

На правах рукописи

Замятина Оксана Михайловна

**Моделирование и комплексный анализ  
бизнес–процессов предприятия**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ,  
управление и обработка информации  
(по отраслям: информация и информационные системы)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Томск – 2004

Работа выполнена на кафедре Автоматики и компьютерных систем Томского политехнического университета.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Цапко Геннадий Павлович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Силич Виктор Алексеевич;  
доктор технических наук, профессор  
Губарев Василий Васильевич.

Ведущая организация: Томский государственный университет,  
г.Томск.

Защита диссертации состоится 13 октября 2004 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.06 в Томском политехническом университете по адресу: г. Томск, ул. Советская, 84.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Сонькин М.А.

## Общая характеристика работы

**Актуальность проблемы.** Многие предприятия, являющиеся лидерами в своих отраслях или предприятия, стремящиеся повысить эффективность своего функционирования, широко внедряют информационные системы (ИС) класса MRPII/ERP (Manufactory Recourse Planning/Enterprise Recourse Planning). Однако перед тем как практически осуществить внедрение таких систем, необходимо провести ряд предварительных работ, которые связаны с бизнес–процессами предприятия — обследование деятельности предприятия, анализ полученных данных для выявления требований к ИС, проектирование либо выбор наиболее подходящей ИС. При выполнении этих шагов на практике используют различные методы описания и моделирования бизнес–процессов. Значительная сложность, важность и высокая стоимость подобных предварительных работ определяют необходимость тщательной проработки задач описания и анализа бизнес–процессов, выдаче актуальных рекомендаций по реинжинирингу, оптимизации существующих бизнес–процессов и выявлению требований к ИС в соответствии с деятельностью предприятия в целом.

Бизнес–процесс — это совокупность различных видов деятельности, которые вместе взятые приводят к результату, имеющему ценность для потребителя, заказчика или клиента. Результатом функционирования бизнес–процесса является товар или услуга. Так как в результате работы бизнес–процесса получается основной продукт деятельности предприятия, то описание и анализ бизнес–процессов и их взаимодействие являются важными факторами, требующими повышенного внимания, изучения и исследования. Кроме того, такие факторы являются стимулирующим аргументом для разработки и развития новых подходов, методик, методов и создания на их основе новых CASE–средств (Computer Aid Software/System Engineering) и ERP–систем, которые должны повысить эффективность деятельности предприятия.

Потребность в средствах описания и анализа бизнес–процессов диктует необходимость разработки не только новых методов моделирования и анализа, но и формального аппарата, составляющего основу этих средств. Формальный аппарат должен позволять адекватно описывать как статику и динамику функционирования отдельных бизнес–процессов, так и деятельность всего предприятия в целом. На сегодняшний день наиболее эффективным методом исследования бизнес–процессов предприятия является использование динамических моделей, которые позволяют, не только адекватно, корректно и наглядно описать деятельность, но дают возможность прогнозирования и, на основании этого, позволяют принимать оптимальные управленческие решения. Формальный аппарат описания бизнес–процессов предприятия, который можно использовать при разработке новых методов и алгоритмов, в настоящее время не достаточно освещен в литературных источ-

никах и во многом является «know how» фирм–разработчиков CASE–средств. Новые методы моделирования бизнес–процессов должны быть свободны от недостатков, присущих уже существующим методикам, таких как недостаточная описательная и моделирующая мощность, невысокая приспособленность для анализа реальных процессов, слабое использование объектно–ориентированного подхода или его отсутствие, структурная избыточность, не увеличивающая описательной и функциональной мощности. Все это является прямой предпосылкой к разработке формального аппарата описания бизнес–процессов в соответствии с современным уровнем их представления, а также нового метода моделирования и анализа бизнес–процессов, который позволит описать предметную область, проанализировать и оптимизировать отдельные бизнес–процессы, оценить возможность возникновения критических ситуаций и определить ряд адекватных управленческих решений.

**Целью работы** является разработка формального теоретико–множественного аппарата описания моделей бизнес–процессов предприятия, создание нового метода моделирования и комплексного анализа бизнес–процессов и апробация предложенного метода в процессе выполнения практических проектов моделирования и реинжиниринга бизнес–процессов промышленных предприятий.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в диссертационной работе применены методы сетевого имитационного моделирования, теории множеств, теории системного анализа и структурного анализа, объектно–ориентированного проектирования, теории систем массового обслуживания, метод ситуационного управления. Проверка основных теоретических положений проводилась экспериментально с использованием стандартных CASE–средств и других программных средств, используемых для моделирования бизнес–процессов предприятия.

**Научная новизна работы:**

1. Предложен и разработан теоретико–множественный аппарат описания моделей бизнес–процессов предприятия методологий IDEF0, IDEF3 и SIMAN.
2. Установлена возможность взаимной связи элементов основных методологий предметной области IDEF0, IDEF3 и SIMAN.
3. Предложен новый метод, который позволяет описать бизнес–процесс в терминах предметной области, а затем провести комплексный анализ с использованием динамических моделей.
4. Предложен набор характеристик, позволяющий исследовать и сравнивать различные методики моделирования по временным и количественным показателям.

### **Результаты работы, выносимые на защиту:**

1. Теоретико–множественный аппарат описания статики и динамики бизнес–процессов предприятия методологий IDEF0, IDEF3 и SIMAN.
2. Метод моделирования и комплексного анализа бизнес–процессов предприятия.
3. Результаты исследований моделей, полученные с использованием различных методологий моделирования (IDEF0, DFD, ARIS, SIMAN) по временным и количественным показателям.

### **Практическую ценность работы** представляют:

1. Метод моделирования и комплексного анализа (метод МиКА), который позволяет разрабатывать модели бизнес–процессов с наименьшими временными затратами. Разработанный метод применим для оптимизации, реинжиниринга бизнес–процессов и принятия оптимальных управленческих решений.
2. IDEF0–модель деятельности ООО «Курьер». Модель использовалась для сравнения с моделями разработанными методом МиКА.
3. DFD–модель ЗАО «ЭлеСи». Модель применялась для формализации документо–потоков и выбора наиболее подходящей системы электронного документооборота.
4. Модель ЗАО «ЭлеСи», разработанная методом МиКА. Модель использовалась для анализа, оптимизации и выдаче рекомендаций по повышению эффективности деятельности ЗАО «ЭлеСи».
5. Модель ОАО «Востокгазпром», разработанная методом МиКА. Модель позволила описать основные бизнес–процессы и выдать рекомендации по внедрению ERP–системы Ахарта на предприятиях пилотного проекта холдинга ОАО «Востокгазпром».
6. Результаты исследований моделей, полученные с использованием различных методологий моделирования (IDEF0, DFD, ARIS, SIMAN) по временным и количественным показателям.

**Реализация результатов работы.** Предложенный и разработанный в диссертационной работе метод МиКА применялся в рамках работ по договору № 8–23/03 на выполнение работ по обследованию процессов документооборота компании «ЭлеСи», выдаче рекомендаций по оптимизации процессов и выбору системы электронного документооборота и по договору № 8-44/01 по предпроектному обследованию предприятий холдинга ОАО «Востокгазпром» (пилотный проект).

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной научно–технической конференции «Информационные системы и технологии», г. Новосибирск, 2000 г.; на Российско–Корейском международном симпозиуме по науке и технологии KORUS'2001, г.Томск; на 7–ой Международной научно–

практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технологии», г. Томск, 2001г.; на 2-ой Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в экономике, науке и образовании», г. Бийск, 2001г.; на 7-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании», г.Рязань, 2002г.; на 8-ой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технологии», г.Томск, 2002 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров», г. Пенза, 2002 г.; на Российско-Корейском международном симпозиуме по науке и технологии KORUS'2003, г.Ульсан, Корея; на 9-ой и 10-ой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технологии», г.Томск, 2003 г. и 2004 г.; на Российско-Корейском международном симпозиуме по науке и технологии KORUS'2004, г.Томск.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 5 статей и 9 тезисов докладов.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 135 страницах машинописного текста, включает 54 рисунка, 16 таблиц, а также содержит список литературы, состоящий из 145 источников и 3 приложений. Общий объем работы — 174 страницы.

### **Содержание работы**

**Во введении** приводится обоснование актуальности темы, формулируется цель работы, указывается научная новизна и практическая ценность полученных результатов, описывается основное содержание работы.

**В первой главе** рассмотрены формальные средства описания и анализа бизнес-процессов предприятия наиболее распространенные в настоящее время. Определены виды проектных работ, при которых проводят описание и анализ бизнес-процессов, основными из которых являются создание и внедрение систем менеджмента качества на предприятии, проведение обследования деятельности предприятия, реинжиниринг, разработка и/или выбор информационных систем, оперативное и стратегическое планирование.

Формальные средства моделирования бизнес-процессов предприятия делятся на две основные группы, применяемые для структурного анализа и для динамического имитационного моделирования. К методологиям структурного анализа относят: SADT, DFD, ERD и ARIS, эти методологии позволяют создавать статические модели бизнес-процессов предприятия. Для динамического имитационного моделирования бизнес-процессов пред-

приятия, характеризующихся одновременностью протекающих в них процессов, можно использовать различные сетевые методы, такие как: Сети Петри, Раскрашенные сети Петри (CPN — Coloured Petri Nets), GPSS (General Purpose Simulating System) — унифицированный язык имитационного моделирования, язык визуального моделирования SIMAN (SIMulation ANalysis) и другие.

На основе проведенного анализа существующих методов и средств моделирования бизнес-процессов предприятия были определены их основные достоинства и недостатки. Основным достоинством статических моделей является высокая описательная способность, возможность функционально-стоимостного анализа и общепринятость использования в качестве международных стандартов (IDEF0). Статические модели обладают большой описательной мощностью, но при этом имеют небольшую анализирующую мощность. В тоже время динамические имитационные модели позволяют описать временной аспект функционирования процессов, использовать различные вероятностные параметры модели, что позволяет всесторонне анализировать предметную область моделирования. В современных средствах динамического моделирования, таких как язык моделирования высокого уровня SIMAN, используется объектно-ориентированный подход. Таким образом, квалификация специалистов должна быть очень высокой и время, необходимое для описания сложных бизнес-процессов достаточно большим, что ведет к повышению стоимости реализации проекта. Соответственно, решение задачи описания и анализа бизнес-процессов предприятия целесообразно проводить, используя комбинацию методов статического и динамического моделирования. За счет комбинации методов предполагается увеличить описательную и моделирующую мощность, большую приспособленность для анализа и оптимизации бизнес-процессов, использование объектно-ориентированного подхода.

В заключение главы делается вывод о том, что для решения задач описания и анализа бизнес-процессов предприятия необходима разработка формального аппарата описания моделей бизнес-процессов предприятия, который позволит разработать новый метод моделирования и комплексного анализа бизнес-процессов.

**Во второй главе** для решения поставленных задач предложен новый теоретико-множественный аппарат формализованного описания моделей бизнес-процессов предприятия в методологиях IDEF0, IDEF3 и SIMAN.

Функциональная модель, разработанная в методологии IDEF0, представляет собой схему обрабатывающих функций и стрелок. Функция показывает, каким образом входная информация преобразуется в выходную информацию, с помощью каких механизмов и что для каждой функции является управлением. Структура IDEF0-модели представляет собой

ориентированный граф, вершинами которого являются блоки, соединенные направленными дугами. Ниже приведены основные определения, относящиеся к структурным свойствам IDEF0–модели в терминах наименьших структурных компонентов — блоков и дуг.

**Определение 1.** IDEF0 – модель формально определена в виде

$G = (F, A, LA)$ , где

$F$  — конечное непустое множество функций, называемых вершинами графа  $G$ ;

$A$  — множество стрелок, называемых дугами графа  $G$ ,

$A = \{\text{множество пар, образованных из элементов } F\}, A = \{\{f_1, f_2\}, \{f_1, f_7\}, \dots, \{f_n, f_m\}\};$

$LA$  — множество объектов, называемых метками графа  $G$ ,

где  $n, m$  — количество возможных вариантов функций.

**Определение 2.** Любая дуга  $a \in A$  представляет собой следующую четверку:

$A = (I, C, O, M)$ , где

$I$  — конечное множество дуг, называемых входами,  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ ;

$C$  — конечное множество дуг, называемых управлением,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ ;

$M$  — конечное множество объектов, называемых механизмами,  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_j\}$ ;

$O$  — конечное множество дуг, называемых выходами,

$O = \{o_1, o_2, \dots, o_p\}, O = h(F, I, C, M)$ , где  $m, k, j, p$  — количество элементов.

Стандарт описания бизнес–процессов предприятия с использованием IDEF0 широко распространен в России и в мире. За счет простоты и строгости описания деятельности предприятия IDEF0–модели используются для описания предметной области при внедрении систем менеджмента качества, при проведении обследования деятельности, при проектировании ИС. В свою очередь IDEF0–модели имеют ряд недостатков: нет возможности задать временные и вероятностные параметры, невозможно прогнозировать и планировать деятельность предприятия. Частично эти недостатки можно устранить, описав бизнес–процесс с использованием методологии IDEF3.

Любая IDEF3–модель представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются единицы работ, ссылки и перекрестки, а дугами являются связи. Предприятие или его отдельный бизнес–процесс, описанный с использованием методологии IDEF3, представляет собой модель последовательности выполнения этапов без указания конкретных временных интервалов выполнения этапов. В IDEF3–модели источниками и приемниками потоков (данных, информации, материалов, готовых изделий) являются ссылки, единицы работ определяют, каким образом входные потоки преобразуются в выходные потоки. За счет введения в модель концептуально новых элементов — перекрестков, появляется возможность проанализировать зависимость выполнения этапов в модели.

**Определение 3.** IDEF3–модель формально определена в виде

$W = (U, R, L, J)$ , где

$U$  — конечное непустое множество единиц работ, являющихся вершинами графа  $W$ ,

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_q\}$ ;

$R$  — конечное непустое множество ссылок,  $R = (RI, RO)$ ;

$RO = \{ro_1, ro_2, \dots, ro_v\}$ ,  $RI = \{ri_1, ri_2, \dots, ri_b\}$ ,  $RI = h(U, J, RO)$ ;

$L$  — множество связей, являющихся дугами графа  $W$ ,  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_c\}$ ;

$J$  — множество перекрестков, где  $q, v, b, c$  — количество элементов.

Перекрестки, за счет которых достигается возможность отображения логики и последовательности выполнения этапов, можно классифицировать по двум категориям: перекрестки слияния и перекрестки ветвления, синхронные и асинхронные перекрестки.

**Определение 4.** Перекресток формально определен в виде

$J = (JI, JO)$ ,  $JI \cap JO = \emptyset$ , где

$JI$  — конечное множество перекрестков слияния,

$JI = (AAI, SAI, AOI, SOI, XI)$ ;

$JO$  — конечное множество перекрестков ветвления,

$JO = (AAO, SAO, AOO, SOO, XO)$ .

Описательная мощность методологии IDEF3 по сравнению с IDEF0 выше, за счет введения более широкой элементной базы и за счет введения в модель перекрестков. Перекресток позволяет описать последовательность и логику выполнения этапов или последовательность изменения состояний системы, что позволяет говорить о возможности дальнейшей связи статических и динамических моделей и переводе IDEF3–моделей в модели языка SIMAN.

Структура SIMAN–модели представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются узлы, соединенные направленными дугами. Ниже приведены основные определения, относящиеся к структурным свойствам SIMAN–модели в терминах наименьших структурных компонентов — узлов и дуг. В качестве узлов в модели используются: источники (CREATE), стоки (DISPOSE), процессы (PROCESS), модули группировки (BATCН), модули разгруппировки (SEPARATE), модули условий (DESIDE).

**Определение 5.** SIMAN–модель формально может быть определена в виде:

$DY = (C, D, P, B, S, Q)$ , где

$C$  — конечное непустое множество источников,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_s\}$ ;

$D$  — конечное непустое множество стоков,  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_a\}$ ;

$P$  — конечное непустое множество процессов,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_o\}$ ;

$B$  — конечное множество модулей группировки,  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{if}\}$ ;

$S$  — конечное множество модулей разгруппировки,  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{uf}\}$ ;

$Q$  — конечное непустое множество модулей условий,  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ;

где  $s, o, a, i, u, y$  — количество элементов.

SIMAN–модели позволяют полностью описать логику любого бизнес–процесса, исследовать временные, стоимостные и вероятностные параметры процесса и на основании этого планировать, оптимизировать и прогнозировать деятельность предприятия и отдельных бизнес–процессов.

Таким образом, предложенный и разработанный теоретико–множественный аппарат описания моделей бизнес–процессов предприятия, на основе методологий IDEF0, IDEF3 и SIMAN, позволит разработать новый более эффективный метод моделирования бизнес–процессов.

**В третьей главе** разработан метод моделирования бизнес–процессов предприятия, который позволяет описать поведение предприятия в условиях внешней среды, рассмотреть изменение параметров бизнес–процессов при варьировании внутренних и внешних воздействий и оптимизировать деятельность предприятия или отдельного бизнес–процесса. Новый метод позволяет описывать статическое состояние процессов, так как это требуется различными стандартами, например систем менеджмента качества, а для анализа, оптимизации и реинжиниринга деятельности предприятия использовать динамические модели. В работе автором предложен метод моделирования и комплексного анализа бизнес–процессов предприятия, основу которого составляет перевод IDEF0–моделей в динамические SIMAN–модели.

При использовании метода МиКА входной информацией для системы служат исходные данные, которые представляют собой сведения о деятельности предприятия: устав, положения о подразделениях, документированные процедуры, должностные инструкции, данные о направлениях деятельности, выпускаемой продукции или предоставляемых услугах, комплексная программа развития предприятия. На основании исходных данных создаются анкеты, проводится интервьюирование сотрудников, а затем разрабатывается статическая IDEF0–модель бизнес–процесса. В результате применения метода МиКА аналитик либо управленец получает выборку возможных в той или иной ситуации решений и статистические данные по сценариям поведения модели при варьировании внутренних и внешних параметров, как самой модели, так и внешней среды. Укрупненная схема функционирования метода МиКА приведена на рисунке 1. Рассмотрим более детально блоки метода МиКА.

Первоначально исходные данные поступают на вход блока *Аналитатора*. На основании анализа исходных данных аналитиками составляются анкеты, затем эти анкеты раздаются руководителям и ведущим специалистам подразделений. После этого, происходит

сбор и обработка результатов анкетирования. После анкетирования аналитики проводят интервьюирование сотрудников и анализируют полученные данные. В результате выполнения предыдущих этапов разрабатывается статическая IDEF0–модель деятельности предприятия или отдельных бизнес–процессов. Схема функционирования блока *Аналитатора* приведена на рисунке 2.

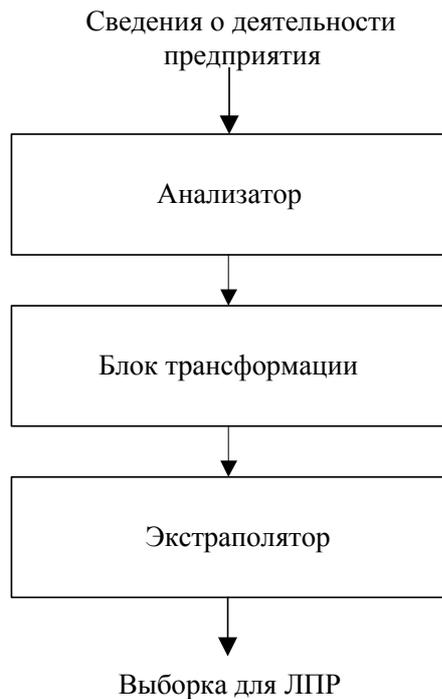


Рисунок 1 — Укрупненная схема функционирования метода МиКА

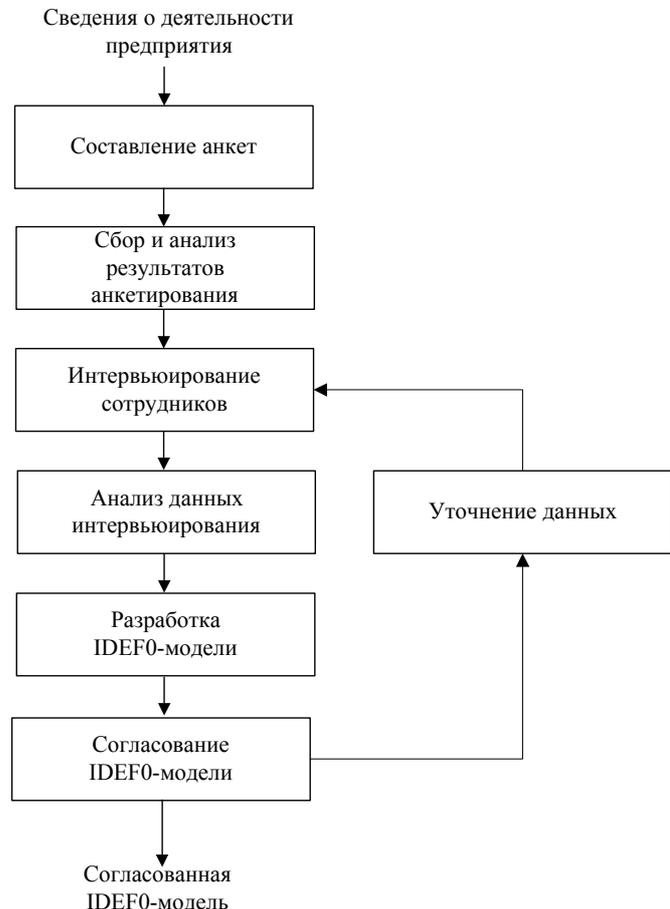
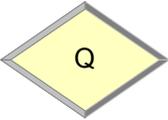
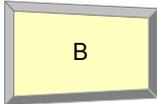
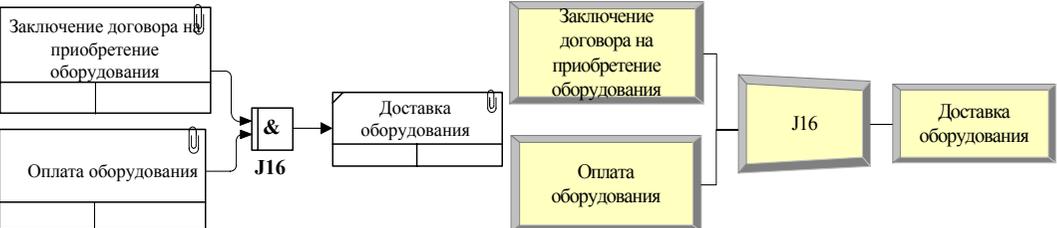
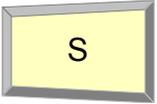
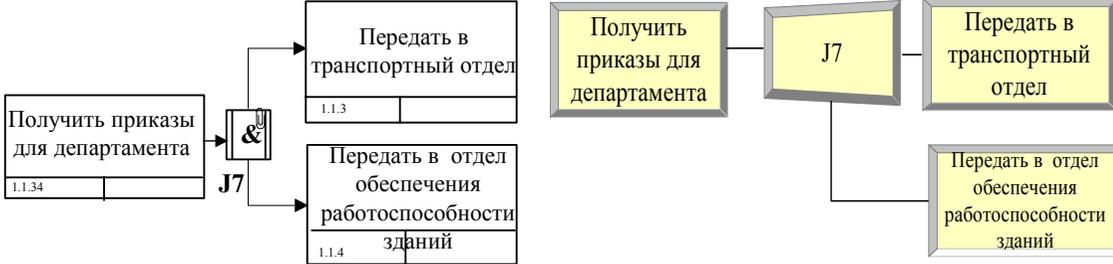


Рисунок 2 — Схема функционирования блока *Аналитатора*

Полученная модель является исходными данными для *Блока трансформации*. Адекватность модели проверяется с использованием экспертных оценок. *Блок трансформации*, представленный на рисунке 3, является ядром метода МиКА, так как именно в нем происходит перевод статической модели в динамическую модель. В таблице 1 представлены правила перевода некоторых элементов методологии IDEF3 в SIMAN. Полностью таблицы перевода моделей из одной методологии в другую, логико-трансформационные правила и алгоритмы перевода, согласно разработанному в первой главе теоретико–множественному аппарату описания моделей бизнес–процессов, приведены в диссертационной работе.

Таблица 1 — Соответствие элементов методологии IDEF3 элементам языка SIMAN

№№	Элемент IDEF3	Соответствующий элемент SIMAN	Фрагмент модели
1.	Перекресток <i>XO</i> 	Модуль <i>Decide</i> 	 <p>В качестве параметров модуля <i>Decide</i> задается правило, по которому определяется дальнейший путь прохождения сущности в системе. Путь может быть задан по любому логическому правилу, математическому выражению, закону распределения, состоянию системы и переменных или случайно.</p>
2.	Перекресток <i>AAI</i> 	Модуль <i>Batch</i> 	 <p>В качестве параметров модуля <i>Batch</i> задается правило, по которому происходит группировка сущностей в системе.</p>
3.	Перекресток <i>SAO</i> 	Модуль <i>Separate</i> 	

В качестве исходных данных в *Экстраполятор* поступает графическое изображение SIMAN-модели с зарезервированными полями под параметры модели. Далее аналитику необходимо задать свойства непосредственно для конкретного бизнес-процесса с конкретными вероятностями возникновения сущностей в модели, временем выполнения процессов, условиями срабатывания и другие свойства. Эти данные получают в результате анкетирования, интервьюирования и хранятся в глоссарии IDEF3-модели.

После определения временных и вероятностных параметров модели происходит запуск и прогон модели. Прогон представляет собой итерационный процесс варьирования параметров внешних данных, поступающих в систему, и внутренних параметров самой системы. В результате этого происходит сбор и накопление результатов моделирования, которые анализируются и предоставляются в виде выборки для принятия эффективных управленческих решений. Схема функционирования *Экстраполятора* приведена на рисунке 4.

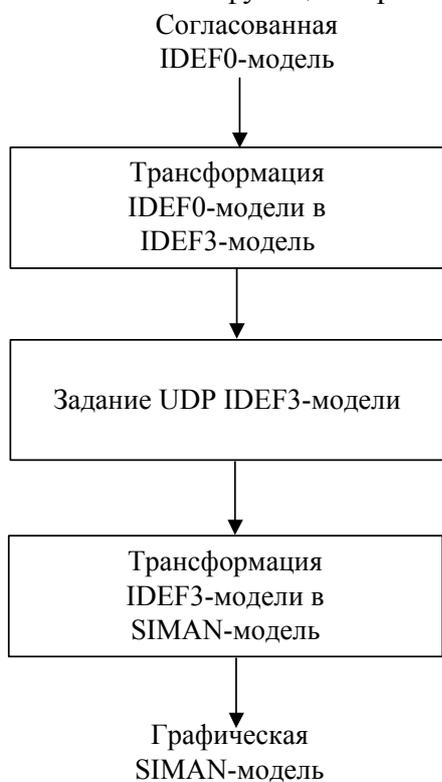


Рисунок 3 — Схема функционирования *Блока трансформации*



Рисунок 4 — Схема функционирования *Экстраполятора*

При выборе программных продуктов для практической реализации метода МиКА были рассмотрены те, которые наиболее часто используются при моделировании бизнес-процессов и являются мировыми лидерами на рынке информационных технологий. Для моделирования статике бизнес-процесса рассматривались следующие CASE-средства: Design/IDEF, Aris Toolset, AllFusion Process Modeler. В качестве средств динамического моделирования и анализа бизнес-процессов предприятия были рассмотрены: Design/CPN, BPSimulator и Arena. Автор в своих исследованиях использовала все перечисленные выше

средства для разработки тестовых и реальных моделей бизнес–процессов. При выборе средств моделирования решено было руководствоваться следующими критериями:

1. Эффективность для решения задач в области моделирования и анализа бизнес–процессов предприятия.
2. Стоимость и доступность CASE – средства.
3. Простота использования, включающая удобство и современность пользовательского интерфейса, трудовые и временные затраты на освоение, качество и доступность документации и дополнительной литературы, возможность обновления версий.
4. Унифицированность интерфейса по отношению к другим CASE–средствам.

Из средств статического моделирования бизнес–процессов предприятия был выбран программный продукт AllFusion Process Modeler 4.0 компании Computer Associates Inc., как наиболее подходящий по критериям 1–4. AllFusion Process Modeler поддерживает построение как функциональных IDEF0–моделей, так и моделей выполнения последовательности этапов IDEF3.

На основании анализа средств динамического моделирования, проведенного по критериям 1–4, было выбрано CASE–средство Ardena 5.0. Среди явных достоинств этой среды доминируют следующие: возможность описания широкого спектра задач, расширенные средства функционально–стоимостного анализа, автоматический генератор отчетов, включающий стандартные и специальные отчеты, при моделировании происходит автоматический сбор статистики, существуют средства анализа полученных данных и средства оптимизации процессов по различным параметрам.

Предлагается применять метод МиКА при выполнении работ по описанию и моделированию бизнес–процессов предприятия, по оптимизации и реинжинирингу бизнес–процессов, по проработке разнообразных сценариев развития критических ситуаций, по выявлению специфических факторов появления критических ситуаций.

В выводах по главе сказано, что предложен и разработан новый метод моделирования бизнес–процессов предприятия, который позволяет при помощи минимальных выразительных средств с использованием принципов структурного анализа и динамического моделирования, реализовать такой набор моделей, который будет достаточен и эффективен при исследованиях в конкретной предметной области.

**В четвертой главе** было проведено сравнение предложенного в работе метода МиКА с наиболее распространенными методологиями моделирования, такими как IDEF0, DFD, ARIS и SIMAN. Сравнение проводилось по временным и количественным характеристикам. Данные, необходимые для исследования временных параметров моделей, были собраны и накоплены автором в результате исследований работ обучающихся. Данные по временным параметрам были сведены в таблицу и проведена их статистическая обработка

(рисунок 5). На рисунке 5 «Ряд 1» – время, требуемое на освоение методологии, «Ряд 2» – время, требуемое на моделирование, «Ряд 3» – общее время. В результате было показано, что метод МиКА по временным параметрам занимает меньшее время, чем время, требуемое для создания динамических моделей.

Для проведения количественного анализа моделей использовались следующие показатели: количество блоков на диаграмме —  $N$ , уровень декомпозиции диаграммы —  $L$ , сбалансированность диаграммы —  $B$ , число стрелок, соединяющихся с блоком —  $A$ .

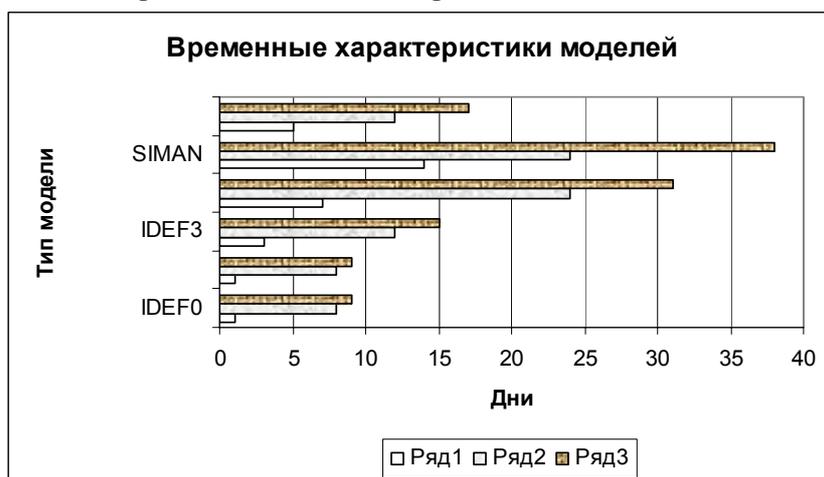


Рисунок 5— Общее время разработки модели

На основании этих показателей для каждого типа диаграммы рассчитывался коэффициент декомпозиции  $d$  и коэффициент сбалансированности  $K_b$  по следующим формулам:

$$d = \frac{N}{L}, \quad K_b = \left| \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N} - \max A_i \right|$$

Сравнив все графики, полученные для коэффициента декомпозиции  $d$  (наилучшим является уменьшение коэффициента  $d$  с увеличением уровня декомпозиции  $L$ ) и приведенные в работе, можно сделать вывод, что качество модели, разработанной методом МиКА, имеет наилучшие параметры наравне с SIMAN–моделями, наихудшими характеристиками обладают IDEF0, DFD и ARIS–модели. Анализируя графики, полученные для коэффициента сбалансированности  $K_b$  (наилучшим является сохранение величины коэффициента  $K_b$  на любом уровне декомпозиции  $L$ ), можно сделать вывод, что модели метода МиКА имеют наилучшие параметры, наихудшими характеристиками обладают IDEF0 и DFD–модели. То есть по количественным оценкам модели, разработанные с использованием предложенного в работе метода МиКА, являются предпочтительными для моделирования, анализа и оптимизации бизнес–процессов предприятия. На рисунке 6 приведены наиболее показательные графики изменения коэффициента декомпозиции, а на рисунке 7 — графики изменения коэффициента сбалансированности. На основании полученных графиков

коэффициентов декомпозиции и сбалансированности проводился анализ и оптимизация описанных бизнес–процессов предприятий.

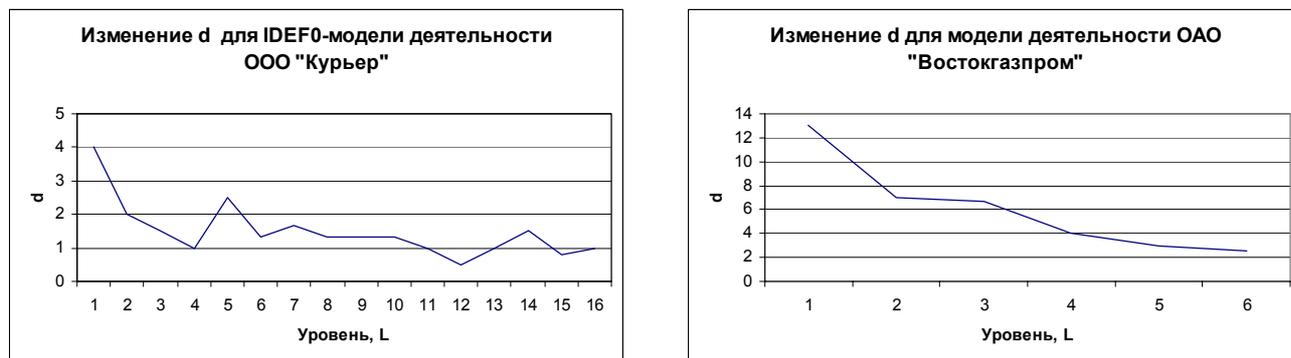


Рисунок 6 — Примеры изменения коэффициента декомпозиции

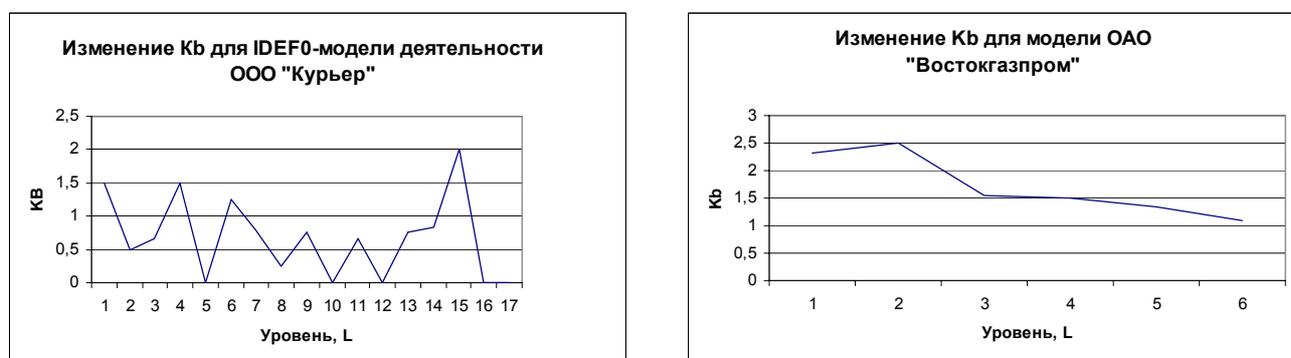


Рисунок 7 — Примеры изменения коэффициента сбалансированности

**В заключении** приведены выводы по диссертации, сформулированы полученные научные и практические результаты.

**В приложении** к диссертации приведены фрагменты моделей, разработанных с использование метода МиКА, а также фрагменты IDEF0, DFD, ARIS и SIMAN–моделей, для которых рассчитывались коэффициенты декомпозиции и сбалансированности, также приведен список UDP и статистические данные по временным затратам на моделирование.

### Основные результаты работы

Диссертационная работа посвящена разработке аппарата формализованного описания моделей бизнес–процессов предприятия и на его основе созданию нового метода, позволяющего повысить эффективность решения задач моделирования, анализа, оптимизации и реинжиниринга бизнес–процессов предприятия. Получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Сформулирована и проанализирована проблема описания, анализа и оптимизации бизнес–процессов предприятия. Предложен подход к решению данной проблемы на основе интеграции технологий статического описания и динамического моделирования бизнес–процессов.

2. Установлена возможность взаимной связи структурных элементов основных методологий предметной области IDEF0, IDEF3 и SIMAN.
3. Разработан теоретико–множественный аппарат описания моделей бизнес–процессов предприятия, в основе которого заложены методологии IDEF0, IDEF3 и SIMAN.
4. Предложен и разработан метод моделирования и комплексного анализа, который позволяет более эффективно моделировать и анализировать бизнес–процессы предприятия с наименьшими временными затратами на создание динамических моделей. За счет экономии финансовых и человеческих ресурсов, эффективность использования этого метода гораздо выше в сравнении с уже существующими методами и средствами.
5. Предложен набор характеристик, позволяющий исследовать и сравнивать различные методики моделирования по временным и по количественным показателям. Проведены исследования моделей, разработанные с использованием методологий IDEF0, DFD, ARIS, SIMAN и метода МиКА.
6. Разработана IDEF0–модель деятельности ООО «Курьер», которая использовалась для сравнения с моделями разработанными методом МиКА.
7. Разработана DFD–модель ЗАО «ЭлеСи», которая применялась для формализации документопотоков и выбора наиболее подходящей СЭД.
8. Разработана модель ЗАО «ЭлеСи» методом МиКА, используемая для анализа, оптимизации и выдаче рекомендаций по повышению эффективности бизнес–процессов ЗАО «ЭлеСи».
9. Разработана модель ОАО «Востокгазпром», полученная с использованием метода МиКА, позволившая описать основные бизнес–процессы и выдать рекомендации по внедрению ERP–системы Ахарта на предприятиях пилотного проекта холдинга ОАО «Востокгазпром».
10. Результаты диссертации были практически внедрены при выполнении хозяйственных работ по договору № 8–23/03 на выполнение работ по обследованию процессов документооборота компании «ЭлеСи», выдаче рекомендаций по оптимизации процессов и выбору системы электронного документооборота и по договору № 8-44/01 по предпроектному обследованию предприятий холдинга ОАО «Востокгазпром» (пилотный проект).

## Перечень работ по теме диссертации

1. Балаканов А.Р., Дураева О.М. Некоторые принципы построения корпоративных информационных систем. // Информационные системы и технологии. Материалы Международной научно-технической конференции. – Новосибирск, 2000.
2. Дураева О.М. Этапы создания корпоративных информационных систем. // Современная техника и технологии. Труды 7-ой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2001.
3. Duraeva O., Dmitrieva E., Tsapko G. Activity analysis of trade firm by IDEF0-methodology. // Proceedings 5-th Korea-Russia International Symposium on science and technology. – Tomsk, 2001.
4. Дураева О.М., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П. Функциональный анализ деятельности томской торговой фирмы с использованием IDEF0-методологии. // Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения. Труды 4-ой Всероссийской научной конференции. – Таганрог, 2001.
5. Дураева О.М. Диаграммы потоков данных как средства моделирования бизнес-процессов. // Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании. Материалы 7-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. - Рязань, 2002.
6. Дураева О.М., Дмитриева Е.А. Динамическое моделирование бизнес-процессов предприятия в среде DESIGN/CPN. // Современная техника и технологии. Труды 8-ой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2002.
7. Аникин А.С., Гавриленко А.Е., Дураева О.М. Моделирование бизнес-процессов предприятия в среде BPWIN. // Информационные технологии в экономике, науке и образовании. Материалы 3-ей Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск, 2002.
8. Дураева О.М., Дмитриева Е.А. Разработка и анализ моделей бизнес – процессов с использованием аппарата цветных сетей Петри. // Современные проблемы радиоэлектроники. Сборник научных трудов / Под ред. Ю. В. Коловского. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002.
9. Дураева О.М. Алгоритм выбора оптимального управленческого решения при анализе бизнес – процессов. // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров. Труды Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2002.

10. Цапко Г.П., Дмитриева Е.А., Дураева О.М. Использование программного продукта ARENA для моделирования сложных динамических систем. // Современные средства и системы автоматизации. Труды 3-ей научно-практической конференции.– Томск, 2002.

11. Семенова Н.Г., Замятина О.М. Этапы перевода статических моделей деятельности предприятия, разработанные в ПП BPWin 4.0 в динамические модели среды Arena 5.0. // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов 1-ой региональной научно-практической конференции. – Томск, 2003.

12. Zamyatina O., Dmitrieva E., Tsapko G. Combined modelling method. // Proceedings 7-th Korea-Russia International Symposium on science and technology. – Ulsan, Korea, 2003.

13. Замятина О. М. Математический аппарат описания бизнес-процессов предприятия, используемый в методе комбинированного моделирования. // Современная техника и технологии. Труды 9-ой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.– Томск, 2003.

14. Zamyatina O. M., Zamyatin A. V. The original modeling method compared to existing modeling techniques. // Proceedings 8-th Korea-Russia International Symposium on science and technology. – Tomsk, 2004.

