНИЯ СЕРВИСА

Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф., Койнов Р.С.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк

К основным задачам управления релизами и их развертыванием на стадии внедрения ИТ-сервиса относятся [1]:

- компоновка и сборка релизов в соответствии с требованиями, вытекающими из утвержденных изменений продуктивной среды;
- создание эффективных пакетных релизов, для тестирования и внедрения в продуктивную среду одного или более изменений;
- разработка процедуры (нормативной модели) тестирования механизмов релиза и информационных связей для минимизации сбоев в процессе операционной деятельности производственной системы;
- создание расписаний ключевых этапов тестирования и внедрения ИТ-релизов;
- синтез и виртуализация натуральных и модельных элементов тестовых сред;
- оптимизация компонентов релиза, направленная на снижение общего количества ошибок;
- разработка процедуры (нормативной модели) внедрения релиза в эксплуатационную среду бизнеса в соответствии со стратегиями и политиками ИТ-провайдера;

Стадию внедрения можно разделить на три основных этапа:

- 1) Формирование и оптимизация компонентов сервисного ИТ-релиза.
- 2) Создание тестовых сред, с применением техник виртуализации и элементов натурно – модельного подхода, а также проведение масштабных процедур тестирования.
- 3) Развертывание релизов в эксплуатационной среде.

Названные этапы целесообразно декомпозировать на элементы технологической схемы [2] (рисунок 1).

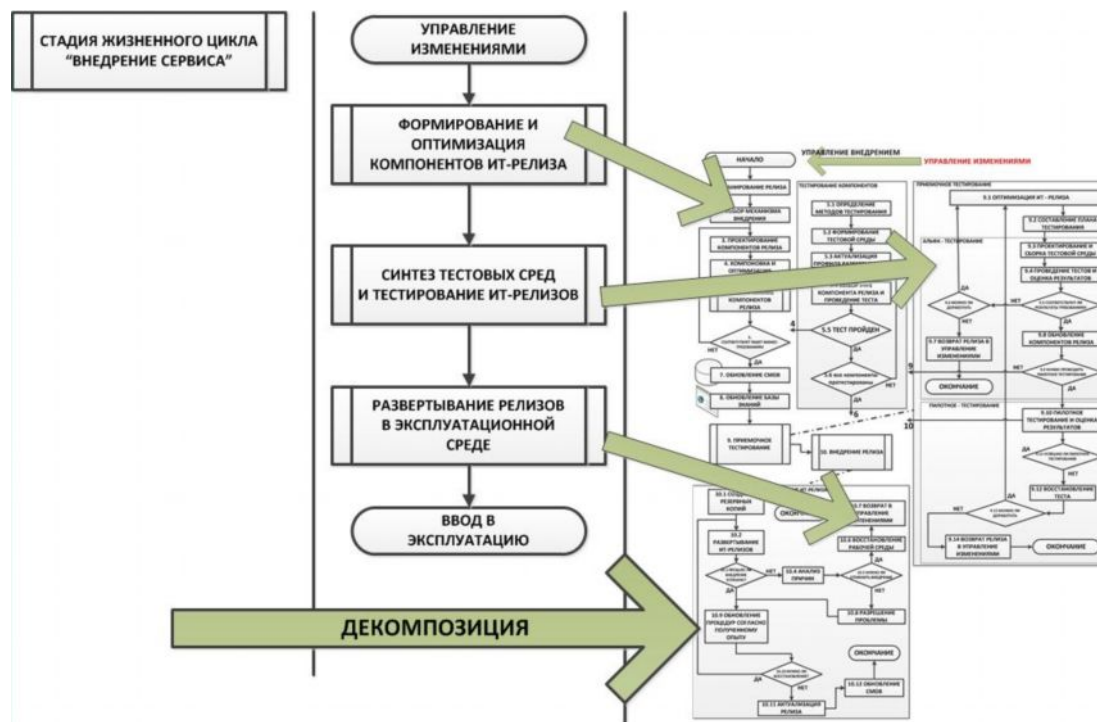


Рисунок 1 – Схема декомпозиции подпроцессов стадии внедрения сервиса

Построение расписания развертывания релиза в продуктивной среде бизнеса является важнейшим, так как эта операция завершает процессы стадии внедрения сервиса. После того, как релизы реализованы и протестированы необходимо выполнить комплекс работ ввода их в эксплуатацию. Успешное выполнение цикла работ по развертыванию сервиса является гарантией отсутствия проблем в операционной деятельности и достижения требуемых бизнес-целей заказчиками сервиса. Эксплуатационная среда находится в режиме непрерывной работы, с определенными остановками, которые могут быть использованы при развертывании ИТ-релизов.

Содержательная постановка задачи составления расписаний процесса развертывания релизов состоит в следующем [3,4]:

Дано:

1) Множество отдельных релизов $rel_i \in \overline{REL}$, часть из которых необходимо внедрять многократно.

2) Профиль rdp_i развертывания отдельного релиза, как подмножество конфигурационных элементов $\{CI_i, \dots, CI_j \in CMDB\}$, включающее инфраструктурные технологические и программные элементы, на которые релиз оказывает существенные рисковые воздействия.

3) Нормативные интервалы функционирования и простоев всего множества «технологических узлов», фактически, профилей развертывания релизов.

4) Перечень всех сервисных активов этапа развертывания и основных ролей, необходимых для выполнения квалификационных работ.

5) Интервал времени $[t, t + \Delta T]$ развертывания релизов.

Требуется:

Построить расписание развертывания ИТ-релизов в соответствии графиком доступности технологического узла (профиля развертывания релиза) rdp и допустимым риском. При этом следует минимизировать приращение риска развертывания, которое должно быть меньше допустимого приращения риска во времени $\Delta Risk / \Delta T < R_{\text{созл}}$, согласованного с бизнесом.

Ограничение:

1) Недопустимо одновременное использование конкретного сервисного актива в нескольких работах стадии развертывания сервиса на интервале времени $[t, t + \Delta T]$.

2) Формализация данной задачи, представлена ниже.

Дано:

1) Множество работ \overline{JB}_{rel} процесса развертывания ИТ-релизов в продуктивной среде.

2) Вектор сервисных релизов $\overline{REL} = \{rel_1, rel_2, \dots, rel_n\}$, сформированный на этапе постановки и решения задачи формирования сервисных релизов. Каждый отдельный сервисный релиз включает подмножество отдельных сервисных компонентов $rel_j = \{sk_{j1}, sk_{j2}, \dots, sk_{jn}\}$.

3) Множество профилей развертывания $\overline{RDP}_{rel,i} = \{CI_1, \dots, CI_N\}$ релиза, как подмножества всех элементов эксплуатационной среды $CMDB$.

4) Булева матрица нормативных интервалов проведения работ и простоев эксплуатационной среды:

$$M_{M_OP}[Day, m \cdot TimeSlot] = true \mid false, \quad (1)$$

где $TimeSlot$ – нормативный временной интервал для отрезка планирования; m – масштабирующий коэффициент времени, преобразованный к удобному для использования ИТ-провайдером виду.

Риск неудачного развертывания отдельного сервисного релиза, определяемый как значение пороговой функции:

$$Risk_{rel} = \sum_{rel \in REL} \sum_{sk=1}^{Sk} M_{M_CI} [Sk_{ij}, CI_{type,i} \in rdp_{rel}] \leq R_1. \quad (2)$$

6) Критерий оптимальности:

Минимизация совокупного времени выполнения всех процессов, если отношение (3) характеризует связность работ по развертыванию отдельных ИТ-релизов.

$$\gamma_{rel_i,rel_j} = \begin{cases} 1, & \text{если } JB_i \rightarrow JB_j \\ -1 & \text{если } JB_j \rightarrow JB_i \\ 0, & \text{если } JB_i \text{ и } JB_j \text{ независимы} \end{cases}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{rel_i,rel_j} \Delta t_{i,j} \rightarrow \min. \quad (4)$$

7) Ограничения:

Приращение риска развертывания релизов должно быть согласовано с уровнем договоренности бизнеса и ИТ-провайдера

$$\frac{\sum_{r \in REL} \sum_{sk=1}^{Sk} M_{M_CI} [Sk_{ij}, CI_{type,i} \in rdp_{rel}]}{\Delta t} \leq R_2. \quad (5)$$

Пусть некоторый сервисный актив используется на интервале времени $[t, t + \Delta t]$. Тогда используем семантическое выражение, если актив a_i используется в процессе или работе JB_j

$$\delta_{JB_j}^{a_i} = \begin{cases} 0, & \text{если актив } a_i \text{ не используется в работе } JB_j \\ 1, & \text{если актив } a_i \text{ используется в процессе } JB_j \end{cases}. \quad (6)$$

Тогда ограничение, связанное с использованием последовательного актива можно представить выражением (7)

$$0 \leq \sum_{t \in T_0 + \Delta T} \sum_{j=1, JB_j \in T_0 + \Delta T}^J \delta_{JB_j}^{a_i} \leq 1. \quad (7)$$

По аналогии, использование параллельного актива не более N раз на временном интервале $[t, t + \Delta t]$, описывается выражением (8):

$$0 \leq \sum_{t \in T_0 + \Delta T} \sum_{j=1, JB_j \in T_0 + \Delta T}^J \delta_{JB_j}^{a_i} \leq N. \quad (8)$$

Библиографический список

1. OGC-ITIL V3-2 Service Transition, TSO 2007.
2. Добрынин А.С. Кулаков С.М. Зимин В.В. Формализация задачи составления расписаний для стадии внедрения ИТ-сервиса. // Научное обозрение: Теория и практика». – 2013. – № 2. – С. 47–52, с. 110.
3. Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В. Постановка задачи компоновки релизов с учетом рисков на стадии внедрения ИТ-сервисов // Научное обозрение: теория и практика. – 2013. – № 2. – С. 41–46, 110.
4. Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф. О формировании комплекса инструментальных средств ИТ-провайдера для построения расписаний процесса внедрения сервиса // Научное обозрение. – 2013. – № 8. – С. 93–101, 210.

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ЕГО ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Евтушенко В.Ф., Макаров Г.В., Буркова Е.В.

Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

Выявление устойчивых тенденций динамических свойств объектов управления и действующих на них возмущений (контролируемых и неконтролируемых) есть одна из важных задач в системе управления нестационарными объектами. В дальнейшем взаимосвязанную совокупность объекта управления и влияющих на его состояние внешних возмущений будем называть комплексом «объект управления – внешнее возмущение» или сокращенно комплекс «О – В». Указанная задача является актуальной, в частности, при установлении подобия систем управления [1], а также при идентификации объектов управления [2]. В первом случае оценивание нестационарности свойств комплекса «О – В» диктуется необходимостью целенаправленного изменения (управления) этими свойствами с целью сохранения подобия систем управления нестационарными объектами. Во втором случае это необходимо для своевременного проведения активных или комбинированных экспериментов с целью получения достоверных данных для построения адекватных математических моделей каналов преобразования объекта управления.

Поэтому для систем управления такими объектами целесообразно разрабатывать и реализовывать специальные алгоритмы оценивания нестационарности свойств комплекса «О – В». Одно из основных требований, предъявляемых к качеству функционирования таких алгоритмов, должно быть связано с однозначным определением причины появления такой нестационарности: изменений динамических свойств каналов преобразования объекта управления или свойств действующих на него возмущений. В дальнейшем с целью упрощения, но без потери общности, будем рассматривать разработку и исследование алгоритма оценивания нестационарности применительно к объекту, являющегося частью системы регулирования по отклонению.

В данной статье рассматривается один из вариантов такого алгоритма оценивания нестационарности, в основу которого положены следующие предположения (гипотезы), связанные с выбором признаков возможной нестационарности комплекса «О – В».

1. Дрейф динамических характеристик каналов преобразования объекта управления и существенные изменения таких свойств внешних возмущений как их уровень, разброс относительно этого уровня, память динамического процесса (ряда) обязательно окажут влияние на эффективность функционирования систем управления. Следовательно, соответствующие критерии эффективности будут количественно отображать это изменение, в частности, среднемодульная ошибка регулирования $Q_p(i)$, где i – дискретное время, будет возрастать при увеличении дисперсии внешних возмущений.

Можно надеяться с большой вероятностью, что текущее отслеживание значений такой ошибки регулирования, принятой в качестве признака, позволит оперативно оценивать зарождающуюся тенденцию свойств нестационарного комплекса «О – В». Однако однозначно определить причину появления этой тенденции, основываясь только на анализе одного такого критерия, по-видимому, невозможно. Следует дополнительно привлекать для этой цели другие информативные признаки.

2. Аналогичные рассуждения позволили сформировать в качестве признаков нестационарных свойств комплекса «О – В» следующий вектор показателей

$$P = \{P_j\}; \quad j = 1, 2, 3, 4, \quad (1)$$

где P_1 – среднемодульная ошибка регулирования $Q_p(i)$; P_2 – среднемодульная ошибка

экстраполяции $Q_3(i)$ приведенных к выходу объекта регулирования возмущений как интегральной оценки неконтролируемых возмущений; P_3 – оценка коэффициента корреляции $r_q(i)$, отражающая линейную статистическую связь текущих значений критериев $Q_p(i)$ и $Q_3(i)$, выраженных через среднемодульную ошибку регулирования и экстраполяции, соответственно; P_4 – оценка коэффициента корреляции $r_\varepsilon(i)$, отражающая линейную статистическую связь текущих значений ошибок регулирования $\varepsilon_p(i)$ и экстраполяции приведенных возмущений $\varepsilon_3(i)$.

3. Будем считать также, что реакции выбранных в качестве признаков показателей комплекса «О – В» будут значимо отличаться друг от друга при одинаковых изменениях свойств объекта управления и/или действующих на него внешних возмущений. В этом случае каждый конкретный тип нестационарности рассматриваемого комплекса должен характеризоваться различным сочетанием качественных изменений выбранных признаков, а это, в свою очередь, позволит оценить причину его (комплекса) нестационарности.

4. Для выявления зарождающихся изменений (тенденций) выбранных признаков целесообразно использовать вычислительную процедуру, основанную на расчете текущих значений оценки скорости изменения $\tilde{v}(i)$ соответствующего признака, полагая при этом, что выполнение условия

$$|\tilde{v}(i)| \geq \delta v, \quad (2)$$

где δv – допустимое значение скорости тренда соответствующего признака нестационарности, превышение которого соответствует началу зарождения тенденции, характеризует появление тенденции в исследуемом динамическом ряде, а многократное выполнение условия (2) характеризует устойчивое наличие этой тенденции.

Ниже приведена укрупненная структура (рисунок 1) и краткое описание функционирования алгоритма оценивания нестационарности свойств комплекса «О – В». В основу формирования этой укрупненной структуры положена многоэтапная итерационная процедура, включающая первоначальное формирование нескольких перспективных вариантов алгоритма, настройку, исследование и оценку эффективности каждой структуры с помощью модельных, натурно-модельных экспериментов и последующую корректировку первоначально выбранных вариантов.

В алгоритме предусматривается реализация следующих основных операций.

Ввод исходных данных о входных, выходных воздействиях и проверка их достоверности производится в алгоритмическом блоке 1.

При вводе исходных данных в процессе функционирования системы используются типовые процедуры, как правило, предусматривающие следующих два способа [3]:

– автоматический, из общей базы исходных данных при наличии действующей автоматизированной информационной системы;

– ручной, с помощью клавиатуры ЭВМ и (или) специальных устройств ручного ввода данных.

Проверка достоверности исходных данных осуществляется после их ввода и включает как типовые логические операции, используемые практически в любых алгоритмах, так и не типовые, учитывающие конкретные задачи и особенности объектов исследования. К числу типовых, в частности, относятся проверка попадания текущих значений в рабочий (допустимый) диапазон их изменения как по уровню

$$Z^{\min} \leq Z(i) \leq Z^{\max}, \quad (3)$$

так и по приращениям $\delta Z(i) = |Z(i) - Z(i-1)|$

$$\delta Z^{\min} \leq \delta Z(i) \leq \delta Z^{\max}. \quad (4)$$

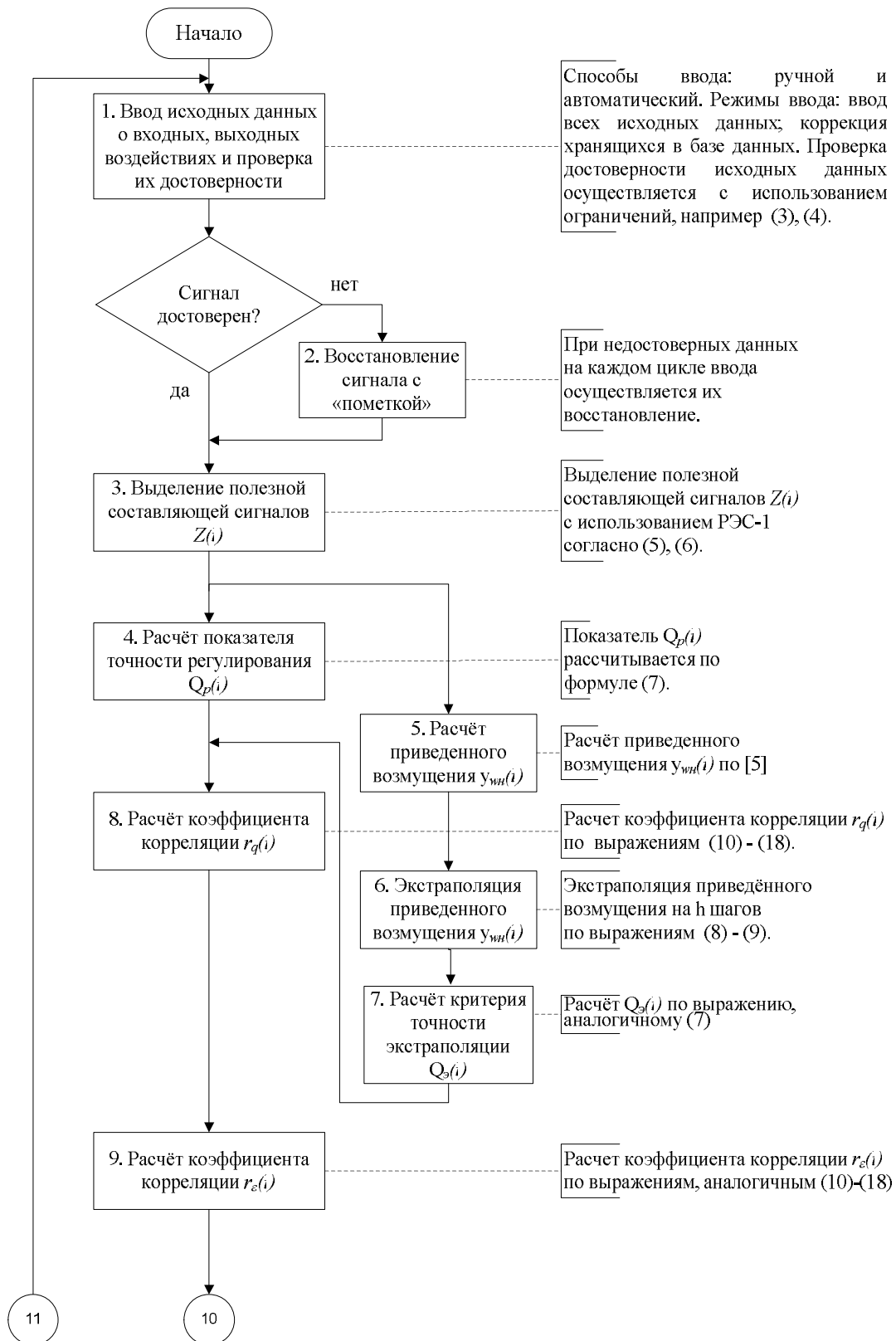
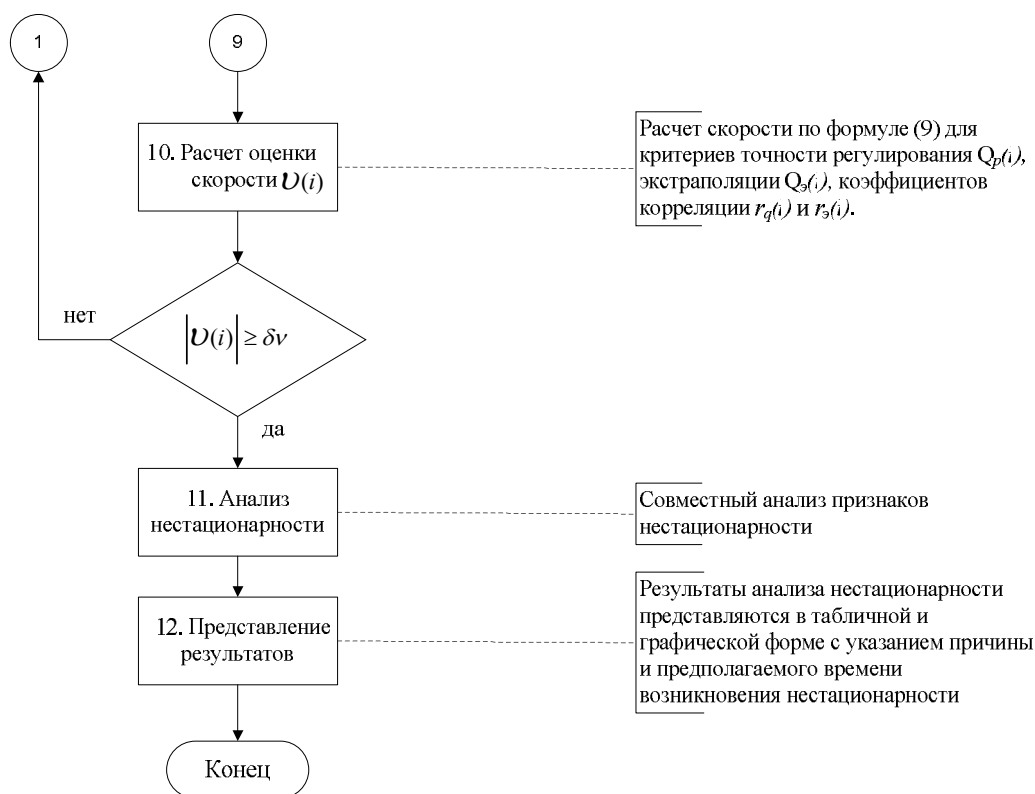


Рисунок 1 – Структура алгоритма оценивания нестационарности свойств комплекса «О – В»



Окончание рисунка 1

В случае недостоверности сигнала $Z(i)$ осуществляется в алгоритмическом блоке 2 его восстановление, для чего могут быть использованы, например, алгоритмы экстраполяции [4]. Восстановленный сигнал, как правило, сопровождается соответствующей меткой.

Выделение полезной составляющей сигналов $Z(i)$ в алгоритмическом блоке 3 осуществляется с помощью известных процедур фильтрации [4], конкретная структура которых определяется свойствами самого сигнала. В частности, при наличии грубых ошибок (выбросов) могут быть применены процедуры релейно-экспоненциального сглаживания первого порядка (РЭС-1). Формульное представление алгоритма РЭС-1 имеет вид:

$$\tilde{Z}_m(i) = \tilde{Z}_m(i-1) + \alpha_m \cdot \begin{cases} [Z_m(i) - \tilde{Z}_m(i-1)] & \text{при } |[\cdot]| \leq \beta_m; \\ \beta_m \cdot \text{Sign}([\cdot]) & \text{при } |[\cdot]| > \beta_m, \end{cases} \quad (5)$$

где α_m и β_m , $m=1, \dots, M_l$ – настроечные коэффициенты, первый из которых характеризует инерционность сглаживающего фильтра, а второй – наибольшее приращение сглаженных значений $Z_m(i)$ на соседних отсчетах; надстроечный индекс « $\tilde{\cdot}$ » означает сглаженную оценку сигнала; $\text{Sign}(\cdot)$ – знаковая функция вида:

$$\text{Sign}(\cdot) = \begin{cases} -1 & \text{при } (\cdot) < 0; \\ 0 & \text{при } (\cdot) = 0; \\ 1 & \text{при } (\cdot) > 0. \end{cases} \quad (6)$$

Расчёт показателя точности регулирования $Q_p(i)$ осуществляется в блоке 4 на каждом шаге моделирования в соответствии с выражением

$$Q_p(i) = Q_p(i-1) + \alpha_p \left[|y^*(i) - y(i)| - Q_p(i-1) \right] \quad (7)$$

где α_p – коэффициент сглаживания, $y^*(i)$ и $y(i)$ – соответственно, задающее и выходное воздействия системы регулирования.

Приведенное возмущение $y_{\text{вн}}(i)$ рассчитывается в алгоритмическом блоке 5. Существует две схемы расчета приведенных возмущений. Первая из них [5] предназначена для расчета приведенных к выходу объекта $y_{\text{вн}}(i)$ возмущений и использует математические модели каналов преобразования отклонений входных (регулирующих $u(i)$) и контролируемых внешних $w_k(i)$ воздействий объекта в отклонения выходных воздействий $y(i)$, а также регистрируемые в действующей системе данные о входных и выходных воздействиях. Согласно второй схеме [6] неконтролируемые возмущения приводятся к одному из управляющих входов объекта управления. Отметим, что изложенные в [5] и [6] схемы косвенного оценивания неконтролируемых возмущений справедливы при выполнении гипотезы о линейности объекта. В предлагаемом алгоритме контроля нестационарности свойств комплекса «О – В» в качестве косвенной оценки неконтролируемых возмущений используются приведенные к выходу объекта управления возмущения. Однако можно предположить, что свойства алгоритма и его эффективность существенно не изменятся при использовании в нем возмущения, приведенного к одному из регулирующих входов.

Экстраполяция приведенного возмущения $y_{\text{вн}}^3(i+h)$; $h = 1, 2, 3, \dots, H$, осуществляется в блоке 6 на h будущих шагов дискретного времени с использованием на i -м шаге оценки скорости $\tilde{V}_y(i)$ тренда экстраполируемого сигнала

$$y_{\text{вн}}^3(i+h) = \tilde{y}_{\text{вн}}(i) + h \cdot \tilde{V}_y(i); \quad (8)$$

$$\tilde{V}_y(i) = \frac{\tilde{y}_{\text{вн}}(i) - \tilde{y}_{\text{вн}}(i-L)}{L}, \quad (9)$$

где L – настроечный параметр.

Расчет критерия точности $Q_3(i)$ экстраполяции значений приведенных возмущений осуществляется в алгоритмическом блоке 7 в соответствии с выражением, аналогичном (7).

Оценка коэффициента корреляции $r_q(i)$ между значениями критериев точности регулирования $Q_p(i)$ и экстраполяции $Q_3(i)$ рассчитывается в блоке 8 в соответствии со следующими выражениями

$$r_{q.}(i) = \frac{R_q(i)}{\sigma_p(i) \cdot \sigma_3(i)}; \quad (10)$$

$$R_q(i) = R_q(i-1) + \alpha_R [\delta Q_p(i) \cdot \delta Q_3(i) - R_q(i-1)]; \quad (11)$$

$$\delta Q_p(i) = Q_p(i) - Q_p^{cp}(i); \quad (12)$$

$$\delta Q_3(i) = Q_3(i) - Q_3^{cp}(i); \quad (13)$$

$$Q_p^{cp}(i) = Q_p^{cp}(i-1) + \alpha_p [Q_p(i) - Q_p^{cp}(i-1)]; \quad (14)$$

$$Q_3^{cp}(i) = Q_3^{cp}(i-1) + \alpha_3 [Q_3(i) - Q_3^{cp}(i-1)]; \quad (15)$$

$$\sigma_p^2(i) = \sigma_p^2(i-1) + \alpha_\sigma [\delta q_p^2(i) - \sigma_p^2(i-1)]; \quad (16)$$

$$\sigma_3^2(i) = \sigma_3^2(i-1) + \alpha_\sigma [\delta Q_3^2(i) - \sigma_3^2(i-1)]; \quad (17)$$

$$\sigma_\varepsilon(i) = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2(i)}; \quad \sigma_u(i) = \sqrt{\sigma_u^2(i)}, \quad (18)$$

где $R_q(i)$ – корреляционный момент между $Q_p(i)$ и $Q_s(i)$ в i -й момент времени; $Q_s^p(i)$ – среднее значение показателей $Q_p(i)$ и $Q_s(i)$; α_R ; α_ε ; α_σ – коэффициенты сглаживания; $\sigma_p^2(i)$; $\sigma_s^2(i)$ – дисперсии критериев точности регулирования $Q_p(i)$ и экстраполяции $Q_s(i)$, рассчитанные в i -й момент времени.

Оценка коэффициента корреляции $r_\varepsilon(i)$ между ошибками регулирования и экстраполяции рассчитывается в алгоритмическом блоке 9 с использованием выражений, аналогичных выражениям (10) – (18).

Расчет оценки скорости тренда (блок 10) по каждому признаку нестационарности осуществляется в соответствии с выражением, аналогичным выражению (9).

Для последующего анализа дрейфа параметров динамической модели каналов преобразования входных воздействий объекта регулирования и статистических характеристик этих воздействий в логическом блоке осуществляется проверка условия (2). Устойчивое (по ряд наперед заданном числе шагов расчета) выполнение этого условия должно характеризовать тенденцию по каждому из выбранных признаков.

Анализ нестационарности свойств комплекса «О – В» производится в блоке 11, исходя из данных о наличии тренда признаков, а также знака этого тренда. По их сочетанию возможно сделать вывод о причине нестационарности, а также времени ее возникновения. Результаты анализа признаков представляются (алгоритмический блок 12) исследователю как в графической, так и в табличной форме с указанием причины и времени возникновения нестационарности с целью принятия решения о направлении дальнейших исследований или реализации соответствующих управляющих воздействий, в частности, для увеличения степени подобия систем управления.

Предварительная проверка предлагаемого алгоритма на модельных примерах показала его работоспособность и возможность использования в задачах контроля нестационарности свойств комплекса «О – В», что указывает на целесообразность проведения исследований его эффективности на модельных, натурно-модельных и натуральных данных.

Вывод. Разработан алгоритм оценивания нестационарности объекта управления и его внешних воздействий, основанный на расчете и анализе сформированного множества таких показателей, как среднемодульные ошибки регулирования и экстраполяции приведенного возмущения, оценки коэффициентов корреляции между этими критериями, а также между ошибками регулирования и экстраполяции приведенного возмущения.

Библиографический список

1. Мышляев Л.П. Понятия и условия подобия систем управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, Д.Г. Березин, Г.В. Макаров, К.А. Ивушкин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2012, №12, – С. 58-60.
2. Идентификация динамических характеристик установки сжигания водоугольного топлива / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, К.Г. Венгер, М.Г. Чичиндаев, А.А. Куценко // Вестник КузГТУ, 2011. №5. – С. 117-122.
3. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово; М.:Издат. объединение «Российские университеты»:Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
4. Андерсен Т. Статистический анализ временных рядов: пер. с англ./ Т. Андерсен.– М.: Мир, 1976. – 756 с.
5. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 439 с.
6. Барковский В.В. Методы синтеза систем управления./ В.В. Барковский, В.Н. Захаров, А.С. Шаталов. – М.: Машиностроение, 1969. – 385 с.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ЕГО ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Евтушенко В.Ф., Макаров Г.В., Буркова Е.В.
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

В данном сообщении приводятся постановка, схема и результаты решения задачи численного исследования алгоритма оценивания нестационарности взаимосвязанной совокупности объекта управления и влияющих на его состояния внешних воздействий. Назначение этого алгоритма, структура и описание его функционирования приведены в [1]. В этом алгоритме для выявления нестационарных свойств взаимосвязанного комплекса «объект управления – внешние воздействия» (комплекс «О – В») применительно к системам регулирования по отклонению используется следующий вектор признаков $P = \{P_j\}; j=1,2,3,4,$

P_1 – среднемодульная ошибка регулирования $Q_p(i)$; P_2 – среднемодульная ошибка экстраполяции $Q_e(i)$ приведенных к выходу объекта регулирования возмущений как интегральной оценки неконтролируемых возмущений; P_3 – оценка коэффициента корреляции $r_q(i)$, отражающая линейную статистическую связь текущих значений критериев $Q_p(i)$ и $Q_e(i)$, выраженных через среднемодульную ошибку регулирования и экстраполяции, соответственно; P_4 – оценка коэффициента корреляции $r_\varepsilon(i)$, отражающая линейную статистическую связь текущих значений ошибок регулирования $\varepsilon_p(i)$ и ошибок экстраполяции $\varepsilon_e(i)$.

Основной целью исследования является оценивание работоспособности и эффективности алгоритма контроля нестационарности комплекса «О – В», которые в основном будут определяться информативностью указанного вектора признаков P . В дальнейшем под информативностью признака будем понимать его свойство значимо изменять свое значение при изменении динамических свойств каналов преобразования объекта регулирования и влияющих на его состояние внешних воздействий, чтобы своевременно оценить зарождающиеся тенденции нестационарности комплекса «О – В». При этом важно не только своевременно определить зарождающиеся тенденции нестационарности, но и ее причину: изменение динамических свойств преобразующих каналов объекта и/или характеристик внешних воздействий.

Постановка задачи исследования представлена в следующем виде.

Дано.

1. Структура модельной системы регулирования по отклонению при наличии действующих на объект неконтролируемых возмущений (рисунок 1).

На рисунке 1 приняты следующие обозначения. $u(s)$ – управляющее воздействие, $w_n(s)$ – неконтролируемые внешние возмущения, $y(s)$ – выходное воздействие, $y^*(s)$ – задающее воздействие, $\varepsilon(s)$ – ошибка регулирования, представленные в пространстве оператора дифференцирования s .

2. Алгоритм оценивания нестационарности комплекса «О – В» [1].

3. Математическая модель канала преобразования регулирующих воздействий, представленная в операторной форме с помощью последовательно соединенных инерционного звена первого порядка и звена запаздывания

$$\varphi_u(s) = \frac{k_u}{T_u s + 1} e^{-\tau_u s}. \quad (1)$$

где k_u – коэффициент передачи; T_u – время инерции; τ_u – время запаздывания канала преобразования регулируемых воздействий.

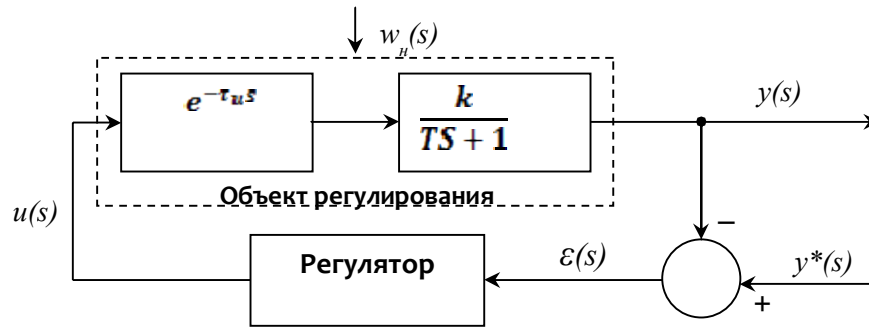


Рисунок 1 – Блок-схема САР по отклонению

3. Приведенные к выходу объекта возмущения – стационарный динамический временной ряд с заданной автокорреляционной функцией (АКФ)

$$R_{np}(\theta) = \sigma_{np}^2 e^{-\alpha|\theta|}, \quad (2)$$

где σ_{np}^2 – дисперсия приведенного возмущения, α – коэффициент спада АКФ, θ – время сдвига между сечениями ряда приведенных возмущений.

4. Закон регулирования для ПИ-регулятора с передаточной функцией

$$W_{пи}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right). \quad (3)$$

5. Вектор признаков

$$P = \{P_j\}; \quad j=1,2,3,4. \quad (4)$$

6. Начальные условия

$$y_u(0) = 0; u(0) = 0; y_{np}(0) = 0; y^* = 0. \quad (5)$$

7. Ограничение в виде условия воспроизводимости реализаций приведенных возмущений в стационарном режиме, т.е. при зафиксированных (постоянных) значениях параметров k_u , T_u , τ_u , дисперсии σ_{np}^2 и коэффициента спада α автокорреляционной функции, выраженное через целевой критерий эффективности системы, в частности, через среднемодульную ошибку регулирования q_p ,

$$|Q_{pk}^n - Q_{pl}^n| \leq 0,05; \quad k \neq l, \quad (6)$$

где k, l – условный номер реализаций приведенного возмущения; надстрочный символ «н» означает нормализованные значения критерия, рассчитанные как отношение их текущих значений к средневыборочному.

Требуется.

Оценить работоспособность и эффективность функционирования алгоритма контроля нестационарности объекта управления и влияющих на его состояния внешних воздействий.

Условия моделирования

1. Для моделирования системы регулирования по отклонению (рисунок 1) использовали эквивалентную ей модельную схему с приведенным к выходу объекта возмущением [2].

2. Генерирование динамического ряда приведенных к выходу объекта возмущений осуществляли с помощью алгоритма, основанного на модели авторегрессии порядка n

$$y_{wh}(i) = \sum_{j=1}^n \alpha_j(i) \cdot y_{wh}(i-j) + \varepsilon(i), \quad (7)$$

где α_j ; $j=1,2,3,4$ – коэффициенты авторегрессии; $\varepsilon(i)$ – псевдобелый шум; j – промежуточная переменная.

3. Для получения требуемой точности воспроизведения статистических характеристик (дисперсии и нормированной автокорреляционной функции) стационарного временного ряда $y_{wh}(i)$ была разработана процедура коррекции коэффициентов авторегрессии α_j ; $j=1,2,3,4$, выражения (7) по обратной связи, в зависимости от разности между заданным и фактическим значениями сформированной автокорреляционной функции при каждом фиксированном значении j . Значения параметров модели приведенных возмущений изменяли в диапазоне

$$1,0 \geq \sigma_{np}^2 \leq 2,0; \quad 0,01 \geq 1\alpha \leq 0,1. \quad (8)$$

4. Для реализации выражений (1) и (3) в процессе моделирования они были предварительно преобразованы методом Z-преобразования в рекуррентно-разностные выражения.

5. Значения параметров закона регулирования (3) определяли в соответствии с инженерной методикой, представленной в [2].

6. Значения составляющих вектора признаков P рассчитывали по рекуррентно-разностным выражениям, приведенным в [1]. Расчеты среднемодульной ошибки регулирования $Q_p(i)$ и экстраполяции $Q_e(i)$ осуществляли в соответствии с выражениями, аналогичными выражениям (7) в [1], а оценки коэффициента корреляции $r_q(i)$ и $r_\varepsilon(i)$ – в соответствии с выражениями (10)–(18) в [1].

7. Интервал моделирования изменяли в диапазоне $I=3000 \div 6000$ с. Шаг дискретизации по времени $\Delta t=1$ с. Значения коэффициента по α меняли с шагом дискретизации $\Delta\alpha=0,01$.

Схема проведения численного эксперимента

В процессе численного моделирования было реализовано два режима функционирования модельного комплекса «О – В» и, соответственно, два режима функционирования системы регулирования. Первый – стационарный режим, который характеризовался постоянными значениями параметров модельного объекта регулирования k_u , T_u , τ_u , а также постоянными значениями характеристик приведенного возмущения $y_{wh}(i)$: дисперсии и коэффициента спада нормированной автокорреляционной функции. Второй режим – нестационарный, когда в процессе моделирования целенаправленно изменяли параметры модели объекта и приведенных возмущений.

Основная задача первого режима моделирования заключалась в определении таких значений параметров рекуррентно-разностных соотношений для расчета значений составляющих вектора признаков P , которые обеспечили бы требуемую точность воспроизводимости реализаций приведенных к выходу объекта возмущений, выраженную через ограничение (6). Для этого использовали поисковые процедуры оптимизации, в частности, основанные на методе деформируемых многогранников [3].

Во втором режиме численного моделирования оценивали информативность вектора признаков P при изменении значений коэффициента передачи объекта регулирования, дисперсии и коэффициента спада автокорреляционной функции приведенного возмущения. В первой серии численных экспериментов изменяли значения коэффициента передачи k_u модели объекта, оставляя неизменными значения других ее параметров T_u и τ_u , а также дисперсии и коэффициента спада автокорреляционной функции приведенных возмущений.

При этом значения коэффициента k_u меняли в диапазоне

$$0,5k_u = k_u^{\min} \leq k_u \leq k_u^{\max} = 1,5k_u \quad (10)$$

с шагом дискретности $\Delta k = 0,1$.

Во второй серии численных экспериментов при постоянных значениях параметров модели объекта регулирования k_u , T_u , τ_u поочередно изменяли значения дисперсии с шагом $\Delta \sigma^2 = 0,1$ и показателя спада нормированной автокорреляционной функции с шагом $\Delta \alpha = 0,01$.

Результаты исследований

Результаты проведенных численных исследований обобщены ниже в таблице 1 в виде качественных характеристик («0», «-», «+») тенденций признаков $P_1 \div P_4$ и для примера представлены в виде конкретных реализаций их изменений – на рисунках 2, 3, 4. По этим результатам сделаны выводы.

Таблица 1 – Изменения признаков $P_1 \div P_4$ от вида нестационарности

Вид нестационарности	Признак			
	P_1	P_2	P_3	P_4
1. Стационарный режим	0	0	0	0
2. Увеличение коэффициента передачи	+	-	-	-
3. Уменьшение коэффициента передачи	0	+	+	+
4. Увеличение дисперсии возмущения	+	+	0	0
5. Увеличение коэффициента спада АКФ	+	0	0	-
6. Уменьшение коэффициента спада АКФ	-	0	0	+

В таблице «0» означает, что значения соответствующего признака колеблется в допустимых пределах, «-» означает устойчивую тенденцию признака к уменьшению с пересечением нижней границы предела, а «+» означает устойчивую тенденцию признака к увеличению с пересечением верхней границы предела.

1. Использование поисковой процедуры на базе метода деформируемого многогранника позволило осуществить настройку алгоритма контроля нестационарности комплекса «О – В» и, соответственно, удовлетворить требования (6), характеризующие условия функционирования этого комплекса в стационарном режиме. На рисунке 2 для примера приведены реализации, подтверждающие выполнение этого условия, а именно, изменение признаков $P_1 \div P_4$ в заданном диапазоне их значений, равном $\pm 0,05$.

2. Все из выбранных признаков по разному реагируют на изменения коэффициента передачи объекта по каналу преобразования регулирующих воздействий, а также на изменения дисперсии и коэффициента спада нормированной автокорреляционной функции приведенных к выходу объекта регулирования возмущений (таблица 1, рисунки 3, 4), что указывает на работоспособность исследуемого алгоритма контроля. Из таблицы 1 видно, что для распознавания приведенных в ней видов нестационарности достаточно использовать только два признака P_1 и P_2 , тем не менее другие признаки P_3 и P_4 были оставлены в составе вектора P для дальнейших исследований других видов нестационарности. На рисунке 3 показана реакция признаков $P_1 \div P_4$ на увеличение значений коэффициента передачи объекта регулирования на 30 % (от 1,0 до 1,3), которое было реализовано, начиная с 1001-го шага отсчета, а на рисунке 4 – динамика этих же признаков как реакция на увеличение, начиная с 3001-го шага отсчета, значений коэффициента α спада АКФ приведенного возмущения с 0,02 до 0,05. Приведенная на этих рисунках динамика признаков согласуется с данными таблицы в строках 2 и 5.

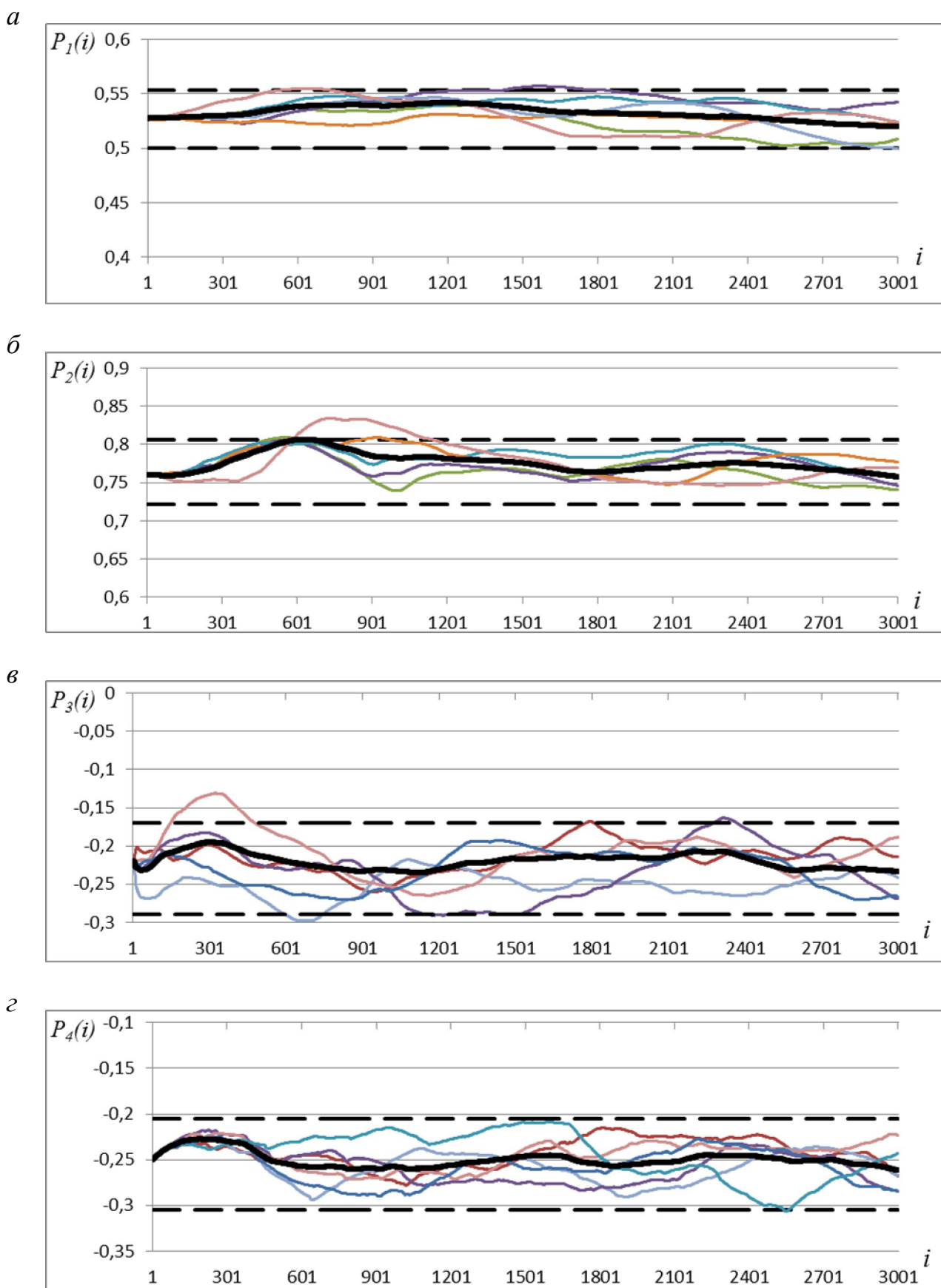


Рисунок 2 – Динамика признаков $P_1(a)$, $P_2(б)$, $P_3(в)$, и $P_4(г)$ при стационарном режиме

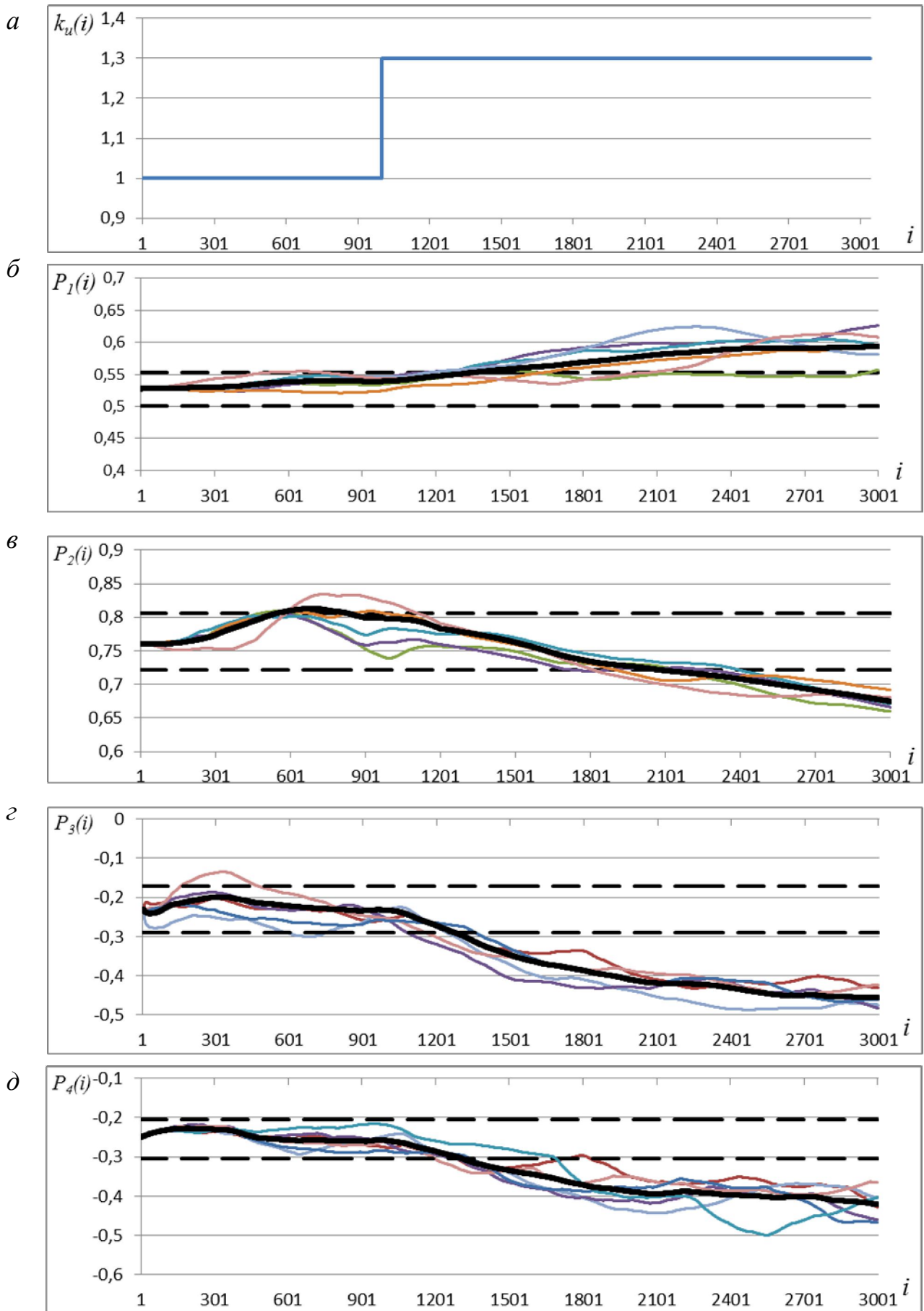


Рисунок 3 – Динамика признаков P_1 (б), P_2 (в), P_3 (г), и P_4 (д) при 30 %-м увеличении коэффициента передачи $k_u(i)$ (а) объекта

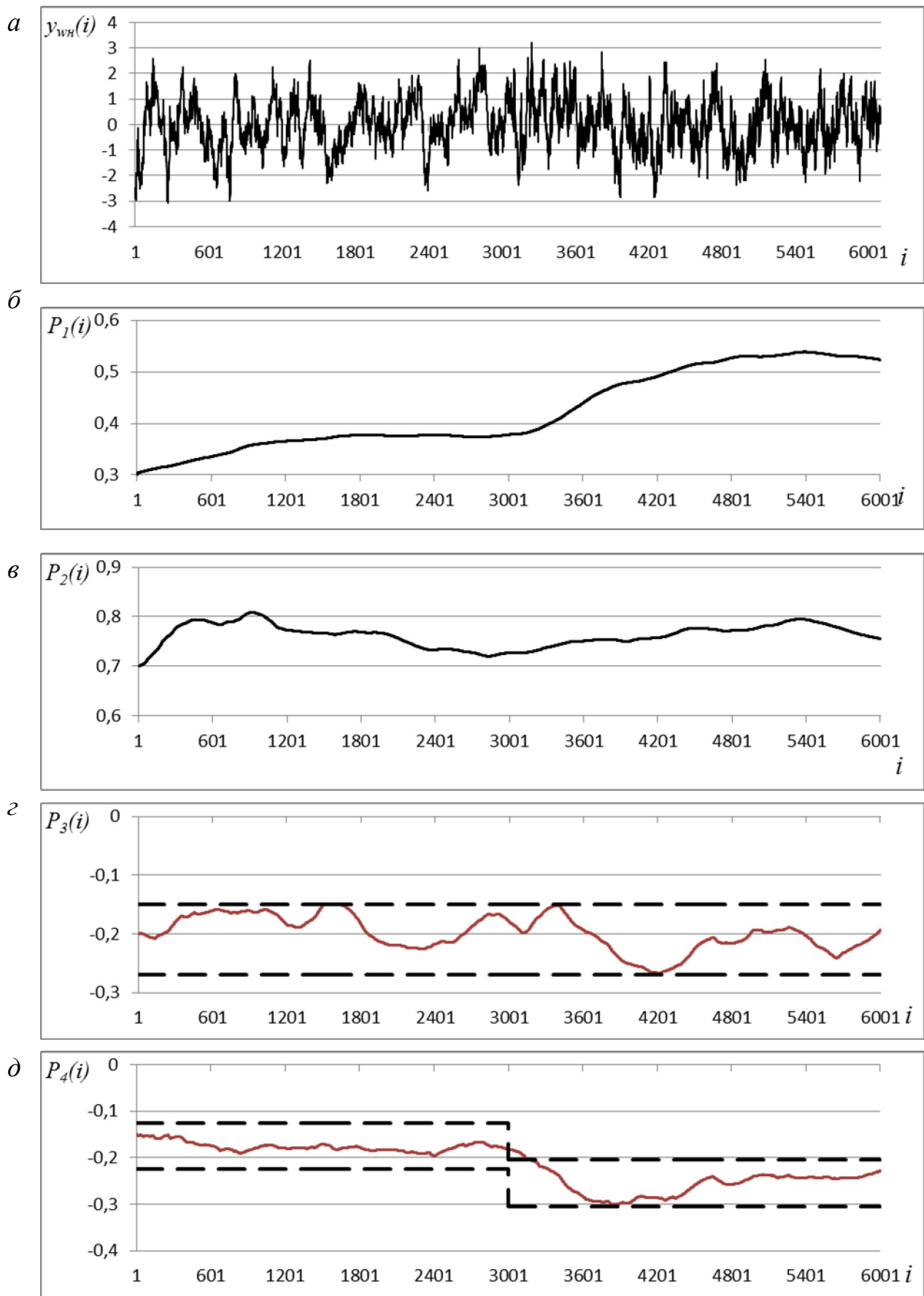


Рисунок 4 – Динамика признаков $P_1(\text{б})$, $P_2(\text{в})$, $P_3(\text{г})$, и $P_4(\text{д})$ при увеличении с 0,02 до 0,05, начиная с 3001-го шага отсчета, коэффициента α спада автокорреляционной функции приведенного возмущения

3. Уменьшение значений признаков P_2, P_3, P_4 и одновременное увеличение признака P_1 , свидетельствует об увеличении коэффициента передачи объекта и может быть распознано через 350 шагов отсчета. Рост значений признаков P_2, P_3, P_4 и отсутствие реакции у признака P_1 характеризует уменьшение коэффициента k , при этом показатель P_4 является более чувствительным и позволяет распознать уменьшение коэффициента передачи объекта уже через 250 шагов расчета.

4. Совместное увеличение значений признаков P_1 и P_2 при неизменных значениях P_3 и P_4 свидетельствует об увеличении дисперсии приведенного возмущения, при этом признак P_2 реагирует раньше и через 300 шагов расчета можно распознать этот вид нестационарности.

5. Увеличение P_1 и уменьшение P_4 при неизменных P_2 и P_3 свидетельствует об увеличении коэффициента спада автокорреляционной функции приведенного возмущения, при этом значения признаков P_1 и P_4 реагируют одинаково оперативно и можно распознать нестационарность возмущений спустя 400 шагов расчета. Уменьшение значений признаков P_1 и P_4 при неизменных P_2 и P_3 характеризует уменьшение коэффициента спада автокорреляционной функции приведенного возмущения и может быть определено спустя 400 шагов расчета

Вывод. Численные исследования предложенного алгоритма контроля нестационарности свойств объекта, функционирующего в составе системы регулирования по отклонению, и его внешних воздействий подтвердили его работоспособность и возможность эффективно распознавать изменения коэффициента передачи объекта регулирования и влияющих на его состояние внешних возмущений.

Библиографический список

1. Евтушенко В.Ф. Алгоритм контроля нестационарности свойств объекта управления и его внешних воздействий / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, Г.В.Макаров, Е.В. Буркова // Системы автоматизации в образовании, науке, и производстве: Труды IX-й Всероссийской научно-практической конференции / под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013.
2. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 439 с.
3. Рыков А.С. Методы системного анализа: оптимизация/ А.С. Рыков. – М: НПО «Изд-во «Экономика», 1999. – 255 с.

АКТИВНО-ПАССИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Веревкин В.И., Веревкин С.В.

Калининградский государственный технический университет,

г. Калининград,

Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета,

г. Новокузнецк

Для оценки характеристик каналов регулирования промышленных объектов в эргатических системах управления в производственных и исследовательских целях широкое применение нашел способ идентификации объектов, в котором пробный сигнал наносится на прогнозируемые рабочие управления [1]. При этом прогнозирование траекторий рабочего управления и заданий на выходные переменные делается для конечных интервалов времени управления процессом. Активное экспериментирование чередуется случайным образом с обычным функционированием промышленных систем. На интервале ожидаемого проявления эффектов пробных воздействий, регулирующие обратные связи, осуществляемые как автоматически, так и через человека, по возможности размыкают, а контуры управ-

ления по возмущениям функционируют в обычном режиме.

Недостатком этого способа является то, что человек-оператор, участвующий в экспериментальном исследовании, не заинтересован в конечных результатах идентификации объекта. Зачастую формируемыми управлениями он стремится компенсировать эффекты действия пробных сигналов воздействием по другим каналам управления, либо предоставляет ложную информацию о прогнозе рабочих управлений и траектории вектора выходных величин. В этих условиях сложно, а зачастую и невозможно гарантировать выполнение условий эксперимента на протяженный отрезок времени функционирования объекта. В результате ошибка в оценках динамических характеристик каналов регулирования может стать соизмеримой с самим полезным сигналом. Кроме того, способ не позволяет идентифицировать многоканальные объекты.

С точки зрения заинтересованности в конечных результатах проводимых экспериментов лучшие возможности имеет способ активно-пассивной идентификации действующих объектов в эргатических системах управления с изменением заданий, согласно которому при идентификации наносится пробное воздействие по каналу заданий [2]. В ходе реализации предыдущего задания на систему управления поступает новое задание от вышестоящей системы управления. В результате траектория изменения управлений выполняет роль пробного (исследовательского) сигнала. По существу активная часть эксперимента состоит в смене внешнего задания действующей системе управления объектом. Остальная же часть эксперимента проводится в пассивном режиме. Достоинством активно-пассивного изучения каналов регулирования объектов является практическое совпадение при переходе на новое задание цели системы идентификации и системы управления. Это обстоятельство приводит к глубокой мотивации человека-оператора по реализации целей идентификации. При этом исключаются управления оператора, направленные на противодействие нанесённым пробным сигналам. Человек заинтересован в их полном проявлении.

Однако алгоритмы реализации целей идентифицирующей и управляющей систем существенно отличаются. Идентифицирующая система заинтересована в управлении объектом по одному каналу регулирования. В этом случае всё изменение выходной величины объекта объясняют действием пробного сигнала по идентифицируемому каналу регулирования. Управляющая же система стремится перейти на новую траекторию изменения векторной выходной величины объекта как можно эффективнее. Зачастую система делает это быстро, с тем, чтобы оставалось время на доводку состояния объекта в конце цикла для объектов с циклическим характером функционирования или к концу интервала памяти объекта с непрерывным его функционированием. При этом для сложения эффектов управлений и повышения скорости изменения состояния объекта одновременно используется целый ряд каналов управления. Изменение же управлений одновременно по двум и более не идентифицированным каналам регулирования ведет к сложению эффектов от этих управлений. В таких условиях их разделение и выявление вклада каждого оказывается невозможным.

Идентификация в способе осуществляется подчиненно, зависит от управления с участием человека-оператора. Поведение же системы управления в ходе эксперимента напрямую не зависит от системы идентификации. Как результат, зачастую управление ведётся одновременно по нескольким не идентифицированным каналам регулирования.

Для решения указанного противоречия, расширения области использования и повышения качества описания многоканальных нелинейных объектов в эргатических системах управления предложен и успешно опробован новый способ активно-пассивной идентификации, основывающийся на управлении процессом назначения и реализации пар заданий «старое-новое».

Согласно способу перед проведением экспериментальной части идентификации контролируют траектории изменения во времени управляющих воздействий объекта по всем каналам регулирования. Изучают технологические возможности действующей системы управления по целенаправленному воздействию на траекторию изменения выходной величины объекта. Обосновывают и отбирают пары заданий «старое-новое», обеспечивающие

для каждой такой пары заданий успешный и безопасный переход объекта от состояний, соответствующих старым заданиям в состояния, соответствующие новым заданиям.

Кроме того, каждый такой переход должен хорошо чувствоваться, проявляться на выходе объекта – приводить к значимому изменению траектории поведения выходной величины объекта. То есть, изменение выходной величины объекта под действием смены задания должно легко выделяться на фоне помех. Ведь именно это изменение для идентифицирующей системы является эффектом действия исследовательского (пробного) сигнала. Следовательно, при прочих равных условиях, уровень полезного сигнала на фоне помех в этом случае оказывается высоким, что обеспечивает и более высокую точность идентификации.

Для отобранных пар заданий «старое-новое» строят траектории изменения во времени разностей управляющих воздействий при реализации одного и второго задания, по найденным траекториям отклонений находят среднеинтегральные уровни приведенных разностей управляющих воздействий по каждому каналу регулирования, задействованному при реализации пары заданий «старое-новое»,

$$Q_U(i; \alpha; \beta) = \frac{1}{\tau_{\Pi} \cdot U_{\text{ном}}} \int_{\tau_0}^{\tau_{\Pi}} [U(\tau; i; \alpha) - U(\tau; i; \beta)] \cdot d\tau$$

где $U(\tau; i; \alpha)$ и $U(\tau; i; \beta)$ – траектория изменения во времени i -го управляющего воздействия (рабочего управления) объекта при реализации первого (старого) α и второго (нового) β задания; $\tau \in [\tau_0, \tau_{\Pi}]$ – переменная интегрирования в масштабе времени; τ_0 – совмещенный момент времени начала реализации как первого α , так и второго β задания; τ_{Π} – большая из продолжительностей реализации обеих заданий (время переходного процесса, включающего время чистого запаздывания); $U_{\text{ном}}$ – номинальное значение i -го управляющего воздействия объекта.

По каждой паре заданий составляют перечни задействованных в идентификации каналов регулирования, интегральные уровни приведенных отклонений управляющих воздействий для которых превышают установленный порог $Q_{\text{уп}}(i; \alpha; \beta)$.

Оценивают ошибки прогнозирования вектора рабочих управлений, а также ошибки регулирования действующей системы управления. Определяют изменение степени тесноты связи управляющих решений вышестоящей и данной действующих систем, проводят исследование и уточнение изменившихся ошибок прогнозирования и регулирования, а при автоматическом прогнозировании – и алгоритмов прогнозирования.

К стартовому моменту времени t_c прогнозируют вектор рабочих управлений и соответствующую траекторию вектора выходных величин до конца технологического цикла для объекта с циклическим процессом управления или на интервал времени, превосходящий либо равный интервалу памяти системы управления, для объекта с непрерывным процессом управления.

Идентифицирующая система в каждом опыте эксперимента рекомендует обоснованное задание системе управления, находящейся на более высокой ступени административно-производственной иерархии. Та, в свою очередь, в момент времени t_c даёт команду действующей системе управления на смену задания. В результате производится более обоснованная смена задания, обеспечивающая большую точность идентификации. Рабочие управления в действующей системе управления в условиях нового задания формируются и реализуются в обычном режиме.

По рекомендации идентифицирующей системы опыты в эксперименте проводят в порядке возрастания для пар заданий числа задействованных каналов регулирования, используя в каждом последующем опыте очередной неидентифицированный канал регулирования. Это позволяет в каждом опыте иметь только один идентифицируемый канал регулирования. Что позволяет вычесть проявление на исследуемом выходе объекта эффекта от из-

менения в ходе опыта всех других управляющих воздействий по ранее идентифицированным каналам регулирования. Тем самым, на выходе объекта, в основном, остаются эффекты интересующего изменения управляющего воздействия по идентифицируемому каналу регулирования.

Пороговое значение $Q_{уп}(i; \alpha; \beta)$ среднеинтегрального уровня приведенных разностей управляющих воздействий по каждому i -му каналу регулирования лежит в пределах от 0,2 до 0,3 безразмерных единиц.

Меньшее значение соответствует $(U_{иср}/U_{ином}) \geq 0,5$, а большее $(U_{иср}/U_{ином}) < 0,5$, где $U_{иср}$ – среднее, $U_{ином}$ – номинальное значение i -го управляющего воздействия объекта.

На рисунке 1 приведена блок-схема действующей эргатической системы дуального управления технологическим процессом. Система дуального управления объектом содержит блок 1 – технологический объект управления (ТОУ), блок 2 – измерительная система, блок 3 – регулирующая система, блок 4 – программирующая система, блок 5 – распознающая система, блок 6 – вышестоящая система управления, 7 – первичные датчики сигналов, 8 – измерительный блок, 9 – действующая управляющая система, 10 – идентифицирующая система.

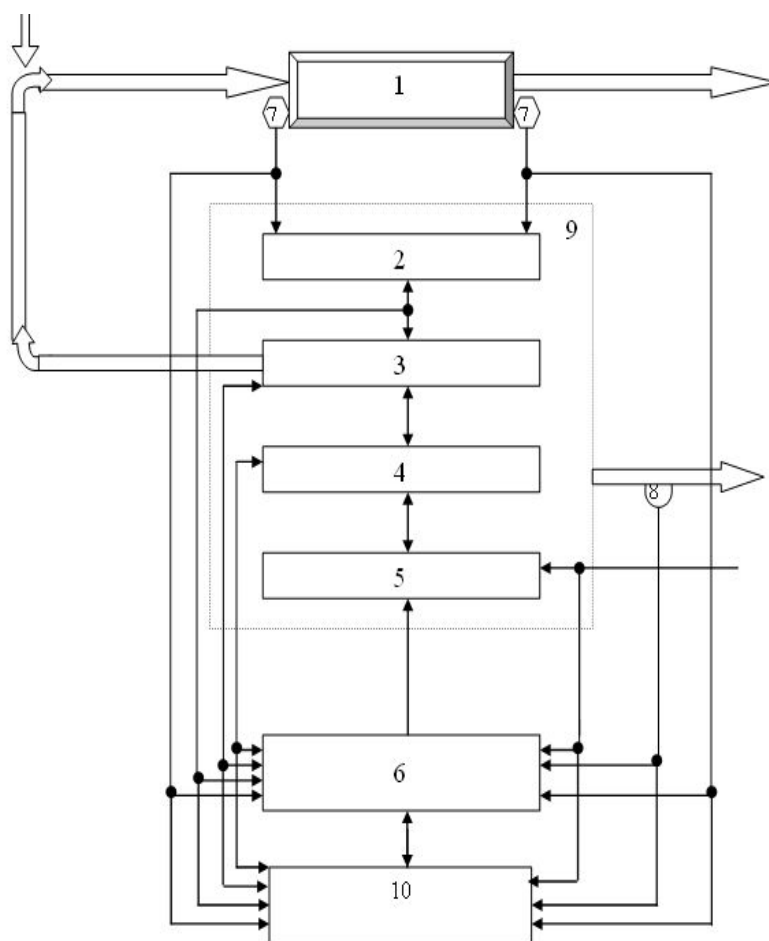


Рисунок 1 – Блок-схема действующей эргатической системы управления

В качестве определяющих факторов в действующей системе управления выступают задания, устанавливаемые оператору-технологу в общем виде, стимулы, ограничения, измерительные сигналы о переменных состояниях X_{oy}^H входных U^B и выходных воздействиях Y_{oy}^H технологического объекта управления (ТОУ), которые поступают с блока 7 первичных датчиков сигналов к блоку 2 измерительной системе, а также к блокам 6 и 10. Информация

о состоянии других ТОО и организационно-технологической системы управления (X_B) поступает к блоку 5 распознающей системе, а также к блокам 6 и 10, внешние (W^D) воздействия и управляющие (U^D) воздействия от блока 3 регулирующей системы поступают к блоку 1 – технологическому объекту управления. Под индексом «н» понимают натурные сигналы, а под индексом «д» – действительные воздействия. Измеренные входные воздействия U^H , W^H (сигналы измерительной информации) объекта поступают с блока 7 первичных датчиков сигналов к блоку 2 измерительной системы, а также к блокам 6 и 10. Выходные воздействия действующей системы управления Y_{yc} от блока 9 через измерительный блок 8 поступают к блоку 6 – вышестоящей системе управления и к блоку 10 идентифицирующей системе. От блока 2, 3 и 4 сигналы также поступают к блокам 6 и 10. Сигналы заданий в общем виде поступают от вышестоящей системы управления 6 в действующую управляющую систему 9 и идентифицирующую систему 10. В свою очередь, от идентифицирующей системы 10 в вышестоящую систему управления 6 подаются сигналы рекомендаций на смену заданий в общем виде.

Для циклических объектов изменение задания и, как следствие, «точки прицеливания» приводит к возникновению дополнительной составляющей в управлении объектом – аналога пробного воздействия:

$$P(t) = U(t) - \hat{U}(t),$$

где $U(t)$ и $\hat{U}(t)$ – фактически реализованная и прогнозируемая к моменту времени t_c смены задания 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

$$\Delta Y_c = Y(t)_c - Y(t)^* = \sum_{s=1}^S \int_0^{\tau_n} f_s(\tau) [P_s(t-\tau) - \delta_s(t-\tau)] d\tau + \xi(t).$$

где ΔY_c – отклонение измеренного значения Y_c выходной величины в конце интервала памяти объекта либо в конце технологического цикла от прежней точки прицеливания Y^* ; S – общее число каналов управления; $\tau \in [0, \tau_n]$ – переменная, интегрированная в масштабе времени; τ_n – время переходного процесса, включающего время чистого запаздывания; $f_s(\tau)$ – весовая функция по s -у каналу регулирования; $P_s(t-\tau)$ – величина аналога пробного воздействия s -у каналу регулирования в момент времени $(t-\tau)$; $\delta_s(t-\tau)$ – ошибка прогнозирования уровня рабочих управлений по s -у каналу; $\xi(t)$ – ошибка регулирования учитываемой выходной величины относительно ее уставки; для объектов с непрерывным режимом функционирования $t_k = t_c + \tau_n$ – момент окончания циклического процесса.

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 решениям на управления. Для этого организационно-технологическое состояние разделяют на классы K_i , а решения – на группы Γ_{ji} в данном классе состояний. Статистический анализ $\delta_s(t)$ и $\xi(t)$, а также обработка результатов экспериментов производятся в данной группе Γ_{ji} организационно-технологических и управленческих ситуаций. Таким путем для реально нелинейных и нестационарных технологических процессов достигается более строгая подгрупповая (типологическая) линеаризованность модели, а также обеспечивается необходимое условие воспроизводимости опытов.

Библиографический список

1. Веревкин, В.И. Нанесение экспериментальных воздействий на прогнозируемые рабочие управления / Веревкин В.И., Авдеев В.П., Лакунцов Б.А., Бурдонов Б.А., Катрич А.П. // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 1975 – № 6. – С. 163–166.
2. Патент РФ № 2276396, приоритет от 10.05.2006, Кл.Г 05 В 23/00, МПК⁶ «Способ идентификации объектов с изменением заданий». Веревкин В.И., Зельцер С.Р., Галицкая Л.В. – Заявл. 22.03.2004. Заявка № 2004108619/09 (009083). Оpubл. 10.05.2006. Бюл. № 13. – 7 с.; 1 ил.

СИСТЕМА ЕДИНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРСОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Гусев М.М., Фисенко А.И., Львова Е.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Быстрое развитие программно-технических средств в последнее десятилетие привело к значительному расширению функциональных возможностей пользователей персональных устройств (персональных компьютеров, мобильных телефонов, смартфонов, планшетных персональных компьютеров, фотоаппаратов и т.д.). Однако применение устройств различных типов требует запуска большого количества соответствующих программных приложений, использующих в качестве оболочки выбранную операционную систему. При этом существенным затруднением является отсутствие возможности переноса необходимых программных приложений между используемыми платформами. Для более удобной и эффективной работы пользователей необходимо создать систему единого пользовательского интерфейса.

С целью определения основных характеристик и критериев единого интерфейса был проведен сравнительный анализ существующих систем пользовательского интерфейса, содержащих предпосылки на единый интерфейс.

Задача унификации интерфейса пользователя решалась различными корпорациями как объединение «функционала» своих приложений с некоторым количеством общих функций, либо объединение нескольких интернет-систем схожего назначения в одного клиента. Так, например, операционная система Android имеет урезанный «функционал» и ориентирована на взаимодействие приложений между собой. Она объединяет практически все возможные приложения с их «функционалом». Однако система не имеет предустановленных функций для работы даже с базовыми задачами, и любое установленное приложение имеет жесткую привязку к операционной системе, не поддерживая кроссплатформность [1].

Корпорация Microsoft, разрабатывающая собственную операционную систему (ОС) Windows, с ранних версий своего офисного пакета стала использовать общие функции между своими основными приложениями Word и Excel, такие как переносимые таблицы данных и формулы расчета. При разработке новых приложений Microsoft также вводила совместимые функции, добавляя взаимодействие с самой операционной системой Windows. Однако обширный диапазон функций Windows не позволяет уделять необходимое внимание особому дизайну и всеобщему взаимодействию приложений [2].

Корпорация Adobe, на данный момент разрабатывающая приложения самого обширного диапазона, также использует общие функции однопрофильных приложений, таких как графическое взаимодействие Photoshop и ImageReady, видео взаимодействие Premiere Pro и After Effects. Многие приложения других корпораций уже не могут функционировать без взаимодействия с Adobe-продуктами, например, Macromedia Flash или Adobe Reader. Однако общность интерфейса выражается лишь в рамках одного продукта, то есть не используются возможности функционирования в нескольких приложениях одновременно [3].

Мессенджеры мгновенных сообщений ICQ и QIP в своих последних версиях получают поддержку все большего количества сервисов мгновенных сообщений и социальных сетей. Объединение сервисов позволяет вести единую систему пользователей, статусов и не выходить за рамки одного приложения.

Ключевые особенности, достоинства и недостатки названных систем пользовательского интерфейса представлены в таблице 1.

Анализ контента пользователя персональных устройств показывает, что система единого интерфейса должна соответствовать следующим требованиям:

- возможность подключения любого приложения на модульной основе;
- вариационный дизайн оболочки;
- новая, более удобная система навигации;
- запуск оболочки на любой операционной системе и автономно от операционной системы;
- собственное операционное ядро для автономного запуска без операционной системы;
- поддержка оболочкой системы модулей;
- набор для создания собственных модулей разработчиками.

При проектировании системы единого пользовательского интерфейса были решены следующие задачи.

Изучение истории возникновения и развития интерфейсов, а также их классификация. Выполнен выбор нового трехмерного интерфейса в виде многогранников для хранения отображений используемых приложений.

Сравнение действующих систем интерфейсов и многокритериальный выбор наилучших свойств каждой из них. Выполнены: оценка операционных систем Windows, Android, Mac OS и Linux; многокритериальная оценка ОС по кроссплатформности, техническим характеристикам, удобству для пользователей, дизайну и функциональности: выбор лучших вариантов.

Детальный анализ системы-прототипа - ОС Android и проектирование на ее основе ключевых алгоритмов работы системы. Изучена структура ОС, визуальное представление и совместимость ее с другими проектами компании-производителя. Используются лучшие решения для проектирования системы единого пользовательского интерфейса.

Выявление предпочтений пользователей к системам интерфейсов посредством социологического исследования. Для этого сформулированы гипотезы о типовом программно-техническом обеспечении рабочего ПК пользователя, цветовом предпочтении и используемых интернет-ресурсах. Гипотезы подтверждены результатами исследования.

Проектирование дизайна оболочки системы единого пользовательского интерфейса и внешнего отображения модулей-виджетов. Дизайн выполнен на 3D-элементах и псевдо-3D графике. Представлено презентационное видео.

Составление сетевого графика проектирования системы (на основе бизнес-структуры), подробно отражающего последовательность этапов разработки проекта с датами и загруженностью работников.

Структура предлагаемой системы единого пользовательского интерфейса представлена на рисунке 1. Функционально (по своей сути) она является оболочкой, запускаемой с любой операционной системой или автономно от неё, с подключением соответствующей библиотеки функциональных модулей, работающих с этой оболочкой. Каждый модуль представляет собой файл приложения, имеющий возможность запускаться любой версией оболочки.

В состав системы входит комплекс подсистем: графический интерфейс; подключаемые программные модули, взаимодействующие с графическим интерфейсом посредством отдельных подмодулей-виджетов; доступные программные модули; цифровая дистрибуция, предназначенная для синхронизации с подсистемой подключаемых программных модулей; подсистема разработки программных модулей, которая не взаимодействует напрямую с основной системой. Подсистемы функционируют только в режиме взаимодействия подсистем

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем пользовательского интерфейса

Свойства, особенности	Система				
	Система единого интерфейса пользователя	Android	Windows	Linux	Mac OS
Поддержка различных модулей	Возможно создание дополнительных расширяющих модулей	Поддерживает расширения	Установка ПО	Установка ПО	Исключительно среди apple-приложений
Наличие единого интерфейса (система «всё в одном»)	Система содержит модули, позволяющие расширить возможности без открытия стороннего программного обеспечения	Содержит систему приложений, позволяющую запускать «всё в одном»	Интерфейс рассматривает каждое приложение в отдельности	Интерфейс рассматривает каждое приложение в отдельности	Исключительно среди apple-приложений
Мультиплатформенность	Систему возможно запустить, как под любой операционной системой, так и отдельно от неё	Возможно установить на любое устройство, подходящее по минимальным системным требованиям	ПК, ноутбуки и нетбуки, подходящие по минимальным техническим требованиям	Возможно установить на любое устройство подходящее по минимальным системным требованиям	Возможность установки исключительно на Apple устройства
Поддержка стороннего ПО	Встроенный «софт» – модуль, позволяющий запускать любое программное обеспечение	Поддержка специализированного программного обеспечения	Поддержка специализированного программного обеспечения	Сложный, однако, возможный процесс установки	Исключительная связь между apple-приложениями
Системы изменения дизайна	Встроенная система изменения дизайна	Темы, виджеты, живые обои	Сторонние приложения	Некардинальное изменение цветовых гамм	Отсутствуют
Виджеты	Внешние данные, мониторинг, быстрый доступ	Внешние данные, мониторинг, быстрый доступ	Скудный базовый набор	В виде апплетов	Внешние данные, мониторинг, быстрый доступ

мы графического интерфейса с одной или несколькими любыми другими подсистемами. В случае отсутствия доступа к подсистеме графического интерфейса, система функционировать не будет.

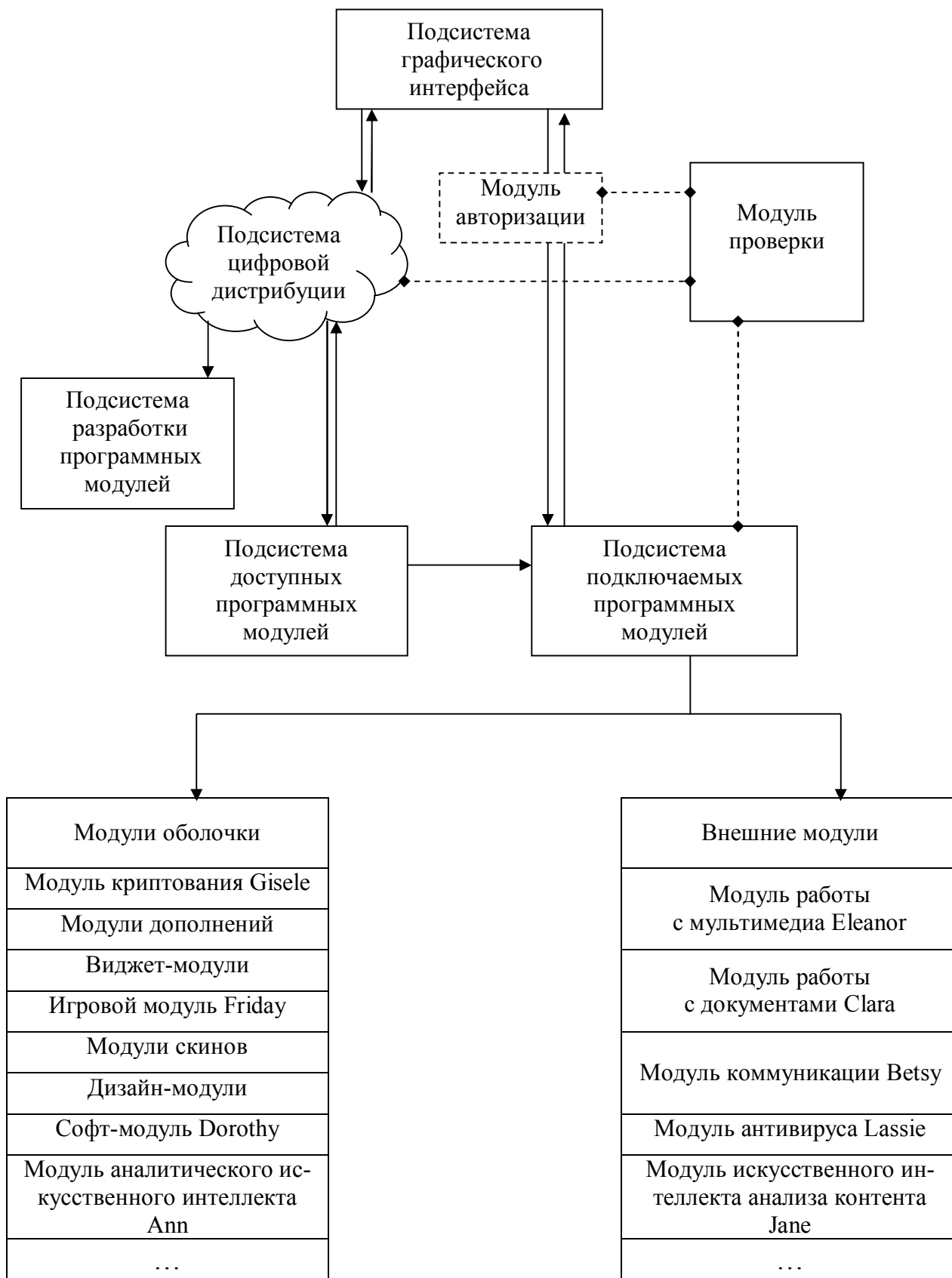


Рисунок 1 – Функциональная структура системы единого пользовательского интерфейса для персональных устройств

Спроектированная под операционную систему Windows 7, система графического интерфейса поддерживает некоторые предыдущие версии операционных систем семейства Windows. Ключевым направлением использования системы является обеспечение более удобного, чем в первоначальной операционной системе, использования приложений и взаимодействия их между собой. Также упор делается на более удобный графический интерфейс в совокупности со специально разработанным графическим дизайном, основанным на 3D и псевдо-3D элементах.

Структура системы графического интерфейса опирается на расположение виджетов различной функциональности в рабочем пространстве приложения на фоне выбранного пользователем фонового рисунка. В системе имеются следующие возможности:

- вызов виджетов на рабочее пространство системы;
- точная настройка уже вызванных виджетов;
- управление «горячими клавишами» системы;
- изменение параметров запуска и авторизации;
- настройка доступа к онлайн-базе модулей;
- управление собственными библиотеками ядра приложения;
- взаимодействие системы графического интерфейса с другими системами.

Дальнейшая настройка и персонализация системы осуществляется посредством вызванных системных виджетов.

При помощи подсистемы подключаемых программных модулей осуществляется прямое управление пользователем дополнительными возможностями системы. Каждый модуль представляет собой отдельное подключаемое софт-приложение с определенным набором функций, установленных сторонним разработчиком. Доступные программные модули осуществляют функции подключения к подсистеме графического интерфейса, после загрузки их пользователем системы. Модули разрабатываются сторонними разработчиками и могут иметь определенную цену, устанавливаемую создателем модуля. Подсистема цифровой дистрибуции обеспечивает процесс покупки-продажи программных модулей и передачи их с web-сайта магазина к подсистеме графического интерфейса пользователя. Отдельная функция разработки программных модулей заключается в обеспечении пользователей пакетом программ для создания собственных программных модулей и внесении их в базу покупки-продажи на web-сайт.

В ходе дальнейшей работы предполагается реализовать процессы:

- создания различных дизайн-подсистем, таких как виджеты и гаджеты;
- создания основных модулей-подсистем чата, браузера и текстового редактора;
- создания подсистемы искусственного интеллекта для оценки контента пользователя;
- создания и поддержки web-ресурсов, таких как, онлайн-база модулей, официальный сайт приложения и сайт технической поддержки.

Библиографический список

1. Официальный сайт поддержки ОС Android [Электронный ресурс]: интернет представительство компании Google / Google inc. – Информационный ресурс. – Mountain View, California : Google inc., 2013. – Режим доступа: <http://www.android.com> – Загл. с экрана.
2. Официальный сайт поддержки Microsoft Office [Электронный ресурс]: интернет представительство компании Microsoft / Microsoft corp. – Информационный ресурс. Redmond Washington : Microsoft corp., 2013 – Режим доступа: <http://office.microsoft.com> – Загл. с экрана.
3. Официальный сайт поддержки Adobe systems [Электронный ресурс]: интернет представительство компании Adobe systems / Adobe systems inc. – Информационный ресурс. San-Jose California : Adobe systems inc., 2013 – Режим доступа: <http://office.microsoft.com> – Загл. с экрана.

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ В ЗАДАЧЕ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ

Коплярова Н.В., Орлов В.И., Сергеева Н.А., Федосов В.В.

ОАО «Испытательный технический центр – НПО ПМ»,
Сибирский государственный эрокоsmический университет им. М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

Рассматривается задача моделирования и диагностики (оценки качества) электрорадиоизделий (ЭРИ). При этом основной целью является исключение попадания в бортовую аппаратуру бракованных и потенциально ненадежных ЭРИ, что могло бы привести к отказу канала связного спутника. Это обуславливает актуальность исследования вопроса повышение качества их диагностики.

Пусть некоторое изделие (транзистор) может быть отнесено к той или иной категории качества в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемым к ЭРИ [1]. Это изделие характеризуется определенными значениями вектора параметров $v = (v_1, \dots, v_m)$, на основании которых осуществляется диагностика последних (изделие может быть отнесено к одному из двух классов V_1 или V_2). Типичным для задач технической диагностики является наличие облачной структуры в пространстве признаков, определяющих тот или иной класс (удовлетворительный, среднего качества и высокого качества). Задача диагностики рассматривается как задача распознавания образов и сводится к построению решающего правила на основе имеющейся обучающей выборки $\{\vec{v}_s = (v_1, \dots, v_s), \bar{U}_s\}$, где U_s указания учителя о принадлежности к V_1 или V_2 , s – объем выборки. На рисунке 1 это иллюстрируется для трехмерного вектора v , $m=3$.

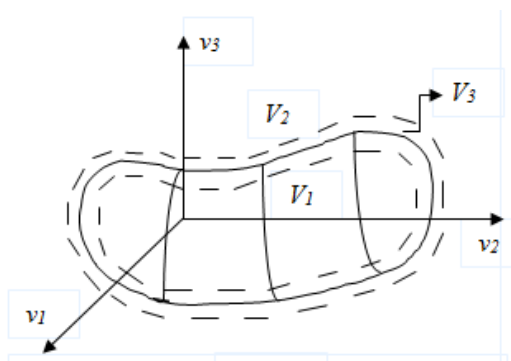


Рисунок 1 – Иллюстрация задачи распознавания образов

При этом, количество классов качества может быть различным, но независимо от их числа обязательно присутствуют области перемешивания представителей соседних классов (V_3), что приводит к необходимости решения задачи распознавания образов в вероятностной постановке (рисунок 1). Это порождает трехальтернативную задачу диагностики ЭРИ. В докладе предложены непараметрические алгоритмы распознавания образов для трехальтернативного случая. Третий класс определяет некоторую пограничную область между классами, то есть подобласть, в которой имеет место перемешивание изделий различных классов.

Распознавание образов без учителя (самообучение) – это обучение без каких-либо указаний учителя о правильности или неправильности реакции системы на те или иные показы. Предположим, что множество образов X состоит из нескольких непересекающихся подмножеств X_k , где $k = \overline{1, l}$ соответствующих различным классам образов, характеризуе-

мых векторами $x \in X$. Поскольку образ $x \in X$ появляется в том или ином множестве X_k , где $k = \overline{1, l}$ случайно, то естественно рассматривать вероятность появления образа x в классе X_k , (обозначим ее P_k) и условную плотность вероятности вектора x внутри соответствующего класса X_k $P_k(x) = P(x/k), k = \overline{1, l}$.

В этом случае максимумы плотностей вероятностей $P_k(x)$, находятся над «центрами» классов, соответствующих подмножествам X_k . К сожалению, когда неизвестно, какому классу принадлежит образ x , эти условные плотности вероятности определить невозможно. Совместная плотность вероятности:

$$P(x) = \sum_{k=1}^r P_k P_k(x)$$

содержит довольно полную информацию о множествах. В частности, следует ожидать, что максимумы (моды) функции $P(x)$ будут соответствовать «центрам» классов. Поэтому задачу самообучения часто сводят к задаче восстановления совместной плотности вероятности $P(x)$ и определению по ней «центров», а затем и границ классов [4]. Так для случая $x = (x_1, x_2)$ на рисунке 2 представлен возможный вид плотности вероятности $P(x)$.

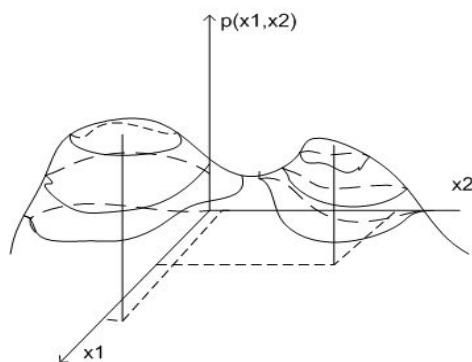


Рисунок 2 – Плотность распределения вероятности

На рисунке 2 показана плотность вероятности $P(x)$, имеющая два максимума, а, следовательно, и два класса. Центрами классов естественно считать координаты максимумов распределения $(x_1(k), x_2(k)), k = 1, 2$.

Представлены результаты численных расчетов по моделированию и диагностике ЭРИ по реальным данным, полученным при измерении параметров транзисторов на ОАО «ИТЦ НПО ПМ». Рассматривались данные тестов проверки качества транзисторов Т866А аА0.339.431 ТУ. Переменные, определяющие качество изделий в данном случае, представлены в таблице 1.

Таким образом, дана выборка из 78 элементов, каждый из которых описывает определенный транзистор, качество которого определяется путем измерения 32 параметров. где $I_{кб0}$ – обратный ток коллектора, $I_{э}$ – ток эмиттера, $I_{б}$ – ток базы, $I_{к}$ – ток коллектора, $U_{к}$ – напряжение коллектора, $U_{эб}$ – напряжение эмиттер-база, $U_{бн}$ – напряжение базы насыщения, $U_{кн}$ – напряжение коллектор насыщения, $h_{21э}$ – статический коэффициент передачи тока.

Требуется исследовать все возможные зависимости между переменными, и оценить необходимость проведения распознавания образов в данном случае. В докладе приводятся результаты предварительного анализа данных о качестве ЭРИ (транзисторов).

Был проведен предварительный анализ имеющихся данных, в ходе которого построены гистограммы и оценки плотностей вероятности каждой переменной. Пусть (x_1, x_2, \dots, x_n) n -мерный вектор параметров, определяющий качество того или иного изде-

лия. Кроме того, имеется выборка $(x_{1,i}, x_{2,i}, \dots, x_{n,i})$, где s – объем выборки. Для оценивания плотности вероятности будем использовать следующую непараметрическую статистику.

$$p_s(x) = \frac{1}{sC_s} \sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{x^j - x_i^j}{C_s^j}\right) \quad (1)$$

где интегрируемая с квадратом функция $\Phi(x - x_i/cs)$ и параметр C_s (коэффициент размытости) таковы, что удовлетворяют условиям сходимости [3].

Таблица 1 – Виды измерений транзистора

Обозначение переменной	Пояснение – вид испытания
x1	Обратный ток коллектора при $U_k=40$ В $I_{кбо}$ не более 2 мА
x2	Обратный ток коллектора при $U_k=100$ В $I_{кбо}$ не более 3 мА
x3	Обратный ток эмиттера при $U_{эб}=4$ В $I_{кбо}$ не более 4 мА
x4	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=100$ мА $U_{бн}$ не менее 0,05 В и не более 0,999 В
x5	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=316$ мА $U_{бн}$ не менее 0,05 В и не более 0,999 В
x6	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=999$ мА $U_{бн}$ не менее 0,7 В и не более 1 В
x7	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=100$ мА $I_k=1$ А $U_{бн}$ не менее 0,2 В и не более 0,98 В
x8	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=316$ мА $I_k=3,16$ А $U_{бн}$ не менее 0,3 В и не более 1 В
x9	Напряжение насыщения база эмиттер при $I_b=999$ мА $I_k=9,99$ А $U_{бн}$ не менее 1 В и не более 1,6 В
x10	Напряжение насыщения коллектор эмиттер при $I_b=10$ мА $I_k=100$ мА $U_{кн}$ более 0,2 В
x11	Напряжение насыщения коллектор эмиттер при $I_b=100$ мА $I_k=1$ мА $U_{кн}$ не менее 0,01 В и более 0,9 В
x12	Напряжение насыщения коллектор эмиттер при $I_b=316$ мА $I_k=3,16$ А $U_{кн}$ не менее 0,01 В и более 0,9В
x13	Напряжение насыщения коллектор эмиттер при $I_b=999$ мА $I_k=9,99$ А $U_{кн}$ не менее 0,3В и более 1,19 В
x14	Статический коэффициент передачи тока при $U_k=1$ В $I_э=10$ мА $h_{21э}$ не менее 8
x15	Статический коэффициент передачи тока при $U_k=1$ В $I_э=3,16$ А $h_{21э}$ не менее 20 и не более 165
x16	Статический коэффициент передачи тока при $U_k=1$ В $I_э=9,99$ А $h_{21э}$ не менее 12 и не более 90

Для построения моделей зависимостей между переменными необходимо использовать непараметрическую оценку регрессии.

$$y_s(x) = \frac{\sum_{i=1}^s y_i \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{x^j - x_i^j}{C_s^j}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{x^j - x_i^j}{C_s^j}\right)} \quad (2)$$

где $x = (x^1, x^2, \dots, x^m)$ – m -мерный вектор входных воздействий объекта.

На рисунках 3 и 4 представлены непараметрические оценки плотностей распределения переменных.

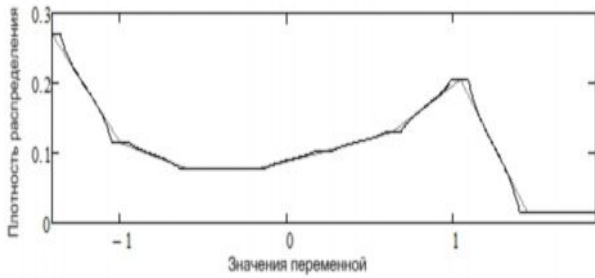


Рисунок 3 – Оценка плотности распределения переменной x_{13} – напряжения насыщения коллектор эмиттер

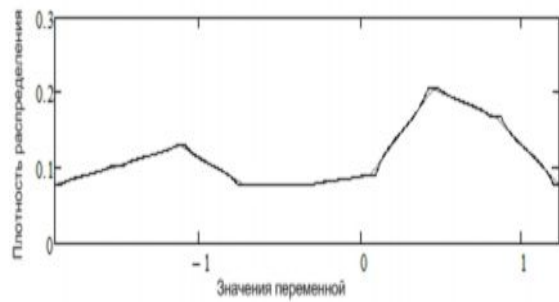


Рисунок 4 – Оценка плотности распределения переменной x_{16} – статического коэффициента передачи тока

Анализ построенных распределений частот и оценки плотностей показывает смещенность основных числовых характеристик, отсутствие унимодальности распределений, смещение значений показателей технических характеристик к границам областей технических условий на ЭРИ. Наличие многомодальности плотностей указывает на то, что имеет смысл разделение исходной выборки на группы объектов, сходные по некоторым свойствам.

Для оценки линейной зависимости между переменными на основании выборки данных построена матрица корреляции. Также оценено наличие нелинейной связи между остальными переменными. Для этого построена непараметрическая оценка регрессии зависимости переменных, коэффициент корреляции между которыми мал, что показывает отсутствие линейной связи. На рисунках 5 и 6 представлены непараметрические оценки таких зависимостей.

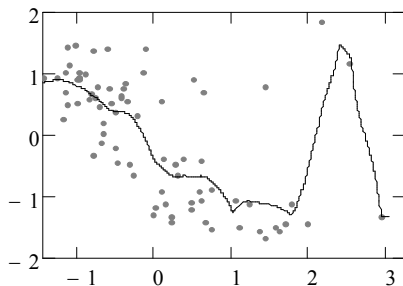


Рисунок 5 – Оценка зависимости значения статического коэффициента передачи тока при $U_k=1$ В $I_э=10$ мА $h_{21э}$ не менее 8 и напряжения насыщения коллектор эмиттер при $I_б=10$ мА $I_k=100$ мА $U_{кн}$ более 0,2 В

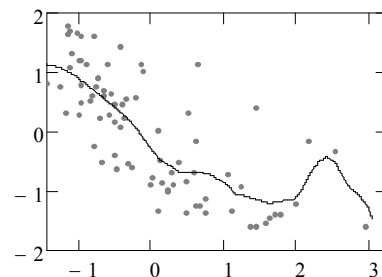


Рисунок 6 – Оценка зависимости значения статического коэффициента передачи тока при $U_k=1$ В $I_э=3,16$ А $h_{21э}$ не менее 20 и не более 165 и напряжения насыщения коллектор эмиттер при $I_б=10$ мА $I_k=100$ мА

Анализ построенных оценок зависимостей показывает наличие как линейной, так и довольно существенной нелинейной связи между переменными, описывающими качество ЭРИ. Наиболее существенным результатом является выявление нелинейной регрессионной зависимости, которая не может быть оценена с помощью корреляционного анализа данных. Таким образом, необходимо проведение дальнейших исследований с целью определения переменных, по которым возможна группировка.

Для диагностики транзисторов проведем классификацию всех имеющихся наблюдений с целью выявления групп транзисторов в пространстве диагностических показателей. Таким образом, требуется собрать заданные 78 корпусов транзисторов в кластеры по 16 параметрам, характеризующим их качество.

В статье приведены результаты иерархической классификации и методом k-средних. Согласно результатам таблицы, полученной в результате классификации, можно сказать, что для рассмотренных данных оптимальным является решение, где вся выборка делится на два класса, соответствующих транзисторам различного качества. Получим также таблицу принадлежности каждого элемента к конкретным кластерам, в которой можно увидеть, что к первому кластеру принадлежат 35 транзисторов, а ко второму – 43. В таблице 2 приведены средние значения для каждой переменной по кластерам.

Таблица 2 – Средние значения центров классов по результатам иерархической кластеризации

Центры кластеров																
Кластер	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
1	0,004	0,0404	0,0008	0,7065	0,7568	0,832	0,756	0,88	1,24	0,035	0,105	0,257	0,689	45,9	72,4	50,0
2	0,004	0,0603	0,0007	0,7063	0,7576	0,834	0,761	0,89	1,26	0,052	0,108	0,253	0,685	26,1	41,4	32,2

Из таблицы 2 видно, что при классификации наибольшее различие наблюдается по значениям признаков x2, x3, x10, x11, x14-x16. Результаты разделения транзисторов на 2 класса по некоторым признакам представлены на рисунках:

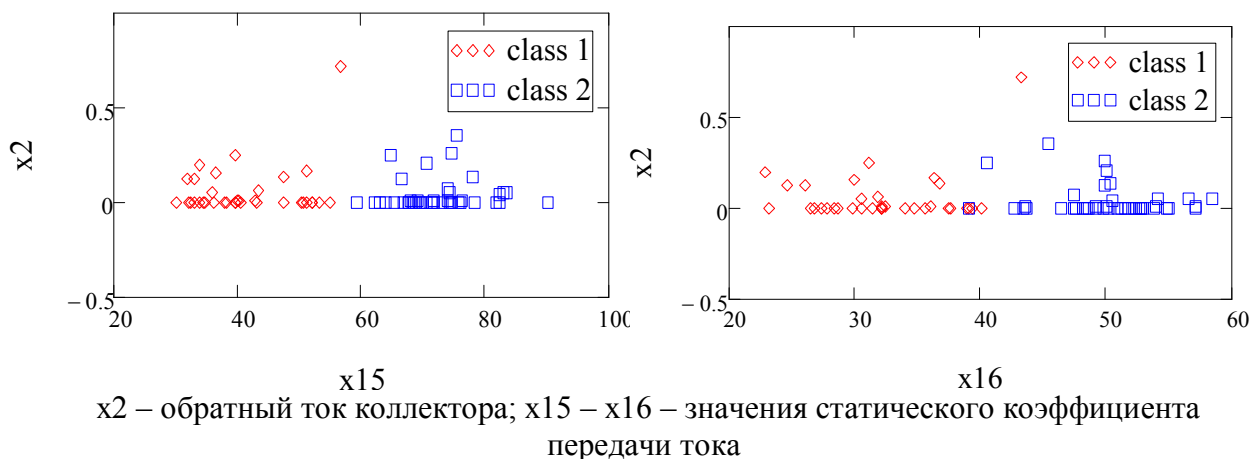


Рисунок 7 – Результаты классификации транзисторов

В результате предварительной классификации можно сказать, что в наибольшей степени данное разделение по кластерам проявляется в различиях значений статического коэффициента передачи тока (переменные x14-x16). При этом, чем больше коэффициент $h_{21э}$, тем, естественно, больше усиление входного сигнала. Таким образом, транзисторы разделены на группы, в первую из которых попали более качественные транзисторы (с меньшим значением $I_{кбо}$ (что говорит об устойчивости транзистора в работе) и большими усилительными свойствами). Предложенные алгоритмы показывают достаточно высокую эффективность работы и могут быть применены в реальных задачах, для повышения качества диагностики ЭРИ.

Предварительный анализ результатов обработки данных характеризующих состояние ЭРИ приводит к заключению, что между некоторыми переменными существует достаточно тесная линейная и нелинейная связи, как это показывают непараметрические оценки функции регрессии по наблюдениям. При этом оценки плотности вероятности чаще всего отличаются от гауссовского распределения и имеют многомодальный характер; поэтому возникает необходимость в задаче группировки данных, что приводит к появлению кластеров в пространстве параметров, характеризующих качество изделия.

Библиографический список

1. Данилин, Н.С. Диагностика и контроль качества изделий цифровой микроэлектроники. Москва, Издательство стандартов. 1991. – 176 с.
2. Горлов, М.И., Емельянов, В.А., Строгонов, А.В.. Геология кремниевых интегральных схем. Москва, Наука 2004.
3. Медведев, А.В. Теория непараметрических систем. Процессы / А.В. Медведев // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева. Красноярск, 2010. Вып. 3.
4. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем. «Наука», М. 1970. - 252 с.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ИТ-СЕРВИСА, ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ОЦЕНИВАНИЯ И ЗАЩИТЫ

Киселева Т.В., Маслова Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

ИТ-сервис – комплекс взаимодействующих ИТ-активов (сервисных активов), цель которого состоит в производстве ценности для потребителя, определяемой полезностью, доступностью, мощностью, непрерывностью и безопасностью сервиса [1]. Поставщиком ИТ-сервиса является ИТ-провайдер.

Существует такое понятие, как управление ИТ-сервисом – это применение специализированных организационных механизмов функционирования и управления ИТ-активами с целью предоставления ценностей заказчикам в форме ИТ-сервисов приемлемого уровня качества, затрат и рисков [1].

Как и у любого товара или услуги, у ИТ-сервиса есть свой жизненный цикл, который, согласно библиотеке ITIL, включает следующие стадии:

- Стратегия.
- Проектирование.
- Внедрение.
- Эксплуатация.

У любого ИТ-сервиса есть свойства полезности и применимости. К характеристикам полезности относятся конкретная форма представления результата, планируемый эффект и итоговое воздействие сервиса, т.е. все возможные эффекты: экономические, политические, социальные. Характеристики применимости – это доступность, мощность, непрерывность, безопасность. Мощность – это производительность ИТ-сервиса. Безопасность – уровень защиты от рисков. Доступность – способность сервиса выполнять свои функции в согласованное время. Непрерывность – способность сервиса обеспечивать поддержку деятельности организации при возникновении форс-мажорных обстоятельств. На стадии проектирования, помимо самого сервиса, разрабатываются процессы управления этими характеристиками, но осуществлять контроль над ними нужно на протяжении всего жизненного цикла сервиса.

Важным является вопрос обеспечения безопасности, в том числе и информационной, на каждой из стадий жизненного цикла. Больше всего подвержены риску две стадии – проектирование и внедрение, так как они самые важные. Для защиты от любого вида риска им необходимо управлять, т.е. проводить периодические анализ и оценку, на основе которых следует вырабатывать защитные контрмеры с последующим их внедрением.

Так как ИТ-сервис связан, как следует из названия, с применением информационных технологий, то в первую очередь, он подвержен рискам информационным - это опасность возникновения убытков или ущерба в результате применения в организации информационных технологий [2]. Процесс управления информационными рисками - это комплекс мероприятий по идентификации, анализу и устранению выявленных в структуре информацион-

ной безопасности недостатков, связанных с разработкой, эксплуатацией и утилизацией информационных комплексов [2].

Процесс управления информационными рисками состоит из следующих этапов:

- Выбор анализируемых объектов и уровня детализации их рассмотрения.
- Выбор методологии оценки рисков.
- Идентификация активов.
- Анализ угроз и их последствий, выявление уязвимых мест в защите.
- Оценка рисков.
- Выбор защитных мер.
- Реализация и проверка выбранных мер.
- Оценка остаточного риска.

В таблице 1 приведены примеры возможных рисков на всех стадиях жизненного цикла ИТ-сервиса.

Таблица 1 – Риски стадии жизненного цикла ИТ-сервиса

Стадия	Название риска	Комментарий (причины)
Стратегия	Риск, связанный с неправильной оценкой востребованности сервиса	Требования к сервису изменились
		Неверно определены активы, цели, планы, бюджет
Проектирование	Риск, обусловленный неправильной оценкой активов	Нехватка активов
	Риск, связанный с несвоевременным запуском ИТ-сервиса	Ненадежный поставщик оборудования
	Риск нарушения сроков	Неверно определены сроки и сложность работы, следовательно, срок внедрения затянут
	Риск непринятия ИТ-сервиса по причине изменения требований к сервису со стороны заказчика	Неверно определены требования заказчиком или выдвинуты не полные требования
Внедрение	Технический риск	Программное/аппартное обеспечение устарело
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства
Эксплуатация	Отсутствие доступа к ИТ-сервису в течение длительного времени	Время восстановления работоспособности после сбоя больше ожидаемого
	Риски, связанные с нарушением целостности, конфиденциальности и доступности ИТ-сервиса	Несанкционированный доступ
	Риск, связанный с невыполнением соглашений между заказчиком и ИТ-провайдером	Отсутствие поддержки со стороны провайдера
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства

Также возможны классификации по другим признакам, например:

- По способу устранения.
- По виновнику.
- По месту возникновения.
- По степени влияния на предприятие.

- По степени сложности восстановления от воздействия.
- По угрозам.
- По последствиям.

Мероприятия по противодействию рисками сводятся к следующим [3]:

- Принятие риска.
- Избежание риска.
- Снижение риска.
- Смягчение последствий риска.
- Перенос риска.

В любой момент может произойти непредвиденная катастрофа (природная или техногенная), например, землетрясение, наводнение и т.д. В этом случае хорошей защитой является страхование, так как организация получает гарантию наличия средств на восстановление разрушенного. Размер страхового взноса определяется стоимостью сервиса, вероятностью его разрушения и стоимостью восстановления потерь.

После заключения страхового договора страхователь выплачивает страховщику страховой взнос, который определяется согласно страховому тарифу. Механизм страхования можно пояснить исходя из следующего.

Запишем целевую функцию страхователя [4].

$$Ef(v, u) = H(u) - z(u) - v - k(v, u) + p(v, u)[1 + \varepsilon)V(v, u) - W], (1)$$

где u – стоимость активов; v – сумма, затрачиваемая на предупредительные меры; $H(u)$ – доход страхователя; $p(v, u)$ – вероятность наступления страхового случая; $z(u)$ – затраты страхователя; ε – параметр, отражающий степень несклонности страхователя к риску; $k(v, u)$ – страховой взнос; $V(v, u)$ – страховое возмещение; W – размер ущерба страхователя.

Если деятельность страхователя не важна, то выбираются простейшие зависимости затрат и дохода от его действия: $H(u) = cu$, $z(u) = z_0 + \alpha_0 u$, где c может интерпретироваться как цена реализации продукции, z_0 – постоянные издержки, α_0 – удельные переменные издержки. Из условия $H(u) - z(u) - v \geq 0$ можно определить точку безубыточности, т.е. ту минимальную стоимость активов, при которой деятельность страхователя еще выгодна.

Механизм страхования от наступления рисков события лучше всего использовать в комплексе с другими методами снижения или устранения риска, например, передачей части ИТ-сервиса третьим лицам – специализированной компании для его реализации и поддержки – аутсорсинг [5]. Цель внедрения ИТ-аутсорсинга – сокращение издержек и снижение рисков организации на поддержку информационных систем, вычислительной и оргтехники, программного обеспечения, оборудования связи и получение сервиса гарантированно высокого качества. Аутсорсинг нужен по следующим причинам: 1) аутсорсинговая компания обязуется поддерживать высокий уровень качества обслуживания ИТ-сервиса, который подробно оговаривается в договоре с заказчиком; 2) опыт и знания аутсорсинговой компании позволяют использовать готовые, проверенные решения, доступ к новейшим технологиям по мере их появления на рынке, что обеспечивает гибкость ИТ-сервиса и ИТ-инфраструктуры в целом в условиях быстро меняющихся потребностей со стороны заказчика; 3) аутсорсинговая компания выступает независимым аудитором, дает объективную оценку деятельности ИТ-провайдера. При этом заказчик получает квалифицированных специалистов во всех областях ИТ-служб.

ИТ-аутсорсинг является не только инструментом поддержки типичных ИТ-задач, но и помогает организаторам ИТ-сервиса в снижении информационных рисков.

На рисунке 1 приведены механизмы управления рисками аналогично тому, как они рассмотрены авторами [6].

При идентификации рисков и оценке вероятности их реализации целесообразно использовать методы экспертных оценок, так как чаще всего необходимую информацию получить затруднительно или она носит качественный характер. В этом случае собирают ко-

манду опытных экспертов, помощью которых проводят идентификацию всех возможных рисков, угроз, уязвимостей системы предприятия, оценку вероятности их реализации.

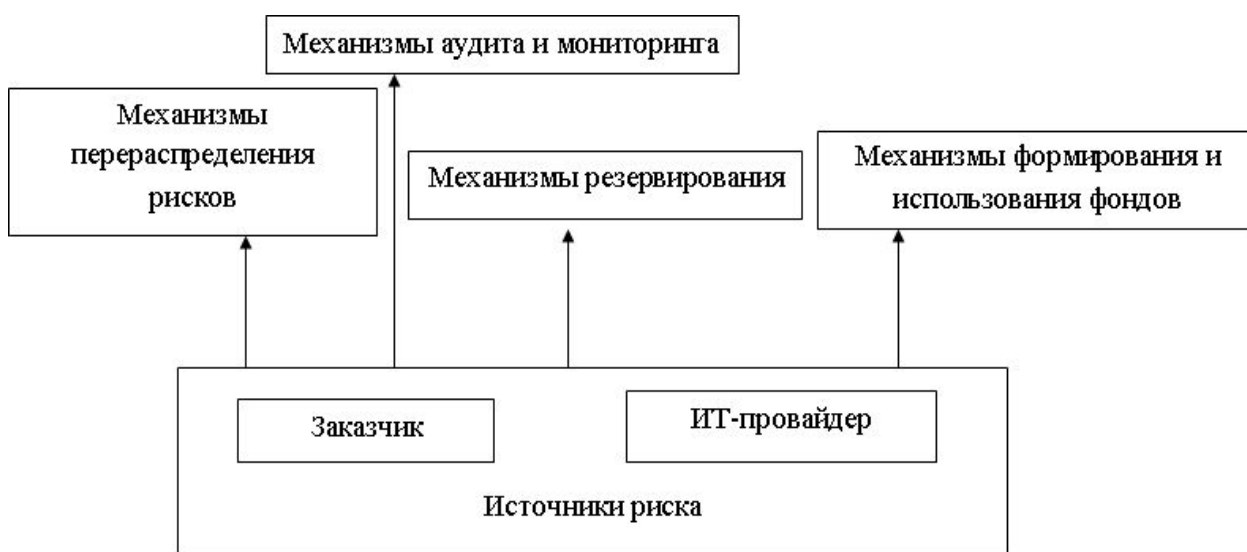


Рисунок 1 – Механизмы управления рисками

Часто при определении вероятностей реализации рисков ограничиваются только их грубым оцениванием со следующей градацией: «сильный», «слабый», «умеренный». Однако разделение только на три уровня является неинформативным и малополезным. Предлагается использовать элементы теории нечеткой логики, которые зачастую применяются вместе с методами экспертных оценок.

Термин «нечеткая логика» базируется на понятии нечеткого множества, элементы которого принимают любые значения из интервала $[0, 1]$, а не только 0 или 1. В нечеткой логике используются лингвистические переменные, значениями которых в рассматриваемом случае вероятности возникновения риска могут быть такими, как «почти невозможно», «маловероятно», «вероятно», «высоковероятно», «почти наверняка» и т.д. После такие высказывания с помощью выбранной функции принадлежности пересчитываются в численные значения из интервала $[0,1]$. Выбор конкретной функции принадлежности может осуществляться как самостоятельно тем, кто проводит анализ и оценку, так и при помощи экспертной группы, так как это плохо формализуемая задача, и ее решение часто основывается на интуиции и опыте.

Степень влияния риска часто определяется расчетом затрат на восстановление ИТ-сервисов, с учетом времени восстановления, если нежелательное событие произойдет. В случае природных или техногенных катастроф, в результате которых может произойти полностью утрата ИТ-сервисов, ущерб исчисляется стоимостью активов, затратами на восстановления сервисов, продолжительностью его недоступности и т.д.

После определения вероятностей наступления рисков события следующей проблемой является оценивание ущерба. Для ее решения предлагается использовать сценарный подход, при котором описываются наиболее часто реализуемые последствия наступления риска и с привлечением экспертов для каждого сценария определяется ущерб.

Таким образом, риск может возникнуть на любой стадии жизненного цикла ИТ-сервиса; избавиться от него полностью невозможно, но если применять методы риск-менеджмента, то его можно существенно снизить, а ущерб от его наступления минимизировать. Самым сложным при этом является оценить возможный ущерб, а также оценивание вероятности наступления рисков события. Большую помощь в этом могут оказать эксперты, имеющие опыт работы в данной сфере. Эффективно в этом случае использовать инструменты нечеткой логики.

Действенными способами снижения риска являются страхование, резервирование, аутсорсинг. Конечно, лицо, принимающее решение, должно быть достаточно компетентным, владеть современными методами системного анализа, экспертных оценок, способностью мыслить подчас нетрадиционно, так как этого зачастую требует нынешняя экономическая ситуация в мире.

Библиографический список

1. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. Активы ИТ-провайдера как объекты ситуационно-динамического управления // Известия вузов. Черная металлургия. – 2011. – № 2. – С. 47–53.
2. Киселева Т.В., Маслова Е.В. Анализ информационных рисков. «Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2011. – 363 с.
3. Бабаскин С.Я. Инновационный проект: методы отбора и инструменты анализа рисков. – М.: изд. «Дело» РАНХиГС, 2012. – 240 с.
4. Половинкина А.И., Санина Н.В. Управление экологическими рисками с использованием механизмов страхования // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – № 2, Т. 2. – С. 141–143.
5. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 176 с.
6. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. \ Механизмы управления эколого-экономическими системами. – М.: Изд. физико-математической литературы, 2008. – 244 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ЭЛЕКТРОВЗЫВНОЙ УСТАНОВКИ ЭВУ 60/10

**Гагарин А.Ю., Жмакин Ю.Д., Романов Д.А., Модзелевский Д.Е.,
Будовских Е.А., Громов В.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Лабораторная электровзрывная установка ЭВУ 60/10 предназначена для формирования многофазных плазменных струй и исследования процессов электровзрывного легирования [1] металлов и сплавов. Конструктивно она состоит из трех основных частей: зарядного устройства, емкостного накопителя и плазменного ускорителя. Работали они в ручном режиме, основная сложность автоматизации данной установки заключалась в наличии ЛАТРа в цепи. Сама же ЭВУ 60/10 морально устарела и нуждалась в обновлении. Кроме того, повышение качества поверхности при легировании возможно после автоматизации процесса обработки, которая позволяет исключить человеческий фактор и повысить эксплуатационную электробезопасность для обслуживающего персонала. В связи с этим целью данной работы явилась модернизация зарядного устройства и плазменного ускорителя установки.

Решить проблему автоматизации помог программируемый логический контроллер ПЛК-110-32 (CPU1). Один из вариантов применения ресурсов ПЛК заключается в его совместном использовании с регулируемым множителем напряжения Жмакина [2], который позволяет создавать вторую зарядную цепь высокопотенциального статического поля в ускорителе.

Разработанная и внедренная принципиальная схема электровзрывной установки представлена на рисунке 1. Амплитуда зарядного тока регулируется автотрансформатором TV2 и ограничена номинальными параметрами высоковольтного диода VD5. После единовременного выставления коэффициента трансформации автотрансформатора TV2, его

дальнейшее изменение не требуется, регулирование среднего напряжения подаваемого на высоковольтный трансформатор TV3 осуществляется с помощью симистора VS управляемым ПЛК по принципу изменения количества полупериодов питающего напряжения в несколько ступеней.

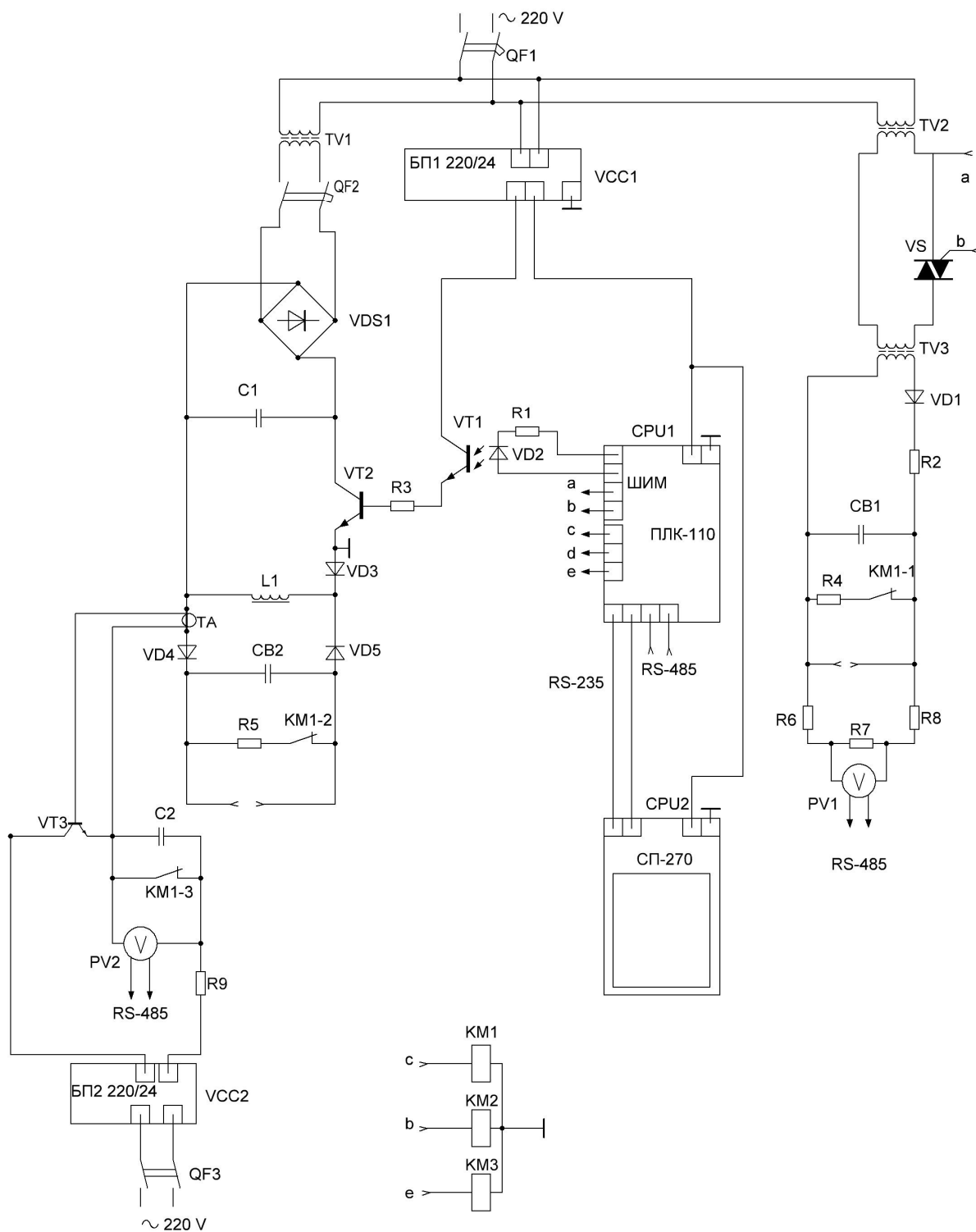


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема автоматизированной электровзрывной установки с микропроцессорным управлением для модификации поверхности металлов и сплавов

После подачи питания в цепь включается интерактивная операторная сенсорная панель СП-270 (CPU2). После задания напряжения и нажатия кнопки «Пуск» (рисунок 2), по каналу RS-232 в CPU1 поступает сигнал на переключение цепей управления и открытие симистора VS для запуска режима зарядки батареи.



Рисунок 2 – Первое рабочее окно операторной панели

Заряд батареи СВ1 осуществляется через токоограничивающее сопротивление R2 при разомкнутых контактах разрядника КМ1-1. При достижении равенства напряжения, снимаемого цифровым вольтметром PV1, ранее заданным значением напряжения, процесс зарядки останавливается. На симистор прекращается подача управляющих импульсов, отключается питание силовой цепи и происходит переключение форвакуумных насосов, начинается процесс разряда. По окончании разряда пользователю необходимо произвести нажатие на панели CPU2 на кнопку «Разряд» (рисунок 3), для подачи управляющего сигнала в CPU1, после чего замыкается контакт КМ1-1, разряжающий установку на саму себя через токоограничивающий резистор R4. Эта же кнопка предназначена для остановки процесса заряда батареи при аварийных ситуациях и повторяет процесс разряда. В целях безопасности в качестве датчиков закрытого состояния дверцы шкафа управления и положения разряжающих контактов КМ1-1 и КМ1-2 используются герконы.

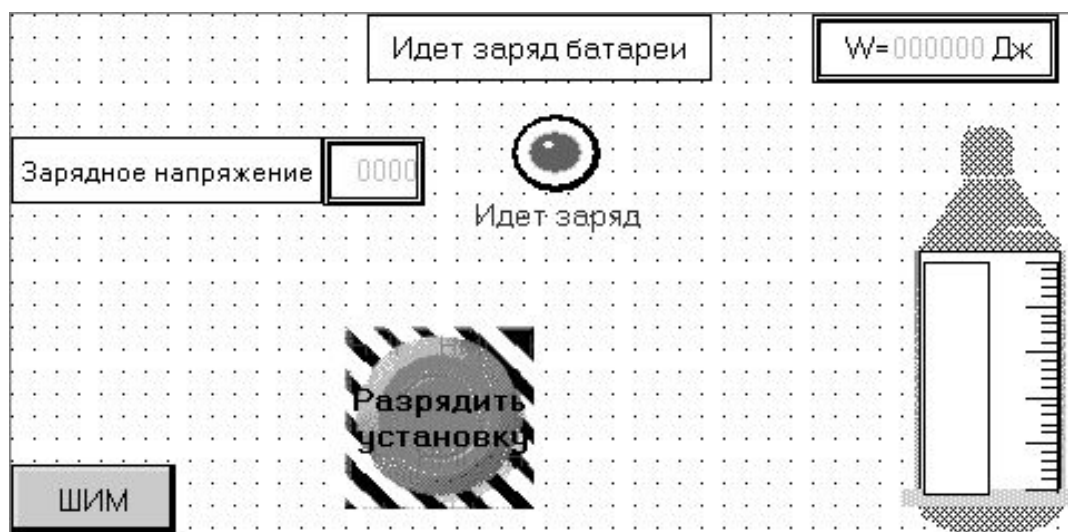


Рисунок 3 – Второе рабочее окно операторной панели

Одновременно с зарядом батареи СВ1 начинается процесс заряда второй конденсаторной батареи СВ2 предназначенной для создания статического поля в плазменном ускорителе. Со второго выхода CPU1 через оптрон VT1-VD2 отпирающие импульсы прямоугольной формы поступают на базу силового n-p-n транзистора VT2, благодаря возможности регулирования длительности и скважности управляющих импульсов, имеется возможность регулировать напряжение заряда на конденсаторной батарее СВ2. Высоковольтный диод VD6 предназначен для защиты транзистора от ЭДС самоиндукции катушки L1, а диоды VD8, VD9 от разряда конденсатора на катушку. Контроль заряда осуществляется по учету токовых заряжающих импульсов, снимаемых с трансформатора тока ТА [3].

При работе установки на экране панели CPU2 задаются значения следующих режимных параметров: напряжение, до которого необходимо зарядить конденсаторные батареи; скважность и период управляющих импульсов, подаваемых с узла широтно-импульсного модулятора ШИМ из CPU1 на оптрон. При этом на дисплее отображаются стадия рабочего процесса, состояние разряжающих контактов, наличие питания в силовой цепи, рабочее состояние форвакуумных насосов и энергия батареи, рассчитываемая ПЛК на протяжении всего процесса заряда, по показаниям цифрового вольтметра, измеряющего напряжение на батарее.

Для умножения напряжения при создании ускоряющего фокусирующего поля использовалась автомобильная катушка зажигания Б-116.

Таким образом, благодаря использованию микропроцессоров удалось осуществить следующие задачи: автоматизировать процесс включения-выключения установки и контроля заряда конденсаторных батарей; управлять одновременно двумя и более объектами (модернизированной электровзрывной установкой и установкой по созданию ускоряющего фокусирующего поля), повысить точность измерения напряжения и безопасность эксплуатации установки, создать перспективную базу для дальнейшей модернизации установки.

Библиографический список

1. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов / А.Я. Багаутдинов, Е.А. Будовских, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2007. – 301 с.
2. Патент РФ № 2453029 на изобретение «Регулируемый множитель напряжения Жмакина» / Жмакин Ю.Д., Романов Д.А., Будовских Е.А. и др.; заявл. 30.03.2011; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. 6 с.
3. Экономичный способ регулирования электропотребления с применением генератора мощных токовых импульсов / Ю.Д. Жмакин, Д.А. Романов, В.А. Рыбьянец, В.Е. Громов // Пром. энергетика. – 2012. – № 4. – С. 14 – 16.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С МНОГОУРОВНЕВЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ СВОЙСТВАМИ

Васильев А.М.

*Московский государственный университет приборостроения и информатики
г. Москва*

Развитие науки, техники и технологий неизбежно ведет к созданию сложных технических объектов (СТО) для которых характерно: наличие большого числа компонентов; сложный характер их взаимодействий; сложность выполняемых функций; многоуровневое (иерархическое) построение.

В состав СТО обязательно входят информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС СТО), которые обеспечивают: сбор измерительной информации о состоянии СТО и внешней среды; преобразование информации (принятие решения); формирование управляющих воздействий (исполнение решения).

Усложнение функций, возложенных на СТО, повышение требований к качеству их выполнения, необходимость учета взаимодействий локальных процессов, повышение порядка и сложности математических моделей и др. существенно усложняют задачу обработки данных. При этом СТО должны рассматриваться не только как многомерные, но и как многосвязные.

Примерами могут служить автоматизированные производства, сложные оптические и энергетические установки, телекоммуникационные системы, исполнительные системы роботов, объекты металлургического производства (прокатные станы, сталеплавильные печи и др.), объекты с изменяющимися свойствами; тренажерные и моделирующие стенды и т.п.

В таких СТО многосвязность проявляется в наличии перекрестных связей, за счет которых управляющее воздействие, поданное на любой из входов, изменяет несколько выходов, что приводит, как правило, к невозможности применения централизованного управления на основе единой цели и алгоритма, обеспечивающего наилучшее (или допустимое) значение показателя эффективности.

Более конструктивным (при современном уровне развития науки и техники) является подход децентрализации, при котором функции обработки данных распределяются между несколькими, взаимодействующими между собой и с СТО, центрами обработки данных (узлами, устройствами).

Организационная структура ИИУС СТО при этом усложняется и часто оказывается многоуровневой и распределенной (РИИУС СТО), в которой между некоторыми парами узлов ИИУС присутствуют отношения соподчинения.

При этом центры управления верхних (командных) уровней, реализуя более сложные алгоритмы обработки данных, получают измерительную информацию от узлов РИИУС нижних уровней в некотором обобщенном (усредненном) виде. По этой причине скорости протекания процессов обработки данных на двух соседних уровнях в большинстве случаев могут различаться в десятки раз.

Цели (задачи) для узлов обработки данных нижних уровней, как правило, простейшие: регулирование значений управляемых переменных СТО в соответствии с предписанными (со стороны верхних уровней) законами их изменения во времени.

При этом центры обработки данных верхних уровней решают более сложные задачи, связанные с координацией, адаптацией подчиненных им подсистем нижних уровней и с оптимизацией режимов работы СТО. Определение числа уровней, а также необходимого числа узлов (центров) обработки данных на каждом уровне в составе подсистемы обработки данных, распределение между ними целей обработки данных, определение алгоритмов их достижения – вот характерные проблемы, возникающие при разработке РИИУС СТО с децентрализованной (распределенной) обработкой данных.

Многоуровневый подход к организации подсистемы обработки данных создает предпосылки для разбиения процесса проектирования РИИУС СТО на ряд последовательных этапов. При этом при разработке алгоритма обработки данных для некоторого уровня обычно возможна идеализация нижних уровней, при которой считают, что их цели управления достигаются быстро и точно, а информационные воздействия со стороны верхнего уровня «замораживаются», либо имеют некоторый типовой вид.

Как уже отмечалось, РИИУС входят в состав различных СТО, поэтому актуальной задачей является разработка общих подходов к их проектированию, что обеспечит удешевление процесса проектирования, повысит надежность и качество самих систем.

Современные РИИУС широко применяются в современном производстве, особенно в такой области как гибкое автоматизированное производство (ГАП) в связи с усложнением алгоритмов технологических процессов.

От РИИУС ГАП во многом зависит эффективность работы гибкой производственной системы. Рассредоточение вычислительной мощности по различным уровням и блокам РИИУС ГАП позволяет уменьшить потоки информации, сократить общее время обработки, повысить надежность систем, обеспечить гибкость построения структур и программ обработки информационных потоков.

Однако, в целом, задача построения структуры РИИУС ГАП в целом недостаточно проработана. Существующие методики анализа и синтеза структур РИИУС ГАП и алгоритмов обмена информацией либо требуют больших вычислительных мощностей, либо не позволяют найти наилучший вариант. Необходима систематизация и обобщение структур и алгоритмов работы современных РИИУС ГАП, а также разработка и представление материала, являющегося базой для повышения эффективности РИИУС ГАП.

При этом, прежде всего необходима разработка методологических основ и принципов построения РИИУС СТО, базирующаяся на современных технологиях, новых технических решениях и высокоэффективных технологиях обработки сигналов и оптимизации структур для улучшения их технических и эксплуатационных характеристик, а также создание новых действующих образцов таких систем, реализующих предлагаемые технические решения и методы.

Создание автоматизированных производств, внедрение в промышленность робототехнических комплексов, автоматических обрабатывающих центров и т.д. должно сопровождаться разработкой и созданием адаптивных РИИУС объектов контроля и диагностики, способных обеспечить не только выявление дефектов, но и их измерение, то есть обладать функциями дефектометрии, определить место и причину возникновения брака с целью объективной оценки дефектности объектов.

Оптические управляемые системы в последнее время привлекают внимание разработчиков новой техники в связи с их способностью формировать сигналы с заданными свойствами, управляя фазой излученного или принятого сигнала.

Основными элементами адаптивных информационно-измерительных и управляющих оптических систем (АИИУОС) являются преобразователи света, управляющие фазой световой волны путем создания динамически изменяющихся разностей хода лучей, проходящих через систему. В настоящее время остро стоит задача автоматизации работы АИИУОС путем совершенствования алгоритмов их работы.

Важнейшей сферой применения РИИУС являются телекоммуникационные системы.

Поэтому данная работа посвящена решению актуальной проблемы создания РИИУС таких СТО как элементы ГАП (гибкий автоматизированный участок или линия), адаптивные зеркала, телекоммуникационных систем связи, разработке новых методов оптимизации таких систем, совершенствованию методов обработки данных измерений и сжатия информации.

Целью работы является разработка методологических основ и принципов построения распределенных информационно-измерительных и управляющих систем сложных технических объектов, базирующаяся на современных технологиях, новых технических решениях и высокоэффективных технологиях обработки сигналов и оптимизации структур для улучшения их технических и эксплуатационных характеристик, а также создание новых действующих образцов таких систем, реализующих предлагаемые технические решения и методы.

Для достижения поставленной цели необходимо решать следующие задачи:

1. Сформулировать принципы построения обобщенных математических моделей СТО с многоуровневым представлением и изменяющимися свойствами.

2. Провести анализ математических методов описания СТО с изменяющимися свойствами и разработать методы, позволяющие проводить анализ и синтез структур и алгоритмов работы РИИУС таких СТО.

3. Разработать методы оптимизации структур и алгоритмов функционирования РИИУС ГАП по критерию максимального быстродействия.

4. Проанализировать и усовершенствовать методы передачи и обработки данных в мультисервисных РИИУС телекоммуникации и связи.

5. Разработать алгоритмы обработки информации и управления РИИУС адаптивной оптики.

6. Предложить принципы выделения информации о дефектах и разработать алгоритмы работы РИИУС СТО с изменяющимися свойствами в активном и пассивном режимах.

7. Провести анализ существующих средств контроля и диагностики электронной аппаратуры и разработать методы анализа эффективности комплексного контроля телекоммуникационных сетей.

8. Создать программно-аппаратные средства, повышающие эффективность работы разработанных методов, систем и алгоритмов.

В процессе решения задач, поставленных в данной работе, получены следующие результаты:

1. Показано, что решение проблемы повышения эффективности РИИУС наиболее эффективно проводить в следующих направлениях:

- оптимизация структур РИИУС;
- сокращение объемов обрабатываемых и передаваемых данных, содержащих избыточную или несущественную информацию, которую можно отбросить;
- разработка более производительных алгоритмов обработки данных, в частности, оптимизацией существующих алгоритмов коммутации и маршрутизации.

2. Предложен принцип построения обобщенных математических моделей СТО с многоуровневым представлением и изменяющимися свойствами, позволяющий наиболее полно учитывать информацию о составе объекта и структуре связей между его информационными параметрами и функциональными звеньями.

3. Проведен анализ математических методов описания СТО с изменяющимися свойствами и разработаны методы, позволяющие проводить анализ и синтез структур и алгоритмов РИИУС СТО.

4. Разработан метод оптимизации структур и алгоритмов работы РИИУС СТО, основанный на использовании математического метода парных замещений, позволяющий исследовать любые структуры РИИУС СТО с высокой точностью и быстродействием.

5. Разработаны методы оптимизации структур и алгоритмов функционирования РИИУС СТО по критерию максимального быстродействия.

6. Разработан алгоритм оптимизации коммутации потоков данных в РИИУС СТО, позволяющий минимизировать среднее время ожидания при передаче данных.

7. Проанализированы и усовершенствованы методы передачи и обработки данных в мультисервисных РИИУС телекоммуникации и связи.

8. Разработаны алгоритмы сжатия данных на основе модифицированного дискретного косинусного преобразования и функций Крестенсона, требующие значительно меньшего количества вычислительных операций по сравнению с известными, и позволяющие повысить степень сжатия данных при сохранении необходимой точности.

9. Разработан алгоритм сжатия многоканальных данных на основе мультивейвлетных функций, с улучшенной локализацией в пространстве и более эффективной аппроксимацией.

10. Разработаны алгоритмы обработки информации и управления в РИИУС адаптивными зеркалами, учитывающие внешние возмущающие факторы и динамику привода.

11. Предложен метод оптимизации характеристик формируемого оптического сигнала при управлении адаптивным зеркалом, позволяющий поддерживать максимальный уровень разрешающей способности зеркала в режиме реального времени.

12. Предложены принципы выделения информации о дефектах и разработаны алгоритмы работы РИИУС контроля СТО с изменяющимися свойствами в активном и пассивном режимах.

13. Проведен анализ существующих средств контроля и диагностики электронной аппаратуры и разработан метод анализа эффективности комплексного контроля телекомму-

никационных сетей.

14. Созданы программно-аппаратные средства, повышающие эффективность работы разработанных принципов, методов, систем и алгоритмов.

Внедрение перечисленных решений позволило создавать эффективные РИИУС с многоуровневым представлением СТО с изменяющимися свойствами, а также обеспечить успешное тиражирование соответствующих аппаратно-программных средств для широкого применения в других областях техники.

Предложенные принципы и методы позволили осуществить построение эффективных алгоритмов работы РИИУС с многоуровневым представлением СТО с изменяющимися свойствам.

Разработанные алгоритмы и вычислительные методы доведены до практической реализации. В частности, разработанные в работе метод оптимизации структур и алгоритм оптимизации коммутации потоков данных позволили организовать процедуры оптимизации структур, передачи и обработки данных в РИИУС ГАП, что обеспечило своевременную проработку вопросов построения структуры ГАП еще на этапе ее проектирования.

Алгоритмы сжатия данных с применением модифицированного дискретного косинусного преобразования, дискретного преобразования на основе функций Крестенсона и дискретное преобразование на основе мультивейвлетных функций внедрены на предприятии ОАО «Центральный научно-исследовательский технологический институт» в РИИУС сборочных РТК КСП-3.

Разработанный метод оптимизации характеристик формируемого оптического сигнала использован в распределенных информационно-измерительных системах управления адаптивной оптикой на автономных подвижных объектах.

Разработанные принципы выделения информации о дефектах и алгоритмы работы информационно-измерительных и управляющих систем контроля объектов с изменяющимися свойствами в активном и пассивном режимах использованы при разработке и изготовлении опытного образца компьютеризированного измерителя глубины трещин «ЗОНД ИГТ» и устройства «Контакт-03», контролирующего качество электрических соединений.

Библиографический список

1. Васильев А.М. Современные распределенные информационно-измерительные системы. Методология построения. Книга 1. М.: МГУПИ, 2008. – 235 с. ил.
2. Васильев А.М. Современные распределенные информационно-измерительные системы. Методология построения. Книга 2. М.: МГУПИ, 2008. – 258 с. ил.
3. Васильев А.М. Комплексный контроль и диагностика оборудования телекоммуникационных сетей. М.: МГУПИ, 2010. – 154 с.
4. Васильев А.М. Обработка данных в распределенных информационно-измерительных системах с многоуровневым представлением сложных технических объектов. М.: МГУПИ, 2011. – 169 с.

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИТ-СЕРВИСОВ*

Зимин В.В., Кулаков С.М., Пургина М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Введение. Эффективность использования информационно-технологических активов (ИТ-активов) во многих ИТ-компаниях далека от оптимальной, и, как правило, не соответствует лучшим современным практикам, которые, в частности, представлены в библиотеке

* Публикация подготовлена в рамках научного исследования, выполненного при поддержке государства в лице Минобрнауки России. Соглашение №14.В37.21.0391.

ITIL (версия 3) [1]. ИТ-деятельность оказывается преимущественно ориентированной на интересы ИТ-организаций. Некорректное целеполагание ИТ-деятельности её организаторами и исполнителями, а не потребителями результатов этой деятельности, лишает последнюю объективной цели и критериев оценки. Преодоление указанного несоответствия связано с введением понятия ИТ-сервиса, как продукта ИТ-деятельности и средства увеличения ценности бизнес-актива потребителя ИТ-сервиса. Ценность, которую создает ИТ-сервис, является основным показателем ИТ-деятельности, опираясь на который следует оценивать эффективность использования активов ИТ-провайдера.

1. Конкретизация механизма комплексного оценивания применительно к отдельным стадиям жизненного цикла (ЖЦ) сервиса

В основу механизма оценивания Q_I , Q_{II} , Q_{III} , Q_{IV} , Q_V качества использования ИТ-активов на стадиях ЖЦ сервиса (стратегии сервиса - Q_I , проектирования - Q_{II} , внедрения - Q_{III} , эксплуатации - Q_{IV} , утилизации - Q_V) положен широко известный механизм комплексного оценивания в изложении [2]. Определим три направления оценивания для каждой стадии в соответствии с типами ИТ-активов:

- функционирование активов-сервисов (обозначим их эффективность через Q_s);
- функционирование активов-проектов (Q_{pm});
- функционирование активов-процессов (Q_{pr}).

Первичную информацию, необходимую для оценивания эффективности использования ИТ-активов каждой стадии, сформируем на основе:

- нормативных моделей, конкретизирующих структуру ИТ-активов соответствующих стадий ЖЦ сервиса, и множествах метрик эффективности, описанных в библиотеке ITIL 3 [1] (ITIL-метрики хорошо структурированы, систематизированы и подробно описаны в [4] одним из авторов ITIL 3);

- применяемого ИТ-провайдером множества метрик и их значений, достигнутых в результате деятельности на оцениваемой стадии.

Формирование метрик для определенных выше направлений и оцениваемой стадии выполним посредством следующих шагов:

- построение из всего множества метрик в [4], описывающих функционирование ИТ-активов оцениваемой стадии, трёх подмножеств, оценивающих, соответственно, функционирование ИТ-сервисов, ИТ-проектов, ИТ-процессов;

- дополнение полученных в а) трёх подмножеств теми метриками, которые применяет поставщик услуг, деятельность которого оценивается, но которые отсутствуют в исходных трёх множествах.

Сформированные для каждого направления оценивания множества метрик и их оценки составляют исходную информацию для выполнения 2–13 этапов рассматриваемого механизма комплексного оценивания [3] эффективности функционирования стадии жизненного цикла сервиса.

2. Пример оценки эффективности.

Приведем процедуру оценивания Q_{IV} деятельности гипотетического поставщика ИТ-услуг на стадии «эксплуатация». В этом примере существенно сокращено общее число используемых метрик.

В таблице 1 представлены промежуточные результаты процедуры комплексного оценивания:

- результаты классификации множества метрик для активов эксплуатации по выбранным направлениям оценивания;

- расчётные и оцененные экспертами значения метрик, приведенные к единой трехбалльной шкале (низкое, среднее, высокое), характеризующие фактическое качество функционирования активов оцениваемого поставщика услуг, достигнутые в оцениваемом отчетном периоде;

- значения приоритетов метрик, полученные в результате свертки локальных экспертных оценок.

Приоритет метрики, характеризующей функционирование актива-проекта и актива-процесса, определяется степенью воздействия этой метрики на достижение установленных в SLA целевых значений показателей полезности и применимости ИТ-сервисов.

Таблица 1 – Оценки метрик стадии «эксплуатация»

№ п/п и наименование метрики	Сервисы	Процессы	Проекты	Приоритет метрики
1 Доля произошедших ИТ-событий, не приведших к ИТ-инциденту		3		3
2 Доля базовых активов, для которых определена обработка ИТ-событий			1	2
3 Доля инцидентов, устранённых на первой линии поддержки		1		1
4 Среднее время разрешения инцидента		3		3
5 Доля правильно классифицированных инцидентов		3		2
6 Доля ИТ-проблем, для которых в БД, было найдено «обходное» решение		2		3
7 Общее время неработоспособности пользователей из-за проблем				3
8 Число ИТ-изменений, инициированных процессом обработки ИТ-проблем		2		2
9 Общие затраты на разрешение ИТ-проблем				2
10 Наличие в каталоге поставляемых ИТ-сервисов перечня запросов на ИТ-обслуживание				3
11 Доля отклонённых запросов на обслуживание на основании их отсутствия в каталоге сервисов запрашиваемой услуги				1
12 Доля одобренных планов по изменению ИТ-инфраструктуры		2		2
13 Количество проблем, возникших при изменении ИТ-инфраструктуры		3		3
14 Число инцидентов, возникших при выполнении ИТ-операций		2		3
15 Доля инцидентов, вызванных неквалифицированными действиями пользователей		2		2
16 Среднее время ожидания пользователем ответа на звонок в SD		2		2
17 Доля обращений пользователей в SD, в результате которых были вскрыты ИТ-проблемы		2		2
18 Доля SLAs, в которых имеются метрики для характеристик полезности и применимости ИТ-сервисов	1			3
19 Число случаев нарушения SLA		3		3
20 Доля ИТ-услуг, для которых нет SLA	1			2

В результате обработки данных таблицы 1 (этап 10 механизма комплексного оценивания [6]) при трехбалльной порядковой шкале получаем: $Q_s = 1$; $Q_{pr} = 2$; $Q_{pm} = 1$.

Низкое значение показателя Q_s обусловлено неиспользованием или недостаточным применением поставщиком ИТ-услуг метрик полезности, доступности, мощности, непрерывности, безопасности для предоставляемых сервисов (значение 1 для показателя 18), а также наличием ИТ-сервисов, для которых вообще не определено SLA (значение 1 для показателя 20). Неэффективность проектных активов связана с малым числом базовых ИТ-активов, для которых разработан автоматический механизм обнаружения ИТ-событий (значение 1 для показателя 2), являющихся предвестниками отказов и с не упорядоченностью деятельности по обработке запросов на ИТ-обслуживание (значение 0 для показателя 10).

На одиннадцатом этапе комплексного оценивания формируется бинарная структура свертки критериев эффективности по направлениям для оцениваемой стадии. При сервисном подходе к организации ИТ-деятельности ключевым является показатель Q_s , два других «работают» на его улучшение. Поэтому целесообразно применить структуру свертки, представленную на рисунке 1.

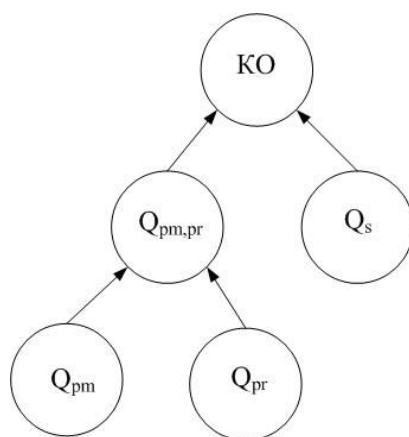


Рисунок 1 – Структура свертки критериев Q_s , Q_{pr} , Q_{pm}

Так как стадия эксплуатации является преимущественно «процессной», то выбираем для свертки критериев Q_{pr} , Q_{pm} матрицу предпочтения одного показателя (M_6 [6]) и получаем $Q_{pm,pr} = 2$. Результат свертки критериев Q_s и $Q_{pm,pr}$ также определяется выбором матрицы свертки. Сервисный подход требует ориентированности деятельности провайдера на потребности клиентов, то есть критерий Q_s должен доминировать не только над Q_{pr} и Q_{pm} , но и над $Q_{pm,pr}$. Выбирая матрицу абсолютного предпочтения одного показателя, получаем $Q_{IV} = 1$. Таким образом, несмотря на то, что стадия эксплуатации является преимущественно «процессной» и на то, что процессная деятельность на этой стадии организовано хорошо, в целом, с точки зрения сервисного подхода, стадия функционирует неудовлетворительно.

Библиографический список

1. OGC-ITIL V3-6 – Service Lifecycle – Introduction ITIL TSO 2007. – 173 p.
2. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В., О структуризации системы управления деятельностью ИТ-провайдера, Системы управления и информационные технологии, №2.1(48), 2012. – С. 198–202.
3. Бурков В.Н., Кондратьев В.Д., Щепкин А.В., Механизмы повышения безопасности дорожного движения, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 208 с.
4. Брукс П., Метрики для управления ИТ-услугами. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 283 с.

О СТРАТЕГИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ СРЕД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ИТ-СЕРВИСОВ

Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк

К важнейшим задачам реализации изменений и внедрения ИТ-сервиса (service transition) [4] относятся:

- разработка и внедрение процедур распространения и инсталляции изменений в ИТ-системах;
- планирование и контроль безопасного развертывания корректного, авторизованного, протестированного ПО и оборудования;
- обеспечение взаимодействия с клиентами по вопросам развертывания релизов в продуктивной среде и управления ожиданиями бизнеса;
- согласование содержания релизов и планирования их внедрения с процессом управления изменениями; [3]
- внедрение новых релизов в продуктивную среду, под контролем процесса управления изменениями;
- формирование и актуализация тестовых сред, по аналогии с корректировкой состояния базы данных конфигурационных элементов эксплуатационной среды (CMDB).

Взаимодействие основных процессов и их связанных с изменениями ИТ-системы элементов, в соответствии с ITIL, v3, представлено на рисунке 1. Инициирование всех проектных изменений и запуск процедур внедрения, в том числе, развертывания релизов, начинается с регистрации в службе Service Desk запросов на изменения. По мере верификации и одобрения изменений осуществляется формирование тестовых сред и тестирование отдельных сервисных компонентов Sk_i и релизов REL . Более детализированная и подробная технологическая схема внедрения сервиса представлена в работе [2].

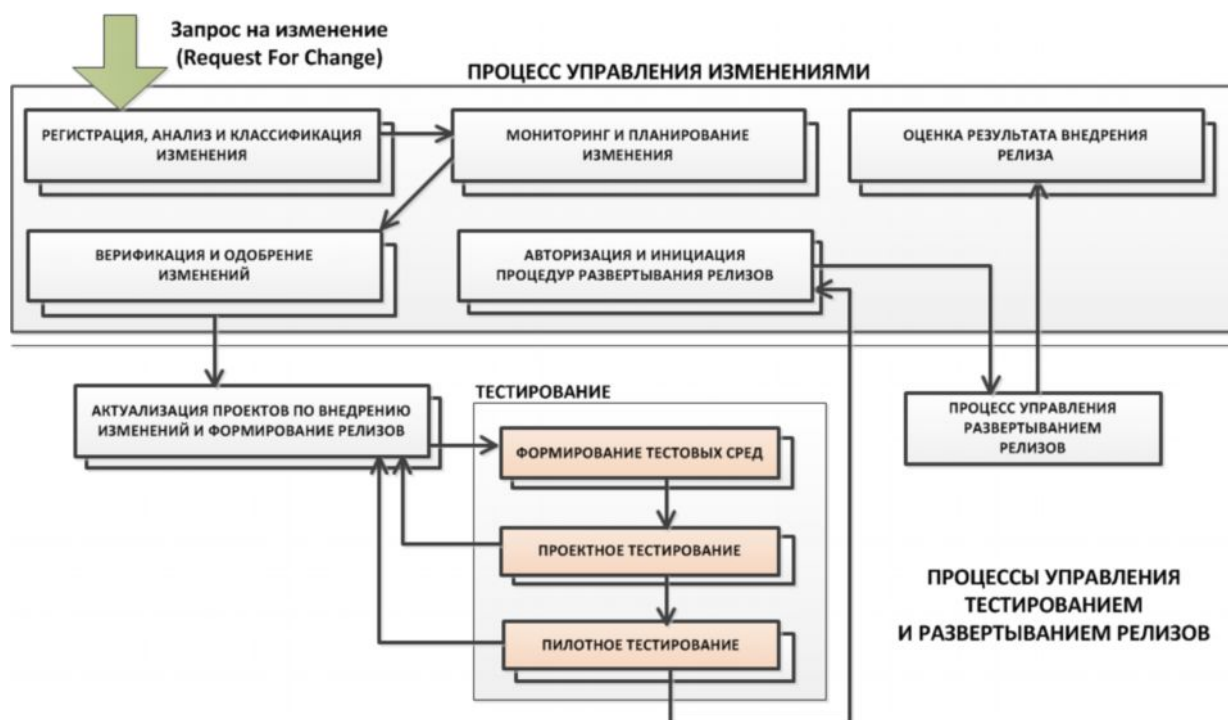


Рисунок 1 – Информационные потоки при реализации изменений

Минимизация рисков в процессе внедрения сервиса приводит к необходимости формирования тестовых сред, воспроизводящих характеристики натурной эксплуатационной среды, с заданной точностью ε . Следовательно, существует такая семантическая функция подобия f_p , что для некоторого мультиграфа продуктивной $\bar{G}(CMDB)$ и тестовой $\bar{G}(TST)$ среды, справедливо правило подобия (1), когда:

$$f_p(\bar{G}(CMDB)) - f_p(\bar{G}(TST)) \leq \varepsilon. \quad (1)$$

Выражение (1) является базовым ограничением, накладываемым на состав конфигурационных элементов модельной тестовой среды. На практике, как правило, сложно добиться абсолютной идентичности компонентов эксплуатационных и тестовых сред, поскольку состав реальных систем может включать сотни и тысячи отдельных библиотек и компонентов, влияющих друг на друга непредсказуемым образом. Также следует принимать во внимание достаточно серьезные ограничения на финансовые ресурсы, необходимые для построения натурной тестовой среды. Сбои аппаратуры, зараженное вирусами программное обеспечение, «троянские кони», ошибки в реализации алгоритмов и использование общедоступного ПО из непроверенных источников существенно увеличивают риски и повышают сложность моделирования натурной среды.

При создании тестовых сред для ИТ-сервисов можно придерживаться трех основных стратегий:

- 1) Создание аналогичных натурным тестовых сред на идентичной физической инфраструктуре, с использованием средств резервного копирования/восстановления данных.
- 2) Создание аналогичных натурным тестовых сред на идентичной виртуальной инфраструктуре с использованием средств резервного копирования/восстановления данных.
- 3) Использование программных эмуляторов (и пакетов автоматизированного тестирования) для воспроизведения технических характеристик оборудования и программного обеспечения.

Для реализации первых двух стратегий в тестовой системе создается технологический узел (или его эмулятор), полностью аналогичный физическим характеристикам узла продуктивной среды. С использованием инструментария резервного копирования данных, создается «снимок» текущего состояния узла продуктивной среды, который впоследствии разворачивается в тестовой среде. Таким образом, создается дубликат для определенного подмножества элементов продуктивной среды (рисунок 2).

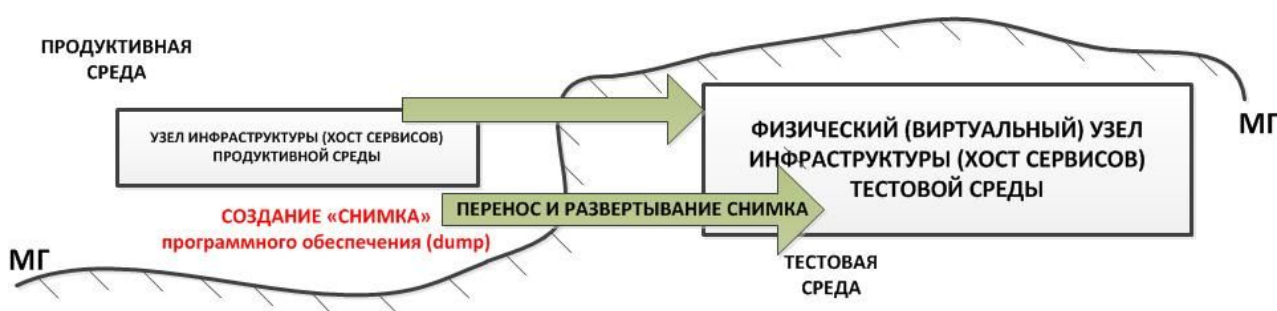


Рисунок 2 - Схема формирования сред тестирования ИТ-сервисов (МГ – межсредовая граница)

Современные технологии инжиниринга программного обеспечения позволяют полностью виртуализовать продуктивную среду, в дальнейшем упрощая создание тестовых сред. По сути, инфраструктурный узел продуктивной среды в данном случае является обычным «хостером» виртуальных машин, на которых разворачивается все необходимое программное обеспечение и работающие сервисы. В таком случае, тестовые среды, могут быть созданы с помощью клонирования виртуальных машин (рисунок 3).

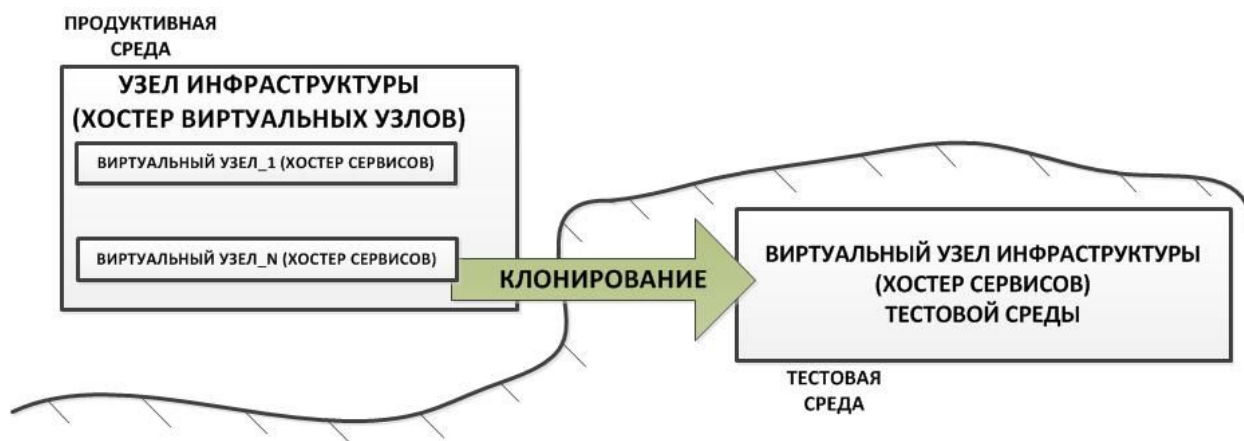


Рисунок 3 – Схема виртуализации продуктивной среды

Таким образом, системный ландшафт ИТ-сервиса представляет собой совокупность трех связанных подсистем:

- подсистемы разработки и отладки ИТ-сервисов с использованием инструментов промежуточного тестирования;
- подсистемы тестирования ИТ-сервисов, с механизмом формирования тестовых сред и выбором стратегии тестирования;
- продуктивной (эксплуатационной) подсистемы, включая всю технологическую инфраструктуру бизнес – заказчика.

Подсистема формирования тестовых сред может быть включена в состав модельно – алгоритмического комплекса (МАК), описанного в [4].

Библиографический список

1. OGC-ITIL V3-2 Service Transition, TSO 2007.
2. Добрынин А.С. Кулаков С.М. Зимин В.В. Формализация задачи составления расписаний для стадии внедрения ИТ-сервиса. // Научное обозрение: Теория и практика». – 2013. – № 2. – С. 47–52, с. 110.
3. Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В. Постановка задачи компоновки релизов с учетом рисков на стадии внедрения ИТ-сервисов // Научное обозрение: теория и практика. - 2013. – № 2. – С. 41–46, 110.
4. Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф. О формировании комплекса инструментальных средств ИТ-провайдера для построения расписаний процесса внедрения сервиса // Научное обозрение. – 2013. – № 8. – С. 93–101, 210.

О К-МОДЕЛЯХ ПРОЦЕССА ГЕОФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Мальцева Т.В., Молокова Н.В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет

им. академика М.Ф. Решетнева,

Сибирский федеральный университет,

г. Красноярск

Введение. Хозяйственная деятельность человека, связанная с использованием нефти, как основного источника энергии, привела к загрязнению окружающей среды. Скорость накопления нефти и нефтепродуктов далеко опережает скорость их биодеградациии естественным путем. Удержанные пористыми средами углеводороды представляют серьезную проблему для окружающей среды из-за их токсичности и потенциальной возможности служить

длительно действующим источником загрязнений. В связи с этим изучение фильтрационных процессов в моделях пористых сред, адекватных к естественным условиям, является актуальным направлением, которое позволит получать прогноз формирования фронта загрязнения и оценку величины загрязненной зоны.

Исследуемый процесс обладает значительной сложностью, т.к. при нефтяном загрязнении взаимодействуют три группы факторов: многокомпонентность состава нефти; гетерогенность состава и структуры почвенной экосистемы; многообразие и изменчивость внешних факторов [4]. Кроме того, существенная роль при формулировке задач моделирования принадлежит средствам контроля и технологии измерения переменных, а изучаемый процесс геофильтрации недоступен непосредственному изучению (зона нефтяного загрязнения). Указанные сложности приводят к тому, что на этапе постановки задачи приходится прибегать к допущениям, которые зачастую имеют отдаленное отношение к реальности. В частности, для описания фильтрационных процессов в подземной гидромеханике применяется макроскопический метод, в основе которого лежат гипотеза сплошности среды; из-за сложности связей в моделях зачастую не учитывается влияние внешних факторов; а вследствие недостатка средств контроля не принимается во внимание ряд важных показателей нефти и почвы. В данной работе представлен математический подход, адекватный тому уровню априорной информации, которым мы реально располагаем [3].

Описание процесса геофильтрации. С попаданием в почву нефти и нефтепродуктов начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. Преобладание тех или иных процессов превращения, миграции и аккумуляции нефтепродуктов в значительной мере зависят от природно-климатических условий, физических и физико-химических свойств почв, рельефа местности, количества и состава нефти, времени воздействия [6]. Попавшая в почву нефть опускается вертикально под действием силы тяжести [5, 6]. Одновременно она распространяется вширь, проникая в поры между частицами грунта. Основными свойствами углеводородов, влияющими на скорость проникновения нефти в почву и учитываемыми при моделировании, являются вязкость μ и плотность ρ_n . Однако влияние на процесс фильтрации оказывают и такие показатели как температура T_n и давление нефти P_n , что показано в работе [1], фракционный состав θ и наличие механических примесей χ .

Расширение площади распространения нефти под действием капиллярных сил уменьшает насыщенность ее грунта [6]. Ниже определенного уровня насыщения, составляющего 10-12%, нефть перестает мигрировать и становится неподвижной. Проявление капиллярного эффекта хорошо прослеживается при значительной проницаемости k и пористости m грунтов. Однако в работах [1] и [6] показано значительное влияние на процесс фильтрации также и гранулометрического состава почвы (размер частиц r , процентное соотношение частиц определенного размера q , форма частиц ζ и способность частиц к деформации λ), от которого зависят величина удельной поверхности s , влагоудерживающая способность l , проницаемость, пористость. Немаловажное значение имеет также рельеф местности, особенно ее наклон ψ .

Помимо основных свойств систем, участвующих в процессе фильтрации, нельзя забывать и о внешних факторах, влияние которых может оказаться весьма значительным. Так в [1] исследовалось влияние давления P и температуры T на скорость фильтрации и было показано, что рост температуры приводит к существенному увеличению скорости фильтрации. Давление, в свою очередь, оказывает значительное влияние на фазовые превращения, изменение физических свойств, состава и структуры нефти.

В работе [6] показано, что в сухой почве фильтрация нефти происходит гораздо медленнее, чем во влажной. На поверхности сухой почвы нефть быстро образует водонепроницаемую корку, которая достаточно трудно разбивается [6], в то время как на влажных почвах она довольно легко разрушается, что делает возможным проникновение новых порций воды при последующих дождях в грунт, что, в свою очередь способствует прохождению нефти в глубину. Также предполагается, что продвижение нефти во влажный грунт происходит под влиянием не только силы тяжести g , но и под воздействием силы натяжения ме-

ниска воды в капиллярах, а также в порах и пустотах между комочками грунта, и проникновение нефти во влажную почву более глубокое [6]. Таким образом, необходимо учесть такие факторы как влажность η , количество осадков w и состояние атмосферы a , влияющее на процесс влагонакопления и влагоотдачи.

Очевидно, что негативное влияние нефти на почвенный покров огромно и заключается не только в нарушении экологической ситуации в месте разлива, сказывающегося на качестве почв, состоянии флоры и фауны, но и в ухудшении радиоактивного фона, а также снижении пожарной безопасности. По данным [7] ежегодно нефтяные компании ежегодно теряют порядка 480 000 тонн нефти в результате аварийных разливов при перегонке, при этом порядка 80% нефти, попавшей в почву, можно вернуть при очистке почв. Поэтому устранение последствий разлива нефти имеет значение не только с экологической, но и с экономической точки зрения. На сегодняшний день технологии очистки почвы от нефти хорошо отработаны и образуют комплекс мероприятий ЛАРН (ликвидация аварийных разливов нефти). Однако помимо неоспоримого экологического ущерба аварийный разлив нефти приводит к ряду других проблем, которые являются более актуальными для лиц принимающих решения, а именно, что необходимо делать для минимизации расходов, складывающихся из платы за загрязнение земель (штрафов), затрат на ликвидацию аварийных разливов и затрат на восстановление нефтезагрязненных земель [2]. Используя методы расчета этих показателей, принятые российским законодательством, можно определить не только факторы, которые необходимо учесть в модели, а также согласно каким стандартам необходимо строить модель, чтобы она оказалась полезной в реальной ситуации.

Основным показателем опасности чрезвычайных ситуаций, связанных с нефте разливами, является общее количество (масса) нефти M_z , поступившее в окружающую среду, а в качестве показателя степени загрязнения принимается концентрация нефти в грунте α [2]. В зависимости от уровня загрязнения принимается решение о целесообразности проведении очистительных мероприятий химическими средствами или агротехническими приемами [7]. Стоимость и характер мероприятий напрямую определяются площадью, подвергшейся активному загрязнению, объемом вылившейся нефти и массой нефти, загрязнившей землю. При этом значительную часть затрат на проведение очистных мероприятий составляет стоимость сорбента (в среднем порядка 25 000 рублей на очистку кубометра почвы), количество которого рассчитывается исходя из размеров зоны и уровня загрязнения [7]. Все вышесказанное приводит к мысли, что необходима модель, позволяющая получить прогноз границы разлива нефтяного пятна в почве выше установленного уровня загрязнения α .

Следует отметить, что во многих моделях, например, в [4] в качестве показателя уровня загрязнения вместо α используется насыщенность пористой среды S_n показывающая, какую часть среды занимает нефтезагрязнитель. Однако все нормативные методики расчета используют в качестве критерия именно концентрацию нефти в грунте, поэтому насыщенность, непосредственно связанная с концентрацией и определяемая по многочисленным математическим моделям, может использоваться в качестве дополнительной информации. На практике насыщенность пород определяется в лабораторных условиях в аппаратах Закса или по данным геофизических исследований и занимает длительное время. При этом в [5] отмечается тот факт, что с увеличением нефтенасыщенности коэффициент теплопроводности γ почвы уменьшается, поэтому в качестве одного из показателей степени насыщения почвы нефтью можно использовать теплопроводность, измерение которой значительно более простое и быстрое. Еще одним важным показателем, связывающим ряд параметров нефти, почвы и окружающей среды, в классической теории фильтрации считается скорость фильтрации u [4]. Математический аппарат для определения этого показателя хорошо развит, и представляется нецелесообразным при разработке новых моделей полностью отказываться от подобной информации.

Математические модели процесса нефтезагрязнения пористой среды. Математическое моделирование всегда сопровождается некоторыми предположениями, допустимыми с практической точки зрения с целью сделать задачу разрешимой. Как отмечалось ранее,

принятые предположения в своей совокупности могут оказаться слишком «грубыми» и приведут к тому, что модель будет неадекватной реальности. В настоящей работе представлена попытка сформулировать задачу моделирования процесса в постановке, снимающей целый ряд допущений и предположений, связанных с недостатком априорной информации. Для этой цели предлагается использовать новый тип математических моделей – *K*-модели [3], предложенные профессором А.В. Медведевым, которые строятся в условиях, когда априорная информация об исследуемом объекте одновременно принадлежит к разным уровням, и базирующиеся на триаде: фундаментальные законы, параметризованные зависимости и качественные связи, представленные с точностью до переменных [3]:



Рисунок 1 – Схема многомерного стохастического процесса геофильтрации нефти в пористой среде

Входными переменными являются определенные ранее параметры трех взаимодействующих систем: нефти (Q_1), грунта (Q_2) и окружающей среды (Q_3); на выходе модель выдает пространственные границы нефтяного пятна (параметры Π и L , задающие параметры трехмерной цилиндрической поверхности) и уровень загрязнения (α). Переменные Π и L представляют собой разные выходные переменные, потому что определяются разными физическими процессами и имеют разную дискретность измерений. $\xi(t)$ – векторное случайное воздействие. $\hat{D} = (\hat{S}_n, \hat{u}, \hat{L})$ – переменные процесса (насыщенность, скорость фильтрации, глубина нефтезагрязнения), определяемые по модели, базирующейся на уравнении неразрывности и законе Дарси [4] и представляющие собой дополнительную информацию о процессе; H – каналы связи, соответствующие различным переменным, включающие в себя средства контроля, приборы для измерения наблюдаемых переменных; $Q_{1t}, Q_{2t}, Q_{3t}, D_t, \Pi_t, L_t, \alpha_t$ – измерение соответствующих переменных в дискретное время t ; $h(t)$ – случайные помехи измерений соответствующих переменных процесса.

Отметим также существенное отличие выходных переменных $\Pi(t)$, $L(t)$ и $\alpha(t)$. Выходная переменная $\Pi(t)$ контролируется через интервалы времени Δt , например, на основании данных аэросъемки; $L(t)$ – через существенно большие интервалы времени ΔT (путем бурения шурфов по принятой технологии по истечении пожароопасного периода, в течение которого активно происходит испарение легких фракций нефти с поверхности почвы), $\alpha(t)$ – через T ($T > \Delta T \gg \Delta t$) (посредством проведения химического анализа проб почв, полученных посредством шурфования). С практической точки зрения для исследуемого процесса наиболее важным часто является контроль переменных $\alpha(t)$. Несмотря на то, что процесс геофильтрации является динамическим, имеющиеся средства контроля вынуждают рассматривать его как статический с запаздыванием, что не противоречит целям моделирования.

На основании физических законов, уравнений теории фильтрации, методик расчета, применяемых экологами, а также сведений о рассматриваемом процессе структура математической модели геофильтрации может быть записана в виде следующих уравнений:

$$M_3 = \rho_n \cdot V_n \text{ или } M_3 = G_p \cdot \tau + l_n \cdot \rho_n \cdot \pi \cdot D_n^2 / 4, \quad (1)$$

$$F_3 = K_3 \cdot M_3 \cdot 10^3, \quad (2)$$

$$\alpha = 10^3 \cdot M_{вн} / M_{зг} = 10^3 \cdot M_{вн} / \rho_{зг} \cdot F_3 \cdot L, \quad (3)$$

$$M_{вн} = M_3 - M_{п} - M_{и} = M_3 - V_{п} \cdot \rho_{п} - M_{и} = M_3 - F_3 \cdot L_{п} \cdot \rho_{п} - M_{и}, \quad (4)$$

$$M_{и}(t) = u_{и} \cdot F_3 \cdot t, \quad (5)$$

$$u_{и} = f_{u_{и}}(\theta, a, w, \eta, T), \quad (6)$$

$$M_{вн} = S_{н} \cdot F_3 \cdot L \cdot \rho_{п}, \quad (7)$$

$$S_{н} = V_{н} / V_{зг} = V_{н} / M_{зг} \cdot L = M_{вн} / M_{зг} \cdot L \cdot \rho_{п}, \quad (8)$$

$$L_{п} = M_3 / F_3 \cdot \rho_{п} - S_{н} \cdot L, \quad (9)$$

$$\rho_{зг} = f_{\rho_{зг}}(\rho_{п}, \rho_{г}, S_{н}), \quad (10)$$

$$a_0 = f_{a_0}(T, P, \eta, w, \rho_{п}, M_3, \psi_x, \theta, \rho_{п}, k_{п}, t), \quad (11)$$

$$b_0 = f_{b_0}(T, P, \eta, w, \rho_{п}, M_3, \psi_y, \theta, \rho_{п}, k_{п}, t), \quad (12)$$

$$S_{н}(t) = f_{S_{н}}(M_3, \rho_{п}, \mu, \eta, K_a, K_b, L(t), \hat{S}_{н}(t, L), \gamma), \quad (13)$$

$$K_a = f_a(m, k, G, l, s, \psi_x), \quad (14)$$

$$K_b = f_b(m, k, G, l, s, \psi_y), \quad (15)$$

$$G = f_G(r, q, \zeta, \lambda), \quad (16)$$

$$L(t) = f_L(u_z(t), K_a, K_b, \hat{L}(S_{н}, t)), \quad (17)$$

$$u'_z(t) = f_{u'_z}(\mu, F_3, M_3, g, k, \hat{u}_z(t)), \quad (18)$$

$$a(t) = f_a(a_0, u_x, M_{н}, \psi, t, S_{н}), \quad (19)$$

$$b(t) = f_b(b_0, u_y, M_{н}, \psi, t, S_{н}), \quad (20)$$

$$u_x = f_{u_x}(\theta, \chi, m, k, T, P, \mu, \rho_{п}, K_a, \hat{u}_x), \quad (21)$$

$$u_y = f_{u_y}(\theta, \chi, m, k, T, P, \mu, \rho_{п}, K_b, \hat{u}_y), \quad (22)$$

$$u_z = f_{u_z}(\theta, \chi, T, P, \mu, \rho_{п}, w, a, g, \eta, u'_z, \hat{u}_z), \quad (23)$$

$$m = f_m(s, l, r, q, \zeta, \lambda), \quad (24)$$

$$k = f_k(s, l, r, q, \zeta, \lambda), \quad (25)$$

$$\rho_{п} = f_{\rho_{п}}(\theta, T_{н}, T, P), \quad (26)$$

$$F(t) = F(a(t), b(t), L(t)) = \begin{cases} x^2/a^2(t) + y^2/b^2(t) - 1 = 0, \\ z(t) = L(t). \end{cases} \quad (27)$$

$$m \cdot \frac{\partial \hat{S}_{н}}{\partial t} = \text{div} \left[k \cdot \frac{k_{н}(ss)}{\mu} \cdot (\nabla P_{н} - \rho_{п} \cdot \bar{g}) \right], \quad (28)$$

$$\hat{u} = (\hat{u}_x, \hat{u}_y, \hat{u}_z) = -k \cdot k_{н}(ss) / \mu \cdot (\nabla P_{н} - \rho_{п} \cdot \bar{g}), \quad (29)$$

$$m \cdot \frac{\partial \hat{S}_{н}}{\partial t} + \left[\frac{\partial(\rho_{п} \hat{u}_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_{п} \hat{u}_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_{п} \hat{u}_z)}{\partial z} \right] = 0, \quad (30)$$

где G_p – производительность насоса на нефтеперекачивающей станции; τ – период времени от возникновения аварии до остановки насосов на нефтеперекачивающей станции; D_n – диаметр нефтепровода; l_n – длина участка поврежденного нефтепровода между двумя задвижками; M_3 – количество нефти и нефтепродуктов, вылившееся из нефтепровода; K_3 – эмпирический параметр, устанавливаемый в зависимости от рельефа местности; $M_{вн}$ – количество впитавшейся нефти; $M_{и}$ – количество испа-

рившейся нефти; $u_{и}$ – скорость испарения нефти; $M_{зг}$ – количество нефтезагрязненного грунта; $\rho_{зг}$ – плотность нефтезагрязненного грунта; $M_{п}$ – количество поверхностного слоя нефти; $L_{п}$ – толщина слоя нефти на поверхности; $V_{н}$ – объем вылившейся нефти; L – глубина загрязнения; F_3 – площадь разлива; $\rho_{п}$ – плотность поверхностного слоя почвы; $\rho_{г}$ – плотность грунта; $k_{п}$ – проницаемость поверхностного слоя почвы; a_0, b_0 – размеры нефтяного пятна в момент прекращения последующего разлива нефти; K_a, K_b – капиллярные силы по продольному и поперечному направлениям; G – обобщенный показатель качества грунта; u – скорость фильтрации; u'_z – скорость вертикальной фильтрации, вычисленная по нормативным методикам [5]; a, b – размеры (границы) нефтяного пятна.

Уравнения (3), (4), (5), (8), (29), (30) относятся к фундаментальным законам теоретической физики [4, 6]; уравнения (1), (2), (7), (9), (27), (28) – параметризованные зависимости, установленные на основании ранее проводимых исследований [2, 4], остальные уравнения системы на данный момент не могут быть параметризованы в силу недостатка информации о виде зависимости и выражаются непараметрически [3]. В приведенной модели переменные $G_p, \tau, D_{п}, l_{п}, \rho_{г}, T, P, \eta, w, a, g, \psi, \theta, \rho_{п}, k_{п}, \mu, \gamma, l, s, r, q, \zeta, \lambda, \chi, P_{н}$ являются входными; $M_3, M_{вп}, M_{зг}, M_{и}, \rho_{н}, \rho_{зг}, F_3, L_{п}, u_{и}, k, m, k_1, a_0, b_0, u, u'_z, \hat{L}, \hat{u}, \hat{S}_{н}, S_{п}, G, K_a, K_b$ – расчетными; L, a, b, α – выходными.

Заключение. В работе проведено исследование процесса геофильтрации нефти в пористой среде с целью постановки задачи моделирования в условиях, максимально приближенным к реальным условиям протекания изучаемого процесса: путем изучения теоретических и практических аспектов определен набор переменных, оказывающих влияние на процесс фильтрации и имеющих значение для оценки масштаба загрязнения и устранения последствий. На основании полученных данных о характере и специфике процесса предложены новые модели процесса, объединяющие в себе фундаментальные законы теории фильтрации; параметрические уравнения, полученные на основании проводимых ранее исследований и применяемые в соответствии с нормативными документами; а также выявленные закономерности, не поддающиеся параметризации в силу недостатка информации о виде зависимости и ограниченности средств контроля. Приведенные модели при дальнейшем изучении процесса и получении новой информации могут изменяться: производиться уточнение структуры и настройка параметров параметрических уравнений, а также параметризация тех зависимостей, которые на текущей стадии определены лишь качественно.

Библиографический список

1. Газизов А.А. Увеличение нефтеотдачи неоднородных пластов на поздней стадии разработки // А.А. Газимов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 639 с.
2. Загвоздкин В.К., Заикин И.А., Быков А.А., Макиев Ю.Д., Малышев Д.В., Назаров В.Б. Методика оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами // Проблемы анализа риска, 2005. – 1(2), С.6–28.
3. Медведев А.В. Теория непараметрических систем. Моделирование // Вестник СибГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып.4., С. 4–9
4. Molokova N.V., Konnykh M.A. Modeling of the Dynamics of Spreading of Spilled Hydrocarbons Taking into Account the Gravity-Capillary Interaction // Журнал СФУ. – Красноярск, 2012. – Вып. 5(4), С. 462–470.
5. Росляк А.Т. Физика пласта: Курс лекций. – Изд-во Томского политехнического университета. – Томск, 2008. – 131 с.
6. Тюленева В.А., Соляник В.А., Васькина И.В., Шалугин В.С. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах // Вісник КДПУ. Випуск 2/2006 (37). Частина 2, С. 110–112.
7. Холдинговая компания Меншен групп [Сайт] / Copyright Holding company Menschen group Ltd. URL: <http://irvelen.com> (дата обращения: 04.06.2013).

О ПРИМЕНЕНИИ ИНДИКАТОРА «ОПЕРАЦИОННЫЙ ЛЕВЕРЕДЖ» ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСАМИ

Валишевская Л.Г., Мусатова А.И.

Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

В современных финансовых условиях целесообразно пользоваться инструментом, именуемым «операционный левередж». Этот показатель отвечает на вопрос: «во сколько раз темп изменения прибыли от продаж превышает темп изменения выручки от продаж». Операционный левередж позволяет одновременно определить прирост или уменьшение прибыли и с его помощью можно установить, какая выручка от продаж обеспечит нужную прибыль. Механизм применения операционного левережда зависит от того, какие факторы воздействуют на изменение выручки от продаж в плановом периоде по сравнению с базисным: динамика цен, либо динамика натурального объема продаж, либо оба фактора вместе. Как правило, на практике выручка возрастает или снижается под влиянием обоих факторов. Но при планировании прибыли важнейшее значение имеют степень и направление воздействия на выручку каждого фактора. Динамика выручки от продаж в результате снижения или роста цен на продаваемую продукцию сказывается на величине прибыли иначе, чем динамика выручки в результате увеличения или уменьшения натурального объема продаж.

Изменение объема реализации зависит от двух факторов: цены реализации и объема реализованной продукции. Поэтому, разделяя влияние этих факторов, определяют два показателя операционного левережда:

– натуральный операционный левередж, как отношение маржинальной прибыли к операционной прибыли (или прибыли до выплаты налогов и процентов);

– ценовой операционный левередж, как отношение выручки от реализации произведенных товаров к операционной прибыли (или прибыли до выплаты налогов и процентов).

Это означает, что операционный левередж выражается не одним, как минимум, двумя показателями, из которых один рассчитывается для случая, когда в плановом периоде меняются только цены на реализуемую продукцию, второй – для случая изменения только натурального объема продаж. При условии, что плановая выручка от продаж изменяется за счет обоих факторов, в расчетах применяются эти показатели операционного левережда. Формализация расчета каждого вида базируется на методе прямого счета прироста выручки от продаж и прибыли (или их снижения) в плановом периоде.

Практическое использование рассмотренного подхода разделения влияния указанных факторов на изменение объема реализованной продукции при расчете плановой прибыли от продаж представлено на примере металлургического производства.

Базисные данные: выручка от продаж – 3533 тыс. руб; переменные затраты – 1201 тыс. руб; постоянные затраты – 801 тыс. руб; прибыль от продаж – 1531 тыс. руб.

Рассматриваются возможные ситуации (*Sit*) изменения прибыли прогнозного или планового периода по факторам (результаты расчетов представлены далее в таблице).

1. Влияние изменения ценового фактора на прибыль от продаж (*Sit A, B*). С помощью показателя ценового операционного левережда рассчитывается плановая прибыль от продаж при условии изменения в плановом периоде только цены (ΔC).

Sit A. Если выручка от продаж увеличивается на 10 % за счет повышения цены. Следовательно, прибыль возрастет на 23,1 % и составит 1884,7 тыс. руб.

Sit B. Если выручка от продаж снижается на 10 % за счет снижения цен, следовательно, прибыль снизится на 23,1 % и составит 1177,3 тыс. руб. Таким образом, *Sit B* показывает каково максимальное допустимое снижение цен, чтобы продажи не стали убыточными, то есть чтобы выручка была не ниже критической и уменьшение прибыли должно быть не более, чем на 100 %. Так при снижении выручки на 45 % за счет снижения цен –

прибыль снизится на 104 % и составит убыток 1592,24 тыс. руб. Поскольку темп снижения прибыли превышает 100 %, прибыль превращается в убыток.

Если изменение спроса на продукцию выражается только через изменение цен, а натуральный объем продаж остается на базисном уровне, то вся сумма прироста или уменьшения выручки от продаж одновременно становится суммой прироста или снижения прибыли. Используя показатель ценового операционного левереджа можно определить финансовый результат от продаж прогнозного (планового) периода с положительным или отрицательным знаком.

2. Влияние изменения натурального объема продаж на прибыль (*Sit A, B*). С помощью показателя натурального операционного левереджа рассчитывается плановая прибыль от продаж при условии изменения в плановом периоде только натурального объема продаж (ΔV).

Sit A. Если выручка от продаж увеличивается на 10 % в результате соответствующего роста натурального объема продаж, следовательно, прибыль от продаж увеличится на 15,2 % и составит 1763,7 тыс. руб.

Sit B. Если выручка от продаж уменьшится на 10 % за счет соответствующего снижения натурального объема продаж, то прибыль снизится на 15,2 % и составит 1298,3 тыс. руб. В случае уменьшения натурального объема продаж более чем на 65 %, продажи стали бы убыточными, так как уменьшение прибыли превысило бы 100 %.

Следовательно, сравнивая результаты расчетов на основе ценового и натурального операционного левереджа было выявлено, что изменение цен в большей степени отражается на динамике прибыли от продаж, чем изменение натурального объема продаж. Поэтому при изменении выручки только за счет цен показатель операционного левереджа всегда будет выше, чем при изменении выручки только за счет натурального объема продаж.

Следует отметить, что инструмент планирования прибыли от продаж был рассмотрен выше при идеальных условиях. Он пригоден только для случаев, когда динамика прибыли определяется одним фактором при неизменном другом: либо меняются цены, но не меняется натуральный объем продаж, либо наоборот. В реальных условиях, как правило, происходит одновременное изменение и цен, и натурального объема продаж. Причем, оба фактора могут действовать и в одном направлении и в противоположных направлениях.

3. Влияние одновременного изменения цены и натурального объема продаж на прибыль (*Sit A, B, B*).

Sit A. Если выручка от продаж снизится на 10 %, то снижение выручки от реализации произойдет в результате снижения и цены на 2 %, и сокращения натурального объема продаж на 8 %. Следовательно, при заданной ситуации прибыль от продаж снизится на 16,8 % по сравнению с базисным периодом и составит 1283 тыс. руб. Из анализа следует, что если действуют оба фактора, то степень риска находится в промежутке между расчетными значениями (16,8 % между 23 % и 15,2 %).

Sit B. Если выручка от продаж уменьшится на 10 % в результате снижения цены на 15 % и увеличения натурального объема продаж на 5 %, то прибыль от продаж снизится на 27,1 % и составит 1116,1 тыс. руб.

Sit B. Если выручка от продаж снизится на 10 % за счет снижения натурального объема продаж на 17 % и одновременном росте цен на 7 %. Тогда, в данной ситуации прибыль от продаж снизится на 3 % и составит 1485,1 тыс. руб.

Результаты рассмотренных ситуаций (таблица 1) показали, что предприятие рискует прибылью меньше, если выручка от продаж снижается по причине уменьшения натурального объема продаж, чем в случае, если она снижается в результате цен на каждую единицу реализуемой продукции при сохранении прежнего натурального объема продаж.

Если действуют оба фактора, то степень риска, то есть уровень операционного левереджа, находится в промежутке между рассчитанными значениями. Наименьший уровень предпринимательского риска имеет место в случае снижения натурального объема продаж, а наибольший – в случае снижения цен.

Таблица 1 – Результаты ситуационного моделирования изменения прибыли

Показатели	Базовые значения	Прогнозные значения по ситуациям (<i>Sit</i>)						
		1-а	1-б	2-а	2-б	3-а	3-б	3-в
		V = const		Ц = const		ΔЦ = const ↓		ΔЦ ↑
		ΔЦ ↑	ΔЦ ↓	ΔV ↑	ΔV ↓	ΔV ↓	ΔV ↑	ΔV ↓
1. Объем продаж (оборот), млн. руб	3533	3886,3	3179,7	3886,3	3179,7	3179,7	3179,7	3179,7
2. Прибыль, млн. руб	1531	1884,7	1177,3	1763,7	1298,3	1283,0	1116,1	1485,1
3. Темп изменения прибыли к базе, %	–	+ 23,1	– 23,1	+ 15,2	– 15,2	– 16,8	– 27,1	– 3,0
4. Операционный левередж:								
- натуральный	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
- ценовой	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31

Использование показателя операционного левереджа позволяет в процессе прогнозирования (планирования) финансового результата от продаж решать задачи по следующим направлениям:

- Расчет темпов и направления изменения финансового результата от продаж.
- Целенаправленное изменение планового финансового результата от продаж путем корректировок каждого индекса в пределах имеющихся практических возможностей.
- Определение необходимого уровня одного из индексов, если известен другой и задана нужная предприятию сумма прогнозной (плановой) прибыли от продаж.
- Определение уровня индексов, обеспечивающих критический объем продаж, то есть нулевую прибыль в прогнозном периоде.

Далее рассматриваются в прогнозном (плановом) периоде возможные финансовые ситуации (*Sit*) конкретного металлургического производства и их решения в каждой из вышеперечисленных задач.

Задача 1. *Расчет темпов и направления изменения финансового результата от продаж.*

Sit 1-а. В прогнозном (плановом) периоде предполагается возможность увеличение натурального объема продаж (J_n) на 7 %, при снижении цен (J_u) на 5 %, при тех же уровнях ценового операционного левереджа (L_u) и натурального операционного левереджа (L_n). Прибыль от продаж снизится по сравнению с базисным периодом на 1,7 %:

Расчеты приводились по следующей формуле:

$$\Delta\Pi_{\%} = \frac{\Delta\Pi}{\Pi_б} \cdot 100\% = L_u \cdot J_u (1 + J_n) + L_n \cdot J_n.$$

При таком методе расчет темпов изменения финансового результата от продаж базисные данные не имеют значения, а важны только уровни обоих видов операционного левереджа.

Sit 1-б. В базисном периоде продажи убыточны. Ценовой операционный левередж $L_u = -8$ раз, натуральный операционный левередж $L_n = -5$ раз. В прогнозном периоде продолжается увеличение цен на 5 % при снижении натурального объема продаж на 3 %. Изменение финансового результата в прогнозном периоде составит –23,8 %. В данном случае отрицательный знак означает снижение убытка на 23,8 %.

Sit 1-в. В базисном периоде продажи были убыточными: ценовой операционный левередж $L_u = -2,3$. Натуральный операционный левередж $L_n = -1,52$. В прогнозном периоде

предполагается увеличение цен на 5 % при снижении натурального объема продаж на 3 %. В этом случае изменение финансового результата в прогнозном периоде равно –6,6 %. Следовательно, при заданной прогнозной ситуации отрицательный знак означает снижение убытка на 6,6 %.

Задача 2. Целенаправленное изменение планового финансового результата от продаж путем корректировки каждого индекса в пределах имеющихся практических возможностей.

Sit 2-а. В прогнозном периоде намечается увеличение натурального объема продаж на 5%, при снижении цен на 7 %, тогда процент изменения прибыли от продаж (в базисном периоде продажи рентабельны: $L_{ц}= 2,31$ и $L_{н}= 1,52$) будет равен –9,38 %. Следовательно, прибыль от продаж снизится на 9,38 % по сравнению с базисным периодом. Но предприятию можно снизить прибыль от продаж не более чем на 5 %. Если сохранить индекс натурального объема продаж, то индекс цен должен быть меньше, чем предполагается.

Используя формулу темпа прироста прибыли, получим индекс цен – 3,13%. Для того, чтобы предприятию получить прогнозную прибыль от продаж не меньше необходимой величины, цены должны снизиться не на 7%, а не более, чем на 3,13 %.

Sit 2-б. При ситуации, когда индекс цен нельзя изменить, а можно регулировать лишь индекс натурального объема продаж, то он должен быть больше, чем предполагается и равен –9,38 %. Следовательно, при снижении цен на 7 % натуральный объем продаж должен увеличиться на 9,38 %, чтобы обеспечить прибыль от продаж не ниже допустимого размера для предприятия.

Таким образом, если рассчитанный уровень индексов является реальным в условиях спроса на продукцию данного предприятия, то можно обеспечить необходимую прибыль.

Задача 3. Определение необходимого уровня одного из индексов, если известен другой и задана нужная предприятию сумма плановой прибыли от продаж.

Особенности этой задачи в том, что при заданной сумме прибыли (значит и заданном её приросте) индексы взаимозависимы.

Sit 3-а. Используя формулу прироста прибыли при тех же уровнях операционного левереджа, что и в рассмотренных выше ситуациях, выявлено, что при увеличении натурального объема продаж на 10 %, цены могут снизиться не более, чем на 4,1 %. Больше снижение цен не позволит обеспечить прирост прибыли.

Sit 3-б. В прогнозном периоде необходимо обеспечить прибыль от продаж, равную базисной при одновременном снижении цен на 10 %. При заданной прогнозной ситуации индекс натурального объема продаж составит 17,9 %. То есть при увеличении натурального объема продаж менее, чем 17,9 % прогнозная прибыль от продаж будет меньше базовой.

Sit 3-в. На предприятии в базисном периоде продажи убыточны ($L_{ц}= -2,31$ и $L_{н}= -1,52$). В прогнозном периоде предполагается сократить сумму убытка от продаж на 50% при росте натурального объема продаж на 17,9%. Заданное условие обеспечит индекс цен 9,9 %, то есть снижение цен не должно превышать 9,9 %.

Задача 4. Определение уровня индексов, обеспечивающих критический объем продаж, то есть нулевую прибыль в прогнозном периоде.

Независимо от того, были в базисном периоде продажи прибыльными или убыточными, критический объем продаж означает, что в расчетной формуле прирост прибыли равен –1 или –100 %.

Sit 4-а. Если в базисном периоде продажи были прибыльными и предполагаемое снижение цен на прогнозный период 3 %, то индекс натурального объема продаж, обеспечивающий критический объем продаж при заданном индексе цен равен 27,2 %. Это означает, что снижение цен на 3 % при одновременном снижении натурального объема продаж на 27,2 % обеспечит нулевую прибыль от продаж в прогнозном периоде.

Sit 4-б. При снижении натурального объема продаж в прогнозном периоде на 3 % и снижении цен на 9,8 % прогнозные продажи будут иметь нулевую прибыль, то есть – кри-

тический объем продаж.

Sit 4-в. В базисном периоде на предприятии продажи убыточны. В прогнозном периоде предполагается снижение цен на 3 %. Чтобы предприятию с такими базисными данными при снижении цен в прогнозном периоде обеспечить безубыточность продаж, придется увеличить натуральный объем продаж в два раза. В большинстве случаев возможность столь значительного роста маловероятна, следовательно, скорее всего убыточность продаж ликвидировать не удастся.

Sit 4-г. В прогнозном периоде предполагается рост натурального объема продаж на 3 %. Повышение цен на 18,6 % в сочетании с ростом натурального объема продаж на 3 % даст возможность ликвидировать убыток. Меньшее значение одного из индексов при сохранении уровня другого приведет к убыточности продаж в прогнозном периоде.

Таким образом, применение операционного левеверджа для планирования финансового результата от продаж позволяет не только определить изменение прибыли в прогнозном периоде по сравнению с ее величиной в базисном периоде, но и оценить факторы, влияющие на изменение прибыли. Определенное сочетание динамики цен и натурального объема продаж обеспечивает размер прибыли от продаж, необходимый предприятию. Зная это сочетание, предприятие в пределах имеющихся возможностей способно маневрировать индексами цен и натуральным объемом продаж, приближая условия спроса на продукцию к оптимальным.

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ «ОПЕРАТОР – ВОЛОЧИЛЬНЫЙ СТАН»

Мусатова А.И., Кулаков С.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Волоочильный стан, предназначенный для холодной деформации стальной проволоки, представляет собой активную систему, состоящую из механизмов, приспособлений и оборудования, связанную единым производственным процессом с непосредственным участием рабочего-оператора, который перед началом процесса волочения заостряет конец заготовочной проволоки в острильном станке, затем задает ее в волокни. После завершения волочения при наполнении чистового барабана до готового (по весу) мотка или катушки рабочий производит съём (выкат) готовых матков или катушек на площадку для формирования транспортной партии. Кроме этого, оператор постоянно осуществляет визуальный контроль за ходом технологического процесса, производит много ручных и машинно-ручных операций (замеры диаметра проволоки, включение и выключение электродвигателей, сваривание концов проволоки на станке при её обрыве и др.).

Эффективное функционирование такой человеко-машинной системы зависит от степени соответствия и уровня согласованности действий всех элементов (технических, технологических, трудовых). В связи с этим авторами была разработана многоуровневая нормативная модель производительности волочильных станков как системы «человек-машина». Этой работе предшествовали многочисленные наблюдения производственного процесса в волочильных отделениях сталепроволочных цехов ряда предприятий с целью выявления фактических и разработки нормативных значений текущих простоев, коэффициентов использования оборудования и норм времени на ручные операции.

В рассматриваемом волочильном отделении сталепроволочного цеха станы подразделяются на группы в зависимости от кратности (от одного до семи) процесса волочения, диаметра чистового барабана и диаметра протягиваемой проволоки.

Задача исследования. Дано: схема расположения основного и вспомогательного обо-

рудования в отделении; организационная структура материальных потоков; технические характеристики оборудования; типы и количество волочильных станов; наименование и параметры продукции (проволоки) по ГОСТам и техническим условиям; типовая технологическая инструкция для оператора-технолога.

Требуется: разработать процедуру оценивания нормативной производительности волочильных станов по сортаменту и видам входной и выходной продукции.

Разработанная многоуровневая нормативная модель производительности системы «оператор-волочильный стан» включает следующие составляющие:

- операционные схемы производственных процессов в волочильном отделении (их классификация и декомпозиция на операции и элементы);
- классификацию, структуру и нормы времени ручных циклических операций с декомпозицией их на элементы и микроэлементы (приемы, действия, движения);
- машинное время волочения проволоки (технически возможное и нормативное) с учетом скоростных режимов;
- классификацию и нормативы длительности простоев (скрытых и текущих);
- нормативные коэффициенты использования волочильных станов;
- нормативный фонд времени работы станов (в смену, сутки, месяц, год);
- технически возможные и нормативные такты работы каждого типа волочильных станов с учетом ГОСТа и сортамента проволоки, скорости волочения, вида единицы готовой продукции;
- теоретическую, технически возможную и нормативную часовую производительность волочильного стана каждого типа с учетом ГОСТа, сортамента проволоки, скорости волочения, вида единицы готовой продукции;
- технически возможную и нормативную сменную производительность волочильных станов с учетом вышеперечисленных факторов;
- нормы выработки рабочих волочильных станов каждого типа с учетом вида и веса готовой продукции (для различных скоростей волочения);
- средневзвешенную многовариантную производительность волочильного отделения с учетом количества функционирующих однотипных и разнотипных станов в зависимости от поступивших или прогнозируемых заказов на определенные виды и диаметры.

При нормировании производительности волочильных станов каждого типа учитывались следующие факторы: сортамент (диаметры готовой проволоки по ГОСТам и техническим условиям); вид и вес единицы продукции: моток малый (60, 100, 200, 250 кг), моток большой (1,0 и 1,5 т) или катушка (1 т); скорости и технологические схемы волочения; технические характеристики оборудования; удельные нормы расхода металла; конструктивные особенности размоточного и намоточного устройств (горизонтального, вертикального, поворотного-консольного или непрерывного съема малого мотка, для намотки большегрузного мотка или катушки); количество однотипных станов.

Кроме этого, анализировались отчетные данные по сменам, суткам, месяцам каждого типа стана (объемы выпускаемой продукции, сменно-суточный режим и фонд времени работы оборудования, численность и тарифные разряды волочильщиков, стаж их работы и др.). Проводились фотохронометражные и мониторинговые наблюдения за машинным процессом волочения, за трудовыми процессами рабочих, за всеми остановками (перерывами, простоями) волочильных станов, возникающих в производственном процессе при изготовлении единицы и партии продукции.

Укрупненный алгоритм ситуационного формирования нормативной модели производительности системы «оператор-волочильный стан» представлен на рисунке 1. Ниже приведен пояснительный текст к алгоритму.

Теоретическая производительность $P_{MN}^m(i)$ собственно волочильного стана, в которой отражается только его машинные возможности при условии непрерывно работающего оборудования, т/ч, (блоки 5, 6 алгоритма):

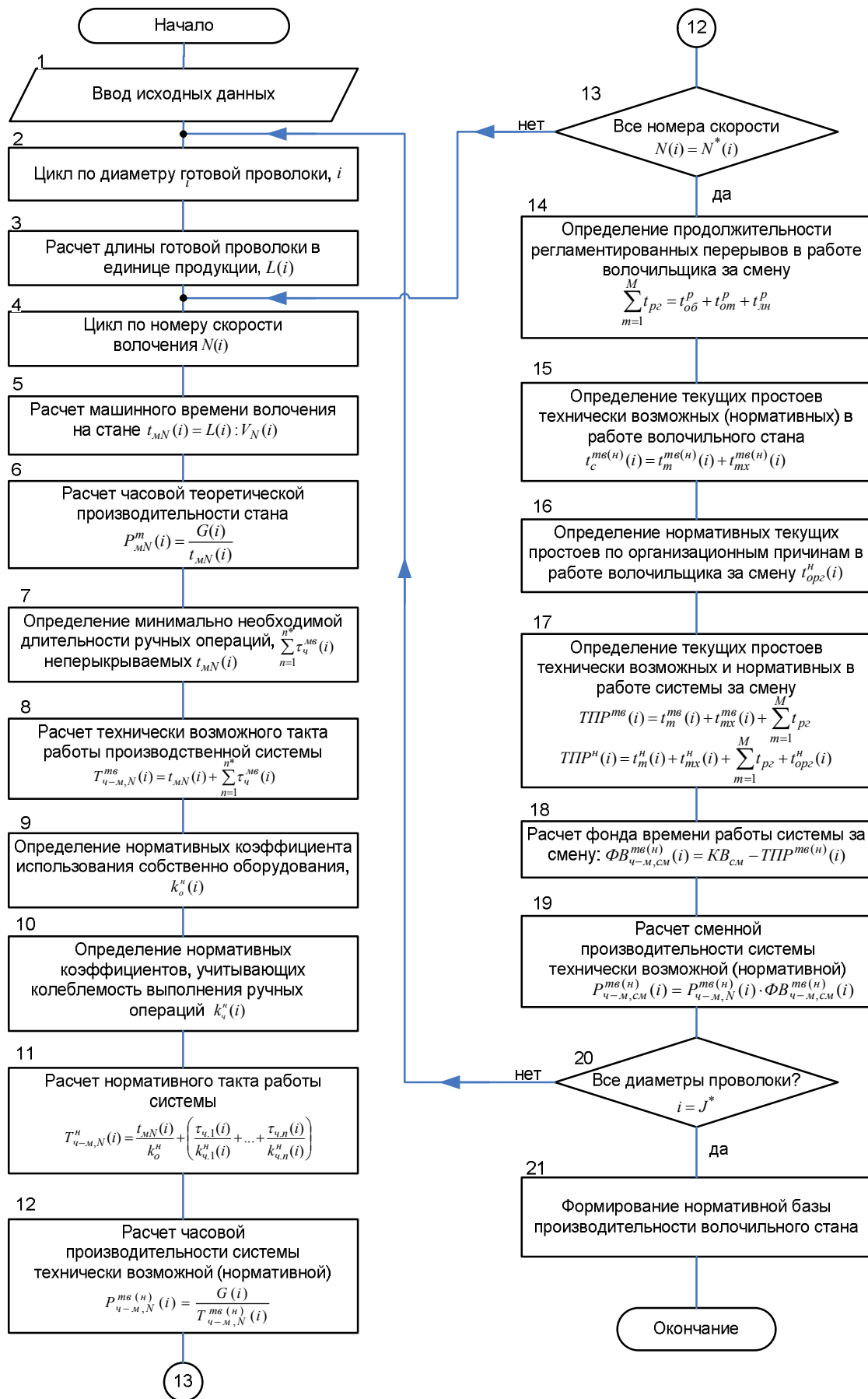


Рисунок 2 – Алгоритм формирования нормативной производительности человеко-машинной системы «оператор – волочильный стан»

$$P_{MN}^m(i) = \frac{G(i)}{t_{MN}(i)}; \quad G(i) = \frac{G^*(i)}{k_p(i)}, \quad (1)$$

где $G(i)$ – вес единицы готовой продукции для i -го диаметра проволоки, т; $t_{MN}(i)$ – расчетная длительность основной технологической (машинной) операции волочения со скоростью N , ч; $G^*(i)$ – вес единицы заготовочной проволоки (бунт катанки), т; $k_p(i)$ – расходный коэффициент заготовочной проволоки, т/т.

Машинное время $t_{MN}(i)$ волочения зависит от скорости (V) прохождения проволоки через волоку, номера скорости (N), диаметра – i и веса готовой проволоки:

$$t_{MN}(i) = \frac{L(i)}{V_N(i)}; \quad L(i) = \frac{G(i)}{q(i)}; \quad q(i) = \frac{\pi \cdot d^2(i) \cdot \gamma}{4} \cdot \frac{k_1}{k_2} = 0,006165 \cdot d^2(i), \quad (2)$$

где $L(i)$ – длина проволоки i -го диаметра; π – 3,14; $q(i)$ – вес одного погонного метра проволоки i -го диаметра, кг/м; $d(i)$ – диаметр проволоки, м; γ – удельный вес стали, г/дм³; k_1, k_2 – коэффициенты перевода килограмма проволоки в граммы и диаметра – из дециметров в метры.

Технически возможная производительность $P_{q-m,N}^{m\epsilon}(i)$ человеко-машинной системы определяется по формулам, т/ч (блоки 7, 8, 12):

$$P_{q-m,N}^{m\epsilon}(i) = \frac{G(i)}{T_{q-m,N}^{m\epsilon}(i)}; \quad T_{q-m,N}^{m\epsilon}(i) = t_{MN}(i) + \sum_{n=1}^{n^*} \tau_q^{M\epsilon}(i), \quad (3)$$

$$\sum_{n=1}^{n^*} \tau_q^{M\epsilon}(i) = \tau_{q.1}^{M\epsilon}(i) + \dots + \tau_{q.n}^{M\epsilon}(i); \quad \tau_{q.l}^{M\epsilon}(i) = \sum_{w=1}^{w^*} [\tau_{q.l}^{M\epsilon}(i) + \dots + \tau_{q.n}^{M\epsilon}(i)], \quad (4)$$

где $T_{q-m,N}^{m\epsilon}(i)$ – технически возможный такт работы человеко-машинной системы для i -го диаметра проволоки, N -ой скорости волочения, ч; $\tau_q^{M\epsilon}(i)$ – минимально возможное (необходимое) время выполнения циклических операций рабочим-волочильщиком при изготовлении единицы продукции, неперекрываемое машинным временем $t_{MN}(i)$, ч; $\tau_{q.n}^{M\epsilon}(i)$ – минимально возможное время выполнения w -ых микроэлементов n -ого элемента ручной операции; n^*, w^* – количество элементов и микроэлементов операции, шт.

Нормативная производительность $P_{q-m,N}^H(i)$ человеко-машинной системы определяется с учетом нормативного такта $T_{q-m,N}^H(i)$ ее работы, т/ч, (блоки 9 – 12 алгоритма):

$$P_{q-m,N}^H(i) = \frac{G(i)}{T_{q-m,N}^H(i)}; \quad T_{q-m,N}^H(i) = t_{MN}^H(i) + \sum_{n=1}^{n^*} \tau_q^H(i), \quad (5)$$

$$t_{MN}^H(i) = \frac{t_{MN}(i)}{k_o^H(i)}; \quad \sum_{n=1}^{n^*} \tau_q^H(i) = \frac{\tau_{q.1}^{M\epsilon}(i)}{k_{q.1}^H(i)} + \dots + \frac{\tau_{q.n}^{M\epsilon}(i)}{k_{q.n}^H(i)}, \quad (6)$$

где $k_o^H(i)$ и $k_q^H(i)$ – нормативные коэффициенты: использования оборудования (собственно волочильного стана) и нестабильности выполнения рабочим ручных операций соответственно.

При построении нормативной модели производительности человеко-машинной системы особую сложность составляет определение норм времени на выполнение трудовых операций и нормирования простоев для установления нормативных коэффициентов использования человеко-машинной системы, а также для формирования нормативного фонда времени на смену, сутки, месяц, год.

В связи с тем, что каждая единица готовой продукции производится с участием оператора (рабочего-волочильщика) определялась последовательность, рациональный состав и длительность ручных операций. С этой целью проводились хронометражные наблюдения, включающие следующие действия: подготовка к наблюдениям, разработка хронометражных карт; непосредственные наблюдения и регистрация затрат времени; обработка материалов наблюдений; анализ результатов хронометражных наблюдений и определение норм времени.

Анализ наблюдений показал, что количество ручных операций, их элементов и микроэлементов значительно колеблется в зависимости от типа стана, вида заготовочной проволоки на размоточном устройстве (бунт или катушка), от вида и веса готовой проволоки на намоточном устройстве (моток малый или большой, катушка). Так, например, для волочильных станов типа 3/550, 4/550, 6/550, которые производят готовую проволоку с бунта на большегрузный моток весом 1 т, трудовые процессы были сгруппированы на пять операций, при весе 1,5 т – на шесть операций (включая промежуточную обвязку мотка). Для волочильных станов типа 7/350, работающих с катушки на малый моток весом 60 кг – три ручных операции, на катушку весом 1 т – четыре операции.

В результате обработки хронометражных рядов по элементам каждой операции с учетом диаметра проволоки и квалификации волочильщика по группам станов были построены гистограммы, определены средневзвешенные измеренные, а затем нормативные значения длительности ручных и машинно-ручных операций.

При этом оценивались математические ожидания и среднеквадратические отклонения от разработанных нормативов. Анализ обработанных рядов показал, что длительность операций (кроме включения и выключения привода стана) подчиняются нормальному закону распределения (это подтверждено критерием Пирсона). Последняя операция выключения привода подчиняется показательному закону распределения. Необходимо отметить, что длительности ручных операций имеют значительный диапазон рассеяния (20–40 % от среднего значения), который во многом определяется квалификацией волочильщика.

Для оценивания фактических и установления нормативных значений *текущих* и *скрытых простоев*, выявления причин их возникновения были проведены фотохронометражные наблюдения за работой всех типов волочильных станов по разработанным авторами хронометражным картам, в которых фиксировались остановки собственно волочильного стана, а также задержки в его работе, связанные с выполнением ручных операций, с указанием причин их возникновения.

Под *текущими простоями* понимаются перерывы в работе стана внутри смены, сопровождающиеся остановкой привода стана. В исследуемом отделении текущие простои фиксировались автоматически, начиная с четвертой минуты каждого простоя и отражались в учетных документах. Простои станов до трех минут не фиксируются и рассматриваются как *скрытые простои*, значение которых отражается в фонде времени работы станов.

Процент скрытых простоев по волочильному отделению составляет 15,25 % от фактического и 13,28 % от номинального времени работы станов; процент текущих простоев составляет 14,75 % от номинального времени работы станов.

Анализ показал, что основная доля текущих простоев приходится на причины организационного характера – 56,73 % к итогу, скрытых – технологического характера – 51,8 %

к итогу.

Высокий процент текущих простоев по организационным причинам обусловлен простоями, не зависящими от волочильщика, которые составляют 20,21% к итогу (ожидание металла, доставка катушек, ожидание механика и другие). Кроме того, к текущим простоям по организационным причинам относятся регламентированные перерывы, которые составляют 8,52% к итогу (уборка рабочего места, личные надобности, отдых).

Основная доля скрытых простоев приходится на причины технологического характера, но и у текущих простоев они тоже велики (34,65 %). Наибольший процент как в скрытых, так и в текущих простоях составляют простои на ликвидацию обрыва проволоки соответственно 17,42 и 19,86 %. Обрыв проволоки происходит по разным причинам: вследствие низкого качества металла (катанки), недостатка травления или механической очистки поверхности заготовочной проволоки, некачественного отжига; неудовлетворительного покрытия проволоки смазочным слоем; недостаточной шлифовки и подготовки рабочим сварочного шва перед волочением проволоки и др. Значительны простои, связанные с поправкой витков проволоки на барабане (катушке) рабочим, в связи с необходимостью заглупления конца проволоки в мотке для обеспечения нормального протекания процесса волочения.

В скрытых простоях технологического характера значительную часть занимают также простои, связанные с необходимостью поправки рабочим катанки, распутывание и вырезание петли в бунтах. В скрытых простоях учитывались простои, связанные с отклонением от нормативов времени на ручные операции. Их процент высок – 19,79 % к итогу, что связано с квалификацией волочильщиков. Для ликвидации этих отклонений необходимо устанавливать нормы времени на выполнение основных ручных операций и доводить их до сведения рабочих (школа передового опыта). Отклонение от заданной скорости волочения – 8,75 % к итогу, вызвано переключением рабочим скорости в течение смены, что вызвано марочным сортаментом, запутыванием витков проволоки и квалификацией волочильщиков.

Анализ простоев в зависимости от кратности станов выявил, что в основном текущие и скрытые простои снижаются с увеличением кратности стана: на станах однократного волочения длительность как скрытых, так и текущих простоев значительно выше, чем на станах многократного волочения. Так, в текущих простоях группы станов однократного волочения имеют в среднем 19,8 % простоев к номинальному времени, а группы станов семикратного волочения – 6,7 %. В скрытых простоях соответственно – 15,83 % и 11,93 % к номинальному времени. Анализ простоев по группам станов многократного волочения показал, что наибольший процент скрытых и текущих простоев на станах двух и трехкратного волочения (37,12 % и 38,5 % к номинальному времени соответственно), наименьший – на станах семикратного волочения и 19,42 %.

На основании проведенных комплексных исследований и процедуры нормирования простоев были разработаны нормативные коэффициенты использования оборудования человеко-машинной системы. Определены нормативные значения текущих простоев $T_{ПП}$ (блоки 14 – 17 алгоритма) с учетом регламентированных перерывов в течение смены рабочих на обед ($t_{об}^P$), отдых ($t_{от}^P$), личные надобности ($t_{лн}^P$), а также по организационным причинам ($t_{орг}^H$). Кроме этого, нормировались текущие простои технического (t_m) и технологического (t_{mx}) характера с целью обоснования сменной производительности системы.

Выводы. Учитывая известные методики определения нормативной производительности оборудования, недостатки одних и достоинства других, уточнена и конкретизирована процедура нормирования часовой и сменной производительности системы «оператор – волочильный стан», которая позволила сформировать нормативную базу показателей, основанную на моделировании технологических, трудовых процессов и работы оборудования.

О КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ДИОДНЫХ МАТРИЦ

Орлов В.И., Сергеева Н.А., Чжан Е.А., Федосов В.В.

Сибирский федеральный университет,

г. Красноярск

Введение. Современные космические аппараты состоят из 100 – 200 тыс. изделий электронной компонентной базы – это различные транзисторы, диоды, диодные матрицы и др. При поломке одного из них выходит из строя весь космический аппарат. При диагностике электрорадиоизделий (ЭРИ) необходимо учитывать область их применения: космическое или наземное. При использовании ЭРИ в астродатчиках и гироскопах, бортовых компьютерах и т.д. особо важно дать точную оценку их надежности, т.к. нет возможности осуществить замену или ремонт во время эксплуатации, поэтому задача определения качества, соответственно и срока службы изделия, важна и актуальна на сегодняшний день [1].

Данная работа посвящена исследованию результатов отбраковочных испытаний электротермотренировки (ЭТТ) диодных матриц 2ДС627А.

Диодные матрицы 2ДС627А состоят из восьми кремниевых, эпитаксиально-планарных диодов, с отдельными выводами. Матрицы предназначены для использования в коммутаторах тока и других импульсных схемах, аппаратуре специального назначения.

Задача распознавания образов при диагностике диодных матриц. При диагностике ЭРИ (в частности, диодных матриц) на практике часто возникает задача классификации изделий в соответствии с требованиями ГОСТ для технических изделий.

Пусть изделие характеризуется значениями вектора признаков $v = (v_1, \dots, v_m)$, полученных в результате испытаний и может быть отнесено к одному из двух классов V_1 или V_2 . Задача распознавания образов сводится к построению решающего правила на основе имеющейся обучающей выборки $\{\bar{v}_s = (v_1, \dots, v_s), \bar{U}_s\}$, где U_s указания учителя о принадлежности к V_1 или V_2 , s – объем выборки. На рисунке 1 показан случай для двумерного вектора v , $m=2$. Элементы обучающей выборки $\{\bar{v}_s, \bar{U}_s\}$ на рисунке показаны точками [2, 3].

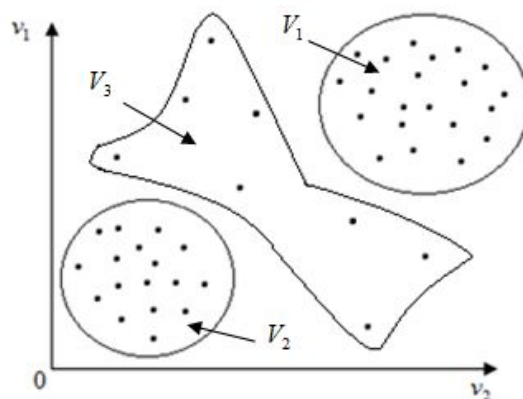


Рисунок 1 – Иллюстрация задачи распознавания образов

В нашем случае все изделия отвечают требованиям ГОСТ, поэтому необходимо разделить имеющиеся матрицы на классы «высокого» и «среднего» качества. Число классов может быть различным, однако всегда будут присутствовать пограничные точки (на рисунке 1 такие точки объединены в один класс V_3), которые сложно отнести к какому-либо классу. Такие «пограничные» измерения могут возникнуть вследствие ошибки измерения, отличной топологии диодов и по др. причинам.

Необходимо решить задачу распознавания и выделить пограничный класс V_3 . Результаты диагностики возможно в дальнейшем использовать для оптимизации технологи-

ческого процесса производства ЭРИ с целью уменьшения числа элементов пограничного класса.

Непараметрические оценки функции регрессии по наблюдениям. На предварительном этапе восстанавливались зависимости между переменными с помощью непараметрической оценки функции регрессии:

$$y_s(x) = \frac{\sum_{i=1}^s y_i \prod_{j=1}^m \Phi(c_s^{-1}(x^j - x_i^j))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi(c_s^{-1}(x^j - x_i^j))}, \quad (1)$$

где s – объем выборки, $\Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)), i = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}$ – ядерная колоколообразная функция и коэффициент размытости ядра c_s удовлетворяют следующим условиям сходимости [2]:

$$\begin{aligned} c_s > 0; & \quad \lim_{s \rightarrow \infty} c_s = 0; \\ \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) \geq 0; & \quad c_s^{-1} \int_{\Omega(u)} \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) du^j = 1; \\ \lim_{s \rightarrow \infty} s c_s^m = \infty; & \quad \lim_{s \rightarrow \infty} c_s^{-1} \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) = \delta(u^j - u_i^j). \end{aligned} \quad (2)$$

В данном случае в качестве колоколообразной функции $\Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j))$ было использовано треугольное ядро:

$$\Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) = \begin{cases} 1 - |c_s^{-1}(u^j - u_i^j)|, & \text{если } |c_s^{-1}(u^j - u_i^j)| \leq 1, \\ 0, & \text{если } |c_s^{-1}(u^j - u_i^j)| > 1. \end{cases} \quad (3)$$

О качестве полученной модели (1) будем судить по относительной ошибке аппроксимации:

$$I = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (y_s^i - y^i)^2. \quad (4)$$

Использование непараметрических оценок позволяет избежать этапа выбора параметрической структуры зависимостей $y = f(x)$, что на предварительном этапе значительно сократит время вычислений [2].

Анализ результатов испытаний ЭТТ для диодных матриц 2ДС627А. В ходе испытаний ЭТТ измерялись такие показатели, как постоянное прямое напряжение в одном режиме (* в таблице 1) и прямая вольтамперная характеристика при 8 разных режимах (таблица 1). С учетом того, что каждая матрица состоит из 8 диодов, то измерение каждой характеристики осуществлялось 8 раз, т.е. для каждого диода, соответственно имеется 72 измерения для двух характеристик.

На предварительном этапе оценивалось наличие линейных зависимостей между различными переменными с помощью коэффициент корреляции. Судя по значениям коэффициентов корреляции, посчитанных попарно для каждого теста, можно сделать вывод, что между некоторыми переменными существует тесная линейная связь. Например, между переменными x_1, x_2, \dots, x_8 (значениями постоянного прямого напряжения для диодов матрицы), x_1 и $x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}$ – переменными постоянного тока (диод № 1) и прямой вольтамперной характеристики, режим 1, диоды № 5, ..., 8, при этом результаты измерений тех же характеристик в том же режиме для других диодов (№ 1, ..., 4) оказались линейно независимы x_1 и $x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$.

Таблица 1 – Режимы измерения характеристик

Контролируемые параметры	№ режима	Режимы измерения	Нормы контролируемых параметров		Обозначение переменных
			не менее	не более	
Постоянное прямое напряжение	*	200 мА	0,85 В	1,15 В	$x_1, x_2 \dots, x_8$
Прямая вольтамперная характеристика	1	100 нА	100 мВ	250 мВ	$x_9, x_{10} \dots, x_{16}$
	2	1 мкА	200 мВ	350 мВ	$x_{17}, x_{18} \dots, x_{24}$
	3	10 мкА	300 мВ	450 мВ	$x_{25}, x_{26} \dots, x_{32}$
	4	100 мкА	400 мВ	550 мВ	$x_{33}, x_{34} \dots, x_{40}$
	5	1 мА	500 мВ	650 мВ	$x_{41}, x_{42} \dots, x_{48}$
	6	10 мА	650 мВ	750 мВ	$x_{49}, x_{50} \dots, x_{56}$
	7	100 мА	800 мВ	1,00 В	$x_{57}, x_{58} \dots, x_{64}$
	8	200 мА	850 мВ	1,15 В	$x_{65}, x_{66} \dots, x_{72}$

Теперь восстановим зависимости между переменными с помощью непараметрической оценки регрессии (1), если при этом значение ошибки (4) будет мало, то между переменными существует нелинейная связь. Естественно, если значение коэффициента корреляции близко к 1, то ошибка (4) будет близка к 0. Так, например, для зависимости $x_{15} = f(x_1): I = 0.027, r_{x_1 x_{15}} = 0.998$, график данной зависимости представлен на рисунке 2, где черные точки – реальные значения x_{15} , полученные в результате ЭТТ, красные – значения, восстановленные с помощью непараметрической оценки (1). Как видно из рисунка 2 при коэффициенте корреляции близком к 1 зависимость линейна, график легко аппроксимируется прямой.

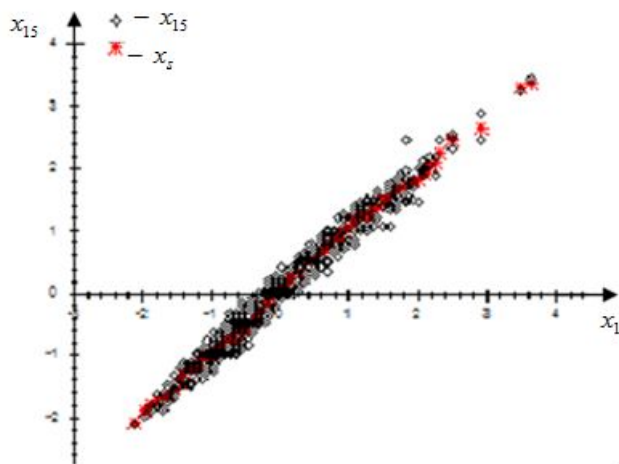


Рисунок 2 – График зависимости переменной x_{15} от x_1

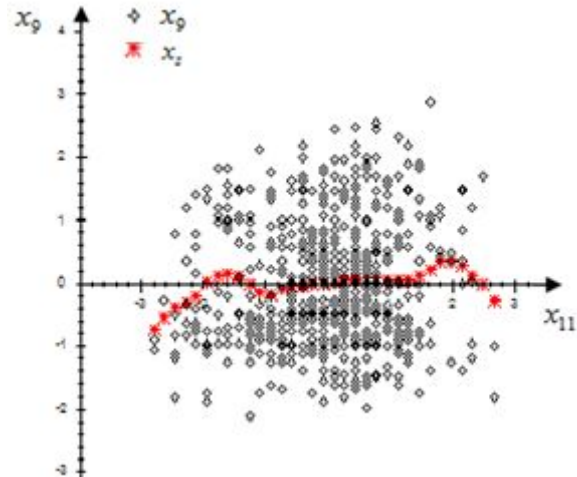


Рисунок 3 – График зависимости переменной x_9 от x_{11}

При этом наличие нелинейных зависимостей обнаружено не было. Так, например, ошибка восстановления зависимостей между переменными x_9 и x_{11} составила 0,997 (рисунок 3).

Как уже говорилось выше, диодная матрица состоит из 8 диодов – неисправность одного из них приводит к выведению из строя всего ЭРИ. Если разность результатов тестов

до и после ЭТТ (дрейф) для диода имеет небольшое значение, коэффициент корреляции для таких тестов близко к единице, то можно сказать, что диод устойчив. В рассматриваемом случае 5 из 8 диодов одной матрицы были устойчивы к испытаниям ЭТТ в отличие от оставшихся 3 диодов этой же матрицы. Это может быть свидетельством того, что диоды имеют разную топологию. Возникает задача кластеризации диодов, в этом случае объем выборки увеличивается в 8 раз, а размерность показателей уменьшается в 8 раз. Задачи с постановкой такого рода могут представлять интерес для производителей диодов с целью повышения их качества. Однако стоит задача группировки диодных матриц, которые характеризуются 72 показателями, а не отдельных диодов.

Результаты решения задачи распознавания образов при диагностике диодных матриц. Итак, необходимо выделить классы среди диодных матриц по 72 результатам тестов, объем выборки $s = 648$. Первый рассматриваемый метод кластеризации – иерархический. Данный метод работает неадекватно в условиях большой размерности показателей. Следующий реализованный метод – k-средних. В этом случае необходимо задать число классов. Однако нет такой априорной информации. На предварительном этапе обработки результатов измерений были построены гистограммы значений тестов (рисунок 4). На рисунке 4 по оси абсцисс отложены значения теста № 13 до ЭТТ, ординат – частота попадания точек в подынтервал, число подынтервалов 13. Гистограмма показана столбиками, кривая – плотность распределения, полученная путем соединения центров столбиков гистограммы.

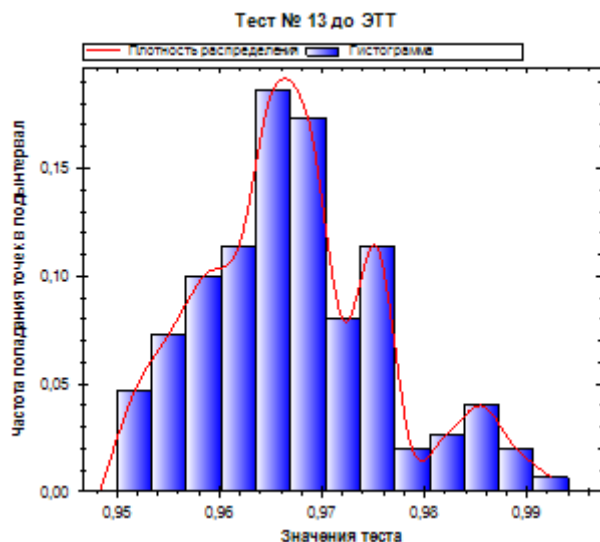


Рисунок 4 – Гистограмма значений теста № 13 до ЭТТ

Большинство гистограмм двумодальны, сделаем предположение, что существует 2 класса. Результаты классификации методом k-средних представлены в таблице 2, где показано число точек в каждом классе.

Таблица 2 – Число наблюдений в каждом классе

Класс	Число точек
1	382
2	266

Алгоритм таков, что все точки разделены на заданное число классов, а пограничный класс, даже если он существует, не будет выделен. После проведения классификации были вычислены центры классов по каждому показателю (таблица 3). В таблице 3 для значений каждого теста показаны математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение (СКО), а также центры классов по каждому тесту. Анализируя численные результаты, мож-

но сделать вывод о качестве изделий в каждом классе, т.е. определить, какой класс ЭРИ имеет «высокое», а какой «низкое» качество. Следует отметить, что все изделия являются годными.

В таблице 3 приведены значения центров лишь для некоторых тестов. Здесь центры классов по различным показателям отличаются в среднем на 0,02 В.

Таблица 3 – Центры классов по различным тестам

№ теста	Мат. ожидание, В	СКО, В	Центр класса, В	
			1 класс	2 класс
9	0,961	0,016	0,952	0,972
10	0,962	0,016	0,953	0,973
...
41	0,199	0,006	0,117	0,122
42	0,227	0,004	0,225	0,231
...
56	0,961	0,016	0,953	0,973
57	0,117	0,006	0,115	0,120
...
103	0,860	0,012	0,853	0,869
104	0,959	0,016	0,951	0,971

Заключение. В результате работы был проведен предварительный анализ данных, который показал, что между некоторыми переменными существует тесная линейная связь, в то время как между другими связь (линейную или нелинейную) установить не удалось. Это позволяет в дальнейшем исследовать задачу самообучения. Кроме того, проведена классификация, которая показала, что можно выделить два класса. Центры классов по показателям отличаются в среднем на 0,02 В. Следует отметить, что особенностью кластеризации ЭРИ является высокая размерность параметров, по которым она проводится, при малом объеме выборки. Размерность пространства может достигать до 100, при этом объем выборки не превышает 1000 значений.

Библиографический список

1. Данилин Н.С., Нунов Ю.Л. Диагностика и контроль качества изделий цифровой микроэлектроники. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 176 с.
2. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем. М: «Наука», 1970. – 252 с.
3. Медведев, А.В. Непараметрические системы адаптации. Новосибирск: Наука, 1983. – 174 с.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ломаев Ю.С.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск*

В представленной работе проводилось сравнение работы оптимизационных алгоритмов для настройки параметров идентифицируемых линий спектра поглощения света. Интенсивность поглощения света редкоземельными ионами Tm^{3+} в классе кристаллов, в состав которых входят $3d$ и $4f$ ионы, может быть описана суперпозицией функций Гаусса. Вообще классы кристаллов, содержащих $3d$ и $4f$ ионы, находят применение во многих об-

ластях современной техники (например, при генерации и детектировании света) [1]. Выявление материалов с нужными свойствами затруднительно без знания механизмов взаимодействия света с веществом. Спектр поглощения света содержит важную для исследователя информацию об энергетических состояниях вещества. Исследуемые параметры каждой аппроксимирующей функции Гаусса характеризуют механизм взаимодействия света с кристаллом (используются функции Гаусса ввиду снятия спектроскопических данных в высокотемпературном режиме) [2]. Положение функций (точка максимума) содержит информацию об энергии взаимодействия в кристалле, высота пика функции (значение максимума функции) необходима для выявления механизмов разрешения переходов между энергетическими состояниями, определяющими соответствующую линию спектра [3]. Данный этап – интерпретация результатов в рамках физических моделей.

Первоначально производится выделение из сложного спектра отдельных линий гауссовой формы и определение их параметров. При этом изначальное число линий не известно и реализуемый при решении задачи алгоритм должен определять их число. Для повышения работоспособности реализуемого алгоритма обработки спектров и дальнейшего его применения в исследовании кристаллов необходимо синтезировать алгоритм автоматического выделения из сложного спектра отдельных линий. В качестве такого алгоритма было предложено провести численное дифференцирование дискретных данных, характеризующих спектр. Данный алгоритм позволяет выделять множество точек, удовлетворяющих необходимому и достаточному условиям экстремума (в данном случае, условиям максимума) и, таким образом, характеризующих положение и амплитуду имеющихся пиков. При использовании реализованного алгоритма дифференцирования необходимо вручную разделять данные, характеризующие разные пики. После проведения дифференцирования проводилась фильтрация данных. Цель процесса фильтрации данных – наилучшее восстановление первоначального сигнала на фоне помехи, или определение наличия полезного сигнала, или различение нескольких сигналов, присутствующих во входной последовательности [4]. При поиске оптимальных алгоритмов обработки сигнала часто приходится опираться на некоторые статистические модели сигналов и шумов.

При реализации адаптивной фильтрации Винера производится расчёт статистических оценок фрагментов сигнала в пределах скользящего окна размера $[Q \times V]$, где Q – количество соседних точек, по которым формируется статистическая оценка, V – количество точек, относительно которых рассматриваются соседние точки.

Рассчитывается локальная оценка математического ожидания и дисперсии вокруг каждой точки:

$$\mu = \frac{1}{QV} \sum_{n_1=0}^{Q-1} \sum_{Rn_2=0}^{V-1} \alpha(n_1, Rn_2), \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{QV} \sum_{n_1=0}^{Q-1} \sum_{Rn_2=0}^{V-1} \alpha(n_1, Rn_2) - \mu^2, \quad (2)$$

где $\alpha(n_1, Rn_2)$ – значение нефильтрованного сигнала в точке n_1 пространства Rn_2 в пределах скользящего окна $Q \times V$. Далее формируется фильтр на основе полученных оценок:

$$b(n_1, Rn_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (\alpha(n_1, Rn_2) - \mu), \quad (3)$$

где v – уровень шума (если уровень шума заранее не задан, то метод использует среднее значение всех локальных оценок дисперсий), $b(n_1, Rn_2)$ – значение отфильтрованного сигнала в точке n_1 пространства Rn_2 [5].

После фильтрации на следующем шаге поиск глобального минимума функции при наличии ограничений на параметры функции может быть осуществлен методом имитации отжига.

Метод представляет собой алгоритмический аналог физического процесса управляемого охлаждения и использует случайный поиск новых состояний системы с более низ-

кой температурой.

В данном случае элементы x функции $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$ представляют собой состояния системы, а значение функции $f(x)$ в этих точках – энергию системы $E = f(x)$. В каждый момент времени (каждую итерацию) предполагается заданной уменьшающаяся с течением времени по определенному закону температура T системы, находящейся в состоянии x :

$$T(k) = T_0 / \ln(1 + k), k > 0, \quad (4)$$

где T_0 – начальное значение температуры, k – коэффициент, определяющий скорость уменьшения температуры.

Новое состояние x выбирается в соответствии с заданным семейством вероятностных распределений $\zeta(x, T)$, которое при фиксированных x и T задает случайный элемент $x' = G(x, T)$.

Семейство вероятностных распределений $\zeta(x, T)$ выбирается как семейство нормальных распределений с математическим ожиданием x и дисперсией T и задается плотностью:

$$g(x', x, T) = (2\pi T)^{-p/2} e^{-\frac{|x' - x|^2}{2T}}, \quad (5)$$

где p – размерность пространства состояний.

После генерации нового состояния x' система с вероятностью $p(\Delta E, T)$ ($\Delta E = f(x) - f(x')$) переходит к следующему шагу в состоянии x' , в противном случае повторяется процесс генерации.

$$p(\Delta E, T) = \begin{cases} 1, & \Delta E < 0 \\ \frac{1}{1 + e^{\frac{\Delta E}{T}}}, & \Delta E \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Поиск минимума целевой функции заканчивается при уменьшении температуры T до некоторого заданного уровня [6].

Другой оптимизационный алгоритм (*LMA*) является распространенным алгоритмом минимизации квадратичных отклонений. Его преимуществами, по сравнению с методом Гаусса – Ньютона и другими методами сопряженных градиентов, являются большая скорость счета и обеспечение сходимости.

Пусть заданы экспериментальные значения, характеризующие регрессионную зависимость: множество пар наблюдений $D = \{(x_n, y_n)\}_{n=1}^N$ независимой переменной $x \in R^M$ и зависимой переменной $y \in R$. Задана регрессионная модель – функция $f(\omega, x_n)$. Требуется найти такое значение вектора параметров $\omega = [\omega_1, \dots, \omega_W]^T$, которое бы доставляло минимум функции ошибки $E = \sum_{n=1}^N (y_n - f(\omega, x_n))^2$. Перед началом работы алгоритма задается начальный вектор параметров ω . На каждом шаге итерации этот вектор заменяется на вектор $\omega + \Delta\omega$. Для оценки приращения $\Delta\omega$ используется линейное приближение функции:

$$f(\omega + \Delta\omega, x) \approx f(\omega, x) + J\Delta\omega, \quad (7)$$

где J – якобиан функции $f(\omega, x_n)$ в точке ω .

Приращение $\Delta\omega$ в точке ω , доставляющей минимум E , равно нулю. Поэтому для нахождения последующего значения приращения $\Delta\omega$ приравняем к нулю вектор частных производных E по ω :

$$\frac{\partial E}{\partial \omega} = (J^T J)\Delta\omega - J^T(y - f(\omega)) = 0. \quad (8)$$

Таким образом, чтобы найти значение $\Delta\omega$, нужно решить систему линейных уравнений:

$$\Delta\omega = (J^T J)^{-1} J^T (y - f(\omega)). \quad (9)$$

Алгоритм останавливается, в том случае, если приращение $\Delta\omega$ в последующей итерации меньше заданного значения, либо если параметры ω доставляют ошибку E , меньшую заданной величины [7].

Теперь приводятся результаты обработки спектроскопических данных. Рассматриваемый спектр характеризуется зависимостью интенсивности поглощения света I от энергии световой волны E . Оптический спектр поглощения кристалла, содержащего редкоземельный ион тулия Tm^{3+} , и результат работы алгоритма фильтрации Винера представлен на рисунке 1.

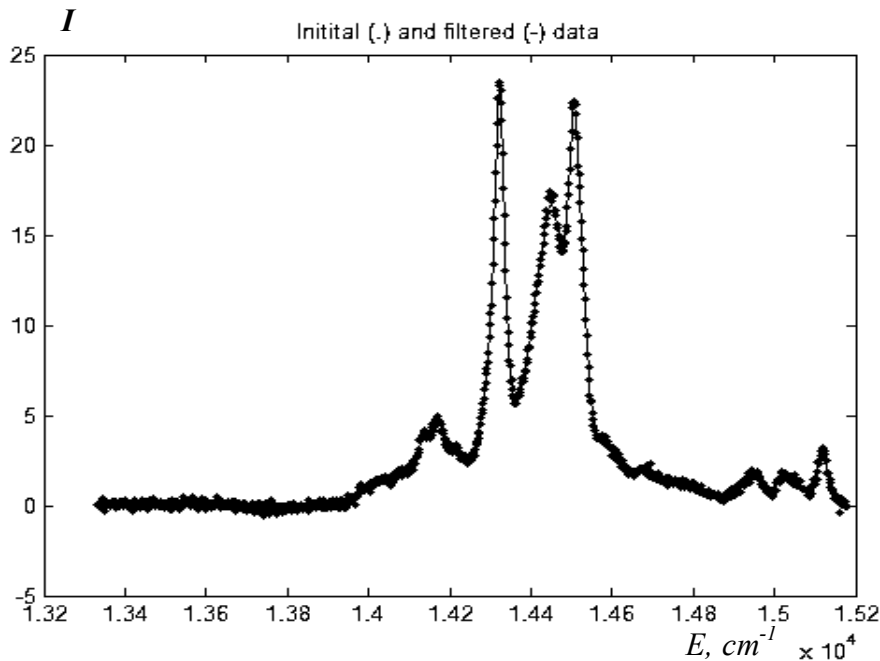


Рисунок 1 – Исходный спектр (·) и результат работы алгоритма фильтрации (-)

Далее производится аппроксимация спектра суперпозицией функций Гаусса. Число линий Гаусса было определено путем дифференцирования дискретных данных, характеризующих спектр (выбрано 13 линий).

В случае рассмотрения метода имитации отжига рассматривается среднее значение среднеквадратического критерия качества аппроксимации по нескольким запускам.

Таблица 1 – Результаты работы оптимизационных алгоритмов

Метод оптимизации	Значение среднеквадратического критерия F
Метод Левенберга-Марквардта	0,03562
Метод имитации отжига	0,02673

Большое значение среднеквадратического критерия (что соответствует худшей аппроксимации) может быть связана с плохим выбором начальных параметров, в случае метода Левенберга-Марквардта огромный недостаток – сходимость в локальный оптимум. Если производить оптимизацию методом имитации отжига путём корректировки вектора начальных параметров, то можно значительно снизить значение среднеквадратического критерия (рисунок 2).

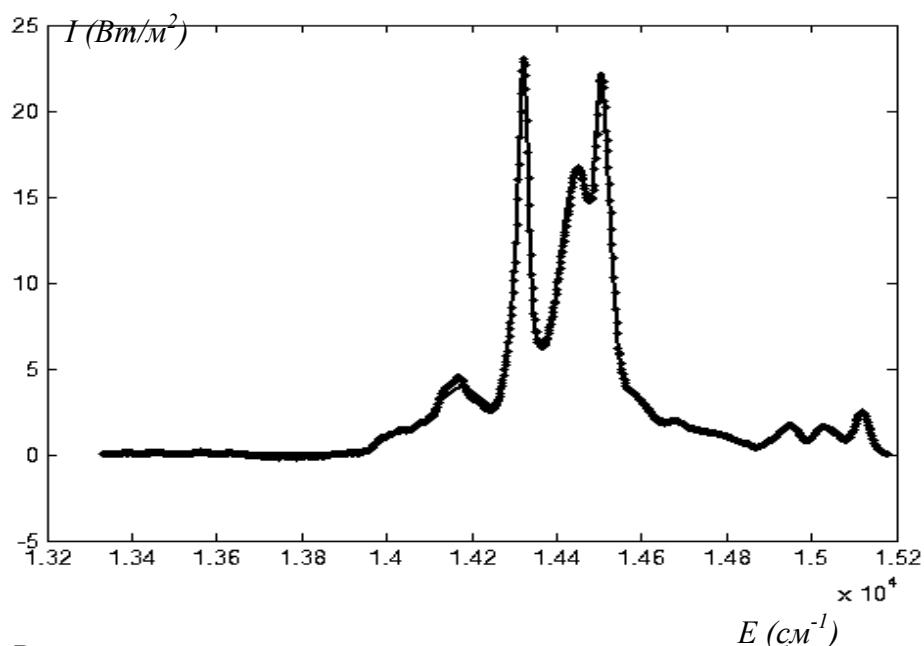


Рисунок 2 – Результат аппроксимации спектра после совместной работы метода имитации отжига и метода Левенберга-Марквардта

Стоит отметить, что при рассмотрении оптимизационных методов в отдельности целесообразнее использовать метод имитации отжига. Однако совместное использование оптимизационных методов способно улучшить результат.

Библиографический список

1. Свиридов Д.Т., Свиридова Р.К., Смирнов Ю.Ф. Оптические спектры ионов переходных металлов в кристаллах. М.: Наука, 1976. – 267 с.
2. Звездин А.К., Матвеев В.М., Мухин А.А., Попов А.И. Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах. М.: Наука, 1985. – 294 с.
3. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. Москва, Издательство Московского университета, 1976. – 367с.
4. www.soel.ru/cms/f/?/424788.pdf
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Wiener_filter
6. Kirkpatrick S., Gelatt C. D., Vecchi M. P. Optimization by simulated annealing. Science. v 220, 1983. – 671 – 680 pp.
7. Демиденко Е.З. Оптимизация и регрессия. М. Наука. 1989. – 296 с.

О СЕМИШАГОВОМ МЕХАНИЗМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ИТ-ПРОЦЕССОВ

Зимин В.В., Кулаков С.М., Пургина М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г.Новокузнецк*

Введение. В условиях быстро изменяющихся требований к ИТ-сервисам деятельность ИТ-провайдера становится процессом реализации непрерывно сменяющихся друг друга проектных циклов изменений. Необходимость сохранения конкурентоспособности во все более динамичной рыночной среде и интенсивное развитие информационных технологий не оставляют выбора ИТ-провайдерам – они вынуждены преобразовывать свою, в основном процессную деятельность, в преимущественно проектно-ориентированную, при которой управление изменениями становится все более значимым.

Отражением потребности в постоянной реализации различных изменений является

одна из стадий жизненного цикла ИТ-сервисов, предлагаемая в ITIL-3 – стадия непрерывного улучшения сервисов (CSI). Основные цели CSI состоят в приведении свойств ИТ-сервисов (полезности, применимости) и ИТ-процессов в соответствие изменяющимся потребностям клиентов посредством оптимизации ИТ-активов, поддерживающих сервисы и процессы (*эффективность по целям*), а также в снижении затрат на создание и эксплуатацию ИТ-сервиса за счет совершенствования организации процессов (*эффективность по затратам*). Эти цели достигаются посредством учета изменившихся потребностей клиентов, поиска и анализа «проблемных» областей в ИТ-деятельности, формирования и актуализации портфеля рентабельных оптимизационных проектов, обеспечения их финансирования, инициирования и контроля реализации проектов, оценки их фактической эффективности.

Конкретизация семишагового механизма оптимизации. Лучший способ повысить эффективность изменений заключается в разбиении процесса улучшений на простые повторяющиеся шаги. В ITIL-3 предлагается семишаговый механизм оптимизации [1], схема которого представлена на рисунке 1.

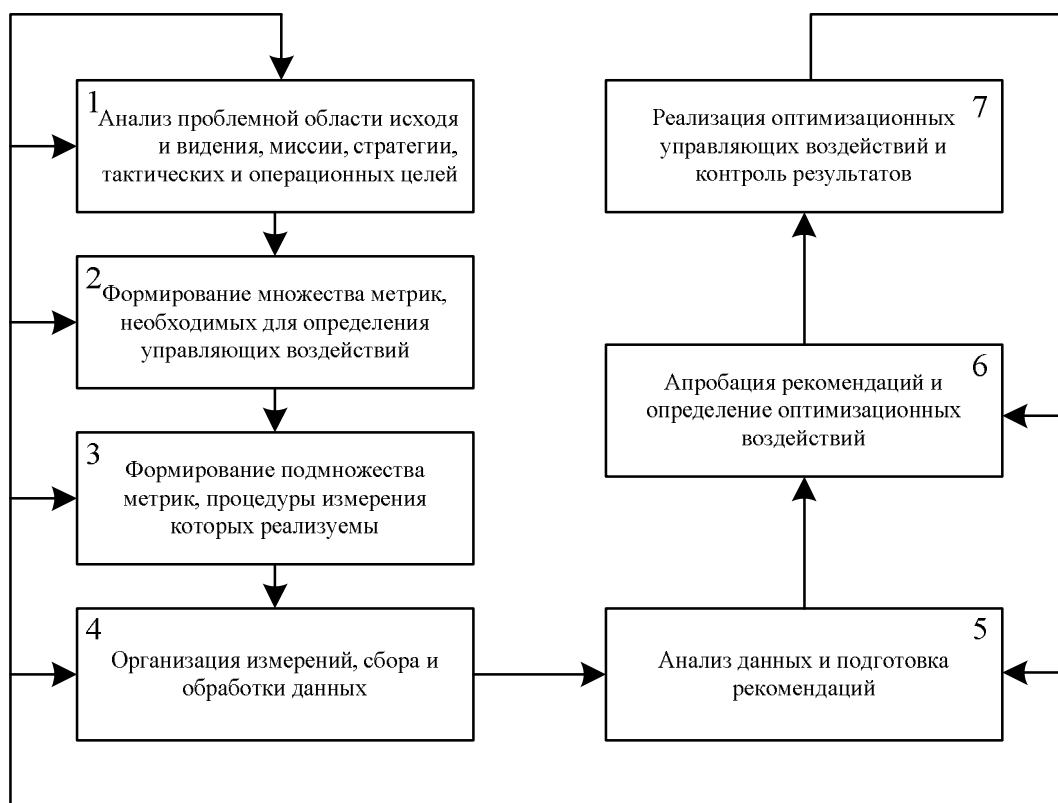


Рисунок 1 – Семишаговый механизм оптимизации ITIL-3

Шаг 1 заключается в анализе определенной ранее проблемной области исхода из операционных и стратегических целей компании.

Шаг 2 определяет, *какие показатели эффективности нужно измерить*. Здесь формируется множество метрик проблемной области, измерение и мониторинг которых необходимы для определения оптимизационных воздействий на проблемную область. Для формирования перечня показателей необходимо определиться со следующими представлениями: о компании-заказчике, ее миссии, целях и планируемых результатах; об ИТ-провайдере, его миссии, целях и планируемых результатах; о критических факторах успеха компании и ИТ-провайдера; о целевом уровне качества поставляемых ИТ-сервисов; о содержании работ ИТ-персонала. Исходными данными для формирования метрик являются: требования к

уровню качества сервисов; каталог сервисов; заявленные видения и миссии; цели и планируемые результаты департаментов, дивизионов и компании; законодательные требования; руководящие требования; требования бюджетного процесса; сбалансированная система показателей деятельности ИТ-провайдера. Все используемые метрики должны удовлетворять критерию SMART (Specific-Measurable-Achievable-Relevant-Timely).

Шаг 3 состоит в определении тех *показателей, которые можно измерить*. У каждой организации есть ограничения, которые могут не позволить ей по разным причинам произвести необходимые измерения. Если какую-то метрику невозможно измерить, она не должна быть включена в соглашение о качестве обслуживания -SLA.

Необходимо провести ревизию всех имеющихся инструментов для измерения, отчетности и диагностики. Затем составить перечень показателей, которые каждый инструмент может измерить и оценить без конфигурирования и модификации. Необходимо также проанализировать содержание баз данных и имеющуюся отчетность процессов всех стадий. Затем провести сравнительный анализ соответствия перечней показателей, которые нужно и можно измерить, и представить эту информацию для обсуждения бизнес-заказчику и ИТ-менеджменту. Исходными данными для формирования перечня измеряемых метрик являются: перечень того, что должно измеряться; выполняемые ИТ-процессы и процедуры; рабочие инструкции персонала; технические и пользовательские инструкции для существующих инструментов измерения; действующая отчетность.

Шаг 4 заключается в сборе и обработке данных.

Сбор данных включает функции мониторинга и накопления данных. Исходные данные для выполнения работ по сбору данных включают: новые бизнес-требования; существующие соглашения SLAs; существующие данные мониторинга; планы по доступности и мощности; планы по оптимизации сервисов; аналитическую отчетность и предыдущие тренды; перечень показателей, которые должны измеряться; перечень показателей, которые могут измеряться; несоответствия в аналитической отчетности; результаты опросов удовлетворенности заказчиков. Результатами деятельности по сбору данных являются: обновленный план доступности и план мощности; процедуры выполнения мониторинга; выбранный для использования инструментарий; график выполнения мониторинга; затраты на подготовку и выполнение мониторинга; сформированные (накопленные) данные; соглашение о достоверности и целостности данных.

Мониторинг выполняется с применением приложений, систем и их компонентов, специального инструмента, включая ручную обработку данных для отдельных задач. Для системы непрерывных улучшений- CSI качество данных мониторинга является ключевым фактором успеха. Мониторинг должен выполняться в целях увеличения эффективности/результативности ИТ-сервисов, процессов, инструментов, конфигурационных элементов и в целом деятельности ИТ-провайдера. Следует подчеркнуть, что не все нужные данные формируются автоматическими процедурами. Важно подкрепить политиками и механизмами стимулирования получение достоверных «ручных» данных. Мониторинг ИТ-процессов позволяет оценить: совместимость (согласованность) ИТ-процессов, показатели качества процессов, производительность процессов, в частности, пропускную способность или время процессного цикла, ценность (полезность) процесса сбора данных, которая включает проверку эффективности/результативности, а также восприятия ценности процесса его участниками и ИТ-персоналом, выполняющим соответствующие работы.

Обработка данных. Когда данные собраны, их необходимо представить в удобной для анализа форме. Для этого обычно используется технология генерации отчетов – преобразование данных в информацию, пригодную для аналитической работы. Результатом обработки может быть крупноформатная таблица или отчет, сгенерированные непосредственно системой мониторинга или отчетными инструментами, а также полученные по различным каналам связи. Обработка данных является важной составной частью системы управления планами сервисных улучшений СУ(SIP(t)). При мониторинге и компоновке данных имеют значение, как отдельные компоненты инфраструктуры, так и понимание того, как

эти компоненты влияют на всю инфраструктуру и на эффективность/результативность ИТ-сервисов.

Данные могут извлекаться из систем мониторинга отдельных ИТ-активов (мэйн-фреймов, приложений, глобальных и локальных сетей, серверов) и перерабатываться исходя из структуры ИТ-сервиса и представлений заказчика. Для операций обработки первичных данных необходима следующая информация: данные мониторинга; отчетные данные; соглашение о качестве обслуживания- SLAs; соглашение об уровне операционного обслуживания- OLAs; каталог сервисов; перечни метрик, ключевые показатели эффективности - KPIs, критические факторы успеха -CSFs, цели и результаты; частота предоставления отчетов; шаблоны отчетов.

На шаге 5 производится анализ данных, который позволяет определить причины возникновения проблемной ситуации. Знание фактических причин позволяет выработать верное оптимизирующее воздействие. Анализ данных требует компетенций, усилий, времени, концентрации, искусства, опыта и т.п. Одна из главных предпосылок качественного анализа состоит в автоматизации процедур обработки, отчетности, мониторинга, которые позволяют получить репрезентативный и достоверный набор данных.

Для большей уверенности следует сопоставить результаты выполненных измерений с целями, которые установлены на стадиях проектирования, внедрения и эксплуатации. Необходимо подтверждение того, что цели и запланированные значения показателей достигнуты. По завершении каждого значительного этапа необходимо убедиться, что цели достигнуты. После того, как тренды оценены и предварительные заключения подготовлены, рекомендуется провести ряд совещаний с целью коллективного обсуждения результатов. Важно провести совещания с персоналом ИТ-провайдера прежде, чем начать представлять эту информацию бизнес-структурам. Именно ИТ-провайдер определяет то, какие результаты представить и какой проект предложить бизнесу. Это ставит ИТ-провайдера в преимущественное положение, позволяющее представить бизнесу презентацию результатов вместе с планом реализации оптимизационного проекта.

Результаты надлежащего анализа данных заставляют бизнес принимать необходимые стратегические, тактические и операционные решения по улучшению ИТ-сервисов и процессов. Анализ данных преобразует информацию в знания о событиях (внешних и внутренних), которые требуют изменений в организации. Например при управлении рабочей нагрузкой, которая является подпроцессом процесса управления мощностью, анализ данных позволяет определить, какой из заказчиков какие ресурсы использует, как он их использует, когда использует и как это влияет на ИТ-деятельность в целом.

Обзор трендов в различные периоды времени также является важной задачей. Если не удастся идентифицировать тенденцию на основе данных текущего периода времени, то возможно эту зависимость можно выявить при ретроспективном анализе. Точно так, как это делается при сравнении данных текущего месяца с данными предыдущего, текущего квартала - с данными предыдущего, текущего года - с данными предыдущего года. Тенденции являются индикатором того, необходим специальный анализ для выяснения их причин. Когда тенденции меняются, необходимо их исследовать, чтобы понять, хорошо это или плохо.

Система непрерывного совершенствования оценивает, достигнуты ли поставленные цели. Если же цели достигнуты, а восприятие клиента не улучшилось, то могут потребоваться новые цели и измерения, чтобы добиться должного восприятия. Если цели достигнуты, то СУ(SIP(t)) определяет новые цели.

Шаг 6 состоит в представлении результатов оптимизации. Здесь консолидируются все приобретенные знания и представляются таким образом, чтобы была видна целесообразность всех выполняемых работ по мониторингу, отчетности, планам работ, выполненным оценкам. Необходимо рассмотреть достигнутые цели публично, добиться уверенности, что идентифицированы все возражения, касающиеся ИТ-сервисов, выгод с ними связанных, или, возможно, ожидаемых. Этот шаг включает представление информации в формате, который понятен и подготовлен на должном уровне, представляет ценность, отмечает недос-

татки ИТ-сервисов, показывает выгоды, связанные с текущим периодом времени и позволяет получить информацию о стратегических, тактических и операционных решениях.

Часто имеет место несоответствие между тем, что нужно бизнесу и той информацией, которую ИТ-провайдер представляет в отчетах. Важно, чтобы отчеты показывали, что система управления непрерывным совершенствованием действительно улучшает ИТ-сервисы, а если этого нет, то какие меры необходимо предпринять для исправления ситуации. Отчеты должны содержать сравнения фактических значений показателей с каким-либо базовым уровнем или со сбалансированной системой показателей.

Шаг 7 реализует оптимизирующие решения. На этом шаге, полученные в результате анализа информации знания и выработанные управляющие воздействия применяются для оптимизации ИТ-сервисов и процессов. Менеджеры должны провести разъяснительную работу о том, каким образом применяемые воздействия приведут к улучшению функционирования сервисов и/или процессов.

Заключение. Представляет интерес дополнение изложенного в ИТIL-3 семишагового механизма процедурами определения подпроцессов со сниженной эффективностью функционирования, обусловленной неконтролируемыми внешними и внутренними воздействиями. Эти процедуры широко применяются в теории управления организационными системами [2].

Библиографический список

1. OGC-ITIL V3-5 – Continual Service Improvement, TSO, 2007. – 308 p.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Слепцов В.В., Прокуратов И.И., Федотов А.Н.

*Московский государственный университет приборостроения и информатики
г. Москва*

Одной из основных задач проектирования сложных технологических электромеханических комплексов (промышленных роботов, станков, робокар и т.д.) является обеспечение устойчивости [1].

В данной работе рассматриваются основные методы анализа устойчивости систем и излагается новый метод анализа устойчивости сложных систем.

Понятие устойчивости является одним из центральных в теории систем. Устойчивость системы во многом определяет ее работоспособность и надежность. В общем виде условие устойчивости имеет следующий вид:

Заданное невозмущенное движение будет устойчивым, если возмущенное движение, порожденное возмущением, возникшим под действием внезапно приложенных к системе дополнительных внешних сил, по истечении некоторого времени войдет в заданную область [2]. Система будет асимптотически устойчива по Ляпунову А.М., если заданная область стягивается в нулевую точку.

Для определения устойчивости системы применяют различные правила - критерии устойчивости, алгебраические или частотные.

Критерии анализа устойчивости линейных систем.

Характерным свойством линейных систем является их устойчивость при больших возмущениях в случае устойчивости при малых возмущениях. Наиболее часто применяемыми критериями являются критерии Раусса, Гурвица, Найквиста, Михайлова [2]

Критерии и методы анализа устойчивости нелинейных систем.

Анализ устойчивости нелинейных систем значительно сложнее, чем линейных. Большинство методов анализа устойчивости нелинейных систем ориентировано на определенные узкие классы таких систем с небольшим количеством типовых нелинейностей (реле, насыщение и т.д.). Наиболее часто применяемыми методами и критериями являются методы и критерии Ляпунова, Попова, гармонической, энергетической линеаризации [2].

Анализ всех вышеперечисленных методов позволяет сделать вывод, что в случае, когда динамику автоматической системы можно описать системой линейных дифференциальных уравнений, проблема анализа устойчивости решается достаточно легко за исключением систем высокого порядка (более 100-го). В случае, когда динамику автоматической системы можно описать системой нелинейных дифференциальных уравнений, проблема анализа устойчивости решается лишь в отдельных простых случаях – когда либо число нелинейностей мало, либо порядок системы невысок. Поэтому проблема разработки методов анализа устойчивости сложных систем продолжает оставаться актуальной.

Вероятностный метод анализа устойчивости ВЭМАУС.

Представим процесс движения системы, выведенной внешним возбуждением из некоторой области, в виде последовательности случайных событий: $Y_0, Y_1, \dots, Y_i, \dots, Y_N$, где Y_i – событие, заключающееся в нахождении i координат изображающей точки в пределах, а всех других – вне заданной области, n -число координат изображающей точки.

В этом случае граф состояний такой сложной системы можно представить как на рисунке 1.

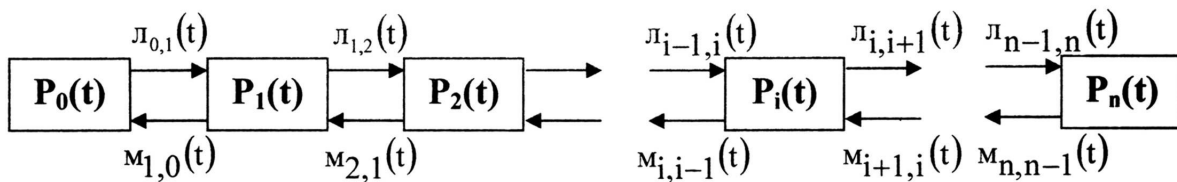


Рисунок 1 – Граф состояний сложной системы

Приняты следующие обозначения:

$P_i(t)$ – вероятность появления i -го события;

$\lambda_{i,i+1}(t)$ – интенсивность перехода от i -го к $i+1$ -му событию;

$\mu_{i+1,i}$ – интенсивность перехода от $i+1$ -го к i -му событию.

Если считать закон распределения вероятностей наступления таких событий Пуассоновским (это можно доказать), то их поведение можно описать следующей системой дифференциальных уравнений [3]:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = P_0(t)[\lambda_{0,1}(t)] + P_1(t)[\lambda_{1,2}(t) - \mu_{1,0}(t)] + P_2(t)[\mu_{2,1}(t)] \\ \vdots \\ \frac{dP_n(t)}{dt} = P_{n-1}(t)[\lambda_{n-1,n}(t)] + P_n(t)[\mu_{n,n}(t)] \\ 1 = P_0(t) + P_2(t) + \dots + P_i(t) + \dots + P_n(t) \end{cases} \quad (1)$$

Для стационарных потоков $\lambda_{i,i+1}; \mu_{i+1,i}$ не зависят от времени.

Решением системы (1) является временная функция $P_n(t)$, определяющая вероятность наступления n -го события (вероятность нахождения n координат изображающей точки в данной малой области), т.е. вероятность устойчивости системы.

Тогда условие устойчивости можно сформулировать следующим образом.

Заданное невозмущенное движение будет устойчивым, если вероятность того, что возмущенное движение, порожденное возмущением, возникшим под действием внезапно приложенных к системе дополнительных внешних сил, по истечении некоторого времени войдет в заданную область, будет больше некоторой доверительной.

Следует отметить, что в случае необходимости установления лишь факта устойчивости системы, достаточно решить систему алгебраических уравнений, вместо системы дифференциальных уравнений вида (1), которая имеет вид для стационарных потоков:

$$\begin{cases} 0 = P_0(\lambda_{0,i}) + P_1(\lambda_{1,i} - \mu_{i,0}) + P_2(\mu_{i,1}) \\ \vdots \\ 0 = P_{n-1}(\lambda_{n-1,n}) + P_n(\mu_{n,n-1}) \\ 1 = P_0 + P_1 + \dots + P_i + \dots + P_n \end{cases} \quad (2)$$

Важным является вопрос об определении интенсивностей потоков событий.

В теории массового обслуживания используются следующие формулы для определения интенсивностей потоков событий [3]:

$$\begin{cases} \lambda_{i,i+1} = \frac{n-i}{n} \sum_{j=1}^n \lambda_j \\ \mu_{i=1,i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \mu_j \end{cases} \quad (3)$$

где λ_j, μ_j – интенсивности отдельных потоков, зависящие от параметров системы.

Задача определения интенсивностей потоков является очень сложной и важной. В работе предлагается определить зависимости интенсивностей потоков λ_j, μ_j от параметров системы исходя из равенства результатов анализа устойчивости отдельных электроприводов предлагаемым и классическим методами, например методом Найквиста.

В качестве объектов исследования рассматриваются информационно-измерительные и управляющие системы сложных технологических электромеханических комплексов, построенных по схемам с подчиненным регулированием параметров и содержащих контуры скорости и положения [2].

Определение интенсивностей потоков контуров скорости.

Структурная схема контура скорости представлена на рисунке 2.

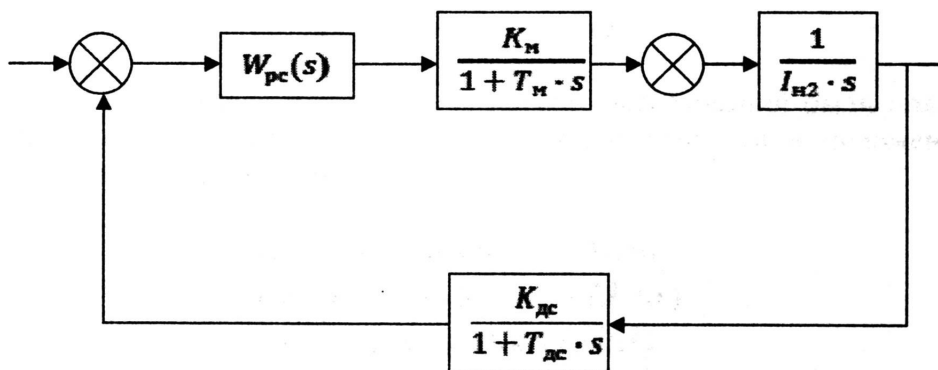


Рисунок 2 – Структурная схема контура скорости

Контур скорости обычно настраивают на симметричный оптимум, тогда

$$W_{pc}(s) = \frac{I_{дв} \cdot (1 + 4T_M \cdot s)}{8 \cdot T_M^2 \cdot K_M \cdot K_{дс} \cdot s} = \frac{K_{pc} \cdot (1 + T_{pc} \cdot s)}{s} \quad (4)$$

где Δt – время квантования.

Определение интенсивностей потоков контуров положения

Структурная схема контура положения представлена на рисунок 4.

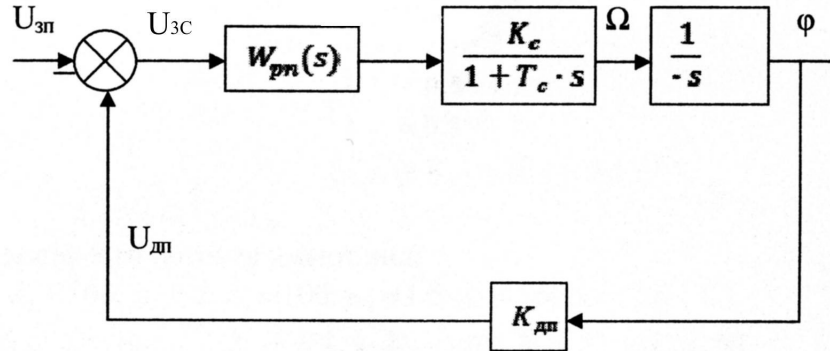


Рисунок 3 – Структурная схема контура положения

На схеме учтено, что передаточную функцию замкнутого контура скорости приближенно можно записать в следующем виде:

$$\Phi_{зс}(s) \approx \frac{1}{K_{дс} \left(1 + \frac{2T_M}{K_J} s\right)} = \frac{K_C}{1 + T_C s} \quad (5)$$

Контур положения настраивают на технический оптимум λ , тогда:

$$W_{рп}(s) = \frac{1}{2} (T_c K_c K_{дп}) \quad (6)$$

На основе теоретических и экспериментальных исследований были получены зависимости интенсивностей потоков событий контуров скорости и положения от параметров контуров, которые имеют вид:

$$\lambda_{ic} = F1ci(T_{Mi}, K_{Ji}, K_{куi}, \Delta U_{пi}) \quad (7)$$

$$\lambda_{ip} = F2пi(T_{Mi}, K_{Ji}, K_{куi}, \Delta U_{пi}) \quad (8)$$

$$\mu_{ic} = F3ci(T_{Mi}, K_{Ji}, K_{куi}, \Delta U_{пi}) \quad (9)$$

$$\mu_{ip} = F4пi(T_{Mi}, K_{Ji}, K_{куi}, \Delta U_{пi}) \quad (10)$$

где: K_{ji} – коэффициент изменения момента инерции i -го электропривода, $\Delta U_{пi}$ – изменение напряжения питания i -го электропривода при интенсивных перемещениях; $K_{куi}$ – коэффициент, учитывающий эффекты квантования по уровню:

$$K_{ку} = \begin{cases} 0.8 - \text{при квантовании с округлением} \\ 1.5 - \text{при квантовании с ограничением} \end{cases}$$

В качестве примера рассмотрим систему следящих приводов робота промышленного СУР-МС, обладающего следующими характеристиками:

- число степеней подвижности – 6;
- контуры скорости – аналоговые на базе преобразователей ПРШ-102 с двигателями

МИ-2 и тахогенераторами ТП-80;

– контуры положения – цифровые с временем квантования $\Delta t_i = 0.002c$ и квантованием типа округления;

– постоянные времени контуров тока $T_{M_i} = 0.001c$;

– коэффициенты изменения моментов инерции

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{J_1} = 0.5 \div 2 \\ K_{J_2} = 0.5 \div 1.5 \\ K_{J_3} = 0.8 \div 1.2 \\ K_{J_4} = K_{J_5} = K_{J_6} = 0.8 \div 1.1 \end{array} \right. \quad (11)$$

Интенсивности потоков имеют вид:

$$\lambda_1 = 82; \mu_1 = 1; \lambda_2 = 100; \mu_2 = 2; \lambda_3 = 100; \mu_3 = 1.5; \lambda_4 = 75; \mu_4 = 2.5$$

$$\lambda_5 = 170; \mu_5 = 0.6; \lambda_6 = 60; \mu_6 = 3; \lambda_7 = \lambda_9 = \lambda_{11} = 170; \lambda_8 = \lambda_{10} = \lambda_{12} = 50$$

$$\mu_7 = \mu_9 = \mu_{11} = 0.5; \mu_8 = \mu_{10} = \mu_{12} = 3$$

$$\lambda_{0,1} = 1247; \mu_{1,0} = 1.75; \lambda_{1,2} = 1147; \lambda_{2,3} = 1047; \lambda_{3,4} = 947; \lambda_{4,5} = 847; \lambda_{5,6} = 747; \lambda_{6,2} = 647$$

$$\lambda_{7,8} = 547; \lambda_{8,8} = 447; \lambda_{9,10} = 347; \lambda_{10,11} = 247; \lambda_{11,12} = 147$$

$$\mu_{2,1} = 3.5; \mu_{3,2} = 5.2; \mu_{4,3} = 7; \mu_{5,4} = 8.7; \mu_{6,5} = 9.5; \mu_{7,6} = 11.3; \mu_{8,7} = 13; \mu_{9,8} = 14.8$$

$$\mu_{10,9} = 16.5; \mu_{11,10} = 18.3; \mu_{12,11} = 20$$

Уравнение типа (2) имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = 1247 \cdot P_0 - (1148)P_1 + 3.5 \cdot P_2 \\ 0 = 1147 \cdot P_1 - (1050)P_2 + 5.2 \cdot P_3 \\ 0 = 1047 \cdot P_2 - (952)P_3 + 7 \cdot P_4 \\ 0 = 947 \cdot P_3 - (850)P_4 + 8.7 \cdot P_5 \\ 0 = 847 \cdot P_4 - (760)P_5 + 9.5 \cdot P_6 \\ 0 = 747 \cdot P_5 - (660)P_6 + 11.3 \cdot P_7 \\ 0 = 647 \cdot P_6 - (560)P_7 + 13 \cdot P_8 \\ 0 = 547 \cdot P_7 - (460)P_8 + 15 \cdot P_9 \\ 0 = 447 \cdot P_8 - (360)P_9 + 16 \cdot P_{10} \\ 0 = 347 \cdot P_9 - (265)P_{10} + 18 \cdot P_{12} \\ 0 = 247 \cdot P_{10} - (170)P_{11} + 20 \cdot P_{12} \\ 1 = P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{12} \end{array} \right. \quad (12)$$

Откуда: $P_{12} = 0.87; P = 0.11$, а доверительная вероятность равна $(0.985)^{12} = 0.83$, т.е. ИИУС устойчива.

Библиографический список

1. Обрабатывающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования/ Под ред. В.Л. Афонина. М.: Машиностроение, 2001. – 256 с.
2. Малкин И.Г.. Теория устойчивости движения. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1966. – 530 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

Гой Е.А., Носков В.Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
г. Екатеринбург

Нагрузочное тестирование – определение или сбор показателей производительности и времени отклика программно-технической системы или устройства в ответ на внешний запрос с целью установления соответствия требованиям, предъявляемым к данной системе (устройству).

В наше время наличие надежного и информативного веб-сайта является неотъемлемой частью различных компаний и учреждений. Без эффективных средств тестирования трудно добиться гарантированной доступности и надежной работы веб-сайта. Нагрузочное тестирование играет значимую роль в разработке, так как при появлении определенной нагрузки обычно уже на запущенном проекте появляются проблемы. После проведения нагрузочного тестирования, становится понятно, какое время отклика сайта будет при определенной нагрузке или сколько посетителей одновременно может выдержать веб-сервер, на котором размещен сайт.

Однако стоимость имеющихся в данный период систем нагрузочного тестирования крайне высока (IXIA, Spirent SmartBits), либо эти системы не в состоянии создать требуемую нагрузку для проведения тестирования (Apache Jmeter, Load impact, Alexfill и др.). В связи с этим, при создании большинства сайтов, предварительные и приёмо-сдаточные нагрузочные испытания не проводятся. На этапе разработки сайта это приводит к тому, что разработчики не имеют инструмента, который указал бы им на необходимость оптимизации используемого кода. На этапе последующей эксплуатации в период увеличения посетителей сайта у него увеличивается время отклика, или даже превышение времени допустимого ответа ТСР/НТТР протоколов. Это приводит к тому, что посетители сайта не могут получить необходимую информацию, либо произвести действия по формированию заказа, что в конечном счете приводит к репутационным и реальным финансовым убыткам предприятия.

В связи с этим, актуальной задачей становится создание системы нагрузочного тестирования, которая могла бы создавать симуляционную клиентскую нагрузку на сайт, для того чтобы каждый проектировщик мог провести нагрузочные испытания своего сервера. При этом свойства масштабирования системы должны обеспечить возможности по генерации достаточного трафика, способного выявить верхние границы производительности аппаратной платформы веб-ресурса.

Общая архитектура современных web-приложений

Большинство веб-приложений сегодня создается с использованием трехуровневой архитектурой серверов (рисунок 1). Трехуровневой архитектуре присущи такие достоинства как масштабируемость, надежность, безопасность и высокая производительность.

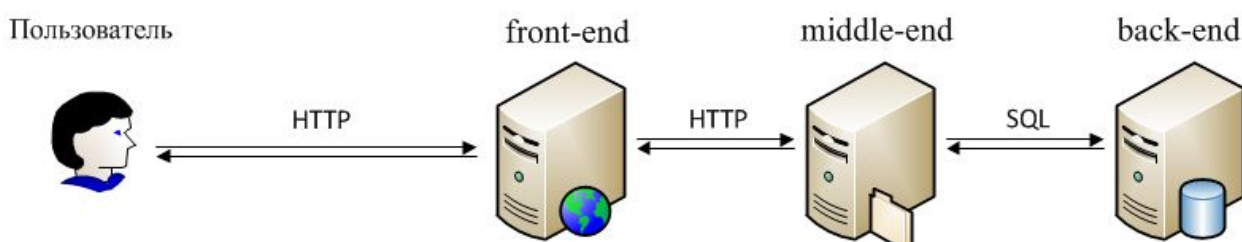


Рисунок 1 – Трехуровневая архитектура современных веб – приложений

При доступе к ресурсам веб-сайта запрос сначала обрабатывается DNS-сервером, который выдает пользователю IP-адрес одного из клиентских серверов переднего плана (front-end). Далее генератор взаимодействует с одним из таких серверов, обеспечивающих обработку статического содержания и формирование визуального результата выполнения запроса, а также создание защищенного соединения. При обработке динамических запросов, требующих вычислительных действий или запроса к динамически формируемым данным, выполняется переадресация запроса на сервер приложений среднего плана (middle-end). Сервер приложений, в свою очередь, взаимодействует с серверами заднего плана, отвечающими за хранение данных (back-end).

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ

Идея состоит в создании системы нагрузочного тестирования состоящей из трех ключевых компонентов: автономных генераторов трафика, анализаторов трафика и системы автоматического управления генераторами и анализаторами трафика (CAU ГАТ).

Генератор трафика

Автономный генератор трафика посылает многопоточные запросы страниц (методом GET) на клиентский сервер, сервер приложений и сервер баз данных. В результате обеспечивается взаимодействия с серверами, на транспортном уровне модели OSI по протоколу TCP, на прикладном уровне по протоколам HTTP и SQL.

Запросы отсылаются с различных IP-адресов (используются дополнительные IP адреса), путем назначения сетевому интерфейсу N-количества IP.

При запуске генератора необходимо задать следующие параметры:

- Номер сетевого интерфейса
- Протокол, на котором будут генерироваться пакеты
- Требуется ли добавление IP адресов к сетевому интерфейсу
- Адрес сети, в которой создаются IP адреса
- Маску, в которой создаются IP адреса
- Адреса серверов: клиентского, приложений и баз данных

Принцип работы отдельного генератора трафика при комплексной проверке многоуровневой системы веб сайта:

- устанавливаем в качестве адреса отправителя – первый IP адрес из прописанного диапазона для генерации (количество IP адресов, равно N);
- запрос создающий нагрузку только на Front-end сервер тестируемой системы (ожидаем статическую страницу или фиксированную картинку из стартовых страниц);
- отправляем запрос, создающий динамическую нагрузку на сервер приложений (Middle-End) тестируемой системы (ожидаем динамически генерируемую страницу);
- отправляем запрос, создающий нагрузку на сервер приложений и сервера БД (Back-End) тестируемой системы (ожидаем динамически генерируемую страницу с запросом к БД);
- изменяем IP адрес (N+1) клиента, выжидаем интервал (необходимый для формирования требуемой частоты посылки запросов) и повторяем алгоритм.

Анализатор трафика

Анализатор трафика (сниффер), настроенный на работу с TCP протоколом и сопоставляющий порт и IP адрес на который приходит и с которого отправлены пакеты.

Принцип работы анализатора трафика:

- из всех пакетов, отправленных через сетевой интерфейс, ищет пакеты с обращением к одному из серверов трехуровневой архитектуры. При нахождении данного пакета заносит информации о нем в буфер памяти (время получения с начало сессии, IP адрес и порт с которого он отправлен);
- из всех пакетов, поступающих на сетевой интерфейс, ищет пакеты с ответом на запрос, при нахождении данного пакета ищет в буфере, такой же IP адрес и порт, на который пришел пакет;
- при совпадении IP адреса и порта в пришедшем пакете и записи из буфера, отсы-

лает информацию на САУ ГАТ и удаляет информацию об этом пакете из буфера. Отсылаемая запись: разница во времени между пакетами, IP адрес и порт с которого запрашивалась страница, текущее время и адрес страницы.

САУ ГАТ

Использование отдельных генераторов-анализаторов на базе стандартных ПК, не смотря на многопоточность запросов, не позволяет создать достаточную нагрузку для проверки верхней границы производительности современных серверных платформ. Для обеспечения необходимой нагрузки возможно горизонтальное масштабирование системы путем одновременного использования множества автономных генераторов/анализаторов, работающих с непересекающимися диапазонами IP адресов источников запросов. Для удобства быстрого развертывания большого количества автономных генераторов/анализаторов на флэш – накопитель установлен консольный дистрибутив Linux, а также туда установлена программа генерации/анализа трафика и необходимые библиотеки для ее функционирования.

Для корректного функционирования всего комплекса и получения результирующей статистики требуется система автоматического управления всеми автономными генераторами/анализаторами (САУ ГАТ). Фактически, САУ ГАТ – это система, которая должна передать автономным генераторам сведения о параметрах создаваемой требуемой нагрузки и указании им времени их запуска.

В САУ ГАТ содержится результирующая таблица, в которую поступают данные с анализаторов трафика, созданная в СУБД MySQL (рисунок 2). Таблица содержит следующие поля, представленные в таблице 1. Также с помощью системы составляются результирующие таблицы (по каждому серверу трехуровневой архитектуры), графики и диаграммы по данным анализаторов трафика.

Таблица 1 – Описание полей таблицы

Название поля таблицы	Описание Поля
ID	Порядковый номер записи с N – ого анализатора
IP	IP адрес с которого посылался запрос на сервер
tcp_port	TCP порт с которого посылался запрос на сервер
delta_time	Время, которое отвечал сервер на запрос
time	Время, когда был принят пакет
url	Адрес страницы, на которую посылался запрос

ID	IP	tcp_port	delta_time	time	url
1	192.168.122.9	51017	0.038872	0:38:17.119518	http://avtokomplekt66.ru/
2	192.168.122.9	51019	0.098872	0:38:17.528404	http://avtokomplekt66.ru/traktora

Рисунок 2 – Результирующая таблица

Общая схема функционирования системы нагрузочного тестирования представлена на рисунке 3.

«ГАТ N» – генератор и анализатор трафика. Ключевой элемент системы, позволяющий генерировать много потоковый трафик, а также анализировать входящий трафик и отправлять результат на САУ ГАТ.

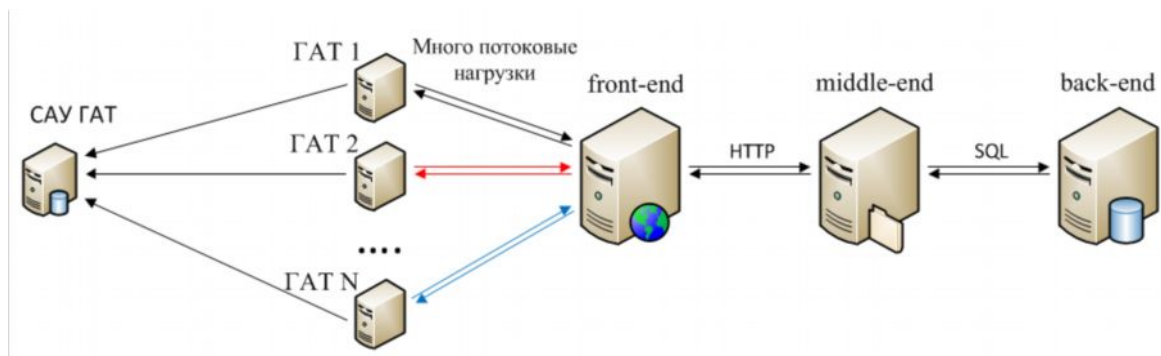


Рисунок 3 – Схема функционирования системы нагрузочного тестирования

В итоге используя данную систему, возможно, обеспечить любую требуемую нагрузку, изменяя лишь количество ГАТ. По разнице времени запроса генератора и ответа веб-сайта, а также URL адресу, можно судить справляется ли сервер с данной нагрузкой, или нет. Стоит отметить, что разница во времени будет иметь незначительную погрешность на время пока сигнал идет от генератора до сервера и обратно, которую можно приравнять к нулю (погрешность еще уменьшится, если вместо URL адреса сайта, прописывать его IP адрес при генерации).

К ПОСТАНОВКАМ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУР МАТЕРИАЛОВ ФРАКТАЛАМИ

Старовацкая С.Н., Мышляев Л.П., Циряпкина И.В.
*Сибирский государственный индустриальный университет,
 г. Новокузнецк*

Экспериментальные методы фрактального анализа предполагают аппроксимацию реальных (натурных) структур материалов фракталами определенного поколения. В большей части известных работ ограничиваются рассмотрением модельных фракталов с эвристическим сравнением реальных структур с модельными фракталами. В значительно меньшем числе работ предполагается фрактальное описание структур, исходя из фундаментальных закономерностей. Остается открытым вопрос об идентификации, то есть построении фрактальных моделей реальных структур. Важность решения такой задачи отмечается в [1].

В самом простом виде задачу идентификации структуры фракталами можно представить следующим образом.

Постановка задачи – вариант I

Дано:

Натурные структуры материалов

$$St_j; \quad j = \overline{1, J},$$

где j – номер структуры; J – количество структур.

Набор типовых фракталов

$$Fr_{jl}; \quad l = \overline{1, L},$$

где l – номер типовой структуры; L – количество фракталов.

Критерий идентификации

$$Q_{j,l} = \sum_{m,n;l=1}^{M,N,L} |St_j(m,n) - Fr_{jl}(m,n)| \rightarrow \min,$$

где m, n – количество точек на изображении структуры.

Ограничение $M \in \overline{1, M^{max}}$, $N \in \overline{1, N^{max}}$, где M^{max} , N^{max} – максимальное количество точек.

Требуется:

Выбрать из набора Fr_i такой фрактал, для которого Q имеет минимальное значение.

При решении этой задачи количество типовых фракталов ограничили теми из них, у которых фрактальная размерность была примерно равной фрактальной размерности натурной структуры. Пример решения этой задачи показан на рисунках 1–3, из которых даже визуально видна неудовлетворительная точность идентификации, что требует более адекватных реальным условиям постановок задач.

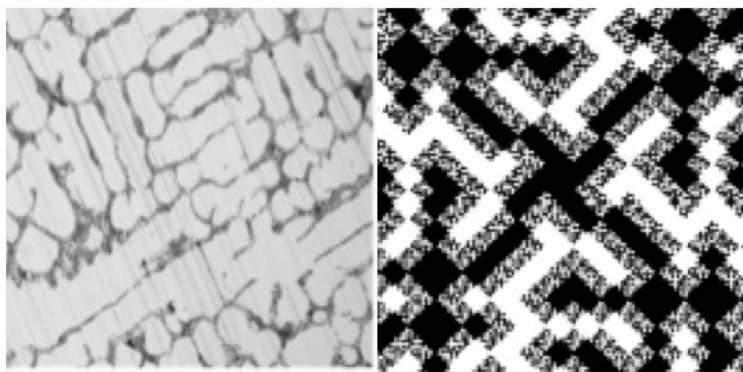


Рисунок 1 – Пример идентификации реальной структуры № 1 фрактальной моделью

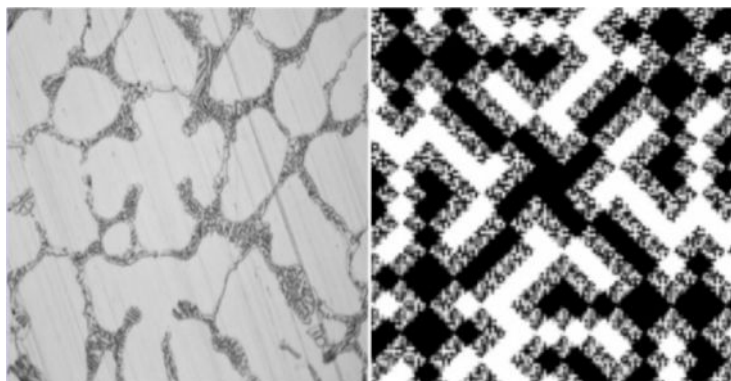


Рисунок 2 – Пример идентификации реальной структуры № 2 фрактальной моделью

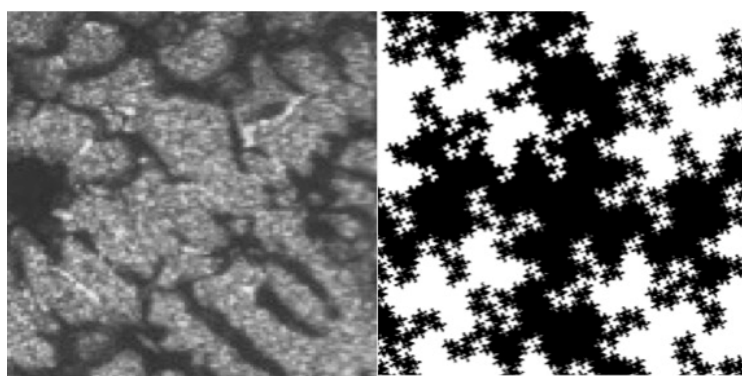


Рисунок 3 – Пример идентификации реальной структуры № 3 фрактальной моделью

Наиболее привлекательны следующие постановки задач.

Постановка задачи – вариант II

Дано:

Натурные структуры материалов

$$St_j; \quad j = \overline{1, J},$$

где j – номер структуры; J – количество структур.

Набор типовых фракталов

$$Fr_l; \quad l = \overline{1, L},$$

где l – номер типового фрактала; L – количество фракталов

Модель структуры материала

$$St_j^M = \sum_{j,l=1}^{J,L} \alpha_{lj} * Fr_l + \varepsilon_j,$$

где ε_j – невязки модели (помеха), α_{lj} – искомые весовые коэффициенты.

Критерии идентификации

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad Q_j &= \sum_{j=1}^J |St_j(m, n) - St_j^M(m, N)| \rightarrow \min \\ \text{b)} \quad \tau_{r\varepsilon\varepsilon} &\rightarrow \min, \end{aligned}$$

где $\tau_{r\varepsilon\varepsilon}$ – спад автокорреляционной функции невязки.

Ограничение $M \in M^{\max}, N \in N^{\max}$.

Требуется:

Определить оптимальные весовые коэффициенты α_{lj} .

Определить наличие доминирующего типового фрактала.

Постановка задачи – вариант III

Дано:

Натурные структуры материалов

$$St_j, j = \overline{1, J},$$

где j – номер структуры; J – количество структур.

Набор типовых фракталов

$$Fr_l = \overline{1, L},$$

где l – номер типового фрактала; L – количество фракталов.

Модель структуры материала

$$St_j^M = \cup \{Fr_l / S_{kl}\} + \varepsilon_j,$$

где S_{kl} – притягивающее пространство (площадь) натурной структурой; l – типового фрактала; k – номер притягивающего пространства; ε_j – невязка модели.

Критерии идентификации

$$Q_j = \sum_{k=1}^K S_{kl} \sum_{m,n=1}^{M,N} |St_j(m, n) - St_j^M(m, n)| / S_{kl}(m, n) \rightarrow \min,$$

где K – число притягивающих пространств.

Ограничение

$$M \in M^{\max}, N \in N^{\max}, K \in K^{\max}.$$

Требуется:

Определить размеры пространства S_{ki} для Fr_i .

Сформировать модель структуры из комбинации Fr_i/S_{ki} .

Постановка задачи – вариант IV

Дано.

Натурные структуры материала

$$St_j, j = \overline{1, J},$$

где j – номер структуры;

Математическая запись процедуры формирования фракталов, например [3]

$$x_{n+1} = f(x_n) = (1+r)x_n - rx_n^2,$$

где r – коэффициент прироста.

$$x_{n+1} = x_n^2 + C,$$

где C – комплексная переменная.

Алгоритм генерации фракталов $Fr_l(r, c), l = \overline{1, L}$ – число математических записей.

Критерий идентификации

$$Q_j = \sum_{m,n=1}^{M,N} |St_j(m, n) - Fr_l(m, n, c)| \rightarrow \min$$

Ограничение

$$M \in M^{\max}, N \in N^{\max}, L \in L^{\max}.$$

Требуется:

Определить параметры r, C , минимизирующие Q .

Конкретные постановки задач выбираются, исходя из натуральных структур материалов и поставленных целей.

Библиографический список

1. Иванова В.Е., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А.. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994. – 383 с.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя.: пер. с англ. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
3. Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 176 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДАННЫХ С ЗАДАНЫМИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Макаров Г.В., Буркова Е.В., Зайцев А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

При решении задач анализа и синтеза систем управления используются как аналитические, так и численные методы. С прикладной точки зрения основным недостатком аналитических исследований является узкая область их эффективного применения. Поэтому более распространенными являются численные исследования, особенно для моделирования систем, функционирующих в условиях неопределенности, вызванной как отсутствием математических моделей исследуемого объекта «в большом», так и наличием постоянно действующих неконтролируемых возмущающих воздействий (ПДВ). Одним из основных тре-

бований при таком моделировании является заданная точность воспроизводимости реализаций контролируемых и приведенных возмущений при стационарных условиях функционирования систем автоматического регулирования (САР). Условие воспроизводимости реализаций возмущений выражено через близость целевых критериев эффективности САР:

$$|q_j^H - q_l^H| \leq 0,03, \quad j \neq l, \quad (1)$$

где q^H — нормализованные значения критерия, определенные как отношение текущих значений к средневыборочному, индексы j и l — номера реализаций.

В качестве целевого критерия эффективности САР использован среднеквадратичный критерий точности регулирования:

$$q = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [y^*(i) - y(i)]^2}, \quad (2)$$

где N — интервал моделирования, $y^*(i)$ — заданное значение регулируемой величины; $y(i)$ — значение регулируемой величины.

В начале исследований было предположено, что для достижения воспроизводимости реализаций возмущений необходимо равенство значений их автокорреляционных функций (АКФ) в момент запаздывания в канале преобразования регулирующих воздействий:

$$r(\theta) = r(\tau_u), \quad (3)$$

где $r(\theta)$ — значение АКФ; τ_u — запаздывание в канале преобразования регулирующих воздействий. При генерировании временных рядов данных добиться этого равенства позволяли авторегрессионные модели (АРМ) первого и второго порядка. Однако, отклонения критериев $|q_j^H - q_l^H|$ при таких условиях превышали 0,5, что не удовлетворяло условию (1).

На следующем этапе добивались равенства времени спада нормированной АКФ возмущений — θ_S , которое оценивали по соотношению $\theta_S = \theta$ при значении коэффициента АКФ $r(\theta) = 0,2$. Отклонения критериев в этом случае также составляли $|q_j^H - q_l^H| > 0,5$.

В процессе исследования была поставлена задача воспроизводимости формы АКФ реализаций возмущений. В соответствии с этим, условие воспроизводимости нормированной АКФ:

$$|r_3 - r_1| \leq 0,03, \quad (4)$$

где r_3 — значения коэффициентов заданной АКФ; r_1 — значение коэффициента автокорреляции сгенерированного ряда.

Форму АКФ возмущений задавали в форме экспоненты:

$$R_{np}(\theta) = \sigma_{np}^2 e^{-\alpha|\theta|}, \quad (5)$$

где σ_{np}^2 — дисперсия приведенного возмущения; α — коэффициент спада АКФ; θ — время сдвига между сечениями ряда приведенных возмущений.

Результаты анализа доступных источников, в частности, [1], [2] показали, что существующие программы и методы генерирования псевдослучайных последовательностей с заданными статистическими свойствами не удовлетворяли условию (4), либо удовлетворяли условию (4), но отклонения критериев составляли 0,2 и более, либо вовсе были недоступны для использования и оценивания. Основной проблемой являлось генерирование таких возмущений, коэффициент спада экспоненты АКФ α которых был меньше значения 0,1.

Используя АРМ первого порядка для генерирования процесса Орнштейна-Уленбека [3] с коэффициентом спада АКФ $\alpha = 0,1$ была получена воспроизводимость АКФ по условию (4) до времени ее спада θ_S — рисунок 1.

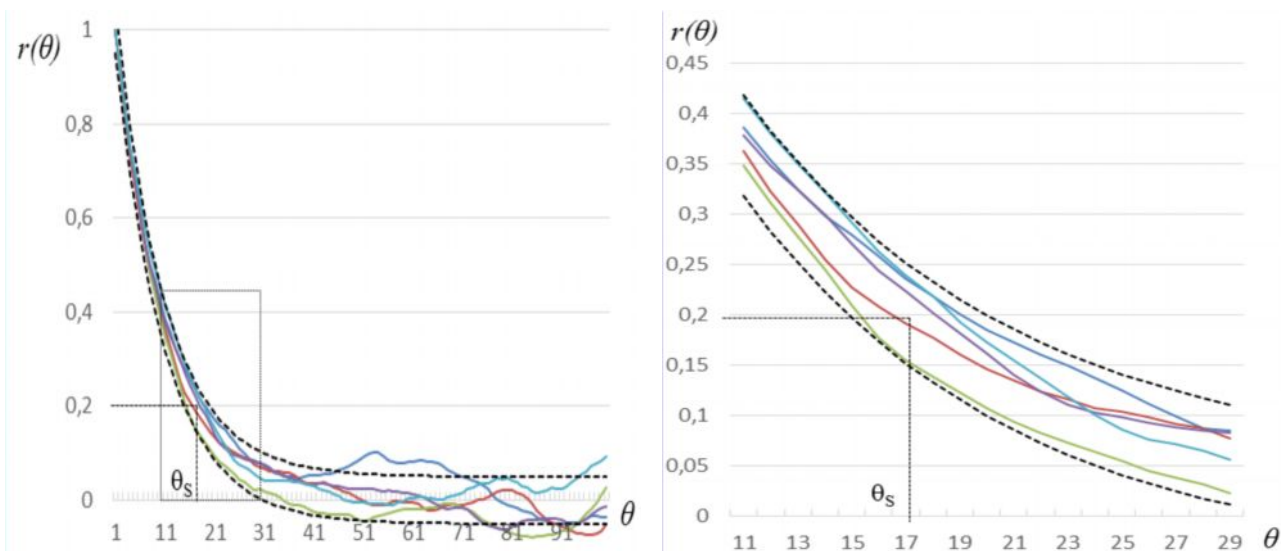


Рисунок 1 – Автокорреляционные функции сгенерированных с помощью АРМ первого порядка возмущений

Однако условие воспроизводимости реализаций возмущений (1) не было выполнено, поскольку значения средневыборочных отклонений $|q_j^{\#} - q_i^{\#}|$ достигали 0,182, (рисунки 2–3).

На рисунке 3 показан фрагмент этого графика в увеличенном масштабе.

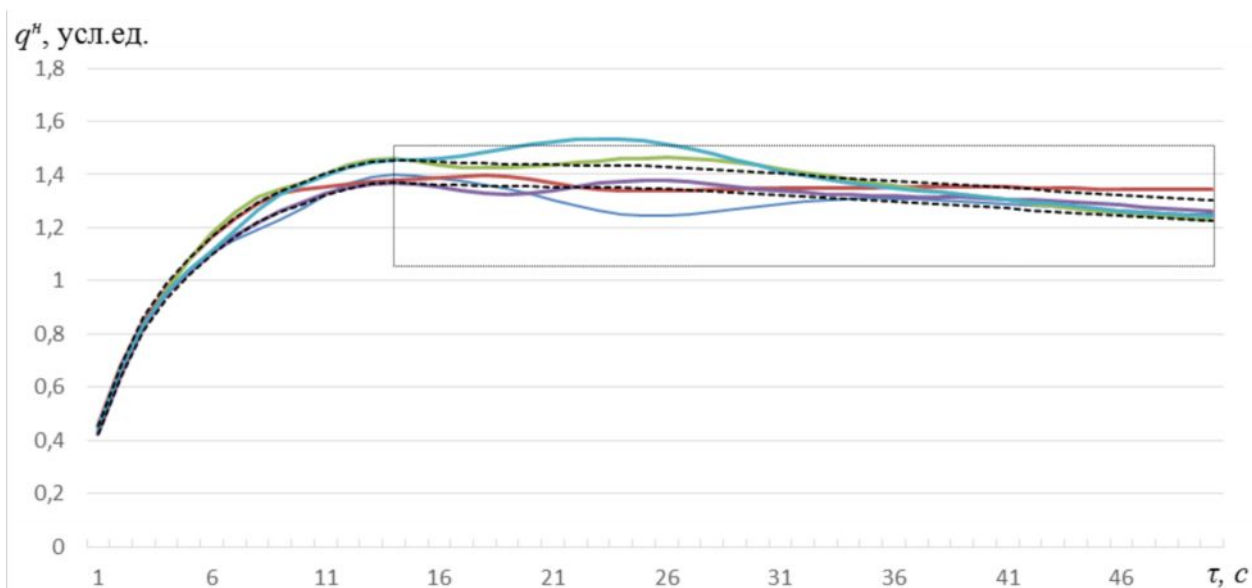


Рисунок 2 – Критерии качества регулирования САР для значений τ в диапазоне $0 \div 50$ с

Таким образом, выяснилось, что для выполнения условия воспроизводимости реализаций возмущений (1) необходимо выполнение условия воспроизводимости АКФ (4) в диапазоне, большем, чем $0 \div \theta_s$. Экспериментально было установлено, что необходимо выполнение этого условия примерно до $4 \cdot \theta_s$. В связи с чем требовалось найти алгоритм, позволяющий для сгенерированного возмущения обеспечить условие воспроизводимости АКФ (4) на заданном интервале моделирования. Интервал моделирования выбрали $N = 5000$ точек.

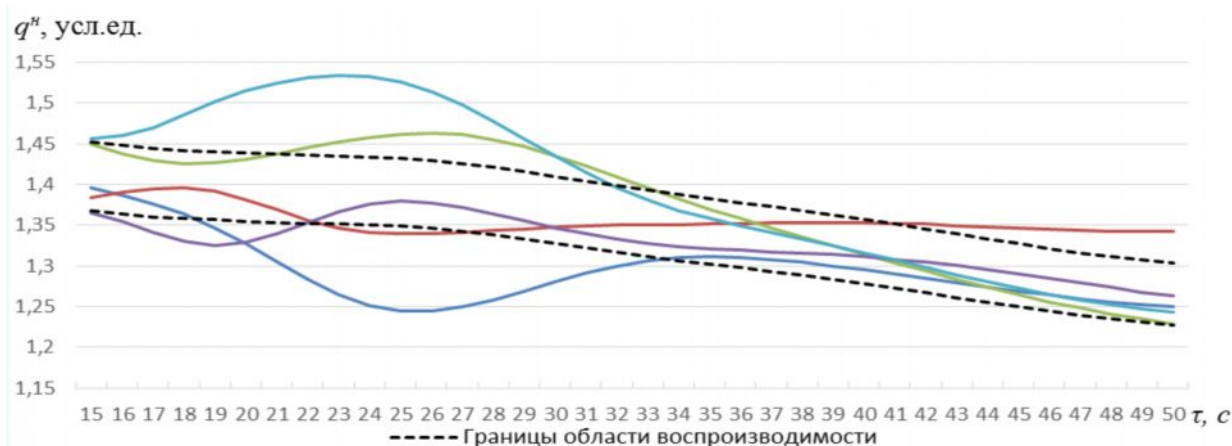


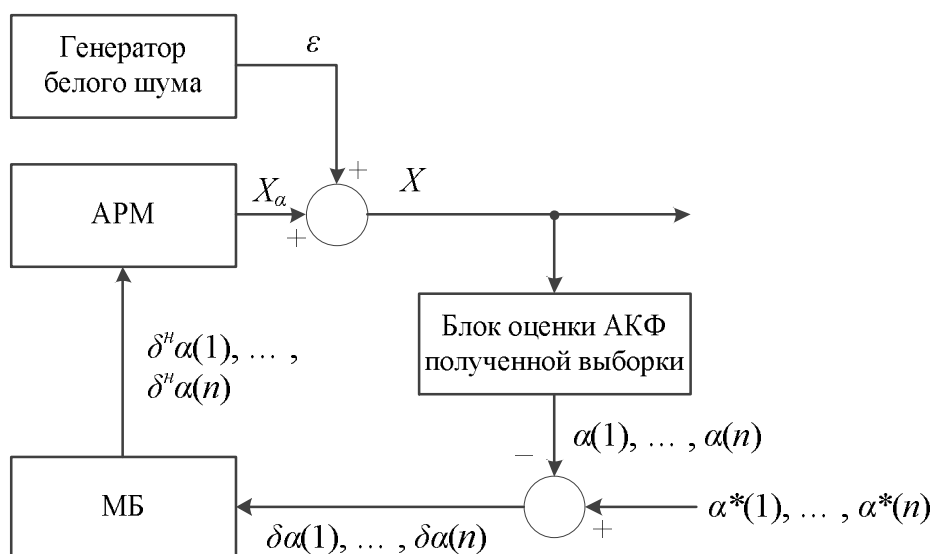
Рисунок 3 – Критерии качества регулирования САР для значений τ в диапазоне 15÷50 с

Для формирования возмущений с заданной формой нормированной АКФ использовали авторегрессионную модель (АРМ) порядка n :

$$X(i) = \sum_{j=1}^n (\alpha(j) \cdot X(i-j)) + \varepsilon(i) \quad (6)$$

где $\alpha(j)$ – параметры модели (коэффициенты авторегрессии) порядка n , $\varepsilon(i)$ – белый шум.

Наилучших результатов с точки зрения условий (1) и (3) удалось добиться при помощи коррекции коэффициентов авторегрессии по обратной связи. Схема подстройки представлена на рисунке 4.



ε – белый шум, X – сгенерированный ряд, $\alpha(1), \dots, \alpha(n)$ – коэффициенты автокорреляции, $\alpha^*(1), \dots, \alpha^*(n)$ – заданные коэффициенты автокорреляции, МБ – масштабирующий блок, $\delta\alpha(1), \dots, \delta\alpha(n)$ – отклонения фактических коэффициентов от заданных, $\delta^n\alpha(1), \dots, \delta^n\alpha(n)$ – нормализованные (масштабированные) отклонения

Рисунок 4 – Схема генерирования временного ряда данных с заданной автокорреляционной функцией

Корректировка по обратной связи в алгоритме осуществляется заданное количество итераций, коэффициенты корректируются нормированными приращениями разности значений заданной и фактической АКФ:

$$\tilde{\alpha}(j) = \delta^H \alpha(j) + \alpha(j) \quad (7)$$

где $\alpha(j)$ – текущий коэффициент авторегрессии; $\tilde{\alpha}(j)$ – скорректированный коэффициент авторегрессии; $\delta^H \alpha(j)$ – нормализованное отклонение.

При генерировании временных рядов данных немалую роль играет объем выборки, качество генерирования псевдослучайных чисел (что является проблемой и постоянно совершенствуется в современной криптографии) и другие условия. Для реализации белого шума использовался генератор псевдослучайных чисел открытой кроссплатформенной библиотеки Alglib с нормальным распределением, основанный на комбинированном линейном конгруэнтном генераторе Пьера Л'Экайера [5].

При использовании данного метода генерирования, легко реализуется выполнение условия воспроизводимости АКФ (4) на интервале $4 \cdot \theta_s$ и более. Однако, экспериментально выяснилось, что дальнейшая подстройка не влияет на условие воспроизводимости (1).

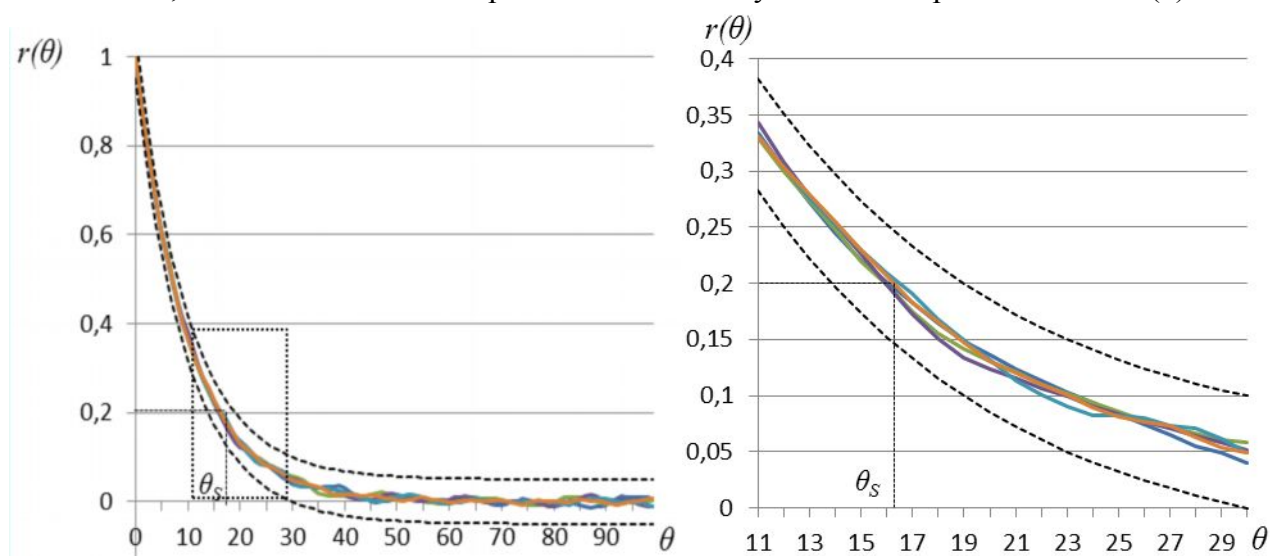


Рисунок 5 – Автокорреляционные функции сгенерированных с помощью авторегрессионной модели с подстройкой возмущений

Средневыборочные отклонения $|q_j^H - q_i^H|$ при этом достигают значения 0,027, следовательно, при соблюдении условия воспроизводимости АКФ (3) выполняется условие воспроизводимости критерия качества (1) (рисунки 6–7).

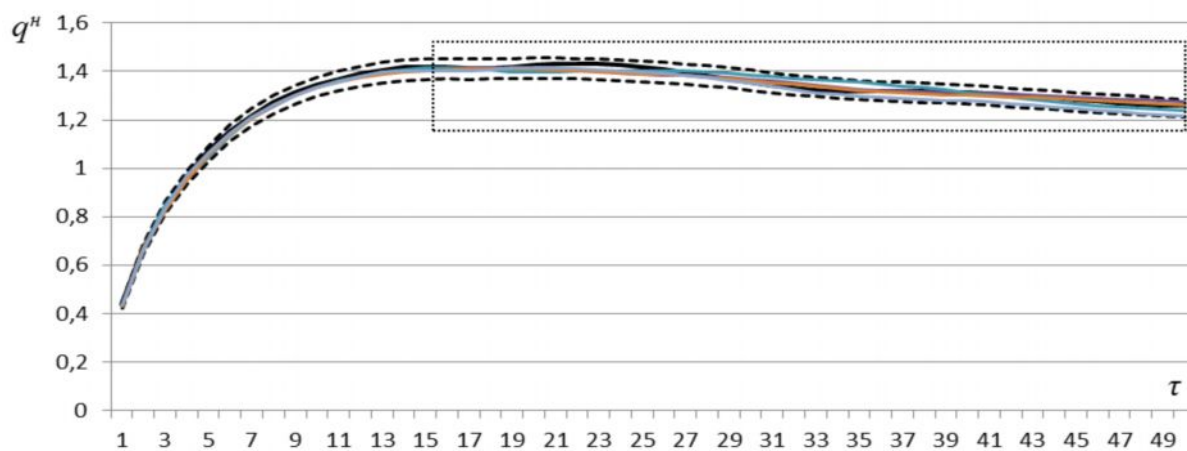


Рисунок 6 – Критерии качества регулирования САР для значений τ в диапазоне 0÷50 с

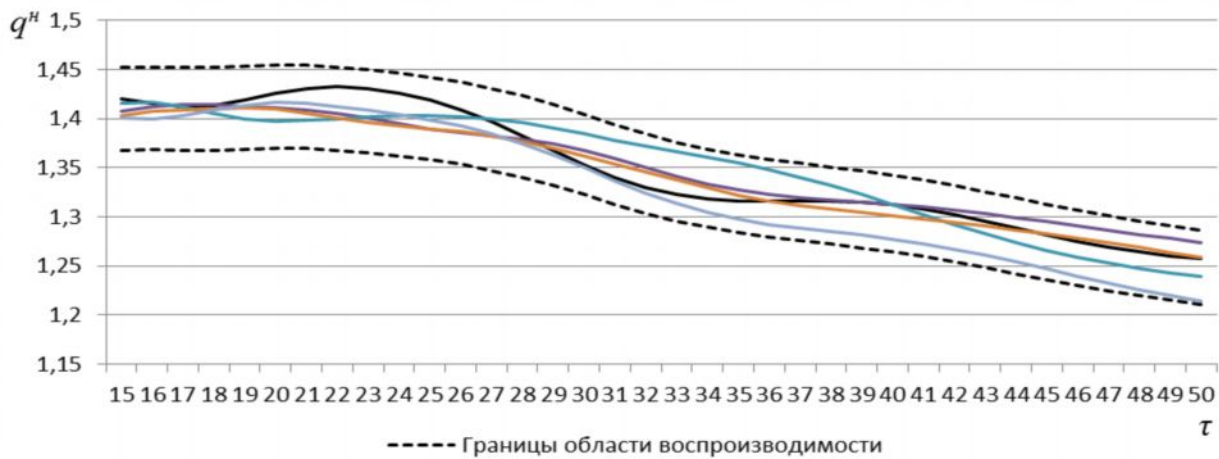


Рисунок 7 – Критерии качества регулирования САР для значений τ в диапазоне $15 \div 50$ с

При этом для задания дисперсии возмущений в алгоритме применялась схема, представленная на рисунке 8:

$$X_{\text{вых}}(i) = \frac{\sigma^2}{\sigma_3^2} \cdot X(i) \quad (8)$$

где σ_3^2 – заданная дисперсия; σ^2 – дисперсия сигнала; $X_{\text{вх}}$ – входной сигнал; $X_{\text{вых}}$ – выходной сигнал.

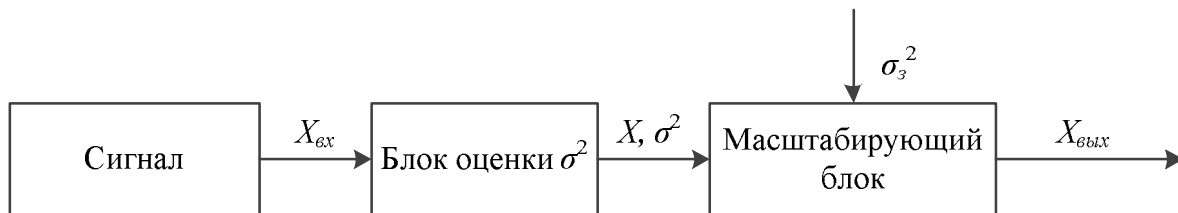


Рисунок 4 – Схема масштабирования сигнала

Для реализации данного алгоритма был создан программный модуль, интегрированный в информационный моделирующий комплекс.

К недостаткам данного метода можно отнести существенное время генерирования по сравнению с другими, в зависимости от условий – от нескольких секунд, до нескольких десятков, в связи с необходимостью оценивать характеристики больших объемов данных на каждой заданной итерации.

Библиографический список

1. Карташов В. Я., Цифровое моделирование стационарных случайных процессов с заданной корреляционной функцией на основе непрерывных дробей / Управление большими системами: сборник трудов, г. Москва, 2010 г. – С.49–91.
2. Моделирование случайных процессов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие под ред. Иванникова Д. А. и др. – Нижний Новгород, 2001.
3. Макаров Г. В., Моделирование контролируемых и приведенных к выходу возмущений для исследования систем регулирования / Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», г. Новокузнецк, СибГИУ, 2011г. – С.310–313.
4. Ротач В.Я., Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В. Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
5. Pierre L'Ecuyer., “Efficient and Portable Combined Random Number Generators” Communications of the ACM / Volume 31 Issue 6, June 1988 – p. 742–751.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Добрынин С.А., Фирсов Г.И.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
г. Москва

В задачах диагностики и управления динамическими объектами часто возникает проблема предсказания будущих значений случайного процесса [1–3]. Одним из способов решения этой задачи является пропускание прошлых значений случайного процесса $x(t)$ через линейный фильтр, синтезированный по методу Винера-Колмогорова [4]. При этом эффективность прогнозирования случайного стационарного процесса определяется импульсной характеристикой $g_1(t)$ линейной системы, пропуская через которую белый шум, можно получить рассматриваемый процесс. Ниже на трех примерах рассматривается взаимосвязь формы спектра случайного процесса и эффективности его прогнозирования.

Рассмотрим, например, спектральные плотности процессов, описываемые выражениями $G_n(\omega) = a^{2n}/(a^2 + \omega^2)^n$, где n изменяется от 1 до 6. Подобные спектры характерны, например, для колебаний тела человека при поддержании вертикальной позы, для огибающих узкополосных процессов и т. п. Очевидно, что чем больше степень n , тем круче спадает спектральная плотность рассматриваемых процессов.

Так как $G_n(\omega)$ является четной положительной функцией от ω : $G_n(\omega) = G_n(-\omega)$, то ее можно представить в виде произведения двух комплексно сопряженных функций

$$G_n(\omega) = G_n^+(j\omega)G_n^-(j\omega),$$

где функция $G_n^+(j\omega)$ имеет n -кратный полюс в левой полуплоскости комплексного переменного $p = j\omega$ в точке $p_0 = -a$, а функция $G_n^-(j\omega)$ – в правой полуплоскости. Подобное представление функции называется факторизацией. В данном случае $G_n^+(j\omega) = a^n/(a + j\omega)^n$. Импульсная характеристика данной системы получается с помощью обратного преобразования Фурье $g_n(t) = \frac{a^n}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$. Максимум функции $g_n(t)$ наблюдается при значениях $t_n = (n-1)/a$, т.е. смещается вправо по мере увеличения степени n ; соответствующим образом ведут себя переходные характеристики системы, достигая 90 % от своего максимального значения тем быстрее, чем меньше показатель n .

Ошибку предсказания можно охарактеризовать ее относительной мощностью $\eta(t)$, т.е. отношением площадей под кривой $g_n(t)$ на участках времени $0 \leq t \leq \tau$ и $0 \leq t \leq \infty$, где τ – время прогноза.

Анализ графиков $\eta(t)$ рассматриваемых процессов, выполненный совместно с Я.М. Зархом, показал, что чем выше степень n и чем медленнее нарастает импульсная характеристика $g_n(t)$, тем эффективнее прогнозирование. В частности, при значениях n , равных 1 – 6, максимально допустимые времена прогнозов при условии, чтобы мощность ошибки прогноза не превышала 10 % мощности исходного процесса, составляют $0,06a^{-1}$; $0,6a^{-1}$; $1,23a^{-1}$; $2a^{-1}$; $2,74a^{-1}$; $3,53a^{-1}$. Отсюда следует, что, начиная с $n = 2$, максимально допустимое время прогноза увеличивается пропорционально степени n . Таким образом, чем круче спадает спектральная плотность процесса, тем эффективнее его прогнозирование.

Аналогичные результаты имеют место при анализе процессов, полученных при пропускании белого шума через семейство фильтров Баттлерворта [5], порядок которых, определяющий крутизну спада частотной характеристики, изменялся от 2 до 12 при условии постоянства частоты среза ω_c . При этом увеличение порядка фильтра на 2 увеличивает макси-

мально допустимое время прогнозирования на величину порядка $0,2/\omega_c$, т. е. эффективность прогнозирования практически пропорциональна порядку фильтра (крутизне спада частотной характеристики).

Анализ случайных процессов, полученных при пропускании белого шума через фильтры Баттерворта с разными полосами пропускания, показывает, что чем меньше частота среза фильтра, тем медленнее протекает переходный процесс и больше задержка во времени, вызываемая фильтрацией. Аналогично изменяется и эффективность прогнозирования процессов, сформированных этими фильтрами: чем меньше ширина спектра случайного стационарного процесса, тем эффективнее его прогнозирование.

Таким образом, эффективность прогнозирования процессов определяется крутизной спада и шириной его спектра. Причем это верно не только для низкочастотных, но и для узкополосных процессов, если вместо самих процессов рассматривать их огибающие.

Линейная оптимальная фильтрация позволяет не только получить прогноз будущих значений случайного стационарного процесса, но и выделить полезную и шумовую компоненты из смеси сигналов. В частности, для получения сигнала с более равномерным спектром («отбеливание» спектра) необходимо из исходного процесса вычесть его прогноз.

Ниже рассмотрена эффективность такой операции на примере процессов, получаемых при смешивании низкочастотного сигнала, спектральная плотность которого описывается выражением вида $G(\omega) = A(a^2 + \omega^2)^{-3}$, с широкополосным шумом с равномерно распределенной спектральной плотностью. Далее смесь сигнала и шума пропускалась через фильтры Баттерворта 4-го порядка с разными частотами среза. Эти частоты выбирались равными $2a, 4a, 8a, 16a, 32a$. Значение a взято в качестве масштабирующего множителя, поскольку $p_0 = -a$ является трехкратным полюсом передаточной функции исходного сигнала на комплексной плоскости.

Структура алгоритма, осуществляющего операцию выравнивания спектра процесса $x(t)$, показана на рисунке 1, где $x(t)$ – исходный процесс, представляющий собой смесь сигнала и шума; $g_\Phi(t)$ – импульсная функция низкочастотного фильтра Баттерворта, позволяющего выделить сигнал и часть шумового процесса в полосе частот $0 - \omega_c$; $x'(t - \tau_0)$ – процесс на выходе ФНЧ, очевидно, что этот процесс наблюдается с некоторой задержкой τ_0 , определяемой порядком и полосой пропускания ФНЧ; $g_n(\tau_0, t)$ – импульсная функция прогнозирующего фильтра, позволяющего компенсировать задержку; $\hat{x}'(t)$ – процесс на выходе прогнозирующего фильтра, представляющий оценку текущего значения процесса $x'(t)$; $y(t)$ – результирующий случайный процесс с равномерным спектром.

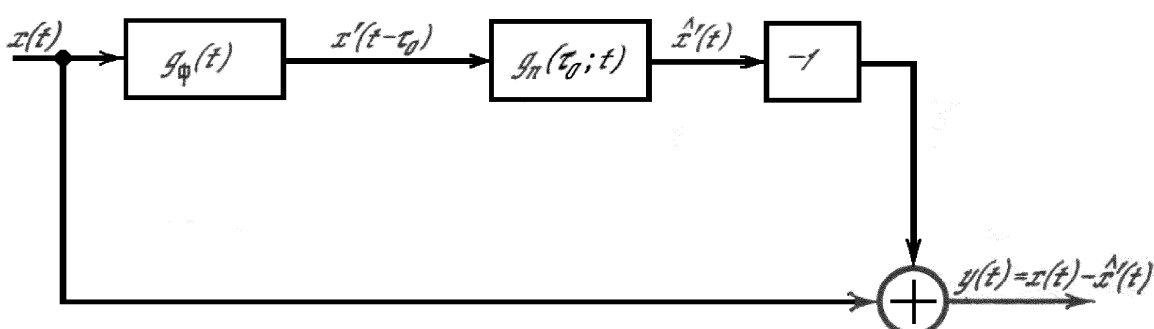


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема системы для выравнивания спектра сигнала

Анализ спектров рассматриваемых процессов $x'(t)$ на выходе ФНЧ показывает, что влияние исходного сигнала проявляется в полосе частот $\omega = 0 - 2a$, поэтому в дальнейшем в качестве сигнала рассматривался процесс на выходе фильтра с минимальной полосой пропускания, частота среза которого $\omega_c = 2a$. При этом период максимальной частоты сигнала будет равен $1/2a$.

Если принять мощность процесса $x'(t)$ на выходе фильтра с минимальной полосой пропускания за единицу, то мощности остальных процессов будут равны 1,18; 1,56; 2,32; 3,85, а отношение сигнал/шум составит 5,5; 2,78; 0,76; 0,35.

Корреляционные функции процесса $x'(t)$ при малых значениях сдвига τ сначала резко спадают, затем, начиная с $\tau = 1/4a$, практически совпадают с корреляционной функцией сигнала. Выброс в начальной части корреляционной функции обусловлен влиянием шумовой части процессов, и он тем больше, чем меньше отношение сигнал/шум.

Учитывая, что импульсная характеристика прогнозирующего фильтра связана с импульсной характеристикой системы, соответствующей процессу $x'(t)$, прогнозирующий фильтр позволяет воспроизвести все характерные особенности исходного процесса, если они проявляются на импульсной характеристике системы, соответствующей исходному процессу, в интервале времени прогноза t_n . При значении $t_n = 1/16a$ энергетический спектр результирующего сигнала практически равномерен во всей рассматриваемой полосе частот и его максимальное значение не превышает 12 дБ. Это свидетельствует о том, что импульсная функция прогнозирующего фильтра сохраняет характерный всплеск в начальной своей части и благодаря этому прогнозирующий фильтр хорошо воспроизводит весь спектр исходного сигнала. Аналогичные результаты получаются при времени прогноза, равном $1/8a$: спектральная плотность результирующего сигнала равномерна и ее максимум не превышает 5 дБ. При значении времени прогноза, большем $3/16a$, импульсные характеристики прогнозирующего фильтра не имеют характерного всплеска в начальной своей части, а спектры результирующих процессов имеют примерно такой же вид, как спектры исходного процесса на частотах $\omega > 2a$.

Исследование кривых, характеризующих отношения мощности ошибки прогноза и мощности исходного процесса m в полосе частот $0 \leq \omega \leq 2a$ в зависимости от времени прогноза для всех рассматриваемых процессов $x'(t)$ показывает, что для уменьшения мощности процессов только в низкочастотной области спектра $0 \leq \omega \leq 2a$ допустимы значительно большие времена запаздывания, чем в случае, если стремятся уменьшить общую мощность наблюдаемых процессов.

В качестве иллюстрации на рисунке 2 показана зависимость максимально допустимого прогноза (кривая 1), обеспечивающего уменьшение общей мощности исходного процесса не менее чем в 10 раз, от отношения мощности шумовой части исходного процесса к мощности сигнала (отношение, обратное отношению сигнал/шум). Здесь же приведена аналогичная зависимость допустимого прогноза (кривая 2), обеспечивающего выравнивание спектра, т. е. условия, чтобы нигде в полосе частот $0 \leq \omega \leq 2a$ спектральная плотность результирующего процесса не превосходила спектральной плотности шумовой части исходного процесса. На рисунке для сравнения показано изменение времени запаздывания (кривая 3), вызываемого пропусканием смеси сигнала и шума через фильтр низкой частоты.

Очевидно, что независимо от шумовой части спектра исходного процесса допустимый прогноз всегда существенно превышает время запаздывания, обусловленное предварительной фильтрацией. Таким образом, если спектральная плотность случайного процесса существенно превышает общий уровень в начальной части спектра, то ее можно уменьшить до общего уровня с помощью оптимальной фильтрации.

Рассмотрим случай выделения полезного сигнала $y(t)$ из аддитивной смеси с шумом $\xi(t)$: $x(t) = y(t) + \xi(t)$. Оценку полезного сигнала $y(t + \tau)$ в момент времени $t + \tau$ можно получить по наблюдаемой реализации случайного стационарного сигнала $x(t)$, если его пропустить через линейный фильтр, структура и параметры которого определяются по методу, изложенному, например, в работе [4].

Ниже на примере рассмотренных ранее процессов оценивается эффективность прогнозирования сигнала в зависимости от мощности шума. Причем в качестве сигнала принимается процесс, полученный на выходе фильтра с минимальной полосой пропускания $\omega_c = 2a$.

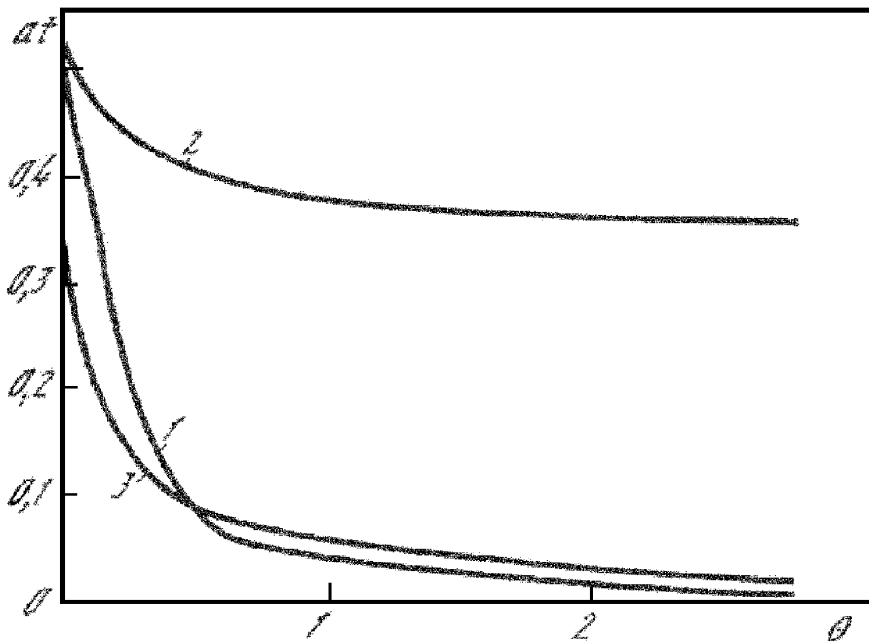


Рисунок 2 – Влияние относительной мощности шума (θ – мощность шума/мощность сигнала) на эффективность прогнозирования

Эффективность прогнозирования оценивалась по энергетическому спектру результирующего процесса $u(t) = x(t) - \hat{y}(t)$, где $\hat{y}(t)$ – оценка значения сигнала в момент времени t . Оценка эффективности прогнозирования проводилась в полосе частот $0 \leq \omega \leq 2a$, занимаемой сигналом.

В качестве иллюстрации на рисунке 3 показана импульсная характеристика $g_2(t)$ для исходного процесса, выделенного фильтром Баттерворта с частотой среза $\omega_c = 8a$. Эта функция сначала монотонно возрастает и при значении $t \approx 1/2a$ достигает максимума, далее медленно спадает до нуля. Были построены энергетические спектры исходного процесса, а также результирующих процессов для разных времен прогнозирования, анализ которых показал, что прогнозирование сигнала для времен прогноза $t_n \approx 1/8a$ настолько эффективно, что в спектре результирующего процесса появляется провал в диапазоне частот $\omega = 0 - 2a$. В то же время шумовая часть исходного и результирующего процессов практически совпадают. Это свидетельствует о том, что прогнозирующий фильтр действует строго избирательно и оказывает влияние на результирующий процесс только в полосе расположения сигнала в отличие от сглаживающего фильтра. При дальнейшем увеличении времени прогноза действие сглаживающего и прогнозирующего фильтров близки друг к другу и при $t_n \geq 3/8a$ практически совпадают. Для других исходных процессов действие прогнозирующего фильтра имеет аналогичный характер. Эффективность воздействия сглаживающего и прогнозирующего фильтров в полосе частот $\omega = 0 - 2a$ практически одинакова. По мере увеличения мощности шума эффективность прогнозирования уменьшается, но даже при малых значениях отношения сигнал/шум допустимый прогноз существенно превышает время запаздывания, вызываемое фильтрацией.

В целом можно сделать вывод, что линейная оптимальная фильтрация обеспечивает возможность уменьшения уровня низкочастотного сигнала, существенно превышающего общий уровень шумового фона. При этом необходимо осуществить следующие операции: а) выделить сигнал и часть шума с помощью фильтра низкой частоты (ФНЧ), причем частота среза ФНЧ ω_c может существенно превышать максимальную частоту сигнала ω_{\max} (в рассмотренных примерах отношение ω_c/ω_{\max} изменялось от 1 до 16); б) построить линейные модели выделенного процесса и сигнала; в) осуществить прогнозирование на основе линейных моделей и вычесть из исходного процесса его прогноз.

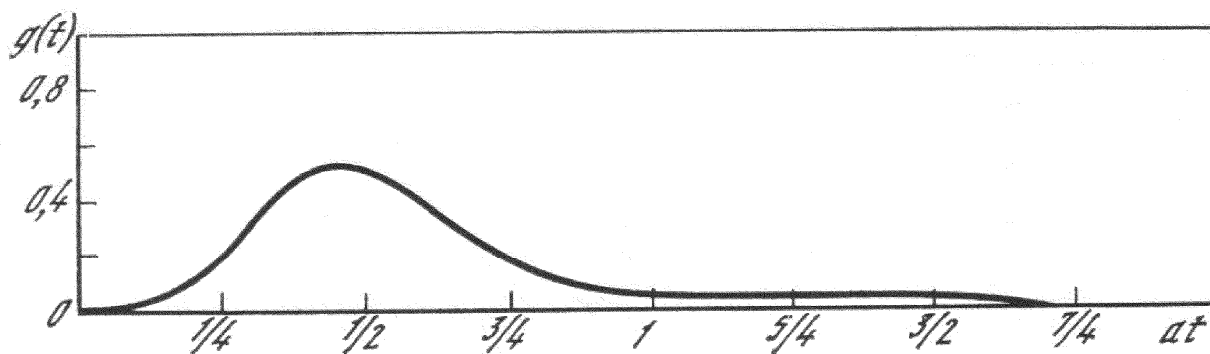


Рисунок 3 – Импульсная функция прогнозирующего фильтра Винера

Очевидно, что эффективность прогнозирования случайных стационарных процессов определяется формой спектральной линии процесса или импульсной характеристикой $g(t)$, соответствующей процессу линейной системы. Следует отметить, что все оценки получены в предположении, что нам точно известна импульсная характеристика соответствующей процессу линейной системы. Если это не так, то к ошибке прогноза добавится ошибка, зависящая от точности построения импульсной функции $g(t)$ и пропорциональная величине $\int_{\tau}^{\infty} [g(t) - \hat{g}(t)]^2 dt$, где τ_0 – значение упреждения, $\hat{g}(t)$ – оценка импульсной функции $g(t)$.

Полученные результаты справедливы не только для непрерывных процессов, но и для временных рядов. Причем в дискретном случае для прогнозирования можно использовать разностные модели, представленные в любой форме, поскольку все три представления в виде АР, СС и АРСС-моделей эквивалентны [6–9].

Библиографический список

1. Кирюхин А.В., Тихонов В.А., Чистяков А.Г., Яблонский В.В. Активная виброзащита – назначение, принципы, состояние // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2011. – № 2. – С. 108–111; 2011 - № 3. – С. 63–69; 2012. – № 2. – С. 56–59.
2. Palit A.K., Popovic D. Computational Intelligence in Time Series Forecasting. Theory and Engineering Applications. – London: Springer, 2005. – 382 p.
3. Montgomery D.C., Jennings C.L., Kulachi M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. – 469 p.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Том. 1. – М.: Сов. Радио, 1974. – 552 с.
5. Зарх Я.М. Возможности использования прогнозирования вибрационных процессов для повышения эффективности активных виброзащитных устройств // Колебания и виброакустическая активность машин и конструкций. – М.: Наука, 1986. – С. 43–50.
6. Добрынин С.А., Фельдман М.С., Фирсов Г.И. Методы автоматизированного анализа вибрации машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 221 с.
7. Фирсов Г.И. Особенности применения параметрического спектрального анализа при исследовании колебаний машин // Динамика станочных систем гибких автоматизированных производств. – Тольятти: ТПИ, 1988. – С. 246–247.
8. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
9. Клевцов С.И. Особенности выбора параметров настройки модели сглаживающего временного ряда для осуществления краткосрочного прогнозирования изменения физической величины // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – №5(118). – С. 133–138.

ПЕРЕБОРНЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ ВОДОВОДЯНОГО РЕАКТОРА (ВВЭР)

Гусев С.С.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
г. Москва*

Объект исследования представляет собой модель кассеты (тепловыделяющей сборки – ТВС) ядерной энергетической установки: водо-водяного реактора ВВЭР-440 или ВВЭР-1000. Исследуемые модели отличались от натуральных кассет уменьшенным размером поперечного сечения и, соответственно, уменьшенным количеством имитаторов тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ). Имитаторы ТВЭЛов представляли собой трубки диаметром 9,1 мм (как и у натуральных ТВЭЛов), а энерговыделение в модели кассеты на уровне 500 – 1000 кВт обеспечивалось за счет пропуска электрического тока. В нашем анализе использовались результаты исследований на моделях ТВС, состоящих из 7-ми имитаторов ТВЭЛов*. Модель ТВС располагалась в корпусе канала, имитирующем собой корпус натурной установки, приведенной на рисунке 1.

Исследования проводились на экспериментальном стенде высокого давления (до 20 МПа). Главным критерием таких исследований является обоснование надежного отвода тепла из активной зоны (АЗ) или, соответственно, предельно допустимые тепловые потоки, при которых нарушается процесс теплосъема, который принято характеризовать как наступление кризиса теплосъема. Известно, что при повышении тепловых потоков наступает момент, когда за счет интенсивного кипения жидкость оттесняется от стенки и наблюдается резкий рост температуры стенки вплоть до разрушения имитатора.

С использованием полученных данных по подводимой мощности, расходу теплоносителя, температуре теплоносителя на входе, обогреваемой поверхности и площади проходного сечения модели ТВС авторами работы определялись основные параметры в исследованных режимах: тепловые потоки – $Q_{кр}$ (при наступлении кризиса теплообмена), расстояние от решетки – Z , массовые скорости – W , массовое паросодержание в месте кризиса – X и давление – P . Эти параметры и были использованы нами при обобщении результатов и использованием предложенного подхода.

Следует отметить, что в работе, проведенной авторами в 70-х годах, также выполнено обобщение результатов исследований в виде некоторой весьма простой степенной функции с оптимизацией 5-ти коэффициентов. По данному массиву (560 значений критического теплового потока – КТП) среднеквадратичная погрешность составила около 13 %. Таким образом, полученные в данной работе результаты привели к весьма существенному снижению погрешности описания данных. Этот факт имеет принципиально важное значение с точки зрения обоснования возможного повышения рабочих параметров установки. Это связано с тем, что использование вероятностных подходов (2σ , 3σ) накладывает ограничение на максимально допустимую мощность установки. Снижение погрешности позволяет обосновать безопасность установок при ее работе на более высокой мощности.

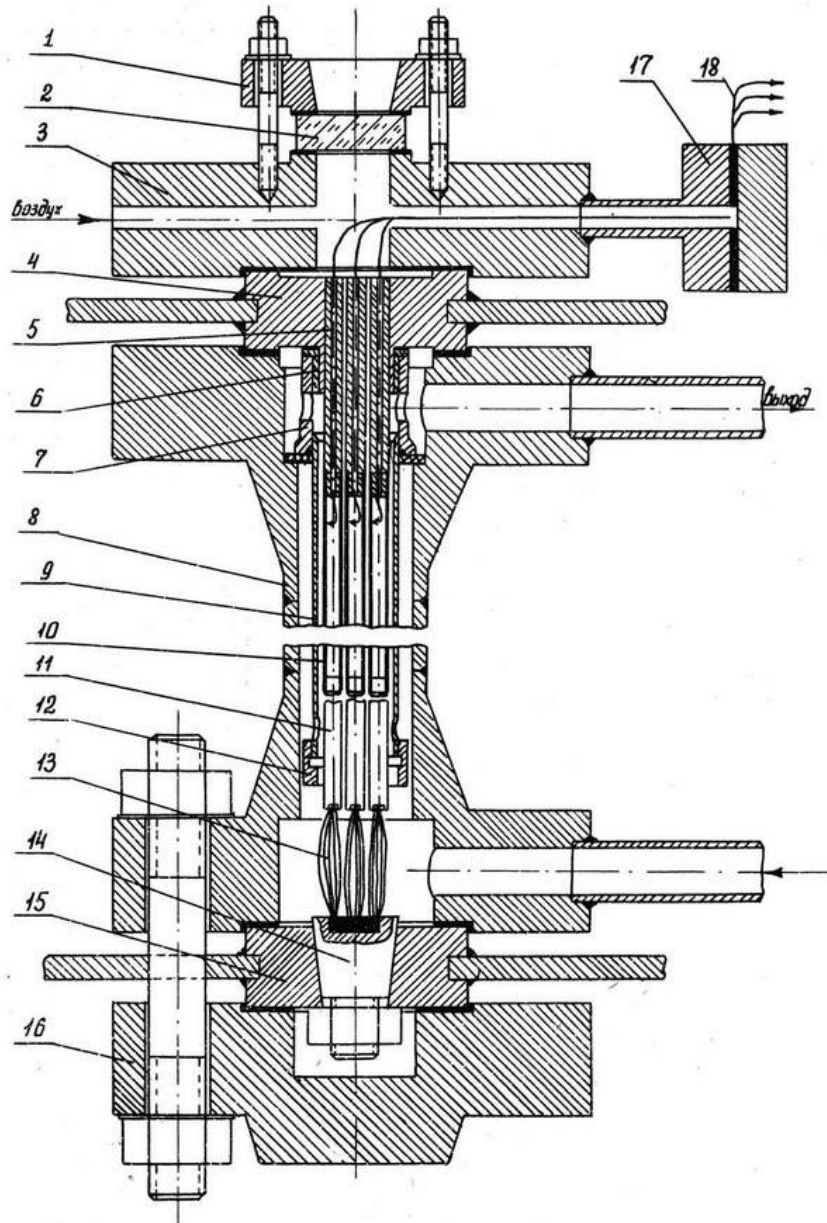
Постановка задачи

Рассмотрим алгоритм идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта. Будем рассматривать динамический объект вида

* Безруков Ю.А. Экспериментальные исследования и статистический анализ данных по кризису теплообмена в пучках стержней для реакторов ВВЭР / Ю.А. Безруков [и др.] // Теплоэнергетика. – 1976. – № 2. – С. 80 – 82.

$$Q(t) = \sum_{i=1}^m h_i Q(t-i) + \sum_{i=1}^a h_i P(t-i) + \sum_{i=1}^b h_{a+i} W(t-i) + \sum_{i=1}^c h_{a+b+i} Z(t-i) + \sum_{i=1}^d h_{a+b+c+i} X(t-i) \quad (1)$$

где $Q(t)$ – скалярный выход объекта (тепловой поток) в момент времени t ; $P(t)$ – давление; $W(t)$ – (скорость тепломассобмена), $Z(t)$ – (расстояние от решетки); $X(t)$ – (баланс паросодержания) – входные переменные объекта в момент времени t ; h_i – постоянные (не зависящие от времени) параметры динамического объекта; n – глубина памяти по входу; m – глубина памяти по выходу.



- 1 – фланец для уплотнения смотрового стекла; 2 – смотровое стекло для визуальной фиксации кризиса; 3 – верхняя крышка корпуса; 4 – верхний токоподводящий фланец; 5 – верхние полые токовводы; 6 – установочное кольцо; 7 – центрирующий стакан; 8 – корпус высокого давления; 9 – шестигранный канал; 10 – трубки пучка; 11 – нижние сплошные токовводы; 12 – фиксирующее кольцо; 13 – гибкие пластины; 14 – контактный конус; 15 – нижний токоподводящий фланец; 16 – нижняя крышка корпуса; 17 – фланец без вывода термопар; 18 – термопары для фиксации кризиса

Рисунок 1 – Корпус канала ТВС, имитирующей корпус натурной установки

Дополнительно об объекте (1) известно, что параметры h , принадлежат априорно известной области H , то есть

$$h \in H. \quad (2)$$

Будем предполагать, что модель, соответствующая объекту (1), имеет ту же структуру

$$Q^*(t) = \sum_{i=1}^m k_i Q(t-i) + \sum_{i=1}^a k_i P(t-i) + \sum_{i=1}^b k_{a+i} W(t-i) + \sum_{i=1}^c k_{a+b+i} Z(t-i) + \sum_{i=1}^d k_{a+b+c+i} X(t-i). \quad (3)$$

где k_i есть оценки параметров объекта h_i , и параметры модели должны удовлетворять тем же ограничениям (2), что и неизвестные параметры объекта. Для конкретной физической модели параметры структуры (3) были равны $a=b=c=d=m=3$. То есть модель для прогноза теплового потока на один такт вперед имела вид

$$Q^*(t) = \sum_{i=1}^{15} k_i Q(t-i) + \sum_{i=1}^3 k_i P(t-i) + \sum_{i=4}^6 k_{a+i} W(t-i) + \sum_{i=7}^9 k_{a+b+i} Z(t-i) + \sum_{i=10}^{12} k_{a+b+c+i} X(t-i). \quad (4)$$

На рисунке 2 представлен динамический объект с входными переменными $P(t)$, $W(t)$, $Z(t)$, $X(t)$ и выходной переменной $Q(t)$.

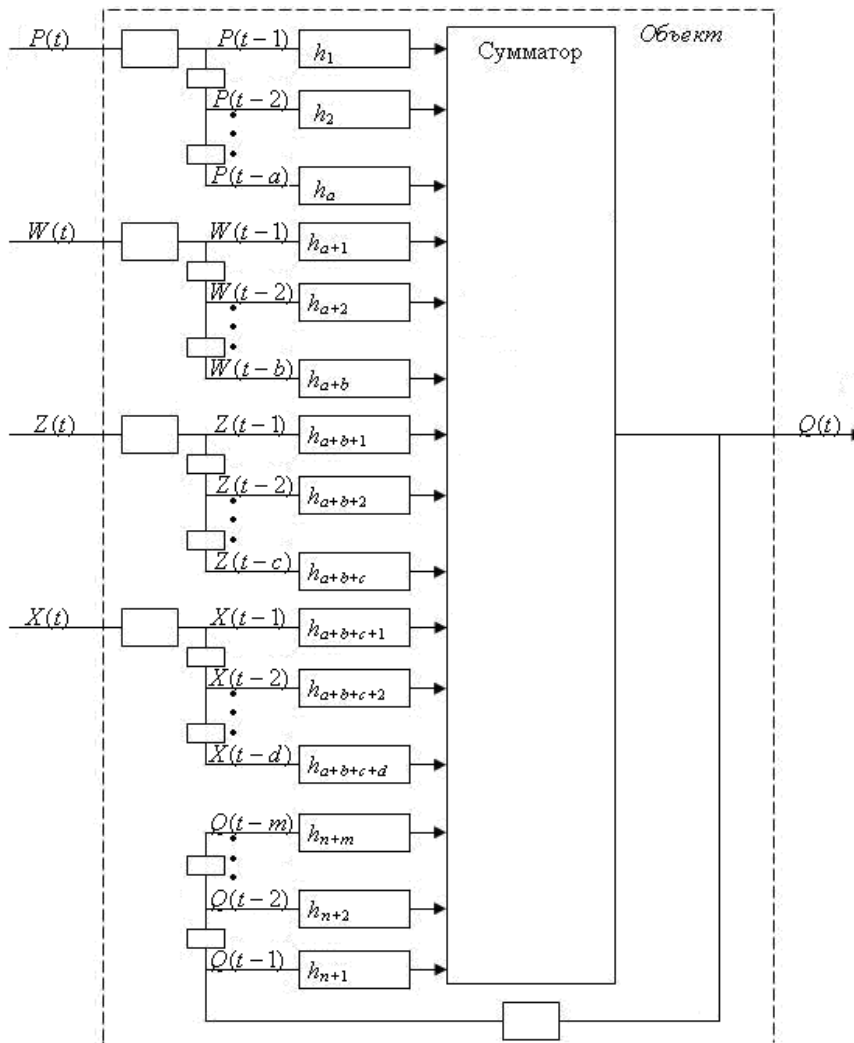


Рисунок 2 – Динамический объект с входными переменными $P(t)$, $W(t)$, $Z(t)$, $X(t)$ и выходной переменной $Q(t)$

Ниже анализируется точность модели (4). По экспериментальным данным, содержащим 565 опытов, методом МНК была построена динамическая модель вида (4) с параметрами, представленными в таблице 1. Коэффициент корреляции между прогнозом теплового потока на один такт вперед и его фактическим значением для модели с параметрами из таблицы 1 равен 0,932, что соответствует среднеквадратической ошибке (СКО) прогноза 206.

Таблица 1 – Параметры МНК-модели

Коэффициент	Оценка	СКО
K1	0,7136	0,0707
K2	0,0833	0,1044
K3	0,0598	0,0863
K4	-694	415
K5	371	637
K6	202	513
K7	-1407	1829
K8	511	2576
K9	2475	1851
K10	-0,0013	0,0433
K11	-0,0083	0,0542
K12	0,012	0,0399
K13	-0,3529	1,3941
K14	-0,3303	1,8379
K15	0,5558	1,3064

Достаточно представительная выборка (565 опытов) и высокий множественный коэффициент корреляции ($R=0,932$) с высокой степенью вероятности предопределяют, что истинные параметры объекта лежат в области ± 3 СКО около средних МНК-оценок параметров из таблицы 1.

Целью работы является, среди всех проведенных экспериментов (более 500) найти те, которые в наибольшей степени отвечают за ошибки оценок, и повысить точность модели (и соответственно прогноза), используя условие (2) об априорно известной области существования параметров объекта.

3. Алгоритм идентификации

Первоначальные исходные данные, полученные с экспериментальной установки, имеют вид, показанный в таблице 2.

Таблица 2 – Блок исходных данных

t	$P(t)$	$W(t)$	$Z(t)$	$X(t)$	$Q(t)$
1	122	2370	0,170	0,279	856
2	122	2390	0,170	0,268	876
3	122	2400	0,170	0,256	913
...
567	163	2000	0,240	-0,299	3050
568	163	2010	0,240	-0,317	3020
569	161	2040	0,240	-0,336	2830

Для дальнейшей обработки эти данные в соответствии со структурой динамического объекта (1) должны быть преобразованы в вид, показанный в таблице 3 – в блок преобразованных исходных данных. Принципиальное значение такого преобразования состоит в том, что выход объекта $Q(t)$ в произвольной строке блока данных зависит только от переменных в этой же строке. Таким свойством не обладает блок данных в таблице 2.

Таблица 3 – Блок преобразованных исходных данных

t	$P(t-3)$	$P(t-2)$	$P(t-1)$	$W(t-3)$	$W(t-2)$	$W(t-1)$	$Z(t-3)$	$Z(t-2)$	$Z(t-1)$	$X(t-3)$	$X(t-2)$	$X(t-1)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$	$Q(t)$
4	122	122	122	2370	2390	2400	0,170	0,170	0,170	0,268	0,256	0,248	876	913	947	996
5	122	122	123	2390	2400	2410	0,170	0,170	0,170	0,256	0,248	0,243	913	947	996	1030
6	122	123	123	2400	2410	2430	0,170	0,170	0,170	0,248	0,243	0,241	947	996	1030	955
...
563	120	120	120	4040	4030	4010	0,240	0,240	0,240	-0,051	-0,053	-0,052	3120	3030	3030	3050
564	120	120	120	4030	4010	4000	0,240	0,240	0,240	-0,053	-0,052	-0,299	3030	3030	3050	3020
565	120	120	163	4010	4000	2000	0,240	0,240	0,240	-0,052	-0,299	-0,317	3030	3050	3020	2080

Структура блока преобразованных исходных данных позволяет использовать для получения оценок параметров модели (4) произвольный набор строк из таблицы 3. Это свойство будет использовано для перехода в пространство оценок параметров.

Для перехода в пространство оценок параметров используется следующая процедура. Из общего блока исходных данных (таблица 3) выбирается текущий блок, содержащий m строк. Текущий блок обрабатывается с помощью метода наименьших квадратов, а результаты обработки заносятся в таблицу 4. Кроме оценок параметров, которые помещаются в столбцы 7–10, в столбцы 2–6 таблицы 4 заносятся и номера строк блока исходных данных (таблица 3), которые были использованы для их вычисления. В столбец 11 вносится ошибка оценки параметра $k1$, которая вычисляется следующим образом

$$\Delta(i) = |k1(i) - k1_{mnk}|. \quad (5)$$

где $k1(i)$ – оценка $k1$ параметра модели (4) с помощью i -го текущего блока; $k1_{mnk}$ – оценка $k1$ параметра модели (4) из таблицы 1 (средняя по всем данным). Если ошибка (5) превышает заранее заданный предел (как правило, 3 СКО для данного параметра), то в 12 столбце таблицы 4 ставится 1, что свидетельствует о том, что строки из i -го текущего блока участвовали в формировании большой ошибки оценки.

Такая процедура вычислений выполняется для всех $(565-m)$ текущих блоков. В результате формируется таблица 4.

Таблица 4 – Полный блок промежуточных оценок

Номер текущего блока	Номера строк исходного блока данных					Текущие оценки параметров				Ошибка оценки $k1$
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N	n1	n2	n3	...	n20	k1	k2	...	k15	Δ
1	4	5	6	...	23					
2	5	6	7	...	24					
3	6	7	8	...	25					
...
i	$n1(i)$	$n2(i)$	$n3(i)$...	$n20(i)$	$k1(i)$	$k2(i)$		$k15(i)$	
...
544	542	543	544	...	561					
545	543	544	545	...	562					

Наша следующая задача будет состоять в том, чтобы разработать алгоритм, позволяющий найти, каким конкретно экспериментам в блоке данных (таблица 3) соответствуют большие ошибки оценок. Плохим экспериментом будем называть эксперимент, при исполь-

зовании которого в текущем блоке оценки сильно отличаются от номинальных (из таблицы 1). Проблема состоит в том, что в каждый текущий блок входит много строк исходных данных (экспериментов). А какой конкретно эксперимент приводит к большим ошибкам заранее не известно. Рассмотрим алгоритм, позволяющий решить эту задачу.

Выберем из таблицы 4 только строки, соответствующие большим ошибкам, и по номерам строк, попавших в столбцы 2–6, построим функцию частоты номеров строк, участвовавших в вычислении плохих ошибок. График этой функции показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Функция распределения «плохих» строк

Как видно из рисунка 3, есть несколько областей, в которых резкие отклонения оценок появляются особенно часто. Одна область 101–141, вторая – 378-425. Именно эксперименты с этими номерами привели к грубым оценкам параметров модели. Исключение из обработки этих строк должно привести к повышению точности модели.

4. Заключение

Множественный коэффициент корреляции для такой модели будет равен $R=0,932$. СКО прогноза от истинных значений с вырезанными «плохими» строками критического потока составляет 206, то есть значения СКО и R не изменились.

МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Власенко А.Е., Жилина Н.М., Чеченин Г.И.

*Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей,
Кустовой медицинский информационно-аналитический центр,
г. Новокузнецк*

Актуальность. В современных условиях развития мирового сообщества важнейшим фактором существования и воспроизводства человеческого капитала становится здоровье нации. Здравоохранение в этой связи приобретает особую значимость, поскольку оно направлено на восстановление, охрану и поддержку физического, психического и социального благосостояния людей.

Литературные данные говорят о том, что одна из реальных возможностей повышения эффективности и качества медицинского обслуживания населения заложена в сфере управления системой здравоохранения [1, 3].

Этап анализа является основной стадией управленческого процесса в здравоохранении. С его помощью выявляются конкретные проблемы, определяются приоритеты, ставятся необходимые задачи для более полного и рационального использования кадровых, финансовых, материально-технических ресурсов.

Анализ информации в здравоохранении имеет ряд особенностей. Во-первых, не всегда существует возможность проведения натурального эксперимента, так как в отличие от клинических исследований, анализ информации в управлении системой здравоохранения представляет собой ретроспективное исследование. Здесь на помощь приходит моделирование – метод исследования, заключающийся в построении и анализе моделей – аналогов исследуемых объектов, имея адекватную модель, можно с ее помощью проанализировать реакции управляемой системы, а затем выбрать и использовать на практике то управляющее воздействие, которое приводит к требуемой реакции [2]. Во-вторых, бурное развитие информационных технологий в системе управления здравоохранением, привело к значительному росту объема информации. Объемы данных настолько внушительны, что человеку просто не по силам проанализировать их самостоятельно, хотя необходимость проведения такого анализа вполне очевидна, ведь в этих данных заключены знания, которые могут быть использованы при принятии решений. Кроме того, информация, которая хранится и анализируется в системе управления здравоохранением, как правило, разнородная (количественные, качественные, текстовые данные). В связи с этим, для построения моделей должны применяться такие методы и алгоритмы, которые способны работать с большими объемами разнородных данных.

Традиционно для анализа информации используют статистические методы обработки информации. Но они имеют ряд существенных недостатков: необходимость заранее формулировать проверяемую гипотезу; направленность главным образом на выявление только статистических линейных связей между анализируемыми переменными, а также классические статистические методы непригодны для обработки разнотипных данных, и зависят от характера распределения данных.

В качестве способа решения этих проблем предлагается технология интеллектуального анализа данных – Data Mining. Отличительной особенностью этой технологии является ориентация на задачи анализа данных очень большого объема, пораженных шумами и проблемами, с признаками, измеренными в разнотипных шкалах, при отсутствии оснований для выдвижения гипотез о законах распределения [5]. Инструменты Data Mining могут самостоятельно находить закономерности в данных и также самостоятельно строить гипотезы о взаимосвязях. В отличие от традиционных методов, методы интеллектуального анализа обнаруживают как линейные, так и сложные нелинейные зависимости. В последнее время многие российские ученые прямо указывают на преимущества использования средств Data Mining применительно к анализу социальных процессов, но до сих пор в нашей стране крайне мало публикаций по этой тематике, исследования с применением этих технологий – единичны.

В Новокузнецке накоплены многолетние персонифицированные базы данных о репродуктивном здоровье, заболеваемости, инвалидизации, смертности населения, а также динамическая информация автоматизированной системы социально-гигиенического мониторинга о состоянии здоровья населения, социальном и экологическом благополучии. Накопленная информация нуждается в полном, профессиональном и современном анализе, что и явилось предметом настоящего исследования. Объектом исследования является состояние здоровья населения крупного промышленного центра Сибири г. Новокузнецка. Предмет исследования – методы интеллектуального анализа Data Mining многолетних персонифицированных баз данных в поддержке управленческих решений в муниципальной системе здравоохранения.

Цель – современный и объективный анализ состояния здоровья населения для выявления и оценки его предотвратимых потерь и повышения качества управления в муниципальной системе охраны здоровья.

Научная новизна исследования:

1. Выбор и применение технологий интеллектуального анализа Data Mining для принятия решений в системе управления муниципальным здравоохранением города, устране-

ние недостатков традиционных методов анализа при работе с разнородными, слабо формализованными данными.

2. Комплексная оценка общественного здоровья населения г. Новокузнецка, включающая в себя анализ показателей репродуктивного здоровья, заболеваемости, инвалидности и смертности населения лет с использованием многолетних электронных баз данных о состоянии здоровья населения.

3. Построение моделей зависимости показателей, характеризующих потери здоровья населения от внешних и внутренних факторов риска и позволяющих определить конкретные группы риска населения, а именно:

– риск развития определённого заболевания, в зависимости от заболеваний, перенесенных человеком ранее на основе *секвенциального анализа*.

– вероятность присвоения человеку первой группы инвалидности от внешних (район проживания) и внутренних (заболевание, пол, возраст) факторов риска на основе *деревьев решений*.

– зависимость причины смерти (заболевания, послужившего причиной смерти) от района проживания человека на основе *поиска ассоциативных правил*.

– риск развития осложнений у новорожденного, в зависимости от состояния здоровья матери, её возраста, вредных привычек и других социально экономических факторов, с помощью *логистической регрессии*.

Методы выполнения работы. Методы и принципы управления сложными социальными системами; классические статистические методы и методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных (Data Mining); методы проверки значимости и адекватности моделей; методы оценки общественного здоровья.

Практическая значимость заключается в возможности использования разработанных моделей непосредственно для определения риска здоровью для конкретного пациента или группы людей, с последующей разработкой профилактических мер. А также, поскольку построенные модели, с определённой точностью, характеризует реальные процессы, анализ построенных моделей позволяет выделить группы риска среди населения. Разработанные на основе такого анализа рекомендации способствуют принятию более обоснованных управленческих решений.

Результаты анализа, описывающие выявленные закономерности в данных, представляются в виде наглядных графиков, диаграмм, SQL запросов, а также в виде конкретных рекомендаций для специалистов муниципального здравоохранения, образования и управления, руководства различных промышленных предприятий.

Разработанный программный модуль, позволяющий рассчитывать риск развития осложнений у новорожденного в зависимости от состояния матери, может использоваться в учреждениях здравоохранения для определения, относится ли конкретная роженица к группе риска еще на этапе беременности, и, либо устранить выявленные факторы риска, либо, если это невозможно, минимизировать их влияние на новорожденного.

Теоретические положения и практические выводы исследования можно широко использовать в учебном процессе, для повышения качества последипломной переподготовки врачей, в проведении производственных практик студентов ВУЗов технических специальностей.

Основные результаты исследования представлены в виде моделей анализа факторов риска и предотвратимых потерь трудового и репродуктивного потенциала по критерию здоровья (на примере г. Новокузнецка) на основе модифицированных методов интеллектуального анализа (Data Mining) по персонифицированным базам данных рождаемости, смертности заболеваемости и инвалидизации городской популяции.

Выявлены факторы риска, оказывающие существенное влияние на вероятность развития некоторого заболевания у человека, а именно цепочек болезней, в которых одно заболевание, способствует возникновению другого. Поиск и выявление причинно-следственных связей, объясняющих то или иное заболевание человека, с позиции перенесенных ранее па-

циентом заболеваний, выполнены с помощью секвенциального анализа.

В ходе анализа смертности населения выявлена статистически значимая дифференциация уровня смертности между отдельными районами города. С помощью поиска ассоциативных правил выявлена зависимость заболевания, послужившего причиной смерти, от района проживания человека.

На основе анализа баз данных о состоянии репродуктивного здоровья в г. Новокузнецке за ряд лет построена модель вероятности развития осложнения у новорожденного в зависимости от состояния матери. Построение модели проводилось с помощью метода логистической регрессии и в качестве факторов риска выступали как социально-гигиенические факторы (возраст, паритет родов и т.д.) так и выявленные у женщины хронические и резвившиеся во время беременности заболевания. Анализировалось как влияние отдельных факторов, так и их совокупное влияние. Построенная модель помогает определить риск развития осложнений у новорожденного, заранее, еще до родов, что является весьма важным моментом, так как недоношенный или страдающий потенциально угрожающим жизни заболеванием новорожденный ребенок находится в неотложной ситуации и требует немедленного проведения диагностических и лечебных мероприятий. Задержка в выявлении проблемы или в предоставлении помощи может быть фатальной. Разработана программная реализация предложенной модели.

Анализ динамики инвалидности населения выявил существенный рост доли инвалидов 1-ой группы в общем числе инвалидов. Первая группа инвалидности самая тяжелая непосредственно как для самого человека, так и для общества в целом, как правило, инвалид первой группы, не только не способен ни к какой профессиональной работе, но и нуждается в постоянной посторонней помощи. Если пациент вовремя обратился к врачу, ему назначено правильно лечение, и пациент полностью соблюдает все назначения врача, в большинстве случаев 1-ой группы инвалидности можно избежать. Если при первичном оформлении инвалидности пациенту сразу ставится 1-ая группа, это говорит о том, что либо он обратился к врачу слишком поздно, либо о том, что пациент обладает низкой комплаентностью (низкой приверженностью пациента лечению). Разработана модель на основе деревьев решений, позволяющая заранее определять таких пациентов (выделять группы риска среди населения) на основе совокупности социально-экономических и медицинских факторов.

Выводы. Для ряда показателей, характеризующих потери репродуктивного и трудового потенциалов от той или иной причины, наметилась положительная тенденция. Статистически значимо снизилась заболеваемость и смертность среди трудоспособного населения г. Новокузнецка: заболеваемость за 2006–2012 гг. снизилась на 42 %, смертность за 2004–2012 гг. на 23 %. Вырос суммарный коэффициент рождаемости, за 2002–2012 гг. прирост показателя составил 10 % [4]. Остается стабильным уровнем инвалидизации трудоспособного населения. Но, несмотря на ряд положительных изменений, стоит отметить и ряд негативных моментов. Снижение потерь от заболеваемости с временной утратой трудоспособности в большей степени объясняется тем, что пациенты стали реже оформлять лист нетрудоспособности, а не снижением заболеваемости непосредственно. Растет доля инвалидов 1 группы в общем числе инвалидов, за 2006–2012 гг. показатель вырос более чем в 2,5 раза. Несмотря на рост суммарного коэффициента рождаемости, его величина еще не достигла даже уровня простого воспроизводства населения.

Результаты исследования позволяют выявить конкретные зоны риска здоровья населения крупного промышленного центра Сибири, отражаются в докладах на городских валлеологических и педагогических советах, коллегиях администрации г. Новокузнецка, сессиях Кузбасского научного центра, представлены в аналитических сборниках «Среда обитания – Здоровье населения», что доказывает их востребованность.

Библиографический список

1. Kleinman A. Concepts and Model for Comparison of Medical Systems as Cultural Systems. *Social Science and Medicine*. 1978, 12, 85–93 1.

2. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
3. Руководство по анализу деятельности учреждений здравоохранения муниципального уровня – М.: ЦНИИОИЗ, 2008. – 97с.
4. Тенденции рождаемости и состояние здоровья матери и ребенка в 2002 – 2011 гг. в г. Новокузнецке / А.Е. Власенко, Н.М. Жилина, А.Н. Полукаров, Г.И. Чеченин // *Мать и Дитя в Кузбассе. Спецвыпуск.* – Кемерово : ИД «Медицина и Просвещение», 2012. – № 2. С. 4–7.
5. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Баргесян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – Минск : ВХВ, 2008. – 384 с.

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ УЗЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Грачев А.В., Киселева Т.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Введение. Ключевым элементом сетей являются магистральные каналы как между провайдерами, так и между точками обмена данными, через которые осуществляется обмен данными (трафиком) между странами и материками. За последние годы объем трафика через эти узлы многократно возрос [1, 2], и видимо, такая тенденция сохранится.

В этих условиях разработка механизмов оптимизации и ускорения передачи данных по каналам связи является актуальной.

Разумно предположить, что дальнейшим развитием адаптивной маршрутизации является децентрализация по признаку как типа передаваемых данных, так и их направления, т.е. связь маршрута и контента как единой системы.

Ранжирование промежуточных узлов передачи данных

В основе предлагаемого принципа адаптивной маршрутизации подразумевается, что необходимо определение таких узлов в сети, которые на уровне физической иерархии занимают подчиненное положение, но на уровне пользовательской информации являются состоявшимися центрами, через которые происходит передача большого массива информации.

Решение данной задачи основано, прежде всего, на изучении существующих на практике способов передачи данных с применением адаптивной маршрутизации.

Для адаптивной маршрутизации наиболее значимыми являются именно транзитные узлы слабых связей. Так они сохраняют целостность, в то же время, не являются единственными узлами для кратчайших маршрутов. В таких условиях применяется многоагентная (гибридная) маршрутизация [3], своеобразный компромисс между иерархической и децентрализованной типами адаптивной маршрутизации, но на постоянной основе только физической сети. Развитие сетей представляет собой множество сетей различных топологий с разными типами физических сред, и, в то же время, множество связей и ссылок, которые отражают предпочтения разных групп пользователей. При развитии мобильных сетей еще и в условиях непредсказуемости используемой топологии задача адаптивной маршрутизации является еще более сложной. Учитывая то, что сетевым протоколам приходится работать в условиях неопределенности, необходим алгоритм, учитывающий обе составляющие процесса развития сети.

Первично необходимо определить наличие малых миров.

К данному моменту сеть уже первично инициализирована и успела проработать некоторое количество циклов, имеет накопленную статистику, на которую следует опираться.

Расчет возможного маршрута делается с учетом наличия истории его использования. Поэтому этап первоначального накопления статистики маршрутизации очень важен. Для этого необходимо рассчитать кратчайший путь, как наиболее часто используемый маршрут

в процессе адаптивной маршрутизации. Это можно сделать с помощью любого из существующих алгоритмов маршрутизации. В качестве математического аппарата в модели оценки маршрута применяется искусственная нейронная сеть.

Топология искусственной нейронной сети, используемая в модели оценки маршрута, состоит из пяти элементов на входе и из одного элемента на выходе. На рисунке 1 приведена модель с использованием обучаемой нейронной сети. Параметры x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 зависят от оцениваемого сегмента сети. Они обязательно учитывают и физическую составляющую, и типы пользовательских данных, и историю использования (надежности).

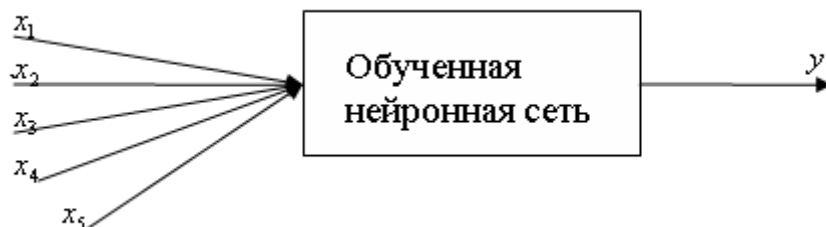


Рисунок 1 – Модель оценки маршрута

В качестве первой переменной x_1 предлагается использовать загруженность выбранных альтернативных маршрутов, взятых в промежутке от узла-посредника до конечного узла-получателя. Их оценку следует производить с учетом пропускной способности и загруженности канала. Соотношение для вычисления имеет вид:

$$Qr = \frac{S(1+P)}{C}, \quad (1)$$

где Qr – оценка маршрута; S – максимальная скорость среды передачи на промежутке; P – постоянная загруженность канала в долях процентов; C – средняя скорость передачи на канале.

Параметр S для стандарта Ethernet равен 108. Коэффициент может быть изменен в зависимости от среды передачи данных либо параметров, установленных администратором сети. В описываемой модели коэффициент отражает тип передающей среды данных в канале.

Постоянная загруженность (P) – это параметр, определяющий доступную широту канала на момент оценивания. Наличие «сервисного» или динамического трафика (поток данных для видеоконференций) существенно снижает пропускную способность, даже не смотря на то, что физическая среда обладает хорошими характеристиками.

Следующий параметр x_2 , который был выбран для оценивания предложенного сегмента – это соотношение потерянных пакетов при передаче к общему числу пакетов. Сети со стопроцентной проводимостью редки. Чаще всего любой из сегментов сети имеет определенный процент потерянных пакетов. Причем при каждом цикле передачи количество потерянных пакетов может меняться. Для того чтобы оценить работу сегмента, следует провести анализ потерь при его работе. Исходные данные для анализа можно получить, используя анализатор трафика, программный продукт для накопления и статистической обработки трафика на заданном сегменте. Самые известные программные продукты в данной области – Wireshark, tcpdump.

Третьей переменной x_3 является временная характеристика. Временные затраты на передачу пакета данных являются одним из самых показательных. Данные о временных параметрах прохождения пакетов являются частью сетевых протоколов и для их получения достаточно использовать уже применяемые выше программные комплексы – Wireshark, tcpdump.

Четвертой характеристикой x_4 предлагается считать наличие «агрессивного фактора» в сегменте. В современных условиях наличие «агрессивного фактора» обретает все большее

значение. Поэтому, по мнению авторов, для успешного применения адаптивной маршрутизации необходимо учитывать его наличие. Под «агрессивным фактором» следует понимать любое противодействие процессу передачи данных и препятствие нормальной работе сети. Это относится и к целенаправленному нарушению процесса работы сегмента, и к непредумышленным процессам. С другой стороны, понятие «агрессивный фактор» имеет расплывчатое значение. Его наличие зависит от способа оценивания. Применительно к локальным вычислительным сетям это отражается в появлении существенных помех в канале передачи данных. Но с другой стороны, сам тип передаваемых данных может требовать, а может и не требовать обязательного отсутствия «агрессивного фактора». Так, например, наличие в выбранном маршруте некоторого количества узлов, ведущих видеотрансляцию, и тем самым, занимающих существенный объем канала, для передачи текстовых данных, например, электронной почты, не существенно. В этом случае канал может иметь более высокую оценку. Этот же канал вряд ли может использоваться при необходимости передачи объемного пакета, в разы превышающего текстовый файл. Если еще требуется передать данные за минимально возможное время, необходимые требования вычеркивают из списка каналов, пригодных для текстовых данных.

Процесс оценки «агрессивного фактора» сложен, так как почти не имеет численных показателей, пригодных для расчетов. Поэтому для оценки сегмента с наличием в нем активного противодействия предлагается применять аппарат нечеткой логики [4]. Это позволит оценить доступную широту канала для передачи разных типов данных.

Последней переменной x_5 , необходимой для принятия решения, следует считать опыт использования канала в прошлые циклы передачи данных. Опыт работы выделенного сегмента может оказать существенное воздействие на оценку всего сегмента. Так информация о прошлых циклах использования сегмента несет в себе данные о непосредственной работе. Вполне обычная ситуация: по скоростным и временным характеристикам данный сегмент отвечает предъявленным требованиям, но в его физической составляющей не все так хорошо. Даже высокоскоростной канал может иметь огрехи в проектировании на каком-либо из этапов или испытывать воздействия различных внешних факторов, сильно затрудняющих работу канала. В такой ситуации использовать знания о предыдущих этапах вполне обосновано.

В качестве такой переменной может выступать численный показатель, зависящий от количества узлов в сегменте, количества предыдущих циклов и количества отказов. Формула имеет вид:

$$Q = \frac{N * P}{q}, \quad (2)$$

где Q – численный показатель надежности канала; N – число узлов в выделенном сегменте; P – количество предыдущих циклов; q – количество отказов в предыдущих циклах.

Все входные и выходные данные принимают численные значения, следовательно, необходимость в их кодировании отсутствует. Тем не менее, величины выбраны по принципу обеспечения наибольшего количества факторов, влияющих на работоспособность канала связи в условиях его интенсивного использования. Поэтому входные и выходные переменные вполне могут иметь разнородные значения. Так как модель описывает разные характеристики, то и результаты её работы не должны зависеть от применяемых данных. Для повышения эффективности модели следует провести преобработку данных, приводящую их к единому масштабу.

Заключение

Таким образом, предложенный метод является одним из вариантов применения способов оценки для решения задачи оптимизации передачи значительного количества данных в глобальных вычислительных сетях.

Библиографический список

1. Сводная статистика по мировым точкам обмена трафиком (Москва) - https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/detail.php?exchange_point_id=191; (дата обращения: 06.09.2013).
2. Московская точка обмена трафиком MSK-IX – <http://www.msk-ix.ru/network/traffic.html>; (дата обращения: 23.09.2013).
3. Тимофеев А. В. Адаптивное управление и многоагентная обработка информационных потоков в интегрированных телекоммуникационных сетях // Труды СПИИРАН. – 2006. – № 1. – Том 3. – С. 62–70.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: изд. Мир, 1976. – 168 с.

ОЦЕНИВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Михайлов В.Г., Киселева Т.В.

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Среди химических предприятий, оказывающих существенное негативное воздействие на окружающую среду (ОС), выделяется Кемеровское ООО Производственное объединение «Химпром» – динамично развивающееся предприятие, выполняющее важные социально-экономические функции для города и региона.

В связи с этим актуальным представляется оценивание эколого-экономических показателей предприятия с целью поддержки принятия эффективного экологобезопасного управленческого решения. Алгоритм оценивания эффективности процесса управления природоохранной деятельностью на данном предприятии представлен на рисунке 1.

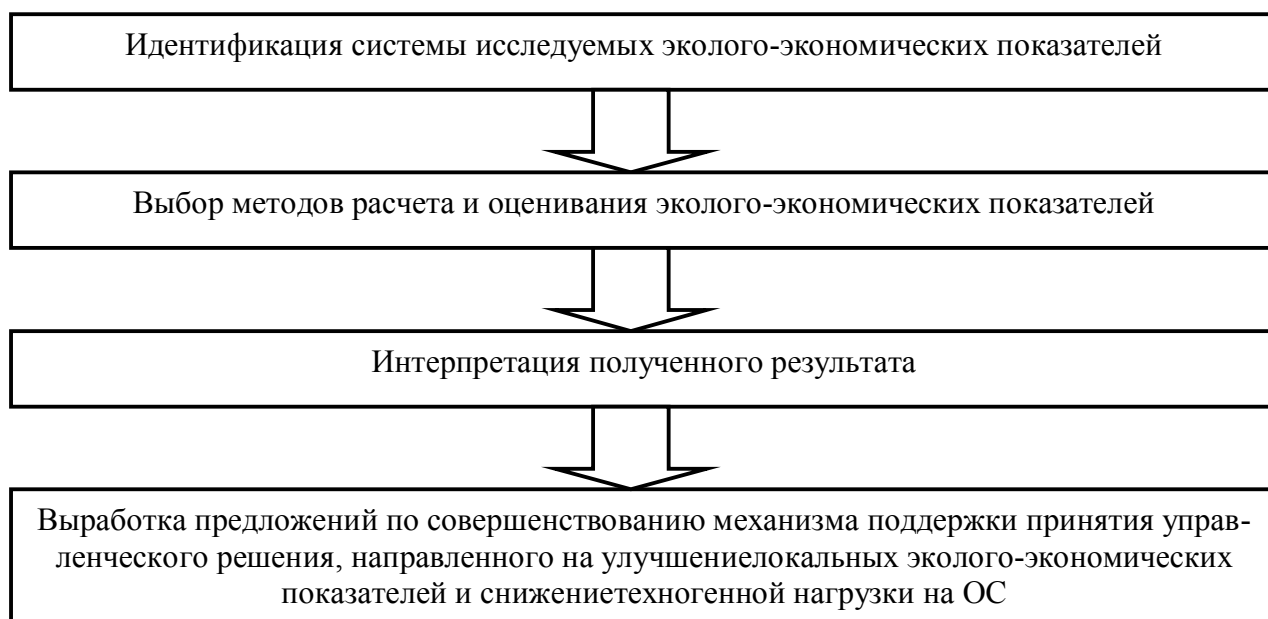


Рисунок 1 – Блок-схема оценивания эффективности процесса управления природоохранной деятельностью на ООО ПО «Химпром»

В современных условиях ужесточения природоохранного законодательства и перехода на международные стандарты для предприятия чрезвычайно важным представляется адекватное оценивание эколого-экономической устойчивости с целью принятия наиболее эффективного управленческого решения, направленного на минимизацию загрязнения ОС и улучшение финансового результата [1]. Для оценивания эколого-экономической устойчивости предприятия на первом этапе целесообразен расчет основных эколого-экономических показателей, совокупность которых представлена на рисунке 2. Второй и третий этапы включают оценивание и расчет эколого-экономических показателей, а также интерпретацию полученного результата. Заключительный этап алгоритма посвящен выработке предложений по совершенствованию механизма поддержки принятия управленческого решения, направленного на улучшение локальных эколого-экономических показателей и снижение техногенной нагрузки на ОС[2, 3].

Экономический ущерб от загрязнения ОС отождествляется с потерями в экономике, вызванными неблагоприятным техногенным воздействием на окружающую среду. Экологически приемлемое значение показателя для предприятия может быть связано с объемами выручки, прибыли, а также официальной оценкой воздействия на ОС.

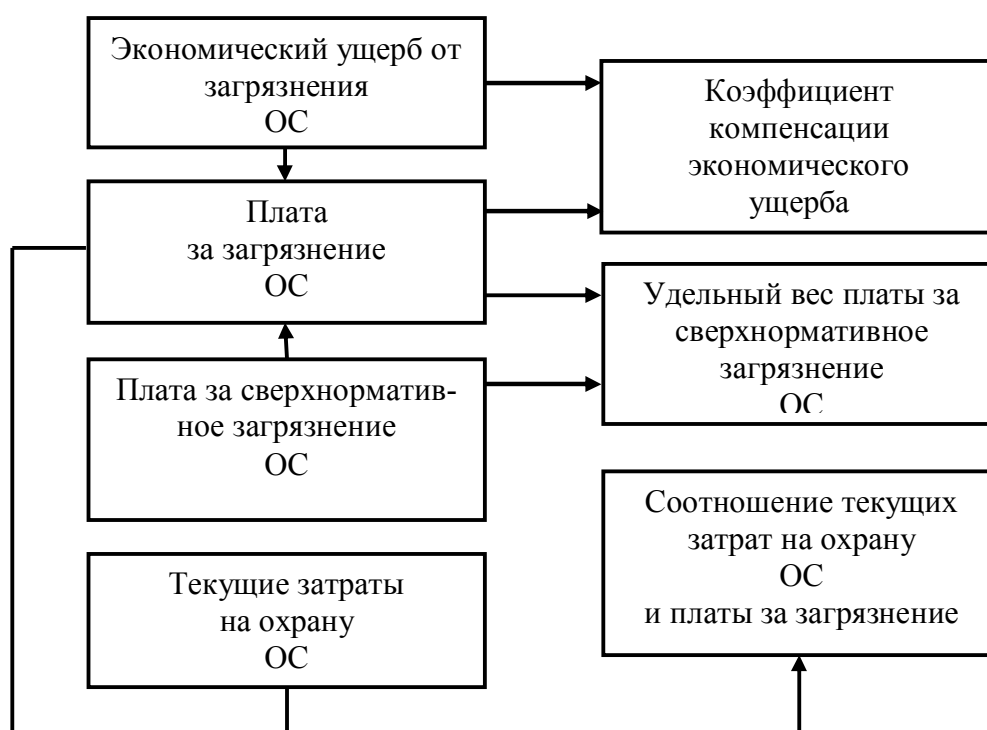


Рисунок 2 – Взаимосвязь основных эколого-экономических показателей предприятия

Плата за загрязнение окружающей среды является обязательной для всех предприятий и организаций, оказывающих все виды негативного воздействия (выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников загрязнения; сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные источники; размещение отходов производства и потребления и другие виды негативного воздействия на ОС).

Коэффициент компенсации экономического ущерба, который рассчитывается как отношение платы за загрязнение ОС и экономического ущерба от него, отражает уровень нивелирования вредного воздействия. Это основной показатель эколого-экономической устойчивости предприятия, который должен принимать значения $\geq 100\%$.

Удельный вес платы за сверхнормативное загрязнение ОС в общей величине платы характеризует превышение установленного лимита выбросов, сбросов или размещения отходов и, в идеале, должен иметь значение равное нулю.

В таблице 1 представлена динамика эколого-экономических показателей ООО ПО «Химпром».

Таблица 1 – Эколого-экономические показатели ООО ПО «Химпром»

Показатель	Ед. изм.	2008	2009	2010	2011	2012
Экономический ущерб от загрязнения ОС	млн. руб.	162,4	141,4	118,7	113,6	126,7
Плата за загрязнение ОС	тыс. руб.	443,1	476,2	649,4	243,1	387,8
Плата за сверхнормативное загрязнение ОС	тыс. руб.	213,6	173,4	564,4	15,1	-
Удельный вес платы за сверхнормативное загрязнение в общей величине платы за загрязнение ОС	%	48,21	36,41	86,91	6,21	-
Текущие затраты на охрану ОС	млн. руб.	12,61	12,35	12,50	17,70	346,96
Соотношение текущих затрат на охрану ОС и платы за загрязнение	руб./руб.	28,45	25,93	19,25	72,79	894,70
Коэффициент компенсации экономического ущерба	%	0,273	0,337	0,547	0,214	0,306

Соотношение текущих затрат на охрану ОС и платы за загрязнение показывает эффективность текущих вложений в процесс сокращения негативного воздействия на ОС.

Текущие затраты на охрану ОС направлены на финансирование повседневной производственной деятельности с учетом экологических норм и правил.

Как видно из таблицы 1, положительной тенденцией является отсутствие в 2012 году платы за сверхнормативное загрязнение ОС и увеличение коэффициента компенсации экономического ущерба. Вместе с тем, имеет место увеличение экономического ущерба в 2012 году на 13,1 млн. руб. по сравнению с предыдущим годом и увеличение платы за загрязнение, снижение величины экономического ущерба в 2012 году более, чем в 1,5 раза. Коэффициент компенсации экономического ущерба в каждый из рассмотренных периодов более, чем в 100 раз не соответствует нормативам, причем наиболее неблагоприятная ситуация наблюдается в 2011 году (значение показателя 0,214 %).

Для оценивания эколого-экономической устойчивости возможно использование методологии исследования эколого-экономических рисков (ЭЭР) [1–3] и предлагается дифференциация области значений наиболее достоверных (на основе официальных форм экологической отчетности) эколого-экономических показателей (таблица 2).

Таблица 2 – Области значений некоторых эколого-экономических показателей

Области значений	Удельный вес платы за сверхнормативное загрязнение ОС, %	Коэффициент компенсации экономического ущерба, %
Допустимая	0 – 25	более 50
Пограничная	25 – 50	25 – 50
Критическая	50 – 75	5 – 25
Недопустимая	75 – 100	менее 5

В соответствии с предложенной системой оценивания эколого-экономической устойчивости удельный вес платы за сверхнормативное загрязнение ОС в 2011–2012 гг. соответствует *допустимой* области значений (соответственно, 0 и 6,21 %), в 2008–2009 гг. – *пограничной* области значений, а в 2010 году – *недопустимой* области значений. Коэффициент компенсации экономического ущерба за весь исследуемый период можно идентифицировать, как соответствующий *недопустимой* области значений, что требует принятия адекватных решений как в сфере управления природоохранной деятельности Химпрома, так и в разработке унифицированной методики расчета ущерба.

Другое исследование эффективности управления природоохранной деятельности было проведено по лабораторным испытаниям с отбором проб воды этого предприятия в 2012 году. Отбор проб специалистами предприятия проводился с частотой 2 раза в месяц до и после выпуска сточных вод в водный источник (река Томь и ручей «Топкинский лог»). Микробиологическое исследование осуществлялось предприятием на содержание общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий и колифагов [4].

Общие и термотолерантные колиформные бактерии поддаются быстрому обнаружению и поэтому играют важную вторичную роль при оценке эффективности очистки воды от фекальных бактерий. Колифаги – индикаторы очистки питьевой воды в отношении энтеровирусов. Присутствие колиформных организмов в воде свидетельствует о ее недостаточной очистке, вторичном загрязнении или о наличии в воде избыточного количества питательных веществ. На рисунках 3, 4 и 5 представлена динамика микробиологического загрязнения, причем визуальное отсутствие на графиках данных «до выпуска» означает их совпадение с данными «после выпуска».

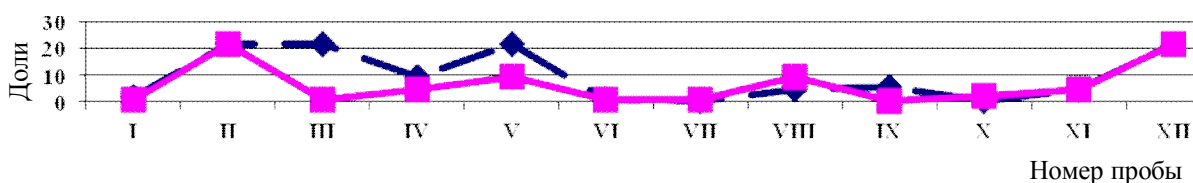


Рисунок 3 – Динамика уровня общих колиформных бактерий, доли допустимого уровня

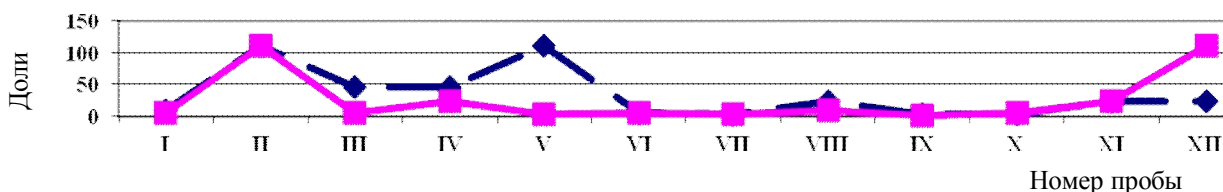


Рисунок 4 – Динамика уровня термотолерантных колиформных бактерий, доли допустимого уровня

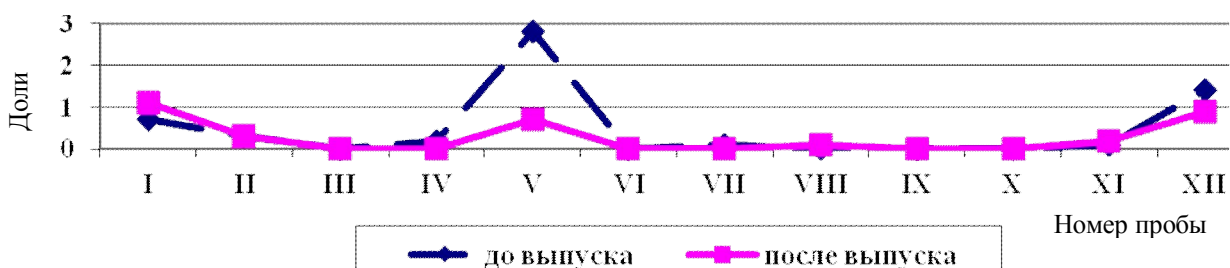


Рисунок 5 – Динамика уровня колифагов, доли допустимого уровня

Из рисунка 3 видно, что максимальное превышение допустимого уровня общих колиформных бактерий наблюдается в пробах II и XII до и после выпуска, а также в пробах III и V до выпуска (в 22 раза). Рисунок 4 показывает максимальное превышение допустимого уровня термотолерантных колиформных бактерий в пробе II до и после выпуска, а также в пробе V до выпуска и пробе XII после выпуска (в 110 раз). Определенная сходимость полученного результата может быть вызвана временем года, а также структурой стока ООО ПО «Химпром». Рисунок 5 также указывает на максимальное превышение допустимого уровня колифагов в пробе V до выпуска (в 2,8 раза). Несмотря на высокий ассимиляционный потенциал водного источника, превышение допустимых нормативов по всем видам микробиологического загрязнения колеблется от 0 до 110 раз, что требует от предприятия использования адекватных механизмов управления природоохранной деятельностью.

Оценивание уровня ЭЭР может быть произведено статистическим методом, в основе которого лежит исследование выборки данных на однородность. К преимуществам этого метода можно отнести низкую трудоемкость и простота интерпретируемости полученного результата. В качестве расчетных статистических показателей использовались: размах вариации (R); средневыворочное значение ($X_{\text{сред.}}$); дисперсия (σ^2); среднеквадратичное отклонение (σ); коэффициент вариации (V).

В таблице 3 представлены результаты статистической обработки данных по микробиологическому загрязнению. Используемые обозначения: для общих и термотолерантных колиформных бактерий КОЕ – колониеобразующие единицы, для колифагов БОЕ – бляшкообразующие единицы [4].

Таблица 3 – Результаты статистической обработки данных по микробиологическому загрязнению ООО ПО «Химпром»

	R, (КОЕ в 100 мл)	$X_{\text{сред.}}$, (КОЕ в 100 мл)	σ^2	σ , (КОЕ в 100 мл)	V, %
Общие колиформные бактерии					
до выпуска	10770	4843	20395922	4516	93
после выпуска	10800	3260	14210700	3770	116
Термотолерантные колиформные бактерии					
до выпуска	10770	3372	13866297	3724	110
после выпуска	10927	2679	14565954	3817	143
Колифаги					
	R, (БОЕ в 100 мл)	$X_{\text{сред.}}$, (БОЕ в 100 мл)	σ^2	σ , (БОЕ в 100 мл)	V, %
до выпуска	28	4,7	65,2	8,1	172
после выпуска	11	2,8	14,5	3,8	136

Результирующим показателем является коэффициент вариации, характеризующий степень ЭЭР: до 10 % – низкая вероятность; 10 – 25 % – умеренная вероятность; свыше 25 % – высокая вероятность.

На основании расчетов (таблица 4) можно сделать вывод о низкой однородности выборок данных и, следовательно, о высокой степени ЭЭР, в том числе по общим и термотолерантным колиформным бактериям уровень ЭЭР возрастает после сброса сточных вод, соответственно, с 93 % до 116 % и с 110 % до 143 %, что вызвано структурой стока. Обратная ситуация наблюдается по колифагам, где уровень ЭЭР выше до сброса сточных вод (172 % и 136 %), что обусловлено самоочищающейся способностью водоема.

Из проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- низкое значение коэффициента компенсации экономического ущерба, зависящее от большой величины экономического ущерба и несопоставимого уровня платы за негативное воздействие на ОС, требует пересмотра методик расчета данных показателей для повышения их достоверности и адекватности;
- значительная величина ущерба требует от такого многоименного предприятия, как Химпром, пересмотра структуры производственной программы и снижение или исключение доли продукции с большей экологичностью;
- низкое значение коэффициента компенсации экономического ущерба, широкий диапазон изменения удельного веса платы за сверхнормативное загрязнение, а также резкое увеличение текущих затрат на охрану ОС обосновывают пересмотр стратегии предприятия в области управления ЭЭР с позиций «вложенные средства – достигнутый результат»;
- существенное превышение нормативов микробиологического загрязнения требует от предприятия более детального анализа загрязненного стока и оценки эффективности очистных сооружений в части антибактериальной обработки;
- результаты анализа микробиологического загрязнения показывают его недопусти-

мые размеры в течение длительного периода времени, для чего необходимо существенное снижение нагрузки на водосборную территорию, удаление вредных производств, глубокая очистка стоков и восстановление нарушенной водной экосистемы.

Библиографический список

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами. М.: Физматлит, 2008. – 244 с.
2. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Методы оценки и управление эколого-экономическими рисками как механизм обеспечения устойчивого развития эколого-экономической системы // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 2 (48). – С. 69–74.
3. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Оценивание эколого-экономической устойчивости предприятия в условиях промышленно развитого города // Экология. Экономика. Информатика. Материалы XI конференции «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования». Ростов-на-Дону. – 2012. – С. 386–391.
4. Бактериологические показатели качества воды Москворецкого водоисточника / Б.М. Долгоносов, Е.М. Мессинева, Д.Ю. Власов [и др.] // Инженерная экология. – 2006. – № 4. – С. 17–30.

О НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМАХ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Байкин С.А.

Otto Group Russia,

г. Москва

Системы автоматизации в науке [1] призваны помогать выполнению исследовательских работ. Такие системы, как автоматизации поиска плагиата, учёта имущества в Российской Академии Наук, набора и обмена специалистов, напрямую не связаны с проведением исследований, но способствует совершенствованию научной работы ниже изложение перечисленных систем автоматизации осуществляется с помощью их алгоритмов.

По поводу алгоритмов системы автоматизации поиска плагиата. В последнее время стали озвучиваться обвинения о существовании плагиата [2] в диссертациях ответственных людей. Для подтверждения или опровержения такого обвинения необходима система автоматического поиска плагиата (присвоение текста без искажения или в вольном изложении без ссылки на автора). Пусть имеются два объекта для сличения материала. В одном объекте ОБ каждая страница проверяется на наличие заимствованного текста из другого объекта. В другом объекте ОБ (i), где i – порядковый номер сличаемого оригинала, (i – изменяется до предполагаемого количества таких объектов), каждая страница сверяется с содержанием той части объекта ОБ которая тематически связана с оригиналом, то есть ОБ (i). Если в результате сличения ОБ и ОБ (i) обнаруживаются факты совпадения, то можно говорить о наличии плагиата, присвоения чужой идеи, чужого труда. Однако могут оказаться напрасными обвинения в плагиате на основе сличения, но может сохраняться ощущение наличия плагиата из-за имеющейся практики «чёрных» авторов (по аналогии с «чёрными писателями»).

По поводу алгоритма системы автоматизированного учёта имущества находящегося в Российской Академии Наук.

В связи с образованием Агентства [3] по управлению имуществом в Российской Академии Наук возникла задача обоснованного управления этим имуществом, то есть институты должны будут знать о наличии имущества друг у друга для того, чтобы при выполнении исследовательских работ можно было бы арендовать, использовать то, что находится у других институтов без применения. Такое положение может обеспечиваться, если будет выпускаться ведомость, в которой перечислены имеющиеся у института ресурсы: земля,

площадь корпусов, машины, станки, оборудование, приборы, инструменты и т.д. Вместе с перечнем должна находиться информация о размерах, объёмах, дизайне, ремонте и др., а так же аудио – и видеоизображение.

По поводу алгоритмов автоматизации набора и обмена специалистами.

В настоящее время практика набора и обмена специалистов состоит в том, что проводятся конкурсы на замещение вакантных должностей, но эти конкурсы на замещение вакантных должностей почти всегда имеют субъективный характер. Отсюда выполнение научных тем оказывается в плену одних и тех же специалистов. Для того, что бы создать мобильность научных кадров, разнообразие различных подходов, необходимо осуществлять набор специалистов на основе автоматизированной системы без посредников. С помощью компьютера желающий найти работу или сменить её место предлагает свою кандидатуру на вакантную должность. В свою очередь вакансии институтов размещаются в Интернете с указанием предполагаемой темы исследований, заработка, наличия жилья и социального пакета. Подобный подход позволит ослабить практику отсутствия свежих идей и соревновательности.

Таким образом, алгоритмы указанных систем автоматизации позволяют судить о необходимости таких систем. С помощью систем автоматизации можно добиться внедрения в науку ещё большего энтузиазма, знаний, одержимости и ответственности.

Библиографический список

1. Члены Российской академии наук // Российская академия наук: справочник. Ч. 1. / Сост. А.С. Мухина, В.А. Мить, Н.В. Серегина и др. – М.: Наука, 2008. – 315 с. – ISBN 978-5-02-037017-3.
2. Дягилев В.В., Цхай А.А., Бутаков С.В. Архитектура сервиса определения плагиата, включающая возможность нарушения авторских прав (рус.) // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2011.
3. Гунин В.Н., Баранчев В.П., Устинов В.А., Ляпина С.Ю. Управление инновациями. – М.: Издательство «ИНФРА-М», 1999.

МОДЕЛЬ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ КЛИЕНТА В СИСТЕМЕ MSMQ ТЕОРИИ ОЧЕРЕДЕЙ

Сорокин А.С.

*Кузбасский государственный технический университет (Новокузнецкий филиал)
г. Новокузнецк*

Введение. В работе представлено использование языка PERA для оценки характеристик при исследовании моделирования. При этом будем исследовать методы упрощения моделей. Это исследование рассматривает и сравнивает различные системы MSMQ: (*мульти-очереди и мульти-серверы*). Такие системы были исследованы в [1–4]. Показаны различные особенности нескольких систем MSMQ моделей PERA. Для простоты представления системы, которые рассмотрены, являются относительно небольшими, включающими в каждом случае только по три или четыре узла и два сервера. Этого достаточно, чтобы обобщить эти модели на большие системы. В каждом случае рассматривается среднее время ожидания (исключая время обслуживания) клиента в системе. Далее даётся подробная информация о каждой модели, значения параметров, которые были применены.

1. Хотя рассматриваемые системы отличаются деталями, у них у всех одни и те же компоненты – узлы и серверы. В разделе 5 даётся компонент, как внешний по отношению к узлу, для того чтобы представить структуру клиентов. Во всех моделях процесс входа представлен *in* деятельностью узла, и предполагается, что процесс входа приостанавливается всякий раз, когда буфер полон. Также предполагается ограниченное буферизование. Таким образом, клиенты продолжают занимать место в буфере до окончания обслуживания. В

большинстве случаев у узлов есть только единственное место для буфера, а в разделе 4 рассмотрено два места для буфера.

У всех компонентов узла есть особые производные, изображающие различные состояния узла и характеризующие действия, которые возможно предпринять. Например, единственный буферный узел может только выступать в *in* деятельности, когда он пуст, и в деятельности *подачи*, когда он занят и сервер присутствует. Три модели симметричны относительно серверов, и две из них симметричны относительно узлов.

Для каждой из моделей вычисляют среднее время ожидания клиента для каждого узла. Для модели опроса, представленной в [4], применен закон о малом числе испытаний в узле. Поскольку буферизованье ограничено, пропускная способность узла будет пропускной способностью деятельности *подачи*, вычисленной из предположения, что она будет дополнением до полной оценки деятельности. Для единственного буферного узла среднее число N представителей в узле, может быть найдено из предположения, что полная деятельность соответствует 1. Когда разрешена деятельность *in*, то она вычисляет R_m . Тогда $N=1-R_m$. Поскольку найдено среднее число клиентов для двух буферов, то можно найти вероятность того, что узел пуст или подобным же способом занят.

2. Система MSMQ без обгона с циклическим опросом. Рассмотрим симметричную систему MSMQ, в которой опрос производится циклически, и так, что серверы друг другу не мешают. Таким образом, сервер, который достигает узла, должен ждать, пока обслуживание не произведено полностью перед переходом к следующему узлу, и после этого найти другой сервер для обслуживания клиента. Эта система может быть классифицирована как $M/M/M/1/Q \times 1/L$ система. S_j обозначает сервер, готовый работать с узлом $Node_j$, S_{j1} обозначает представителя сервера в узле $Node_j$. Когда узел достигнут, то сервер или *пройдет*, если буфер будет незанятым, или *включится*, если требуется обслужить клиента. Только одно из этих действий будет разрешено в любой момент времени.

Система имеет три узла. Узлы независимы друг от друга, но для деятельности каждый должен кооперироваться с сервером при любых $pass_j$, $engage_j$, или $serve_j$. Между этими двумя серверами нет никакой кооперации, т.е. они независимы друг от друга.

Модель состоит из 444 состояний и 1446 переходов. Что касается модели опроса, то был исследован эффект от изменения оценки среднего времени ожидания прибытия клиента, и было произведено сравнение со средним временем ожидания, полученным для подобной модели опроса:

$$Poll = \overset{def}{(Node_{10} \| Node_{20} \| Node_{30})_{\{engage_j, pass_j, serve_j\}}} S_1.$$

Данная система симметрична, поэтому особенности характеристик всех узлов будут те же самые. Среднее время ожидания увеличивается с увеличением оценки прибытия в каждом узле, как для модели $MSMQ$, так и для модели опроса. Даже когда обгон запрещен для системы этого размера, второй сервер имеет эффект сокращения среднего времени ожидания клиентов в системе.

Математическая модель зависимости времени ожидания W клиента от оценки λ прибытия клиента для модели $MSMQ1$ будет иметь следующий вид:

$$W = 1.4942\lambda^{0.64327}.$$

Для модели опроса (POLL) математическая модель зависимости времени ожидания W клиента от оценки λ прибытия клиента, будет иметь следующий вид:

$$W = 1.69672\lambda^{0.5644}.$$

3. *Асимметричная система MSMQ с циклическим опросом.* Рассмотрим систему узлов N , в которых у одного узла есть ёмкость K оценка прибытия $K\lambda$, в то время как у всех других узлов есть ёмкость 1 и оценка прибытия. Предполагается, что в сети у одного узла есть высокая пропускная способность, а у остальных узлов пропускная способность низкая. Такая как система LAN, объединяющая несколько автоматизированных рабочих мест и один сервер. Было показано, что присутствие более загруженного узла совсем не влияло на среднее время ожидания клиентов в менее загруженных узлах.

Рассмотрим систему N узлов, каждый из которых имеет ёмкость 1 и оценку прибытия λ , но с клиентом в одном узле, предъявляющем большее требование к обслуживанию сервера. Опрос является циклическим и обгон разрешен.

Для классификации системы используются шесть дескрипторов $A/S/W/K/Q \times c/SD$, при упорядочении множеств. В этом случае система может быть классифицирована как $M/M_i/M/1/Q \times 1/L$.

Исследован эффект большего требования обслуживания в узле $Node_1$, от среднего времени ожидания клиентов в каждом из узлов. Предполагаем, что процесс прибытия в каждый узел определяется законом Пуассона с параметром λ , и что нормальное обслуживание, усиленное обслуживание и времена блуждания в системе распределяются по экспоненте с оценками μ , $m\mu$ и ω соответственно. S_j обозначает сервер, готовый обслуживать j -ый узел в системе. В этой модели не выделена деятельность, представляющая взаимодействие между сервером и узлом, для того чтобы определять, найдется ли представитель клиента в буфере. Это воздействие включено в категорию действия блуждания, приводящего к двум действиям $walk_{E_j}$ и $walk_{F_j}$, представляя одно как бесполезное, а другое как успешное блуждание к узлу $Node_1$. Эти действия не могут быть разрешены одновременно.

Отметим, что, поскольку обгон теперь разрешен для занятого узла, который в настоящее время обслуживается, и отвечает второму серверу, что он пустой. Оценка обслуживания определяется узлом и зависит от данного узла. Оценка каждой деятельности блуждания определяется сервером.

Рассматриваемая система состоит из четырех узлов, которые не взаимодействуют друг с другом, и двух серверов, которые так же непосредственно не взаимодействуют. Кооперация узла и сервера необходима для всех блужданий $walk_E$ и $walk_F$, и действия подачи. Эффект изменения оценки обслуживания клиентов в узле $Node_1$ был рассмотрен относительно среднего времени ожидания клиента в других узлах.

Модель имеет 560 состояний и 2064 перехода. Среднее время ожидания W_j , вычислено для каждого узла с использованием закона о малом числе испытаний. Математическая модель зависимости времени ожидания W клиента от требования обслуживания $1/m$, будет иметь следующий вид:

- для узла $Node_1$ $W = 0.18638(1/m)^{0.0039438}$;
- для узла $Node_2$ $W = 0.1835(1/m)^{0.1992003}$;
- для узла $Node_3$ $W = 0.183595(1/m)^{0.2007189}$;
- для узла $Node_4$ $W = 0.183618(1/m)^{0.2028676}$.

4. *Асимметричная система MSMQ со случайным опросом.* Рассмотрим асимметричную систему, в которой ёмкости узлов в системе отличаются. В системе имеются три узла, один с ёмкостью 2, а два с ёмкостью 1. Случайный опрос в системе означает, что при переходе от узла сервер может перейти к любому узлу, даже к тому же самому узлу снова. Обслуживание ограничено, так как сервер, достигая узла $Node_1$, когда он полон, мог бы перед переходом обслужить только одного представителя клиента. Однако, если второй сервер прибывает позже, в то время как первое обслуживание все еще происходит, то он

может одновременно занять узел. Система может быть классифицирована как $M_i / M_i / M / (2,1,1) / Q \times S / L$.

Обгон разрешен в том смысле, что сервер при достижении узла не находит клиента и с будет переходить дальше. Предполагаем, что $Node_1$ – узел с характеристиками, которые отличают не только его большую ёмкость, но также и более скоростной ответ на вопросы сервера. Теперь эти вопросы представлены отдельно при *проходе* действий или при *включении*. Предполагаем, что найдется процесс, производящий места для каждого клиента в буфере для узла так, чтобы оценка прибытия, когда буфер пуст, была удвоенной оценкой прибытия, в случае, когда одно место в буфере уже занято. В компоненте сервера S действие *блуждания* представлено тремя различными действиями, каждое с оценкой деятельности $\omega/3$, вероятность каждого из результатов есть $1/3$. S_j обозначает представитель сервера в узле $Node_j$, когда его можно *включать* или *проходить* в зависимости от того, есть ли требования у клиента по обслуживанию узла или нет.

В модифицированной версии узла $Node_1$ предполагаем, что в нём есть такой дефект, при котором не можем гарантировать, правильно ли ответит сервер, когда буфер полностью пуст или полностью полон. В случае, когда только одно место в буфере занято, то с вероятностью $1/2$ он ответит, что как будто буфер был пуст. В случае, когда один клиент уже находится в обслуживании, но другое место в буфере также занято, он так же потерпит неудачу с вероятностью $1/2$, разрешая второму серверу уйти без обеспечения обслуживания. Исследуем эффект этого дефекта для среднего времени ожидания клиента в этом узле и в других узлах. Во всех узлах, когда сервер занят, оценка того, что происходит какое обслуживание, определяется сервером. В системе нет никакой кооперации ни между этими тремя узлами, ни между двумя серверами. Однако, действия $pass_j$, $engage_j$ и $подача$ происходят при кооперации между узлом и сервером.

Модель системы, свободная от дефектов, имеет 368 состояний и 1570 переходов. Модель дефектной системы имеет то же самое число переходов 1570, но 1618 состояний. Среднее время ожидания в каждом узле было вычислено с использованием закона о малом числе испытаний, в то время как для каждой из моделей среднее время блуждания было различно. Результаты, были сравнены, для того чтобы оценить эффект дефектного соединения. Математическая модель зависимости времени ожидания W клиента в системе без дефекта от оценки блуждания ω , будет иметь следующий вид:

- для узла $Node_1$ $W = 2.0742995 \omega^{-0.9305069}$;
- для узла $Node_2$ $W = 1.90479 \omega^{-0.911348}$.

Математическая модель зависимости времени ожидания клиента W в дефектной системе от оценки блуждания ω , будет иметь следующий вид:

- для узла $Node_1$ $W = 3.4495 \omega^{-0.8666}$;
- для узла $Node_2$ $W = 1.7467 \omega^{-0.876569}$.

В системе, свободной от дефекта, $MSMQff$ можно увидеть, что хотя предполагаемое время ожидания одинаково во всех узлах, клиенты в узле $Node_1$ испытывают несколько более длинные задержки. Для всех узлов уменьшено среднее время ожидания, когда уменьшено ожидаемое среднее текущее время серверов. В случае дефектной системы $MSMQwf$ предполагаемое время ожидания клиентов в узле $Node_2$ или $Node_3$ при дефекте совсем не изменяется. Однако предполагаемое время ожидания клиентов в узле $Node_1$ значительно увеличивается, особенно, когда оценка деятельности *блуждания* является замедленной.

5. Система $MSMQ$ с детальными узлами. Последняя рассматриваемая модель показывает, что система $MSMQ$ обычно вложена в большую систему. Рассмотрена симметричная система $MSMQ$ с ёмкостью узла 1 и ограниченным обслуживанием, в которой разрешен

обгон. Это можно классифицировать как $M/M/M/1/Q \times 1/L$ систему, подобную асимметричной модели, представленной в разделе 3, в случае когда $m = 1$. Однако теперь также считается, что компоненты системы ответственны за генерирование клиентов, которые достигают узлов. Предполагается, что каждый клиент – фактически пакет и часть сообщения. Для того чтобы передать каждое сообщение может быть необходимо несколько пакетов.

Аспекты MSMQ системы подобны моделям, представленным в предыдущем разделе. Однако отметим, что деятельность in теперь просто представляет поставку пакета с генератора на буфер. Оценка этой деятельности определена генератором.

Предполагается, что процесс прибытия описывается законом Пуассона, с оценкой λ , поставляющей сообщения генератору о готовности их принять. Это представляется *принимающей* деятельностью. Каждое принятое сообщение разбито на *пакеты*. Предполагается, что средняя длина сообщения – M пакетов. Пакеты поставляются в буфер по одному, с помощью in деятельности. Когда закончилось обслуживание пакета, он будет заменен другим, пока все сообщение не будет отправлено. Тогда возобновляется процесс прибытия. Так как среднее число пакетов в сообщении – M , когда обслуживание пакета закончено, другой пакет уже доступен с вероятностью $M-1/M$. Таким образом, пассивная деятельность *подачи* с этим результатом имеет вес $M-1$, тогда новое сообщение с вероятностью $1/M$ должно быть обработано прежде, чем доступен другой пакет. Итак, вес деятельности *подачи*, которая возобновляет процесс прибытия, равен 1.

Теперь узлы системы представлены сложными компонентами $Comp_j$, кооперацией «генератора» Gen_{j_0} и «узла», $Node_{j_0}$. Эти компоненты должны кооперировать действия in и $serve_j$. Они объединены друг с другом как серверы. Действия *блуждание* $walk_{E_j}$, *блуждания* $walk_{F_j}$, $serve_j$ требуют кооперации сервера и соответствующего соединения.

Это означает, что три компонента, Gen_j , $Node_j$ и S_j должны кооперироваться так, чтобы была достигнута $serve_j$ деятельность.

Модель имеет 888 состояний и 3858 переходов. Поскольку система симметрична, особенности характеристики всех узлов одинаковы. Вместо среднего времени ожидания клиента или пакета, в узле вычисляют среднее время передачи сообщения. Используем закон о малом числе испытаний, который сейчас применен к сложной паре узлов. Находим среднее число *сообщений* в узле N_m , отмечая, что найдется один представитель сообщения всякий раз, когда не разрешена *принимающая* деятельность. Поэтому полагаем полную деятельность равной 1, найдем R_{accept} и выводим, что $N_m = 1 - R_{accept}$. Находим пропускную способность сообщения, X_m , полагая вероятность деятельности ($serve, w_2, \perp$) равной $1/M \times \mu$ всякий раз, когда посланы все пакеты сообщения. Предполагаемое время передачи сообщения в системе T_m , тогда $T_m = N_m / X_m$.

Математическая модель зависимости времени передачи сообщения W от среднего числа пакетов в сообщении n , будет иметь следующий вид:

$$- \text{ для System } W = 0.0038 n^2 + 1.325n + 9.533;$$

$$- \text{ для SysP } W = 0.0305n^2 + 1.805n + 10.33 .$$

Это сравнение с предполагаемым временем передачи сообщений той же самой длины в родственной модели опроса $SysP$

$$SysP = \left(Comp_1 \parallel Comp_2 \parallel Comp_3 \right)_{(walk_{E_j}, walk_{F_j}, serve_j)}^{\triangleright \triangleleft} \times \\ \times (S_1) / \{ accept, pack, walk_{E_j}, walk_{F_j} \}.$$

Заключение. Представленное исследование моделирования анализирует особенности различных *мультиочереди* и *мультисерверов* (MSMQ) систем. Эти расширенные классиче-

ские системы опроса были важными представлениями многочисленных примеров архитектуры сети с кольцевой топологией и отмеченным доступом одновременно более чем к одному узлу. Системы являются моделями, использующими PEPA. В каждом случае выполнен точный анализ с применением основного марковского процесса. Было показано, что композиционная структура модели PEPA может также быть применена при методах упрощения моделей. Также было предложено для упрощения моделей и пространства состояний агрегирование как средство для исследования характеристик больших моделей. Методы агрегирования применялись на уровне марковского процесса.

Библиографический список

1. Сорокин А.С. Алгебра процесса моделирования характеристик. // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2011. № 5(87). Кемерово, С. 105–109.
2. Сорокин А.С. Модели симметричных систем опроса в теории организации очередей.// Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2011. № 6(88). Кемерово. С. 66–71.
3. Сорокин А.С. Моделирования характеристик систем мультисервер-мультиочереди MSMQ. // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2012. № 1(89). Кемерово. С. 84–87.
4. Aldinucci M, Danelutto M. Algorithmic Skeletons Meeting Grids. // Parallel Computing, 32(7-8). 2006. p. 449–462.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКСЕЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФИНАНСОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Динова Н.И., Зверева А.Б.

*Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова,
г. Москва*

Схема вексельного кредитования достаточно проста. Когда предприятие нуждается в дополнительных оборотных средствах, но из-за высокой стоимости обычного банковского кредита не имеет возможности получить его «живыми» деньгами, оно может прибегнуть к вексельному кредитованию. В таком случае банк заключает с клиентом договор, по которому предприятие в качестве кредита получает пакет векселей на сумму, указанную в этом договоре. Это лишь общая схема операций по кредитованию с векселями. На деле существуют и реализуются 3 принципиальные схемы, и с использованием их комбинаций достигается требуемый результат.

1. Формируется замкнутая цепочка расчетов между предприятиями, связанных производственным циклом, векселями предприятий. При реализации первого варианта исследуются производственные цепочки, и вексель предприятия, проходя по ним, погашает взаимную задолженность предприятий без привлечения оборотных средств. Здесь, как и в других вариантах, роль банка может заключаться в депозитарном обслуживании расчетов, то есть вексель предприятия может оставаться на ответственном хранении в банке, что является гарантией для участников расчетов, что вексель будет использоваться только внутри данной цепочки.

2. Расчеты осуществляются векселями предприятия и поставщиками с использованием векселей, принимаемых в оплату продукции предприятия, которые реализуются дилерам, при этом, дилеры рынка получают оплаченную векселями продукцию, и перечисляют в оплату векселей денежные средства от ее реализации. Второй вариант основывается на ликвидности, то есть возможности в любой момент продать за «живые» деньги продукцию предприятия. При этом векселя предприятия погашаются продукцией, или в оплату продукции принимаются векселя банка. Затем продукция реализуется дилерами на рынке, и за счет этих средств погашаются или оплачиваются ценные бумаги, проданные банком дилеру.

3. Предприятие получает кредиты под залог векселей, принимаемых в оплату продукции предприятий, или денежные средства от погашаемых векселей банка. Третий вариант включает в себя, помимо возможности получить денежные средства на расчетный счет за векселя (как правило с потерями, связанными с разницей (дисконтом) между отпускной стоимостью продукции и рыночной ценой), возможность переложить затраты на себестоимость в форме процентов по кредиту. Остановимся более конкретно на примерах того, как вексель используется для оптимизации финансовых операций.

Схема 1. Применение векселей в кредитно-расчетных отношениях между предприятиями и организациями.

Согласно [1] предприятиям-поставщикам разрешено предоставлять своим заказчикам коммерческий кредит, то есть осуществлять поставку продукции (выполнять работы, оказывать услуги) в кредит с взиманием с покупателей (потребителей, заказчиков) процентов, используя для оформления таких сделок векселя. При этом предприятия и организации могут выступать как кредитором (получателем векселя), так и должником (векселедателем). Они также могут привлекать банки в качестве гаранта платежа по векселю (авалиста) и кредитора. После выдачи (при предоставлении коммерческого кредита) вексель может быть использован и как средство расчетов с поставщиками и обеспечения. Как правило, используется простой вексель.

Таким образом, вексель выполняет две функции – коммерческого кредита и средства платежа. Абсолютная величина дисконта определяется как разность между номиналом векселя и его современной стоимостью на момент проведения операции. При этом дисконтирование осуществляется по учетной ставке d , устанавливаемой банком,

$DISK = FV - PV = N - P = \frac{Ndt}{B}$, где t – число дней до погашения; d – учетная ставка банка;

P – сумма, уплаченная владельцу при учете векселя; N – номинал векселя (руб.). Современная стоимость PV (ценные обязательства P) при учете векселя определяется как

$PV = FV(1 - dn) = FV\left(1 - \frac{dt}{B}\right)$. Суть данного метода заключается в том, что проценты начисляются на сумму, подлежащую уплате в конце срока операции. При этом применяется учетная ставка d . Отметим основные моменты:

– При предоставлении коммерческого кредита потребителям (приеме векселей от потребителей) предприятия и организации должны учитывать следующее – кредитоспособность векселедателя (его платежеспособность), текущее состояние дел предприятия, его ликвидность; обеспечение векселя (авалом банка или страховой компании, залогом имущества); кредитоспособность второстепенных должников (индоссантов и авалистов); возможность расчета данными векселями, их учет или продажа (в том числе в порядке форфетирования, взаимозачета); состояние *собственного* баланса ликвидности; состояние дел со сбытом *собственной* продукции.

– Прибегать к коммерческому кредиту поставщиков (выдавать им векселя) предприятиям и организациям нужно, исходя из следующего: своей собственной платежеспособности (так как неоплата векселя приведет к подрыву кредита, как поставщика, так и банка); кредитоспособности других должников (векселедателя и индоссантов), если это – не собственный вексель. Кроме того, если условия коммерческого кредита выгоднее, чем расчет имеющимися денежными средствами, то предприятие должно иметь возможность выгодно использовать сэкономленные средства.

– При получении векселедательского кредита предприятие заключает с обслуживающим банком кредитное соглашение, по которому оно получает в свое распоряжение простые векселя, выписанные банком на него. По кредитному соглашению векселедержатель обязан к согласованным срокам предоставить банку денежные средства (покрытие), соответствующие общей сумме полученных векселей.

Применение векселей в кредитно-расчетных отношениях позволяет предприятиям и

организациям увеличивать размер и ускорять оборачиваемость оборотных средств, укреплять платежную дисциплину, в частности, снижать размер недоимки по местным налогам, удешевлять кредит и разнообразить его источники, улучшать баланс ликвидности [2].

Схема 2. Выпуск банковских векселей для решения местных бюджетных проблем.

Эти векселя имеют в качестве векселедателя банк, первого векселеприобретателя – местный орган власти, они могут быть авалированы страховыми компаниями, приниматься в зачет налогов. Здесь следует заметить, что поскольку местные бюджеты России живут и работают в разных условиях, то для решения их проблем трудно выработать универсальный подход.

Рассмотрим схему, в которой сделан упор на предприятие, а банку отведена вспомогательная роль, при этом затронута проблема средне- и долгосрочного дефицита. Специфика задачи состоит в следующем. Пусть имеется налогоплательщик (завод), который, *во-первых*, является крупнейшим налогоплательщиком в городской бюджет (более половины всех поступлений), но вместе с тем – крупнейшим должником. *Во-вторых*, хотя у завода с деньгами плохо, в отличие от других налогоплательщиков (заводов), перспективы у него лучше – он выпускает конкурентоспособную на мировом рынке продукцию (он освоил различные модификации своих базовых моделей). *В-третьих*, завод оказывает городу услуги (электроэнергия, водоснабжение, теплоснабжение) на более десятка млрд. рублей в год. Для решения данной задачи необходимо сделать недоимку бюджета ликвидной, обеспечить честное выполнение расходной части бюджета, сделать так, чтобы был прокредитован налогоплательщик (завод), на котором держится город. Именно, задействовать товарный кредит.

Схема 3. Привлечение краткосрочного кредита (в той или иной форме) для пополнения оборотных средств предприятий.

Здесь важно разнообразить источники кредита, организовать оперативное его привлечение при изменяющейся финансово-хозяйственной обстановке. Кроме того, при решении такой задачи решающую роль играет ее специфика. Пусть поставщик (промышленное предприятие, крупный импортер) поставляет предприятиям оптовой торговли (базам) или рознице товары на реализацию. Продукция поставляется под векселя с процентной оговоркой. Далее поставщик продает полученные векселя физическим и юридическим лицам. Важно то, что векселя выписываются не массой разнородных покупателей, а промежуточным звеном в виде подконтрольной компании – одним крупнейшим оптовиком. В этом случае формально вся продукция реализуется этому оптовику и отгружается покупателям от его имени. Таким образом, векселя выписывает единственный векселедатель. В результате практическая реализация схемы упрощается, она становится более гибкой и управляемой.

Схема 4. Помощь предприятий друг другу денежными средствами, без лишних (неоправданных налогов).

При этом предприятия должны строго следовать закону. В основе решения этой задачи лежит идея векселедательского кредита. Средства необходимы нуждающемуся (векселедателю), как правило, для осуществления уже подготовленных операций. Векселедатель, скажем, завод, которому необходимо отгрузить продукцию по железной дороге, получает от дороги эту услугу под простой процентный вексель сроком, скажем, по предъявлении. Этот товарный вексель тут же покупает векселеприобретатель – инвестор, у которого на то имеются денежные средства безоборотной передаточной надписи, чтобы вывести продавца векселя из числа обязанных по векселю лиц (если последний заявит о таком желании). При таком подходе векселеприобретатель покупает ценные бумаги, то есть инвестирует временно свободные средства в такие высококачественные ликвидные активы, как товарные векселя, обеспечивающие краткосрочный оборот. Его доход облагается по льготной ставке, НДС отсутствует, у векселедателя проценты (как оплата коммерческого кредита) относятся на себестоимость, поставщик получает свои деньги.

Схема 5. Осуществление банком активно-пассивных операций без лишних налогов для себя и вкладчиков.

Как и в схеме 4 банк приобретает процентные векселя предприятий-заемщиков по

номиналам сразу после того, как они были выданы поставщикам. Только в данном случае векселя выдаются и затем приобретаются пакетами, заранее разложенными на суммы, сроки и процентные ставки. Таким образом, фактическое кредитование за счет собственных и привлеченных средств сводится к фондовым операциям.

В заключение следует отметить, что оценка вероятности успеха вексельных операций является достаточно сложной задачей. В связи с этим целесообразен подход, в основе которого лежит качественное понимание надежности вексельных операций, для чего вводится двухоценочная качественная шкала. Каждая вексельная операция имеет либо высокую надежность, либо низкую надежность. Задача заключается в определении схемы вексельного обращения с минимальным числом вексельных операций, имеющих низкую надежность и решается в два этапа. *На первом этапе* делается попытка определить схему вексельного обращения, содержащую вексельные операции только высокой надежности. Если же этого не происходит, то необходимо перейти ко *второму этапу*, где в сети добавляются дуги, соответствующие вексельным операциям низкой надежности. В полученной сети решается задача определения потока, насыщающего входные (и выходные) дуги с минимальным числом дуг с положительными потоками, соответствующих вексельным операциям низкой надежности. Таким образом, в задаче при определении сложности учитываются только дуги, соответствующие вексельным операциям низкой надежности. Конечно, возможны и другие схемы использования векселя в финансовой деятельности, но очевидно одно – в России вексельное кредитование остается одним из наиболее широко используемых видов кредитования корпоративных клиентов.

Библиографический список

1. Постановление Президиума Верховного Совета РСФСР «О применении векселя в хозяйственном обороте РСФСР от 24 июня 1991 года № 1451-1.
2. Иванов Д.Л. Вексель. – М.: Издательство АО «Консалт-банкир», 2010.

О МОДЕЛИРОВАНИИ «ТРУБЧАТЫХ» ПРОЦЕССОВ

Сергеева Н.А., Чжан Е.А.

*Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск*

Введение. На практике часто возникает задача изучения различных технологических процессов. Первоначальным этапом на этом пути является постановка задачи, определение входных и выходных переменных процесса. Однако кроме управляемых входных переменных, существует еще неуправляемые, которые необходимо учитывать при построении модели. На значения таких переменных мы никак не можем повлиять, только измерить их. Еще одной особенностью при идентификации объектов является различная дискретность выходных переменных. Причиной могут быть средства измерения переменных, если электрические средства контроля позволяют получать значения с желаемой, даже самой малой дискретностью, то процесс измерения с помощью химического анализа может длиться в течение месяца. Это приводит к тому, что технологический процесс уже завершен, а значение выходной переменной еще не известно. Зачастую эти переменные являются главными показателями, которые отвечают за качество изделий, его стоимость. Например, при производстве цемента – это его активность, нефти – октановое число.

Таким образом, необходимо осуществить прогноз главных показателей процесса на основе имеющейся информации с целью дальнейшего их использования в целях управления. Кроме того, входные переменные процесса могут быть стохастически связаны, что приводит к ряду особенностей, которые будут изложены ниже. Такие процессы будем называть «трубчатыми» или Н-процессами [1].

Рассмотрим общую схему исследуемого процесса, представленную на рисунке 1.

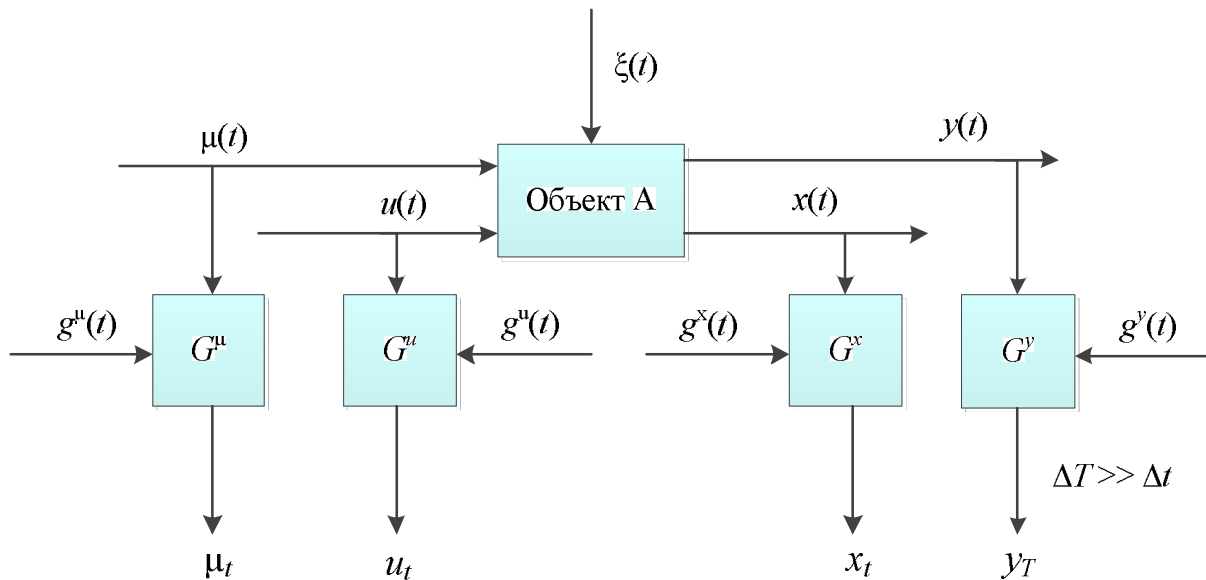


Рисунок 1 – Общая схема исследуемого объекта

На рисунке 1 приняты обозначения: A – неизвестный оператор объекта, $u(t) = (u_i(t), i = \overline{1, m}) \in \Omega(u) \subset R^m$ – входное воздействие, причем компоненты вектора входного воздействия зависят друг от друга; $\mu(t)$ – входное неуправляемое воздействие; $\xi(t)$ – векторное случайное воздействие; (t) – непрерывное время; $x(t) \in \Omega(x) \subset R^1$ – выходная переменная процесса, которая измеряется с интервалом времени Δt ; $y(t) \in \Omega(y) \subset R^1$ – выходная переменная процесса, которая измеряется с большим интервалом времени $\Delta T \gg \Delta t$; G^u , G^u , G^x , G^y – каналы связи, соответствующие различным переменным, включающие в себя различные средства контроля; $g^u(t)$, $g^u(t)$, $g^x(t)$, $g^y(t)$ – случайные помехи измерений соответствующих переменных процесса с нулевыми математическими ожиданиями и ограниченной дисперсией.

Необходимо отметить тот факт, что существует зависимость между входными переменными. Данная особенность приводит к тому, что процесс существует не во всей регламентированной области, а лишь в некоторой его части, процессы такого рода называются «трубчатыми» или Н-процессами.

Контроль $u(t)$, $\mu(t)$ и $x(t)$ осуществляется через интервал времени Δt , а переменной $y(t)$ – через $\Delta T \gg \Delta t$. Таким образом, дана выборка «входных-выходных» переменных $\{(u_i, \mu_i, x_i, y_j), i = \overline{1, s}, j = \overline{1, n}\}$, где s, n – объем выборки. Число значений n выходной переменной $y(t)$ имеется значительно меньше, чем объем выборки $s > n$, т. к. дискретность её измерения меньше. Итак, стоит задача идентификации, т.е. необходимо восстановить зависимости между входными-выходными характеристиками процессами. В зависимости от уровня априорной информации различают идентификацию в «узком» и «широком» смыслах.

Объект можно представить в следующем виде:

$$x_t = F(u, \mu, \xi), \quad (1)$$

тогда модель:

$$\hat{x}_t = \hat{F}(u, \mu). \quad (2)$$

Кроме выходной переменной $x(t)$, дискретность которой совпадает с дискретностью входных переменных, существует выходная переменная $y(t)$, для прогноза её значений необходимо учитывать влияние не только входных переменных, но и выходной переменной $x(t)$, т.к. значения $x(t)$ на момент прогноза уже получены:

$$\hat{y}_t = \hat{f}(u, \mu, x). \quad (3)$$

В некоторых задачах наибольшую ценность представляет прогноз как раз такой переменной с большой дискретностью измерения. Примером рассматриваемого процесса с различной дискретностью выходных переменных может послужить производство цемента. В этом случае в качестве переменной $y(t)$ служит активность цемента (его марка), которая измеряется с помощью химического анализа. Согласно ГОСТ 310.4-81 период определения марки – 28 суток, однако существуют переменные, дискретность которых значительно меньше. Такие переменные могут быть измерены электрическим способом. При производстве цемента косвенные показатели – это удельная поверхность, тонкость измельчения, распыл конуса и активность пропарки. Именно их необходимо использовать при построении модели выходной переменной $y(t)$.

Постановка задачи идентификации. Параметрическая идентификация или идентификация в «узком» смысле состоит из двух этапов. На первом этапе необходимо выбрать параметрическую структуру исследуемого процесса, исходя из априорной информации об объекте. На втором этапе необходимо оценить параметры модели. Это можно сделать различными рекуррентными методами. Если при определении параметрической структуры была допущена существенная ошибка, то такая модель не будет адекватной процессу.

Непараметрическая идентификация или идентификация в «широком» смысле не требует определения параметрического класса моделей. В данном случае оператор выбирается исходя из качественных данных об объекте: линейный или нелинейный объект, стационарный или нет и т.д. Здесь оценка оператора происходит на основании имеющейся выборки с помощью средств непараметрической статистики. При идентификации в «широком» на первоначальном этапе исключаются возможные ошибки, связанные с заданием параметрической структуры объекта, которая в подавляющем большинстве практических задач неизвестна.

При идентификации в «широком» смысле в качестве непараметрической модели можно принять непараметрическую оценку Надарая-Ватсона [2]:

$$x_s(u) = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \prod_{j=1}^m \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j))}, \quad (4)$$

где $\Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)), i = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}$ – ядерная колоколообразная функция и коэффициент размытости ядра c_s удовлетворяют следующим условиям сходимости [2, 4]:

$$\begin{aligned} c_s > 0; & \quad \lim_{s \rightarrow \infty} c_s = 0; \\ \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) \geq 0; & \quad c_s^{-1} \int_{\Omega(u)} \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) du^j = 1; \\ \lim_{s \rightarrow \infty} s c_s^m = \infty; & \quad \lim_{s \rightarrow \infty} c_s^{-1} \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)) = \delta(u^j - u_i^j). \end{aligned} \quad (5)$$

В данном случае в качестве колоколообразной функции $\Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j))$ было использовано параболическое ядро:

$$\Phi\left(c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right) = \begin{cases} 0.75\left(c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right)^2, & \text{если } \left|c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right| \leq 1, \\ 0, & \text{если } \left|c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right| > 1. \end{cases} \quad (6)$$

2. *Трубчатые процессы.* Общая схема «трубчатого» процесса представлена на рисунке

Пусть $u_1 \in R^1$, $u_2 \in R^1$, $x \in R^1$; интервалы изменения $(u_1, u_2, x) \in R^3$ всегда известны из практических соображений. Без нарушения общности выделим в R^3 единичный куб. Реально протекающий процесс же принадлежит подобласти $\Omega^H(u_1, u_2, x) \subset \Omega(u_1, u_2, x)$, которая никогда не известна.

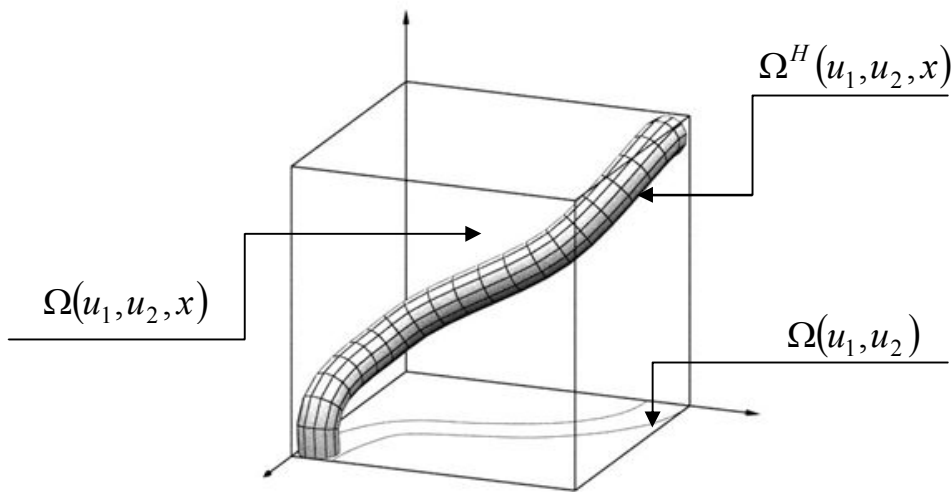


Рисунок 2 – Общая схема «трубчатого» процесса

Таким образом, $u_1 \in [0;1]$, $u_2 \in [0;1]$, $x \in [0;1]$, а триада $(u_1, u_2, x) \in \Omega^H(u_1, u_2, x)$. Ясно, что не каждое значение триады (u_1, u_2, x) , полученной в эксперименте или измеренной на реальном процессе, будет принадлежать единичному кубу $\Omega(u_1, u_2, x)$. Следует отметить, что в теории идентификации области $\Omega(u_1, u_2, x)$, $\Omega(u_1, u_2)$, $\Omega(u_1)$, $\Omega(u_2)$, $\Omega(x)$ всегда известны, а область $\Omega^H(u_1, u_2, x)$ не известна никогда. В случае стохастической независимости входных переменных процесса, $\Omega^H(u_1, u_2, x)$ совпадает с $\Omega(u_1, u_2, x)$, т.е. $\Omega^H(u_1, u_2, x) = \Omega(u_1, u_2, x)$.

При идентификации «трубчатых» объектов необходимо учитывать, что процесс протекает не во всей регламентированной области, а лишь в некоторой его части. Для этого принятую параметрическую модель необходимо дополнить индикаторной функцией:

$$x_s(u) = \hat{F}(u, \alpha_s) I_s(u), \quad (7)$$

где в качестве оценки индикатора можно принять следующее приближение:

$$I_s(u) = \text{sgn}(sc_s) \sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right), \quad (8)$$

параметр размытости c_s и ядерная функция $\Phi\left(c_s^{-1}\left(u^j - u_i^j\right)\right)$ удовлетворяют условиям сходимости (5).

При подаче на вход модели значений, которые принадлежат «трубке», индикатор принимает значение 1. В этом случае выход модели оценивается. Если же на вход поступило значение из регламентированной области, но не принадлежащее «трубке», то индикатор принимает значение 0, тогда выход модели не восстанавливается, т.к. процесс при таких значениях не существует.

Модели «трубчатых» объектов, содержащие индикаторную функцию, будем называть Н-моделями.

Численные эксперименты. Рассмотрим результаты численного эксперимента. Пусть исследуемый объект описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} x(t) = 0.7u_1(t) + 0.3u_2(t) + \xi; \\ u_2(t) = u_1(t) + \psi, \end{cases} \quad (9)$$

где $u_1, u_2 \in [0;3]$, ξ и ψ – случайные числа, распределенные по равномерному закону на интервале $[-0.05;0.05]$. Значения ξ и ψ генерируются по следующей формуле:

$$\xi = 0.05 \cdot \zeta \cdot x, \quad (10)$$

где ζ – случайная величина, равномерно распределенная в интервале $[-1;1]$.

В данном случае уравнение объекта задано с целью получения выборок «входных–выходных» переменных для решения задачи идентификации. При построении модели на основе полученных выборок, структура зависимости выходной переменной x от входных переменных u принята с точностью до параметров. При оценивании параметров используется метод наименьших квадратов (МНК).

Итак, получена выборка статистически независимых наблюдений $\{x_i, u_i, i = \overline{1, s}\}$, где x – измеряемая выходная переменная, $u = (u_1, u_2)$ – векторное входное воздействие, s – объем выборки.

Построим параметрическую модель исследуемого объекта. Результаты моделирования показаны на рис. 3 ($s = 100$), где красными точками обозначен исследуемый объект, синими – полученная параметрическая модель, куб – регламентированная область значения переменных. Параметрическая модель имеет следующий вид:

$$x_s = \alpha_1 u_1 + \alpha_2 u_2. \quad (11)$$

Модель (11) представляет собой плоскость (рисунок 3).

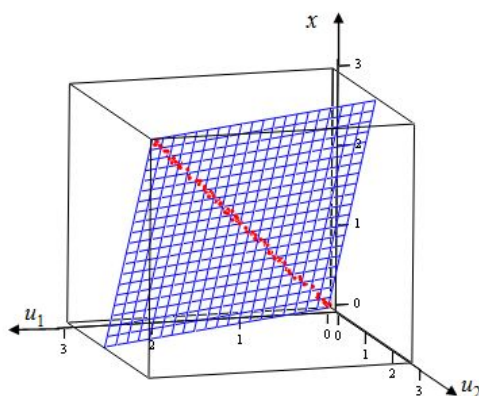


Рисунок 3 – Объект с «трубчатой» структурой и его параметрическая модель

На рисунке 4 представлена Н-модель «трубчатого» процесса. Объект показан серым цветом, точки выборки, случайно сгенерированные в заданной области $u_1, u_2 \in [0;3]$ – красным. Точки, входные значения которых попали в реальную область протекания процесса. Часть точек попали в истинную область протекания процесса («трубка»), значение оценки

индикатора в таких точках $I_s(u) = 1$, значение модели в таких точках $x_s(u)$ восстанавливается. В точках, которые не попали в область «трубки», значение оценки индикатора равно нулю $I_s(u) = 0$, соответственно значение выхода модели (11) в таких точках $x_s(u) = 0$. В данном случае, точки $x_s(u) = 0$, где $I_s(u) = 0$, показаны для наглядности: не все точки из регламентированной области принадлежат «трубке».

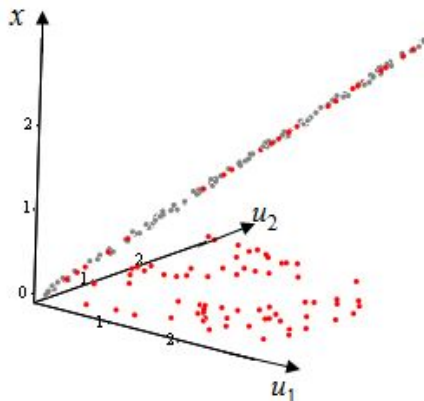


Рисунок 4 – Н-модель объекта с «трубчатой» структурой

Библиографический список

1. Медведев А.В. Анализ данных в задаче идентификации // Компьютерный анализ данных моделирования. Минск: БГУ, 1995. Т. 2. - С. 201–206.
2. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии. Тбилиси: изд. Тбил. ун-т, 1983. – 194 с.

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТОХАСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КЛАССА ВИНЕРА

Коплярова Н.В.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет,
г. Красноярск*

Проблема идентификации нелинейных динамических систем относится к разряду важнейших задач теории управления. В связи с большим разнообразием нелинейных динамических объектов, не существует универсальной теории их идентификации. Большинство из современных методов ориентировано на создание моделей какого-то определенного класса нелинейных процессов, или в них не учитываются все свойства исследуемых объектов. При этом задача идентификации рассматривается, чаще всего, «в узком смысле», когда структура объекта известна с точностью до вектора параметров.

Настоящая работа посвящена идентификации динамических систем «в широком смысле», то есть в условиях, когда параметризация невозможна или удается частично параметризовать модель исследуемого процесса на основании имеющейся априорной информации. Рассматриваются нелинейные системы, представимые в виде последовательно соединения линейного динамического и нелинейного статического блоков (модель Винера). При этом структура линейного динамического блока объекта находится в условиях непараметрической неопределенности, а общий вид нелинейного элемента считается известным с точностью до параметров.

Постановка задачи идентификации. Пусть исследуемый объект может быть представлен в виде некоторой комбинации линейных динамических и безынерционных нели-

нейных блоков. Требуется по наблюдаемым входным – выходным переменным процесса построить математическую модель стохастического объекта, адекватно описывающую его поведение при произвольном входном воздействии и наличии аддитивной помехи на выходные данные.

Рассмотрим модели нелинейного динамического объекта, которые представляют собой последовательное соединение двух блоков (общая схема такой системы представлена на рисунке 2). Преимуществом использования таких моделей является их относительная простота притом, что в них нелинейные и динамические свойства исследуемого объекта разделены. Линейный динамический блок моделей в этом случае должен воспроизводить динамические свойства исследуемого объекта, нелинейный блок – имитировать его нелинейные свойства [1]. Основная сложность в построении моделей таких объектов заключается в том, что внутренние сигналы $w(t)$ являются недоступными для измерения.

В общем виде задача идентификации нелинейной динамической системы поясняется на рисунке 1:

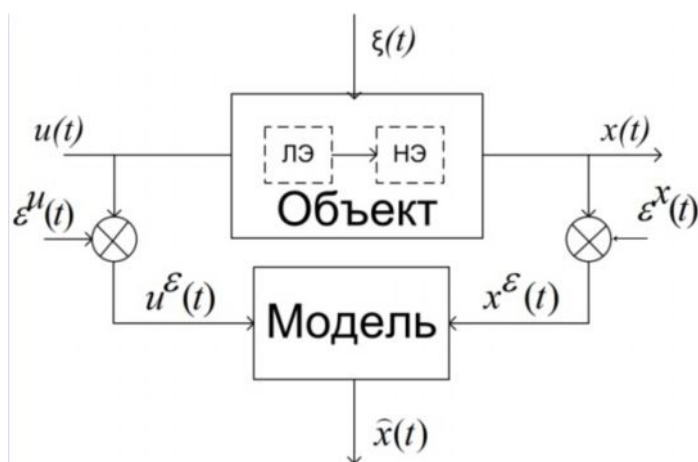


Рисунок 1 – Общая схема задачи идентификации

где Объект – система, состоящая из ЛЭ – линейной динамической и НЭ – нелинейной статической частей, $u(t)$ – входная переменная объекта, $x(t)$ – выходная переменная, u_i^ξ, x_i^ξ – соответствующие наблюдения переменных процесса, которые из соображений простоты будем обозначать $\{u_i, x_i, i=1, s\}$, $\xi(t)$ – ненаблюдаемое случайное воздействие, $\varepsilon^u(t), \varepsilon^x(t)$ – случайные факторы, действующие в каналах измерения переменных в дискретные моменты времени t , такие что $M\{\varepsilon\} = 0, D\{\varepsilon\} < \infty, \hat{x}(t)$ – выход модели объекта.

Имеется выборка измерений реакции объекта на тестовое входное воздействие $u(t)$: $\{u_i, x_i, i=1, s\}$. Структура и параметры линейной динамической части системы неизвестны. Рассмотрим некоторый вид нелинейности в объекте – известный с точностью до набора параметров. Нелинейный элемент представляет собой одно из следующих звеньев:

– Квадратор:

$$x(t) = a \cdot w^2(t) \quad (1)$$

– Звено насыщения (с порогом насыщения b_1):

$$x(t) = \begin{cases} w(t), & w(t) \leq b_1 \\ b, & w(t) > b \\ -b, & w(t) < -b \end{cases} \quad (2)$$

На основании имеющейся информации необходимо построить модель данной системы, адекватно описывающую ее поведение.

Непараметрическая модель линейной системы. Задача идентификации нелинейной системы может быть разделена на две части. Сначала рассмотрим задачу идентификации линейного элемента. Предположим, что требуется решить задачу идентификации линейной динамической системы в условиях недостатка априорной информации, то есть когда структура и параметры системы неизвестны, но имеется выборка измерения выходных переменных при некотором входном воздействии. В таком случае метод построения непараметрической модели линейной динамической системы основан на том, что реакция такой системы $w(t)$ на входное воздействие $u(t)$ описывается интегралом свертки [2]:

$$w(t) = k(0)u(t) + \int_0^t k'(t-\tau)u(\tau)d\tau = k(0)u(t) + \int_0^t h(t-\tau)u(\tau)d\tau, \quad (3)$$

где $h(t)$ и $k(t)$ – соответственно весовая и переходная функции исследуемой системы; τ – переменная интегрирования.

Таким образом, вычисление значения выхода объекта $w(t)$ возможно, если известна его весовая функция $h(t)$. Однако на практике прямое измерение значений весовой функции объекта представляется невозможным. Поэтому основная идея идентификации линейных систем в условиях непараметрической неопределенности состоит в непараметрическом оценивании весовой функции.

Запишем оценку переходной функции системы в виде стохастической аппроксимации регрессии непараметрического типа следующим образом [3]:

$$k_s(t) = \frac{1}{sc_s} \cdot \sum_{i=1}^s k_i H\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right), \quad (4)$$

где k_i – значения переходной характеристики линейной части системы, то есть сигнал, получаемый на выходе при подаче на ее вход единичного ступенчатого воздействия в виде функции Хевисайда ($u(t)=1$). При этом колоколообразная функция $H(\cdot)$ и параметр размытости C_s должны удовлетворять следующим условиям сходимости [4]:

$$c_s > 0; \lim_{s \rightarrow \infty} c_s = 0; \lim_{s \rightarrow \infty} sc_s = \infty, \quad (5)$$

$$\int_{\Omega(u)} H'(u)du = 0 \quad c_s \int_{\Omega(u)} H'(u)udu = -1$$

$$\lim_{s \rightarrow \infty} c_s^{-1} H\left(\frac{\tau-t}{c_s}\right) = \delta(\tau-t), u = \frac{\tau-t}{c_s}. \quad (6)$$

Переходная функция $h(t)$ представляет собой производную по времени от весовой $k(t)$ [4]. Поэтому непараметрическая оценка весовой функции примет следующий вид:

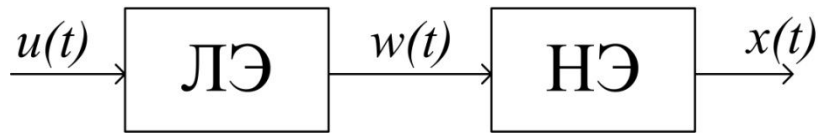
$$k'_s(t) = h(t) = \frac{1}{sc_s} \cdot \sum_{i=1}^s k_i H'\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right), \quad (7)$$

Таким образом, подставив оценку переходной функции в интеграл Дюамеля, получим непараметрическую расчетную модель линейного динамического элемента системы:

$$\hat{x}(t) = k(0)u(t) + \frac{1}{s \cdot c_s} \cdot \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{t/\Delta\tau} \hat{h}_i \cdot H\left(\frac{t-\tau_j-t_i}{c_s}\right) \cdot u(\tau_j)\Delta\tau. \quad (8)$$

Далее рассмотрим алгоритм идентификации нелинейной системы.

Непараметрическая модель нелинейной системы. Большое число нелинейных систем можно представить в виде замкнутого контура с последовательным включением нелинейного элемента и линейной части [3]. Пусть исследуемая система может быть представлена в виде модели Винера, общий вид которой показан на рисунке 2.



ЛЭ – линейная динамическая часть системы; НЭ – нелинейный элемент системы;
 $u(t)$ – входное воздействие; $w(t)$ – выход промежуточного звена объекта (не измеряемый);
 $x(t)$ – выход объекта

Рисунок 2 – Модель Винера

Выход линейного элемента $w(t)$ в данном случае измерению недоступен. Структура и параметры линейного динамического элемента неизвестны. Предположим, что вид нелинейного элемента в модели Винера задан с точностью до набора параметров, т.е. выход исследуемого объекта вычисляется как некоторая функция от интеграла Дюамеля:

$$x(t) = f\{w(t), \alpha\} \quad (9)$$

где $x(t)$ – выходной сигнал системы; $w(t)$ – выход линейной части системы (не измеряемый); $u(t)$ – входной сигнал системы; $f\{w(t), \alpha\}$ – нелинейный оператор.

Математическая модель нелинейного объекта может быть представлена в виде системы уравнений (8) и (9), в которых вместо весовой функции и параметров α используются их статистические оценки. Они могут быть получены, если путем генерации сформировать выборку $\{u_i, \hat{w}_i\}, i = \overline{1, S}$. В случае, когда для некоторых классов нелинейных элементов выражение (9) может быть разрешено относительно $w(t)$, имеем [3]:

$$w(t) = f^{-1}(x(t), \alpha), \quad (10)$$

В данном случае непараметрическая модель нелинейного объекта примет вид:

$$\hat{x}(t) = f(\hat{w}(t), \alpha)$$

где
$$\hat{w}(t) = \int_0^t \hat{h}(t - \tau) u(\tau) d\tau, \quad (11)$$

Таким образом, в общем виде получен алгоритм, позволяющий строить непараметрические модели нелинейных динамических системы, представленных в виде последовательного соединения линейного и нелинейного звеньев. Данные методы не предусматривают наличия полной априорной информации о структуре объекта.

Идентификация нелинейной системы с квадратом. Пусть имеем систему, представленную в виде модели Винера (рисунок 2). Причем нелинейная часть системы представляет собой квадрат, описываемый функцией вида: $f(p) = ap^2$ а – const. Выход объекта вычисляется следующим образом: $x(t) = f(w, a) = aw^2$. При входном воздействии $u(t) = 1$ выход нелинейной системы равен $x(t) = aw(t)^2$. То есть переходную характеристику линейного элемента $w(t) = k(t)$ можно выразить через выход исследуемого процесса следующим образом:

$$k(t) = \sqrt{x(t)/a}. \quad (12)$$

При произвольном входном воздействии и нулевых начальных условиях выход линейной части системы описывается выражением (8). С учетом рассчитанного значения переходной функции (12) выход линейного элемента равен:

$$w(t) = \frac{1}{sc_s} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{t/\Delta t} \sqrt{\frac{x_i}{a}} \cdot H' \left(\frac{t - \tau_j - t_i}{c_s} \right) u(\tau_j) \Delta \tau. \quad (13)$$

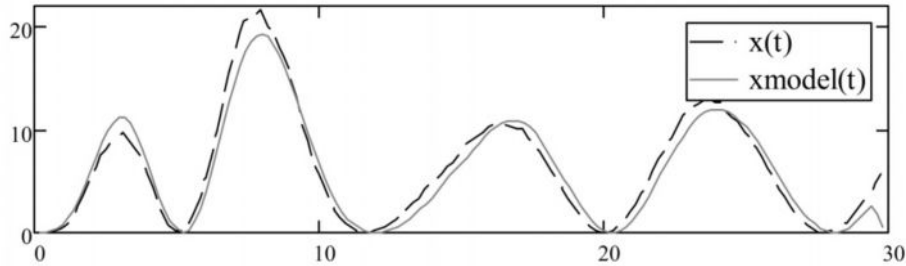
Модель нелинейного динамического объекта тогда примет вид:

$$\hat{x}(t) = \left[\frac{1}{sc_s} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{t/\Delta t} \sqrt{x_{i,j}} \cdot H' \left(\frac{t - \tau_j - t_i}{c_s} \right) u(\tau_j) \Delta \tau \right]^2, \quad (14)$$

где $x_{i,j}$ – реакция нелинейной системы на единичное входное воздействие

Пример. Рассмотрим нелинейную динамическую систему, состоящую из квадратора вида (параметр $a=4.37$) и разностного аналога дифференциального уравнения (имитирующего объект): $2 \cdot y''(t) + 0,3 \cdot y'(t) + 1.5 \cdot y(t) = u(t)$

Тестовое входное воздействие: $u(t)=2\cos(0.4t)$.



$x_{model}(t)$ – модель нелинейной системы; x – выход системы

Рисунок 3 – Результаты численных экспериментов (объем выборки $s=150$, шаг дискретизации $h=0.2$, помеха 5 %, относительная ошибка моделирования 2,5 %)

Идентификация нелинейной системы с насыщением. Пусть нелинейное звено системы описывается функцией вида (2). В данном случае при $w(t) < a$ выход объекта совпадает с выходом его линейной динамической части. В остальных случаях, выход объекта представляет собой константу, которую возможно определить опытным путем в результате нескольких статических экспериментов [6]. Для построения модели необходима следующая последовательность действий:

– проводим ряд статических экспериментов, то есть последовательно подаем на вход системы некоторые константы; в результате чего можем сделать вывод о значениях параметров функции, описывающей нелинейную часть системы;

– получаем оценку нелинейного элемента системы, параметры которого определяются согласно следующему алгоритму:

1) проведем серию экспериментов, в ходе которых будем подавать на вход системы воздействия $u_{i,j} = C_j$, $C_j = const$, в результате получим выборку $\{u_{i,j}, x_{i,j}\}, i = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}$

2) находим расстояние между двумя соседними измерениями: $hh_j = |x_{i,j} - x_{i-1,j}|/h$.

3) $\hat{b} = x_{i,j}$, если $hh_j < \varepsilon, \varepsilon > 0$.

4) если $x_{i,j} = \hat{b}$, то $x_j = y_{i-1,j}, \hat{a} = M\{a_j\}$.

– подаем на вход объекта ступенчатую функцию, амплитуда которой не превышает значение порога b – получаем переходную характеристику и строим модель линейной части объекта в виде интеграла Дюамеля.

– строим модель объекта, выход которой вычисляется как значение функции, описывающей нелинейное звено, аргументом которой является выход модели линейной части объекта.

Пример. Рассмотрим нелинейную динамическую систему, состоящую из звена насыщения вида (2) (параметры $b=0.7, b_1=2$) и разностного аналога дифференциального уравнения (имитирующего объект): $2 \cdot x''(t) + 0,5 \cdot x'(t) + 1 \cdot x(t) = u(t)$.

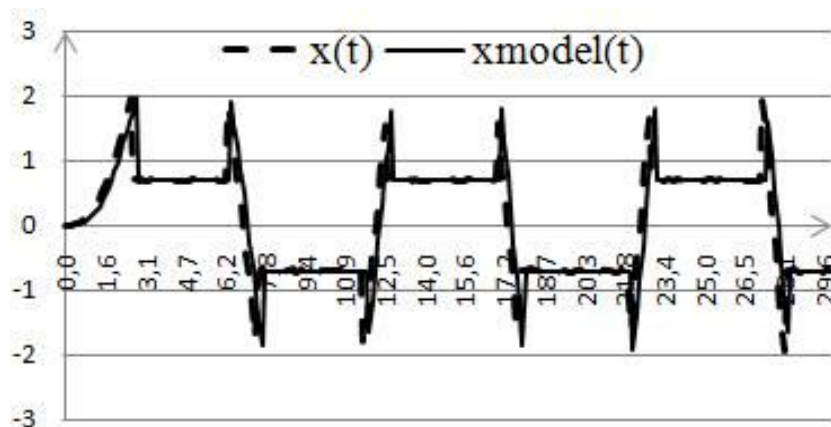


Рисунок 4 – Результаты оценки выхода $x(t)$, где $x_{model}(t)$ – модель нелинейной системы, x_i – выход системы, объем выборки $s=250$, шаг дискретизации $h=0,12$, помеха 5 %, входное воздействие $u(t)=3,5\cos(0,5t)$. относительная средняя ошибка моделирования 5,8 %

Делая анализ работы модели нелинейного динамического объекта с видом нелинейности типа звено насыщения и квадратор, можно сделать следующие выводы: непараметрическая модель адекватно описывает систему при различных значениях параметров нелинейной части объекта, в условиях зашумленности каналов связи, при различном объеме выборки и различных входных воздействиях.

Выводы. В настоящей работе рассмотрена задача идентификации нелинейных динамических систем. Исследуемые объекты представлены в виде последовательно соединенных линейного динамического и нелинейного статического блоков (модели Винера). В данном случае структура линейного динамического блока неизвестна, а вид нелинейности предполагается известным с точностью до параметров.

Приводятся методика получения прогноза выхода нелинейных систем посредством сочетания моделей линейного динамического и нелинейного статического процессов в общей модели системы. Данные методы не предусматривают наличия полной априорной информации о структуре объекта.

Приведены непараметрические модели и результаты вычислительных экспериментов, состоящие в построении непараметрических моделей динамических процессов типа Винера, в случае, когда тип нелинейного элемента представлял собой квадратор и звено насыщения. Полученная непараметрическая модель адекватно описывает исследуемые системы при различных видах нелинейной части объектов, в условиях зашумленности каналов связи, при различном объеме выборки и входных воздействиях.

Библиографический список

1. Попков Ю.С., Идентификация и оптимизация нелинейных стохастических систем. – М.: Энергия, 1976, – 440 с.
2. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации. – Новосибирск: Наука, 1983. – 173 с.
3. Медведев А.В. Непараметрические алгоритмы идентификации нелинейных динамических систем. / Сб. Стохастические системы управления. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 15–22.
4. Чайка С.Н. К идентификации динамических систем при частично параметризованной структуре модели / Динамика систем. Горький: Изд-во Горьковского гос. ун-та, 1989.
5. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. Изд. «Наука», 1968. – 400 с.

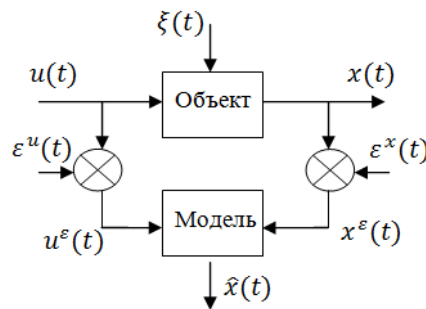
О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сергеева Н.А., Старовойтова А.В.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск*

Введение. Моделирование дискретных и непрерывных процессов в обстановке случайных факторов еще долго будет оставаться актуальной проблемой в теории идентификации. При выборе того или иного метода решающую роль играет априорная информация об объекте, в том числе ее количество. Общепринятый подход состоит в том, что на основе доступной информации осуществляется предварительная параметризация модели [1, 2]. Ниже развивается путь, связанный с отсутствием информации о параметрической структуре объекта. В качестве априорной информации в данном случае используются только сведения о линейности динамического объекта. Это отличает его от многих существующих методов идентификации. Идентификация в данном случае осуществляется на основании методов непараметрического оценивания различных регрессионных характеристик [3].

Постановка задачи. В представленной работе решается задача идентификации линейной динамической системы. Общая схема процесса имеет традиционный вид:



$x(t)$ – выходная переменная; $u(t)$ – входная переменная; $\hat{x}(t)$ – выход модели объекта;
 $\xi(t)$ – случайное воздействие; $\varepsilon^x(t)$, $\varepsilon^u(t)$ – случайные помехи в каналах измерений,
 имеющие нулевое математическое ожидание и ограниченную дисперсию;
 $x^e(t)$, $u^e(t)$ – наблюдаемые значения выходных и входных переменных

Рисунок 1 – Общая схема идентификации

Известно, что систему такого рода характеризует ее весовая (переходная) характеристика. Существующий подход к построению непараметрической модели состоит в следующем [4–6]:

- на вход объекта подается функция Хевисайда;
- на основании наблюдений выходной переменной производится непараметрическая оценка переходной характеристики;
- для получения оценки весовой характеристики $w_s(t)$ берется производная от оценки переходной характеристики;
- формируется непараметрическая модель объекта, представляющая собой непараметрическую оценку интеграла Дюамеля (1).

$$x_s(t) = \int_0^t w_s(t - \tau)u(\tau)d\tau, \quad (1)$$

где $x_s(t)$ – оценка выходной переменной объекта.

Однако применение данного алгоритма связано с некоторыми трудностями, среди которых отметим следующие: функции Хевисайда или Дирака физически нереализуемы и на практике заменяются воздействиями близкими к ним по виду, что неминуемо приводит к возникновению погрешностей; подача на объект такого рода специальных воздействий может неблагоприятно сказаться на некоторых из объектов.

В представленной работе предлагается альтернативный способ отыскания весовой характеристики. Его отличие от описанного подхода состоит в том, что подаваемый на вход объекта сигнал может иметь вид любой гладкой функции (к примеру, синуса, экспоненты, и т.п.). Оценка переходной функции осуществляется при помощи вычислительной процедуры, описанной далее.

Непараметрические модели. Пусть при проведении эксперимента с объектом измерения производятся через равные по величине промежутки времени Δt . Реакция объекта на входное воздействие имеет вид совокупности точек $\{x_i\}, i = 1, \dots, s$, где s – объем выборки. Представим некоторое гладкое входное воздействие в дискретном виде: $\{u_i\}, i = 1, \dots, s$. Заменим интеграл в интеграле Дюамеля численным аналогом согласно методу прямоугольников и выразим значения точек переходной характеристики объекта (h_i):

$$x_i = \sum_{j=1}^i h_j u'_{j-1} a = \sum_{j=1}^{i-1} h_j u'_{j-1} a + h_i u'_0 a, \quad (2)$$

$$h_i = \frac{x_i - \sum_{j=1}^{i-1} h_j u'_{j-1} a}{u'_0 a}, \quad (3)$$

где a – величина шага в методе прямоугольников. Т.о. мы получили набор дискретных значений. На их основании строится непараметрическая оценка регрессии [3] для переходной функции (4). Для отыскания весовой характеристики вычисляется производная от переходной (6).

$$h_s(t) = \frac{\sum_{i=1}^s h_i \Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)}, \quad (4)$$

$$\Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right) = \begin{cases} 0.035 - 0.067 \left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)^2, & \text{если } \left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)^2 \leq 5, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}, \quad (5)$$

$$w_i = \frac{h_s(i\Delta t) - h_s((i-1)\Delta t)}{\Delta t}, \quad (6)$$

где $t_i = i\Delta t$, $\Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)$ – колоколообразная функция; c_s – параметр размытости, удовлетворяющие определенным условиям сходимости.

Подставив оценку весовой функции $w_s(t)$ (7) в интеграл Дюамеля, мы получим непараметрическую модель объекта (8), и сможем прогнозировать его реакцию на произвольное входное воздействие вида $u(t)$.

$$w_s(t) = \frac{\sum_{i=1}^s w_i \Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{t-t_i}{c_s}\right)}, \quad (7)$$

$$\hat{x}(t) = \int_0^t w_s(\tau)u(t-\tau)d\tau, \quad (8)$$

где $\hat{x}(t)$ – оценка значения выходной переменной.

Вычислительные эксперименты. В качестве уравнения, описывающего исследуемый процесс, было принято дифференциальное уравнение вида:

$$0.25 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + 0.2 \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = u(t) \quad (9)$$

Для отыскания значений выходной переменной использовался метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

Обратим внимание, что при построении непараметрической модели исследуемого процесса вид уравнения (9) был неизвестен и необходим при исследовании для имитации наблюдений входных и выходных переменных.

Входной сигнал имел вид:

$$u(t) = \frac{\arctg(t)}{0.5\pi} \quad (10)$$

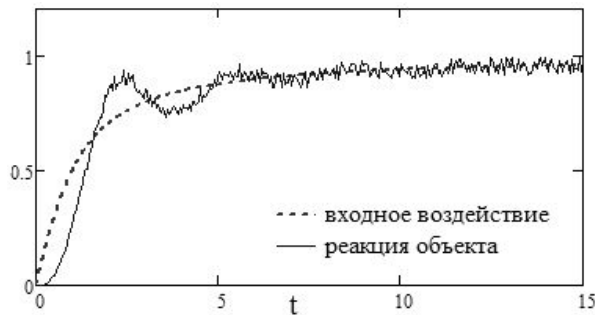


Рисунок 2 – График функций входного воздействия и реакции системы

Пусть шаг дискретизации $\Delta t = 0.05$, помеха равномерно распределена и равна 4%, $x(0) = (0 \ 0)^T$. Итоги отыскания переходной и весовой характеристики и итоги построения модели представлены на рисунках 3, 4, 5.

Как видно из представленных рисунков, модель дает такие прогнозы значений выходной переменной, которые практически совпадают с действительными значениями выходного сигнала. Это говорит о ее хорошем качестве.

Для исследования зависимости качества моделирования от различных параметров был проведен ряд экспериментов.

Было показано, что ошибка моделирования увеличивается с увеличением шага дискретизации (рисунки 6, 7).



Рисунок 3 – Непараметрическая оценка переходной характеристики

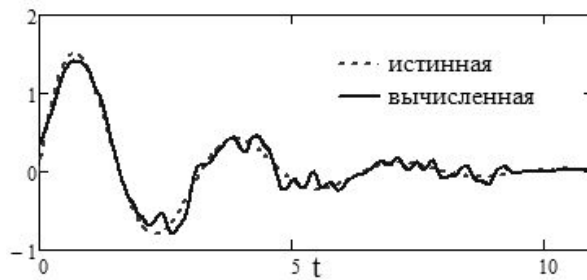


Рисунок 4 – Непараметрическая оценка весовой характеристики

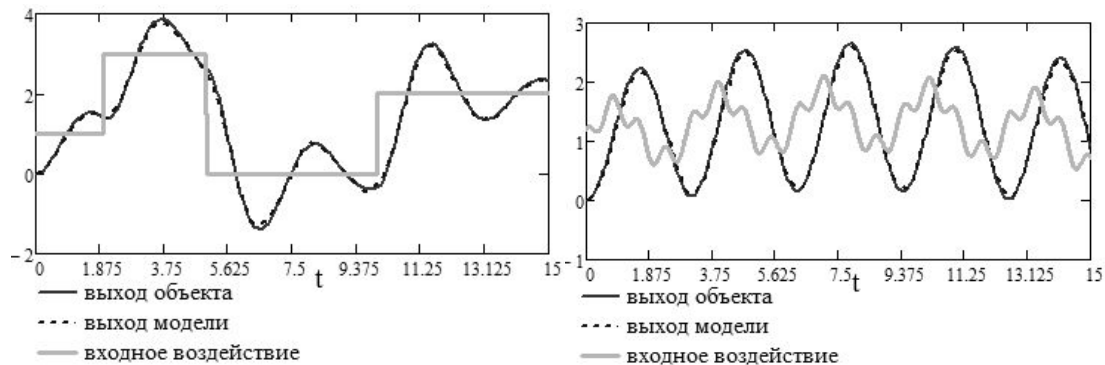


Рисунок 5 – Сравнение выходных сигналов модели и объекта при подаче на вход одинаковых воздействий ($\Delta t = 0.05$, помеха 4%)

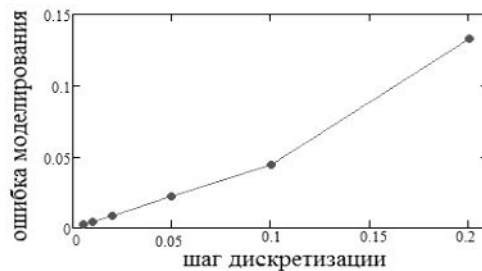


Рисунок 6 – Зависимость величины ошибки моделирования от шага дискретизации

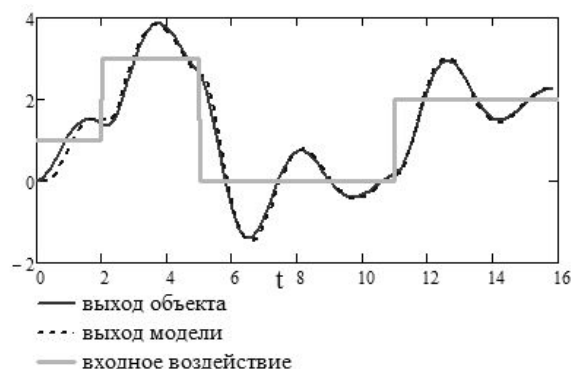


Рисунок 7 – Сравнение выходных сигналов модели и объекта при подаче на вход одинаковых воздействий ($\Delta t = 0.2$, помех нет)

Из рисунков 8 и 9 видно, что увеличение помехи, действующей в канале измерений выходной переменной, негативно сказывается на качестве моделирования. Однако стоит заметить, что даже при помехе величиной 16%, действующей в канале измерения выходной переменной, значения выходных переменных модели и объекта достаточно близки.

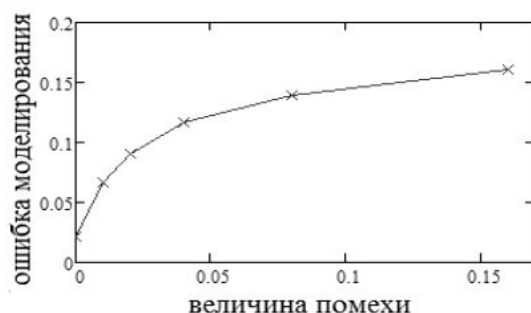


Рисунок 8 – Зависимость величины ошибки моделирования от уровня помех

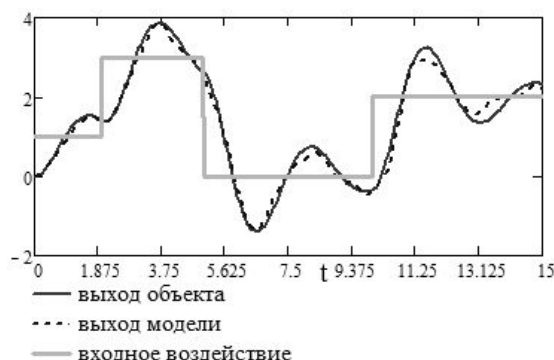


Рисунок 9 – Сравнение выходных сигналов модели и объекта ($\Delta t = 0.05$, на выход объекта наложена равномерно распределенная помеха величиной 16 %)

Рисунок 10 иллюстрирует тот факт, что качество модели сильно зависит от выбора параметров размытия для оценок переходной и весовой характеристики.

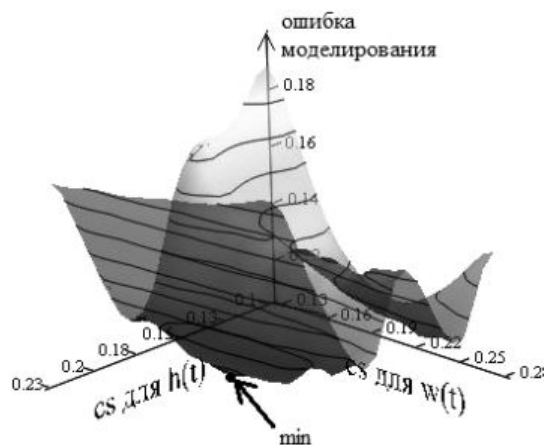


Рисунок 10 – Зависимость величины ошибки от значений коэффициентов размытости

Исходя из приведенных экспериментов, можно сделать следующие выводы: при построении модели шаг дискретизации следует выбирать как можно меньшим, учитывая требования к точности модели; настройку коэффициентов размытости необходимо производить таким образом, чтобы результаты моделирования максимально согласовывались с накопленными данными о поведении объекта.

Заключение. В докладе приведен алгоритм непараметрического моделирования линейных динамических систем. То, что входной сигнал может иметь вид любой гладкой функции, является отличительной чертой данного алгоритма по сравнению с предшествующими работами по непараметрическому моделированию. Приведены некоторые резуль-

таты из достаточно объемных вычислительных исследований при различных условиях. Показано, что качество модели тем выше, чем меньше шаг дискретизации, уровень помех, и чем лучше подобраны коэффициенты размытости для оценки переходной и весовой характеристики. Хотя в докладе приведены результаты только для процесса второго порядка, в исследовании проводились эксперименты по моделированию объектов описываемых дифференциальными уравнениями различных порядков. Полученные результаты непараметрического моделирования линейных динамических систем в дальнейшем используются для построения непараметрического регулятора [7].

Библиографический список

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния. М.: Мир. 1975. – 680 с.
2. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. М.: Наука. Физматлит 1995. – 336 с.
3. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии. Тбилиси.: Тбил. ун-та. 1983. – 286 с.
4. N.A. Sergeeva On nonparametric identification of dynamic systems // Vestnik SibGAU. 2002 no. 3, pp. 56–64.
5. Медведев А.В. К теории непараметрических систем / А. В. Медведев//Вестник СибГАУ. Вып. 5. Красноярск, 2010. – С. 6–13.
6. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации / А.В. Медведев. Новосибирск: Наука, 1983, – 174 с.
7. Medvedev A.V. Identification and control for linear dynamic systems of unknown order. // Optimization Techniques IFIP Technical Conference / Berlin – Heidelberg – New-York: Springer – Verlag, 1975. – С. 48–55.

ВЫБОР СХЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СЕРНЫХ ОТПЕЧАТКОВ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Посохов И.А., Логунова О.С., Мацко И.И.

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск*

Актуальность исследования шума на изображениях

Под термином «шум» принято понимать «нежелательный сигнал», т.е. нежелательные электрические колебания в сигналах, которые принимает радио, вызванные акустическим шумом. Величина шума на изображении может варьироваться от почти незаметных пятнышек на цифровой фотографии, сделанной при хорошем освещении, до, почти полностью состоящих из шума, радиоастрономических изображений, лишь малая доля такого изображения может быть преобразована в информацию путем сложной обработки [1]. Большая часть шума на цифровом изображении появляется в процессе его получения (оцифровки) и передачи. Например, в процессе получения изображения с помощью фотокамеры с ПЗС¹ матрицей, основными факторами, влияющими на величину шума, являются уровень освещенности и температура сенсоров. В процессе передачи изображения могут искажаться помехами, возникающими в каналах связи.

В металлургическом производстве для оценки качества полуфабрикатов и готовой продукции используются изображения образцов: серных отпечатков, фотографий, полученных для макро- и микроструктуры. Многочисленные исследования, проводимые авторами работ [2 – 5] показали, что при автоматизированной оценке изображений металлургической

¹ ПЗС-матрица (сокр. от «прибор с зарядовой связью») – специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов.

продукции, в частности, образцов макроструктуры заготовки, остаются актуальными следующие проблемы, снижающие достоверность информации:

- существенные различия в яркости получаемых изображений в зависимости от химического состава заготовки;
- наличие объектов нерегулярной формы, которые получены в ходе нарушения технологии изготовления образцов изображения для оценки качества продукции;
- наличие объектов, сопоставимых с размерами изображения, полученных при нанесении служебных меток на образцах.

Наличие этих проблем доказывает необходимость рассмотрения причин возникновения такого шума и выбора методов для его удаления с изображения.

Характеристика набора исходных изображений для оценки качества

В ходе проведения экспериментальных исследований в условиях электросталеплавильного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» была сформирована база данных изображений, которая содержала сведения: номер плавки; марка стали; химический состав стали по последней пробе, полученных на этапе выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи (ДСП), обработки стали на установке печь-ковш (УПК) и промежуточном ковше машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ); скорость вытягивания заготовки; расходы охладителя в зонах МНЛЗ; оценки макроструктуры, выставленные экспертами лаборатории. Изображения серных отпечатков подвергались сканированию с разрешением $\sim 2100 \times 2800$ точек (рисунок 1, а и рисунок 1, б), $\sim 4200 \times 5500$ точек (рисунок 1, в). Общее количество изображений составляет 455 шт.



Рисунок 1 – Изображения серных отпечатков поперечных темплетов непрерывнолитой заготовок квадратного сечения в масштабе 1:5

Анализ изображений, включенных в базу данных, показал, что:

- на поверхности изображения располагаются светлые пятна, разводы и размытие объектов (рисунок 1, а и рисунок 1, б), которые образуются при нарушении технологии изготовления серного отпечатка при образовании воздушных пузырей между поверхностью образца и сернистой бумагой;
- в центре изображения расположена рукописная технологическая метка, определяющая номер ручья, на котором была получена заготовка (рисунок 1, в);
- на изображении представлены периодические светлые плоски, как результат нарушения гладкости поверхности темплета, возникающей в результате грубой механической обработки образца и недостаточной шлифовки поверхности.

Следует также отметить, что общая яркость отпечатка определяется химическим составом стали, характерным для каждой марки. Изображения на рисунок 1, а и рисунок 1, б получены при изготовлении серного отпечатка темплета из стали марки Зсп и имеют общую яркость ниже, чем серный отпечаток для стали марки 08ю, представленный на рисунок 1, в.

Традиционные методы классификация шума на изображении

Анализ фундаментальных работ [6, 7] показал, что можно выделить несколько под-

ходов к классификации шума на изображении. Robert A. Schowengerdt предлагает классификацию типов шума на изображении, представленную на рисунке 2. В основу классификации автор [6] положил результаты визуальной оценки изображений.

Гонсалес Р. и Вудс Р. предлагают описывать поведение шума в пространственной области, основываясь на статистических свойствах значений яркости компоненты шума в модели, используя пространственные и частотные характеристики. Эти значения яркости могут рассматриваться как случайные величины, характеризующиеся функцией плотности распределения вероятностей. Схема классификации моделей шума по [7] представлено на рисунке 3.

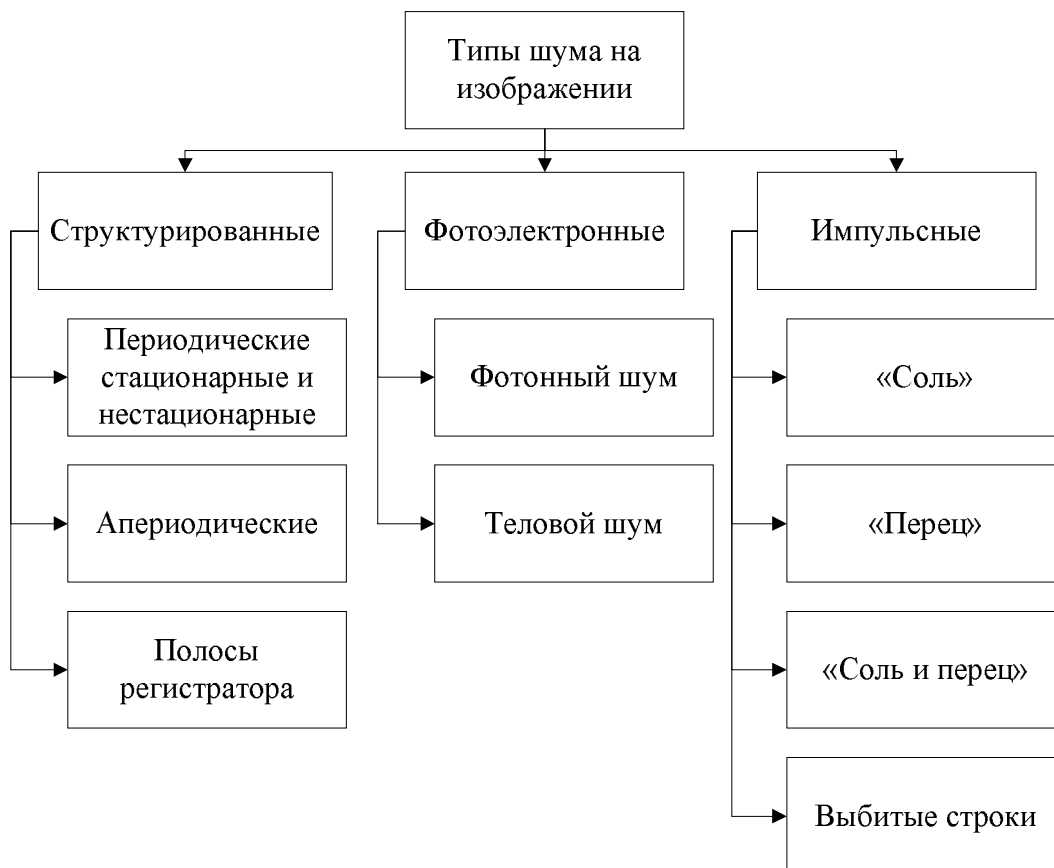


Рисунок 2 – Схема классификация шума на изображении, предложенная Robert A. Schowengerdt

Появление шумов относящихся к группе фотоэлектронных (рисунок 2) обусловлено техническими особенностями аппаратного комплекса, который используется для получения и обработки изображений. При размере реального изображения (100×100 мм) выбранный режим сканирования с разрешением ~2100×2800 точек или ~4200×5500 точек не дает существенных шумов. Изображения серных отпечатков можно классифицировать, по структурному фактору. На изображениях присутствуют шум, относящийся к группе периодических нестационарных (следы механической обработки в виде белых линий) и аперiodических (белые пятна, рукописные отметки). Шум из группы импульсных, как правило, образуется при получении и обработке изображений (сжатие, преобразования форматов), которые с исходными данными не производятся.

Авторы классификации представленной на рисунке 3 предполагают, что шум на изображении характеризуется функцией плотности распределения вероятностей, которая подчиняется одному из законов распределения. На рассматриваемых изображениях к шуму относятся объекты, имеющие значительную площадь. Распределение таких объектов не подчиняется ни одному из законов распределения.

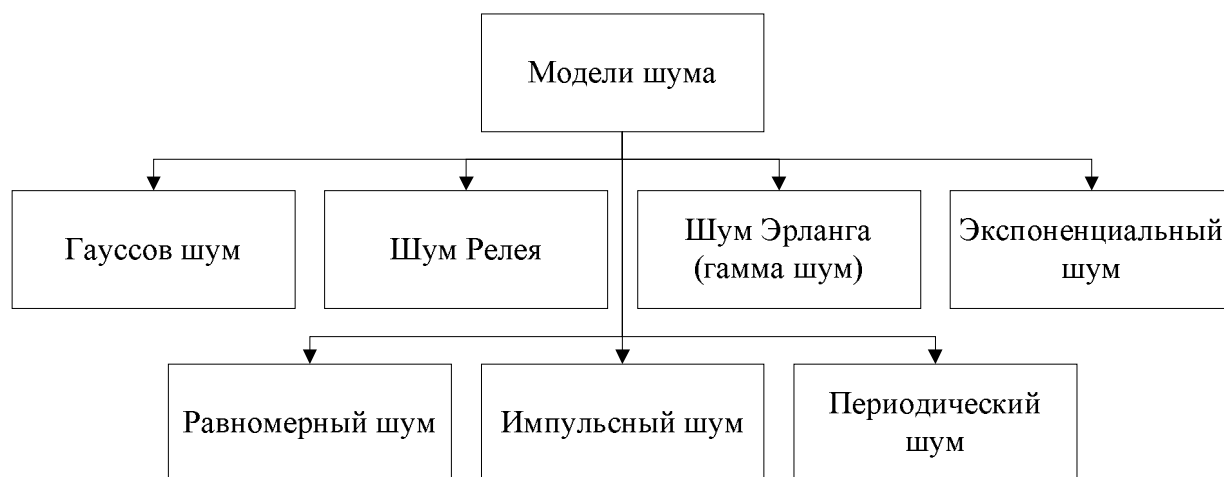


Рисунок 3 – Классификация моделей шума, предложенная Р. Гонсалесом и Р. Вудсом

Так как существующие классификации не охватывают всех особенностей изображений серных отпечатков, авторами работы предложена новая классификация шума для изображения серного отпечатка.

Классификация шума для изображений серных отпечатков непрерывнолитой заготовки

Учитывая особенности изображений серных отпечатков непрерывнолитой заготовки, предлагается схема классификации шума, приведенная на рисунке 4. В качестве основных классификационных признаков выбраны показатели качества изготовления серного отпечатка, структура шума и природа их появления. Пример каждого вида шума согласно классификационной схеме (рисунок 4), представлен на рисунке 5.

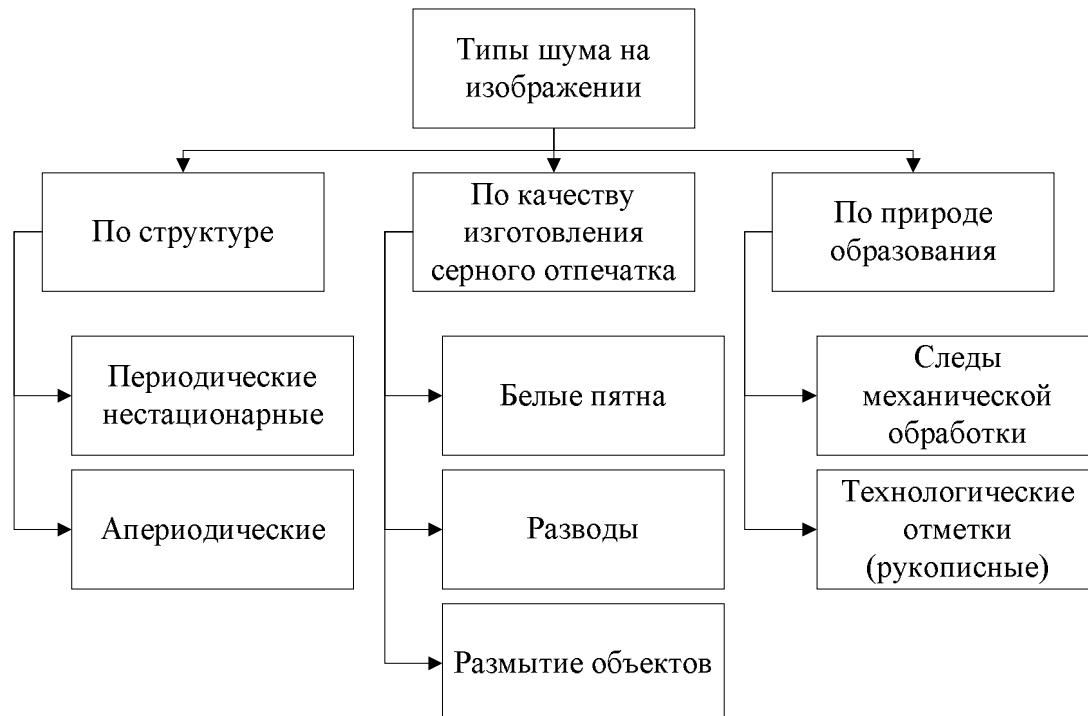


Рисунок 4 – Схема классификации шума на изображении серного отпечатка непрерывнолитой заготовки



а – шум в виде белых пятен; б – разводы; в – размытие объектов; г – технологические рукописные отметки; д – следы механической обработки в виде периодических горизонтальных линий



Рисунок 5 – Образцы классифицируемого шума непрерывнолитой заготовки

Существенные отличия в форме объектов и их тон, относительно общего фона образца, позволяет предложить методы для их удаления с поверхности изображения (таблица 1).

Таблица 1 – Предполагаемый метод для удаления шума с поверхности изображения согласно классификации

Обозначение	Графическое представление	Предполагаемый метод для удаления
5а		Сегментация изображения с последующим выделением областей с повышенной средней яркостью $m = \sum_{i=0}^N \frac{x_i}{255}$, где m – средняя яркость, N – количество точек, x_i – значение яркости точки
5б		Повышение контраста (новое значение яркости каждого пикселя вычисляется по формуле $g = k \cdot (f - m) + m$, где g – результирующее значение яркости, k – коэффициент контрастности, f – исходное значения яркости, m – среднее значение яркости изображения) и морфологические операции
5в		Аналогично для случая 5б

Окончание таблицы 1

Обозначение	Графическое представление	Предполагаемый метод для удаления
5г		Определение символа по шаблону и сглаживание по среднему цвету
5д		Выравнивание по среднему значению гистограммы по строке или группы строк

По результатам исследования остаются не решенными две задачи:

- выделение фрагментов изображения, которые содержат шум, классифицируемый по схеме, представленной на рисунке 3;
- построение комбинации методов при наличии нескольких классов шумов в пределах одного фрагмента.

Заключение. Таким образом, на начальной стадии исследования проблемы улучшения информативности изображения серного отпечатка непрерывнолитой заготовки выполнено формирование репрезентативной базы данных, содержащей 455 изображений, с характерными объектами, сформированные как шум. Существующие традиционные классификационные признаки не охватывают особенностей изображений серных отпечатков, поэтому авторами работы предложена новая классификация шума, характерная для изображений, получаемых при оценке качества металлургической продукции. Наличие новой классификации позволило выполнить выбор возможных методов для шумоподавления и повышения информативности изображения серных отпечатков.

Библиографический список

1. Leslie Stroebel и Richard D. Zakia The Focal encyclopedia of photography. Изд-во Focal Press, 1995. – С. 507.
2. Логунова О.С., Девятов Д.Х., Нуров Х.Х. Оценка качества непрерывнолитой заготовки статистическими методами с использованием программных средств. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2005. – № 9. – С. 54–56.
3. Логунова О.С., Парсункин Б.Н. Суспицин В.Г. Автоматизированная оценка качества непрерывнолитой заготовки / Сталь. – 2004. – № 12. – С. 101–104.
4. Мацко И.И., Логунова О.С. Математическое обеспечение распознавания объектов нерегулярной формы на цветных изображениях темплетов. Информационные технологии и проектирование в производстве. – 2011. – № 3. – С. 87–92.
5. Matsko I.I., Snegirev Y.V., Logunova O.S. Data acquisition, preparation and processing methods by means of continuously-cast billets' quality analysis software. Interantional Journal of Applied Physics and Mathematics. – 2011. – Т. 1. – № 2. – С. 106.
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
7. Dr. Robert A. Schowengerdt Techniques for Image Processing and Classifications in Remote Sensing. С. 37/ URL: <http://www.dig.cs.gc.cuny.edu/seminars/PCV/pres12.pdf> (дата обращения: 2.04.2013).

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ*

Куприн А.Г.

Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М.Ф. Решетнёва,
г. Красноярск

Задача идентификации и управления динамическими объектами является распространенной на практике задачей. При решении задачи идентификации обычно используется параметрический подход, предполагающий, что уравнение, описывающее заданный объект известно с точностью до параметров. Для случая линейного динамического объекта, описываемого дифференциальным уравнением, это означает, что должен быть известен порядок данного уравнения. Затруднением является то, что порядок уравнения обычно не известен, а также не существует теоретических рекомендаций касательно того, как его выбрать, даже имея выборку.

В настоящей работе предлагается принципиально другой подход к решению задачи – непараметрическая идентификация линейной динамической системы и синтез непараметрического регулятора для управления ею. Данный подход позволяет уйти от неудобного вопроса выбора порядка дифференциального уравнения.

В качестве математической модели будем использовать описание системы через интеграл Дюамеля, т.е:

$$x_s(t) = k_s(0)u(t) + \int_0^t h_s(t-\tau)u(\tau)d\tau$$

где k_s и h_s – оценки переходной и весовой функции соответственно.

Для оценки весовой функции необходимо подать сигнал в виде функции Хэвисайда на вход системы:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0 \\ 1, & \text{при } t > 0 \end{cases}$$

В результате получается выборка $\{t_i, k_i\}$. В качестве оценки весовой характеристики будем использовать непараметрическую оценку регрессии Розенблатта - Парзена:

$$k_s(t) = \frac{T}{SC_s} \sum_{i=1}^S k_i \Phi\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right)$$

где S – объем выборки; C_s – коэффициент размытия; Φ – колоколообразная функция.

Колоколообразная функция – функция удовлетворяющая следующим условиям:

- 1) $\frac{1}{C_s} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right) dt = 1$
- 2) $\lim_{C_s \rightarrow 0} \left(\frac{1}{C_s}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) \Phi\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right) dt = \varphi(t_i)$
- 3) $\int_{-\infty}^{+\infty} \Phi'(q) dq = 0$
- 4) $C_s \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi'(q) q dq = -1$

* Печатается в порядке обсуждения.

$$5) \lim_{C_s \rightarrow \infty} C_s \Phi\left(\frac{t-\tau}{C_s}\right) = \delta(t-\tau) \quad q = \frac{t-\tau}{C_s} \quad C_s > 0$$

Примером функции удовлетворяющей данным условиям является функция Соболева:

$$\Phi\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right) = \begin{cases} \frac{0,827}{C_s} \exp\left(\frac{(x-x_i)^2}{(x-x_i)^2 - C_s^2}\right), & \text{если } |x-x_i| \leq C_s \\ 0, & \text{если } |x-x_i| > C_s \end{cases}$$

Переходная и весовая характеристики объекта связаны следующим соотношением:

$$h_s(t) = \frac{dk_s(t)}{dt}$$

Оценку весовой характеристику системы возможно найти либо как численную производную оценки переходной характеристики, либо как оценку производной, исходя из следующего соотношения:

$$h_s(t) = \frac{T}{SC_s} \sum_{i=1}^S k_i \Phi'\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right)$$

Подставив данные оценки в интеграл Дюамеля получим следующую модель объекта:

$$x_s(t) = k_s(0)u(t) + \frac{T}{SC_s} \int_0^t \sum_{i=1}^S k_i \Phi'\left(\frac{t-t_i}{C_s}\right) u(\tau) d\tau$$

Для решения задачи управления поставим на вход исследуемой функции обратный реализуемому объектом оператору А оператор А⁻¹. Схема системы без обратной связи дана на рисунке 1.

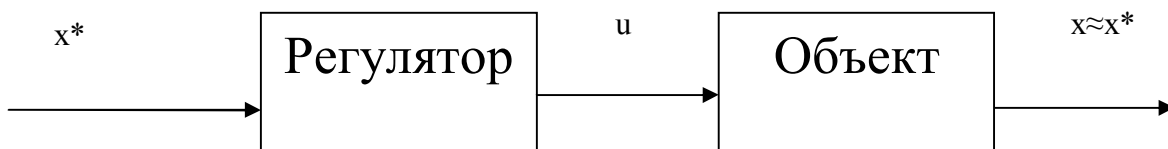


Рисунок 1 – Схема управления без обратной связи

Данный оператор также реализуется линейным динамическим объектом, поэтому может быть описан через интеграл Дюамеля. Для этого необходимо получить оценки обратной переходной и обратной весовой характеристик.

Для получения обратной переходной характеристики необходимо на выход объекта подать сигнал в виде функции Хэвисайда и считывать вход, однако это физически невозможно. Тем не менее, это ограничение не действует на модель, позволяющую вычислить оценку обратную переходную характеристику из следующего соотношения:

$$w(t) = \frac{1(t) - \sum_{\tau=0}^{t-1} h_s(t-\tau)w(\tau)\Delta\tau}{k_s(0) + h_s(0)\Delta\tau}$$

Оценка обратной весовой получается аналогично оценке «прямой» весовой характеристики.

Так как объект является динамическим, его поведение зависит от предыдущих состояний, которые из-за помех и внешних воздействий может сильно отличаться от ожидаемых. Также регулятор определяет управление исходя из ожидаемого состояния объекта. Та-

ким образом, управление без обратной связи эффективно только в случае отсутствия помех и внешних воздействий.

Для преодоления данной проблемы необходимо включить в схему управления обратную связь. Так как интеграл Дюамеля не позволяет учитывать информацию о текущем состоянии объекта, необходимо дополнить обратный регулятор некоторым корректирующим устройством, учитывающим эту информацию и улучшающим управление уже полученное обратным регулятором. В качестве корректирующего устройства могут выступать П, ПИ и ПИД-регуляторы. Таким образом, схема управления с обратной связью будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

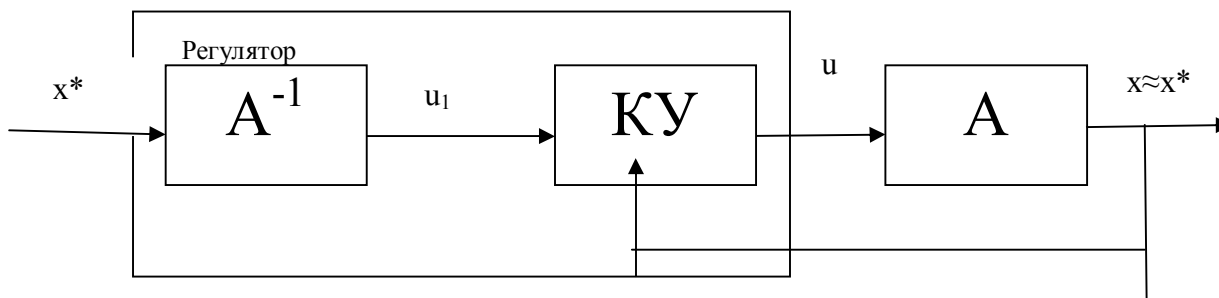


Рисунок 2 – Схема управления с обратной связью

Приведем пример результатов исследования полученного алгоритма. Возьмем объект описываемый диф. уравнением:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + 3x = u(t)$$

Результаты сравнения с П, ПИ, ПИД-регулятором непараметрического регулятора без обратной связи приведены в таблице 1. Ошибка приведена в процентах:

Таблица 1 – Результаты сравнения непараметрического регулятора со стандартными регуляторами

Задание	П-регулятор	ПИ-регулятор	ПИД-регулятор	Непар. регулятор
Ступенька	18,62	11,22	8,47	6,53
Синус	5,49	5,49	2,85	1,94

Из полученных результатов можно заключить, что непараметрический регулятор справляется с задачей управления лучше, чем стандартные регуляторы.

Результаты сравнения непараметрических регуляторов с разными корректирующими устройствами при различных уровнях шума представлены в таблице 2. В случае ненулевого шума результат усреднен по 10 запускам.

Таблица 2 – Результаты сравнения непар. регулятора с разными корректирующими устройствами

Задание	Шум	П-регулятор	ПИ-регулятор	ПИД-регулятор	Без обр. связи
Ступенька	0	5,89	5,56	5,45	6,53
Синус	0	1,09	1,07	0,79	1,29
Ступенька	0,1	6,64	6,41	6,07	7,49
Синус	0,1	1,28	1,2	0,89	1,55
Ступенька	0,3	8,95	8,29	6,93	7,75

Окончание таблицы 2

Задание	Шум	П-регулятор	ПИ-регулятор	ПИД-регулятор	Без обр. связи
Синус	0,3	1,58	1,5	1,03	1,9
Ступенька	0,5	9,64	9,78	8,22	11,06
Синус	0,5	1,9	1,89	1,54	2,29
Ступенька	1	17,7	16,1	12,19	14,68
Синус	1	3,29	3,87	2,69	3,88

Проиллюстрируем полученные результаты графиками (рисунки 3 – 5) траектории объекта при разном уровне шума для схемы использующей обратную связь с ПИД-регулятором (как лучшим из перечисленных), а также полученных корректировки управления:

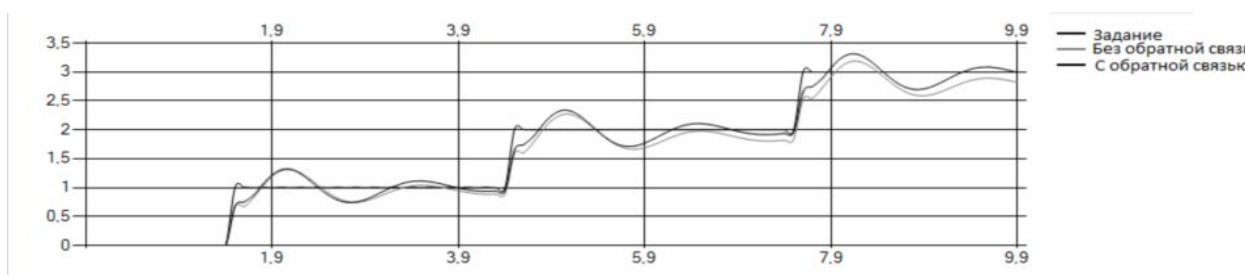


Рисунок 3 – Траектория объекта без шума

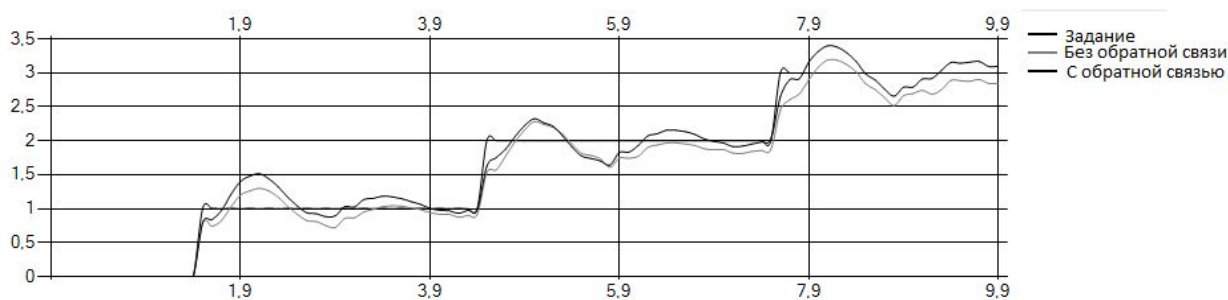


Рисунок 4 – Траектория объекта с шумовым коэффициентом 0.3

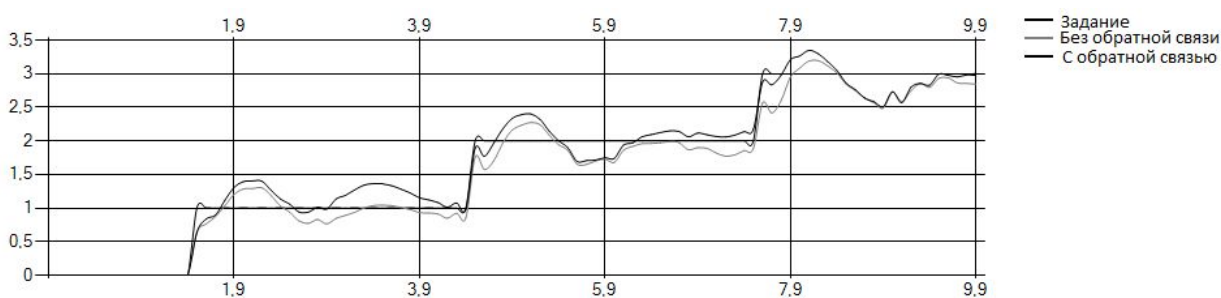


Рисунок 5 – Траектория объекта с шумовым коэффициентом 0.5

Исходя из полученных результатов можно заключить, что лучшим корректирующим устройством является ПИД-регулятор, позволяя существенно сократить ошибку даже в случае сильного шума.

Таким образом использование непараметрической теории позволяет обойти неудобную проблему выбора структуры дифференциального уравнения описывающего систему, а также построить регулятор решающий задачу управления данным объектом.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ ПРИ ТОРГОВЛЕ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Борисова Ю.Ю., Кораблина Т.В., Соловьева Ю.А.
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Основной особенностью инвестирования является отсутствие гарантированного получения дохода, поэтому при принятии инвестиционных решений, как на финансовых рынках, так и в предпринимательской деятельности необходимо оценить вероятность наступления неблагоприятных событий и сопоставить возможный доход с уровнем риска [1]. В качестве количественного показателя, играющего роль индикатора состояния рынка и его возможной тенденции, может быть использован показатель степени детерминированности, который характеризует относительную долю изменчивости определяемой величины в зависимости от ее собственной предыстории и/или каких-либо других факторов. Практический опыт применения данного показателя, в основу которого положены представления нелинейной динамики с Вариантной, совместно с традиционными методами и алгоритмами статистического и структурного анализа, показал перспективность такого комплексного подхода при анализе рисков на фондовых и валютных рынках [2].

Показатель степени детерминированности (ПСД) изменяется в интервале от нуля до единицы. В ходе исследований установлено, что колебания значений скользящих оценок показателя степени детерминированности, рассчитанных для структурно-однородных составляющих исходных рядов, полностью очищенных от линейных автосвязей, свидетельствуют об изменениях уровня риска на рынке. Диапазон изменения показателя степени детерминированности разбит на пять интервалов, каждый из которых соответствует определенному состоянию рынка [3].

При «незначительном» $[0;0,2]$ и «низком» $(0,2;0,35]$ уровнях значений ПСД преобладающий тренд на рынке очень силен, новостной фон не противоречив и способствует поддержанию стабильной тенденции без резких скачков цены против тренда.

При «среднем» уровне значений показателя степени детерминированности $(0,35;0,55]$ возможны кратковременные смены тенденции, а также значительные скачки значений котировки против тренда.

При «высоком» уровне значений показателя степени детерминированности $(0,55;0,8]$ может произойти либо глобальная смена тенденции, либо сформироваться боковой тренд. При «экстремально высоком» значении показателя степени детерминированности $(0,8;1]$ велика вероятность смены тенденции на противоположную.

В ходе исследования проведен анализ временных рядов данных наиболее популярных финансовых инструментов российских и зарубежных рынков. Сравнительный анализ внутренней структуры рядов значений котировок различных финансовых инструментов (первичных и деривативов) показал существенные их различия. Для работы с рядами данных биржевых котировок конкретизированы приобъектно-пересчетная и рекурсивно-слоистая базовые многовариантные структуры, которые подробно описаны в [2]. Они позволяют выделять структурно-однородные составляющие исходных рядов данных, для которых рассчитывались скользящие оценки показателя степени детерминированности и другие статистические и структурные характеристики. С использованием конкретизированных алгоритмических структур были проанализированы ряды данных значений биржевых котировок основных индексов как российских, так и мировых рынков за 15 лет, включая три кризисных периода (1998 год, 2001 – 2003 годы, мировой финансовый кризис 2008 – 2009 года, 2011 – 2012).

Для апробации работоспособности показателя степени детерминированности, как

индикатора оценки состояния рынка, в конце марта 2012 года был открыт брокерский демонстрационный счет для работы на рынке Fogex и выбрана для торговли валютная пара евро/доллар из-за высокой ликвидности. Начальный размер депозита был равен 1000 условных единиц. В ходе эксперимента на счете для принятия решения о покупке либо продаже анализировались часовые и дневные котировки выбранной валютной пары.

До момента начала торговли на бирже 1 апреля 2012 по недельным значениям котировок валютной пары евро/доллар (eur/usd) глобальный тренд носил понижающийся характер. Расчет ПСД производился по выделенной на третьем слое структурно-однородной составляющей ряда котировок с помощью приобъектно-пересчетной структуры, его рассчитанные значения изменялись в диапазоне от 0,1 до 0,35 (рисунок 1), что соответствует «незначительному» и «низкому» уровню риска смены тенденции.

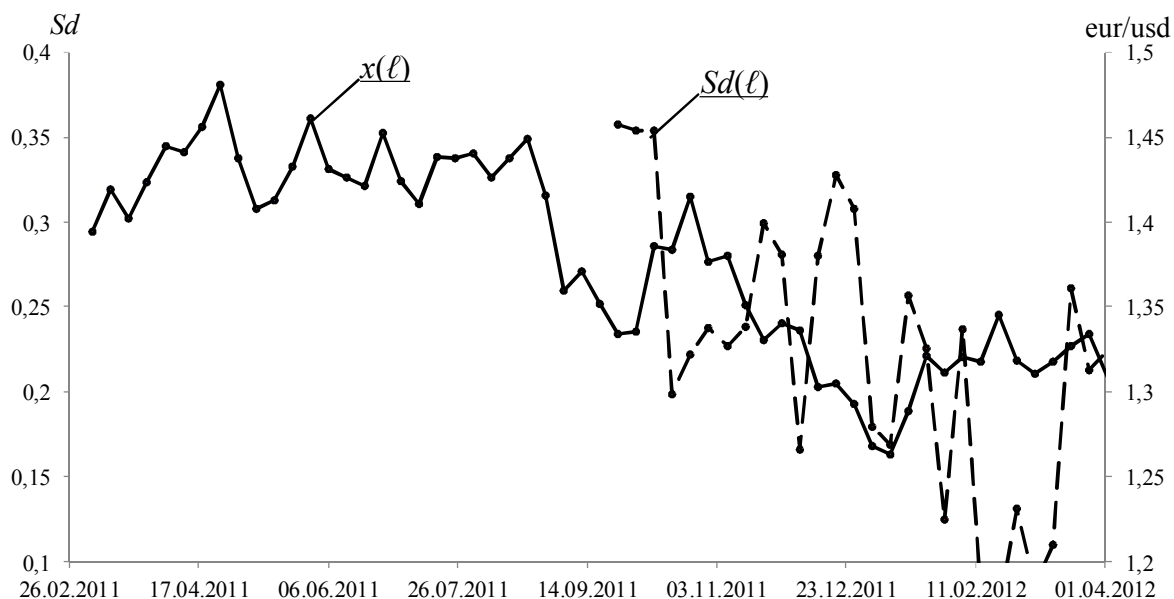


Рисунок 1 – Недельные значения котировок валютной пары евро/доллар $x(\ell)$ и значений показателя степени детерминированности $Sd(\ell)$ структурно-однородных составляющих ряда недельных значений котировок валютной пары

Таким образом, была выбрана стратегия работы на «отскоках», что предполагает продажу контрактов в моменты завершения коррекционного роста. Для оптимального выявления таких моментов в дальнейшем использовались скользящие оценки показателя степени детерминированности для дневных и часовых рядов данных.

После анализа уровня показателя степени детерминированности, рассчитанного по дневным рядам значений котировок валютной пары, 1 апреля 2012 была открыта первая короткая (продажная) позиция с уровня 1,3343. К этому моменту сформировался коррекционный восходящий тренд, при этом значения показателя степени детерминированности вышли на «средний» уровень, что свидетельствовало о достаточно высокой вероятности возвращения к глобальному тренду.

Позиция была закрыта 8 мая 2012 г. по цене 1,3001. Закрытие было обусловлено подъемом значений показателя степени детерминированности до значения 0,61, что свидетельствовало о высокой вероятности начала коррективного роста. Прибыль по данной позиции составила 342 условные единицы, а за вычетом комиссий за обслуживание – 254 условные единицы. Таким образом, в результате одной сделки открытой в период с 1 апреля 2012 по 8 мая 2012, стартовый капитал был увеличен на 25,4 %.

Всего с апреля 2012 года по сентябрь было проведено четыре сделки, в которых торговые решения принимались на основе поведения показателя степени детерминированности

недельных и дневных значений. Первые три сделки были продажными, четвертая сделка была покупной. За это время первоначальный счет был увеличен на 113,8%. Все четыре сделки были прибыльными, что подтверждает отчет, сформированный с помощью торгового терминала METAtTrader (рисунок 2).

E-Global Trade and Finance Group, Inc.															
Account: 2559498		Name: *****			Currency: USD					2012 September 21, 07:15					
Closed Transactions:															
Ticket	Open Time	Type	Size	Item	Price	S / L	T / P	Close Time	Price	Commission	Taxes	Swap	Profit		
1970115	01.04.2012 16:18	balance Deposit from Z111103930670													1 000,00
1970275	01.04.2012 16:26	sell	1	eurusd	1,33431	0	0	08.05.2012 16:51	1,30104	-33,27	0	-51,55	332,70		
1971275	19.05.2012 16:55	sell	1	eurusd	1,27672	0	0	16.06.2012 17:05	1,26365	-13,07	0	-40,09	130,70		
1973990	25.06.2012 17:45	sell	1	eurusd	1,25043	0	0	17.07.2012 16:45	1,22861	-21,82	0	-32,93	218,20		
1975470	19.08.2012 18:10	buy	1	eurusd	1,23451	0	0	14.09.2012 18:24	1,31086	-76,35	0	-37,23	763,50		
												-144,51	0	-161,8	1 445,10
												Closed P/L:		2 138,79	
Open Trades:															
Ticket	Open Time	Type	Size	Item	Price	S / L	T / P	Price	Commission	Taxes	Swap	Profit			
No transactions															
										0	0	0	0		
										Floating P/L:		0			

Рисунок 2 – Отчет по сделкам на рынке Forex, сформированный с помощью торгового терминала METAtTrader

Вывод. На данный момент времени, трейдеру представляется большое количество различных инструментов анализа, призванных помочь инвестору при принятии решений. Практика показала, что использование показателя степени детерминированности, как индикатора уровня риска на финансовых рынках, совместно с методами и алгоритмами структурного и технического анализа позволит повысить надежность прогноза, выявить и учесть гораздо больше потенциальных и реальных рисков, связанных с финансовыми рынками и получить значительный прирост прибыли.

Библиографический список

1. Ширяев В.И. Математика финансов: Опционы и риски, вероятности, гарантии и хаос: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. / В.И. Ширяев – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 223 с.
2. Кораблина Т.В., Жердева Ю.Ю. Использование алгоритмов нелинейной динамики при оценке рискованных ситуаций на рынке ценных бумаг // Системы управления и информационные технологии, 4(42), 2010. – С. 39-44.
3. Кораблина Т.В., Борисова Ю.Ю. Многовариантный комплексный подход к анализу котировок российских и зарубежных финансовых рынков // Экономика и менеджмент систем управления, №4(6), 2012. – С. 55-64.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ ПРИ НАЛИЧИИ НЕДРОБИМОГО ПРЕДМЕТА

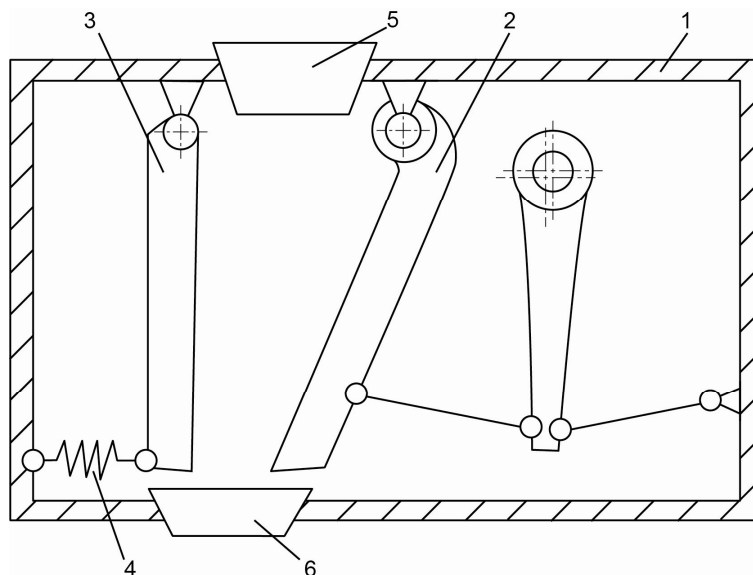
Тагильцев-Галета К.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Дробильно-сортировочный процесс является непрерывным, поэтому остановка одного агрегата ведет к остановке всего комплекса. Аварийный выход из строя щековой дробилки может быть вызван в том числе и попаданием в камеру дробления недробимого материала. Для предотвращения подобных аварий и длительной остановки дробилки применяются различные предохранительные устройства. Например, применяется распорная плита

с ослабленным сечением или пружинные предохранители. Однако распорные плиты часто ломаются без видимых перегрузок, а не только при попадании в камеру дробления недробимых предметов [1].

На рисунке 1 изображена щековая дробилка с простым движением щеки с типичной конструкцией пружинного предохранителя, подпирающего неприводную щеку. Предполагается, что при попадании в камеру дробления недробимого материала неприводная щека отжимается, недробимый кусок проваливается и дробилка продолжает работать в номинальном режиме.



1 – корпус дробильной машины; 2 – приводная щека; 3 – неприводная щека; 4 – пружинный предохранитель; 5 – приемное отверстие; 6 – выпускное отверстие

Рисунок 1 – Общий вид дробилки

Для проверки данного предположения была разработана математическая модель работы щековой дробилки с простым движением щеки при попадании в камеру дробления недробимого куса произвольного размера в пределах от максимального до минимального по высоте камеры дробления.

В процессе работы в номинальном режиме приводная щека АВ (рисунок 2) совершает качательное движение сначала от одного крайнего начального положения, характеризующегося углом α_n , в сторону неприводной щеки DC (рабочий прямой ход), до другого крайнего конечного положения, характеризующегося углом α_k , а затем в противоположную сторону (холостой обратный ход). Принимается, что неприводная щека расположена вертикально.

При попадании в камеру дробления недробимого куса, имеющего поперечный размер СВ, под действием привода щека АВ при рабочем ходе будет воздействовать на неприводную щеку через недробимый кусок, представляющий собой в данном случае жесткую связь, и отжимать ее на угол β , в крайнем положении соответствующий углу α_k . При обратном ходе приводной щеки неприводная щека под действием предохранительной пружины (на рисунке 2 условно не показанной) будет двигаться в сторону первоначального вертикального положения, а недробимый кусок оказывается в заклиненном положении, не имея возможности перемещаться вниз. Далее цикл качания щек с заклиненным между ними недробимым предметом повторяется, следовательно, возникает аварийная ситуация, приводящая в дальнейшем к заваливанию дробилки без осуществления процесса дробления.

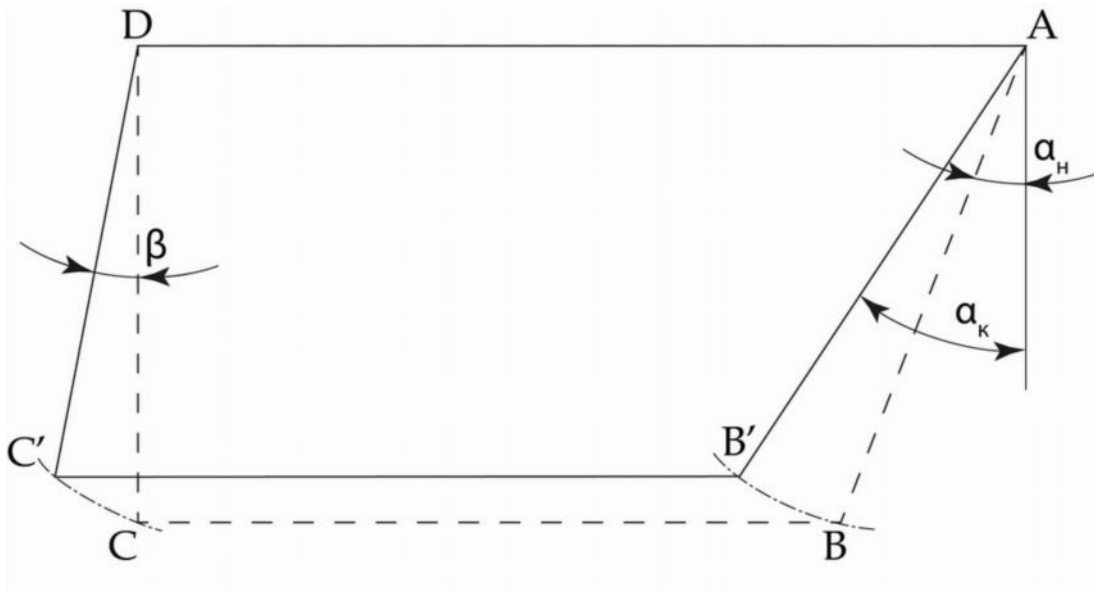


Рисунок 2 – Расчетная схема

Для предотвращения заваливания дробилки из-за попадания в камеру дробления недробимого материала необходимо определить его наличие в камере дробления на первых «заклинённых» качаниях, при помощи косвенного оценивания ключевых параметров дробильной установки с целью своевременной остановки дробилки и извлечения недробимого куска.

Так как пружина имеет линейную характеристику (зависимость деформации пружины от действующей на неё силы) [2], а её предельное значение определяется из условия действия номинальной силы, необходимой для разрушения дробимого материала, то при работе дробилки в номинальном режиме неприводная щека постоянно отклоняется на некоторый угол, который при попадании в камеру дробления недробимого куска достигает своего максимального значения β .

Таким образом, задача определения наличия недробимого предмета в камере дробления сводится к фиксации момента, когда угол отклонения неприводной щеки достигнет своего максимума в зависимости от поперечного размера недробимого куска.

Рассмотрим два крайних положения щек при заклинивании (рисунок 2). Очевидно, что $CB=C'B'$, $AB=AB'$, $DC=DC'$. Тогда косинус угла β будет равен отношению высоты четырехугольника $AB'C'D$ к DC' . Высота четырехугольника $AB'C'D$ равна произведению стороны AB' на косинус угла α_k , т.е.:

$$\cos \beta = AB' \cdot \frac{\cos \alpha_k}{DC'} \text{ или } \cos \beta = AB \cdot \frac{\cos \alpha_k}{DC}.$$

Из прямоугольной трапеции $ABCD$ сторона $DC = AB \cdot \cos \alpha_n$, тогда:

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha_k}{\cos \alpha_n}.$$

Из данного выражения следует, что максимальное значение угла β зависит только от значений углов, характеризующих крайние положения приводной щеки и не зависит от поперечного размера недробимого куска.

Таким образом, отклонение щеки два и более раз на угол β является признаком определения наличия в камере дробления недробимого материала, что может быть использовано в системах контроля дробильных установок.

Из анализа полученной математической модели работы щековой дробилки с простым движением щеки при попадании в камеру дробления недробимого предмета (аварийная ситуация) следует, что конструкция пружинного предохранителя выполняет функцию предотвращения аварийного выхода из строя дробилки из-за поломок элементов конструкции при попадании в камеру дробления недробимого материала, однако не позволяет удалить недробимый кусок, что приводит к «заваливанию» дробилки и ее остановке, чаще всего вручную оператором, для удаления недробимого предмета, что является весьма трудоемкой операцией.

Литературный обзор показал, что в настоящее время не существует конструкций предохранительных устройств щековых дробилок, позволяющих не только предохранять дробилки от поломок при попадании в камеру дробления недробимого материала, но и удалить его без остановки работы дробилки, то есть задача решения данной проблемы является актуальной.

Библиографический список

1. Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования. Т.2. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Щипанов К.А., Спирин Н.А., Лавров В.В., Бурыкин А.А.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
г. Екатеринбург*

Понятие жизненного цикла занимает центральное место в технологии программирования, образуя базу для систематизации инструментов и методов, ресурсов и результатов на разных этапах разработки и использования программных систем. Потребность в этом понятии возникла в связи с превращением технологии программирования в инженерную дисциплину, первоначально в виде понятия цикл разработки. Однако рост понимания, что стоимость программного обеспечения включает издержки в течение всего времени жизни системы, а не только затраты на разработку или исполнение программ привел к естественной трансформации исходного понятия цикла разработки.

Существуют различные подходы к моделированию жизненного цикла программного изделия, отражающие те или иные аспекты разработки программ и связанной с ней деятельности. При объектно-ориентированном подходе к проектированию провозглашается принцип возвратно-поступательного развития, или итеративного наращивания системы. На каждой фазе проекта строятся работоспособные продукты, развиваемые в дальнейшем путем обогащения функциональности и интерфейса, а не в жестких рамках предварительного технического описания в целом, которое строится в ходе специального этапа конструирования, предусматриваемого в традиционных схемах. Как следствие, традиционные фазы развития проекта в ходе отдельной итерации оказываются незавершенными, они дополняются на последующих итерациях. Этот принцип во многом трансформирует понятие жизненного цикла: если раньше продукт-изделие производился лишь к концу периода разработки, то теперь на каждой итерации появляются относительно законченные рабочие продукты. Также трансформируется понятие документации: вместо технического описания, появляющегося как итог конструирования, разрабатывается рабочее описание, дополняемое на каждой итерации.

Несомненно, объектно-ориентированный подход представляется более привлекательным, чем традиционные технологии. Выраженная эволюционность развития проекта, когда каждая фаза сама по себе дает полезные результаты, хорошие возможности для ис-

пользования программного обеспечения, ощутимый прогресс в части поддержки согласованного распределения работ исполнителей – вот явные преимущества данного подхода. Тем не менее, новый подход не избавляет разработчиков от решения традиционных задач, сформулированных в ходе развития технологий последовательного проектирования. Он лишь облегчает их решение за счет распределения во времени.

В технологическом плане отношение к итеративности развития проекта коренным образом отличает объектно-ориентированный подход от всех последовательных методологий. Для традиционных подходов итерация – это исправление ошибок. При объектно-ориентированном подходе итерации никогда не отменяют результаты друг друга, а всегда только дополняют их.

Принципиальные моменты, в которых два подхода к развитию проектов стоит сопоставить, сводятся к следующему:

– *Итеративность развития*

Начиная с фазы анализа и до завершения реализации, процесс объектно-ориентированного проектирования в противоположность последовательному развитию строится как серия итераций, которой, возможно предшествует определенный период последовательного изучения предметной области и задач проекта в целом (этапы определения требований и начального планирования). Последовательный подход предполагает, что анализ завершен перед конструированием, завершение которого предшествует программированию. В большинстве объектно-ориентированных проектов анализ никогда не завершается в течение всего развития проекта, а процесс конструирования сопровождает разработку в ходе всего ее жизненного цикла.

– *Наращивание функциональности в соответствии со сценариями*

Наращивание функциональности проектируемого продукта представляется как развития сценариев, которые соответствуют описаниям взаимодействия объектов и отражают отдельные стороны функционирования. Полная функциональность состоит из функциональностей всех сценариев. Таким образом, данная стратегия довольно близка классическому методу пошаговой детализации, при использовании которого функциональность наращивается путем уточнения модулей нижнего уровня. Однако в отличие от этого метода итеративное наращивание требует, чтобы в результате каждой итерации изделие получало полностью готовую функциональность, планируемую реализуемым сценарием. Последующие итерации добавляют уже другую функциональность, которая планируется другим сценарием.

В ходе итеративного наращивания выполняются традиционные этапы:

– Определение требований – фиксируется, что должно быть выполнено на данной итерации в виде описания области, для которой планируется разработать функциональность. Обычно этот этап включает отбор сценариев, которые должны быть реализованы на данной итерации;

– Анализ – исследуются условия выполнения планируемых требований, проверяется полнота отобранных сценариев с точки зрения реализации требуемой функциональности;

– Моделирование пользовательского интерфейса – так как итерация должна обеспечивать функционально законченную реализацию, требуется определить правила взаимодействий, необходимые для активизации требуемых функций. Модель интерфейса определяет пользовательское представление поведения объектов данной итерации;

– Конструирование – обычная декомпозиция проекта, проводимая в объектно-ориентированном стиле. Конструирование включает построение или наращивание иерархии системы классов, описание событий и определение реакции на них. В ходе конструирования определяются объекты, реализуемые или доопределяемые на данной итерации, и набор функций, которые обеспечивают решение задачи данной итерации;

– Реализация – программное воплощение решений, принятых для данной итерации. Необходимым компонентом реализации здесь считается автономная проверка соответствия составляемых модулей их спецификациям;

– Тестирование – этап комплексной проверки результатов, полученных на данной итерации;

– Оценка результатов итерации – этап включает работу, связанную с рассмотрением полученных результатов в контексте проекта в целом. В частности, должно быть выяснено, какие задачи проекта можно решать с учетом результатов итерации, на какие ранее поставленные вопросы получены ответы, какие новые вопросы возникают.

Модель жизненного цикла при объектно-ориентированном развитии проекта включает в себя работы, которые выходят за рамки стандартизованного итерационного процесса. Это начальная фаза проекта, которая выполняется на старте в ходе исследований и анализа осуществимости, и фаза завершения проекта, с выполнением которой работы над проектом заканчиваются.

Смысл работ начальной фазы – общее планирование развития проекта. Помимо определения требований к проекту в целом результатом начальной фазы также являются:

– определение ближайшей задачи и перспективных задач проекта. Первая из них – задача первой итерации, в ходе которой, в частности, готовится первый рабочий продукт, предъявляемый заказчику. От качества этого результата зависит судьба проекта в целом. Перспективные задачи – это планируемое развитие, которое допускает корректировку в дальнейшем;

– выбор критерия оценки результатов итераций. Эти критерии могут варьироваться в зависимости от направленности проекта, прикладной области и других обстоятельств.

Фаза завершения проекта включает в себя поставку изделия для потребителя и сопровождение программного продукта. После того, как приложение используется некоторое время, и оно может рассматриваться как готовое, в рамках данной фазы осуществляется выделение повторно используемых компонентов.

Таким образом, объектно-ориентированный анализ, проектирование и программирование при совместной работе усиливают эффект, обеспечивая компьютерные решения, которые лучше моделируют предметную область, чем подобные системы, создаваемые на основе структурного подхода. Системы проще адаптировать к новым условиям, легче изменять, они устойчивее и позволяют создавать более крупные проекты, поддерживают многократное использование.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Боганов А.В.

IBS, г. Москва

В данной статье представлено описание одного из способов повышения оперативной эффективности ИТ деятельности. Способ затрагивает принципы внедрения Системы оперативного оповещения, основанной на передаче информационных сообщений и сигналов оповещения заинтересованным лицам по SMS в случае возникновения нештатных ситуаций, в процессах мониторинга состояний ИТ систем, контроля качества предоставления ИТ услуг и управления ИТ деятельностью.

Ниже на рисунке 1 приведена структурная схема Системы оперативного оповещения.

Система оперативного оповещения обеспечивает ценность в рамках повышения эффективности управления подразделениями и формирования организационной структуры путём обеспечения средствами для взаимодействия функциональных блоков.

Упускать из виду такой простой элемент как контактная информация, ни в коем случае нельзя. Например, возникает инцидент критичного уровня (скажем, остановилась вся система кондиционирования, а резерва нет), при этом в диспетчерской службе не берут трубку или не приходит подтверждение того, что инцидент зарегистрирован и принят к ис-

полнению. Что делать? Продолжать и дальше безуспешные попытки связаться с диспетчером и смотреть, как бизнес теряет деньги, или заблаговременно автоматизировать доведение информации о событиях в процессах и определить таблицу с контактной информацией для эскалирующих действий?

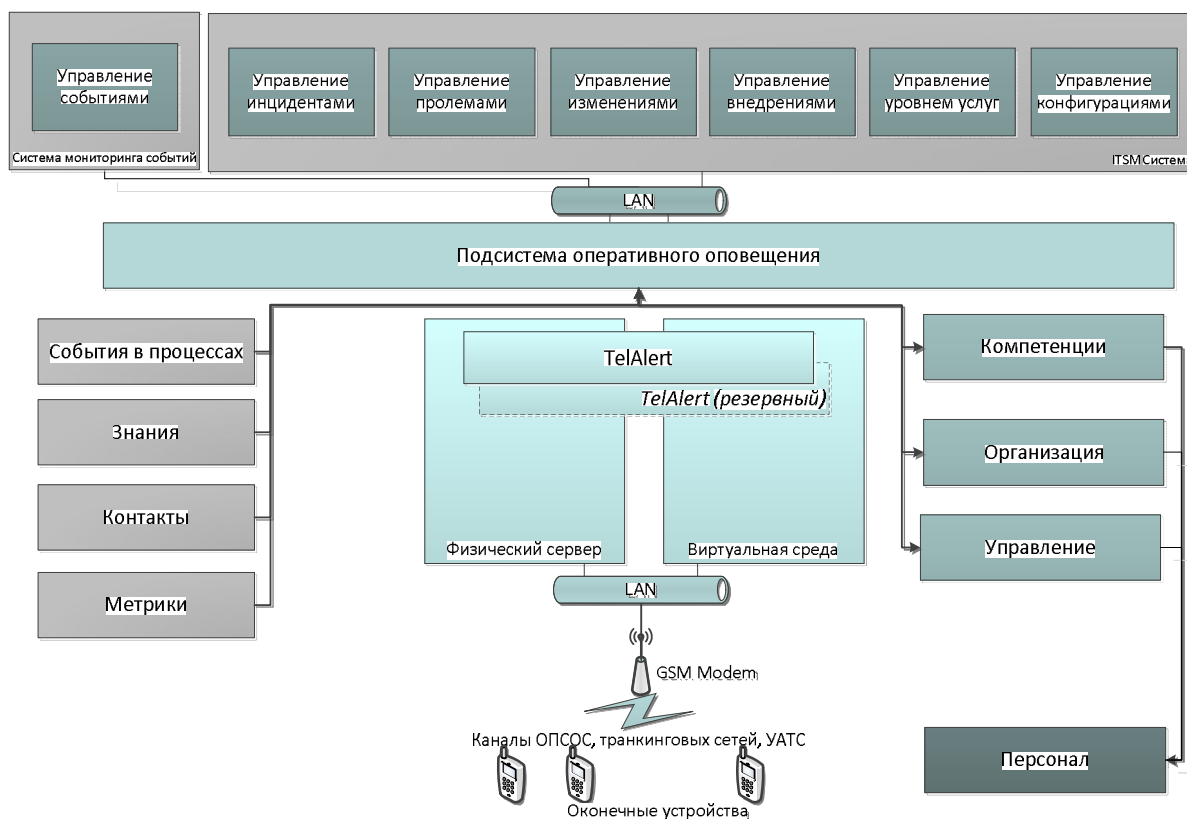


Рисунок 5 – Структурно-функциональная схема Системы оперативного оповещения

В этой таблице должен содержаться целый набор адресов и телефонов, средств коммуникации поддерживающего персонала – от диспетчерской службы до директора департамента (на тот случай, если предыдущие десять номеров в таблице не доступны).

Система повышает компетентность ИТ персонала посредством своевременного предоставления достоверной информации о событиях и метриках, необходимой для принятия решений по поддержке ИТ услуг.

При помощи SMS сообщений производятся следующие действия:

- напоминание;
- индивидуальное информирование;
- групповое информирование;
- широковещательное оповещение.

Так, при мониторинге состояний ИТ систем и контроле качества предоставления ИТ услуг осуществляется доставка информации о фактах возникновения событий, реакция специалистов на которые критична. Даже если специалисты выполняют работы вне своего рабочего места и не имеют возможности прочтения сообщения о событии, отображаемом на консоли системы мониторинга, все заинтересованные лица будут своевременно оповещены с помощью Системы оперативного оповещения.

При отсутствии реакции на инцидент со стороны специалистов при помощи оперативного оповещения будет произведено уведомление о превышении времени реакции на инцидент. В случае, если специалист приготовился к проведению работ по устранению инцидента, а в это время ему поступает SMS уведомление об отмене работ, то получение спе-

специалистом такого уведомления позволит ему более оперативно приступить к решению другой задачи.

На рисунке 2 приведена схема взаимодействия систем при выполнении оперативно-го оповещения.

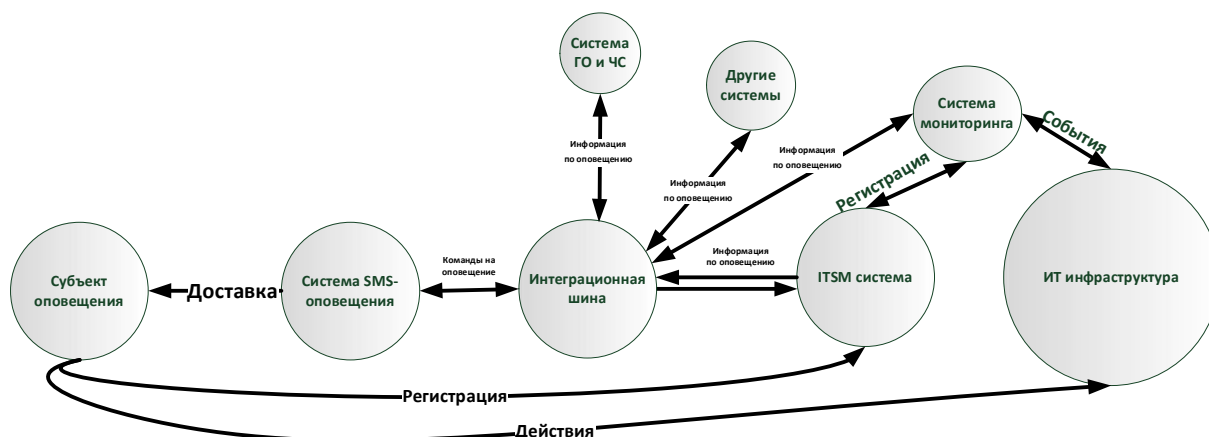


Рисунок 6 – Схема взаимодействия систем при выполнении оперативно-го оповещения

При возникновении инцидента с системой, затрагивающей множество пользователей, использование Системы оперативно-го оповещения позволяет провести широковещательное информирование пользователей с целью предотвращения массового поступления от них заявок, относящихся к данному инциденту. При этом резко сокращается нагрузка на операторов службы поддержки.

При выполнении функций перехода из процессов управления событиями или инцидентами к процессам управления доступностью или непрерывностью, применение Системы оперативно-го оповещения позволит субъектам управления своевременно передать информацию об изменениях в состоянии резервных систем (например, переход ИБП на батарею питания, достижение порогового уровня топлива в ДГУ, сам факт перехода на резервные средства).

Система оперативно-го оповещения позволяет заранее информировать пользователей о проведении работ и возможно временного снижения уровня обслуживания или недоступности ИТ услуги. Оперативное оповещение лиц, входящих в комитет по срочным изменениям, а так же специалистов, на которых назначается проведение работ, позволяет ускорить принятие решения и, как следствие, сократить время реализации срочного изменения.

В процессе управления уровнем услуг оповещение производится при нарушениях порогов соглашений, при функциональной или иерархической эскалации.

При возникновении различного рода угроз техногенного, природного и других, Система оперативно-го оповещения позволяет осуществить массовую рассылку сообщений с указанием номеров выходов, которым могут воспользоваться сотрудники при эвакуации с их привязкой к рабочим местам, напомнить о недопустимости определённых действий, передать другую информацию, необходимую для обеспечения их безопасности. На рисунке 3 отображен график принципиальной зависимости эффективности ИТ деятельности организационной системы от снижения времени на принятие решения, достигаемого при различной степени применения Системы оперативно-го оповещения.

Пример реализации Системы оперативно-го оповещения

Для реализации Системы оперативно-го оповещения применяются технические и программные средства, использующие сети провайдеров сотовой связи.

В качестве программных средств используются:

- программное обеспечение MIR3 TelAlert 6e;
- программное обеспечение MIR3 Enterprise Service Bus;

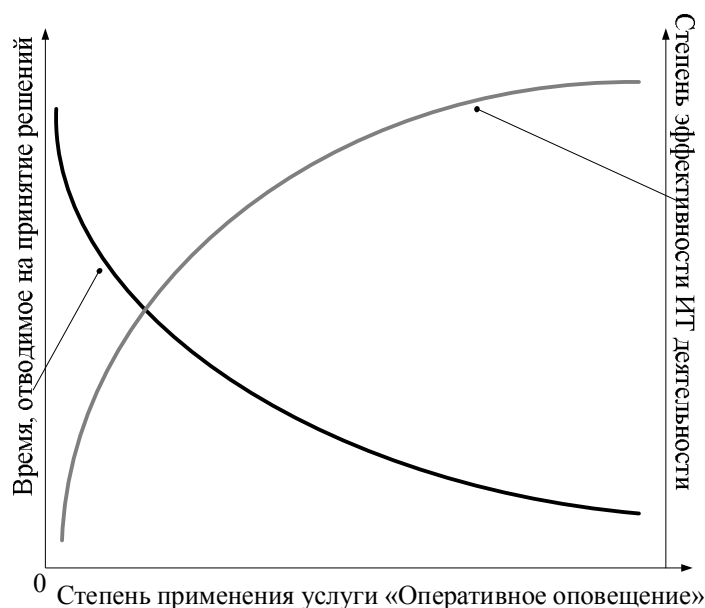


Рисунок 7 – Влияние Системы оперативного оповещения на эффективность ИТ-деятельности

В качестве технических средств используются:

- оборудование для отправки сигналов по каналу стандарта GSM;
- интерфейсный модуль для подключения модема к виртуальной машине через сеть Ethernet.

Программное обеспечение TelAlert бе предназначено для осуществления оповещения посредством отправки текстовых SMS сообщений. ПО TelAlert бе поддерживает работу со множеством устройств, используя больше число протоколов взаимодействия, что делает процесс интеграции ПО TelAlert бе с другими системами управления и мониторинга ИТ инфраструктуры максимально простым. Среди таких систем можно выделить:

- HP Operations;
- HP Network Node Manager;
- BMC Remedy AR System;
- HP Service Manager.

Программное обеспечение MIR3 Enterprise Service Bus является интеграционной шиной. Данное ПО позволяет производить интеграцию между MIR3 Telalert и BMC Remedy AR System, HP Operations, HP Network Node Manager и десятками других ITSM систем посредством использования готовых протестированных шаблонов. Настройки интеграции редактируется через графический интерфейс, что упрощает администрирование и модернизацию системы в будущем.

GSM-модем предназначен для передачи данных в сетях сотовой связи GSM-диапазона. Допускается использовать любой модем, работающий со всеми российскими GSM-операторами, во всех диапазонах GSM — 850, 900, 1800 и 1900 МГц.

Интерфейсный модуль - это сетевой концентратор USB-портов, сетевое решение, в котором USB-порт комбинируется с COM-портом, другими словами реализована технология перенаправления COM-портов, что позволяет легко подключать устройства с USB и последовательными портами через кабельные или беспроводные сети, устраняя необходимость в выделении локального компьютера. Интерфейсный модуль снабжен USB портами, которые обеспечивают ту же Plug and Play функциональность, как и локальные USB-порты персонального компьютера. Драйверы устройств, установленные на хост-компьютере или сервере позволяют удаленным устройствам взаимодействовать с хостом без каких-либо из-

менений существующих приложений. Периферийные устройства можно централизованно контролировать и управлять с удаленного сервера или ПК через один IP-адрес.

Выводы

1. Областью применения Системы оперативного оповещения являются организационные системы – ведомства, учреждения и предприятия различных форм собственности и отраслей хозяйствования, с регламентированными или подготавливаемыми к регламентации процессами управления ИТ инфраструктурой, обеспечения высокого качества ИТ услуг и управления ИТ деятельностью, для которых выполнение поставленных задач в сроки, зафиксированные в соглашениях об уровнях услуг становится критичным.

2. Применение в указанных выше организационных системах Системы оперативного оповещения обеспечивает сокращение времени доставки команд управления и своевременное предоставление информации по сложившейся ситуации ИТ персоналу, сокращение времени доведения до пользователей значимой для них информации. В целом, достигается высокая степень эффективности работы ИТ подразделений, общая удовлетворенность пользователей и обеспечивается повышение качества предоставления ИТ услуг.

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ДУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОМЕРНЫМИ БЕЗЫНЕРЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Корнеева А.А.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф.Решетнева,
г. Красноярск*

Введение. Большую роль при математической формулировке задачи управления играет уровень априорной информации об объекте. Можно выделить различные уровни априорной информации: байесов, параметрический, непараметрический и др. В этой связи проблемы адаптивных и обучающихся систем, соответствующих различным уровням априорной информации, являются на сегодняшний день важнейшими в теории автоматического управления. Такие системы позволяют осуществлять оптимальное управление сложными объектами в условиях малой априорной информации за счет использования текущей информации, получаемой в результате функционирования объекта управления. Существенный интерес представляет развитие теории дуального управления в условиях малой априорной информации, при которой управляющие воздействия используются не только для приведения объекта к желаемому состоянию, но и для его изучения. Потребность в построении подобных систем возникает во многих технологических, производственных процессах, а также в других областях человеческой деятельности (экономика, социология и др.).

Первые работы по теории дуального управления принадлежат А.А.Фельдбауму [1]. В его постановке рассматриваемая задача является байесовой, когда параметрическая модель объекта исследования известна с точностью до параметров, также известны плотности распределения внешних воздействий и параметров управляемого объекта. В условиях меньшей априорной информации проблема дуального управления была рассмотрена Я.З. Цыпкиным [2], который является основоположником параметрической теории адаптивных систем. Здесь априорные требования к плотности вероятности случайных факторов ослабевают, но требуются знания о параметрической структуре объекта исследования. Параметризация структуры исследуемого объекта требует, тем не менее, значительного объема априорной информации, которого зачастую недостаточно. Неточность при выборе параметрической модели объекта может привести к тому, что адаптивная система утрачивает свои свойства и перестает быть, в достаточной степени, обучающейся.

В настоящей работе рассматриваются задачи идентификации и управления в условиях непараметрической неопределенности. Основой для построения адаптивных и обучающихся моделей и систем управления явились методы непараметрической статистики [3] и

развиваемая сегодня теория непараметрических адаптивных систем [4]. Ее отличие от существующей параметрической теории адаптивных систем состоит в отсутствие этапа выбора параметрической структуры модели на основании имеющейся априорной информации. В этом случае требования к априорной информации ослабевают. Здесь требуется информация на качественном уровне (статический или динамический объект, линейный или нелинейный и др.).

Постановка задачи. Рассмотрим рисунок 1, на котором представлена схема управления многомерным безынерционным процессом. Здесь приняты следующие обозначения: A – неизвестный оператор объекта, $u(t) \in \Omega(u) \subset R^m$ – векторное управляющее воздействие, $x(t) \in \Omega(x) \subset R^n$ – векторная выходная переменная, $x^*(t) \in \Omega(x) \subset R^n$ – векторное задающее воздействие. Выполняется условие $m \geq n$. Переменная $\mu(t) \in \Omega(\mu)$ – это векторная k -мерная входная контролируемая, но неуправляемая переменная. К примеру, если $u(t)$ – это загрузка подаваемого на вход материала, то $\mu(t)$ может быть физико-химической или технологической характеристикой этого материала, существенно влияющая на процесс, который протекает в объекте. $\xi(t)$ – векторная случайная помеха. Блоки контроля переменных H^μ , H^x подвержены воздействию случайных помех $h^\mu(t)$ и $h^x(t)$. Задача управления состоит в поддержании на выходе объекта значения $x(t) = x^*(t)$ в смысле принятого критерия оптимальности и фиксированном значении $\mu(t) \in \Omega(\mu)$.

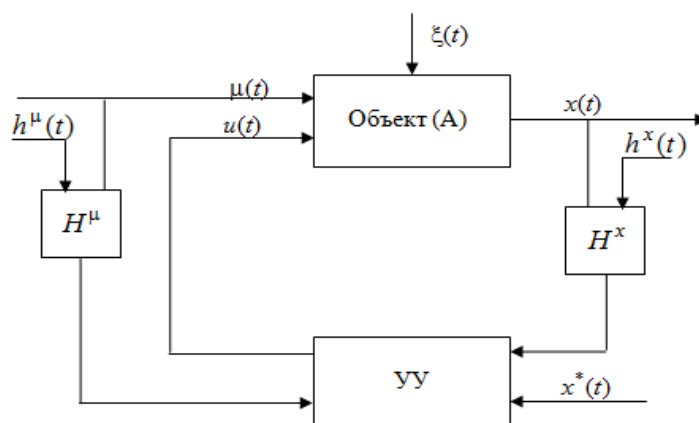


Рисунок 1 – Схема управления многомерным безынерционным процессом

Модель исследуемого процесса в этом случае может иметь следующий вид:

$$x(t) = A(u(t), \mu(t), \xi(t)). \quad (1)$$

Для математической формулировки задачи идентификации и управления необходима априорная информация об исследуемом объекте, которая складывается из информации об его операторе, случайных помехах, функции цели, ограничениях. Выделяют различные уровни априорной информации: байесов уровень (с точностью до параметров известны параметрическая модель процесса, законы распределения случайных помех, уравнения каналов связи), уровень параметрической неопределенности (с точностью до параметров известна модель процесса, известны некоторые характеристики случайных помех), уровень непараметрической неопределенности (не предполагает наличия модели, но требует информацию о процессе качественного характера). Каждому уровню априорной информации соответствует определенная постановка задачи управления.

Дуальное управление. Дуальное управление было открыто и развито А.А. Фельдбаумом. Особенность систем дуального управления состоит в том, что дуальное управляющее воздействие выполняет двойную роль: оно является как управляющим, в классическом

смысле этого слова, так и изучающим [1]. Первоначально теория дуального управления была развита в байесовой постановке. Рассмотрим рисунок 2.

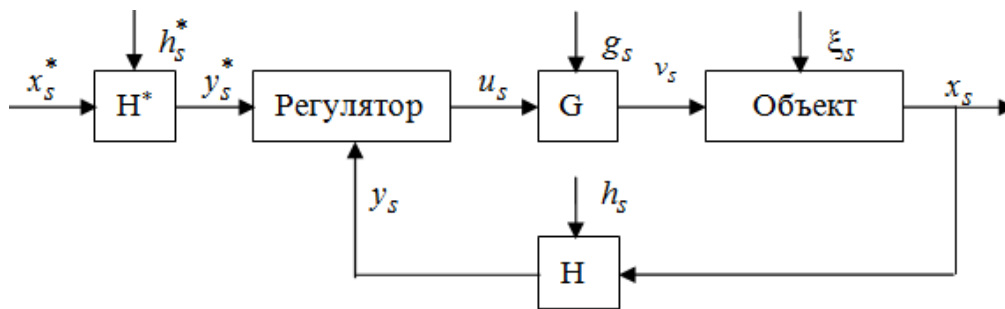


Рисунок 2 – Схема дуального управления в байесовой постановке

Здесь задающее воздействие x_s^* , проходя через канал связи H^* и смешивается в нем с шумом h_s^* , поступает в регулятор как y_s^* . Кроме того, в регулятор поступает переменная y_s , которая представляет собой выход объекта x_s , прошедший через канал связи H и смешавшийся в нем с шумом h_s . Выходом регулятора является управляющее воздействие u_s , которое, проходя через канал связи G и смешиваясь в нем с помехой g_s , поступает на управляемый объект в виде v_s . Объект находится под влиянием помехи ξ_s , s – дискретное время. Задача состоит в определении оптимальной стратегии регулятора.

В постановке А.А. Фельдбаума рассматриваемая задача – байесова. Предполагается, что помехи в каналах измерения величин h_s^* , h_s , g_s – последовательности независимых случайных величин с неизменными плотностями вероятности $P(h_s^*)$, $P(h_s)$, $P(g_s)$, помехи аддитивные и гауссовы; $\xi_s = \xi(s, \mu)$, где μ – случайный вектор с известной априорной плотностью вероятности $P(\mu)$. Аналогично, полагаем, что $x_s = x(s, \lambda)$, где λ – случайный вектор с заданной плотностью вероятности $P(\lambda)$; все внешние воздействия, поступающие на схему – ξ_s , h_s^* , h_s , g_s , x_s^* – статистически независимы. Объект не имеет памяти и описывается уравнением $x_s = F(\xi_s, v_s)$, где F – ограничена, однозначна и дифференцируема. Способы комбинации сигнала и шума в блоках H^* , H , G считаются известными и неизменными, а сами блоки не имеющими памяти, т.е. $y_s^* = y^*(x_s^*, h_s^*)$, $v_s = v(u_s, g_s)$, $y_s = y(x_s, h_s)$, вместо которых и вероятностных характеристик шумов можно сразу задать условные плотности вероятности $P(y_s^* / x_s^*)$, $P(v_s / u_s)$, $P(y_s / x_s)$. Задача состоит в определении оптимальной стратегии регулятора:

$$P_s(u_s) = \Gamma_s(u_s / \bar{u}_{s-1}, \bar{y}_{s-1}, \bar{y}_s^*), \quad 0 \leq s \leq n, \quad (2)$$

где $\bar{u}_s = (u_0, \dots, u_s)$ – временной вектор, и по аналогии \bar{y}_s^*, \bar{y}_s , $0 \leq s \leq n$.

Теория дуального управления в постановке А.А.Фельдбаума предполагает наличие довольно большого объема априорной информации об исследуемом объекте и каналах связи. Это часто вызывает серьезные затруднения при разработке систем дуального управления реальными процессами и объектами. В этой связи существенный интерес представляют исследования Я.З. Цыпкина по синтезу систем дуального управления в условиях параметрической априорной информации и изложенной в [2]. В качестве примера системы адаптивного управления Я.З. Цыпкиным был рассмотрен линейный объект, описываемый следующим уравнением:

$$x_t = \sum_{i=1}^n a_i x_{t-1} + a_0 u_{t-1}, \quad (3)$$

где $c = (a_0, a_1, \dots, a_n)$ – вектор коэффициентов, $z_t = (x_{t-1}, \dots, x_{t-n}, u_{t-1})$ – вектор ситуаций. Здесь идентификация объекта осуществляется с помощью алгоритма «изучения»:

$$c_t = c_{t-1} + \gamma_t^c (x_t - c_{t-1}^T z_t) z_t. \quad (4)$$

γ – это переменный коэффициент, удовлетворяющий условиям Роббинса-Монро [2], алгоритм управления имеет следующий вид:

$$b_t = b_{t-1} + \gamma_t^b (x_t^* - c_{t-1}^T z_t) V_t c_t, \quad (5)$$

где $b = (b_1, \dots, b_m)$ – вектор параметров, x_t^* – задающее воздействие, а V_t – матрица функций чувствительности. Как в байесовой постановке задачи дуального управления, так и в адаптивной постановке предполагается математическое описание объекта с точностью до вектора параметров. Как было сказано ранее, математическое описание требует большого объема априорной информации об объекте исследования. В этих случаях целесообразно использовать непараметрические методы.

Непараметрический алгоритм дуального управления. В условиях непараметрической неопределенности предполагается, что априорной информации недостаточно для определения параметрической модели процесса. Тем не менее, предполагаются известными некоторые качественные свойства, характеризующие поведение объекта. Например, объект обладает взаимно однозначной или неоднозначной характеристикой процесса для безынерционных систем, является линейным или указан тип нелинейности для динамических систем и др. Рассмотрим схему, представленную на рисунке 3, из которой видно, что

$$x(t) = A \langle u(t) \rangle, \quad u(t) = A^{-1} \langle x(t) = x^*(t) \rangle, \quad (6)$$

где A – неизвестный линейный оператор процесса; A^{-1} – оператор, обратный A .

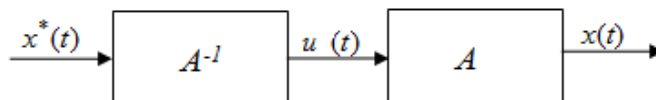


Рисунок 3 – Обратный оператор объекта

Из (6), с учетом, что $AA^{-1} = I$ – единичный оператор, можно получить

$$x(t) = AA^{-1} \langle x(t) = x^*(t) \rangle = x^*(t). \quad (7)$$

Таким образом, вид идеального регулятора (**U**-регулятора) может быть представлен в форме (6). Используя (7), можно, задавая желаемую траекторию $x^*(t)$, получить идеальное значение управления $u^*(t)$. Главная проблема на этом пути состоит в том, что во многих случаях построить такую схему невозможно, тем более, что оператор A – неизвестен.

Рассмотрим схему непараметрического дуального управления, представленную на рисунке 4.

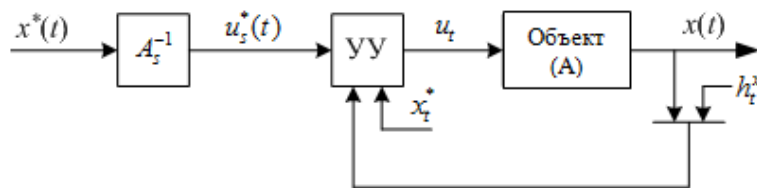


Рисунок 4 – Схема непараметрического дуального управления

Здесь A_s^{-1} – непараметрическая оценка обратного оператора A^{-1} по выборке наблюдений «входных-выходных» переменных объема s . Тогда, непараметрический алгоритм дуального управления примет вид:

$$u_{s+1} = u_s^* + \Delta u_{s+1}. \quad (8)$$

где u_s^* представляет собой оценку оператора A^{-1} по выборке объема s , что обуславливает «знания» характеристики объекта, а Δu_{s+1} – «поисковый» шаг, роль которого имеет доминирующее значение на начальной стадии активного накопления информации управляющим устройством. В итоге, непараметрическая оценка u_s^* имеет вид:

$$u_{sv}^* = \sum_{i=1}^s u_{iv} \prod_{j=1}^n \Phi \left(\frac{x_{n,s+1}^* - x_{n,i}}{c_s^x} \right) \prod_{j=1}^k \Phi \left(\frac{\mu_{k,s+1} - \mu_{k,i}}{c_s^\mu} \right) / \sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^n \Phi \left(\frac{x_{n,s+1}^* - x_{n,i}}{c_s^x} \right) \prod_{j=1}^k \Phi \left(\frac{\mu_{k,s+1} - \mu_{k,i}}{c_s^\mu} \right), \quad (9)$$

где $v = \overline{1, m}$, $\Phi(\cdot)$ – ядерная колоколообразная функция, c_s^x и c_s^μ – соответствующие коэффициенты размытости ядра ($c_s^\mu = \alpha |\mu_{s+1} - \mu_s|$, $c_s^x = \beta |x_{s+1}^* - x_s|$, коэффициенты $\alpha, \beta > 1$). И ядерная функция, и коэффициенты размытости ядра удовлетворяют некоторым условиям сходимости [3]. Второе слагаемое в формуле (8) Δu_{s+1} – «поисковый» шаг, который рассчитывается следующим образом:

$$\Delta u_{s+1} = \theta (x_{s+1}^* - x_s), \quad (10)$$

где θ – некоторый параметр.

Дуализм данного алгоритма состоит в том, что компонента u_s^* содержит в себе «знания» об объекте, а компонента Δu_{s+1} – «изучающие» поисковые шаги. На начальной стадии управления основную роль играет поисковый шаг Δu_{s+1} . Это случай активного накопления информации. По мере накопления информации при формировании управляющего воздействия возрастает роль первого слагаемого u_s^* .

Вычислительный эксперимент. Для вычислительного эксперимента был выбран объект, описываемый уравнением вида $x(t) = 2\sqrt{u(t)} + \mu(t)$. Неуправляемая, но контролируемая переменная $\mu(t)$ описывается (в рамках вычислительного эксперимента) зависимостью вида $\mu(t) = \sin(0.015i)$. Рассмотрим случай, когда задание $x^*(t)$ описывается следующей системой:

$$\begin{cases} x^* = 5, & \text{если } 0 < i \leq 30; \\ x^* = 2, & \text{если } 30 < i \leq 60; \\ x^* = 5 + \cos(0.03i), & \text{если } 60 < i \leq 120; \\ x^* = \text{rand}(2;3.5), & \text{если } 120 < i \leq 150. \end{cases} \quad (11)$$

Здесь $\text{rand}(2;3.5)$ – равномерно распределенная случайная величина в интервале [2;3.5]. Параметры алгоритма: $\alpha = 2.8$, $\beta = 1.1$, $\theta = 0.6$, $u_0 = 4$. Результаты вычислительного эксперимента представлены на рисунке 5.

На рисунке 5 показано, как ведет себя алгоритм при ступенчатом задании, при задании-траектории и при случайном задании. Из рисунка видно хорошее качество управления даже при таком «экзотическом» варианте, когда задание носит случайный характер. С подобной задачей не справится ни один из известных регуляторов.

Заключение. Доклад посвящен проблеме дуального управления многомерными

системами в условиях непараметрической неопределенности. Проводится анализ теории дуального управления в байесовой, параметрической и непараметрической постановках.

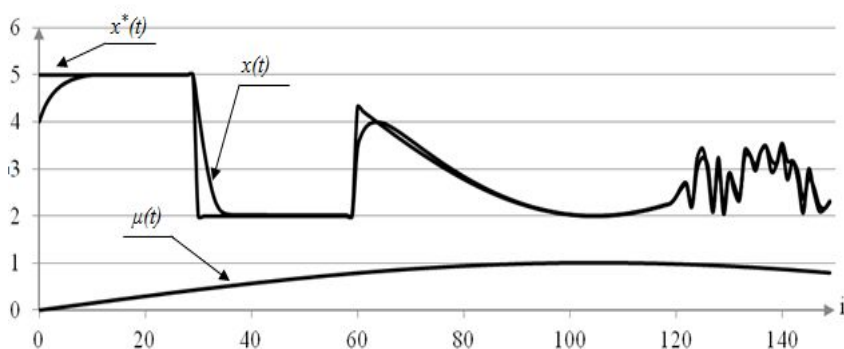


Рисунок 5 – Результаты вычислительного эксперимента

Следует отметить, что в байесовой теории дуального управления, развитой А.А. Фельдбаумом, процесс получения оптимальной стратегии управления оказывается довольно сложным, зато наиболее простым и кратким является собственно процесс обучения. В системах параметрического дуального управления, в изложении Я.З.Цыпкина, процесс синтеза алгоритмов управления оказывается более простым, но требуется более длительное время для обучения системы управления. Наконец, в системах непараметрического дуального управления процедура построения системы еще более проста, но время для обучения системы требуется еще больше. Здесь все зависит от того, какой уровень априорной информации был вложен при формулировке задачи. Если вложен большой объем априорной информации, как при байесовой постановке, то следует ожидать, что процесс обучения не будет таким уж затянутым во времени. Наоборот, если на начальной стадии формулировки задачи объем информации не велик, то следует ожидать, что процесс обучения может оказаться более длительным.

Библиографический список

1. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. Москва. Изд. Физматгиз, 1963г. – 552с.
2. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. Изд. «Наука», 1968. – 400 с.
3. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии, изд. Тбил. ун-т, 1983. – 194 с.
4. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации. Новосибирск, Наука, 1983. – 174 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А	Добрынин С.А.	409
Агеев Д.А.	Довженко П.Ю.	160
Б	Е	
Байкин С.А.	Евтушенко В.Ф.	32, 58, 319, 325
Барагичев К.Е.	Ж	
Берковская Д.В.	Жилина Н.М.	419
Боганов А.В.	Жмакин Ю.Д.	351
Бондарь Н.Ф.	З	
Борисова Ю.Ю.	Зайцев А.В.	403
Бубнов А.В.	Зацаринный А.А.	302
Будовских Е.А.	Зверева А.Б.	437
Бурков В.Н.	Зельцер С.Р.	263
Буркова Е.В.	Зимин В.В.	62, 316, 358, 362, 388
Бурыкин А.А.	Золотых М.О.	165
В	Зубарев В.В.	106
Валишевская Л.Г.	И	
Васильев А.М.	Ибатуллин А.А.	212
Венгер К.Г.	Иванов О.Ю.	165
Веревкин В.И.	Ивушкин А.А.	7
Веревкин С.В.	Ивушкин К.А.	32, 52, 67, 135, 175
Власенко А.Е.	Ионенков Ю.С.	302
Власов А.В.	Истомин А.С.	26, 100, 153
Волынкина Е.П.	К	
Вохмяков А.М.	Казанцев С.В.	100
Г	Казяев Д.М.	236
Гагарин А.Ю.	Казяев М.Д.	236
Гарипов В.К.	Карпов Л.Е.	277
Гилева Л.Ю.	Киселева Т.В.	347, 423, 426
Гой Е.А.	Койнов Р.С.	316
Голев С.А.	Коплярова Н.В.	342, 445
Гордеев С.Н.	Кораблина Т.В.	466
Грачев А.В.	Корнеева А.А.	477
Грачев В.В.	Корнет М.Е.	204
Громов В.Е.	Краснобаев А.В.	41, 160
Гурин И.А.	Куделин С.П.	216
Гусев М.М.	Кузнецов С.Н.	19
Гусев С.С.	Кулаков С.М.	62, 208, 316, 358, 362, 374, 388
Д	Куприн А.Г.	462
Дайнович А.М.	Курьшкин Н.П.	281
Дайнович О.П.	Л	
Девярых Е.А.	Лавров В.В.	26, 41, 471
Девярых Т.О.	Линков А.А.	131
Демченко Д.Г.	Логунова О.С.	456
Динова Н.И.	Ломаев Ю.С.	384
Дмитриев А.Н.	Лысенко Н.Л.	67
Дмитриев В.О.	Львова Е.И.	337
Добрынин А.С.		

Любимов О.В.	281
Ляховец М.В.	52
М	
Макаров В.Н.	131
Макаров Г.В.	58, 268, 319, 325, 403
Малинов М.Б.	259
Мальцева Т.В.	364
Маслова Е.В.	347
Мацко И.И.	456
Медведев А.В.	12, 76
Миронова Е.В.	287, 290
Михайлов А.С.	103
Михайлов В.Г.	426
Модзелевский Д.Е.	351
Моисеева Ю.В.	106
Молокова Н.В.	364
Мочалов П.С.	124, 307
Мочалов С.П.	46, 259
Мужиченко И.А.	284
Мусатова А.И.	370, 374
Мышляев Л.П.	7, 32, 52, 55, 58, 67, 131, 142, 400
Мясников Д.А.	216
Н	
Никифоров И.К.	207
Новичихин А.В.	185
Носков В.Ю.	224, 397
Нурмухаметов В.Н.	271
О	
Окс А.Е.	112
Олейников Н.А.	311
Оленников А.А.	170, 271
Орлов В.И.	249, 342, 380
П	
Падалко А.Г.	271
Панферов В.И.	297
Панферов С.В.	297
Паршаков В.М.	160
Петрова О.А.	187
Пешко М.С.	230
Полинов А.А.	160
Посохов И.А.	456
Прокуратов И.И.	392
Прохоров И.Е.	160
Пургина М.В.	62, 358, 388
Р	
Редькин А.В.	277
Редькина А.В.	277
Романов Д.А.	351

Рыболовлев В.Ю.	26, 41
С	
Самойлов Д.Н.	281
Сахопотин Г.А.	107
Семенов О.В.	131, 149
Сергеева Н.А.	342, 380, 440, 451
Слепцов В.В.	311, 392
Соловьёв В.И.	244
Соловьева Ю.А.	466
Сорокин А.С.	432
Спирин Н.А.	26, 41, 100, 153, 471
Старовацкая С.Н.	32, 400
Старовойтова А.В.	451
Статников И.Н.	90
Т	
Тагильцев-Галета К.В.	468
Терентьев А.Ю.	219
Торопов Д.В.	208
Третьяков В.С.	259
Трофимов В.Б.	116
Ф	
Федосов В.В.	342, 380
Федотов А.Н.	392
Фирсов Г.И.	90, 409
Фисенко А.И.	337
Фрянов В.Н.	142
Ц	
Циряпкина А.В.	69, 131, 135, 175
Циряпкина И.В.	400
Цымбал В.П.	46, 170, 271
Ч	
Чевычелов А.В.	160
Челнокова В.Д.	216
Чесноков Ю.А.	165
Чеченин Г.И.	419
Чжан Е.А.	380, 440
Чичиндаев М.Г.	55
Ш	
Шабанов А.П.	302
[Шакиров К.М.]	46
Шипунов М.В.	135, 175
Ширяев В.И.	85
Щ	
Щепкин А.В.	123
Щипанов К.А.	26, 471
Я	
Ярлыкова Л.К.	12
Ярчук В.Ф.	219

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	5
Мышляев Л.П., Ивушкин А.А. Системы управления со структурным разнообразием.....	7
Медведев А.В., Ярлыкова Л.К. О компьютерном «портрете» образовательного процесса.....	12
Кузнецов С.Н., Волынкина Е.П. Управление твердыми бытовыми отходами на региональном уровне.....	19
Спирин Н.А., Рыболовлев В.Ю., Лавров В.В., Щипанов К.А., Истомина А.С. Научные проблемы совершенствования информационно-моделирующих систем в металлургии	26
Евтушенко В.Ф., Старовацкая С.Н., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А. Подобие систем управления с прогнозирующими физическими моделями.....	32
СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	39
Лавров В.В., Спирин Н.А., Бурыкин А.А., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В. Разработка и применение методов и алгоритмов для создания автоматизированной системы анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха	41
Цымбал В.П., Мочалов С.П., Шакиров К.М. Управление химическим составом металла в агрегате СЭР путем создания пространственных диссипативных структур.....	46
Ляховец М.В., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А., Барагичев К.Е. О необходимости совместного синтеза объектов управления и управляющих систем.....	52
Агеев Д.А., Мышляев Л.П., Чичиндаев М.Г. Алгоритмы идентификации динамических объектов	55
Евтушенко В.Ф., Мышляев Л.П., Дмитриев В.О., Макаров Г.В. О подобии систем в задачах управления нестационарными объектами	58
Пургина М.В., Зимин В.В., Кулаков С.М. О целях и задачах системы непрерывного совершенствования (СНС) ИТ-процессов.....	62
Ивушкин К.А., Мышляев Л.П., Лысенко Н.Л. Моделирование в задачах оптимизации технологических режимов промышленных комплексов.....	67
Грачев В.В., Циряпкина А.В., Барагичев К.Е., Дмитриев В.О. Разработка системы автоматизации управления углеобогатительной фабрики «Матюшинская»	69
Гарипов В.К. Системы автоматизированного управления современными телевизионными аппаратными цифрового вещания.....	72
Медведев А.В. Непараметрическое дуальное управление.....	76

Ширяев В.И.	
О решении задач позиционного управления в условиях неполной информации.....	85
Статников И.Н., Фирсов Г.И.	
Применение дискретных методов оптимизации в задачах проектирования устройств систем управления.....	90
Динова Н.И.	
Безопасность объекта повышенной опасности	95
Истомин А.С., Казанцев С.В., Спирин Н.А.	
Использование искусственных нейронных сетей для управления сложными объектами (на примере доменной плавки)	100
Михайлов А.С.	
Актуальные проблемы применения нейрорегуляторов в системах автоматического управления.....	103
Бурков В.Н., Зубарев В.В., Моисеева Ю.В.	
Задачи управления портфелем бизнес-образующих проектов	106
Сахопотинов Г.А.	
Масштабируемость взаимодействия и координации действий в больших группах роботов	107
Окс А.Е.	
Разработка интеллектуальной модели логики поведения водителя.....	112
Трофимов В.Б.	
О построении системы управления знаниями по ИТ-услугам на основе материалов ITIL	116
Голев С.А., Щепкин А.В.	
Управление уровнем риска сильными штрафами.....	123
Мочалов П.С.	
Технология разработки программных приложений 3D-виртуальных сред для моделирования технологических процессов и комплексов	125
СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	129
Мышляев Л.П., Макаров В.Н., Циряпкина А.В., Венгер К.Г., Линков А.А., Семенов О.В.	
Регулирование плотности магнетитовой суспензии при обогащении углей	131
Шипунов М.В., Ивушкин К.А., Грачев В.В., Циряпкина А.В.	
Информационное обеспечение систем управления углеобогатительными фабриками.....	135
Гордеев С.Н., Фрянов В.Н., Мышляев Л.П.	
Совершенствование системы управления технологическими процессами в выемочных участках угольной шахты.....	142
Венгер К.Г., Семенов О.В.	
Практика автоматизации бизнес-процессов угледобывающих предприятий ЗАО «Стройсервис»	149
Спирин Н.А., Гилева Л.Ю., Истомин А.С., Гурин И.А.	
Оптимизация распределения природного газа в доменном цехе при изменении параметров плавки	153

Довженко П.Ю., Краснобаев А.В., Паршаков В.М., Чевычелов А.В., Полинов А.А., Прохоров И.Е.	
Разработка подсистемы информационного обеспечения системы контроля, оптимизации и прогноза доменной плавки	160
Дмитриев А.Н., Золотых М.О., Иванов О.Ю., Чесноков Ю.А.	
Система контроля состояния огнупорной футеровки горна доменной печи.....	165
Оленников А.А., Цымбал В.П.	
Моделирование схем энергоутилизации отходящих газов металлургических агрегатов	170
Шипунов М.В., Ивушкин К.А., Грачев В.В., Циряпкина А.В.	
Создание мнемосхем промышленных комплексов с использованием SCADA-систем	175
Новичихин А.В.	
К особенностям планирования в социально-экономических системах топливно-сырьевого региона	185
Петрова О.А.	
Формирование информации о состоянии геомассива для принятия решений на угольных шахтах	187
Бубнов А.В., Дайнович А.М., Дайнович О.П.	
Измерение показателей качества электроэнергии в автоматизированных системах диспетчерского управления объектами электроэнергетики.	194
Барагичев К.Е., Грачев В.В., Дмитриев В.О.	
Особенности создания информационного обеспечения системы автоматизации углеобогадательной фабрики «Матюшинская»	197
Бурыкин А.А.	
Мобильная система оценки текущего состояния информационной системы	201
Корнет М.Е.	
К построению подсистемы технологической оптимизации сталеплавильных процессов.....	204
Никифоров И.К.	
О необходимости объединения систем автоматизации водоотведения, водоподготовки и водоснабжения в двухуровневую АСУТП	27
Кулаков С.М., Торопов Д.В.	
К построению системы интеллектуального управления процессом синтеза аммиака.....	208
Ибатуллин А.А.	
К вопросу формализованного описания процесса контроля режущего инструмента в условиях ГПМ.....	212
Куделин С.П., Мясников Д.А., Челнокова В.Д.	
Программный комплекс массовой выгрузки комплектов документов клиентов промышленного предприятия	216
Терентьев А.Ю., Ярчук В.Ф.	
Организация трансфер-агентской сети специализированного регистратора.....	219
Гурин И.А., Носков В.Ю.	
Автоматизация Систем оповещения на производстве	224

Девярых Е.А., Девярых Т.О., Берковская Д.В. О создании системы АСУТП производства хромового ангидрида на заводе ЗАО «Русский хром 1915»	228
Пешко М.С. Применение нечеткого управления при автоматизации управления процесса вегетации.....	230
Вохмяков А.М., Казяев М.Д., Казяев Д.М. Автоматическая система управления тепловым режимом вертикальной термической печи.....	236
Бондарь Н.Ф. О механизме стимулирования персонала стадии эксплуатации ИТ-сервисов.....	240
Соловьёв В.И. Сетецентрическая смарт-коборг система для оперативного управления металлургическим предприятием	244
Орлов В.И. О диагностике и управлении процессом изготовления электрорадиоизделий.....	249
СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	257
Малинов М.Б., Мочалов С.П., Третьяков В.С. Информационная система мониторинга электронного обучения в вузах Российской Федерации	259
Зельцер С.Р. Построение и применение встроенных тренажеров для горнодобывающих предприятий.....	263
Макаров Г.В., Буркова Е.В., Демченко Д.Г. Моделирующий учебно-исследовательский комплекс.....	268
Падалко А.Г., Оленников А.А., Нурмухаметов В.Н., Цымбал В.П. Автоматизированная лабораторная установка низкотемпературного физического моделирования процесса с элементами самоорганизации.....	271
Редькина А.В., Карпов Л.Е., Редькин А.В. Разработка инструментальных средств поддержки обучения решению задач.....	277
Курышкин Н.П., Любимов О.В., Самойлов Д.Н. Использование программируемого логического контроллера в управлении учебным роботизированным технологическим комплексом сборки	281
Власов А.В., Мужиченко И.А. О разработке программно-аппаратного комплекса САПР учебного назначения.....	284
Миронова Е.В., Бондарь Н.Ф. О проектно-процессном подходе к управлению образовательной деятельностью учреждения СПО	287
Бондарь Н.Ф., Миронова Е.В. Лабораторная установка для изучения систем контроля и регулирования технологических параметров.....	290

СЕКЦИЯ 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	295
Панферов В.И., Панферов С.В.	
Об одном решении задачи структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов.....	297
Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Шабанов А.П.	
О нормировании показателей эффективных ситуационно-аналитических центров.....	302
Мочалов П.С.	
О системе математических моделей для создания 3D-виртуальных сред технологических процессов и комплексов	307
Слепцов В.В., Васильев А.М., Олейников Н.А.	
Повышение точности и быстродействия робототехнических транспортных устройств за счет совершенствования их информационно-измерительных и управляющих систем.....	311
Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф., Койнов Р.С.	
О задаче построения расписаний развертывания релизов на стадии внедрения сервиса	316
Евтушенко В.Ф., Макаров Г.В., Буркова Е.В.	
Алгоритм оценивания нестационарности свойств объекта управления и его внешних воздействий	319
Евтушенко В.Ф., Макаров Г.В., Буркова Е.В.	
Численные исследования алгоритма оценивания нестационарности свойств объекта управления и его внешних воздействий.....	325
Веревкин В.И., Веревкин С.В.	
Активно-пассивная идентификация многоканальных объектов в эргатических системах управления.....	332
Гусев М.М., Фисенко А.И., Львова Е.И.	
Система единого интерфейса для пользователей персональных устройств	337
Коплярова Н.В., Орлов В.И., Сергеева Н.А., Федосов В.В.	
О непараметрических моделях в задаче диагностики электрорадиоизделий	342
Киселева Т.В., Маслова Е.В.	
Управление рисками ИТ-сервиса, возможные способы оценивания и защиты.....	347
Гагарин А.Ю., Жмакин Ю.Д., Романов Д.А., Модзелевский Д.Е., Будовских Е.А., Громов В.Е.	
Автоматизация лабораторной электровзрывной установки ЭВУ 60/10.....	351
Васильев А.М.	
Методологические основы и принципы построения распределенных информационно-измерительных и управляющих систем с многоуровневым представлением сложных технических объектов с изменяющимися свойствами.....	354
Зимин В.В., Кулаков С.М., Пургина М.В.	
К оценке эффективности эксплуатации ИТ-сервисов.....	358
Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В., Бондарь Н.Ф.	
О стратегиях формирования тестовых сред для испытания ИТ-сервисов	362

Мальцева Т.В., Молокова Н.В.	
О К-моделях процесса геофильтрации нефти в пористой среде	364
Валишевская Л.Г., Мусатова А.И.	
О применении индикатора «операционный леввередж» при управлении финансами.....	370
Мусатова А.И., Кулаков С.М.	
Разработка нормативной модели производительности человеко-машинной системы «оператор – волоочильный стан».....	374
Орлов В.И., Сергеева Н.А., Чжан Е.А., Федосов В.В.	
О компьютерной диагностике диодных матриц.....	380
Ломаев Ю.С.	
Сравнение эффективности работы алгоритмов обработки спектроскопических данных	384
Зимин В.В., Кулаков С.М., Пургина М.В.	
О семишаговом механизме оптимизации ИТ-процессов.....	388
Слепцов В.В., Прокуратов И.И., Федотов А.Н.	
Анализ устойчивости информационно-измерительных и управляющих систем электромеханических комплексов	392
Гой Е.А., Носков В.Ю.	
Разработка системы нагрузочного тестирования аппаратных и программных средств распределенного веб-приложения	397
Старовацкая С.Н., Мышляев Л.П., Циряпкина И.В.	
К постановкам задач идентификации структур материалов фракталами	400
Макаров Г.В., Буркова Е.В., Зайцев А.В.	
Формирование временных рядов данных с заданными статистическими свойствами	403
Добрынин С.А., Фирсов Г.И.	
Некоторые вопросы прогнозирования случайных процессов	409
Гусев С.С.	
Переборный алгоритм идентификации динамического объекта по экспериментальным данным водоводяного реактора (ВВЭР).....	414
Власенко А.Е., Жилина Н.М., Чеченин Г.И.	
Методы интеллектуального анализа данных для оценки потерь здоровья населения.....	419
Грачев А.В., Киселева Т.В.	
О методе оценки надежности промежуточных узлов передачи данных.....	423
Михайлов В.Г., Киселева Т.В.	
Оценивание эколого-экономических показателей предприятия как инструмент поддержки принятия эффективного экологобезопасного управленческого решения	426
Байкин С.А.	437
О некоторых алгоритмах организации научной деятельности.....	431
Сорокин А.С.	
Модель времени ожидания клиента в системе MSMQ теории очередей.....	432

Динова Н.И., Зверева А.Б.	
Использование вексельных схем для оптимизации финансовых операций	447
Сергеева Н.А., Чжан Е.А.	
О моделировании «трубчатых» процессов.....	440
Коплярова Н.В.	
О непараметрической идентификации стохастических объектов класса Винера	445
Сергеева Н.А., Старовойтова А.В.	
О непараметрическом моделировании линейных динамических систем	451
Посохов И.А., Логунова О.С., Мацко И.И.	
Выбор схемы классификации шума на изображениях серных отпечатков непрерывнолитой заготовки.....	456
Куприн А.Г.	
О непараметрической идентификации и управлении линейными динамическими объектами.....	462
Борисова Ю.Ю., Кораблина Т.В., Соловьева Ю.А.	
Опыт применения показателя степени детерминированности при торговле на финансовых рынках	466
Тагильцев-Галета К.В.	
Математическая модель поведения дробильной машины с простым движением щеки при наличии недробимого предмета	468
Щипанов К.А., Спирин Н.А., Лавров В.В., Бурькин А.А.	
Объектно-ориентированная модель жизненного цикла программного обеспечения	471
Боганов А.В.	
Об одном способе повышения эффективности ИТ-деятельности.....	473
Корнеева А.А.	
Непараметрическое дуальное управление многомерными безынерционными объектами	477
Авторский указатель	483

Научное издание

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ в образовании, науке и производстве

AS'2013

**ТРУДЫ IX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

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

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 2013 г.
Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 500 экз. Заказ № .

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ