

На правах рукописи

СМИРНОВ Павел Александрович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ
РЕИНЖИНИРИНГА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (сфера услуг)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2002

Работа выполнена в Вологодском государственном техническом
университете

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент
ТУПИЦИН А. В.

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор
ТУККЕЛЬ И.Л.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
НУРУЛИН Ю. Р.

кандидат технических наук
ПОЛЯНСКИЙ А.М.

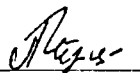
Ведущее предприятие: ОАО «Электротехмаш», г. Вологда.

Защита состоится «11» июня 2002 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.21 при Санкт-Петербургском государственном техническом университете по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, 1^{-й} учебный корпус, ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного технического университета.

Автореферат разослан 7 мая 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.229.21

доктор технических наук, профессор  ЧЕРНЕНЬКАЯ Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Успех современного предприятия зависит от его способности работать в условиях непрерывного изменения окружающей среды. В связи с этим на первый план выходят проблемы оптимизации деятельности предприятия и принятия управленческих решений при изменении способа ведения бизнеса.

Информационная система необходима для поддержки бизнес-процессов, с другой стороны, информационная система определяется бизнес-процессами предприятия. Таким образом, создание информационной системы и реорганизация бизнес-процессов - взаимосвязанный процесс, поднимающий работу предприятия на качественно новый уровень.

Существует много способов организации информационной системы предприятия. На наш взгляд, наиболее перспективной является технология хранилищ данных. На настоящий момент времени отсутствуют методики реинжиниринга бизнес-процессов и создания хранилищ данных как взаимосвязанного единого процесса. Решению вопросов улучшения бизнес-процессов предприятия и создания на их основе хранилища данных посвящается настоящая работа.

Вопросам анализа и оптимизации информационных систем посвящены работы многих отечественных ученых, таких как: О.И. Авен, И.И. Попов, Л.Б. Богуславский, В.Л. Эпштейн, А.Г. Мамиконов, А.И. Ляхов, С.В. Назаров и др. Среди зарубежных ученых можно выделить работы А.В. Шеера, Э. Йордана, Дж. Захмана, П. Чена и др.

Разработке и внедрению хранилищ данных посвящены работы в основном зарубежных ученых (Б. Инмон, Р. Кимпбалл, Д. Марко, Э. Спирли, Ч. Дистефано, Ч. Баллард, и др.). Из отечественных публикаций на эту тему можно выделить работы А. Сахарова, С. Кузнецова, В. Дюка, Л. Щавелева и др.

На наш взгляд, существующие методики проектирования бизнес-процессов практически не решают задачи выбора наилучшего решения, а методы генерации хранилищ данных на базе выстроенных моделей бизнес-процессов требуют значительных средств. Решению этих вопросов посвящается настоящая работа.

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка методов моделирования бизнес-процессов, автоматизированного управления реинжинирингом бизнес-процессов предприятия, создание информационной системы для их поддержки.

Для достижения поставленных целей в рамках настоящей диссертационной работы решаются следующие основные задачи:

- анализ современного состояния проблемы в областях стандартов и методов создания информационных систем; реинжиниринга бизнес-процессов предприятий; алгоритмов оптимизации;
- математическое описание модели бизнес-процесса;
- постановка задачи реинжиниринга бизнес-процессов на основании описанных моделей;
- разработка метода и выбор алгоритма оптимизации, программная реализация алгоритма;
- разработка метода проектирования хранилища данных на базе описанных моделей;
- применение разработанной методики в реальной практике.

Методы исследований. В работе использованы методы теории множеств, теории графов, реляционных систем управления базами данных, организации бизнес-процессов предприятия. Кроме того, используются методы разработки программного обеспечения процедурного программирования

Научная новизна работы состоит в теоретическом обосновании методики описания и реинжиниринга бизнес-процессов, а так же разработки информационной системы на основе спроектированных моделей. В рамках данного подхода решены следующие задачи:

- дополнена модель бизнес-процесса предприятия, предложенная А.В. Шеером, в частности, введены понятия: «экземпляр бизнес-процесса» (ЭБП), «идентификатор ЭБП», «свойство ЭБП», «атрибут свойства ЭБП», «шаблон ЭБП»
- на основании дополненной модели разработан алгоритм многокритериальной оптимизации с учетом весов атрибутов в свойстве ЭБП и ограничений, накладываемых на значения атрибутов;
- на базе сформулированных ограничений поставленной задачи оптимизации бизнес-процессов модифицирован аддитивный алгоритм;
- предложен способ генерации метаданных для хранилища данных;

Практическая ценность работы заключается в реализации разработанных методов и программного обеспечения на производственном предприятии:

- предложена методика, по которой можно производить поиск лучших с точки зрения заданных критериев оптимальности бизнес-процессов;
- описаны и внедрены бизнес-процессы «Закупка», «Продажа», «Запуск новых изделий», «Производство»;
- разработано программное обеспечение, реализующее модифицированный аддитивный алгоритм;
- предложен способ генерации метаданных для хранилища данных на основании модели бизнес-процессов предприятия;
- спроектировано и внедрено хранилище данных для машиностроительного предприятия;

- результаты диссертации используются в учебном процессе в Вологодском государственном техническом университете в курсе «Информационное обеспечение систем управления» для специальности 210100 – управление и информатика в технических системах.

Реализация результатов работы. Методика и программное обеспечение внедрены на ОАО «Электротехмаш», г. Вологда, что подтверждено соответствующим актом о внедрении.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на:

- V-й Международной студенческой школе-семинаре «Новые информационные технологии». г. Судак, Украина май 1997;
- научно-технической конференции «Молодежь и наука – в XXI век» (Вологда: ВоГТУ, 25-26 мая 1998);
- международной конференции «Повышение эффективности теплообменных процессов и систем» в секции «Информационные системы и технологии» (Вологда: 24-27 июня 1998);
- V международной электронной научной конференции. «Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике» (Воронеж: январь, 2000 г.);
- II-й международной конференции «Повышение эффективности теплообменных процессов и систем» в секции «Информационные системы и технологии» (Вологда: 24-27 июня 2000г.);
- II-й региональной научно-технической конференции «Вузовская наука региону» (Вологда: ВоГТУ, январь 2001 г.);
- Международной научно-технической конференции «Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта». (Вологда: ВоГТУ, 26-29 июня 2001 г.);

- Третьей международной научно-технической конференции «Инфо-тех – 2001». (4- 6 декабря 2001г., Череповец).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 120 источников, 7 приложений. Основной материал изложен на 148 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков.

На защиту выносятся следующие положения:

- описание модели бизнес-процесса и методы ее улучшения;
- предлагаемые изменения аддитивного алгоритма;
- способ генерации метаданных хранилища данных на базе предложенной модели бизнес-процессов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель работы, объект и предмет исследования. Сформулированы научные результаты, выносимые на защиту, определены их научная новизна и практическая ценность, приведены сведения об апробации и внедрении работы. Дается краткий обзор диссертационной работы по главам.

В первой главе рассматриваются различные стандарты корпоративных информационных систем, подходы к их проектированию и внедрению.

На основании первой главы делаются выводы:

- решения, предлагаемые фирмами преимущественно ориентированы на продвижение собственных программных продуктов;
- методики фирм являются своеобразным «ноу-хау»;
- отсутствуют формальные методы и средства улучшения бизнес-процессов.

- проекты реинжиниринга бизнес-процессов и внедрения хранилищ данных имеют высокую стоимость и достаточно продолжительные сроки внедрения;
- высока роль человеческого фактора при проектировании информационных систем;

Вторая глава посвящена вопросам описания и реинжиниринга бизнес-процессов. В качестве основы предлагаемой методики используется методика ARIS, предлагаемая фирмой IDS Sheer. Бизнес-процессы рассматриваются как совокупность четырех составляющих, на основании которых формируется управляющая модель бизнес-процесса, включающая все его составляющие (рис. 1).

Универсальным бизнес-процессом P^0 назовем все множество свойств, описанных при моделировании деятельности.

Экземпляр бизнес-процесса – это состояние рассматриваемого бизнес-процесса, при котором определены конкретные значения свойств бизнес-процесса, а одно из свойств относится к функциональной компоненте.

В общем случае любой бизнес-процесс можно представить как множество экземпляров бизнес-процесса т.е.

$$P^g = \{P_1^g, P_2^g, \dots, P_n^g\} \quad (1)$$

Задача определения оптимального варианта организации бизнес-процесса состоит в подборе значений свойств для каждого ЭБП с учетом накладываемых ограничений.

$$P_i^g = \{v_j\}, v_j \in V^0 \quad (2)$$

Каждое из свойств v_j имеет собственное множество атрибутов, которые являются его количественными оценками.

$$v_j = \{a_{jq}\} \quad (3)$$

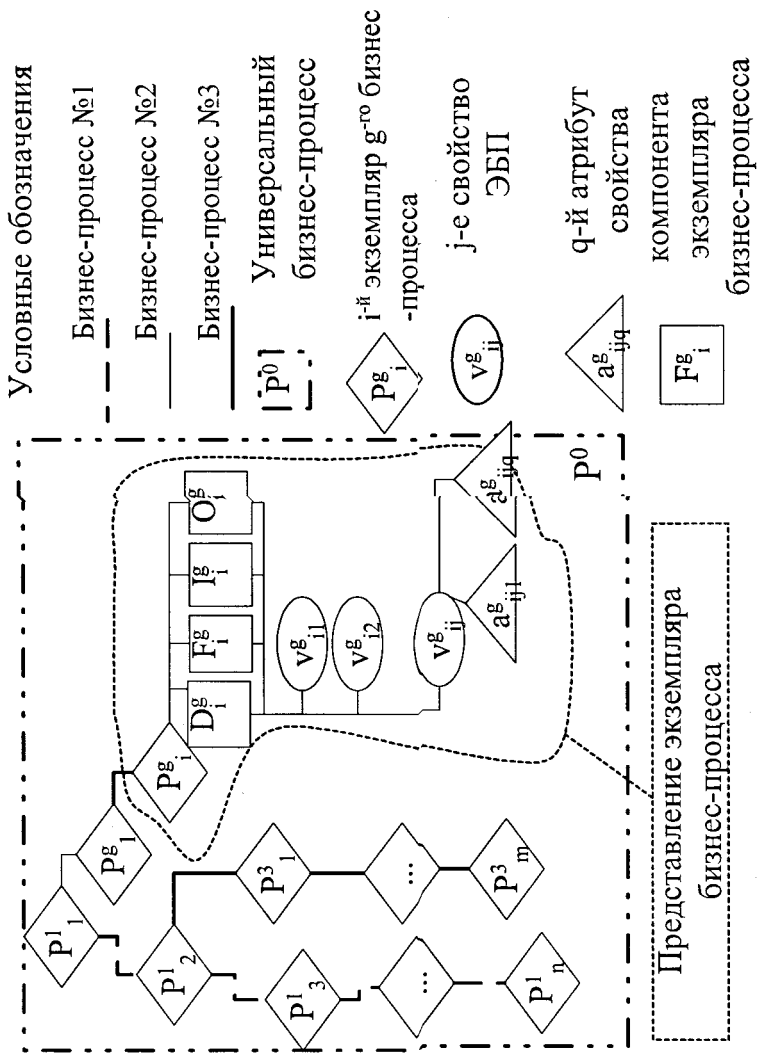


Рис. 1 Графическое представление вводимых терминов

На всем множестве атрибутов $\{a\}$ ЭБП можно задать функцию вычисления некоторого критерия оптимизации бизнес-процесса.

$$\kappa_n = f(\{a\}), n = \overline{1, N} \quad (4)$$

Лучший вариант бизнес-процесса определяется путем поиска минимума оценочной функции. Оценочную функцию зададим через значения критериев оптимизации. Для этого введем понятие вес критерия ω_n , который определяется как:

$$\omega_n = f(\kappa_n) \quad (5)$$

Тогда оценочную функцию ЭБП P_i^g можно вычислить как сумму весов критериев.

$$c_i^g = \sum_{n=1}^N \omega_n \quad (6)$$

Поиск лучшего варианта бизнес-процесса заключается в подборе экземпляров бизнес-процесса, состоящих из таких свойств, при которых оценочная функция минимальна. Для выбора ЭБП введем булеву переменную t_i^g :

$$t_i^g = \begin{cases} 1, & \text{если } P_i^g \in P^g \\ 0, & \text{если } P_i^g \notin P^g \end{cases} \quad (7)$$

С учетом сказанного, оценочная функция $g^{-\infty}$ бизнес-процесса определится формулой:

$$\zeta(P^g) = \sum_{i=1}^I (c_i^g * t_i^g) \quad (8)$$

где I – общее количество ЭБП в рассматриваемом бизнес-процессе.

На весь бизнес-процесс накладываются ограничения, связанные с ограниченным количеством ресурсов, задействованных в бизнес-процессе,

$$\sum_{i=1}^I (a_{ij}^g * t_i^g) R_p b_p, P = \overline{1, P}$$

где R_p – любое из отношений ($\leq, \geq, =$) (9)
 b_p – ограничение

а так же ограничения на количество ЭБП, которые могут выполняться в один момент времени. Как правило, такие ограничения имеют вид:

$$\sum_{i \in l} t_i^g = 1 \quad (10)$$

Здесь l - множество ЭБП, обладающих каким-либо одинаковым свойством. В соответствии с определением бизнес-процесса, в любом ЭБП присутствует такое свойство как функция. Таким образом, каждая переменная t_i^g будет присутствовать в ограничениях вида (10).

Обобщая все изложенное, ставится задача поиска минимума или максимума функции (8), с учетом системы ограничений (9), (10).

В качестве алгоритма решения задачи (8-10) предлагается модификация аддитивного алгоритма Балаша. Основным недостатком оригинального алгоритма является замедление работы при росте числа переменных. В сформулированной задаче оптимизации бизнес-процессов имеется ряд ограничений (10). Применение аддитивного алгоритма предполагает их преобразование к виду неравенств, но в соответствии с поставленной задачей эти ограничения имеют четко определенный характер и позволяют значительно снизить время решения задачи оптимизации.

В ходе решения задачи первоначально производится поиск неотрицательного плана задачи U^s , при котором определены значения некоторых переменных $x_j=1$ при $j \in J_s$. После получения неотрицательного вектора U^s , по «правилам возврата» выбирается некоторый план U^p , $p < s$, и процесс повторяется до получения плана U^t , при котором $z_t < z_s$ (либо до тех пор, пока не убедимся в отсутствии плана U^t). Получаемая таким образом последовательность планов U^k , $k=1, 2, \dots$ сходится к оптимальному плану задачи.

Сходимость алгоритма можно ускорить, если при определении множества J_s (таким образом и переменной t_j) исключить из рассмотрения остальные переменные t_n , которые образуют вместе с t_j равенство типа (10).

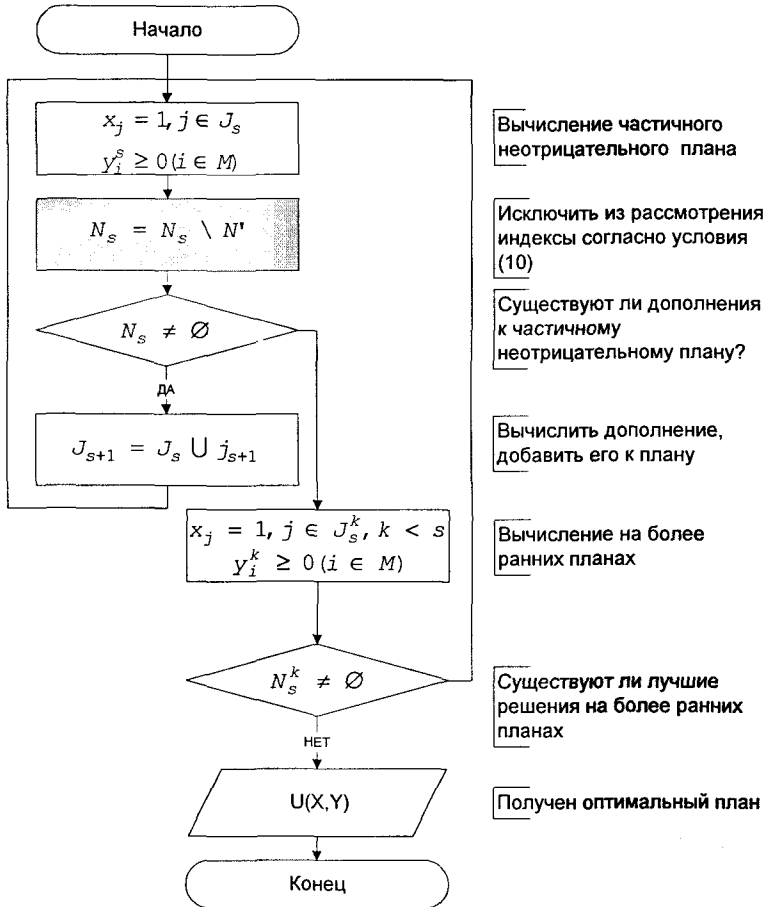


Рис. 2 Модификация аддитивного алгоритма

На рис.2 эта часть алгоритма выделена серым цветом. Множество N'_s определяется как множество j , которые можно вычеркнуть согласно условиям (10).

$$N'_s = \{j \mid j \in N; j' \in J_s; \sum x_j + x_{j'} = 1\} \quad (11)$$

Приводится описание алгоритма, доказательство его сходимости.

На основании полученных моделей в главе 3 предлагается способ автоматизированной генерации метаданных хранилища данных.

В третьей главе подробно освещаются вопросы предлагаемого способа разработки хранилища данных.

В результате применения описываемых в работе процедур упорядочения и исключения дублируемых элементов и избыточных взаимосвязей формируется структурированная матрица смежности B^c и соответствующее ей ордеререво $G^c(D, U)$. Они не содержат дублируемых элементов в группах данных и избыточных взаимосвязей между группами.

	d_{i-2}^d	d_{i-1}^d	d_i^d	d_{i+1}^d	d_{i+2}^d
d_{j-1}^a	SUM		SUM, AVG	SUM, AVG	SUM
d_j^a	SUM	SUM		SUM	SUM
d_{j+1}^a	AVG	MIN, MAX	AVG		

Рис. 3 Матрица вычисления агрегированных значений

Далее, в качестве ключевых атрибутов в каждой группе добавляется специальный уникальный номер d_i^{rk} , однозначно идентифицирующий группу. После этого строится матрица вычисления агрегированных значений (рис. 3), в которой задаются функции вычисления агрегатов d_j^a по информационным элементам d_i^d .

Модель загрузки данных в хранилище данных получается как объединение моделей уровня функционального и информационного представления. Для этого строится матрица синхронизации данных из различных источников (рис. 4). В ней указываются: d_j -информационный элемент; $d_j (APP_i)$ -формат представления информационного элемента в приложении APP_i ; $F(d (APP))$ - функция преобразования информационного элемента к тому виду, в котором он будет присутствовать в хранилище данных.

	...	APP_{i-1}	APP_i	APP_{i+1}	...	DW

D_j	...	$d_j (APP_{i-1})$	$d_j (APP_i)$	$d_j (APP_{i+1})$...	$F(d_j (APP))$

Рис. 4 Матрица синхронизации данных

Затем генерируется матрица доступа к ХД. Матрица доступа генерируется автоматически на основании модели данных, организационной модели и управляющей модели. После определения метаданных для определения требований к аппаратному обеспечению производится предварительная оценка размеров проектируемого хранилища данных.

Четвертая глава посвящена описанию практической реализации методики, а так же расчету экономического эффекта от её внедрения. Пример реализации рассматривается на базе хранилища данных для службы материально-технического снабжения. Приводятся результаты расчетов экономического эффекта, полученного в процессе внедрения хранилища данных.

В приложении приводятся результаты работы, иллюстрирующие ход выполнения предлагаемой методики.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатом работы является создание метода описания и реинжиниринга бизнес-процессов предприятия. Использование предлагаемых моделей позволяет управлять процессом реинжиниринга деятельности предприятия. Модифицирован и программно реализован алгоритм оптимизации бизнес-процессов. На основании описанных моделей предложен способ автоматизированной генерации метаданных для хранилищ данных. Реорганизованы основные бизнес-процессы и построено хранилище данных предприятия. Работа внедрена на ОАО «Электротехмаш», г. Вологда: в том числе:

- предложена обобщенная модель бизнес-процесса предприятия, на основании которой можно производить поиск лучших вариантов организации бизнес-процессов;
- разработан метод реинжиниринга бизнес-процессов предприятия;
- модифицирован аддитивный алгоритм Балаша применительно к решению поставленных задач;
- в терминах предложенной модели бизнес-процессов описан ряд важнейших бизнес-процессов производственного предприятия, проведена их оптимизация;
- разработано программное обеспечение, реализующее предлагаемые методы и алгоритмы;
- реорганизованные по предлагаемой методике бизнес-процессы внедрены в производство, что подтвердило правильность теоретической работы;
- разработана методика построения хранилища данных на базе модели бизнес-процесса;
- разработано и внедрено в эксплуатацию хранилище данных, что, как и в случае с моделью бизнес-процессов, подтвердило справедливость теоретических выкладок.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Смирнов П.А. Внедрение витрин данных на производственном предприятии. // Труды V международной электронной научной конференции. - Воронеж: ЦЧКИ, 2000 г., 1 с.

2. Смирнов П.А. Информационное обеспечение предприятий коммунальной энергетики. // «Новые информационные технологии». Тезисы докладов V Международной студенческой школы-семинара. М.: МГИЭМ, 1997 г., 1 с.

3. Смирнов П.А. Проектирование канонической модели хранилища данных. // Материалы международной научно-технической конференции «Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта». Вологда: ВоГТУ, 2001 г., 4 с.

4. Смирнов П.А. Реинжиниринг бизнес-процессов на базе современных информационных технологий. // Инновации в науке, образовании и производстве / Сб. трудов СПбГТУ под ред. В.Г. Колосова, И.Л. Туккеля - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002 г., 9 с.

5. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Алгоритм анализа бизнес-процессов для оптимизации по произвольному набору компонент// «Вузовская наука региону»: Материалы второй региональной научно-технической конференции. Вологда: ВоГТУ, 2001 г., 4 с.

6. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Моделирование предметной области при разработке хранилищ данных. // Сб. статей ВоГТУ. Вологда: ВоГТУ, 2000 г., 4 с.

7. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Постановка задачи оптимизации бизнес-процессов предприятия. // Инфотех-2001: Материалы конференции. Череповец, ЧГУ, 2001 г., 5 с.

8. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Практическое применение метода оптимизации бизнес-процессов по заданным критериям. // Инновации в науке, образовании и производстве / Сб.трудов СПбГТУ под ред. В.Г. Колосова, И.Л. Туккеля - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002 г., 7 с.

9. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Разработка структуры хранилища данных на базе модели деятельности предприятия. // Сб. статей ВоГТУ. Вологда: ВоГТУ, 2000 г., 4 с.

10. Смирнов П.А., Тупицин А.В. Создание информационной системы предприятия на основе витрин данных. // Материалы II-й международной конференции «Повышение эффективности теплообменных процессов и систем». Вологда: ВоГТУ, 2000 г., 3 с.

11. Смирнов П.А., Тупицин А.В., Фадеев В.В. Автоматизация анализа банковской финансовой информации. // Сборник научных трудов института в 2-х томах. Вологда: ВоПИ, 1998 г. Т1., 3 с.

12. Тупицин А.В., Смирнов П.А. Интеллектуальный анализ данных // Материалы I-й международной конференции «Повышение эффективности теплообменных процессов и систем». Вологда: ВоГТУ, 1998 г., 3 с.

13. Тупицин А.В., Смирнов П.А. Информационное обеспечение систем управления: Методические указания к лабораторным работам (часть первая). - Вологда: ВоПИ, 1998. - 40 с.

14. Тупицин А.В., Смирнов П.А. Информационное обеспечение систем управления: Методические указания к лабораторным работам (часть вторая). - Вологда: ВоПИ, 1998. - 27 с.

15. Тупицин А.В., Смирнов П.А. Формализованное описание бизнес-процесса для оптимизации по произвольному набору компонент // Вузовская наука региону: Материалы второй региональной научно-технической конференции. Вологда: ВоГТУ, 2001 г., 4 с.

16. Фадеев В.В., Смирнов П.А. Автоматизация учета и анализа МКО средствами Microsoft Office. // Научно-техническая конференция «Молодежь и наука – в XXI век»; Тезисы докладов. – Вологда: ВоПИ, 1998 г., 2 с.