

## СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ: АСУ И АСУТП ПРЕДПРИЯТИЙ И КОРПОРАТИВНОГО БИЗНЕСА

---

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АЭРОДИНАМИКИ, ТЕПЛООБМЕНА И ГОРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ

*А.А. Гаврилов, К.Ю. Литвинцев, Е.С. Тэпфер*

*Красноярский государственный технический университет, Красноярск*

*А.А. Дектерев, Е.Б. Харламов*

*Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск*

*П.А. Необъявляющий*

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск*

Формирующиеся рыночные отношения все больше заставляют промышленные предприятия обращать внимание на эффективное использование имеющихся ресурсов, в частности на работу имеющегося технологического оборудования. Инженерные подходы выбора оптимальных режимов работы уже не достаточны и поэтому все чаще привлекаются в качестве дополняющих или альтернативных методы математического моделирования. На данный момент в мире существует ряд «тяжелых» коммерческих программных продуктов (таких как «STAR-CD», «Fluent» и др.), позволяющих проводить моделирование широкого класса физических процессов. Однако их распространение в России сдерживают следующие факторы: высокая стоимость, отсутствие учебных версий программ, длительность обучения для работы ними, неподготовленность инженерного персонала. В связи с этим актуальным становится создание доступного программного кода, позволяющего эффективно решать инженерные задачи.

Для этих целей авторами был разработан программный продукт «σFlow». С помощью этого пакета проводятся оптимизационные расчеты систем газоочистки, вентиляции, сжигания топлива и т. д. для различных промышленных объектов металлургии и энергетики.

Пакет программ «σFlow» позволяет моделировать: стационарные и нестационарные, ламинарные и турбулентные течения, несжимаемых газов, одно и многокомпонентных неизоэнтальпических запыленных сред с химическими реакциями и сложным теплообменом. При расчетных исследованиях различных объектов возможна настройка пакета программа на расчет соответствующих процессов.

В пакете «σFlow» реализованы следующие физико-химические модели:

- радиационный теплообмен – P1 приближение, метод Монте-Карло;
- дисперсная фаза – PSIC (Лагранжев подход), метод взаимопроникающих континуумов (Эйлеров подход);
- горение – метод глобальной реакции (топливо + окислитель = продукты) с моделью обрыва вихря, равновесное приближение реакций;
- загроможденность внутренней структуры объекта (пучки труб, направляющие пластины и т.п.) – прямое разрешение с помощью блокировки ячеек, использование модели анизотропно-пористой среды.

В уравнения неразрывности, импульса, энергии и концентрации компонент возможно подключение источниковых членов, описывающих любые дополнительные физико-химические процессы. В гидродинамическом блоке используется обобщенная криволинейная система координат с блочной техникой, что позволяет моделировать объекты практически произвольной геометрической сложности.

Для верификации программы “σFlow” проведены тестовые расчеты для широкого класса задач. В качестве тестовых задач рассматривались следующие: течения в закрытых 2D и 3D областях; закрученные течения; течения в криволинейных каналах; течения за уступами, взаимодействие струй, течения в вихревых камерах; МГД течения и т.д.

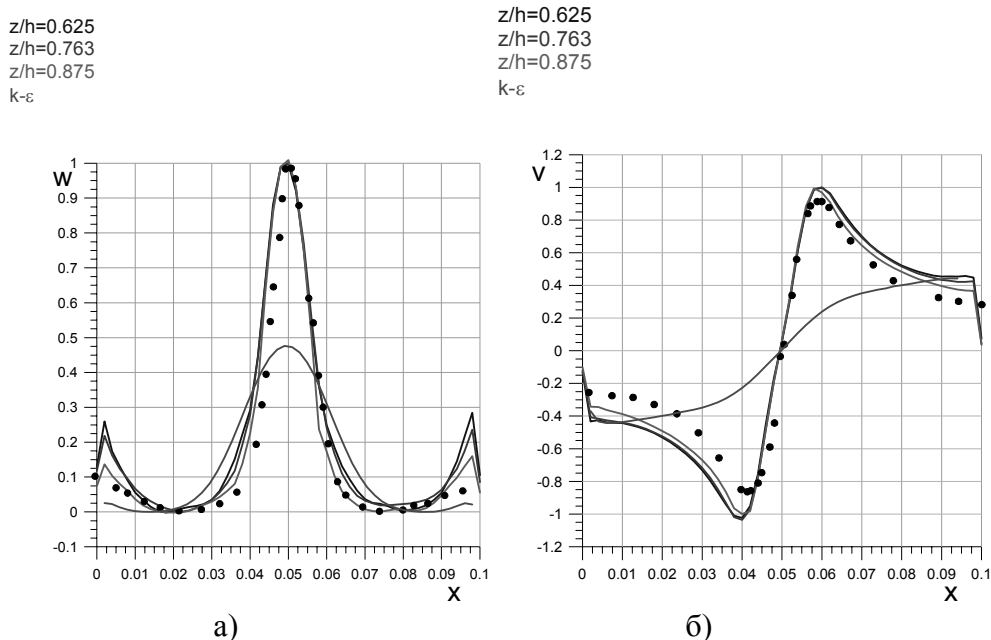


Рис. 1. Течение в вихревой камере. Точки – эксперимент, сплошные линии – расчет: а) аксиальная компонента скорости; б) тангенциальная компонента скорости

В качестве примера использования программы “σFlow” представлены примеры моделирования различных технологических устройств.

Одно из таких устройств – скруббер. Основная его задача – это очистка газа от вредных примесей и частично пыли. Очистка происходит путем абсорбции примесей введенным в поток раствором-абсорбентом. Проводился расчет двух возможных аппаратов, который позволил определить наилучший вариант, а затем провести его геометрическую оптимизацию.

В противоточном циклонном аппарате был выявлен эффект прецессии вихревого ядра течения. Прецессия вихря в циклоне может привести к срыву раствора и частиц пыли со стенок скруббера и повысить вероятность их уноса с очищенным газом. Поэтому проводилась геометрическая оптимизация, в ходе которой было показано, что можно минимизировать прецессию без ухудшения эффективности очистки загрязненного потока в целом.

Другой пример моделирования технологического объекта – сушильная камера, предназначенная для сушки древесины. Была поставлена задача: добиться равномерного подвода воздуха к древесине, для обеспечения процесса равномерной сушки. Рассматривалось несколько вариантов расположения ввода и отвода сушильного агента в камеру: сбоку и сверху.

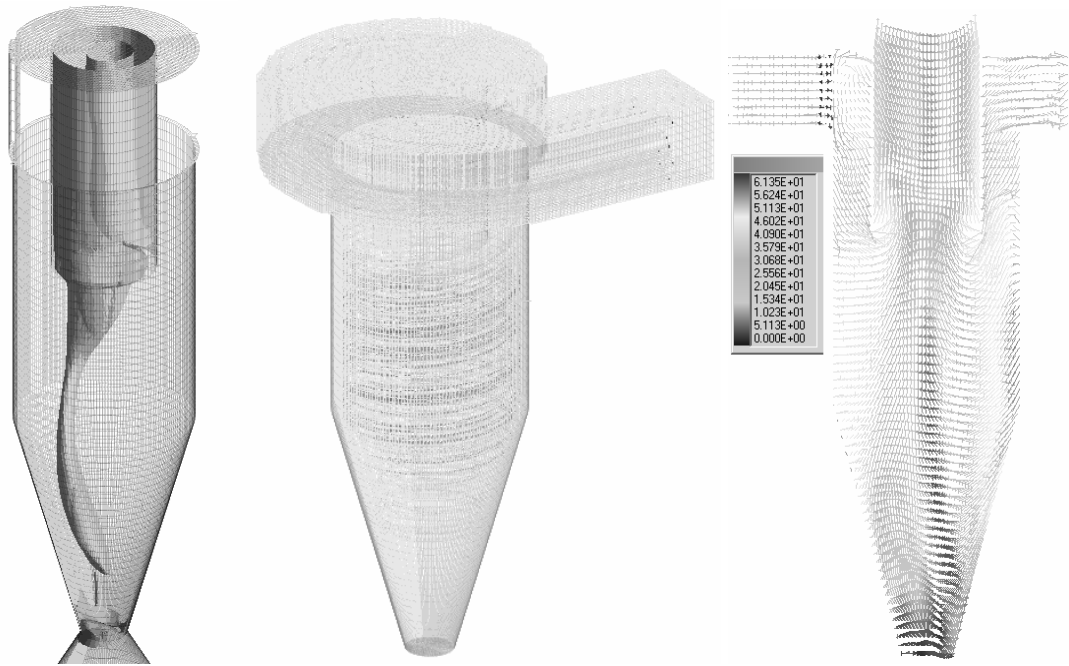
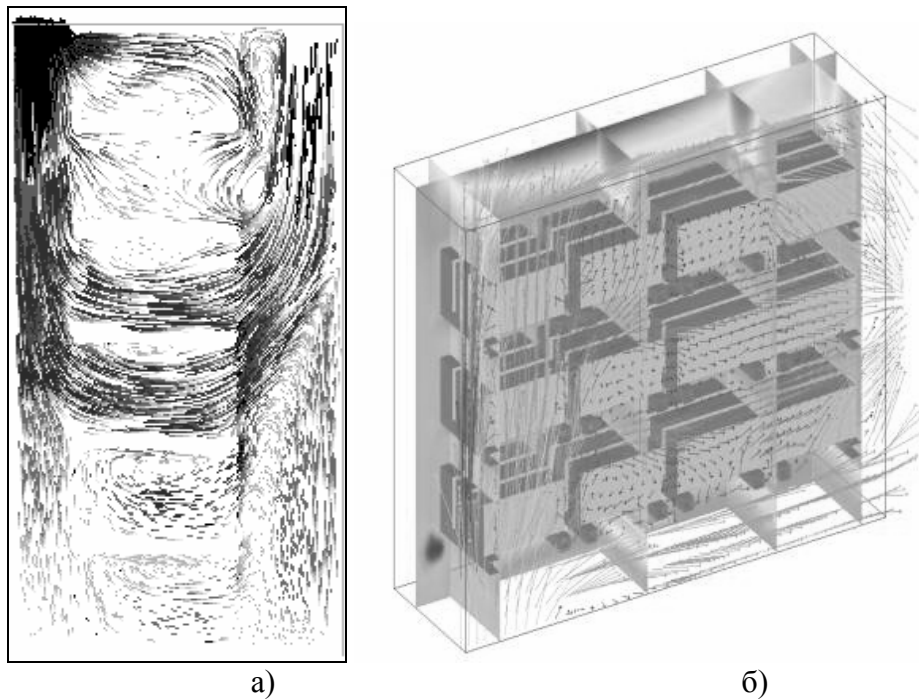


Рис. 2. Прецессия вихря в циклоне

Оказалось, что боковой ввод дает сильно неравномерное распределение потока, возникают зоны рециркуляции, в результате чего, нельзя обеспечить процесс эффективной сушки древесины. При подаче сушильного агента сверху, характер течения становится значительно более равномерным, по сравнению с боковым вводом. Дальнейшая оптимизация показала, что можно добиться полного исчезновения зон рециркуляции и практически однородной структуры потока по высоте.



а)

б)

Рис. 3. а) движение газа в сушильной печи;  
б) потоки газа в элементе печи для сушки кирпичей

С использованием пакета “σFlow” проведено комплексное моделирование процессов тепло-массообмена во вращающейся наклонной печи для переработки алюминиевых шлаков. Базовым вариантом являлась модель реально существующей печи производительностью 10 т. На основе комплексной модели были проведены оптимизационные исследования влияния расположения и мощности горелки на тепловые параметры. Исследовано влияние геометрии печи на режимы работы.

Проведенные исследования показали, что существует неорганизованный подсос воздуха, величина которого колеблется в пределах от 6 до 200 процентов от расхода продуктов горения в зависимости от положения и мощности горелки. Проведенные натурные эксперименты показали, что расчетные данные хорошо соотносятся с экспериментом.

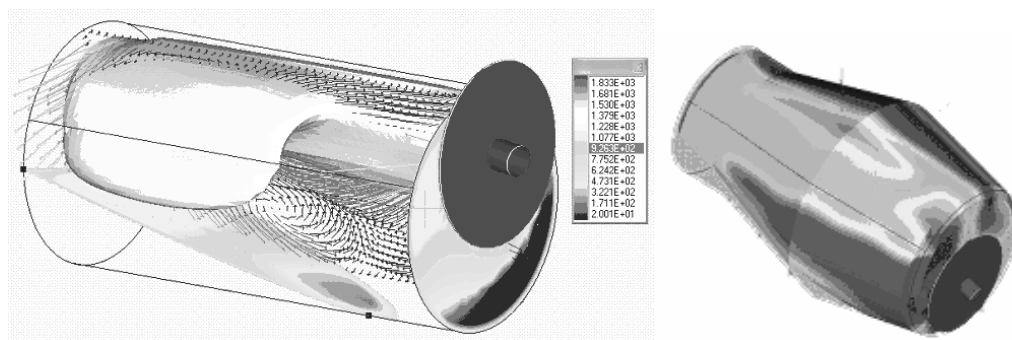


Рис. 4. Моделирование факела во вращающейся наклонной печи:  
а) распределение температуры и поле течения газа; б) температура футеровки

Выполнены исследования аэродинамики, теплообмена и горения для прямоточной эжекционной горелки. Детально моделировались подводящие каналы для первичного и вторичного воздуха, во многом определяющие структуру формирующегося факела. При расчетных исследованиях рассматривалось влияние на дальность горелки таких режимных и конструктивных факторов как величина участка предварительного перемешивания, скоростной режим горелки, интенсивность воспламенения топлива.

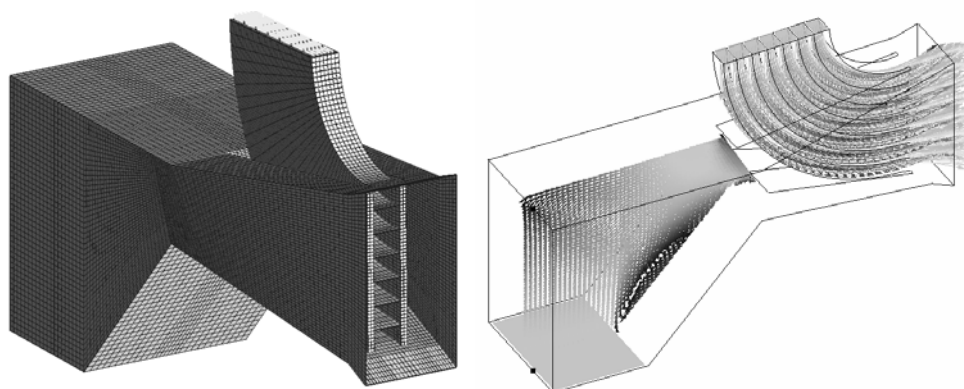


Рис.5. Модель эжекционной горелки: а) расчетная сетка;  
б) поле скорости в поперечном сечении

Программа “σFlow” использовалась для изучения вентиляции в зданиях и промышленных корпусах. Адаптированный вариант программы применялся для исследования динамики развития возможных пожаров в зданиях.

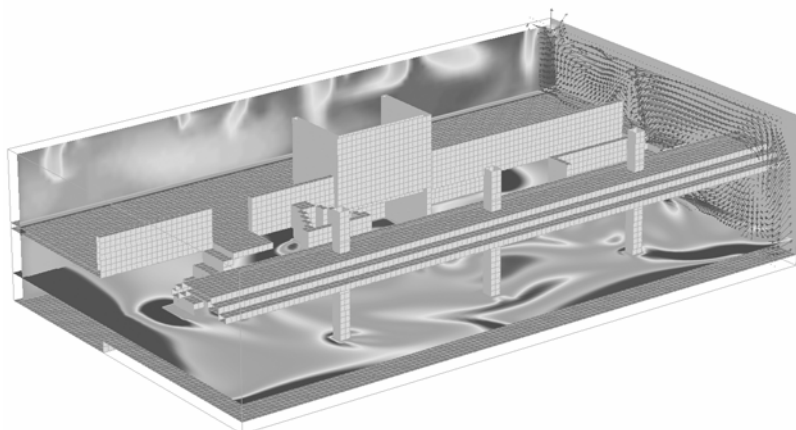


Рис. 6. Течение в здании артриумного типа

Приведенные примеры демонстрируют возможность с помощью численного моделирования анализировать различные технологические объекты: получать картину физическо-химических протекающих процессов, выявлять особенности конструкции, оказывающие существенное влияние на функционирование системы, и проводить поиск режимов их работы.

#### РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ КОТЛА П-67

*В.В. Белый<sup>1</sup>, В.В. Васильев<sup>2</sup>, А.А. Гаврилов<sup>3</sup>, А.А. Дектерев<sup>4</sup>,  
Е.С. Тэнфер<sup>3</sup>, Е.Б. Харламов<sup>4</sup>*

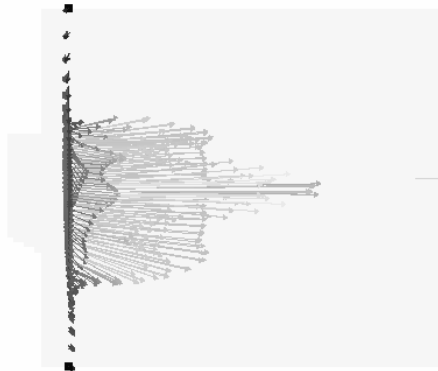
*<sup>1</sup>ОАО «Березовская ГРЭС-1», <sup>2</sup>ОАО «СибВТИ», <sup>3</sup>КГТУ, <sup>4</sup>ИТ СО РАН*

При планировании в 2003 г. ремонта котла П-67 ст. № 2 Березовской ГРЭС-1 была разработана программа наладки топочного режима с целью снижения интенсивности локального шлакования топочных экранов. Для выбора и обоснования предлагаемых технических решений программой было предусмотрено математическое моделирование горелок и топочного процесса, включающего в себя следующие основные варианты:

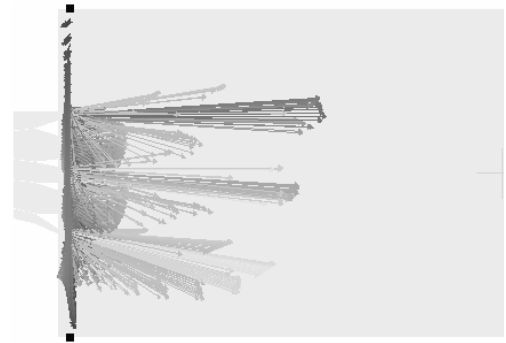
- базовый для "грязного" котла (фактическое состояние до ремонта 2003 г.) по результатам опыта при электрической нагрузке блока 760 МВт и работе восьми мельниц;
- после механической очистки топочных экранов;
- с увеличенным в два раза диаметром крутки факела;
- с разворотом четных блоков горелок к центру топки;
- с концентрическим сжиганием (третичное дутье в плоскости горелок, 32 сопла);
- с нижним дутьем (вариант НПО ЦКТИ);
- с нижним дутьем и концентрическим сжиганием (8 сопл у двух верхних ярусов нечетных блоков горелок);

Одной из главных задач при постановке настоящей работы, было корректное задание краевых условий под руководством специалистов ОАО "Березовская ГРЭС-1", оптимальное сочетание модельного счета и физического эксперимента, а также совместный визуализационный эксперемент-анализ полученных результатов с целью обоснова-



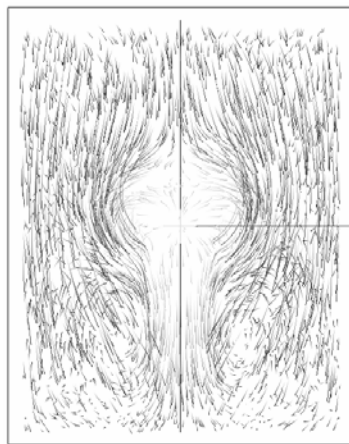


проектная горелка

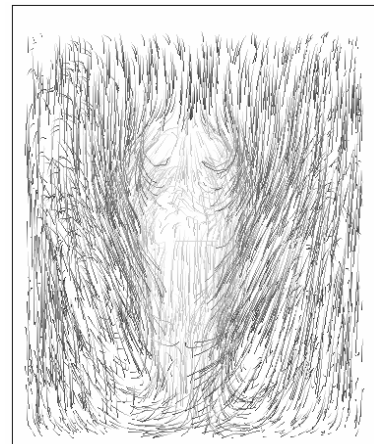


горелка с рассекателями

Рис.2. Поля скоростей на выходе из горелок на расстоянии 0.5 м



проектная горелка



горелка с рассекателями

Рис. 3. Траектории движения частиц 100 мкм в устье горелок

Сравнительный анализ фактического состояния топки (рис.4) и вариантов возможной реконструкции проводился по таким критериям, как интенсивность наброса факела, пристенные температуры газов, интенсивность сепарации частиц на экраны и температура газов на выходе из топки.



после останова



после механической очистки

Рис.4. Характерное загрязнение топочных экранов в зоне активного горения котла П-67

Тепловая эффективность топочных экранов до очистки принималась равной 0,214, а после механической очистки - 0,35.

Для основных вариантов реконструкции на рис. 5-8 представлены изоповерхности интенсивной сепарации (условной скорости роста отложений) для монофракций частиц размером от 100 до 1000 мкм, соударяющихся с топочными экранами. Затемненная площадь характеризует зону шлакования с заданной условной скоростью сепарации ( $7 \cdot 10^{-4}$  кг/с). Для более четкой визуализации и последующего анализа частицы направлялись только из одного четного блока горелок. Это допущение достаточно корректно, поскольку известно, что при топочном процессе взаимодействием частиц между собой в факеле можно пренебречь.

Частицы с размерами менее 100 мкм (преобладающие по массе в аэросмеси горелок) в основном следуют по линиям тока и демонстрируют характерную картину шлакования у нечетного блока горелок (рис.5). С угрублением пыли увеличивается сепарация в холодную воронку, которая также наблюдается на реальном котле с образованием монолитных отложений, сползающих в шнеки холодной воронки с их последующим перекрытием. Аэродинамическая структура газовых потоков в топочной камере обладает высокой неравномерностью. Велики скорости газов в центральной части топки выше зоны активного горения (до 20 м/с). Наблюдается наброс факела в верхней части холодной воронки (до 12 м/с) и между ярусами горелок (до 5 м/с). Факела первого яруса горелок отклоняются вниз. Без нижнего дутья малы подъемные скорости в холодной воронке. Избытки кислорода формируются в угловых зонах. Выгорание заканчивается до аэродинамического пережима. С увеличением доли нижнего дутья снижается устойчивость факела относительно оси топки.

Вариант поворота четных блоков горелок к центру несколько снижает интенсивность наброса факела (на нечетный блок горелок со стороны набегания потока общей крутки) и площадь зоны максимальной сепарации частиц (см. рис.6), но радикально проблема локального шлакования не решается.

Концентрическое сжигание исключает шлакование в зоне активного горения, но не решает проблему холодной воронки (см. рис.7).

Нижнее дутье вторичного воздуха по перчаточной схеме практически исключает сепарацию частиц на скаты холодной воронки и на нижних ярусах горелок (см. рис. 8). Заметное снижение интенсивности наброса частиц наблюдается при большей загрузке четных блоков горелок (при перераспределении расходов аэросмеси, вторичного воздуха, газов рециркуляции).

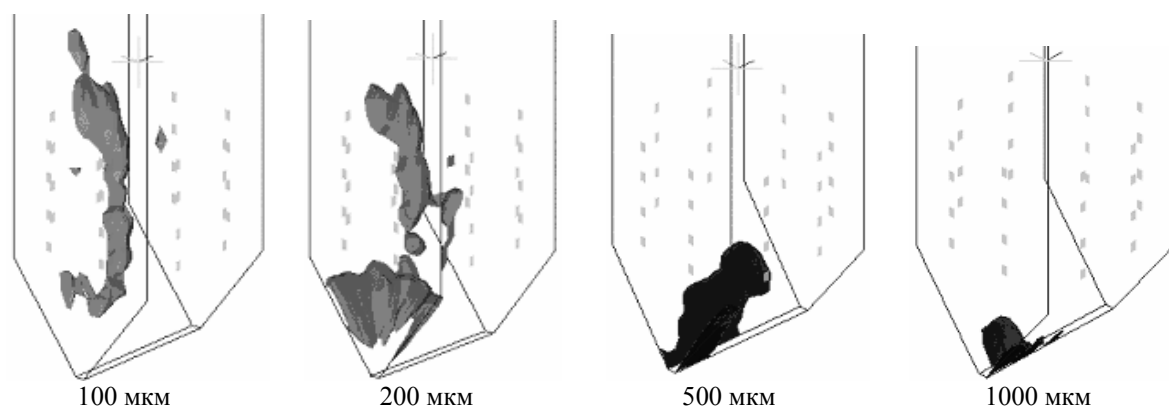


Рис. 5. Зоны максимальной сепарации частиц, базовый вариант до останова на ремонт



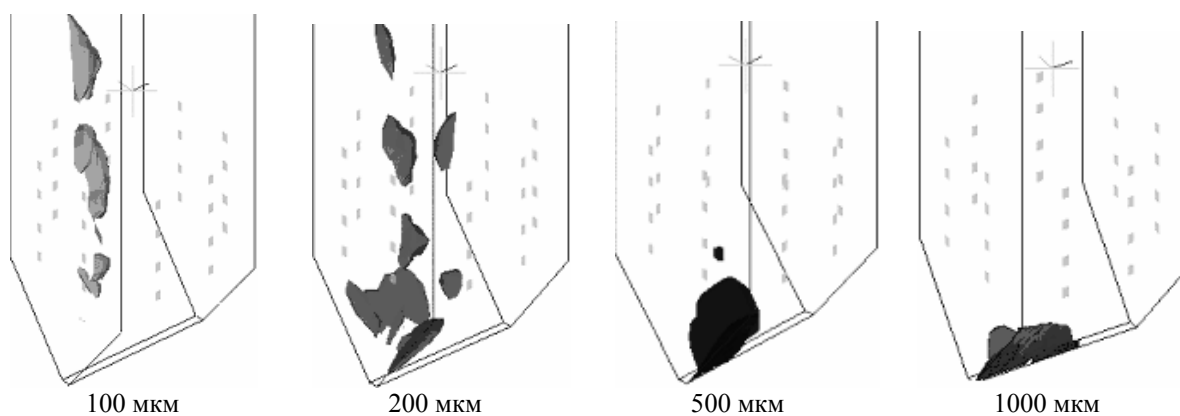


Рис. 6. Зоны максимальной сепарации частиц в варианте с разворотом четных блоков горелок к центру топки

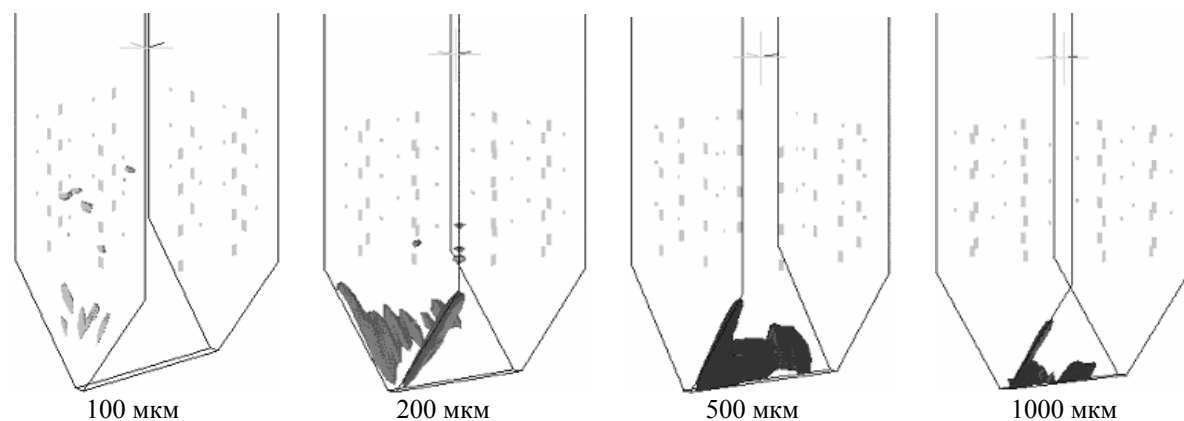


Рис. 7. Зоны максимальной сепарации частиц в варианте с концентрическим сжиганием

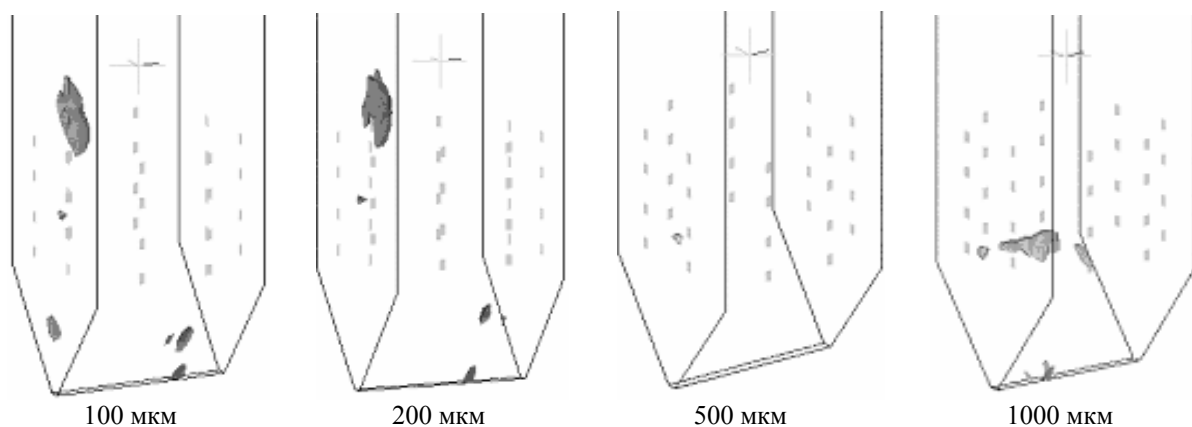


Рис. 8. Зоны максимальной сепарации частиц в варианте с нижним дутьем ЦКТИ

Вариант с увеличенным диаметром крутки существенно не меняет исходную картину шлакования. Скорость роста отложений может возрасти в связи с повышением температур газов в пристенной области. Увеличение наклона горелок без нижнего дутья с целью заполнения холодной воронки и снижения температуры газов на выходе из топки приводит к росту сепарации частиц на скаты холодной воронки.

Очевидно, что наилучшие результаты по снижению интенсивности локального шлакования могут быть получены с комбинированной схемой нижнего дутья и концентрического сжигания.

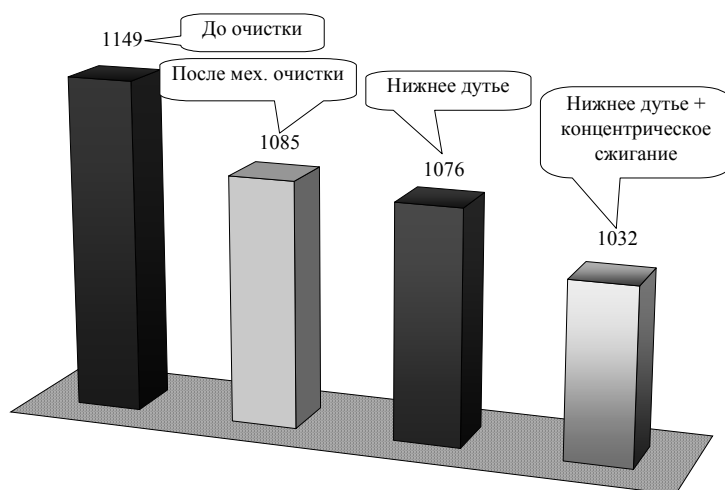


Рис.9. Сравнение средних температур газов на выходе из топки котла П-67 по результатам математического моделирования

Одним из основных показателей эффективности мероприятий по топочной камере является средняя температура газов на выходе из топки. Сравнение показывает, что наибольшее снижение относительно базы дает механическая очистка экранов.

Нижнее дутье по варианту ЦКТИ, в том числе при загрузке нижних ярусов горелок, не дает существенного снижения температур при работе на "тонкой" пыли (характерной для существующих сепараторов мельниц-вентиляторов) после механической очистки экранов. Возможно эффект проявится при угрублении помола и снижении темпа шлакования. Максимальный эффект после механической очистки топочных экранов достигается в варианте сочетания нижнего дутья ЦКТИ и концентрического сжигания при большей загрузке нижних ярусов горелок. Аналогичный эффект должен проявиться и при внедрении ВИР-технологии.

## ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНО-ШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

*К.И. Канунник*

*Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск*

Расчеты кинематических и динамических характеристик плоских рычажно-шарнирных механизмов имеет важное практическое значение при проектировании машин, в частности, в лесном машиностроении. Современное математическое программное обеспечение позволяет существенно снизить трудоемкость проведения этих расчетов.

Для определения кинематических параметров рычажно-шарнирных механизмов предлагается использовать классификацию предложенную Ассуром. В таком случае любой механизм может быть представлен в виде «дерева», состоящего из ведущего звена и нескольких, присоединенных к нему (напрямую или через посредство друг друга) структурных групп Ассура. Это позволяет моделировать практически любые возможные механизмы. Ведущее звено и структурные группы могут быть представлены в виде самостоятельных независимых объектов. В процессе проведения исследований было решено произвести разделение этих объектов на подобъекты:

- основные точки и звенья,
- прицепные точки,
- вспомогательный объект – неподвижную точку (точка на фундаменте).

Для реализации подобного подхода выбрана интегрированная графическая оболочка для быстрого создания интерактивных визуальных моделей сложных динамических систем и проведения вычислительных экспериментов с ними – Model Vision Studium (MVS) [1]. Эта система позволяет проводить моделирование в реальном времени с применением объектно-ориентированного подхода.

Целью настоящей работы явилось создание библиотеки классов, описывающих составляющие рычажно-шарнирных механизмов.

Кинематика всех частей механизма описана в этой системе с учетом реализации механизмов входов и выходов для организации взаимодействия между объектами. Расчет кинематических характеристик механизма проводится от ведущего звена по всем присоединенным группам Ассур в порядке их присоединения.

Рассмотрим механизм работы системы на примере плоского рычажно-шарнирного механизма. На рис. 1 представлена его кинематическая схема.

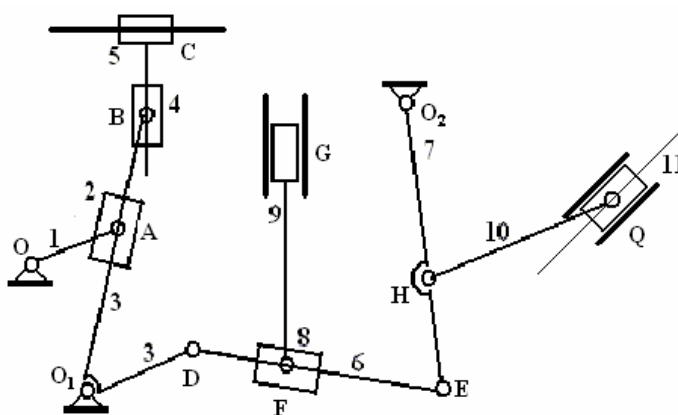


Рис. 1. Кинематическая схема механизма

На рис. 2 представлена структурная схема механизма согласно классификации Ассур.

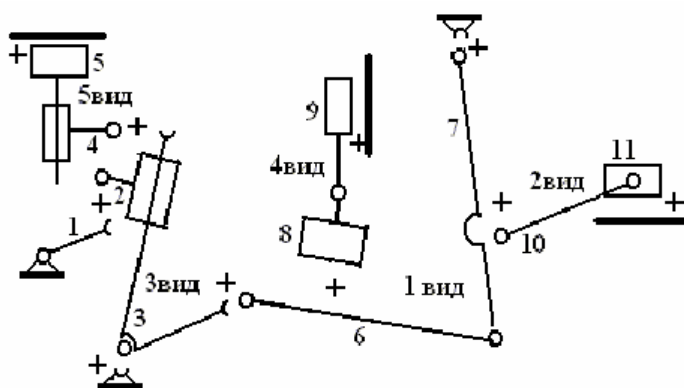


Рис. 2. Структурная схема, представленная в виде системы групп Ассур

Как видно из рисунка, механизм состоит из ведущего звена (1) и присоединенных к нему в определенной последовательности структурных групп Ассур, которые все

относятся к группам 2-го класса 2-го порядка. Места присоединения групп Ассура друг к другу и к неподвижному звену (стойке) на схеме показаны знаком «+».

На рис. 3 в виде дерева показан порядок присоединения групп Ассура.

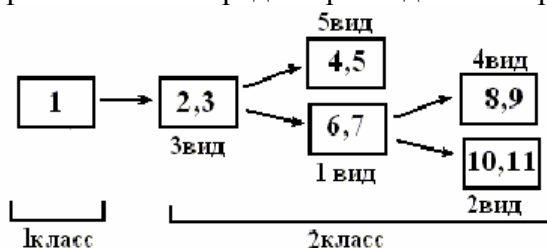


Рис. 3. Древоподобная схема классов

Реализация такого подхода в MVS выглядит следующим образом: каждая группа представлена в виде класса объектов, экземпляры этого класса имеют четыре вида свойств – входы, выходы, переменные и константы. Принципиальным различием является область применения этих свойств.

Переменные и константы хранят информацию о свойствах объекта, значения которых необходимы только для расчета параметров этого объекта. Примерами могут служить путь ползуна (переменная) и длина кривошипа (константа).

Входы и выходы – это переменные, которые участвуют во взаимодействии объекта с другими объектами.

Входы – переменные, значения которых являются выходами других объектов. На основе их значений производится расчет всех остальных параметров объекта. Например, координаты точки присоединения данной группы к другой, являющейся для нее ведущей, группе.

Выходы – противоположность входов. Значения выходов рассчитываются методами данной группы и передаются на входы присоединенных к ней групп.

Расчеты параметров объектов производятся путем решения системы алгебро-дифференциальных уравнений, единожды описанной для каждого класса.

Графически все это можно представить так, как показано на рис. 4. Графическое представление ввиду громоздкости показано только для групп 3-го и 1-го вида рассмотренного выше примера.

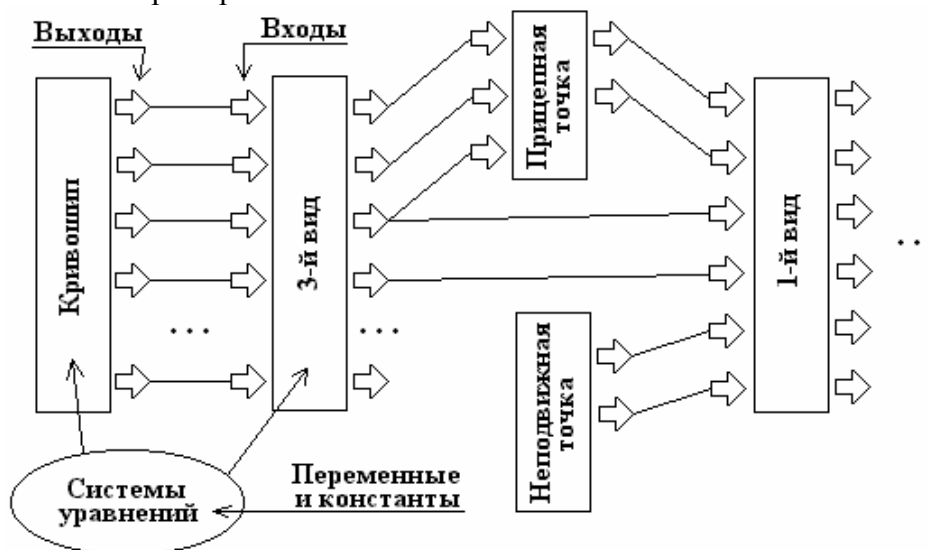


Рис. 4. Модель механизма

Для решения систем алгебро-дифференциальных уравнений в пакете MVS используются численные методы.

### **Литература**

1. Бенькович Е., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. СПб.:Б\*В-Петербург, 2002. – 464 с.

## **СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

*Г.А. Доррер, М.Г. Доррер, Т.В. Ильязова, А.В. Коляда, С.Н. Мисливченко*  
*Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск*

**Аннотация.** Приводятся сведения о созданном в Сибирском государственном технологическом университете при поддержке Агентства международного развития США Информационного центра по лесным ресурсам. Описаны цели и задачи центра, его структура, результаты деятельности, состояние дел на момент проведения конференции.

Информационное обеспечение работы лесной отрасли имеет особенно важное значение для развития экономики Красноярского края, поскольку многие предприятия расположены далеко от административных и промышленных центров, не имеют доступа к современным видам связи и источникам информации.

Для оказания помощи в информационном обслуживании предприятий отрасли Восточно-Сибирского региона в г. Красноярске создан ресурсно – информационный центр (РИЦ-Лес). Центр создан в 2002 году при финансовой поддержке Агентства Международного развития США в рамках проекта «Форест» и является хозрасчетным подразделением Научно-исследовательского учреждения СибГТУ.

Базовой организацией для создания РИЦ-Лес Сибирский государственный технологический университет выбран не случайно. Он является крупнейшим вузом региона, ведущим подготовку специалистов в области использования, воспроизводства и защиты лесных ресурсов, а также мощным научным и аналитическим центром, ведущим исследования и разработки в этой области. Университет располагает высококвалифицированными научно – педагогическими кадрами, глубоко изучившими ресурсную базу региона и ее проблемы, ведущими подготовку специалистов в данной области по широкому спектру направлений и специальностей. Ведется подготовка и выпуск инженеров по специальностям, связанным с использованием и защитой лесных ресурсов.

Университет имеет устойчивые связи с организациями, являющимися источниками информации о лесных ресурсах – администрациями территорий, управлениями лесного хозяйства, лесохозяйственными, лесоустроительными и лесопромышленными предприятиями, природоохранными органами, профильными ассоциациями, научными учреждениями и учебными заведениями соответствующего профиля.

### **При создании центра преследовались следующие цели:**

– удовлетворение потребностей жителей региона и хозяйствующих на его территории субъектов в информации о лесных ресурсах региона, их состоянии и охране, содействие экологическому образованию и воспитанию населения;

– сбор, хранение и актуализация информации о лесных, промышленных, интеллектуальных и кадровых ресурсах Восточно – Сибирского региона, в частности, ведение справочников и баз данных по лесорастительным ресурсам, технологиям, лесохозяйственным и лесозаготовительным предприятиям, предприятиям лесо – и деревопе-

реработки, рекреационным зонам, охотничьим и угодыям и местам рыболовства (которые играют особо важную роль для представителей малых народов), туристическим маршрутам, кадрам, лесному законодательству и других;

- содействие подготовке и переподготовке кадров в области охраны и управления лесными ресурсами, лесохозяйственной деятельности, при этом значительное внимание будет уделено представителям коренных народов Севера;

- повышение уровня знаний населения в области информационных технологий, рационального использования лесных ресурсов.

#### **Намечены следующие основные направления деятельности РИЦ-Лес:**

- создание системы ГИС–ориентированных баз данных и Web–сайта по ресурсной тематике, его наполнение, поддержка;

- предоставление информации о ресурсах заинтересованным пользователям как в режиме прямого доступа к базам данных, так и по тематическим заявкам;

- взаимодействие с административными органами территорий, лесными и природоохранными службами, ассоциациями пользователей лесных ресурсов, промышленными предприятиями, научными организациями и учебными заведениями с целью пополнения информационной базы центра;

- получение, обработка и предоставление пользователям оперативной информации о состоянии лесных ресурсов на основе данных космической съемки;

- создание региональной ГИС-ориентированной информационно-аналитической системы по лесным пожарам с использованием данных космического мониторинга;

- выполнение заявок на разработку специализированного программного обеспечения, тематических Интернет – страниц, сайтов и геоинформационных систем;

- проведение курсов для всех заинтересованных организаций и отдельных граждан по изучению и освоению Интернет – технологий, геоинформационных систем, поиску необходимой информации в глобальных сетях, менеджменту в области управления ресурсами;

- организация и проведение спецкурсов для студентов региона по управлению предприятиями, геоинформационным системам, ресурсно– аналитическим системам в сфере их профессиональной деятельности;

- изучение рынка информационных услуг и составление аналитических отчетов и обзоров по тематике центра;

- рекламирование деятельности РИЦ-Лес в СМИ и организациях отрасли.

#### **Результаты деятельности Центра**

К настоящему моменту (сентябрь 2003 года) получены следующие результаты.

##### **1. Предоставление информации о состоянии природных ресурсов, лесов региона с картографической привязкой.**

Данная задача решается с помощью системы РИЦ-Лес, созданной в процессе выполнения проекта информационной, которая включает локальную компоненту (администратор) и открытую компоненту (Веб-сайт, использующий базы данных, заполняемые при помощи программы-администратора).

Через веб-сайт РИЦ-Лес клиенты имеют доступ к данным таблиц «Центры ответственности» (база предприятий, физических лиц и ассоциаций), «Номенклатура» (категории и виды товаров, с которыми работает торговая площадка), «Периоды» (временные интервалы, с которыми связываются предложения по наличию или потребности в ресурсах), «Регионы» (описание географического положения ресурсов). С использованием информации этих трёх справочных таблиц зарегистрированный пользователь торговой площадки сайта может просмотреть предложения по наличию и потребности в

ресурсах (таблица «Предложения»). Поле «Код региона» таблицы «Регионы» заполняется номерами регионов, взятыми из электронной карты мира, слой «Административное деление России», что позволяет визуализировать и анализировать данные по наличию и потребности в ресурсах при помощи ГИС ArcGIS.

## **2. Инвестиционная активность**

По просьбе клиентов РИЦ-Лес ведёт работы по обеспечению привлечения инвестиций к проекту "Организация промышленного производства по глубокой переработке массивной древесины".

На первом этапе резюме инвестиционного проекта было доведено до сведения следующих инвестиционных компаний:

1. Acton;
2. Business Investment Fund;
3. CCICC Delta Consortium Pte. Ltd.;
4. Daiwa Far East and EasternSiberiaInvestmentFund;
5. Finanz-Marketing;
6. FINNFUND;
7. FINVEST-Ltd;
8. FMO - the Nederlandse Financierings-Maatschappij voor Ontwikkelingslanden NV (Нидерландская Финансовая Корпорация Развития);
9. International Financial Corporation (IFC);
10. New Century Partners.L.P;
11. OET GOLDEX GmbH;
12. SB Invest;
13. Spectrum Development Group;
14. Tabaksmann Consulting;
15. Templeton Meyers;
16. The Environment Investment Facility for Central and Eastern Europe;
17. ZX Systems, Inc.;
18. Атлантик Инвест;
19. ВЭБ-План Групп;
20. Институт Международного Партнерства;
21. ОАО «Всероссийский банк развития регионов»;
22. Отто Хольман;
23. Региональный Венчурный Фонд Южной России Кредит Агриколь Консалтэнтс;
24. Российский Фонд Фрамлингтон;
25. Руджин Инвестмент ПТЕ ЛТД.

Получены отзывы, содержащие интерес к сотрудничеству от следующих компаний:

1. Tabaksmann Consulting;
2. Атлантик Инвест;
3. Датский Инвестиционный Фонд;
4. OET Goldex GmbH;
5. SB Invest.

В настоящий момент состояние переговоров, которые ведутся между нами и инвестиционными компаниями следующее.

С Tabaksmann Consulting закончен первый цикл консультаций по резюме бизнес-плана. Согласовываются условия предоставления кредита, форма участия инвестора в акционерном капитале фирмы – заказчика. Отправлен полный вариант бизнес-плана.

### **3. Комплекс маркетинговых услуг для предприятий лесопромышленного комплекса**

РИЦ-Лес предлагает вниманию предприятий лесопромышленной отрасли Красноярского края комплекс маркетинговых услуг, поддерживая постоянные контакты с оптовыми покупателями лесо- и пиломатериалов из США, Германии, Финляндии, Швейцарии, Южной Кореи, Японии, Кипра, Израиля и Египта.

Центр готов выполнить следующие виды работ:

– Обеспечить производителей и поставщиков продукции лесопромышленного комплекса информацией о потенциальных покупателях. В этом случае заказчик платит только за информацию.

– Найти покупателей для продукции клиента, подготовить контракт на поставку продукции на выгодных для вас условиях.

– Обеспечить личный контакт производителя с потребителем, вплоть до выезда представителя для приёмки опытной партии продукции.

– Подготовить аналитические материалы, прогноз потребностей рынка лесо- и пиломатериалов для включения в соответствующую часть бизнес-плана.

Особенность работы РИЦ-Лес заключается в том, что он не является посредником в сделке, клиент оплачивает только информационные услуги.

В настоящее время поддерживается контакт со следующими крупными потребителями продукции лесопромышленного комплекса:

1. «INCOM»;
2. AALRO – Impex GmbH;
3. Acewood Oy;
4. Egyptwood Ltd;
5. EuroRoland;
6. Finex International;
7. First American Siberian Timber;
8. Handelsunternehmen Holzprodukte International;
9. Jeong Toh International;
10. Kabelspulendienst KLS GmbH;
11. Margosches Management & Investment;
12. Ringview Trading Ltd;
13. RusWoodService Ltd;
14. SIA «SVA BUVNIEKS»;
15. Tabaksmann Consulting;
16. World Team Production;
17. ZUVS LTD;
18. ЗАО «Клинский ДОК»;
19. ЗАО «Олекс»;
20. ООО «Северный Торговый Дом»;
21. ООО «Евроэкспорт»;
22. ООО «СеверПромЛес»;
23. Фирма «Лахт».

От каждой из этих фирм получены спецификации на продукцию, а также условия, на которых они готовы её приобретать.



РИЦ-Лес работает также с поставщиками продукции лесопромышленного комплекса. В настоящий момент база предприятий (юридических лиц и частных предпринимателей), готовых поставлять продукцию, используя информационные услуги РИЦ-Лес, составляет более 25 позиций и постоянно пополняется (на последней ярмарке – более 10 новых потенциальных клиентов).

На выставку «Лес, деревообработка: продукция, технологии», проходившую со 2 по 5 сентября 2003 года в выставочном комплексе «Красноярская ярмарка», по приглашению РИЦ-Лес прибыли представители таких крупных покупателей, как AALRO – Imprex GmbH и Jeong Toh International. Проведена их встреча с потенциальными поставщиками пиломатериалов, обеспечен демонстрационный выезд для осмотра производства и образцов продукции.

На выставке «Лес, деревообработка: продукция, технологии» представленный комплекс маркетинговых услуг РИЦ-Лес удостоен диплома Красноярской ярмарки.

#### 4. Сведения о специалистах, занятых в лесопромышленном комплексе

На сайте РИЦ-Лес реализована виртуальная Биржа труда, позволяющая хранить информацию о вакансиях в лесопромышленной отрасли, а также резюме специалистов. Кроме того, реализован подбор резюме и вакансий под заданные условия.

#### 5. Информацию о рекреационных зонах и туристических маршрутах с картографической привязкой

На торговой площадке сайта, в категории услуг предусмотрена категория «Туристические услуги». Все мероприятия РИЦ-Лес и его партнёров, связанные с предоставлением туристических услуг, находят отражения в новостной ленте сайта.

#### 6. Сведения о возможностях получения образования и повышения квалификации в области использования и охраны лесных ресурсов

На торговой площадке сайта, в категории услуг выставлены также и образовательные услуги. Все учебные мероприятия РИЦ-Лес и его партнёров находят отражение в новостной ленте сайта.

#### 7. Графики проведения учебных курсов и учебно-методические материалы

Из новостной ленты сайта можно узнать о графике проведения учебных курсов. Дополнительные сведения – подробные графики курсов, программы тренингов высылаются клиентам РИЦ-Лес по дополнительному запросу. Учебно-методические материалы РИЦ-Лес подготовлены как в электронном, так и в печатном виде, и предлагаются на продажу.

#### 8. Справки о предприятиях и организациях, связанных с охраной лесных ресурсов и их возобновлением

В РИЦ-Лес собрана база лесохозяйственных предприятий Красноярского края, включающая 225 записей. О существенной части предприятий, кроме атрибутивной информации, занесены и поддерживаются данные о состоянии лесных ресурсов и объемах производства лесной продукции.

### **Заключение**

Таким образом, за полтора года, прошедшие с начала работы над проектом, РИЦ-Лес выполнил большую часть целей, ставившихся перед ним.

Сформирована активная, мотивированная на работу команда. Оформлена организационная форма самостоятельности: РИЦ-Лес – хозрасчётное подразделение в составе СибГТУ. Создана и наращивается инфраструктура – помещение, компьютерная техни-

ка, мебель. Делаются шаги к выходу на полную самокупаемость. Установлены связи с перспективными клиентами, в числе которых несколько предприятий – партнёров проекта ФОРЕСТ, что позволяет рассчитывать на рост объема продаж РИЦ-Лес.

## **ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Ю.А. Маглинец*

*ООО «Ситалл-софт», г. Красноярск*

Современный рынок полиграфических услуг характеризуется такими факторами, как высокая динамика спроса на продукцию и предложения на материалы, постоянный рост количества конкурирующих предприятий, действующих на рынке, рост их оснащённости полиграфическим оборудованием. Сегодня уже недостаточно просто иметь наработанные связи с заказчиками. Важно постоянно подтверждать перед каждым заказчиком статус «своей» типографии, предлагать новые виды продукции, работая на опережение ситуации, расширять рынки сбыта, ориентируясь не просто на высокий уровень услуг, а на их адресность, учёт нужд конкретного заказчика. Требования времени ставят перед директором полиграфического предприятия необходимость выработки системы сквозного контроля качества, формализации всех документарных, финансовых и материальных потоков, существующих на предприятии, реконфигурации системы управления от «диктата производства» к «диктату потребителя». Очевидно, что все эти требования сегодня неосуществимы без наличия на предприятии полномасштабной информационной системы, связывающей рабочие места топ-менеджеров, офисных работников и руководителей производственных участков в единую информационную сеть.

Что же предлагают сегодня производители программного обеспечения полиграфическим предприятиям России? В целом изменения в рассмотренных выше тенденциях развития современного производства характерны и для бизнеса в целом, что отразилось в постепенной смене парадигм и стандартов на корпоративные информационные системы (КИС), от MRP-II – ERP систем к системам CSRP, декларирующим ориентацию на конечного потребителя. Однако спектр задач, решаемых ERP-системами, от очень дорогих класса SAP R3 до появившихся недавно более «лёгких» класса MS Navision Ахарта, с одной стороны, существенно шире, чем это требуется для отечественной типографии, с другой стороны – не охватывает некоторых важных «полиграфических» нюансов. Кроме того, на Западе, в первую очередь, в Германии, существует значительное количество самых разнообразных решений для типографий. Что мешает внедрять в типографиях готовые западные КИС? В первую очередь – то, что сложившаяся на сегодня в России модель рыночной экономики далека от западных реалий по целому ряду параметров.

В результате перед директором типографии встаёт выбор – либо осуществлять автоматизацию «на коленке» при помощи современных средств электронного офиса, электронного документооборота и т.п., либо – покупать готовые промышленные системы, западные, или российские, и потом – покупать ещё раз услуги по их внедрению и адаптации для своих нужд с весьма неясной перспективой.

Указанные выше факторы подвигли руководство ЗАО «Издательство «Ситалл» к созданию собственной системы комплексной автоматизации деятельности предприятия. В настоящее время в промышленной эксплуатации находится первая версия продукта – Enissey Printing Company 1.0, разработанная специалистами ООО «Ситалл-

софт». Вторая версия Enissey Printing Company 2.0 закончена летом этого года и в настоящее время находится в опытной эксплуатации.

Рассмотрим последовательность этапов эволюционного построения, внедрения и развития системы.

Задача *управления корпоративными нормативами и правилами* – первая задача, которую необходимо решать при автоматизации предприятия. На первоначальном этапе внедрения КИС необходимо описать такие концепты, как: парк оборудования, исполняемые на нём действия и операции, выпускаемые виды изделий, используемые полиграфические материалы, структуру предприятия по отделам и т.д.

Следующий шаг, *автоматизация производственных бизнес-операций*, имеет наибольшую трудоёмкость. В нём задействовано подавляющее большинство офисных работников и руководители производства. Автоматизируется сквозная производственная цепочка по исполнению продукции: регламентация контактов с потенциальным заказчиком, регистрация заказчика в системе, подбор оптимального варианта исполнения изделия, расчёт оценки себестоимости и продолжительности исполнения заказа, определение цены, обеспечение заказа материалами, передача заказа в производство, технологическая оптимизация заказа, планирование производства, контроль изделия в производстве, отгрузка готовой продукции.

Ведение *аналитического учёта* позволяет осуществлять обратную связь в цепочке управления нормами и правилами, регламентируя нормативы расхода материалов, временные нормы исполнения операций, порядок снабжения, ценовую политику и т.д. Кроме того, аналитический учёт позволяет сформировать проводки для подсистемы бухгалтерского учёта и экспортировать соответствующие данные во внешнюю систему.

Наконец, *стратегическое управление* осуществляется, базируясь на данных аналитического учёта, и позволяет принимать обоснованные решения по закупке нового оборудования, оптимизации складских запасов, регулировании количества персонала и смен и т.д. Недостаток, либо нерелевантность имеющейся информации для принятия стратегических решений служит сигналом для внесения изменений в корпоративные правила, что отражается на всей цепочке принятия решений.

Последовательность указанных задач отражает историю поэтапной реализации и внедрения системы. Обратные связи можно интерпретировать, с одной стороны, как информационные связи между задачами, с другой, – как требования на работы по совершенствованию одной из подсистем по результатам внедрения другой.

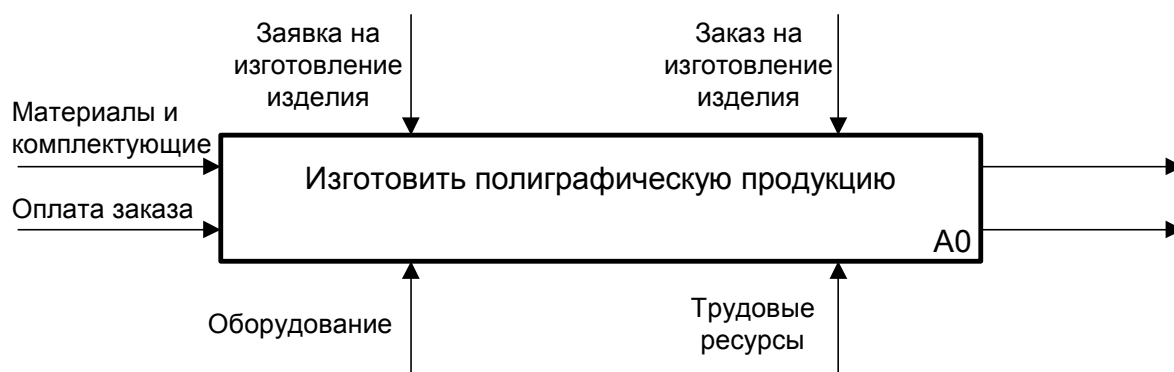


Рис. 1. Производство полиграфической продукции

На рис. 1 схематично показан основной процесс полиграфического производства. Полиграфическое предприятие получает заявку на изготовление изделия, представ-

ляющую собой намерения заказчика заказать продукцию, с той или иной степенью определённости. Менеджер по продажам в диалоге с заказчиком подбирает несколько возможных вариантов исполнения продукции, различающихся тиражом, бумагой, цветностью, внешним оформлением и т.п. и передаёт заказчику коммерческое предложение. Заказчик выбирает наиболее приемлемый по соотношению «цена-качество» вариант и размещает заказ на предприятии. Заказ, по прохождении всех основных стадий (технологическая подготовка, обеспечение материалами, диспетчеризация, производство и контроль исполнения, контроль оплаты, отгрузка), отгружается заказчику.

### Структура автоматизированной системы

В информационной системе Enissey Printing Company процесс производства поддерживается при помощи 10 основных автоматизированных рабочих мест (АРМ), см. рис. 2. Ниже приведён краткий обзор функций АРМ.

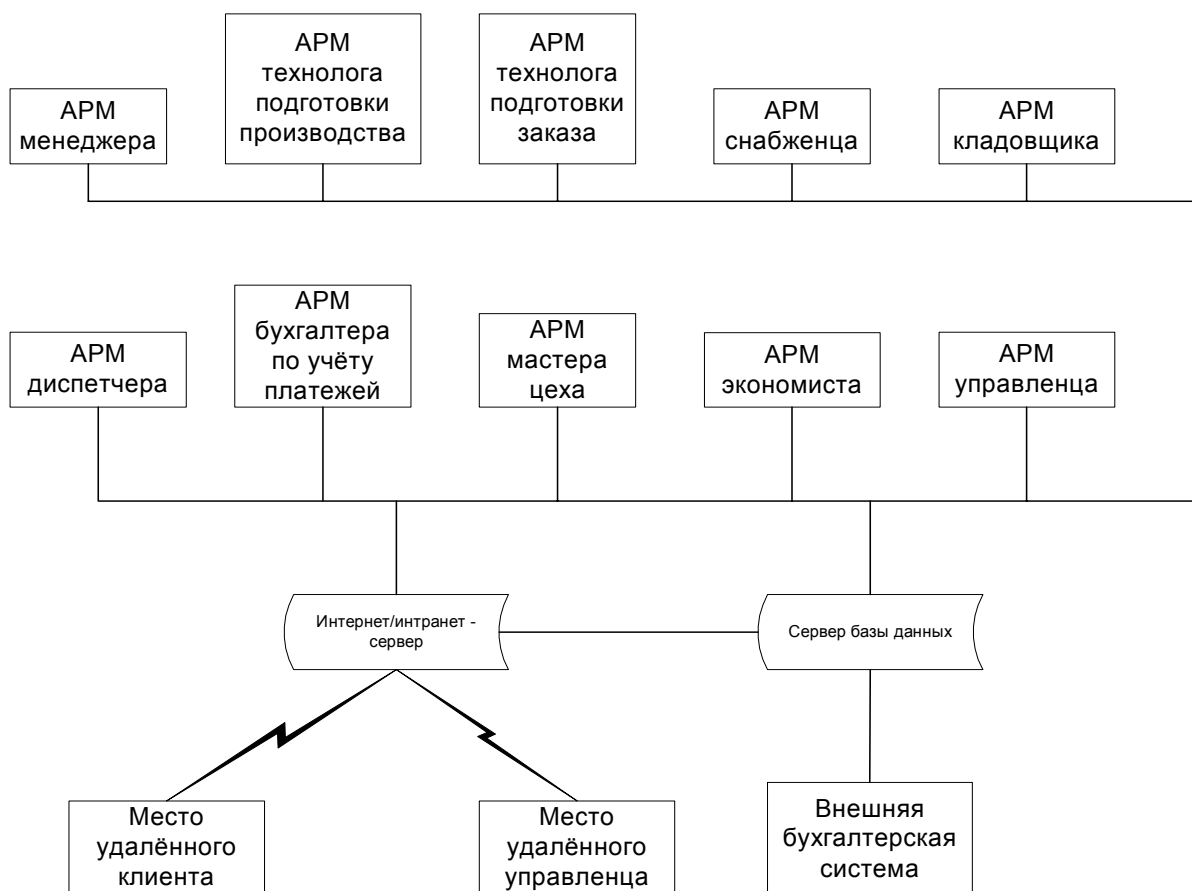


Рис. 2 Структура КИС.

*АРМ технолога подготовки производства.* Ведение справочников изделий, их компонент, станков, работ, операций, нормативов, описания техпроцессов (для параллельного исполнения используется графовая нотация), алгоритмов. Это - центральный АРМ, ядро системы. Алгоритмы позволяют рассчитывать времена исполнения работ, оценки себестоимости, расход материалов, в том числе – на разгонку/растрёпку и производить любые другие необходимые вычисления.

*АРМ менеджера по приёму заказов.* Оформление заявки (эскиза издания). Моделирование разных вариантов построения издания с расчётом цены. Оформление заказа. Расчёт количества материалов, продолжительности исполнения по работам и операци-

ям. Бронирование материалов и временных ресурсов станков. Заказ материалов под закупку. Передача заказа с полной технологической спецификацией в производство. Мониторинг заказа в производстве. Мониторинг заказа на закупку материалов «в пути».

*АРМ технолога подготовки заказа.* Оптимизация заказа в производстве. Например – совмещение нескольких заказов на 1 печатном листе, замена материалов, уточнение допусков.

*АРМ снабженца.* Формирование плана закупок, работа с заказами на закупку, мониторинг этих заказов, контроль прихода. Определение продажных цен на материалы. Классификация материалов, работы, связанные с поддержанием оптимальных запасов материалов.

*АРМ кладовщика.* Помимо классики складского учёта – такие «полиграфические» опции, как «списание оснастки» (раздельные механизмы физического и экономического списания), конвертация полуфабриката материала в материал (например, по бумаге – из роля в листы). Согласование плана закупок и приходных накладных. Функции учёта готовой продукции.

*АРМ диспетчера.* Приём заказов в производство. Контроль ресурсной обеспеченности заказа. Формирование плана производства в разрезе станков, смен, заказов. Замена оборудования. Мониторинг производства. Оперативная корректировка планов.

*АРМ мастера цеха.* Назначение исполнителя на конкретную работу. Простановка «факта» рабочего времени, расхода материалов, выхода продукции.

*АРМ экономиста, АРМ управленца.* Разработка нормативов и методик оценки себестоимости. Анализ рентабельности по видам деятельности. Анализ себестоимости по центрам затрат. Сравнительный анализ плановой и фактической себестоимости заказов. Формирование ценовой политики (ограничение снизу). Подготовка аналитической информации в различных разрезах.

*Удалённое рабочее место.* В зависимости от прав доступа предоставляется возможность получить информацию через Интернет, либо по своим заказам (для клиентов), либо по состоянию производства в целом: загрузка оборудования и пр. (для менеджера по продажам, либо управленца).

### **Рабочие процессы**

Рассмотрим ключевые рабочие процессы полиграфического производства.

1. **Продажа.** Процесс продажи содержит 2 основных компоненты:

- процесс формирования цены и
- процесс оформления заказа для передачи в производство.

В процессе формирования цены всё многообразие ситуаций в отношениях «клиент» – «менеджер по продажам» можно свести к трём типовым сценариям:

- работа по прайсам,
- работа по прецедентам,
- работа с новым видом продукции.

КИС Enissey Printing Company предлагает пользователю набор различных инструментов, позволяющих построить взаимодействие с клиентом различным образом в зависимости от конкретной ситуации.

**Работа по прайсам.** Этот сценарий предполагает, что исходная «мысленная модель» заказа, имеющаяся у заказчика, – достаточно нечёткая. В процессе диалога с менеджером он отслеживает один или более критериев, которым должен удовлетворять будущий заказ. Это может быть тираж, общая сумма, цена экземпляра, срок, потребительские свойства изделия. Продукция является типовой (каталогизированной).

Для работы в условиях такой расплывчатой постановки КИС предоставляет сервис динамических прайс-листов. Динамический прайс-лист – это каталог типов изда-

ний, где каждому изданию сопоставляется вектор динамических свойств. Типы свойств – целочисленный, строковый, логический, перечисляемый, специальный тип «цветность».

Концепция динамических прайс-листов позволяет снять известные проблемы обычных прайс-листов – большой объём, плохая обзорность, высокие затраты на поддержание актуального состояния при колебаниях курса валюты, либо предложения на рынке.

**Работа по прецедентам.** Этот сценарий применим, когда степень определенности исходной «мысленной модели» заказа достаточно высока. Более того, он (или другой заказчик) уже заказывали такую продукцию в данной типографии. В процессе диалога с менеджером заказчик также отслеживает те или иные критерии, но степень вариативности существенно ниже.

В таком контексте предлагается использовать механизм «профилей» (прецедентов). Профиль представляет собой множество параметров-описателей заказа, значений по умолчанию и ограничений на их допустимые значения. Профиль однозначно отображается в технологический процесс производства.

**Работа с новым видом продукции.** В случае, если продукция является новой для типографии, продажа должна предваряться процессом проектирования технологической схемы производства данного вида продукции (см. ниже). Плата за несоблюдение этого правила – ошибки в определении трудоёмкости производства продукции.

После завершения этапа проектирования работа в АРМ менеджера сводится к предыдущей схеме.

**Оформление заказа для передачи в производство.** Помимо собственно формирования цены, описанные выше сценарии позволяют определить ряд потребительских и технологических свойств издания. Однако у издания присутствуют и свойства, не оказывающие непосредственного влияния на цену. В первую очередь, – это точная спецификация материалов и технологической оснастки. Кроме уточнения этих свойств, при оформлении заказа до передачи в производство осуществляется бронирование необходимых ресурсов.

**2. Технологическая подготовка производства.** Важность наличия в системе адекватной системы знаний о технологии, включающей технологические нормы, правила, описание парка оборудования, номенклатуры изданий, трудно переоценить. Здесь закладывается фундамент системы, позволяющий давать верные оценки себестоимости и сроков исполнения заказов. Наряду с декларативными моделями используются и процедурные. «Взгляд сверху» на технологическую подготовку производства в контексте обработки информационных потоков высвечивает три основных макро-процесса:

- инициализация модели технологии,
- приращение (пополнение системы знаний),
- оптимизация (коррекция системы знаний).

**Инициализация системы знаний о технологии** – необходимое начальное условие ввода в действие КИС. Действия, осуществляемые в этой фазе, в целом те же, что и действия в фазе приращения.

Можно выделить три основных сценария пополнения системы знаний. Это -

- ввод в действие нового оборудования,
- разработка новой технологической цепочки,
- технологическая подготовка производства издания нового типа.

**Ввод в действие нового оборудования.** Для оборудования специфицируются: модели исполняемых работ, представляющие собой ограничения на входную продукцию и характер обработки, технологические операции, отношения между работами и

операциями, параметры оборудования, параметры работ и операций. Оборудование классифицируется в иерархическом каталоге оборудования, указывается его участие в группах замены. При необходимости операциям и работам сопоставляются алгоритмы расчёта. Расчёту подлежат времена исполнения отдельных работ и количества материалов, потребных на производство с учётом потерь на разгонку (растрёпку). Для программирования алгоритмов в КИС используется специализированный редактор, ориентированный на конечного пользователя.

**Разработка новой технологической цепочки.** Данный сценарий обычно инициируется при вводе нового оборудования. Другой вариант – «открытие» нового способа использования уже имеющегося оборудования. Замкнутые производственные цепочки, неделимые с точки зрения менеджера (например, совокупность работ «подрезка листа, изготовление фотоформ, изготовление печатных форм, офсетная печать, резка листа») отображается в словарь менеджера как «офсетная печать») оформляются в системе с использованием парадигмы «пакет работ». Для пакета работ также подготавливаются необходимые расчётные алгоритмы.

**Технологическая подготовка производства издания нового типа.** Данный сценарий обычно инициируется менеджером (см. выше). Основные выполняемые действия связаны с подготовкой технологической схемы. Технологическая схема представляет собой планарный ор-граф, в вершинах которого представлены пары вида «обрабатывающий процесс, элемент издания», а дуги описывают последовательность обработки. Помимо подготовки данной схемы, сценарий предполагает уточнение алгоритмов расчета (см. выше).

**Оптимизация моделей технологии** – непрерывный процесс, направленный на повышение качества производства. Обычно данный процесс инициируется обратной связью, поступающей от системы контроля исполнения. С позиций управления информационными потоками действия, предполагаемые процессом, сводятся к корректировке той или иной из рассмотренных выше моделей.

### **3. Материально-техническое снабжение производства**

Процессы материально-технического снабжения и управления складским хозяйством достаточно хорошо формализованы, поэтому нет смысла рассматривать их подробно. Тем не менее, рассматриваемая предметная область накладывает свои специфические ограничения на порядок их организации. Ниже рассмотрен один ключевой сценарий.

**Обеспечение заказа материалами.** После достижения предварительной договорённости между менеджером и заказчиком о параметрах заказа осуществляется отображение абстрактной спецификации материалов, используемых в динамических прайс-листах, в точную спецификацию складского учёта. Материалы подбираются, исходя из их наличия на складе и минимального срока доставки. Менеджер бронирует материалы и оформляет требования на их закупку. В момент бронирования материалов осуществляется автоматический контроль уровня запасов и авто-формирование требований на поддержание запасов. После принятия менеджером соответствующего решения в подсистему планирования передаётся задание на проектирование оснастки. Заказанные материалы приходятся. В соответствии с производственным планом в складскую систему поступают заявки на подготовку материалов, в том числе – на конвертацию полуфабрикатов в материалы. В процессе производства используемые материалы списываются на конкретный заказ. При этом осуществляется контроль превышения нормативов материалов и брака.

Таблица 1. Проблемы, типичные типографий, и средства для их решения

<b>Формулировка проблемы</b>	<b>Средства, предлагаемые в КИС</b>
1	2
<p><b>Отсутствие единой ценовой политики.</b> Помимо типовых изделий (визитка, буклет А4) существуют изделия, цену которых трудно, а часто невозможно представить в виде прайс-листа: себестоимость начинается зависеть от целого ряда факторов (тираж, цветность, способ и качество нанесения изображения на бумагу, размеры печатного листа и т.д.).</p>	<p>Наличие системы динамических прайс-листов, системы профилей. Централизованная система обработки нестандартных заказов.</p>
<p><b>Низкий уровень квалификация менеджеров по продажам в области полиграфии.</b> Данный фактор является повсеместно распространённым; профессионалы сразу в двух областях: в области продаж и полиграфических технологий на сегодня – редкость. Отсюда – ошибки в спецификации заказа: заказ, принятый менеджером либо невозможно исполнить в типографии, либо цена, названная менеджером, приводит к убыткам.</p>	<p>Наличие системы жёсткой формализации и регламентации модели заказа, формируемой менеджером как результат предварительной работы технолога подготовки производства. В частности, – наличие библиотеки типовых решений, наличие системы ограничений на значения параметров.</p>
<p><b>Проблема точности и оптимальности сроков.</b> Слишком короткие сроки могут привести к срыву договорных обязательств; избыточное резервирование сроков приводит к потере конкурентных преимуществ. Часто отсутствуют объективные методы оценивания сроков.</p>	<p>Возможность расчёта времени заказа и контроля свободных ресурсов типографии. Планировщик заказов, средства для мониторинга заказа в производстве и материалов в пути следования. Складская система, система снабжения, нормативы доставки материалов и комплектующих.</p>
<p><b>Низкий уровень контроля заказа в производстве.</b> Крайний пример - заказ просто забывают исполнить, так как документы потерялись на столе у клерка.</p>	<p>Чётко отстроенный электронный документооборот, средства мониторинга заказа.</p>
<p><b>Отсутствие, либо нерелевантность информации для принятия стратегических решений.</b> Например – выбор оборудования для закупки, уровень складских запасов.</p>	<p>Развитые средства аналитики. Генератор отчётов.</p>
<p><b>Несбалансированная политика в области оплаты труда.</b></p>	<p>Средства для точного учёта рабочего времени и обработанной продукции в разрезе переделов и исполнителей. Средства начисления сдельной оплаты труда.</p>
<p><b>Отсутствие оперативной информации о текущем состоянии заказа.</b></p>	<p>Единое хранилище данных. Средства оперативного обновления и контроля информации. Средства удалённого контроля состояния заказа.</p>

#### 4. Прочие процессы

Выше были рассмотрены лишь наиболее важные процессы, автоматизируемые КИС Enissey Printing Company. Ввиду ограниченного объёма публикации за рамками статьи остались такие вопросы, как организация технологической подготовки заказов, управление взаиморасчётами и отгрузками, интерфейс с подсистемой бухгалтерского учёта, удалённый мониторинг рабочих процессов типографии, ведение аналитики,



формирование ценовой политики, стратегическое управление, диспетчирование, контроль исполнения, администрирование и ряд других.

В заключение рассмотрим некоторые типичные проблемы, стоящие перед высшим управленческим звеном российских типографий и методы их решения, предлагаемые КИС Enissey Printing Company (см. Таблицу 1).

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ РИСКАМИ**

*А. С. Дулесов*

*Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова, г. Абакан*

Разработка проекта – комплексное исследование, включающее в себя анализ и управление проектными рисками. Обращаясь к возможностям изучения различных источников проектных рисков и их характеристик [1, 2], вполне по силам синтезировать общую схему анализа и управления рисками:

1. Анализ риска – начальный этап, цель которого – получение качественной и количественной составляющих информации о рисках. В основе качественного анализа должна лежать процедура выявления рисков, присущих формируемому проекту. Здесь необходима дополнительная информация, позволяющая уточнять параметры проекта и повышать уровень надежности. Количественный анализ рисков должен быть ориентирован на определение числовых характеристик риска проекта и базироваться на теории вероятностей, математической статистике, теории исследования операций.

2. Выбор методов воздействия на риск в целях минимизации возможного ущерба в будущем. Как правило, каждый вид риска допускает несколько традиционных способов его уменьшения, поэтому необходима оценка сравнительной эффективности методов воздействия на риск (управление риском) для выбора наилучшего из них на основе различных критериев.

3. Управление риском проекта. Здесь следует определить виды ресурсов проекта, поставить и распределить задачи между членами команды управления проектом. Процесс непосредственного воздействия на риск представлен четырьмя группами методов [1, 3]: уклонения, локализации, рассеяния и компенсации.

4. Контроль и корректировка результатов реализации выбранной стратегии с учетом новой информации. Контроль состоит в получении информации от менеджеров проекта об убытках и принятых мерах по их минимизации.

Формирование информационного обеспечения для поддержки принятия решений в управлении проектами базируется на использовании вычислительных средств (информационно-поисковых систем, банков данных, банков знаний, моделей, экспертных систем, пакетов прикладных программ и др.). Однако в настоящее время еще не существует специализированных программных продуктов для анализа проектных рисков. В этой связи актуальной является задача разработки принципов формирования информационного обеспечения [4, 5] для поддержки принятия решений в управлении проектными рисками. В основу решения данной задачи должно быть положено определение всех составляющих информационных ресурсов, сопутствующих проектным рискам, их анализ и построение на этой основе информационных баз для накопления и использования документов, данных, программ, моделей и знаний.

Представим структуру источников информационного обеспечения, которые полезно использовать в процессе качественного и количественного анализа проектных рисков.

*К информационным ресурсам качественного анализа целесообразно отнести:*

1. Информацию из архива проектов и планов, которые выполнялись ранее. Она извлекается из фактических данных о результатах реализации предыдущих проектов в целях прогнозирования рисков новых проектов.

2. Специализированные опросные листы. Разрабатываются для конкретных видов проектной деятельности с учетом их особенностей и детализации отдельных положений. В опросный лист входят: данные о команде проекта, описание технологии проектирования, информация об убытках в результате нарушений в проектных работах, данные о страховании проекта и др.

3. Структурные диаграммы. Предназначены для анализа структур организаций, выполняющих проект и возникающих при этом рисков. Позволяют определить несколько форм возможного внутреннего риска: дублирование, зависимость и концентрация. Вид диаграмм будет зависеть от сложившегося типа управления проектом.

4. Карты потоков или потоковые диаграммы. Графически отражают два вида процессов: а) управления проектами, связанные с описанием и упорядочением работ в проекте; б) ориентированные на продукт, сосредоточенные и направленные на создание проектного продукта.

5. Документы финансовой и управленческой деятельности. К ним следует отнести баланс и отчет о финансовых результатах. Позволяют оценить главные финансовые показатели проекта (стоимость и бюджет). Для оценки коммерческих рисков существенное значение имеют условия договоров на реализацию продукции, оборудования и материалов, в том числе следующие сведения: сроки и условия оплаты, цена (тариф), штрафные санкции за невыполнение условий контракта и др.

*К информационным ресурсам количественного анализа можно отнести:*

1. Анализ статистических данных о неблагоприятных событиях, имевших место в прошлом. Используя имеющиеся статистические данные, можно оценить вероятности возникновения неблагоприятных событий и на этой основе рассчитать стандартные характеристики риска (математическое ожидание, дисперсию, коэффициенты вариации, корреляции и др.). Такой подход полезен для частных и однородных событий.

2. Теоретический анализ структуры причинно-следственных связей между процессами в проекте. Для редких и уникальных событий, не имеющих репрезентативной статистики, приемлем теоретический анализ проектных процессов, цель которого – выявить возможный ход развития событий и определить их последствия. Такой метод получил название «сценарный подход», поскольку в его основе лежит построение цепочек событий, связанных причинно-следственными связями, для каждой из которых определена соответствующая вероятность. В начале цепочки находится группа исходных событий – «причины», в конце – группа событий – «последствия». Сценарный подход реализуется с помощью сетевых методов и имитационного моделирования.

*К первой группе методов относят:*

А) Метод построения деревьев событий [2]. Является графическим методом прослеживания последовательности отдельных возможных инцидентов в процессе выполнения проекта, с оценкой вероятности каждого промежуточного события и вычисления суммарной вероятности конечного события, приводящего к убыткам. Дерево событий строится, начиная с заданных исходных событий, называемых «инцидентами». Далее прослеживаются возможные пути развития последствий этих событий по цепочке причинно-следственных связей.

Б) Метод дерева отказов [2]. Состоит в графическом представлении всей цепочки событий, последствия которых могут привести к некоторому главному событию. В качестве примера кратко рассмотрим простое дерево отказов закрытия проекта. Событие «закрытие проекта» – вершина дерева, а два события, которые могут привести к главному событию, – ветви дерева. Такими событиями могут быть, например, прекращение финансирования проектных работ. События связаны с вершиной дерева логическими условиями «и», «или». Закрытие проекта произойдет при наступлении первого и второго событий либо одного из них.

В) Метод дерева решений [1]. Служит для поддержки принятия решений в ходе выполнения проекта и анализа вероятностей наступления рисков событий с помощью сетевого графика, ветви которого отображают принятые решения.

*Вторая группа* – методы имитационного моделирования. Среди них наибольшее распространение получил метод Монте-Карло и возможно использование нейросетевых имитационных моделей.

3. Экспертный подход. Учитывает влияние разнообразных качественных факторов на проектные риски.

Целесообразно применение логического подхода к вычислению вероятностных оценок принятия проектного решения с учетом проявления рисков [6]. Решения формируются на базе логической сети, имеющей входные, внутренние и выходные полюсы. Первые сопоставляются фактам (первичным признакам), вторые – соответствуют утверждениям, третьи – сопоставляются окончательным решениям. Представив знания в таком виде, налицо ситуация, когда признак у предъявляемого объекта присутствует с некоторой вероятностью. Высказывания экспертов представлены формулами и носят вероятностный характер, что позволяет дать вероятностное заключение о принадлежности риска к формируемому проекту.

Приемлемым можно считать подход в экспертном оценивании, основанный на теории нечетких множеств [7, 8]. Он достаточно эффективен по сравнению с использованием традиционной теории вероятностей. Здесь эксперт формализует свои представления о возможных значениях оцениваемой величины через характеристическую функцию, которая принимает значение 1, если данное значение принадлежит множеству, 0 – в противном случае. При этом эксперту следует указать множество тех значений, которые, по его мнению, не соответствуют оцениваемому параметру (характеристическая функция равна 0). Далее все оставшиеся значения ранжируются по степени их участия рассматриваемой задаче.

4. Методы исследования операций. Представляют собой достаточно обширный класс методов поиска оптимального решения, нашедших свое использование в задачах формирования инвестиционного портфеля и оценки риска [9, 10]. Перспективным направлением при поиске наиболее эффективного проекта можно считать применение теории эволюционного моделирования.

5. Интегральное оценивание рисков. Позволяет строить зависимости между вероятностью и величиной ущерба и выявлять некоторый набор главных событий для отдельного вида риска. Одним из подходов в интегральной оценке можно рассмотреть построение полей рисков [2]. Дело в том, что некоторые риски имеют территориальное распределение. Построение полей и последующий анализ степени воздействия губительных последствий на объекты социального и производственного назначения должно опираться на разработку и использование современных геоинформационных технологий.

Представленный анализ указывает на необходимость подготовки информационных баз, которые должны составить основу системы поддержки принятия решений в управлении проектными рисками и определять её информационное наполнение. Общая информационная база должна состоять из следующих частей:

- база документов, включающая в себя информацию из зарегистрированных данных о фактической реализации предыдущих проектов;
- база графических данных, пополняемая документами деловой и вспомогательной графики (формы опросных листов, карты потоков, электронные географические карты и др.);
- базы видов рисков и сценариев развития рисков;
- база моделей;

- база знаний экспертов;
- пакеты прикладных программ, реализующие математико-статистические методы обработки данных, решения задач оптимизации, геоинформационного анализа и обработки данных и др.

Упомянутые составляющие информационной базы требуют для своей реализации наличия широкого спектра инструментальных средств, поддержки принятия проектных решений, базирующихся на принципах интегрированности и интеллектуальности. Заложив их в основу проектного менеджмента, становится возможным создание и развитие теории поддержки принятия решений.

Представленная структура информационных ресурсов и оценка их возможностей позволяет обеспечить решение задачи в части анализа и управления проектными рисками.

### **Литература**

1. Грачева М. В. Анализ проектных рисков. – М.: ЗАО Финстатинформ, 1999. – 216 с.
2. Хохлов Н. В. Управление риском. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 239 с.
3. Дулесов А. С. Риск в производственных системах: анализ и управление // Пром. энергетика. – 2000. № 10. – С. 2-5.
4. Згуровский М. З., Коваленко И. И., Кондрак К. и др. Информационный подход к анализу и управлению проектными рисками // Проблемы управления и информатики. – 2000. №4. – С. 149-156.
5. Скрипкин К. Г. Финансовая информатика. – М.: ТЕИС, 1997. – 160 с.
6. Евтушенко Н. В., Матросова А. Ю., Цуриков С. А. и др. Логический подход к вычислению вероятностных оценок принятия решений в системах искусственного интеллекта // Изв. РАН. Техническая кибернетика. – 1994. №5. – С. 97-105.
7. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
8. Левин В. И. Экспертная оценка риска на основе нечетких множеств // Математические методы и компьютеры в экономике: Сб. материалов II Международной научно-технической конференции. – Пенза. 1999. – С. 38-39.
9. Лукашин Ю. П. Оптимизация структуры портфеля ценных бумаг // Экономика и мат. методы. – 1995. – Т. 31. №1. – С. 138-150.
10. Первозванский А. А. Оптимальный портфель ценных бумаг на нестационарном неравновесном рынке // Экономика и мат. методы. – 1999. – Т. 35. №3. – С. 63-68.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

***А.В. Лапко, В.А. Лапко***

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск  
**Д.А. Ларько, С.А. Михайленко, Я.С. Михайленко, М.И. Соколов, М.В. Шукин**  
 Красноярский государственный технический университет, г. Красноярск*

Оптимизация распределения нагрузки – одна из центральных задач управления производством электроэнергии и пара на тепловых электростанциях (ТЭС). Основным подходом её формализованного решения является метод равенства относительных приростов, который не получил широкого распространения, так как получаемые решения часто являются неустойчивыми. Данный факт объясняется описанием закономерностей взаимосвязи между энергетическими характеристиками турбоагрегатов и их технологическими параметрами полиномами второго порядка, что позволяет лишь упростить

исходную задачу оптимизации и свести её к решению системы линейных уравнений. Реально существующие закономерности технологических процессов являются более сложными и не укладываются в рамки подобных допущений.

Идея предлагаемого подхода состоит в «обходе» предположения о виде зависимости энергетических характеристик турбоагрегатов на основе использования их непараметрических моделей с последующим применением статистических алгоритмов численной оптимизации при решении задач оптимизации распределения нагрузки между электростанциями.

С этих позиций предлагаются информационные средства оптимального распределения производства тепла и электроэнергии на ТЭС, включая технологические схемы с разнотипными турбоагрегатами.

**Объект исследования.** Пусть производство тепла и электроэнергии на ТЭС реализуется на основе  $m$  турбоагрегатов с энергетическими характеристиками:

электрическая мощность генератора

$$N_j = f_j(D_o^j, p_k^j, t_o^j, D^j, p_t^j, \Delta D_{n.e.}^j), \quad (1)$$

расход тепла

$$Q_j = \varphi_j(N_j, p_k^j, t_o^j, D^j, p_t^j, \Delta D_{n.e.}^j), \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где

$D_o^j, D^j$  - расходы пара на  $j$ -ю турбину и в теплофикационный отбор;

$p_k^j, p_t^j$  - абсолютные давления пара в конденсаторе и теплофикационном отборе;

$t_o^j$  - температура свежего пара перед  $j$ -ой турбиной;

$\Delta D_{n.e.}^j$  - разница между расходом свежего пара и питательной воды ( $\Delta D_{n.e.} = D_o - D_{n.e.}$ ).

Обозначим через  $x_j$  набор параметров  $(p_k^j, t_o^j, D_o^j, p_t^j, \Delta D_{n.e.}^j)$ .

Тогда математическая постановка задачи оптимизации распределения нагрузки между турбоагрегатами ТЭС запишется в виде

$$\begin{aligned} \min_{N_j, D_j, j=1, m} & \sum_{j=1}^m \varphi_j(x_j, N_j, D_j), \\ \sum_{j=1}^m f_j(x_j, D_j) &= N, \\ \sum_{j=1}^m D_j &= D, \\ N_j \geq 0, \quad D_j &\geq 0, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $N$  и  $D$  – требуемое для выработки на ТЭС количество электроэнергии и пара, а  $x_j$  – заданные (контролируемые) технологические параметры.

Неопределённость задачи (3) связана с тем, что вид зависимостей  $\varphi_j(\cdot), f_j(\cdot), j = \overline{1, m}$  априори неизвестен.

Имеются экспериментальные сведения, представленные в выборке статистически независимых наблюдений параметров турбоагрегатов  $V_j = (N_j^i, D_j^i, x_j^i, i = \overline{1, n_j}), n_j -$

объём выборки. Плотности случайных величин  $p_j(N_j, D_j, x_j)$ ,  $p_j(x_j)$ ,  $j = \overline{1, m}$  априори неизвестны, но имеют хотя бы две первые производные.

**Методика синтеза статистической модели оптимизации.** Построение статистических моделей оптимизации распределения нагрузки между турбоагрегатами ТЭС предполагает реализацию трёх этапов: восстановление стохастических зависимостей между энергетическими характеристиками турбоагрегатов и технологическими параметрами; применение современных методов численной оптимизации задач типа (3); исследование свойств алгоритмов формирования эффективных решений, зависящих от условий оптимизации и используемых математических средств.

Предлагается в качестве многомерных зависимостей, восстанавливаемых по экспериментальным данным  $V = (y^i, x^i = (x_1^i, \dots, x_k^i), i = \overline{1, n})$ , использовать непараметрическую регрессию.

Преимущество непараметрических моделей стохастических зависимостей состоит в том, что их применение не требует введения предположений о виде восстанавливаемой зависимости.

Если имеются объективные сведения о виде энергетических характеристик, то используются гибридные модели восстанавливаемых зависимостей.

Применение гибридных моделей позволит снизить требования к точности оценивания параметров по сравнению с параметрическими моделями, так как увеличение их ошибок аппроксимации компенсируется при восстановлении функции невязки.

При использовании непараметрических, либо гибридных моделей задача оптимизации распределения нагрузки на ТЭС (3) принимает неявный вид. Однако аддитивный характер её критерия (расход тепла) позволяет эффективно использовать метод динамического программирования для разбиения задачи (3) на взаимосвязанную последовательность более простых.

Первоначально определяются перспективные варианты распределения нагрузки между двумя турбоагрегатами при различных условиях оптимизации. Далее перспективное распределение нагрузки осуществляется между первыми двумя агрегатами и третьим путём решения задачи оптимизации значительно меньшей размерности, чем исходная, с учётом результатов предыдущего этапа. Тем самым формируется целенаправленная процедура выбора оптимального решения.

Перспективное направление дальнейшего развития методики решения задачи типа (3) связано с признанием случайного характера параметров  $x_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  условий оптимизации, что является необходимым при увеличении временного интервала планирования нагрузки на ТЭС (свыше 1 суток). Несмотря на усложнение задачи (3), эффективное её решение возможно на основе имитационных моделей оптимизации.

Структуру имитационной модели оптимизации распределения нагрузки между турбоагрегатами ТЭС составляют: система датчиков случайных величин для формирования последовательности значений параметров  $x_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; алгоритмы оптимизации распределения нагрузки при конкретных значениях  $x_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; блок имитации; блок статистической обработки результатов вычислительного эксперимента. В этом случае результатом решения задачи является множество вариантов наиболее эффективного распределения нагрузки, которые формируются по данным имитации на основе аппарата теории доверительного оценивания.

Предлагаемые подходы и методы оптимизации неопределённых систем реализованы в виде информационной системы и используются при планировании производства Красноярской ТЭС.

# СТРУКТУРНЫЙ И ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ERP-СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Г. Киселев

ОАО "Новосибирский оловянный комбинат", г. Новосибирск

**Аннотация.** Рассматривается ERP-система с позиции семиуровневой структуры и технологии описания бизнес – процессов предприятия. Приводятся результаты внедрения и исследования достигнутых характеристик в ERP-системе. Рассматривается перспектива развития ERP в сторону территориально распределенной системы. Практические результаты – применительно к ОАО "Новосибирский оловянный комбинат".

## Введение

Проблему внедрения современных информационных технологий (ИТ) на промышленном предприятии можно рассматривать с различных точек зрения [1], и самое укрупненное обобщение можно представить как на рис. 1.

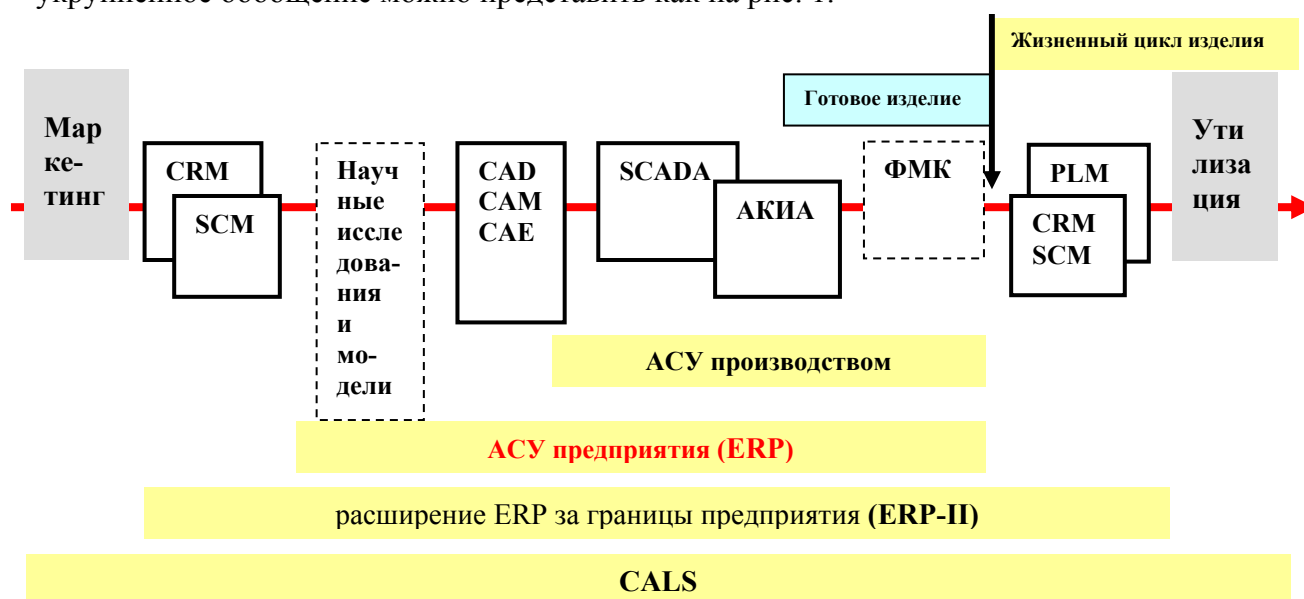


Рис. 1. Укрупненный подход к комплексной автоматизации предприятия:

АСУ - автоматизированные системы управления; CRM - управление отношениями с клиентом; SCM - управление цепями поставок; CAD/CAM/CAE - системы автоматизации проектирования/ подготовки производства/ изготовления; SCADA - АСУ технологическими процессами (АСУ ТП); АКИА - автоматизированная контрольно - измерительная аппаратура (как часть SCADA); ФМК - физико - математические комплексы (как вариант АКИА для полунатурного испытания изделия); PLM - управление жизненным циклом продукции/ изделия (с момента выхода готового - до утилизации); CALS - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта (в широком смысле: от маркетинга - до утилизации); выделенные пунктиром элементы - необязательны для промышленного предприятия.

Первоначально CALS расшифровывалась как "комплексная поддержка поставок" (Computer Aided Logistic Support), а в настоящее время – как "непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта" (Continuous Acquisition and Life cycle Support). Формат описания моделей в CALS регламентирован стандартами IDEF0 и ISO10303 [1]. Однако, при практическом внедрении больших интегрированных ИТ-систем, классический подход требует развития в части описания структуры системы и

процессов на "тонком" уровне для их программной реализации и последующей оптимизации.

## 1. Разработка ERP - системы предприятия

В данной работе рассматривается только проблема внедрения интегрированной системы управления предприятия (ERP-системы, см. рис. 1). При разработке структуры ERP, целесообразно использовать два подхода: структурный [2] и процессный [3]. В соответствии с выдвинутой концепцией [2], в самом укрупненном виде общую структуру ERP предприятия можно представить рис. 2.

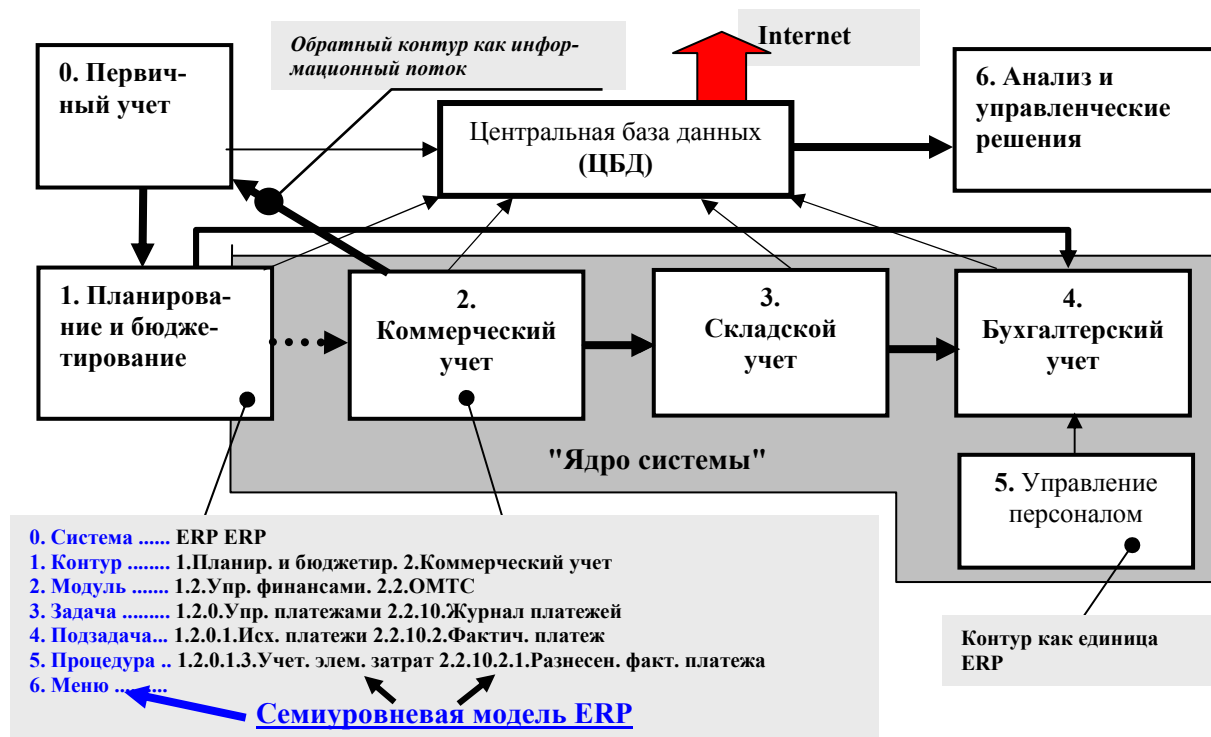


Рис. 2. Укрупненная структура ERP [АСУП] предприятия

Вся система, в предлагаемой концепции, состоит из семи контуров (см. рис. 2). Каждый контур имеет дальнейшую детализацию в соответствии с предложенной семиуровневой структурой ERP: "система – контур – модуль – задача – подзадача – процедура – меню" (см. пример на рис. 2). На шестом уровне "ядро" промышленной ERP-системы содержит более 800 процедур [4]. На рис. 3 показана ERP-система на первых трех уровнях детализации ("система – контур – модуль") с позиции структурного подхода, где выделено "ядро" системы с точки зрения законченности и целесообразности внедрения на первом этапе [2-4]. Бизнес-процесс – это совокупность родственных функций и операций (ERP), объединенных тематической направленностью, обеспечивающий создание конечного продукта или (и) услуги (в т.ч. и информации для другого процесса). Например, бизнес-процессом можно считать выполнение электронных платежей (отдельная подзадача в модуле 1.2. "Управление финансами"), или весь процесс управления исходящими/входящими платежами (задача 1.2.0."Управление платежами" в модуле 1.2."Управление финансами"), или весь цикл "реализация готовой продукции" (охватывающий модули 2.4.→3.4.→4.4. из трех контуров, и т.д.), – см. рис. 3 [3, 4]. Разработанная технология декомпозиции и анализа бизнес-процессов в ERP-системе может применяться как на этапе разработки системы, так и на этапе эксплуатации для выявления проблемных ситуаций [2-4].



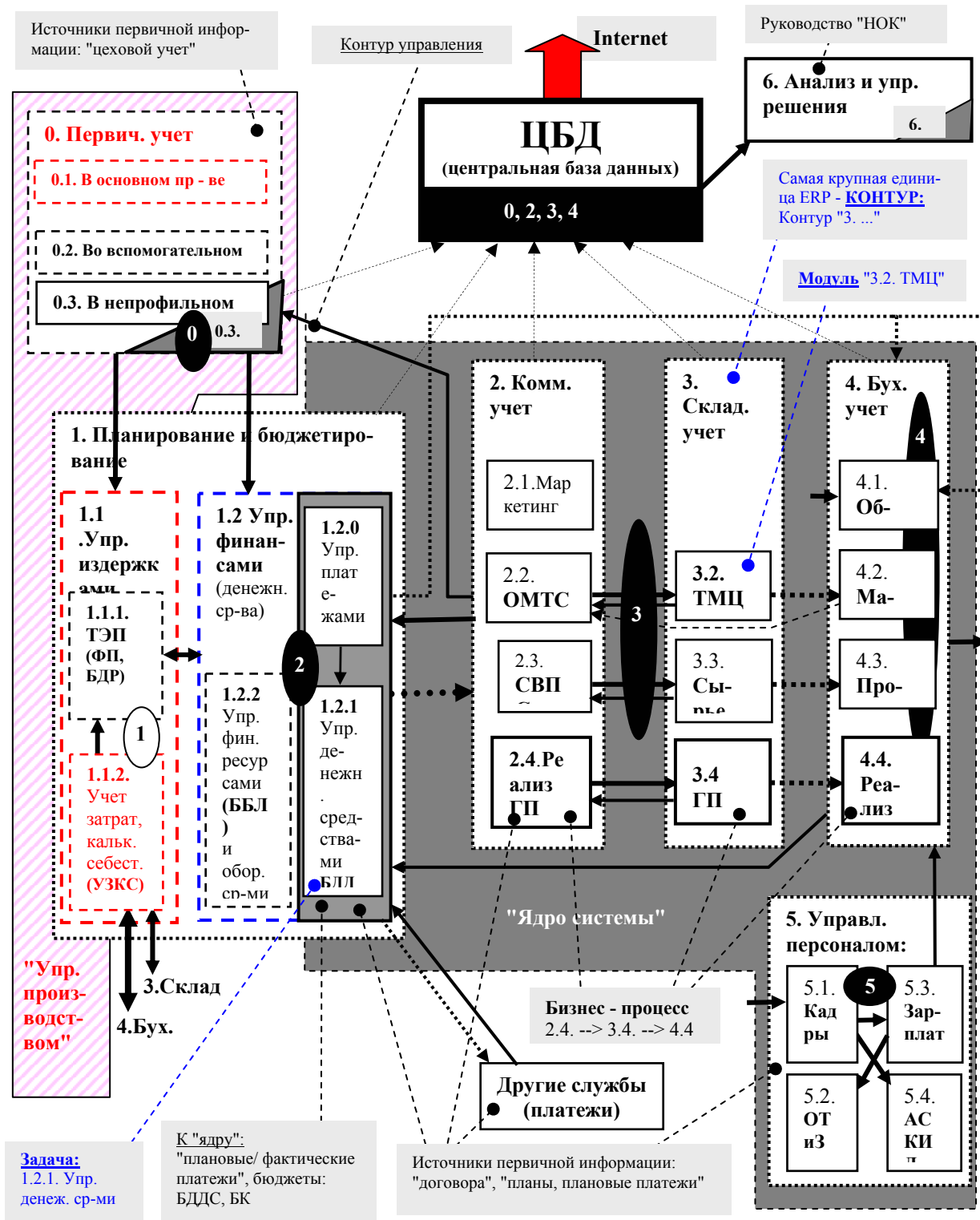


Рис. 3. Структура промышленной ERP- системы (по классификации автора [2]):

ОМТС - отдел материально - техническое снабжение; ГП - готовая продукция; СВПС - служба взаимодействия с поставщиками сырья; БДДС - бюджет движения денежных средств; БК - бюджет кассовый; Матер, Произ., - материальная, производственная группы; ОТиЗ - отдел труда и з/плата; АСКИД - автоматизированная система контроля исполнения документов; БЛ - бюджет балансового листа; ФП - фин. план; БДР - бюджет доходов и расходов; ТЭП - технико - экономическое планирование; **0,1,2,3,4,5** - группы интегрированных баз (в т.ч. в ЦБД: **0,2,3,4**); затонированные фрагменты на схеме - "ядро системы", "0.3.1", "6.1" внедрены в ОАО "НОК" (на базе "Парус-8"/Oracle).

## 2. Экспериментальные исследования в ERP

Чтобы оценить потребности приложения "клиент-сервер" во внедренной ERP-системе к аппаратному обеспечению, были проведены эксперименты, результаты - на рис. 4, 5.

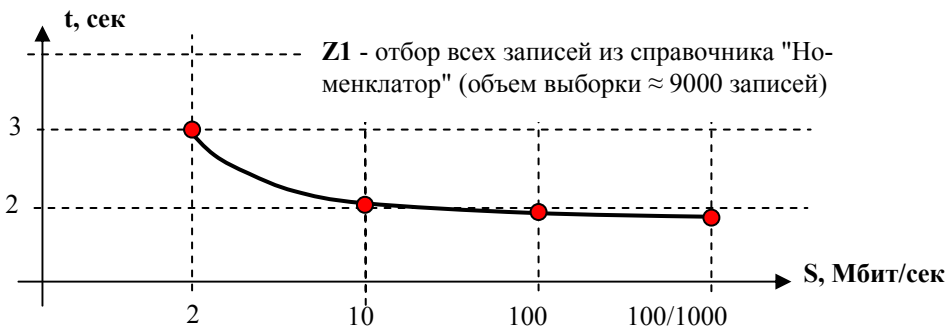


Рис. 4. Время (t) формирования одного и того же запроса (Z1) в контуре "Складской учет" в зависимости от скорости сети (S)

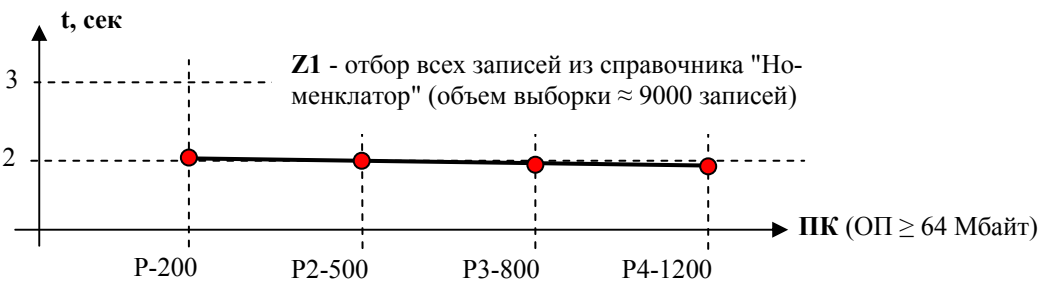


Рис. 5. Время (t) формирования одного и того же запроса (Z1) в контуре "Складской учет" в зависимости от типа клиентского компьютера (ПК) с объемом оперативной памяти (ОП) 64...128 Мбайт

Как видно из рис. 4, 5, при увеличении пропускной способности сети более 10 Мbps практически не происходит уменьшения времени реакции системы, а скорость выполнения запросов пользователей при работе с клиентским приложением слабо зависит от мощности ПК. Вывод: чтобы повысить скорость и эффективность работы пользователей с такой ERP-системой (здесь "Парус-8"/Oracle), необходимо наращивать мощность сервера баз данных (БД) и оптимизировать его настройки.

Чтобы оценить требования внедренной ERP-системы к серверу, были проведены эксперименты, результаты которых представлены на рис. 6, 7 (сервер: P3-2x1,13ГГц/2Гб/ 5x18Гб + SCSI + RAID-V/ LAN100). Получение и анализ зависимостей типа рис. 6, 7 позволяют формулировать требования к серверу БД и его развитию (например, многопроцессорность, кластеризация и т.д.).

Для минимизации стоимости системы, статистическим путем (анкетирование пользователей, хронометраж рабочего времени) и с использованием имитационной модели, были определены кванты времени [4], по истечении которых, в случае "простоя" рабочего места автоматически отключалось клиентское приложение, что позволило сэкономить на 25% число клиентских лицензий (одна из самых дорогих составляющих ERP- систем).

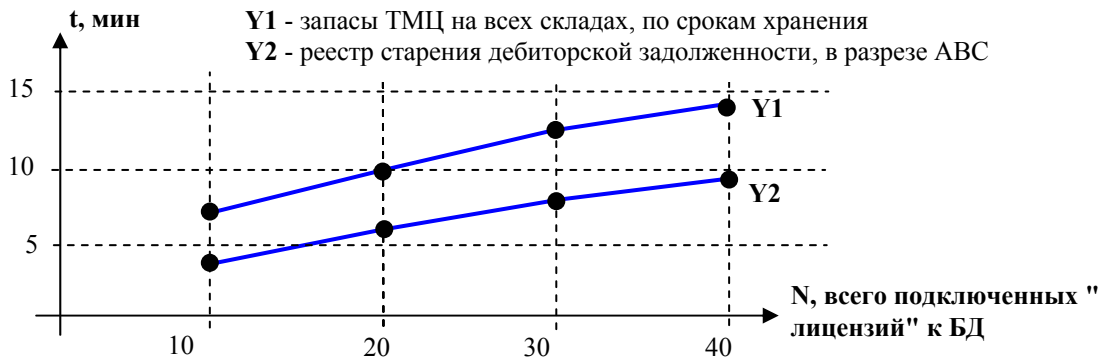


Рис. 6. Время (t) формирования отчета Y1 в контуре "Коммерческий учет" и Y2 в модуле "Управление финансами" в зависимости от загрузки сервера (N)



Рис. 7. Время (t) формирования отчетов Yi в системе (min и max) при их одновременном исполнении на одном сервере (P3-2x1,13ГГц/ 2Гб/5x18Гб+SCSI+RAID-V/ LAN100)

С учетом стоимости лицензии (Сл), общего числа требуемых лицензий (Кл) и 30% стоимости лицензионного ежегодного обслуживания от общей стоимости программного обеспечения (для "Парус-8"), экономия для реализации ERP (Rc) составила:

$$\begin{cases} R_{c1} = (Кл * Сл) * 0,25 \text{ руб.} - \text{разовая экономия,} \\ R_{c2} = ((Кл * Сл) * 0,25) * 0,3 \text{ руб.} - \text{ежегодная экономия.} \end{cases}$$

Развитие ERP-системы металлургического предприятия в части перерастания ее к территориально распределенной системе, можно предложить в виде этапов:

– сопряжение ERP-системы с Internet (обоснование: 1. Неизбежные потребности предприятия по созданию корпоративной электронной торговой площадки (КЭТП), 2. Повышение эффективности реализации продукции за счет внедрения новых технологий),

– информационная поддержка отношений с клиентами (CRM) (обоснование: 1. Потребность предприятия в повышении эффективности маркетинга и автоматизации работы с клиентами, 2. Потребность предприятия в автоматизации внутреннего электронного документооборота – WorkFlow – внутри предприятия, как частный случай CRM- в целом).

### **3. Результаты внедрения**

Во внедренной ERP–системе использован программный продукт "Парус-8"/Oracle, общее число выполненных доработок базового продукта в процессе внедрения (программы, процедуры, формы документов, доработки ошибок продукта, аналитика) - 350, продолжительность проекта до внедрения первого контура - 1 год, общая продолжительность проекта - 2,5 года, число клиентских лицензий - 41, общее число пользователей - до 75-ти, общее число рабочих мест в сети - 200, реализовано функций - 800 (используется - 500), реализовано форм документов - 300 (используется - 200), база - 250 таблиц/ 7500 параметров/ 7 Гбайт, ежегодный документооборот: 105 тыс. бухгалтерских проводок, 45 тыс. хозяйственных операций, 45 тыс. складских операций, 9 тыс. платежей. Объем внедрения – в соответствии с комментариями на рис. 2, промышленная эксплуатация. Для отраслей металлургической промышленности (цветной, черной) - это первый ERP–проект на базе продукта "Парус-8"/Oracle, опыт внедрения доступен для изучения и освещается открыто на [www.nok.sibnet.ru/its](http://www.nok.sibnet.ru/its) (более 35 документов общим объемом более 1500 листов). Система развивается.

#### **Заключение**

Предложены технологии структурной декомпозиции ERP–системы, исследования бизнес – процессов и системы в целом, с использованием процессного подхода при анализе "большой" системы, с учетом специфики промышленного предприятия.

Предложенные технологии прошли апробацию на конкретной системе ERP/"Парус-8"/Oracle при внедрении на конкретном промышленном предприятии, показав при этом высокую эффективность выполнения проекта (подробно - на [www.nok.sibnet.ru/its](http://www.nok.sibnet.ru/its)).

#### **Литература**

1. Козлов В.А., Костин А.М., Хабаров В.С. Современные информационные технологии в машиностроении // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2000. – №3. – С.51-54.
2. Киселев А.Г. Разработка структуры ERP–системы для промышленного предприятия // Нефть, газ и бизнес. – 2003. – №3. – С.49-54.
3. Киселев А.Г. Технология разработки бизнес – процессов в ERP–системе промышленного предприятия //Машиностроитель. – 2003. – № 8. – С.35-46.
4. Киселев А.Г. Опыт внедрения и эксплуатации ERP–системы на предприятии металлургии //Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. – 2003. – № 3. – С.79-88.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КЛАССА WORKFLOW ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*М.Г. Доррер, А.А. Некрасова*

*Сибирский Государственный Технологический Университет, г. Красноярск*

С развитием электронного бизнеса еще более острой стала потребность в четкой фиксации бизнес-процессов и их автоматизации. Причем речь в данном случае идет не только о внутренних процессах предприятия, но и об отношениях «бизнес — бизнес», о бизнес-процессах «поставщик — клиент», «поставщик — производитель» и т. д. Для отслеживания и автоматизации таких процессов необходимо специальное программное обеспечение. Системы управления потоками работ нацелены как раз на это. Расширяется использование систем workflow при построении на предприятиях систем управления знаниями, а также их применение как инструментария для интеграции различных корпоративных приложений.

Несмотря на то, что новый документооборот отличается по форме и существу от своего зарегламентированного предшественника – производственного документооборота, его назначение остается тем же самым – упрощение и ускорение бизнес-процессов. Вообще говоря, все программное обеспечение документооборота служит для достижения одних и тех же целей – построения с помощью МРП маршрутов, ролей и правил.

**Маршруты.** При определении бизнес-процесса (даже такого прозаического, как оплата счета, или такого сложного, как создание нового продукта) бизнес-процесс рассматривается, в первую очередь, в терминах маршрута. Какие члены отдела вовлечены в этот процесс? В каком порядке они принимают в нем участие?

**Роли.** Если маршрут можно рассматривать как реальных участников процесса, то программы для документооборота идентифицируют роли, исполняемые на конкретных этапах процесса. Например, команда разработчиков подготавливает техническое руководство: данный документ следует по маршруту от автора к техническому редактору, корректору, верстальщику и, наконец, назад, к автору обзора.

**Правила.** Продукты для документооборота должны реализовывать правила автоматизации бизнес-процессов. Крупный платеж, к примеру, визируется только главным бухгалтером, поэтому система документооборота должна знать, куда перенаправить такого рода запросы.

Иной подход к непроизводственному документообороту исходит из главенства в большинстве настольных пользовательских систем клиента электронной почты. Приложения документооборота на базе электронной почты используют среду обмена сообщениями в качестве платформы для всей системы документооборота, доставляя пользователям задания прямо в почтовый ящик. При доставке почтой задание является неотъемлемой частью сообщения: пользователи выполняют свою задачу и передают задание дальше в соответствии со схемой последовательности документооборота непосредственно из своего почтового клиента. Такой подход имеет смысл, так как многие пользователи имеют склонность работать со своей почтой в гораздо большей степени, нежели с любыми другими специализированными приложениями.

Технологии Workflow применяют 80 % ведущих корпораций, достигших успеха и устойчивого роста на высоко конкурентных мировых и локальных рынках только благодаря внедрению систем этого поколения. Система Workflow автоматизирует ПРОЦЕСС, а не функцию, объединяя все предприятие: от производства до офиса, от технологии до организационной структуры. Эта технология связывает воедино организацию, людей и процессы. Она призвана сделать Вашу компанию более гибкой, эффективной и конкурентоспособной. Система Workflow даже сама по себе даёт организации значительные конкурентные преимущества.

Сначала о переводе слова Workflow. Здесь и далее мы даем его в оригинальном английском написании. Слово "Workflow" переводится на русский язык как поток работ или рабочий поток, хотя во многих источниках можно найти такие переводы как деловой процесс или бизнес - процесс. Реально понятие Workflow более глубокое, чем поток работ или бизнес - процесс, и оно возглавляет иерархию понятий, так же как слово "Океан" возглавляет ряд море – река – ручей.

Что же такое поток работ? По сути – это упорядоченное во времени множество рабочих заданий, которые получают, а затем обрабатывают сотрудники с той последовательностью и в рамках тех правил, которые определены для данного бизнес - процесса.

Бизнес - процесс, в свою очередь, объединяет поток работ и функции, которые должны выполняться над заданиями этого потока, людей и оборудование, которое реализует эти функции, а также правила, управляющие выполнением этих функций.

Согласно Глоссарию WfMC (Workflow Management Coalition) workflow – это автоматизация, полностью или частично, бизнес - процесса, при которой документы, информация или задания передаются для выполнения необходимых действий от одного участника к другому в соответствии с набором процедурных правил.

Система управления workflow – система, которая описывает поток работ, создает его и управляет им при помощи программного обеспечения, которое способно интерпретировать описание процесса, взаимодействовать с его участниками и при необходимости вызывать соответствующие приложения и инструментальные средства. Таким образом, система workflow автоматизирует ПРОЦЕСС, а не функцию. Workflow объединяет все предприятие: от производства до офиса, от технологии до организационной структуры. Эта технология связывает воедино организацию, людей и процессы. Поскольку одношаговых процессов не бывает, поток работ всегда налицо, в той или иной форме управляя движением от шага к шагу. А управление потоком работ – одна из важнейших составляющих конкурентного преимущества на рынках, достигших стабильности в отношении продуктов, услуг и распределении рыночных долей. На этой стадии конкурентное неравенство может быть устранено реорганизацией лежащих в основе бизнес - процессов, а в глобальных экономических и конкурентных условиях современной деловой жизни workflow становится непременным условием выживания.

Универсальная (саморегулируемая) организация – это единственная устойчивая структура, которая переживает изменения, потому что никогда не перестает меняться. Такая организация может признать форму любой структуры в зависимости от сиюминутных требований рынка.

Как преодолеть идеологические стереотипы и создать самоуправляющуюся организацию? Ключевым моментом здесь является осознание того, как в конечном итоге происходит переход от вертикальной к горизонтальной, а затем к виртуальной организации.

Традиционная иерархическая структура организации, с упором на вертикальные связи, привела к созданию информационных систем, которые не поддерживают горизонтальные связи, необходимые для коллективной работы. Все мы знаем, что в практической жизни процессы происходят без учета границ, существующих между подразделениями организации. В этих условиях самым адекватным шагом стало создание нового поколения "белых воротничков" – универсалов. Универсал – это человек, который не замыкается в рамках своего подразделения. Такие универсалы сотрудничают в рамках расширенных коллективов, при образовании которых пренебрегают рамками организационной структуры, географическими и политическими границами. Они перестают быть компонентами бизнес - процесса, становясь его владельцами, при этом все большее их число становится и владельцами бизнеса. В таких условиях система принятия решений принимает вид подхода, строго ориентированного на клиента, и призванного найти для каждой проблемы специализированное и оптимальное решение.

Это одна из основных причин, по которой технология workflow, в первую очередь, нужна как инструмент для измерения времени, затрачиваемого на передачу (информации, изделий и т. д.). Таким образом, в центр внимания попадают не люди, а сам процесс, что является существенным изменением.

Подход, называемый "точно в срок" (Just In Time), который предполагает интенсивный обмен информацией между компанией и ее поставщиками, служит ярким примером того, как система workflow может усовершенствовать такие связи.

В этой цепочке добавленного качества система workflow выступает в качестве средства, с помощью которого обеспечивается координация заданий и функций между двумя торговыми партнерами.

### **Использование модели цепочки добавленного качества**

Конечной целью введения workflow в рамки функций цепочки добавленного качества является получение существенного преимущества в конкурентной борьбе. При оценке стратегической важности приложений workflow компании должны принимать во внимание следующие соображения:

- Сможет ли система workflow трансформировать функцию цепочки добавленного качества так, что возникнут обстоятельства, мешающие (за счет более низких цен или повышенной дифференциации) конкурентам выйти на рынок?
- Может ли система workflow улучшить взаимоотношения с клиентами за счет более эффективного обмена информацией?
- Может ли система workflow изменить основу конкуренции (за счет сокращения бизнес - цикла, сокращения расходов на производство или обслуживание)?
- Позволяет ли система workflow организовать связи с партнерами и поставщиками?

Эти вопросы следует рассмотреть применительно к цепочке добавленного качества самой компании, ее клиентов, а также известных и потенциальных конкурентов. Выявление функций, входящих в состав цепочки добавленного качества, может оказаться несложной задачей, хотя цепочка добавленного качества предприятия в целом нередко представляется очень запутанной, для одного рабочего процесса она может быть достаточно простой.

Первым делом, следует описать всю информационную инфраструктуру организации. Это должно включать определение всех имеющихся процедур обмена информацией. При выявлении связей своей организации ничего не принимайте на веру. Может оказаться, что неформальные средства передачи информации весьма существенны для системы в целом, и именно они являются самыми неэффективными звеньями в организации рабочих процессов.

После того, как вы составили рабочую модель существующей системы, второй шаг заключается в определении вклада каждой компоненты модели. При этом выявляются индивидуальные связи цепочки добавленного качества. Для того, чтобы это сделать, надо просто задать вопрос: какой вклад внесла данная компонента рабочего процесса в прибыльность организации? Иными словами, какова его ценность? Подразумевается, что информационные системы не являются "затратной частью ведения бизнеса", а вносят активный вклад в цепочку добавленного качества организации.

Вероятно, что вы обнаружите функции, которые не оказывают активного влияния на цепочку добавленного качества организации. Очень часто считается само собой разумеющимся, что эти функции являются необходимыми издержками ведения бизнеса. Приписав каждой функции ее ценность, можно количественно оценить преимущества внедрения нового подхода к управлению конкретным потоком.

Прежде всего, пару слов стоит сказать о принципах создания информационной системы документооборота:

- принцип системности – между структурными элементами системы установлены такие связи, которые обеспечивают ее цельность и взаимодействие с другими системами;
- принцип открытости – система создается с учетом возможности пополнения и обновления ее функций без нарушения порядка функционирования;
- принцип совместимости – при создании системы используются информационно-технологические интерфейсы, благодаря которым она может взаимодействовать с другими системами;

- принцип стандартизации (унификации) – при создании системы применяются типовые, унифицированные и стандартизованные решения;
- принцип эффективности – в результате разработки системы обеспечивается рациональное соотношение между затратами на создание системы и целевыми эффектами, включая конечные результаты автоматизации документооборота.

Что дает внедрение workflow? Сокращаются бизнес-циклы. Автоматизируется масса ручных операций. Почти удваивается производительность служащих (это, кстати, информация Giga Information Group). Тот же состав работающих выполняет в два-три раза больший объем работ. На 25–30% возрастает эффективность работы сотрудников. Удастся повысить уровень удовлетворенности клиентов на многие проценты. (Степень их удовлетворенности довольно легко измерить, нужно лишь подсчитать, сколько клиентов вернулось к вам за покупкой). Современные системы класса CRM (управления отношениями с клиентами) строятся на базе технологии workflow. В рамках этих решений клиент становится участником бизнес-процессов предприятия, важной их составляющей. И главное, что дает внедрение систем workflow (судя опять же по отчетам аналитических агентств), – это серьезное улучшение конкурентного положения компании.

## **ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЭКОНОМИКЕ**

***В.В. Тынченко, Р.Р. Кагиров***

*Сибирский государственный аэрокосмический университет, г. Красноярск*

**Аннотация.** Обсуждается проблема автоматизации проектирования интеллектуальных корпоративных информационных систем в экономике. Рассматривается подход к решению данной проблемы, основанный на использовании параллельных генетических алгоритмов.

### **Введение**

Автоматизированные информационные системы в настоящее время являются основным средством информационного обеспечения организационно-управленческой и производственно-технологической сфер человеческой деятельности. Важное место в сфере управления деятельностью предприятий занимают корпоративные информационные системы (КИС), представляющие собой автоматизированные системы управления достаточно крупными предприятиями, имеющими сложную организационно-производственную структуру. Корпорация может объединять различные управленческие, финансовые, производственные и другие структуры, юридические лица, иметь территориально удаленные филиалы, занимающиеся самыми разнообразными видами деятельности (производственной, строительной, добывающей, банковской, страховой и пр.) Основной задачей функционирования КИС является создание единого оперативно контролируемого информационного пространства с целью быстрого и своевременного предоставления достоверной информации, необходимой для принятия управленческих решений. Это позволяет обеспечить взаимосвязь и согласованность всех составных частей КИС, максимально оптимизировать рабочие процессы, повысить эффективность работы подразделений и всей корпорации в целом. Отличительной особенностью КИС является комплексный подход к проблеме автоматизации, охватывающей все сферы управления современным предприятием, включая финансовое и хозяйственное планирование, управление кадрами, бухгалтер, оперативное управление деятельностью всех подразделений, анализ отклонений, прогнозирование и т.п.



Эффективность решения задач информационного обеспечения и управления предприятием во многом определяется реализующимися посредством КИС информационными технологиями, что определяет необходимость разработки новых и внедрения существующих прогрессивных информационных технологий, учитывающих особенности и сложность управленческих задач.

1. Интеллектуальные информационные системы как средство реализации интеллектуальных информационных технологий

Задачи, связанные с принятием решения на всех уровнях иерархии управления предприятием, требуют смысловой обработки больших объемов хранящейся в базах данных информации в сложной динамически изменяющейся обстановке экономического рынка. Кроме того, задачи подобного рода являются многокритериальными и слабо структурированными, то есть в их описании известны только некоторые количественные зависимости между основными характеристиками, а доминируют неопределенные и малоизвестные стороны, качественное описание которых осуществляет лицо, принимающее решение.

Общие недостатки традиционных экономических информационных систем заключаются в слабой адаптивности к изменениям в предметной области и информационным потребностям пользователей, в невозможности решать сложные плохо формализуемые задачи, с которыми управленческие работники постоянно имеют дело. Перечисленные недостатки устраняются в интеллектуальных информационных системах (ИИС).

Интеллектуальная экономическая информационная система (ИИС) – это информационная система, которая основана на концепции использования базы знаний для генерации алгоритмов решения экономических задач различных классов в зависимости от конкретных информационных потребностей пользователей. База знаний – это совокупность единиц знаний, которые представляют собой формализованное с помощью некоторого метода представления знаний отражение объектов проблемной области и их взаимосвязей, действий над объектами и, возможно, неопределенностей, с которыми эти действия осуществляются. В качестве единиц знания обычно используются правила и/или объекты.

Таким образом, ИИС представляют собой системы, основанные на обработке знаний (СБЗ - Knowledge Base (Based) Systems), важной составляющей которых является управляющая процедура, которая имеет характер универсального механизма решения задач (механизма вывода). Управляющая процедура связывает единицы знаний, которые в декларативной форме хранятся в базе знаний, в исполняемые цепочки (генерируемые алгоритмы) в зависимости от конкретной постановки задачи (сформулированной в запросе цели и исходных условий).

Для интеллектуальных информационных систем, ориентированных на генерацию алгоритмов решения задач, характерны следующие признаки:

- развитые коммуникативные способности (в частности, возможность формулирования произвольного запроса в диалоге с ИИС на языке, максимально приближенном к естественному);
- умение решать сложные плохо формализуемые задачи, требующие построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, для которой могут быть характерны неопределенность и динамичность исходных данных и знаний;
- способность к самообучению, то есть возможность автоматического извлечения знаний для решения задач из накопленного опыта конкретных ситуаций.

В различных ИИС перечисленные признаки интеллектуальности развиты в неодинаковой степени, и редко, когда все четыре признака реализуются одновременно. Условно каждому из признаков интеллектуальности соответствует свой класс ИИС,

при этом каждый класс ИИС ориентирован на решение определенного круга задач. Классификация ИИС выглядит следующим образом:

1) Системы с интеллектуальным интерфейсом: интеллектуальные базы данных, в том числе с интерфейсами, использующими естественный язык, гипертекст и мультимедиа, когнитивную графику (используется в мониторинге и управлении оперативными процессами).

2) Экспертные системы (ЭС), предназначенные для решения достаточно сложных задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области. Достоинство применения экспертных систем заключается в возможности принятия решений в уникальных ситуациях, для которых алгоритм заранее не известен и формируется по исходным данным в виде цепочки рассуждений (правил принятия решений) из базы знаний. Причем решение задач предполагается осуществлять в условиях неполноты, недостоверности, многозначности исходной информации и качественных оценок процессов. Экспертные системы чаще всего используются в следующих проблемных областях: диагностика, интерпретация данных, выработка рекомендаций, проектирование, прогнозирование, мониторинг, инструктирование и пр. Среди инструментальных средств разработки ЭС можно отметить G2 (фирма Gensym), ART-Enterprise (Inference), GURU (MDBS), ЭКО (ArgusSoft), SIMER – MIRAGE (Исследовательский центр искусственного интеллекта ИПС РАН),

3) Самообучающиеся системы на принципах:

– индуктивного вывода (инструментальные средства 1st Class (Programs in Motion), Rulemaster (Radian Corp.), ИЛИС (ArgusSoft), KAD (ИПС Переяславль-Залесский));

– нейронных сетей (системы NeurOn-line (GENSYM), NeuralWorks Professional II/Plus (NeuralWare), FOREX-94 (Уралвнешторгбанк));

– поиска прецедентов (Case-based reasoning) (системы KATE tools (Acknosoft), Pattern Recognition Workbench (Unica), CBR-Express (Inference));

– организации информационных хранилищ с использованием интеллектуального анализа данных Intelligent Miner (IBM), MineSet (Silicon Graphics), DataDirect, SmartData (Intersolv), Express (Oracle), SAS/Assist (SAS Institute).

В основе самообучающихся систем лежат методы автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики (обучения на примерах). Примеры реальных ситуаций накапливаются за некоторый исторический период и составляют обучающую выборку. В результате обучения системы автоматически строятся обобщенные правила или функции, определяющие принадлежность ситуаций классам, которыми обученная система пользуется при интерпретации новых возникающих ситуаций. Таким образом, автоматически формируется база знаний, используемая при решении задач классификации и прогнозирования. Эта база знаний периодически автоматически корректируется по мере накопления опыта реальных ситуаций, что позволяет сократить затраты на ее создание и обновление.

4) Адаптивные информационные системы на основе использования CASE-технологий и/или компонентных технологий.

## **2. Применение параллельных генетических алгоритмов для автоматизации проектирования интеллектуальных информационных систем**

Проектирование интеллектуальной информационной системы представляет собой многоэтапный и сложный процесс, включающий идентификацию и концептуализацию проблемной области; формализацию, реализацию, тестирование базы знаний; и, наконец, опытную эксплуатацию. После каждого этапа возможны итеративные возвраты на предыдущие этапы проектирования с целью улучшения производительности системы и ее компетентности. Выбор методов представления знаний непосредственно зависит от

круга задач, на которые ориентирована проектируемая система. Особенности реализации ИИС во многом определяются характером выбранного инструментального средства разработки, причем в ходе проектирования инструментальные средства могут сменять друг друга. На выбор инструментального средства разработки основное влияние оказывает класс решаемых задач. Тогда сущность алгоритма выбора инструментальных средств сводится к наложению требований проблемной области к формализмам знаний на возможности инструментальных средств и определению наилучших по заданным ограничениям.

Большинство потенциальных пользователей, ответственных за принятие решений в бизнесе и финансах, обычно не являются специалистами по системному анализу и искусственному интеллекту, в силу чего не могут непосредственно использовать инструментальные средства разработки ИИС, требующие сложной настройки и специальной подготовки данных. Затраты на постановку задачи и сопровождение системы специалистами могут на порядок превышать стоимость отдельного пакета программ. Недорогие системы, простые в использовании и с высоким уровнем автоматизма ориентированы на решение относительно простых задач: обычно их функции сводятся к формированию большого количества отчетности по данным, на основании которой достаточно сложно осуществить принятие серьезного решения без дополнительного существенного анализа. Использование существующих CASE-средств также требует достаточно высокого уровня профессиональной подготовки от пользователя.

В силу вышесказанного представляется важной и актуальной задача выработки новых подходов и способов, позволяющих максимально автоматизировать проектирование интеллектуальной информационной системы.

Очевидно, что процесс автоматического генерирования лучшей в некотором смысле информационной технологии и ее параметров направлен на оптимизацию, причем в данном случае могут возникать сложные оптимизационные задачи (например, выбор оптимальной структуры нечеткого контроллера или нейронной сети), обладающие, например, такими свойствами:

- наличие большого числа различных моделей, которые объединяются в одной оптимизационной задаче;
- большое количество целевых функционалов и сложный вид ограничений;
- использование разношкальных переменных;
- неявное (алгоритмическое) задание целевых функций и ограничений;
- иерархичность оптимизационных задач, причем множества переменных различных уровней иерархии могут пересекаться;
- нестационарность, то есть свойства оптимизируемого объекта могут измениться в ходе решения задачи.

Этот список можно расширить за счет различного рода неопределенностей, но и перечисленных свойств достаточно, чтобы сделать вывод о неприменимости стандартных оптимизационных процедур математического программирования.

Решение данной проблемы состоит в построении процедур адаптации структуры и параметров интеллектуальных информационных технологий к результатам, получаемым в процессе оптимизации. Универсальными адаптивными поисковыми алгоритмами являются генетические алгоритмы, которые обладают широкими возможностями для самонастройки своей структуры и параметров в процессе оптимизации. Генетические алгоритмы имитируют биологические эволюционные процессы. Они работают с совокупностью индивидов (популяцией), каждый из которых представляет собой поисковую точку в пространстве допустимых решений. Все индивиды оцениваются мерой их пригодности, в соответствии с тем, насколько «хорошим» окажется полученное с их помощью решение поставленной задачи. Индивиды с лучшим фенотипом получают

возможность «воспроизводить» потомство путем скрещивания с другими особями популяции и поэтому имеют больше шансов передать по наследству свой генотип, закрепляя тем самым необходимые свойства. Индивиды, у которых значение пригодности ниже, с меньшей вероятностью смогут воспроизводить потомков, в силу чего те свойства, которыми они обладали, будут постепенно исчезать из популяции в процессе эволюции. Таким образом, «хорошие» характеристики индивидов распространяются из поколения в поколение по всей популяции. В конечном итоге, развитие популяции будет сводиться к оптимальному поиску решения того или иного круга задач оптимизации. Применение генетических алгоритмов для настройки и улучшения функционирования интеллектуальных систем потребует существенной модернизации этих алгоритмов, например, придется доопределить понятия мутации и скрещивания для матричных и графовых структур.

Использование нескольких популяций, которые конкурируют или сотрудничают друг с другом, позволяет не только решать многокритериальные многошкальные многоуровневые задачи оптимизации с неявно заданными функциями, не решаемые никакими другими методами, но и эффективно настраивать и перестраивать параметры алгоритмов в процессе оптимизации [1].

Можно указать три уровня самоадаптации поиска: уровень индивида, уровень субпопуляции и уровень популяции.

Адаптация на уровне популяции является структурной адаптацией алгоритма и означает, что могут существовать несколько различных стратегий поиска, то есть фактически несколько популяций, каждая из которых применяет свою стратегию выживания, конкурируя за общий ресурс, причем лучшая популяция получает больше этого ресурса.

Внутри каждой популяции могут существовать субпопуляции, придерживающиеся одной и той же стратегии, но выбирающие по-разному параметры генетических операторов. Эти популяции могут сотрудничать (моделирования половой рекомбинации) или конкурировать (видовая конкуренция). Например, одна популяция выбирает высокую степень мутации и двухточечное скрещивание, а другая – низкую степень мутации и одноточечное скрещивание. Также можно изменять используемый популяциями тип селекции.

Адаптация на уровне индивида предусматривает изменение в процессе поиска таких его параметров, как уровень мутации, вероятность скрещивания, выбор точки скрещивания и т.п. (то есть способов порождения соседних точек, характерных именно для этого индивида).

Для отбора индивидов в процессе селекции используется функция пригодности. Генетические операторы также могут иметь свою функцию пригодности (например, процент улучшенных индивидов, полученных с помощью данного оператора) – эта функция будет определять вероятность применения этого оператора. С помощью функции пригодности для популяции и субпопуляции можно определять лучшую популяцию и предоставить ей больше возможностей для воспроизводства. Пусть  $T$  - интервал адаптации,  $b_i(t)=1$ , если  $i$ -я популяция в момент  $t$  содержит лучшего индивида,  $k=0$  означает текущую ситуацию,  $k=1$  – предыдущую и т.д. Тогда качество популяции можно вычислить следующим образом [2]:

$$q_i = \sum_{k=0}^{T-1} \frac{T-k}{k+1} \cdot b_i(t).$$

Изменение размеров группы можно выполнять, например, сокращением каждой проигравшей популяции (не достигшей минимального гарантированного размера) на 10-12% и увеличением победившей популяции на число, равное сумме потерь проигравших. Общее число индивидов остается неизменным, а адаптация осуществляется

достаточно быстро. Необходимо также предусмотреть миграцию лучшего индивида в другие популяции через определенное число поколений.

Описанный подход позволяет автоматически выбирать лучшую стратегию из имеющихся и включать ее в работу в нужный момент.

Выполнение расчетов по адаптивным поисковым алгоритмам занимает большое количество времени (генерируется несколько популяций, субпопуляций, оценивается пригодность индивидов популяций и пр.). Чтобы сократить время, затрачиваемое на решение задачи, целесообразно применить параллельные генетические алгоритмы и осуществлять вычисления с использованием многопроцессорной вычислительной системы. Так как генетические алгоритмы хорошо распараллеливаются, то такой подход позволит значительно повысить быстродействие.

Увеличение быстродействия может быть легко достигнуто за счет одновременного оценивания индивидов популяции одновременно на многих процессорах, что приводит к ускорению процесса в число раз, равное числу процессоров. Увеличение эффективности нахождения решения достигается за счет специальной организации функционирования генетических алгоритмов – моделирование независимых "городов", миграционной политики, специальных операторов селекции и т.п.

### **Заключение**

В данной работе рассматривается задача автоматизации проектирования интеллектуальной корпоративной информационной системы в экономике.

В качестве эффективного подхода к решению данной задачи предлагается использование параллельных генетических алгоритмов, реализованных на базе многопроцессорной вычислительной системы.

Разработка и внедрение параллельных генетических алгоритмов в процесс проектирования корпоративных информационных систем позволит выйти на качественно новый уровень реализации интеллектуальных информационных технологий, когда вместо "привязки" уже разработанных систем будет применяться самонастраивающаяся система, адаптирующаяся к конкретной организационной и информационной структуре корпорации.

### **Литература**

1. Семенкин Е.С. Метод обобщенного адаптивного поиска для оптимизации управления космическими аппаратами. – Дисс. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук. – Красноярск: САА, 1997. – 400 с.
2. Семенкин Е.С., Лебедев В.А. Оптимизация сложных систем и интеллектуальные информационные технологии. – Вестник НИИ СУВПТ: Сб. научн. трудов. – Красноярск: НИИ СУВПТ. – 1999. – Вып.1. – С.249-265.

## **ОПТИМИЗАЦИИ АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ АБСТРАКЦИИ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПО ПРИЗНАКУ ДИСКРЕТНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА**

*М.Г. Доррер, В.А. Юрасов*

*Сибирский Государственный Технологический Университет, Красноярск*

Повышение эффективности управления требует применения ряда методов формализации объекта управления (предприятие с точки зрения управляемости рассматривается как производственно-экономическая система, т.е. предприятие рассматривается как объект управления). В настоящее время наибольшее распространение получили нотации IDEF и ARIS.

Описание нотаций моделирования бизнес-процессов, будь то ARIS или IDEF, не содержит исчерпывающих правил соотнесения между терминами предметной области и формализмами моделей для данной предметной области, и тем более – для конкретной организации. Такие правила подразделяются на правила формализации – описания бизнес-системы в виде формализмов модели, и на правила интерпретации – расшифровка формальной модели обратно в словесное описание в терминах предметной области

Детальное описание правил формализации и интерпретации для каждой организации должно вводиться в виде «Соглашений о моделировании». Разработка этих «Соглашений» само по себе является сложной, дорогой и требующей значительного времени (1-3 месяца) и квалифицированных специалистов задачей. Если проект моделирования бизнес-процессов предприятия начинается без детальной проработки таких соглашений, то вероятность создания моделей бизнес-процессов, не отвечающих на поставленные вопросы, составляет 80-90% (оценка В.Репина, [www.finexpert.ru](http://www.finexpert.ru), Tengrisoft), зачастую в проектах моделирования бизнес-процессов ставятся также задачи имитационного моделирования объекта исследования с использованием специализированных программных средств – ARIS Simulation, BPArena или математического аппарата моделирования дискретных систем (сети Петри, цепи Маркова, теория массового обслуживания).

Следует отметить, что модели по сути конечны и дискретны, тогда как описываемый ими объект моделирования бесконечен и непрерывен (как следствие бесконечности). Для целей моделирования и управления из объекта выделяется лишь то конечное число свойств, которое действительно имеет значение для целей управления и исследования, а понятие непрерывности получается в результате рассмотрения дискретной совокупности последовательных состояний.

Для целей моделирования систем вообще, и структурного анализа в частности, используются три группы средств, иллюстрирующих:

- функции, которые система должна выполнять;
- отношения между данными;
- зависящее от времени поведение системы (аспекты реального времени).

Важно выделить следующее правило при декомпозиции процесса верхнего уровня в модель низкого уровня – на каждом уровне абстракции выбирается одно основание деления (которое не меняется до конца формирования модели). Следствием этого правила отсутствие отношений подчиненности между результатами одного уровня.

Суть предлагаемого подхода к разграничению областей применения нотаций моделирования бизнес-процессов состоит в следующем.

На верхних уровнях абстракции (начиная с бизнес-процессов предприятия) применяется нотация, ориентированная на описание процессов (Value Added Chain или IDEF0). Декомпозиция ведется с соблюдением правила ограничения числа сущностей на одной диаграмме. Данный класс нотаций применяется до тех пор, пока результаты выполнения процессов имеют характер потока (класса) объектов.

Как только становится возможным выделить в качестве результата выполнения функций (операций) не поток (класс) объектов, а дискретный результат, для описания применяется нотация, предназначенная для событийного моделирования (eEPC или IDEF3).

Такое разграничение дает следующие преимущества:

- для задач регламентации бизнес-процессов - исключение информационной избыточности на верхних уровнях описания;
- для задач организационного управления - возможность устанавливать ответственность исполнителей за достижение определенного (дискретного) результата;
- для задач математического моделирования предприятия – возможность получения для нижнего уровня абстракции единой событийной сети, пригодной для имитационного моделирования.

В соответствии с описываемым подходом построение модели строится в следующей последовательности:

1. Расчленение множества требований и организация их в основные функциональные группы.
2. Идентификация основных видов информации, циркулирующих между системой и внешней средой, с разделением информации на смысловые категории IDEF0.
3. Разработка предварительной контекстной диаграммы. Функциональные группы представляются процессами, основные виды информации – стрелками между процессами и внешней средой.
4. Верификация предварительной контекстной диаграммы, внесение в нее изменений по результатам ответов на возникающие вопросы.
5. Построение контекстной диаграммы путем слияния всех процессов предварительной диаграммы в один процесс, а также группировки потоков.
6. Формирование диаграммы IDEF0 первого уровня на базе процессов предварительной контекстной диаграммы.
7. Проверка основных требований по IDEF0 первого уровня.
8. Декомпозиция каждого процесса текущей IDEF0. В этом пункте проводится оценка, являются ли результаты следующего уровня дискретными, в зависимости от этого принимается решение – использовать для декомпозиции процессную модель (IDEF0), или событийную (IDEF3)
9. Проверка основных требований по IDEF0 соответствующего уровня.
10. Добавление определений новых потоков в словарь данных при каждом их появлении на диаграммах.
11. Параллельное с процессом декомпозиции изучение требований (в том числе и вновь поступающих), разбиение их на элементарные и идентификация процессов или спецификаций процессов, соответствующих этим требованиям.
12. После построения каждых 2-3 уровней – ревизия модели с целью проверки ее корректности и улучшения понятности.
13. Построение событийной модели в тех случаях, когда нет необходимости или возможности раскрывать их при помощи процессной.

В соответствии с описываемым подходом построение модели деятельности в методологии ARIS строится в следующей последовательности:

1. Расчленение множества требований и организация их в основные функциональные группы.
2. Идентификация основных видов информации, циркулирующих между системой и внешней средой.
3. Выделение наиболее крупных центров организационной ответственности.
4. Построение предварительной диаграммы VACD 1-го уровня. Функциональные группы представляются процессами (Value Added), основные виды информации – носителями структурированной информации (Cluster, Technical Term).
5. Верификация предварительной контекстной диаграммы, внесение в нее изменений по результатам ответов на возникающие вопросы.
6. Формирование VACD первого уровня на базе процессов предварительной диаграммы.
7. Проверка основных требований по VACD первого уровня.
8. Декомпозиция каждого процесса текущей VACD. В этом пункте проводится оценка, являются ли результаты следующего уровня дискретными, в зависимости от этого принимается решение – использовать для декомпозиции процессную модель (VACD) или событийную (eEPC)
9. Проверка основных требований по VACD соответствующего уровня.
10. Добавление в модель определений вновь выявленных единиц структурированной информации (Cluster, Technical Term и т.п.), создание модели структуры информации (eERM, Class Diagram и т.п.) для каждой из них.

11. Параллельное с процессом декомпозиции изучение требований (в том числе и вновь поступающих), разбиение их на элементарные и идентификация процессных или событийных моделей, соответствующих этим требованиям.

12. После построения каждых 2-3 уровней – ревизия модели с целью проверки ее корректности и улучшения понимаемости.

Построение событийной модели в тех случаях, когда нет необходимости или возможности раскрывать их при помощи процессной

Вводимый метод предлагается в качестве составной части правил формализации при разработке «Соглашений о моделировании» в проектах исследования и оптимизации бизнес-процессов, ведущихся с использованием нотаций моделирования ARIS и IDEF.

При регламентации управления предприятием (в том числе для задач автоматизации) наличие нижнего уровня модели, содержащего дискретные результаты и единое поле событий, позволяет достичь следующих результатов:

- Выделение точек учёта (в местах возникновения хозяйственных и информационных результатов);

- Оптимизация конфигурации точек учёта (по принципу 20-80 путём выделения точек учёта с максимальными натуральными и финансовыми потоками);

- Возможность решения задач имитационного моделирования и оптимизации систем с использованием аппарата сетей Петри, цепей Маркова и теории массового обслуживания (благодаря наличию единой событийной модели системы).

Разработанная модель процессов с построенным деревом результатов нижнего уровня дает основания для разработки автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Очевидно, что базисной частотой управления является система учета результатов деятельности, в которой фиксируется достижение определенного результата и формируется отчеты о ходе и состоянии процесса.

Для крупных предприятий учет всех возникающих результатов является задачей чрезмерно сложной и дорогостоящей. С другой стороны, можно созданием регламентов деятельности запрограммировать деятельность сотрудника, а данные АСУП, которые по экономическим показателям невыгодно получать из системы учёта, интерполировать на основе имеющихся. Для верификации результатов можно применить сверку контрольных показателей. К контрольным показателям могут относиться наиболее значимые с точки зрения хода и результата процесса выходы элементарных функций, факт появления которых вносятся в систему.

Таким образом, регламентируя деятельность сотрудников и используя интерполяцию значений выходных показателей процессов в учетной системе, можно снизить затраты на создание, обслуживание системы учета, заплатив, однако, за это риском расхождения имеющейся информации о ходе процесса и фактического состояния хода процесса.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

*М.Г. Доррер, С.В. Старцев*

*Сибирский Государственный Технологический Университет, Красноярск*

В настоящее время уже ни у кого не возникает вопрос «Нужно ли моделировать бизнес-процессы?». Необходимость построения формальной модели бизнес-процессов уже не раз обоснована теоретически и подтверждена практическими результатами.

Моделирование – процесс исследования реальной системы, включающий в себя построение модели, изучение ее свойств и перенос полученных результатов на реальную систему. Общими функциями моделирования являются описание, объяснение и



прогнозирование поведения реальной системы. Типовыми целями моделирования могут быть:

- поиск оптимальных или близких к оптимальным решений;
- оценка эффективности решений;
- определение свойств системы (чувствительности к изменению значений характеристик и др.);
- установление взаимосвязей между характеристиками системы, перенос информации во времени.

Для целей управления используются различные модели. Модель должна в сжатые временные сроки обеспечить прогноз результатов деятельности системы в условиях изменяющейся внешней экономической среды. Существуют следующие разновидности моделей:

- статистические, позволяющие прогнозировать гладкие изменения в системе и окружающей экономической среде;
- имитационные, дающие возможность проводить в ускоренном масштабе времени эксперименты, натуральное воспроизводство которых нежелательно или невозможно (банкротство, аварии); при этом статистические данные о нежелательных катаклизмах отсутствуют; статистику таких явлений можно «наработать» только в процессе прогонов модели.

При имитационном моделировании воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени – поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования систем.

Итак, полученная модель документирует бизнес-процесс, предоставляя всем заинтересованным участникам полное описание функционирования объекта; позволяет выявить и устранить узкие места; имитировать различные ситуации и оказывает поддержку в принятии решений.

Наибольшее распространение при решении задач моделирования бизнес-процессов получили методологии из ряда IDEF (в частности IDEF0, SADT) и ARIS.

Перечисленные методологии позволяют описать статические аспекты моделируемой системы – функции, выполняемые системой и отношение между данными. Но модель не будет обладать полнотой без описания динамических свойств.

Динамическое моделирование бизнес-процесса может базироваться на одном из методов описания дискретных динамических систем. Дискретная система – это система, в которой на вход хотя бы одной подсистемы подается дискретный сигнал. Исходя из такого определения любой экономический объект (предприятие, корпорация) является дискретной системой. Дискретный сигнал в отличие от непрерывного связан с дискретными событиями, возникающими в определенные моменты времени; при возникновении этих событий он имеет конкретное значение, в другие моменты времени сигнал считается отсутствующим. Примеры дискретных событий – факт продажи партии продуктов, подписание контракта, перечисление денежной суммы на расчетный счет, завершение фиксированного контрольного периода времени (например, финансового дня). Контрольный период времени для объекта экономики – это период дискретности, по завершению которого можно определить точные значения входных воздей-

вий и результатов деятельности объекта. Внутри интервала дискретности такие значения не определяются. Дискретный сигнал может представлять собой информационный, материальный, денежный поток.

В теории дискретных систем особую роль сыграло понятие конечного автомата. Концепция конечного автомата положена в основу диаграмм переходов состояний (STD – например, IDEF3 или ARIS eEPC), применяющихся в структурном анализе, совместно с функциональными моделями. Однако системы с параллельно функционирующими и асинхронно взаимодействующими компонентами (а именно таковыми и являются экономические объекты) не описываются адекватно в терминах теории классической теории автоматов. Такие понятия, как состояние автомата (общее, глобальное состояние для всей системы) и глобальная функция перехода, не удобны для наглядной характеристики динамики поведения систем с локальными связями между независимыми параллельными процессами.

Среди многих методов описания и анализа дискретных динамических систем выделился подход, основанный на сетях Петри. Сеть Петри представляет собой ориентированный граф с вершинами двух типов (позициями и переходами), в котором дугами могут соединяться только вершины различных типов. В позициях помещаются специальные маркеры, перемещение которых и отображает динамику моделируемой системы. Сети Петри имеют много расширений – сети Петри с приоритетами, цветные сети Петри, иерархические и др. На практике на моделирование бизнес-процессов применяются раскрашенные сети Петри. Их отличие состоит в том, что маркеры могут различаться цветами, а правила срабатывания переходов учитывают наличия определенного цвета в соответствующих позициях.

Моделирование с использованием Сетей Петри позволяет проанализировать:

- механизмы взаимодействия процессов (последовательность, параллелизм, альтернатива);
- временные отношения между процессами (одновременность, наложение, одионаковое время запуска/завершения);
- абсолютные времена;
- исключительные ситуации.

Рассмотренные возможности анализа экономических систем позволяют оценивать такие свойства бизнес-процессов, как управляемость, устойчивость, достижимость. Анализ этих свойств позволяет более объективно подойти к определению параметров различных бизнес-процессов.

С помощью сетей Петри можно также проверять корректность моделей, полученных в результате структурного анализа.

В качестве демонстрации такого подхода рассмотрим фрагмент бизнес-процесса управления заказами. На рис. 1 приведена модель контроля заказов.

Поток «Поступившие заказы» поступает на вход «Контроль заказов», поток «Ресурсы на складе» поступает на вход операций «Комплектация заказов», «Ожидание недокомплекта». «Контроль заказов» определяет, обеспечен ли заказ товарами, имеющимися на складе (в момент поступления заказа). Если да, то на склад передается заявка на бронирование этих товаров, а сами заказы направляются в «Доставку заказов клиентам» для комплектации. Если нет, то заявка на товар отправляется его производителю, а заказы передаются в «Комплектацию заказов». Операция «Контроль заказов» кроме того, формирует счета клиентам, которые передаются на операцию «Ожидание оплаты». Оплаченные счета возвращаются на «Контроль заказов». «Ожидание недокомплекта» непрерывно проверяет, достаточен ли ресурс «Ресурсы на складе» для ожидающих заказов. Если некоторые из них становятся обеспеченными (подготовленными

ми), то они передаются «Комплектации заказов», также как и заказы из потока «Обеспеченные заказы». Операция «Комплектация заказов» изымает из «Ресурсов на складе» необходимые товары и направляет укомплектованные заказы на операцию «Доставка заказов клиентам». «Доставка заказов клиентам» формирует выходной поток реализованных заказов.

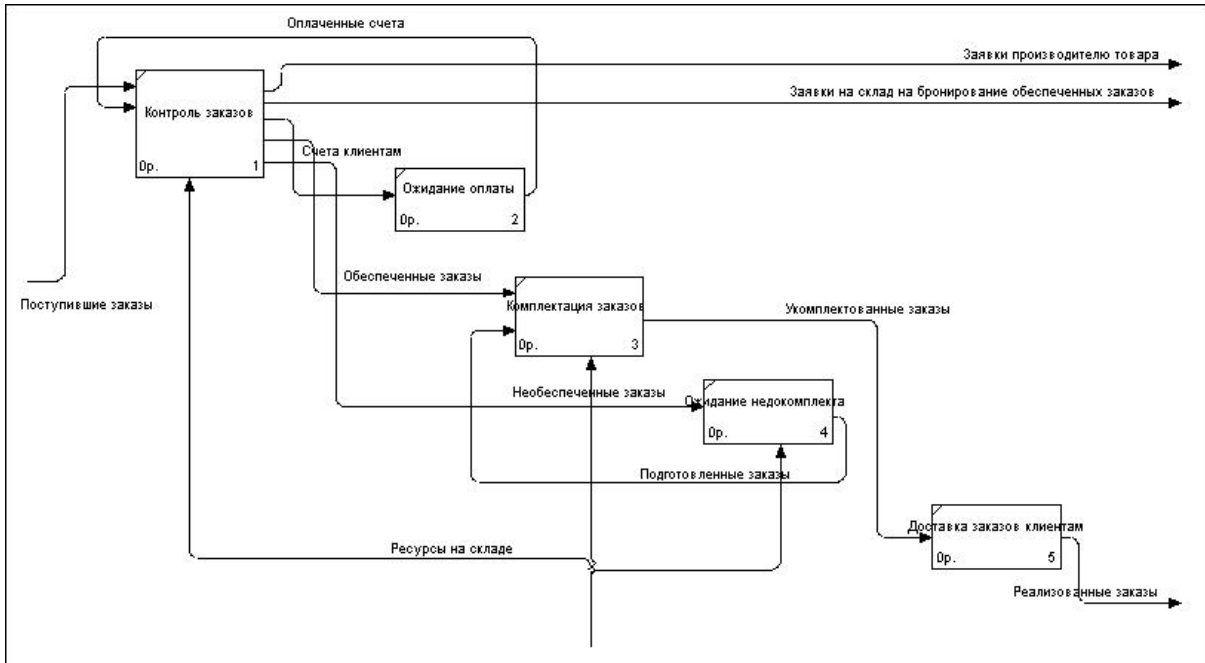


Рис. 1

Аппарат сетей Петри будет применяться для выявления ошибок в этой модели. С этой целью приведенную модель бизнес-процесса необходимо преобразовать в сеть Петри и проверить ее свойства.

Преобразование модели в IDEF0 в сеть Петри будет производиться следующим образом:

- каждому входному/выходному потоку и ресурсу соответствует входная/выходная позиция;
- каждому процессу сопоставляется переход, который соединяется с входными/выходными позициями;
- одинаковые позиции отождествляются.

В результате таких преобразований получим сеть Петри, показанную на рис. 2, где

- P1 – число заказов на входе,
- P2 – число оплаченных счетов,
- P3 – число доставленных заказов,
- P4 – число предъявленных счетов,
- P5 – число заявок производителю,
- P6 – число заявок на бронирование,
- P7 – число обеспеченных заявок,
- P8 – число необеспеченных заявок,
- P9 – число подготовленных заказов,

P10 – число укомплектованных заказов,  
 R1 – запас товара на складе.

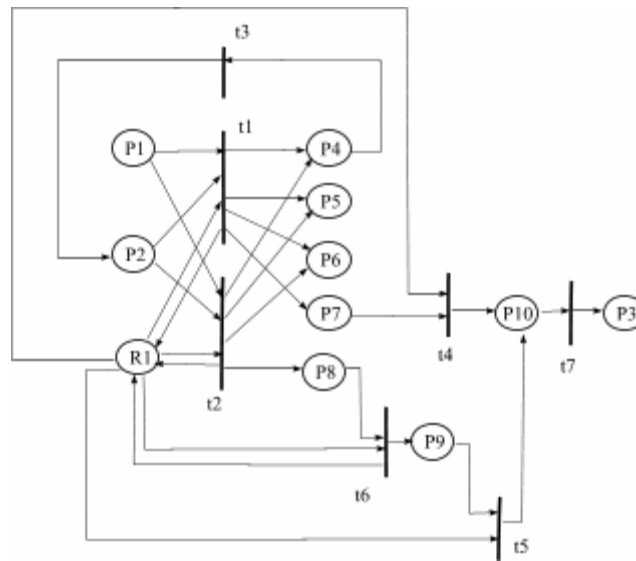


Рис. 2

Полученная сеть Петри позволяет моделировать движение (и проверять корректность) ресурсных потоков. Моделирование сети может производиться имитационными и аналитическими методами. Имитационное моделирование заключается в определении последовательности состояний сети Петри, соответствующей той или иной последовательности срабатывания переходов. При аналитическом моделировании определяются свойства сети. Анализ производится на основе дерева достижимости ее состояний.

Полученная сеть Петри должна быть ограниченной (т.е. количество фишек в позициях должно быть конечным); при работе сети не должны выявляться тупиковые состояния, не соответствующие неконечным состояниям.

Невыполнение условия ограниченности говорит нам о том, что один (или несколько) ресурсов неограниченно растут, чего в реальной жизни быть не может. Тупиковые состояния свидетельствуют о преждевременном завершении бизнес-процесса, например, в результате нехватки ресурсов. Анализ полученного дерева разметок позволит выявить логические ошибки в модели.

Для приведенной сети Петри было построено дерево достижимости. Начальными условиями были следующие: P1=2, P2=1, R1=50, остальные позиции не содержат фишек. Такие начальные условия описывают ситуацию, когда поступило два заказа, причем один из них оплачен; запас на складе соответствует 50 единицам. В результате построения дерева разметок были получены два тупиковых состояния: S1 и S2. В состоянии S1 сеть переводится последовательностью переходов  $w=t1\ t3\ t1\ t4\ t7\ t3\ t4\ t7$ , в состоянии S2 –  $w=t2\ t3\ t2\ t6\ t5\ t6\ t5\ t7\ t7\ t3$ . Состоянию S1 соответствует разметка (0, 1, 2, 0, 2, 2, 0, 0, 0, 0, 30), состоянию S2 – (0, 1, 2, 0, 2, 2, 0, 0, 0, 0, 30).

Анализируя состояние разметок этих двух конечных состояния можно сделать вывод, что первоначальная модель процесса некорректна.

Оба состояния являются конечными (P1=0, P3=2), т.е. заказы доставлены клиентам. В то же время при обслуживании двух заказов помимо двух заявок на бронирование указаны две заявки производителю (P5=2, P6=2). Такой ситуации в реальности быть не может.

Следовательно, на этапе моделирования были допущены ошибки, и модель, представленная на рис. 1, неверна и требует доработки.

Рассмотренный способ верификации моделей может быть с успехом применен в задачах реорганизации бизнес-процессов, особенно на этапе создания модели «как должно быть». Моделирование сложных иерархических процессов может быть организовано как глобальная либо локальная процедура. В первом случае вначале создается полная иерархическая модель системы, и лишь затем осуществляются имитационные эксперименты над ней. Во втором случае ведется последовательное «последовательное» моделирование путем построения и анализа цепочки локальных моделей. Локальная модель каждого уровня является достаточной в смысле возможности ее имитационного «прогона» и в тоже время прозрачной для пользователя и удобной для принятия решений на ее основе. Локальное моделирование является эффективным средством борьбы со сложностью, т.к. работать с несколькими моделями проще, чем с одной сложной.

## СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

*Г.А. Доррер, М.Г. Доррер*

*Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск*

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы, связанные с использованием структурных методов при моделировании систем на основе формализмов раскрашенных сетей Петри в нотации К. Йенсена [1]. Вводятся основные понятия событийных моделей и их отображение в сетях Петри. Приводятся рекомендации по использованию диаграммной техники при декомпозиции систем на основе указанной методологии.

Сущность структурных методов при моделировании существующих или создаваемых систем заключается в разбиении этих систем на функциональные подсистемы, которые, в свою очередь, могут быть разбиты на более мелкие подсистемы и так далее – до получения элементарных процедур. При этом моделируемая система сохраняет целостное представление, в котором все компоненты системы взаимосвязаны. Базовыми принципами при структурном подходе являются следующие.

- Принцип декомпозиции, состоящий в разбиении сложных систем на более простые подсистемы, которые легче поддаются анализу и моделированию.
- Принцип иерархического упорядочения, заключающийся в организации подсистем в иерархические древовидные структуры, в которых на каждом новом уровне детализируется структура предыдущего уровня.

В настоящее время структурный подход к моделированию и проектированию систем стал общепринятым, и все известные системы моделирования бизнес-процессов основаны на указанных выше принципах.

Современная эпистемология (наука, изучающая способы описания знаний о системах) полагает, что для описания системы достаточно охватить три аспекта:

- функциональность системы;
- динамика системы;
- отношения сущностей системы.

Теория сетей Петри, первоначально ориентированная на моделирование параллельно работающих вычислительных и телекоммуникационных устройств, в последние годы используется в качестве методологической основы создания динамических моделей бизнес-процессов. Однако известная литература, посвященная этой методологии,

не содержит практических рекомендаций по построению сетей Петри для сложных систем, в частности, по использованию для этой цели структурного подхода.

Цель настоящей статьи – показать, как структурный подход может быть реализован при создании динамических моделей систем в терминах условие-событие-процесс на основе формализмов раскрашенных сетей Петри. Вероятностная интерпретация и исследование таких моделей могут осуществляться на базе теории цепей Маркова.

### **1. Основные понятия событийных моделей и их отображение в сетях Петри**

**Объект** – реальная или виртуальная сущность, используемая в моделируемой системе. Каждый объект имеет имя и набор атрибутов.

**Атрибут** – характеристика объекта. Каждый атрибут имеет имя и характеризуется набором возможных значений атрибутов. Совокупность конкретных значений всех атрибутов называется состоянием объекта.

**Событие** – одномоментное изменение состояния объекта, состоящее в изменении значений атрибутов. Каждое событие имеет имя и может иметь собственные атрибуты события.

**Процесс** – устойчивая целенаправленная совокупность событий (взаимосвязанных видов деятельности, последовательность работ), которая преобразует состояние объектов.

**Предусловие** – значения атрибутов объектов, необходимые для наступления события, формально предусловие – это логическое выражение, зависящее от значений атрибутов, истинность которого необходима для наступления события.

**Постусловие** – значения атрибутов после наступления события.

Рассмотрим теперь, как перечисленные понятия обозначаются в терминах раскрашенных сетей Петри.

- Процесс моделируется составным переходом (непримитивным событием).
- Объект моделируется позицией.
- Каждый атрибут моделируется цветовым множеством, а набор возможных значений атрибутов – набором цветов.
- Состояние объекта моделируется маркировкой позиции.
- Начальная маркировка соответствует состоянию системы при начале ее работы.
- События моделируются срабатыванием переходов, которые могут произойти при выполнении предусловий.
- Предусловия моделируются выражением на дугах, идущих от позиций к переходам.
- Постусловия моделируются маркировкой позиций после срабатывания переходов.

### **2. Диаграммы условий и событий**

Диаграммы моделей процессов строятся на базе так называемых элементарных сетей [2, 3]. Такая сеть состоит из входных и выходных позиций и единственного перехода, который в общем случае является составным. Пример элементарной сети показан на рис.1. В сети имеется составной переход  $t$ , входные позиции  $p_1$ ,  $p_2$ , выходная позиция  $p_3$  и позиция  $p_4$ , которая является как входной, так и выходной.

Элементарная сеть моделирует выполнение некоторого процесса (непримитивного события) при сложившихся предусловиях, в результате чего подсистема переходит в новое состояние, которое рассматривается как постусловия.

Формально работа элементарной сети состоит в одномоментном преобразовании состояния входных и выходных позиций при срабатывании перехода  $t$ , который на данном этапе детализации процесса может рассматриваться как простой переход.

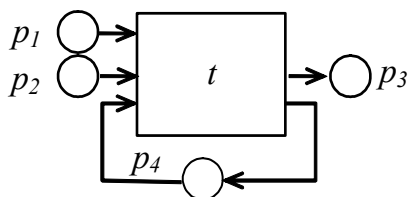


Рис. 1. Пример элементарной сети

Как и в других методологиях структурного анализа, построение модели начинается с создания контекстной диаграммы в виде элементарной сети нулевого уровня. На этом этапе определяются:

- все внешние объекты системы, их атрибуты и возможные значения этих атрибутов;
- единственное событие (процесс), отражающее основную функцию системы;
- список предусловий, необходимых для наступления события в терминах значений атрибутов внешних объектов;
- список постусловий, складывающихся в результате наступления события – в терминах значений атрибутов внешних объектов.

Дальнейшее построение модели заключается в ее последовательной детализации, т.е. в раскрытии структуры составных переходов, которые также должны быть представлены в виде комбинации элементарных сетей. Введенные на предыдущем уровне детализации позиции становятся внешними на следующем уровне. Таким образом получают диаграммы первого, второго и последующих уровней. На каждом уровне определяются вновь появившиеся объекты, их атрибуты, непримитивные события, пред- и постусловия.

Этот процесс завершается в том случае, когда разработчик все события на очередной диаграмме рассматривает как простые. При этом в модели не остается составных переходов.

По мере детализации диаграмм определяется и уточняется содержание ее элементов – объектов, атрибутов, условий, событий. Для сохранения единообразия при построении и использовании моделей рекомендуется придерживаться следующих правил.

- условие определяется глаголом в совершенной форме в сочетании с поясняющими словами. В тех случаях, когда смысл условия очевиден, глагол может подразумеваться и поэтому опускается. Примеры условий: пароль проверен, сумма (оказалась) меньше запрошенной, список паролей (имеется).

- событие и процесс определяются глаголом в несовершенной форме в сочетании с поясняющими словами. Например: пароль проверяется, клиент обслуживается.

При построении диаграмм следует придерживаться рекомендаций, которые являются общими для всех методологий структурного моделирования. Укажем некоторые из них:

- на каждой диаграмме должно быть от 3 до 6 элементарных сетей;
- рекомендуется выбирать ясные, отражающие суть дела имена объектов, атрибутов, условий и событий;

– не следует загромождать диаграммы несущественными на данном уровне деталями.

Полный список рекомендаций приводится в литературе по CASE–технологиям [4].

Параллельно с построением иерархии диаграмм формируется описание раскрашенной сети Петри (CPN) в соответствии с формализмом, изложенным в [1] :

- определяются цветовые множества и переменные типа color, поясняется их смысл в модели;
- составляется список позиций и переходов, поясняется их смысл;
- составляется список дуг  $A$  и выражений на дугах  $E(a)$ ; если есть необходимость, выписываются узловые функции  $N(a)$ ;
- определяются цветовая функция  $C(p)$  и блокировочная функция  $G(t)$ ;
- если в моделируемой системе предусмотрен временной механизм, то для переходов и дуг указываются временные задержки или условия срабатывания переходов в зависимости от времени;
- определяется начальная маркировка полученной сети.

Описанная сеть может быть реализована с помощью соответствующего программного средства.

### 3. Пример построения модели

В качестве примера создания модели по описанной выше методике рассмотрим фрагмент проекта системы, в которой банкомат обслуживает клиента по его кредитной карте. Этот пример подробно изложен в литературе по CASE–средствам с использованием диаграмм потоков данных DFD [4], и поэтому интересно сравнить полученные модели.

**Описание работы системы.** Клиент, подойдя к банкомату, вставляет в считывающее устройство кредитную карточку, после чего набирает пароль. При неверно набранном пароле клиенту дается еще две попытки, если они также неудачные, то обслуживание завершается. Если пароль введен верно, то клиент набирает нужную ему сумму денег. Эта сумма сравнивается с суммой, имеющейся на лицевом счету клиента. Если запрос не превышает наличной суммы, то клиенту выдается требуемая сумма и квитанция, а сумма на лицевом счету уменьшается на величину выданной. Если запрос превышает наличную сумму, то клиент может запросить другую сумму, либо прекратить работу. В обоих случаях обслуживание завершается.

На рисунках 2, 3 и 4 приведены диаграммы, частично реализующие модель описанной системы в нотации К. Йенсена, и приведены краткие пояснения. Из-за недостатка места не приводится ряд элементов формального описания сети: цветовые функции, функции на переходах, выражения на дугах, функция инициализации.

В системе используются следующие цветовые множества:

color CLIENT = int – номер клиента;

color PAROL = int – пароль клиента;

color SUMMA = int – сумма денег на счету клиента;

color ATTEMPT = int – число попыток ввода пароля;

color STATUS = int – состояние банкомата (свободен, занят);

color CLIENT x PAROL = product CLIENT\*PAROL;

color CLIENT x SUMMA = product CLIENT\*SUMMA,



и соответствующие переменные:  
var k: CLIENT; var p: PAROL; var s: SUMMA;  
var e: STATUS; var t: ATTEMP

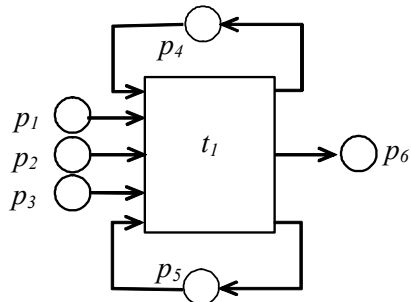


Рис. 2. Контекстная диаграмма

На контекстной диаграмме использованы следующие условия соответствующие переменные:

$p_1$  – число попыток ввода пароля (t),  $p_2$  – список паролей клиентов (k,p),  $p_3$  – клиент пришел (k),  $p_4$  суммы на счетах клиентов (k,s),  $p_5$  – банкомат свободен/занят (e),  $p_6$  – клиент ушел (k);

процесс  $t_1$  – клиент номер k обслуживается.

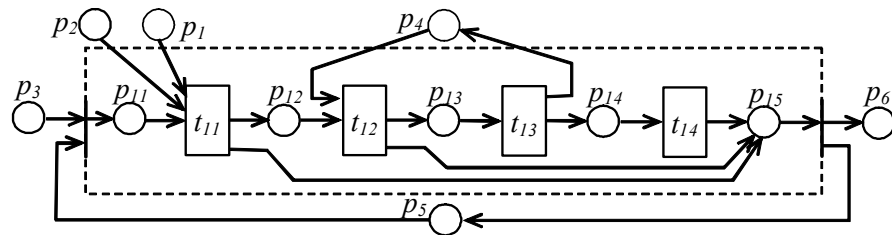


Рис. 3. Детализация первого уровня процесса  $t_1$  – клиент номер k обслуживается

На рис.3 введены новые условия:

$p_{11}$  – ввод пароля разрешен (k),  $p_{12}$  – запрос суммы денег разрешен (k,p),  $p_{13}$  – выдача денег разрешена (k,s),  $p_{14}$  деньги и квитанция готовы (k,s),  $p_{15}$  – обслуживание клиента завершено (k);

Введены новые процессы:

$t_{11}$  – пароль проверяется,  $t_{12}$  – запрос суммы денег проверяется,  $t_{13}$  – счет клиента корректируется,  $t_{14}$  – деньги и квитанция выдаются.

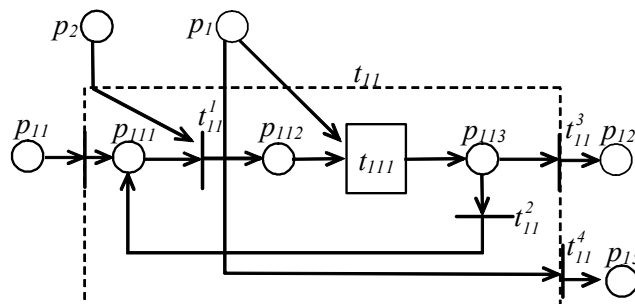


Рис. 4. Детализация второго уровня процесса  $t_{11}$  – пароль проверяется

На диаграмме второго уровня детализации ведены условия:

$p_{111}$  - пароль введен (к),  $p_{112}$  - пароль сравнен со списком паролей (к,р),  $p_{113}$  - проверка пароля завершена (к,р);

процесс:  $t_{111}$  - число попыток ввода пароля проверяется;

события:  $t^1_{11}$  - пароль сравнивается со списком,  $t^2_{11}$  - повторный ввод пароля,  $t^3_{11}$  - продолжение обслуживания,  $t^4_{11}$  - завершение обслуживания.

**Заключение.** Изложенный выше материал показывает, что построение моделей динамики систем на основе формализмов раскрашенных сетей Петри вполне укладывается в общепринятую методологию структурного подхода к построению моделей систем. Новым элементом, который оказался необходимым при реализации структурного подхода при построении сетей Петри, оказалась интерпретация составного перехода (непримитивного события) как процесса, и, таким образом, описание системы производится не в терминах "условие-событие", как обычно принято при построении сетей Петри, а в терминах "условие-событие-процесс".

### Литература

1. Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Berlin, Spingler. Vol.1 – 1996, Vol.2 – 1997, Vol.3 – 1997.
2. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.
4. Калянов Г.Н. CASE – технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. – 3-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.

## АЛГОРИТМ СИНТЕЗА МОДЕЛИ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ

*А.Н. Сочнев*

*Красноярский государственный технический университет, Красноярск*

Управление производственными системами в автоматизированном режиме требует решения задачи формирования эталонной имитационной модели для предварительного планирования производства и управления в реальном времени. Актуальной является задача синтеза модели с требуемыми свойствами, а также упрощение этого процесса.

В соответствии с принципами классической теории автоматического управления система управления должна включать в себя, собственно, объект управления (ОУ) и управляющее устройство (УУ) с элементами обратной связи. Сетевая модель объекта управления позволяет получить представление о процессах, происходящих в реальном объекте (управления). Механизм изменения состояния модели определяется стандартным для сетей Петри образом.

В большинстве работ, посвященных моделированию систем сетями Петри, моделируется обычно система без решения задач синтеза УУ. Очевидно, что состояние имитационной модели должно изменяться таким образом, чтобы достичь определенного заданного состояния. Для придания имитации желаемых свойств предлагается наряду с моделированием ОУ синтезировать модель системы управления. Для обозначения подобной модели вводится понятие **сетевого контроллера (СК)**.

Управления моделью ОУ требует решения трех задач:

- обеспечение принадлежности вектора состояния модели допустимому множеству значений на каждом такте управления;
- обеспечение требуемой степени инвариантности модели к возмущениям;

- обеспечение оптимальности результатов имитационного моделирования по выбранному критерию.

Представим алгоритм решения первой из представленных задач.

Под управлением в сетевых моделях будем понимать влияние на динамику модели ОУ. Единственной принципиальной возможностью этого влияния является управление процессами срабатывания переходов данных участков сети и, если требуется, наблюдение результатов управления в выделенных позициях.

Формально понятия **управляемости** и **наблюдаемости** переходов определяются следующим образом. Переход  $t \in T$  является *управляемым*, если множество его входных позиций включает в себя одну или более позиций сетевого контроллера:  $\exists p_{СК_i} \in I(t_j), i=1, |P_{СК}|$ . Переход  $t \in T$  является *наблюдаемым*, если множество его выходных позиций включает в себя одну или более позиций сетевого контроллера:  $\exists p_{СК_i} \in O(t_j), i=1, |P_{СК}|$ . На рис. 1 управляемым является переход  $t_j$ , наблюдаемым –  $t_k$ .

Понятия управляемости и наблюдаемости перехода возникают только при введении понятия сетевого контроллера и составления полной модели с сетевым контроллером. Переходы сети без СК фактически управляемы входными позициями модели ОУ и наблюдаемы выходными.

Для упрощения процесса формализации сетевой модели и улучшения ее описательных характеристик предлагается сетевой контроллер синтезировать автоматически.

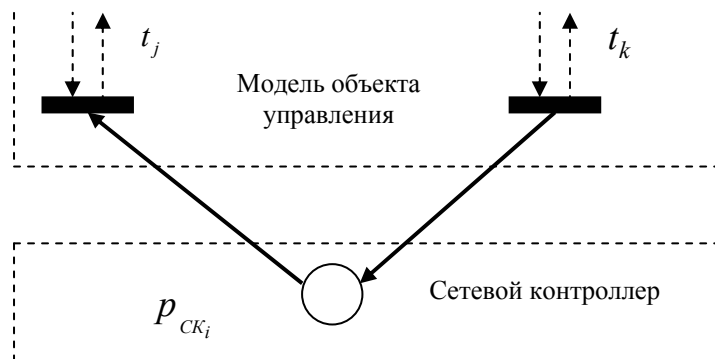


Рис.1. Управляемый и наблюдаемый переходы

Решение задачи обеспечения ограниченности сети предполагается путем организации модели системы управления (СУ) по принципу управления по отклонению, так как только такой подход способен обеспечить учет текущего состояния модели. При построении системы управления по отклонению организуются обратные связи (рис.2).

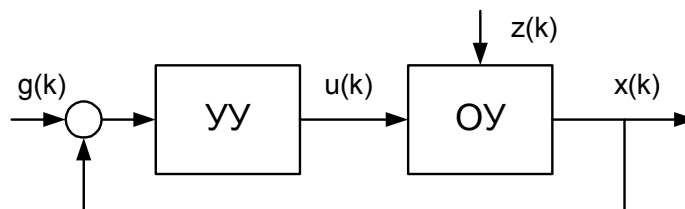


Рис.2. СУ с управлением по отклонению

Определим формальную цель управления моделью ОУ. На каждом такте управления маркировка модели ОУ должна принадлежать области допустимых значений. Область допустимых значений задается системой линейных неравенств:

$$l \cdot \mu_{OY} \leq k, \quad (1)$$

где  $l$  - матрица коэффициентов размера  $L \times P$ ,  $\mu_{OY}$  -  $P$ -мерный вектор маркировки сети ОУ,  $k$  -  $L$ - мерный вектор параметров множества ограничений,  $L$  - число ограничений,  $P$  - мощность множества  $P$ .

Множество является ограниченным сверху, поскольку такой вариант наиболее часто встречается на практике, однако в общем случае ограничения могут иметь вид неравенств типа "больше или равно". Следующие этапы синтеза управляющей сети приведены для системы ограничений типа "меньше или равно", так как остальные легко могут быть приведены к такому виду. Линейный характер множества соответствует линейному фундаментальному уравнению динамики сетей Петри.

Формируется матрица инцидентий сетевого контроллера, предназначенного для обеспечения свойств ограниченности сети. Преобразуем (1) в равенство:

$$l \cdot \mu_{OY} + \mu_{CK} = k. \quad (2)$$

Для обеспечения выполнения этого равенства  $\mu_{CK}$  интерпретируется как маркировка новых позиций, которые добавляются к имеющимся в модели ОУ. Из (2):

$$\mu_{CK} = k - l \cdot \mu_{OY}. \quad (3)$$

Согласно фундаментальному уравнению сети:

$$\mu_{OY} = \mu_{OY_0} + D \cdot u. \quad (4)$$

Подставив (4) в (3) получим:

$$\mu_{CK} = k - l \cdot (\mu_{OY_0} + D \cdot u) = (k - l \cdot \mu_{OY_0}) + (-l \cdot D) \cdot u \quad (5)$$

$$\mu_{CK} = \mu_{CK_0} + (-l \cdot D) \cdot u.$$

Из (5) следует, что матрица инцидентий СК:

$$D_{CK} = -l \cdot D_{OY}. \quad (6)$$

Таким образом, структура сети, в которой вектор состояния (маркировки) аналогичной исходной ординарной сети принадлежит области допустимых значений, определена.

Синтез матрицы инцидентий СК предлагается отдельно проводить для матриц входных и выходных инцидентий. При таком подходе в получаемой модели неизбежно возникают тупики из управляемых переходов (рис.3). Целью подобного разделения является обеспечение возможности вводить временные задержки в виде переходов в обратные связи, т.е. учитывать собственные динамические свойства сетевого контроллера.

$$D_{CK}^- = l \cdot D_{OY}^- \quad (7)$$

$$D_{CK}^+ = l \cdot D_{OY}^+ \quad (8)$$

$$D_{CK} = D_{CK}^+ - D_{CK}^- \quad (9)$$

Полученная сетевая модель формируется следующим образом:

$$D = \begin{bmatrix} D_{OY} \\ D_{CK} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Таким образом, не изменяя множество переходов, в множество позиций добавляются  $2 \cdot L$  позиций (по две для каждого ограничения).

Структура модели модифицируется для того, чтобы вместе с изменением состояния от управляющего воздействия  $u$  моделировать временные задержки обратных связей. Ранее сформированный сетевой контроллер представляет собой множество пози-

ций  $P_{СК}$  и потенциально он может влиять лишь на динамику имитационного процесса модели объекта управления, которая обеспечивается воздействием  $u$ .

Так как ранее был сформирован СК, в котором каждому ограничению в системе (1) соответствуют две позиции, то наиболее простой, действенный и эффективный путь – это соединение каждой пары из данного множества позиций переходом. При этом автоматически исключаются тупики в СК. Минимальное количество переходов в модели устройства управления определяется количеством ограничений системы, т.е. равно  $L$ .

В общем случае вместо одного перехода можно использовать любой участок сети, обладающий управляемостью и обеспечивающий живость модели СК. Однако одной из основных целей разработки алгоритма синтеза СК является максимальное упрощение его для пользователя, что предполагает автоматизированный расчет его структуры и маркировки.

Механизм трансформации структуры сетевого контроллера показан на рис. 3, 4 ( $i$  – номер ограничения в системе (1)). Структурно процедура преобразования сети представляется следующим образом.

Введение дополнительных переходов приводит к необходимости добавления строк и столбцов в результирующую матрицу инцидентий модели объекта управления и сетевого контроллера. Строки представляют позиции СК, столбцы – переходы. Так как позиции синтезированы ранее, то необходимо записать правило формирования части матрицы инцидентий, определяющей собственную динамику контроллера ( $D_t$ ) т.е. переходов СК. Для структурной модификации, представленной выше, она (матрица) определяется следующим образом:

$$D_t^- = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & k_L \end{bmatrix}; \quad D_t^+ = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & k_L \end{bmatrix};$$

Это диагональные симметричные матрицы размерности  $L \times L$ .

Окончательно, матрица инцидентий сетевой модели с контроллером:

$$D = \begin{bmatrix} D_{Oy} & 0 \\ -D_{СК}^- & -D_t^- \\ D_{СК}^+ & D_t^+ \end{bmatrix}$$

Таким образом, посредством синтезированных обратных связей обеспечивается ограниченность модели. При этом обратные связи обладают временными характеристиками, что актуально для класса временных сетей Петри.

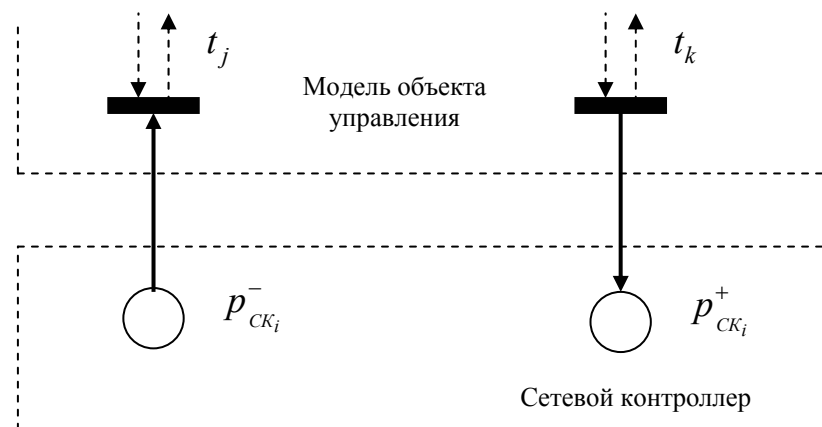


Рис. 3. Сетевой контроллер без собственных динамических свойств (переходов)

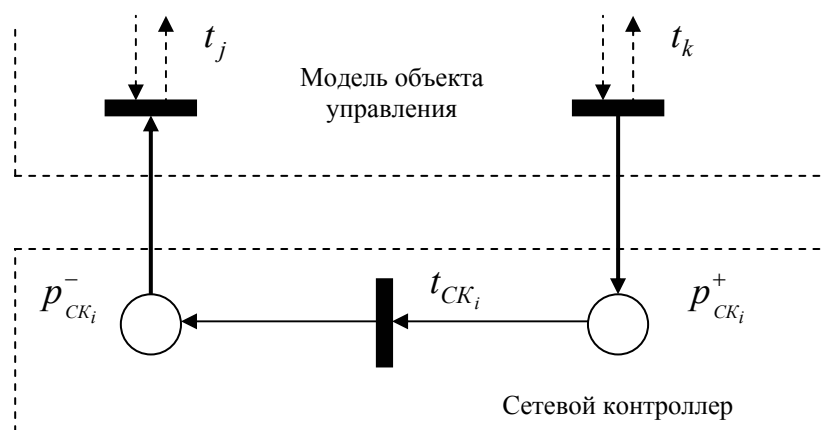


Рис.4. Сетевой контроллер с динамическими свойствами (переходами)

Очевидно, структура сетевого контроллера, синтезированного по приведенным выше формальным правилам, представляет собой обратные связи, охватывающие те участки сети, которые были определены в системе ограничений (1). При превышении максимального количества маркеров в определенном сегменте срабатывает участок СК. Этим обеспечивается позиционная инвариантность выбранных участков модели ОУ.

Процесс параметрического синтеза решает задачу формирования начальной маркировки СК и времен срабатывания переходов СК. Исходная маркировка СК определяется из выражения (3):

$$\mu_{СК_0} = k - l \cdot \mu_{ОУ_0}$$

или задается разработчиком вместе с начальной маркировкой ОУ. Переходы СК могут формировать временные задержки, или срабатывать мгновенно.

### Литература

1. К. Feldmann, A. W. Colombo, Monitoring of flexible production systems using high-level Petri net specifications, Elsevier Science Ltd, 1999.
2. J. O. Moody, P. J. Antsaklis, Supervisory control of Discrete Event Systems Using Petri Nets, Kluwer Academic Publishers, 1998.