

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 65.08

БОРОДАЕНКО  
Юлия Владимировна

**МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА И АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ  
ИНТЕГРАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ  
СЕТЯХ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.13.13 - Телекоммуникационные системы и  
компьютерные сети

Минск, 2008

**Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»**

**Научный руководитель:**

**Бахтизин Вячеслав Вениаминович,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой программного  
обеспечения информационных  
технологий учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет информатики и  
радиоэлектроники»**

**Официальные оппоненты:**

**Серенков Павел Степанович,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой стандартизации,  
метрологии и информационных систем  
«Белорусского национального  
технического университета»**

**Комличенко Виталий Николаевич,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой экономической  
информатики учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет информатики и  
радиоэлектроники»**

**Оппонирующая организация:**

**Академия управления при Президенте  
Республики Беларусь**

## **КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ**

Общемировые тенденции быстрого развития информационных технологий (ИТ) требуют рационального формирования и использования информационных ресурсов на предприятиях. При этом важной проблемой является интеграция (обеспечение информационной совместимости) технологически разнородных внутрикорпоративных приложений. Необходимость в интеграции вызвана тем, что информационная инфраструктура многих предприятий представляет собой "островки автоматизации", включающие приложения, приобретенные от разных поставщиков или разработанные в разное время, на разных технологиях, разными специалистами. Все эти приложения крайне сложно заставить работать согласованно, а это необходимо для информационной поддержки бизнес-процессов, повышающей степень автоматической обработки распределенной информации на предприятии.

Исследование качества интеграционных решений и разработка модели качества, позволяющей провести сравнительный анализ подходов к интеграции, являются востребованными в условиях динамично развивающегося рынка интеграционных продуктов, которые характеризуются различными свойствами, технологиями, предназначением. Выбор, разработка и реализация оптимального интеграционного проекта требует научного подхода к структуризации и оценки качества интеграционных решений. Данное направление исследования актуально для белорусских предприятий, у которых внедрение интеграционных решений находится на начальной стадии, что обуславливает слабую информационную поддержку производственных процессов со стороны ИТ. Разработанная модель интеграционного решения на основе сервис-ориентированной архитектуры, не требующая существенных инвестиций и характеризующаяся высокой сопровождаемостью и надежностью, является востребованной современными информационными системами предприятий. Модель оценки качества интеграционных решений, отражающая техническую эффективность информационной инфраструктуры предприятия, является актуальной в условиях стремительно развивающихся ИТ.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами и темами**

Диссертационное исследование выполнено в рамках двух НИР:

- «Разработка типовой сетевой технологии функционирования информационных ресурсов для систем электронной торговли на основе

международных стандартов и правил взаимодействия» (номер госрегистрации 20012497), включенной в Государственную программу «Информатизация» (ГПФИ);

– «Разработка инновационных и образовательных направлений с использованием информационных и Интернет технологий при подготовке управленческих кадров» (номер госрегистрации 20031725 от 07.07.2003).

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является оценка, сравнительный анализ и разработка интеграционных решений в корпоративных сетях, повышающих степень автоматической обработки распределенной информации на предприятиях. Цель определяет следующие задачи исследования:

1. Анализ технологий интеграционных решений и подходов к оценке их качества в корпоративных сетях.
2. Разработка модели качества интеграционных решений, позволяющей получить количественные оценки их характеристик.
3. Разработка методики сравнительного анализа интеграционных решений, позволяющей оценить их влияние на повышение степени автоматической обработки распределенной информации на предприятиях.
4. Разработка алгоритма принятия интеграционного решения и его программная реализация, позволяющие выбрать оптимальное интеграционное решение для конкретного предприятия.
5. Реализация и апробация модели интеграционного решения для отечественного предприятия, и оценка его эффективности.

*Объектом* исследования является качество интеграционных решений в корпоративных сетях предприятий. *Предметом* исследования выступает влияние интеграции корпоративных приложений на повышение степени автоматической обработки распределенной информации на предприятиях.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту**

1. Иерархическая модель качества (характеристики, подхарактеристики, метрики) интеграционных решений в корпоративных сетях, построенная на основе международного стандарта, позволяющая выявить и оценить эксплуатационные характеристики интеграционных решений (функциональность, надежность, сопровождаемость, мобильность), которые определяют целесообразность и эффективность внедрения интеграции на предприятиях.

2. Методика сравнительного анализа интеграционных решений на основе количественных оценок, полученных в результате разработки модели качества, что позволяет сравнить различные архитектуры интеграции (объектно-ориентированные, сервис-ориентированные, семантические Web-

сервисы), а также выявить направления повышения их эффективности и степени интеллектуализации.

3. Алгоритм принятия интеграционного решения, основанный на модели качества и методике сравнительного анализа, и его программная реализация, позволяющие экспертным путем исследовать характеристики различных моделей интеграции и рассчитать ключевые показатели интеграционного проекта исходя из параметров и требований конкретного предприятия.

4. Предложение интеграционного решения для корпоративной сети предприятия; новизной является развитие клиент-серверных технологий на основе сервис-ориентированной архитектуры и методика оценки ее эффективности, что позволило создать программное средство, не требующее высоких инвестиций на приобретение дорогостоящих импортных продуктов и значительной реструктуризации информационной инфраструктуры предприятия.

#### **Личный вклад соискателя**

Диссертационное исследование является квалификационной научной работой, выполненной соискателем самостоятельно на основе изучения отечественной и иностранной литературы в области интеграции приложений в корпоративных сетях, обобщения современного опыта управления бизнес-процессами и ИТ в Республике Беларусь (ИП “СамСолюшнс”), а также анализа качества интеграционных решений.

Основные выводы, теоретические положения и практические разработки принадлежат автору диссертации и составляют содержание данной работы. Научный руководитель и другие соавторы принимали участие в постановке задач, определении возможных путей решения, оценке результатов. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертационной работе результатов.

#### **Апробация результатов диссертации**

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на II и V международных научно-методических конференциях «Дистанционное обучение — образовательная среда XXI века» (Минск 2002, 2005), III Международной конференции «Нейронные сети и искусственный интеллект» (Минск 2003), II Международной конференции «Информационные системы и технологии» (Минск 2004).

#### **Опубликованность результатов**

По материалам выполненных исследований опубликовано 16 научных работ, в том числе монография в соавторстве и 5 статей в рецензируемых изданиях. Общее количество опубликованных материалов составляет 7,27

авторских листов, из них автору принадлежит 5,8 авторских листов. Без соавторства опубликовано 9 работ, из них 4 статьи в рецензируемых изданиях.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из титульного листа, оглавления, введения, общей характеристики работы, основной части, состоящей из четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа содержит 101 страницу основного текста, включая 55 рисунков и 20 таблиц; библиографический список из 111 наименований на 8 страницах, а также 6 приложений на 40 страницах. В главе 1 рассматриваются технологии интеграции приложений в корпоративных сетях, методы анализа их качества, а также проблемы интеграции бизнес-процессов. В главе 2 разработаны модель качества интеграционных решений в корпоративных сетях и методика их сравнительного анализа. В главе 3 предложены алгоритм и программная реализация системы поддержки принятия интеграционного решения исходя из требований и параметров предприятия. В главе 4 разработан вариант интеграции корпоративных приложений для ИТ-предприятия и его программная реализация, получены оценки качества и эффективности.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В **введении** приведена область исследования диссертационной работы и обоснована ее актуальность.

В **общей характеристике** работы сформулированы цель и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Анализ качества и технологий интеграционных решений в корпоративных сетях»** выявлены цели интеграции приложений в корпоративных сетях: необходимость информационной поддержки бизнес-процессов; снижение трудоемкости поддержки информационной инфраструктуры предприятия и повышение ее адаптации к меняющимся условиям; развитие электронного взаимодействия. Приведены основные подходы к интеграции приложений (на основе удаленных вызовов процедур RPC, обмена сообщениями XML, сервис-ориентированной архитектуры SOA, семантических Web-сервисов), выявлены их достоинства и недостатки. Произведен анализ исследований в области качества интеграционного решения в сети, выявлены недостаточные результаты количественных оценок решений и сравнительного анализа решений на основе стандарта качества.

Проанализированы вопросы интеграции бизнес-процессов на предприятии, включающие распределенное взаимодействие корпоративных приложений в сети и внешних систем. Выявлена связь между интеграцией приложений и управлением бизнес-процессами, выраженная в следующем: разрозненность приложений (отсутствие интеграции) обуславливает отсутствие

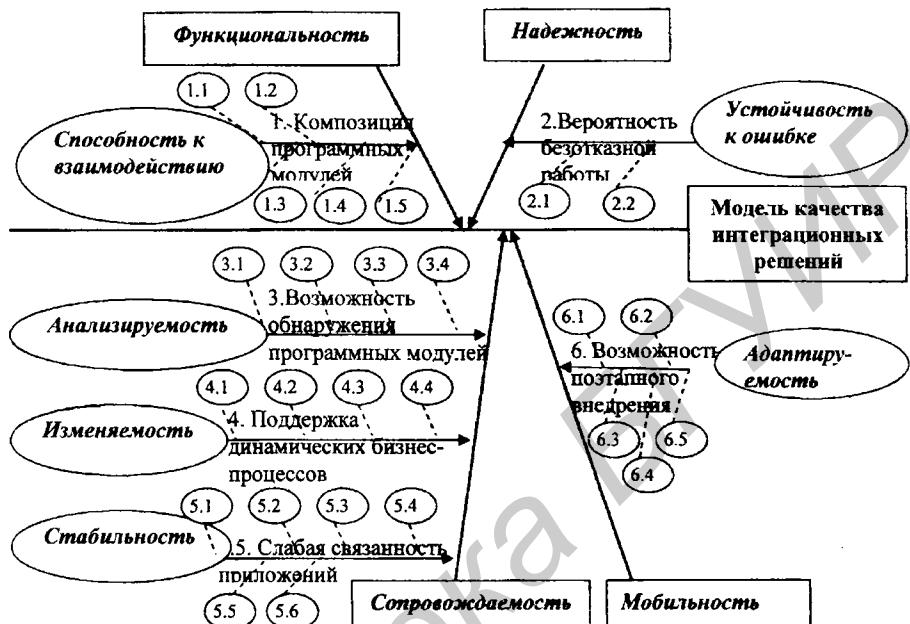
единого информационного пространства для функционирования процессов; тесная связанность приложений обуславливает трудоемкость поддержки процессов; тесная связанность логики приложений и логики процессов обуславливает трудоемкость изменения процессов. Выявлено также, что улучшение информационной поддержки бизнес-процессов, обеспечиваемое интеграцией приложений, способствует повышению степени автоматической обработки распределенной информации на предприятии.

Приведены проблемы интеграции предприятий, находящихся на начальной стадии внедрения электронного бизнеса, выявлено отсутствие методики оценки качества и эффективности интеграционных решений, а также недостаточная формализация процесса принятия интеграционного решения на предприятии. В результате анализа, проведенного в первой главе работы, были сформулированы задачи: разработать модель качества как основу сравнительного анализа интеграционных решений, разработать алгоритм поддержки принятия интеграционного решения, реализовать интеграционное решение для отечественного предприятия и оценить его качество и эффективность.

Во второй главе «Разработка модели качества интеграционных решений в корпоративных сетях» разработана иерархическая модель качества, которая основывается на международном стандарте ISO 9126. Среди множества характеристик и соответствующих им подхарактеристик данного стандарта выбраны ключевые для предметной области интеграционных решений, отражающие их эксплуатационные свойства и информационную надежность. Подхарактеристика *способность к взаимодействию* отражает основное предназначение интеграции; *устойчивость* интеграционного решения к ошибке определяет способность поддерживать заданный уровень качества функционирования бизнес-процессов; *анализируемость, изменяемость и стабильность* отражают трудоемкость сопровождения; *адаптируемость* – трудоемкость адаптации интеграционного решения к информационной системе предприятия. На основе данных подхарактеристик разработаны метрики, соответствующие предметной области исследования, для возможности количественной оценки метрик предложены атрибуты. Разработанные метрики интеграционных решений позволили выявить технологические различия их архитектур, а атрибуты метрик – научно обосновать и оценить данные различия.

Поскольку между метриками и подхарактеристиками существуют отношения типа причина-результат, графическое представление модели качества выполнено в соответствии с диаграммой причин и результатов, включенной в японский промышленный стандарт (JIS) на терминологию в области контроля качества. На верхнем уровне иерархии модели качества

расположены характеристики и подхарактеристики, на нижнем – метрики и атрибуты, последние пронумерованы и приведены под рисунком 1.



1.1 – рекурсивная композиция, 1.2 – отсутствие зависимости от состояния, 1.3 – открытые стандарты описания программных модулей, 1.4 – автоматизация поиска программных модулей, 1.5 – автоматизация использования программных модулей; 2.1 – количество функциональных зависимостей в системе, 2.2 – вероятность безотказной работы интеграционного ПО; 3.1 – описание интерфейса представлено в текстовом виде, 3.2 – автоматическая анализируемость интерфейса, 3.3 – описание интерфейса сопровождается метаданными, 3.4 – открытые каталоги интерфейсов; 4.1 – отделение логики процесса от логики интегрируемых приложений, 4.2 – открытый стандарт описания бизнес-процесса, 4.3 – поддержка децентрализованного управления бизнес-процессами, 4.4 – описание бизнес-процесса содержит абстрактную и исполняемую части; 5.1 – независимость приложений от физического адреса; 5.2 – независимость от языка и платформы; 5.3 – независимость от типов данных интерфейса; 5.4 – независимость от протокола взаимодействия, 5.5 – независимость от формата сообщений, 5.6 – независимость от готовности сервера; 6.1 – разработка интеграционного ПО собственными усилиями, 6.2 – сохранение унаследованных приложений, 6.3 – независимость от поставщика компонентов интеграционного ПО, 6.4 – расширяемость интеграционного ПО, 6.5 – использование ПО, отвечающего открытым стандартам

Рисунок 1 – Модель качества интеграционных решений в виде диаграммы причин и результатов

Разработана методика оценки метрик, базирующаяся на общепринятой практике приводить оценку метрики к виду:

$$X = A/B, \quad (1)$$

где  $X$  – значение метрики в диапазоне от 0 до 1;  $A$  – измеренное значение;  $B$  – базовое значение. Поскольку объектом оценки является архитектура, а не реализация интеграционного решения, и нельзя заранее измерить ее параметры, сильно зависящие от реализации, то для определения метрики использован расчетный метод. Для каждой метрики разработаны оригинальные атрибуты, удовлетворяющие условию: каждому атрибуту может быть однозначно присвоена оценка 0 или 1 в зависимости от того, поддерживается ли условие данного атрибута архитектурой интеграционного решения. Для возможности адаптации предприятием атрибутов под свои требования в систему оценки метрик введены веса, соответствующие сравнительной важности отдельных атрибутов в случае данного интеграционного решения, и формула оценки (1) приобретает вид:

$$m = \frac{\sum_{j=1}^B a_j k_j}{\sum_{j=1}^B k_j}, \quad (2)$$

где  $m$  – оценка метрики;  $B$  – общее количество атрибутов метрики;  $a_j$  – оценка, поставленная  $j$ -му атрибуту (0 или 1);  $k_j$  – вес  $j$ -го элемента.

В работе были исследованы следующие модели интеграционных решений (рисунок 2): **RPC** и **EAI**, объединяющее приложения ( $\Pi$ ) на основе технологии удаленного вызова процедур (RPC) и интеграционного сервера (EAI) соответственно; **Web-сервисы** и **ESB**, объединяющее Web-сервисы (WS) на основе топологии точка-точка и шины корпоративных сервисов соответственно; **семантические Web-сервисы** (SWWS), сопровождаемые онтологиями, что позволяет автоматизировать поиск и использование сервисов программами-агентами и является направлением интеллектуализации распределенного взаимодействия.

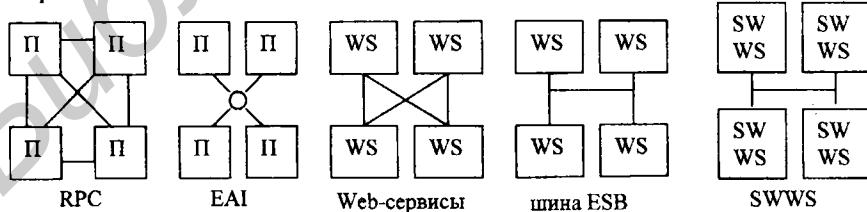


Рисунок 2 – Модели интеграционных решений

Для оценки влияния функциональных зависимостей в системе, обусловленных интеграцией приложений, на корректное функционирование бизнес-процессов введена метрика *вероятность безотказной работы интеграционных решений* в рамках подхарактеристики *устойчивость к ошибке*. При условии, что все интерфейсы одного приложения могут потенциально взаимодействовать со всеми интерфейсами других приложений и нерабочее состояние одного из них повлечет некорректное функционирование бизнес-процессов, вероятность безотказной работы интеграционных решений определяется как произведение вероятностей безотказной работы его компонентов. Используя количество функциональных зависимостей в системе, были получены формулы для определения вероятности безотказной работы  $R$  при интеграции на основе *RPC* (3), *Web-сервисов* (4), брокера *EAI* (5), шины сервисов *ESB* (6):

$$R_{RPC}(n) = p_{RPC}^{n(n-1)}, \quad (3)$$

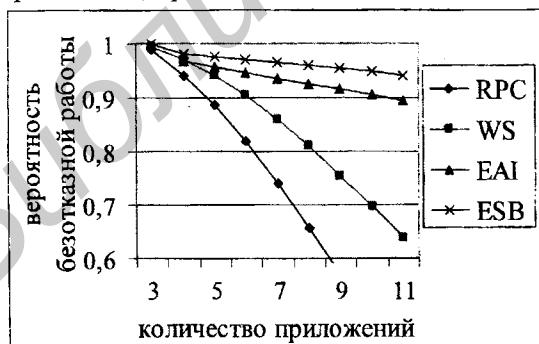
$$R_{WS}(n) = p_{WS}^{n(n-1)}, \quad (4)$$

$$R_{EAI}(n) = p_{HUB}^n P_{EAI}^n, \quad (5)$$

$$R_{ESB}(n) = p_{BUS}^n P_{WS}^n, \quad (6)$$

где  $n$  – число приложений;  $p_{RPC}$  – вероятность безотказной работы интерфейса при интеграции *RPC*;  $p_{WS}$  – вероятность безотказной работы интерфейса при интеграции *Web-сервисов*;  $p_{EAI}$  – вероятность безотказной работы интерфейса при интеграции *EAI*;  $p_{HUB}$  – вероятность безотказной работы сервера *EAI*;  $p_{BUS}$  – вероятность безотказной работы шины *ESB*.

Были получены графики (рисунок 3), отражающие уменьшение вероятности безотказной работы интеграционных решений с ростом числа приложений, при этом для моделей точка-точка (*RPC* и *Web-сервисы*) данное



уменьшение наиболее существенно. Выявлено, что интеграционное решение *WS* характеризуется более высоким показателем вероятности безотказной работы по сравнению с *RPC*, благодаря стандартной технологии

**Рисунок 3 – Сравнительный анализ надежности интеграционных решений преобразования данных на основе XML.** Для небольших предприятий, не располагающих средствами для приобретения дорогостоящих продуктов *ESB*

преобразования данных на основе XML. Для небольших предприятий, не располагающих средствами для приобретения дорогостоящих продуктов ESB или EAI, интеграция информационных ресурсов на основе Web-сервисов является оптимальным решением.

В результате разработки модели качества были получены количественные оценки метрик и подхарактеристик, что позволило разработать методику сравнительного анализа качества интеграционных решений по их эксплуатационным характеристикам (функциональность, надежность, сопровождаемость, мобильность) (рисунок 4).

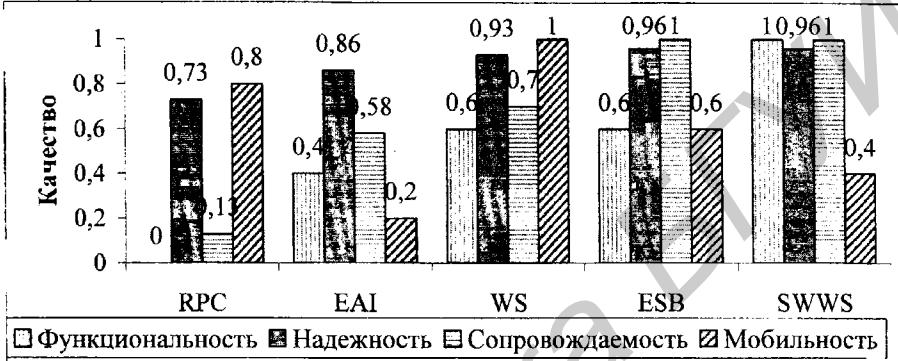
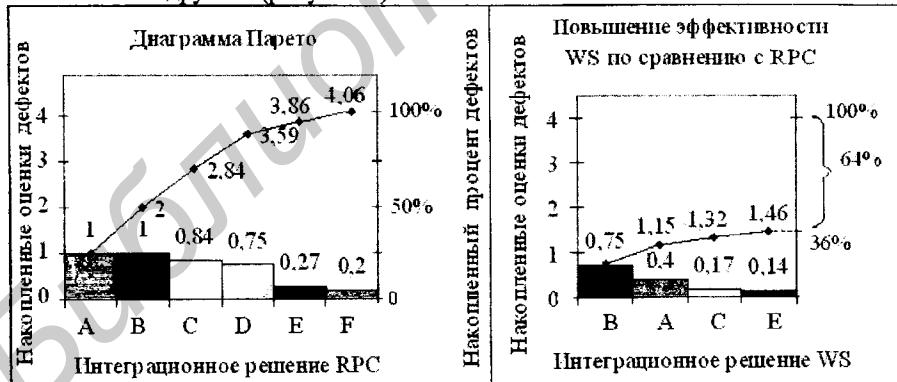


Рисунок 4 – Сравнительный анализ качества интеграционных решений

Методика сравнительного анализа включает в себя также анализ подхарактеристик на основе диаграмм Парето, что позволило получить количественную оценку повышения эффективности одного решения относительно другого (рисунок 5).



А – способность к взаимодействию, В - изменяемость, С – стабильность, D – анализируемость, Е – устойчивость к ошибке, F – адаптируемость

Рисунок 5 – Сравнительный анализ эффективности интеграционных решений RPC и WS на основе диаграмм Парето

Повышение эффективности интеграционного решения выражается в повышении степени автоматической обработки распределенной информации на предприятии, обеспечиваемой информационной поддержкой бизнес-процессов. Для расчета процентного показателя  $x$  повышения эффективности одного решения относительно базового (рисунок 5) использована формула:

$$x = 100 - \frac{100 \sum_{i=1}^n p_{ii}}{\sum_{i=1}^m p_{oi}} = 100 - \frac{100 \sum_{i=1}^n (1-s_{ii})}{\sum_{i=1}^m (1-s_{oi})}, \quad (7)$$

где  $p_{ii}$  – оценка  $i$ -го дефекта интеграционного решения;  $n$  – количество дефектов интеграционного решения;  $p_{oi}$  – оценка  $i$ -го дефекта базового интеграционного решения;  $m$  – количество дефектов базового интеграционного решения;  $s_{ii}$  – оценка  $i$ -й подхарактеристики интеграционного решения;  $s_{oi}$  – оценка  $i$ -й подхарактеристики базового интеграционного решения.

Методика сравнительного анализа интеграционных решений на основе разработанной модели качества и диаграмм Парето позволила получить следующие количественные оценки (таблица 1), отражающие повышение эффективности одного решения (строки таблицы 1) относительно базового решения (столбцы таблицы 1).

Таблица 1 – Оценки повышения эффективности интеграционных решений

Базовое интеграционное решение	Повышение эффективности интеграционного решения по сравнению с базовым, %				
	RPC	EAI	WS	ESB	SWWS
RPC	–	26,84	64	79,2	84,23
EAI	–	–	50,84	71,71	78,45
WS	–	–	–	42,5	56,16
ESB	–	–	–	–	23,8
SWWS	–	–	–	–	–

Последний столбец таблицы 1 (решение SWWS) отражает повышение степени интеллектуализации семантических Web-сервисов по сравнению с существующими технологиями интеграции корпоративных приложений.

В третьей главе «Разработка алгоритма и программного средства поддержки принятия интеграционного решения» приведены алгоритм и программная реализация модулей оценки качества и эффективности, что позволяет экспертным путем исследовать характеристики различных моделей интеграции и рассчитать ключевые показатели интеграционного проекта, исходя из параметров конкретного предприятия. Для графического представления алгоритма использованы диаграммы UML как стандарт моделирования процессов и архитектур (рисунки 6, 7).

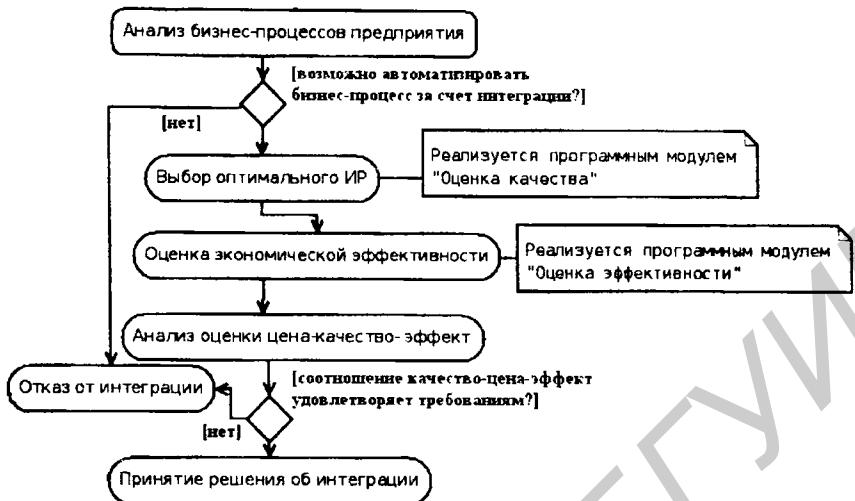


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма принятия интеграционного решения

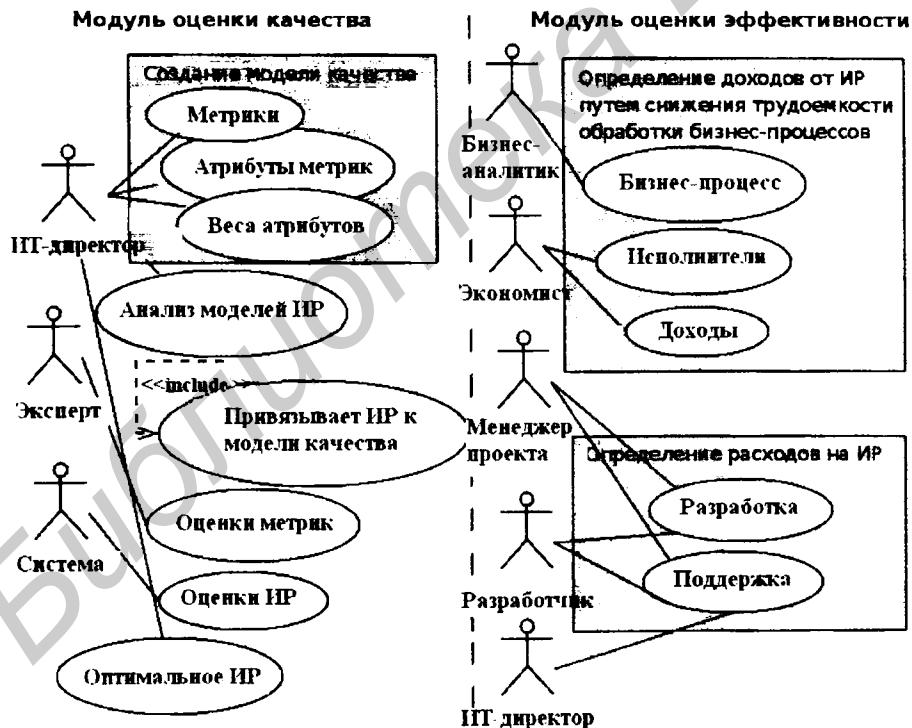


Рисунок 7 – UML-диаграммы использования блоков оценки качества и экономической эффективности

На рисунке 6 изображена блок-схема алгоритма принятия интеграционного решения, на рисунке 7 – диаграммы использования (Use case) модулей оценки качества и эффективности с указанием лиц и выполняемых ими действий. Разработанный алгоритм включает в себя следующие операции.

1. Анализ бизнес-процессов предприятия и выявление тех из них, степень автоматизации которых может быть повышена за счет интеграции приложений.
2. Оценка моделей интеграционных решений на основе разработанной модели качества и диаграмм Парето, анализ полученных оценок.
3. Расчет ключевых экономических показателей интеграционного проекта исходя из параметров конкретного предприятия.
4. Принятие решения о проекте, исходя из оценок качества, цены, экономической эффективности.

Архитектура модулей оценки качества и эффективности приведена на рисунке 8 в виде диаграмм классов UML: интеграционное решение реализовано с помощью класса Решение, который привязывается к классу Модель качества, содержащему массив атрибутов метрик, являющимся одним из атрибутов класса Оценки. Оценка эффективности интеграционного решения реализуется классом Эффективность (рисунок 8), имеющим 4 атрибута, каждый из которых хранит описание одного из следующих бизнес-процессов: расходы до интеграции, расходы после интеграции, расходы на разработку и поддержку интеграционного решения соответственно.

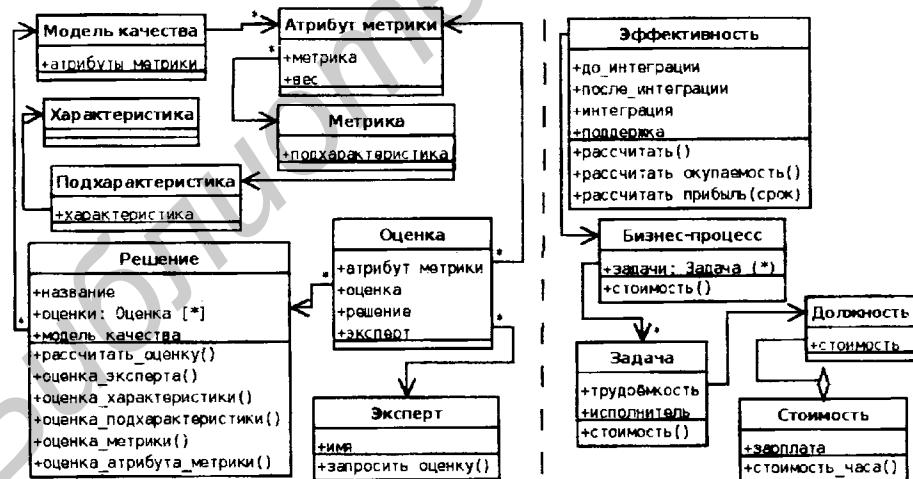


Рисунок 8 – Диаграмма классов, реализующих оценку качества и эффективности интеграционного решения

Архитектура приложения соответствует модели MVC (Model-View-Controller, модель-представление-поведение): поведение приложения определяется программным кодом на языке Ruby, модель загружается из файла данных YAML, пользовательский интерфейс инициализируется библиотекой Glade на основе внешнего XML-описания. Данная методология является общепризнанным стандартом разработки графических и Web-приложений и обеспечивает простоту их поддержки и модификации, что позволяет использовать программное средство для поддержки принятия интеграционного решения в производственных и обучающих задачах.

В четвертой главе «Реализация интеграционного решения на основе сервис-ориентированной архитектуры для корпоративной сети» предложено интеграционное решение на основе Web-сервисов для отечественного ИТ-предприятия. При анализе бизнес-процесса «управление заказами» была выявлена проблема его неэффективности, связанная с отсутствием интеграции источников информации о квалификации и занятости сотрудников, предоставляемой приложениями HR (Human Resource, управление персоналом) и PM (Project Management, управление проектами) соответственно. С использованием разработанной модели качества была предложена модель интеграции на основе Web-сервиса, управляющая взаимодействием приложений PM и HR (рисунок 9), повышающая степень автоматизации указанного бизнес-процесса и развивающая клиент-серверные технологии на предприятии.

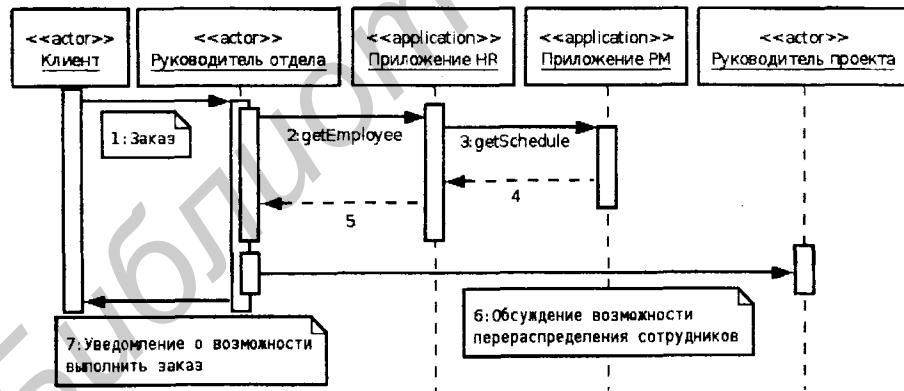


Рисунок 9 – UML диаграмма последовательности бизнес-процесса «управление заказами», поддерживаемого Web-сервисом

Разработана архитектура Web-сервиса (рисунок 10), включающего операции по обновлению данных о навыках сотрудников (experience) и динамическому извлечению их текущей занятости (schedule). Разработан

интерфейс Web-сервиса, схемы данных XSD и описание интерфейса WSDL, позволяющие реализовать интеграцию приложений.

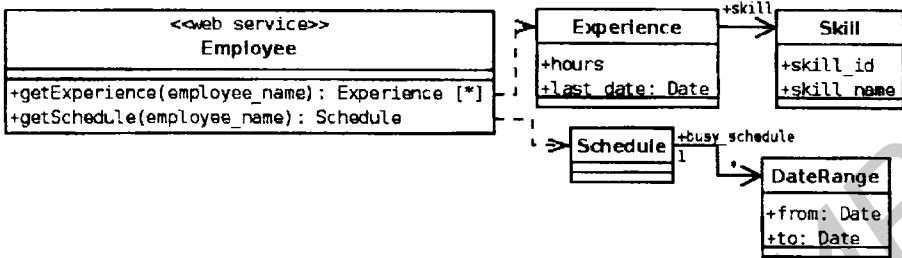


Рисунок 10 – UML диаграмма классов Web сервиса Employee

На стороне сервера РМ на языке PHP разработана реализация Web-сервиса, извлекающего данные о сотрудниках и передающего их по протоколу SOAP; на стороне клиента HR на языке Ruby разработана реализация клиента, записывающего данные о сотрудниках из SOAP-сообщения в собственную БД, что позволило автоматизировать процесс управления заказами. Произведена оценка качества интеграционного решения на основе разработанной модели; выявлено, что для повышения качества необходимо дальнейшее построение SOA на предприятии на основе динамических документов BPEL. Разработана методика оценки эффективности SOA, что позволило определить ключевые параметры интеграционного проекта и рассчитать прибыль в долгосрочном периоде с учетом коэффициента дисконтирования (рисунок 11).

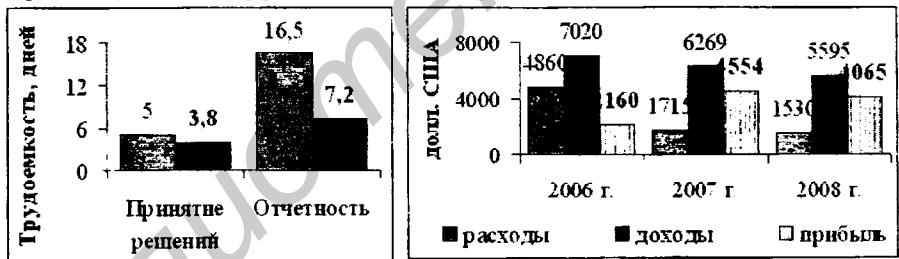


Рисунок 11 – Эффект от внедрения интеграционного решения, выраженный в снижении трудоемкости обработки бизнес-процесса управления заказами

Получена формула для определения срока окупаемости  $x$  интеграционного проекта:

$$x = \frac{P_{разр}}{P_0 - P_{шт} - P_{подд}}, \quad (8)$$

где  $P_0$  и  $P_{шт}$  – расходы (в месяц) на обработку бизнес-процесса в отсутствии и при наличии интеграции соответственно;  $P_{разр}$  и  $P_{подд}$  – стоимость разработки и расходы на поддержку (в месяц) интеграционного решения соответственно.

Установлено, что срок окупаемости (около 7 месяцев) является небольшим для белорусских предприятий, ориентирующихся на краткосрочные

инвестиционные проекты. С учетом того, что данные инвестиции носят не только технологический, но и инновационно-интеллектуальный характер, был сделан вывод об эффективности интеграции на основе Web-сервисов. Для крупных предприятий полная интеграция всех бизнес-процессов может потребовать от 1 до 5 лет, соответственно увеличится срок окупаемости, однако и тогда возможность поэтапной разработки интеграционных решений на основе SOA обеспечит краткосрочный возврат инвестиций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

Основные научные результаты диссертационной работы следующие:

1. Выявлены и проанализированы интеграционные решения как технологии распределенной обработки информации, позволяющие повысить степень автоматической обработки распределенных данных на предприятии. Отражены проблемы, с которыми сталкивается отечественное предприятие, находящееся на начальной стадии интеграции корпоративных приложений, приведены современные технологии в области повышения интеллектуализации взаимодействия приложений. [12–А, 13–А, 14–А, 16–А].

2. Разработана иерархическая модель качества интеграционных решений в корпоративных сетях, включающая характеристики, подхарактеристики, метрики. Новизной модели является выявление и количественная оценка эксплуатационных характеристик интеграционных решений (функциональность, надежность, сопровождаемость, мобильность), что позволило обосновать эффективность внедрения сервис-ориентированной архитектуры (решения Web-сервисы, ESB, SWWS). [3–А, 4–А, 10–А 15–А, 7–А].

3. Разработана методика сравнительного анализа интеграционных решений (RPC, EAI, Web-сервисы, ESB, семантические Web-сервисы), основанная на модели качества и диаграммах Парето. Результаты сравнительного анализа интеграционных решений позволили оценить их влияние на степень автоматической обработки распределенной информации на предприятии, а также выявить направления повышения их эффективности и степени интеллектуализации. [3–А, 5–А , 6–А, 9–А].

4. Разработан алгоритм поддержки принятия интеграционного решения, включающий программную реализацию оценки качества и экономической эффективности. Реализация основана на технологиях разработки графических и Web-приложений UML и MVC, обеспечивающих простоту поддержки и модификации, что позволяет использовать программное средство в производственных и обучающих задачах. Апробация модели качества с помощью программного средства отразила высокую степень информационной поддержки сервис-ориентированной архитектурой бизнес-процессов

предприятия и позволила выбрать оптимальное интеграционное решение для предприятий Республики Беларусь. [1-А, 7-А].

5. На основе модели качества и ее программной реализации разработано интеграционное решение на основе Web-сервисов для отечественного ИТ-предприятия, что позволило автоматизировать обработку бизнес-процесса управления заказами, и явилось развитием клиент-серверных технологий на данном предприятии. Разработана методика оценки эффективности сервис-ориентированной архитектуры, что в отличие от известных результатов позволило определить элементы стратегии развития сетевых ИТ в долгосрочном периоде. [8-А, 11-А].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Одним из практических результатов исследования является отражение на примере конкретного ИТ-предприятия эффективности интеграционного решения на основе сервис-ориентированной архитектуры в корпоративной сети (акт о внедрении от 16.06.2006), которое не требует высоких первоначальных инвестиций, что особенно актуально для предприятий РБ. Повышена автоматизация обработки бизнес-процесса управления заказами в корпоративной сети предприятия, что позволило снизить трудоемкость процесса принятия решений по заказам (в 1,3 раза) и процесса составления отчетности (в 2 раза). Сделаны рекомендации по дальнейшей интеграции приложений предприятия на основе сервис-ориентированной архитектуры: отделить логику процесса взаимодействия приложений РМ и HR от логики самих приложений, используя технологии BPEL. Отмечено, что информационная инфраструктура предприятия является типичной для большинства предприятий малого и среднего бизнеса сектора ИТ, поэтому разработанные интеграционные модели и рекомендации могут быть использованы и на других предприятиях РБ.

Другим практическим результатом исследования является программное средство, обеспечивающее информационную поддержку принятия интеграционного решения в корпоративных сетях. Модуль оценки качества интеграционного решения позволяет экспертным путем исследовать определенные свойства различных вариантов интеграции, что является востребованным в процессе производства и обучения специалистов; модуль оценки эффективности позволяет рассчитать ключевые экономические показатели интеграционного проекта, исходя из параметров конкретного предприятия. Данная система оценки интеграционного решения была внедрена в обучающий процесс Минского института управления (акт о внедрении от 06.06.2007), Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (акт о внедрении от 08.02.2008).

# **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

## **Монография:**

1–А. Вишняков, В.А. Методы и средства информационного управления / В.А. Вишняков, Ю.В. Бородаенко, А.П. Ковалев. – Минск, МИУ, 2006. – 215 с.

## **Статьи:**

2–А. Бородаенко, Ю.В. Направления интеграции разнородных информационных систем в электронном бизнесе B2B / Ю.В. Бородаенко // Известия Белорусской инженерной академии. – 2004. – 1(17)/2. – С. 234–237.

3–А. Бородаенко, Ю.В. Разработка модели интеграционного решения для сети Интранет на базе P2P архитектуры / Ю.В. Бородаенко // Доклады БГУИР. – 2004. – №4. – С. 159–162.

4–А. Бородаенко, Ю.В. Взаимодействие компьютерных систем в семантическом пространстве Web / Ю.В. Бородаенко // Известия Белорусской инженерной академии. – 2004. – 2(18)/1. – С. 81–82.

5–А. Бородаенко, Ю.В. Интеграционные решения для корпоративной информационной системы / Ю.В. Бородаенко // Известия Белорусской инженерной академии. – 2005. – 2(20)/1. – С. 142–144.

6–А. Бахтизин, В.В. Модели интеграционных решений на предприятии и их надежность / В.В. Бахтизин, Ю.В. Бородаенко // Доклады БГУИР. – 2007. – №4. – С. 145–149.

## **Статьи в сборниках трудов:**

7–А. Вишняков, В.А. Разработка концепции электронной коммерции и маркетинга на базе системы классификации eCl@ss / В.А. Вишняков, Ю.В. Бородаенко, А.П. Ковалев // Труды Минского института управления. – Минск, МИУ, 2004. – Научный сборник, вып. 5. – С. 53–58.

8–А. Вишняков, В.А. Модель интеграции приложений в сетевой экономике с использованием технологий Web-сервисов / В.А. Вишняков, Ю.В. Бородаенко // Труды Минского института управления. – Минск, МИУ, 2005. – Научный сборник, вып. 6. – С. 63–68.

## **Материалы конференций:**

9–А. Vishnyakov, V. Intelligence Business Process Approach to Electronic Commerce / V. Vishnyakov, J. Borodaenko // Нейронные сети и искусственный интеллект: материалы 3-й Межд. конф., Минск 10-14 ноября 2003 г. / БГУИР; под ред. Р.Х. Садыхова [и др.]. – Минск, 2003. – С. 196–200.

10–A.Borodaenko, J. Using Semantic E-Business Model to Overcome Isolation of Business Logics from its Implementation / J. Borodaenko // Информационные системы и технологии: материалы 3-й Межд. конф. Минск,

8-10 ноября 2004 г. / Академия управления при Президенте РБ; под ред. А.Н. Курбацкого [и др.]. – Минск, 2004. – С. 167–171.

#### Тезисы докладов:

11—А.Бородаенко, Ю.В. Анализ бизнес-процессов в цифровой экономике и перспективы их развития / Ю.В. Бородаенко, В.А. Вишняков // Управление в социальных и экономических системах: материалы IX Межд. науч.-практ. конф., Минск, 18-19 декабря 2001 г. / МИУ; под ред. И.П. Суши [и др.]. – Минск, 2002. – С.102–104.

12—А.Бородаенко, Ю.В. Бизнес-процессы в цифровой экономике и дистанционное обучение / Ю. В. Бородаенко, В.А. Вишняков // Дистанционное обучение — образовательная среда XXI века: материалы II Межд. науч.-метод. конф., Минск, 26-28 ноября 2002 г. / БГУИР; под ред. М.П. Батуры [и др.]. – Минск, 2002. – С. 219–221.

13—A. Borodaenko, J. Information Technologies in Network Economy and Generations of Web / J. Borodaenko // Управление в социальных и экономических системах: материалы X Межд. науч.-практ. конф., Минск, 16-20 декабря 2002 г. / МИУ; под ред. И.П. Суши [и др.]. – Минск, 2003. – С.78.

14—А.Бородаенко, Ю.В. Семантическое взаимодействие распределенных систем в сетевой экономике / Ю.В. Бородаенко // Актуальные проблемы современной экономики: материалы респ. конф. молодых ученых, Минск, 25 ноября 2004 г. / Бел. гос. экон. ун-т; редкол.: В.Н. Шимов [и др.]. — Минск, 2005. – Вып. 2. – С.20–21.

15—А.Бородаенко, Ю.В. Проблемы интеграции информационных ресурсов в образовательных системах / Ю.В. Бородаенко, В.В. Бахтизин // Дистанционное обучение — образовательная среда XXI века: материалы V Межд. науч.-метод. конф., Минск, 10-11 ноября 2005 г. / БГУИР; под ред. М.П. Батуры [и др.]. – Минск, 2005. – С. 346–347.

16—А.Бородаенко, Ю.В. Технологии интеграции корпоративных приложений / Ю.В. Бородаенко // Экономическое развитие общества: инновации, информатизация, системный подход: материалы межд. науч.-практ. конф., Минск, 22-23 апреля 2008 г. / БГУИР; под ред. Е.Н. Живицкой [и др.]. – Минск: Парадокс, 2008. – С. 182–184.

#### Учебное пособие:

17—А.Вишняков, В.А. Модель качества интеграционных решений в корпоративных сетях для электронного бизнеса / В.А. Вишняков, Ю.В. Бородаенко // Основы электронного бизнеса и коммерции. – Мн.: изд-во МИУ, 2008. – Гл. 9. – С.146–169.

Барадаенка Юлія Уладзіміраўна

Мадэль якасці і алгарытм рэалізацыі інтэграцыйных рашэнняў у карпаратыўных сетках

*Ключавыя слова:* інтэграцыйнае рашэнне, мадэль якасці інтэграцыйных рашэнняў, карпаратыўная сетка, сэрвіс-арыентаваная архітэктура, Web-сэрвісы, шына карпаратыўных сервяроў, семантычнае павуцінне Web.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца якасць інтэграцыйных рашэнняў у карпаратыўных сетках прадпрыемства. Прадметам даследавання выступае ўплыў інтэграцыі карпаратыўных дастасаванняў на ўзрост ступені аўтаматычнай апрацоўкі раскіданай інфармацыі на прадпрыемстве.

Мэтай работы з'яўляецца адзнака, паразыналны аналіз і выпрацоўка інтэграцыйных рашэнняў у карпаратыўных сетках, якія павышаюць ступень аўтаматычнай апрацоўкі раскіданай інфармацыі на прадпрыемстве.

Навуковая навіна атрыманых вынікаў заключаецца ў распрацоўцы мадэлі якасці інтэграцыйных рашэнняў у карпаратыўных сетках і методыцы іх паразыналнага аналізу, якія дазваляюць адзначыць тэхнолагіі інтэграцыі і выбраць алтымальнае інтэграцыйнае рашэнне. У выніку даследавання распрацаваны метрыкі якасці і іх атрыбуты, якія дазволілі растлумачыць высокія эксплуатацыйныя характеристыкі сэрвіс-арыентаванай архітэктуры, выявіць накірункі павышэння іх эфектыўнасці і ступені інтэлектуальнасці.

Распрацаваны алгарытм прыніція інтэграцыйнага рашэння, які заснованы на мадэлі якасці і методыцы паразыналнага аналізу, і яго праграмная рэалізацыя, якія дазваляюць экспертыным шляхам даследваць характеристыкі мадэлі інтэграцыі і разлічыць іх галоўныя паказчыкі зыходзячы з патрабаваннямі канкRETнага прадпрыемства. Распрацавана і рэалізавана інтэграцыйнае рашэнне на аснове Web-сэрвісаў для айчыннага прадпрыемства сектару IT, якое павышае ступень аўтаматычнай апрацоўкі бізнес-працэса «кіраванне замовамі» і развівае кліент-сэрверныя тэхнолагіі на прадпрыемстве. Паказана якасць і эфектыўнасць распрацаванага інтэграцыйнага рашэння.

# РЕЗЮМЕ

Бородаенко Юлия Владимировна

## Модель качества и алгоритм реализации интеграционных решений в корпоративных сетях

*Ключевые слова:* интеграционное решение, модель качества интеграционного решения, корпоративная сеть, сервис-ориентированная архитектура, Web-сервисы, шина корпоративных сервисов, семантические Web-сервисы.

Объектом исследования является качество интеграционных решений в корпоративных сетях предприятий. Предметом исследования выступает влияние интеграции корпоративных приложений на повышение степени автоматической обработки распределенной информации на предприятии.

Целью диссертационной работы является оценка, сравнительный анализ и разработка интеграционных решений в корпоративных сетях, позволяющих повысить степень автоматической обработки распределенных данных на предприятии.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке модели качества интеграционных решений и методики их сравнительного анализа, позволяющих оценить технологии интеграции в корпоративных сетях и выбрать оптимальное интеграционное решение. В результате исследования разработаны и оценены метрики качества, позволившие обосновать высокие эксплуатационные характеристики сервис-ориентированной архитектуры, а также выявить направления повышения эффективности и степени интеллектуализации интеграционных решений.

Разработан алгоритм принятия интеграционного решения, основанный на модели качества и методике сравнительного анализа, и его программная реализация, позволяющие экспертным путем исследовать характеристики различных моделей интеграции и рассчитать ключевые показатели интеграционного проекта исходя из параметров и требований конкретного предприятия. Разработано и реализовано интеграционное решение на основе Web-сервисов для отечественного предприятия сектора ИТ, повышающее степень автоматизации производственного процесса «управление заказами» и развивающее клиент-серверные технологии на предприятии. Определены показатели качества и экономической эффективности разработанного интеграционного решения.

# RESUME

Julia V. Borodaenko

## The Quality Model and Implementation Algorithm of the Integration Solutions for Enterprise Network

*Keywords:* integration solution, integration solution quality model, enterprise network, service-oriented architecture, Web Service, enterprise service bus, Semantic Web.

The object of the research is the quality of integration solutions developed for enterprise network. The subject of the research is the influence of integration solutions on the degree of automated processing of distributed information in the enterprise.

The goal of the research is to evaluate, compare and develop integration solutions for Enterprise Network that would allow to increase the degree of automated processing of enterprise distributed information.

The main results of the research include the following positions: **the quality model and the comparison analysis method of the integration solution** that allows evaluating the integration models and choosing the optimal one. One of the research results is development and evaluation of the quality metrics and their attributes for integration solution that explain the advantages of service-oriented architecture approach in providing information support of enterprise business process.

The other result of this research is integration decision support algorithm based on developed quality model and comparison method, and its implementation that allows experts to evaluate integration model characteristics and to calculate the key parameters of the integration solution according to requirements of the concrete enterprise. The integration solution based on Web Services is developed and implemented for the Belarusian IT enterprise. This solution provides automation of business process «Purchase Order» and development of client-server technologies on the enterprise. The quality and effectiveness of this solution have been demonstrated.

**БОРОДАЕНКО Юлия Владимировна**

**МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА И АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ  
ИНТЕГРАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ**

специальность 05.13.13 -Телекоммуникационные системы и компьютерные  
сети

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать 21.07.2008. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая. Усл. печ. л. 1,63.  
Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 60 экз. Заказ 445.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6