

УДК 681.3

*В. Дерещкий, М. Богданова, С. Горошанский*

## ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ ВЕБ-СЕРВИСОВ

В работе представлена структура для проектирования и разработки Веб-приложений на основе семантических Веб-сервисов, которая охватывает деятельность нескольких предприятий, с использованием методологий, предложенных программным инжинирингом, Веб-инжинирингом и моделированием бизнес-процессов. В частности, предлагается использовать существующие стандарты: BPMN – для спецификации бизнес-процессов, WebML – для моделирования WorkFlow процессов, объединенных методологией, инструментарием и ссылками, WSMO – для проектирования и разработки спецификаций (онтологий, целей, Веб-сервисов и посредников).

### Введение

Семантический Веб – это совершенно новая область исследования. Значительная часть исследований сосредоточена на разработке методов и инструментов получения семантических описаний для Веб-сервисов [1–3]. Большинство этих инструментов требует использования языка разметки (OWL-S или WSMO). Существующие средства не используют преимуществ концептуальных моделей Веб-сервисов для автоматического или полуавтоматического получения семантических описаний.

Наше исследование направлено на формирование и использование метамодели онтологии (Ontology Definition Management – ODM) [4] для создания семантических Веб-приложений, управляемых моделью (Model Driven Architecture). В работе [1] представлена структура, основанная на MDA, для моделирования и разработки семантических Веб-приложений. Структура обеспечивает создание семантических Веб-сервисов и связанных описаний WSMO, использующих UML модель согласно подходу MDA.

Использование модели UML не всегда соответствует требованиям семантического Веб, и часто модель далека от требований автоматической генерации кода. К тому же, не обеспечивается ясная и полная схема проектирования семантических Веб-приложений. Другие исследования направлены на объединение

семантических Веб-сервисов (SWS) и управления бизнес-процессами (BPM) для создания единой технологии SBPM [5]. Подход основан на том факте, что автоматизация BPM может быть реализована через машинодоступные семантики, которые обеспечиваются моделями SWS, например, WSMO.

Традиционные методологии разработки Веб (подобно Object Oriented Hypermedia Design Model – OOHDM [6]) и новые подходы (подобно Hera [7]) сейчас сосредоточиваются на проектировании семантических Веб-приложений. Однако они не поддерживаются эффективными CASE-инструментами и не учитывают разработку семантических Веб-сервисов.

Разработка корпоративных программных приложений в Веб предполагает:

- 1) участие нескольких предприятий;
- 2) вовлечение ресурсов множества источников;
- 3) наличие асинхронной связи;
- 4) динамическое изменение ситуаций.

Учет таких требований для Веб-приложений обуславливает серьезные технологические и методологические ограничения. Концепция семантического Веб [8] предлагает подход для преодоления такого типа ограничений, который основан на семантических аннотациях ресурсов и самоопределяемых выпол-

нениях для корпоративних приложений. Однако, разработка приложений семантического Веб в настоящий момент недостаточно обеспечена высокоуровневыми абстракциями, способствующими распространению таких технологий. Одна из главных проблем семантического Веб состоит в дополнительных издержках семантического аннотирования ресурсов. Пока нет механизмов способных обеспечить автоматическое извлечение семантических описаний. Семантические аннотации все еще формируются вручную, дорогими и субъективными методами.

В этой работе предлагается методология применения подходов семантического Веб в корпоративных приложениях. Мы используем стандартизированные подходы Веб-инжиниринга, в том числе визуальное декларативное моделирование, семантическую среду выполнения (Semantic Execution Environments – WSMX), и средства автоматического формирования семантического описания WSMO (онтологий, целей, Веб-сервисов и посредников). Подход также использует экспорт/импорт онтологий. Для реализации различных аспектов проектирования используются такие методы:

- *высокоуровневое проектирование глобальной хореографии между сервисами*: используются средства BPMN (управление бизнес-процессами) для построения модели бизнес-процесса в котором вовлечены несколько участников;

- *проектирование корпоративных приложений на основе модели данных*: используются расширенные ER-диаграммы (сущность – связь) или равноценное средство объектно-ориентированного моделирования, которое по мощности равноценно WSMML для моделирования локальной онтологии приложения и для импорта существующих онтологий;

- *проектирование интерфейсов Веб-сервисов, платформ интеграции и внешнего интерфейса приложения*: используются визуальные средства представления Веб-сайтов и сервисов на основе WebML-моделей, в том числе примитивы, которые представлены потоковыми технологическими процессами (WorkFlows),

Веб-сервисами, процедурами вызова и публикациями.

Таким образом, вместо использования текстовых семантических описаний семантических Веб-сервисов, разработчики приложений получают средства для использования абстракций, которые поддерживаются инструментами программного инжиниринга. Использование генераторов описания помогает разработчикам аннотировать ресурсы в пределах структуры, обеспечивающей гибкую и динамическую реконфигурацию.

### 1. Приложение, демонстрирующее развиваемый подход

Для иллюстрации подхода рассмотрим задачи формирования заявки на поставку, поиска и отгрузки изделий, расширенные для того, чтобы представить приложение B2B в условиях развиваемой концепции.

Производственное предприятие «РемСервис» и торговое предприятие «СнабСбыт» интегрируют процессы закупки оборудования и материалов в условиях производственной деятельности. На «РемСервис» существует некая исторически сложившаяся схема создания заявок на покупку, которая использует ограничения по качеству («не хуже», «не ниже» и др.), по цене, по срокам поставки и т.д.

«СнабСбыт» обеспечивает централизованное снабжение производственных предприятий, имеет разветвленную сеть поставщиков по всему миру. На предприятии работает система доступа к Веб-сервисам поставщиков для автоматизированного заказа оборудования и материалов.

В данном случае автоматизация задачи снабжения «РемСервис» приводит к созданию некоторого сервиса-посредника, выполняющего функции интеграции систем «СнабСбыт» и «РемСервис».

Задача сводится к созданию приложения B2B. В этом сценарии подразделение «СнабСбыт» объединяет процессы своих закупок с «РемСервис» (рис. 1). Архитектура содержит две компании, интегрирующий сервис и результирующий сервис. «СнабСбыт»

направляет заявки партнерам, используя стандартный интерфейс, при этом «РемСервис» предлагает набор наследуемых сервисов. Для согласования сервисов строится посредник, который должен обеспечивать: 1) преобразование сообщений в другие сообщения, необходимые сервисам «РемСервис» для создания и управления заказами на поставку; 2) трансляцию набора подтверждающих сообщений «РемСервис» в сообщения, подтверждающие заявки на поставку, которые

посылаются обратно в «СнабСбыт». После завершения формирования заказа, «СнабСбыт» организует поставку продукции, используя Веб-сервис организации поставки. Веб-сервисы возвращают уведомление «выполнить поставку», при получении актуальных предложений на поставку. Внутренняя оркестровка сервисов «СнабСбыт» зависит от средств WSMX. Детализация потока сообщений в модели взаимодействия сервисов показана на рис.1.

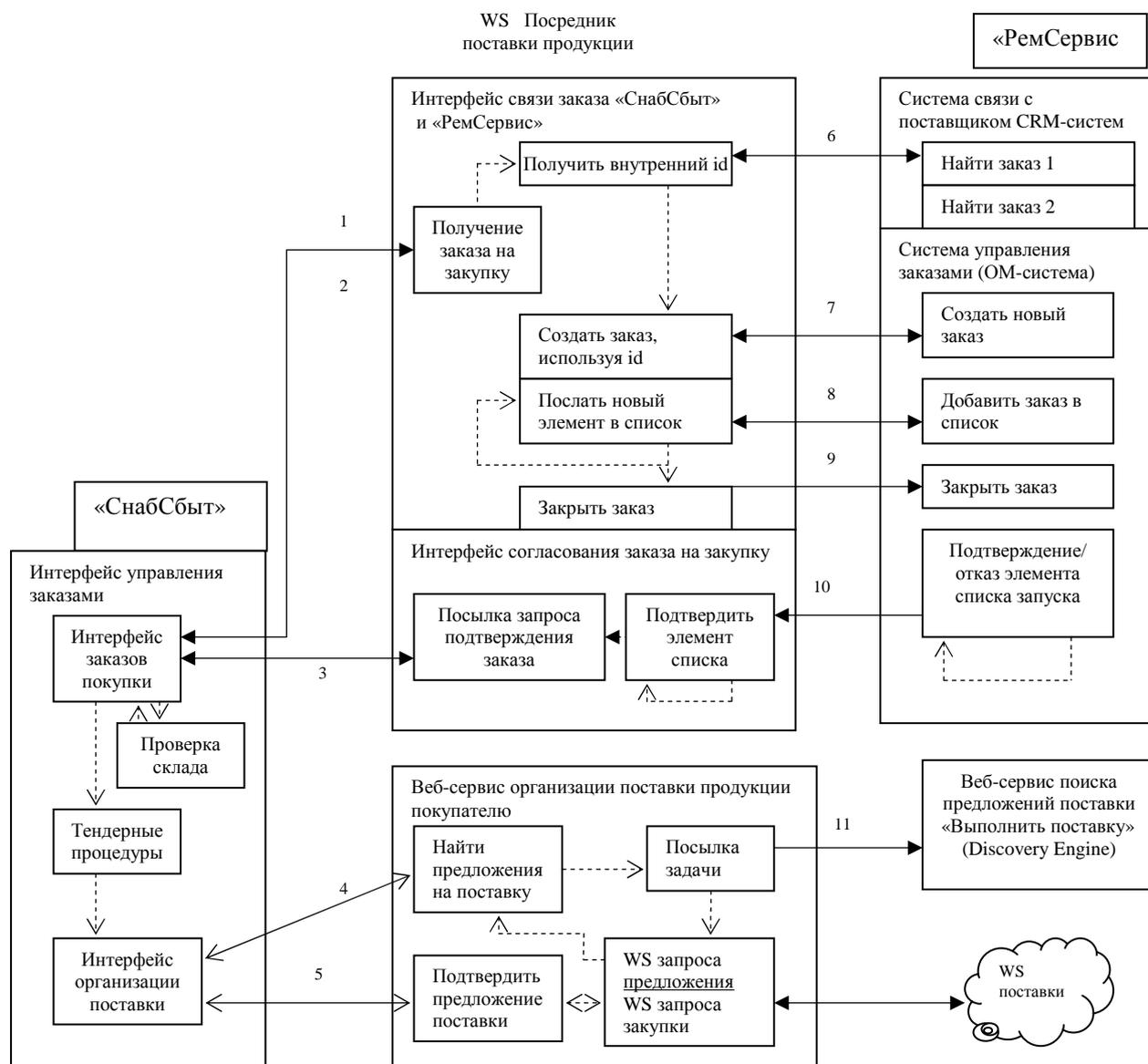


Рис. 1. Сценарий взаимодействия семантических Веб-сервисов на примере B2B приложения «Поставка оборудования»

Типы сообщений, участвующих в хореографии сервисов задачи «Управление запасами»:

- 1) заказ на покупку оборудования;
- 2) запрос согласования расходов;
- 3) запрос подтверждения заказа покупки;
- 4) предложения поставки;
- 5) подтверждение предложения поставки;
- 6) поиск элемента заказа;
- 7) предложение по заказу;
- 8) добавить/подтвердить элемент заказа;
- 9) заказать (закрыть формирование заказа);
- 10) подтвердить заказ;
- 11) цель. Вызов соответствующего Веб-сервиса для решения задачи.

## 2. Методология

Наш подход основан на методологиях, инструментах и методах программного инжиниринга, Веб-инжиниринга и управления бизнес-процессами. Перечисленные методологии расширены следующими основными подходами для моделирования и использования семантических Веб-сервисов: моделирование бизнес-процессов с использованием BPMN, использование WSMO для моделирования семантических Веб-сервисов, разработка Веб-приложений управляемых моделью.

**2.1. Моделирование бизнес-процессов с использованием BPMN.** Веб-приложение B2B выполняет бизнес-процесс, использующий потоковую модель технологического процесса (WorkFlow). Для разработки технологического процесса используем подход управления бизнес-процессом, который ассоциируется со стандартом BPML [9]. Средства BPML позволяют представлять понятия основных процессов, определенных с использованием модели WfMC [10]. Основные объекты такой модели – управление потоком данных, активности, входные условия (разделения/слияния), управление событиями, исключениями и др. Действия BPMN могут группироваться в динамические области (пулы). Один пул содержит все действия, которые должны быть пред-

писаны участником процесса. Схема сценария BPML описана в п. 3.2.

**2.2. Использование WSMO для моделирования семантических Веб-сервисов.** Стандарт WSMO [11] – онтология для моделирования Веб-сервисов, направлен на решение проблемы интеграции приложения, построенного на основе Веб-сервисов, определяет согласованную технологию для семантических Веб-сервисов. WSMO использует четыре моделирующих элемента: онтологии, Веб-сервисы, цели и посредники. Онтологии обеспечивают представление формальной семантики информации, которая используется другими компонентами системы. Описываются понятия, отношения, аксиоматика, образцы и другие характеристики. Веб-сервисы представляются функциональными и динамическими характеристиками, которые должны быть семантически описаны в запросе для того, чтобы использовать их в полуавтоматическом режиме. Каждый Веб-сервис представляет атомарную функциональность, которая может быть повторно использована для построения более сложных сервисов (композиции). Веб-сервисы описываются в WSMO в терминах функциональных и нефункциональных свойств и поведений. Поведения Веб-сервиса описываются в его интерфейсе в двух аспектах: коммуникация и сотрудничество (хореография и оркестровка). Доступ к Веб-сервису может быть описан множеством интерфейсов. Цели конкретизируют задачи или запросы, которые пользователь может выполнять при вызове Веб-сервиса. Посредники обеспечивают средства совместимости, разрешают структурные, семантические или концептуальные несоответствия между компонентами WSMO.

**2.3. Разработка Веб-приложений, управляемых моделью.** Концептуальные модели и инструменты проектирования Веб-приложений обеспечивают несколько методологий Веб-инжиниринга [12–14]. В данной работе рассмотрим методологию WebML, основанную на следующих этапах разработки приложений: разработка технологической модели бизнес-процесса, которую нужно реализовать; автоматическая

генерація схеми моделі даних, використовуваної в технологічному процесі Workflow; обробка процедур створених схем; автоматична генерація виконуваних Веб-приложень, запускуваних в відповідності з вказаними моделями.

В відповідності со специфікацією WebML приложенье состоить из следующих основних моделей:

1) *модель даних* приложенья совместима с моделями ER или диаграммами классов UML. Основная концепция модели даних состоить в представлении графа приложенья, вершины которого отображают атомарные фрагменты информации и операции изменения даних или выполнения произвольных бизнес-действий. Дуги соответствуют ссылкам навигации, передачи параметров и вычислений;

2) *модель сервиса* WebML включает множество Веб-сервисов [15], операций Веб-сервисов, которые соответствуют WSDL классам и компонентам для управления и отслеживания выполнения технологических процессов Workflow [16, 17]. Веб-сервисы включают такие типы операций как: запрос-ответ, «односторонние» операции, запрашивающие дание, операции извещения, обрабатывающихся вместо приема сообщений. Модель поддерживает сообщения Веб-сервисов в формате XML. Средства WebML обеспечивают разработку бизнес-процессов, включая поддержку взаимодействия приложенья технологи-

ческого процесса, который охватывает множество пользователей, сервисов и организаций. Модель даних расширяется метаданными, необходимыми для отслеживания выполнения бизнес-процессов; в частности, запоминание информации о каждом экземпляре активности и о статусе каждой выполняемой активности;

3) *модель приложенья* расширяется для конкретизации границ активности и бизнес-зависимой навигации. Процессы могут быть получены путем объединения Workflow и Веб-сервисов.

Рис. 2 показывает модель интерфейса WebML, представляющую фрагмент Веб-приложенья, в котором выбор заказа на поставку оборудования позволяет пользователю выбрать заказ со статусом «неотправлено» из страницы «список заказов». Когда заказ выбран, связь «S» запускает активность «организация отгрузки», показывая «детали заказа» и форму «поиск предложений поставки». Запуск удаленного сервиса «поиск предложений поставки», обеспечивает результаты, которые доставляются предложением поставки в виде Xml-файла, при получении этого файла запускается сервис «выбор предложения поставки», содержащий список предложений поставки. Пользователь выбирает удовлетворяющее его предложение и запускает «подтверждение предложения поставки».

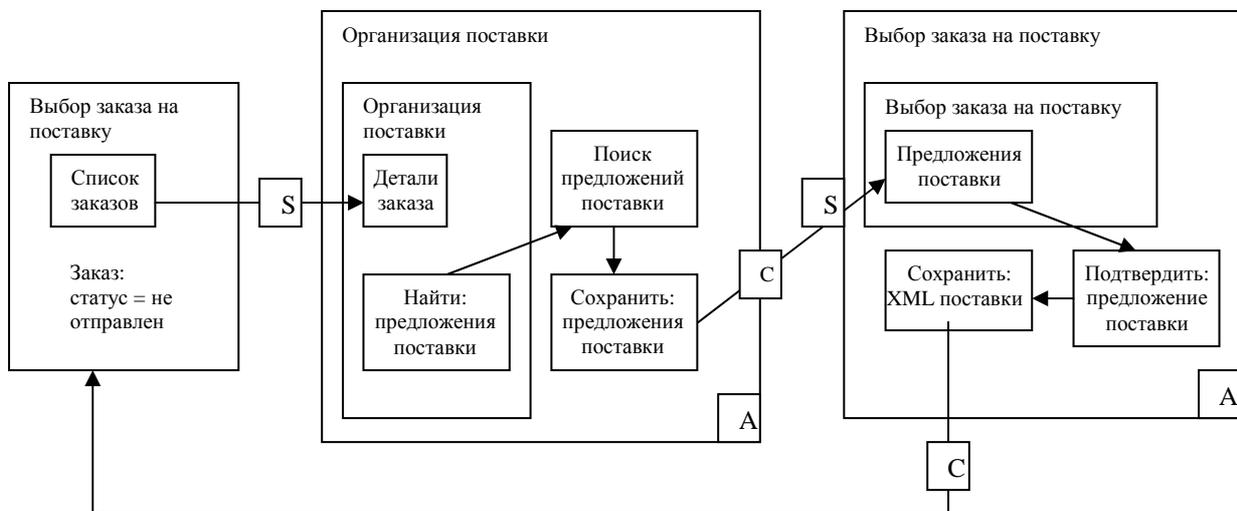


Рис. 2. Модель интерфейса системы для организации поставки оборудования

### 3. Разработка приложений на основе семантических Веб-сервисов

Полуавтоматическая генерация Веб-приложения реализована на основе семантических спецификаций WSMO. Подход расширяет методологию WebML в части разработки семантических Веб-сервисов и Веб-приложений. На рис. 3 показана схема процесса разработки приложения на основе предлагаемого подхода. Основой разрабатываемой технологии является поддержка обычной Веб-технологии, которая сопровождает конструктора от моделирования бизнес-процессов к готовому Веб-приложению, при этом произ-

водятся некоторые промежуточные компоненты (модели BPMN, WebML схемы, модели данных, модели WorkFlow) и делегируются часть функций в среду семантического выполнения программ (WSMX). Онтологические описания (вверху рис. 3) используются для разработки набора спецификаций WSMO (внизу рис. 3): онтология получена на основе модели бизнес-процессов (BP), модели данных, модели WorkFlow; описание Веб-сервиса получено на основе модели WorkFlow; информация хореографии получена из модели BP и модели WorkFlow; пользовательские цели получены из модели BP.

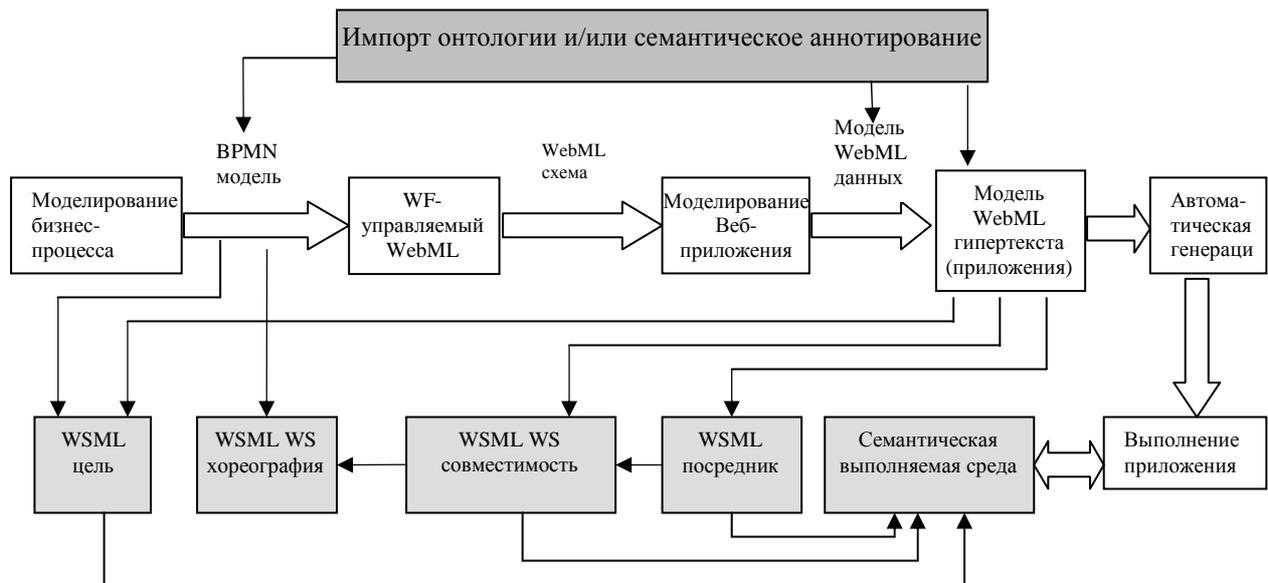


Рис. 3. Общая схема подхода проектирования семантического Веб-приложения

#### 3.1. Разработка бизнес процесса.

Задача разработки бизнес-процесса сосредоточена на высокоуровневом моделировании процессов, определяющих приложение, результатом выполнения которого является одна или несколько диаграмм BP. В работе [18] представлена методология разработки бизнес-процессов для Веб-приложений. Диаграмма BP, в которой определен поток семантических характеристик представлена далее. Процесс разделен на два подпроцесса: подпроцесс на рис. 4, а описывает заказ оборудования, а подпроцесс, представленный на рис. 4, б описы-

вает управление поставкой. Далее, представляем разработку посредников (рис. 4, а), формирование онтологий и реализацию хореографии (рис. 4, б).

#### 3.2. Разработка модели данных и формирование онтологий.

Разработка онтологий, вовлеченных в приложение, реализуется в четыре этапа, каждый из которых отражает различные аспекты формирования онтологий (см. рис. 3).

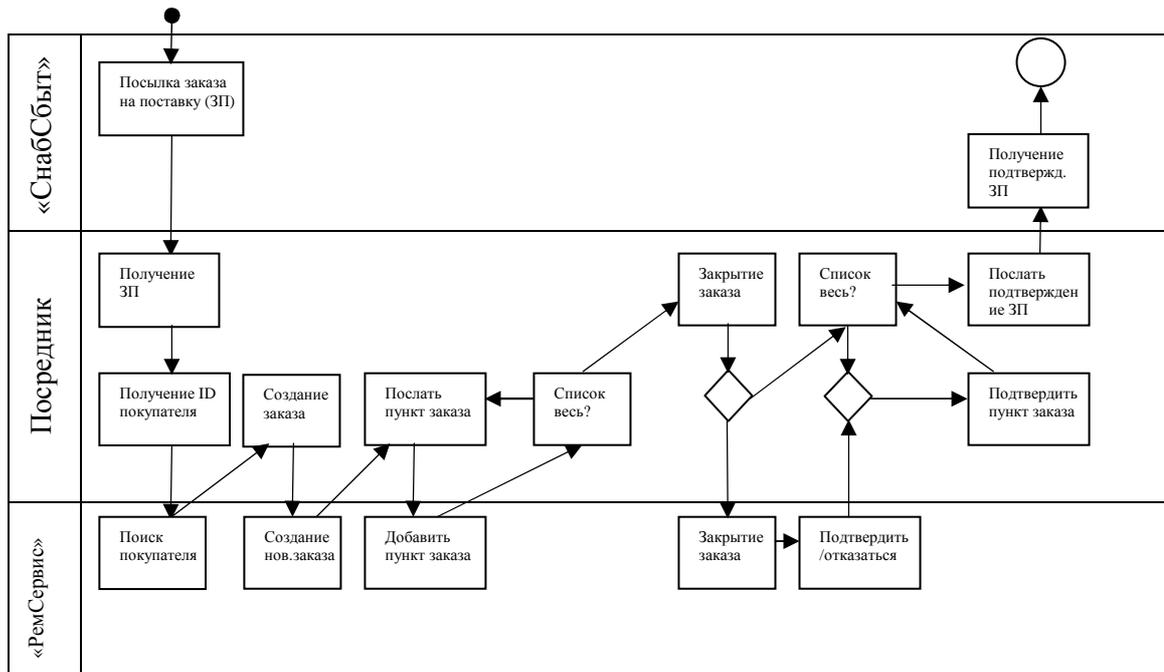
1. Проводится импорт существующих удаленных онтологий, опубликованных третьими сторонами.

2. Осуществляется преобразование модели данных WebML в WSMO совместимую онтологию, которая регистрируется в репозитории менеджера ресурсов WSMX [3]. Модель данных рассматривается как часть онтологии.

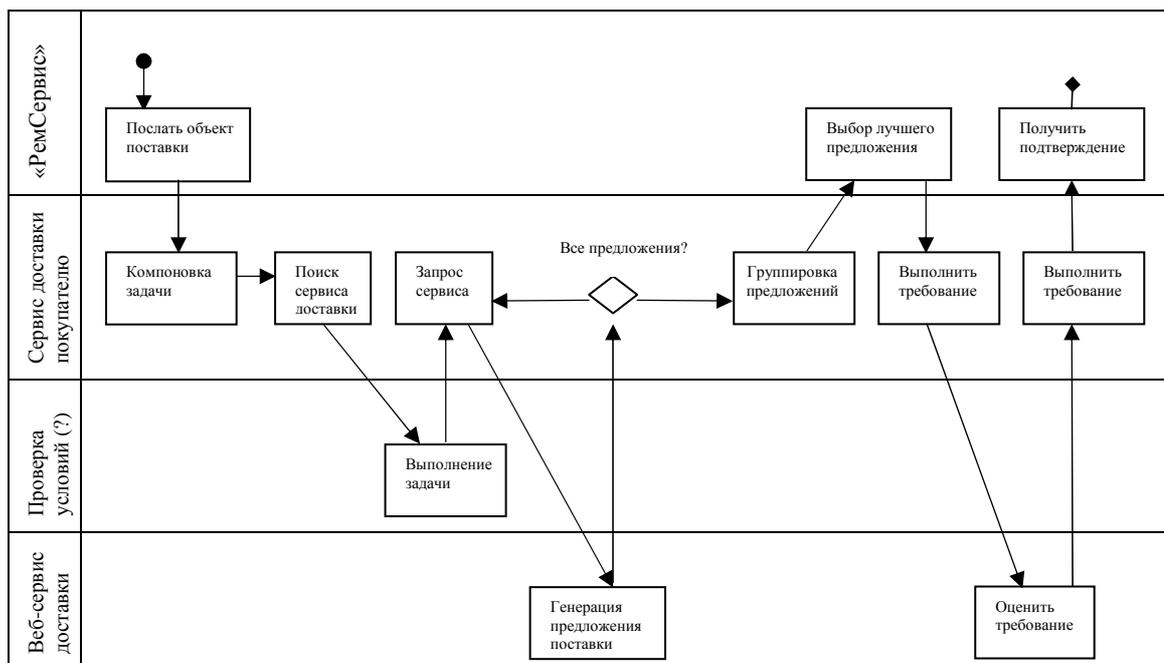
3. Из спецификации BPMN извлекается онтология процесса, элементы Workflow (наименования активностей, путей) рассматриваются как семантические

понятия (концепты) и используются в качестве дополнительной части онтологии, которая будет использована при определении состояния сигнатур интерфейсов хореографии Веб-сервисов.

4. Проводится аннотирование модели BPMN и модели данных WebML с использованием понятий, полученных из существующих онтологий.



а



б

Рис. 4. Модель Workflow, представляющая взаимодействие сервисов в выполняемом примере в нотации BPMN: а – заказ оборудования, б – поставка оборудования

Предлагаемый подход ориентирован на концепцию семантического Веб, предложенную Т. Berners-Lee для Веб-приложений [8]. На рис. 5 представлена модель данных, используемая Веб-сервисом «поставки». Диаграмма включает три основных области: «поставка», «обслуживание поставки» и «расположение» (географическое место). Она включает также вышеописанные основные объекты – «условие» и «активность». Каждый сервис «поставка» связан с сервисом «обслуживание поставки», сервисами «расположение» и «активность», указывающие его текущее состояние. Сервис «поставка» связывается с сервисом «расположение» через взаимоотношение «куда доставить», описывая набор возможных точек поставки для каждого партнера; взаимоот-

ношение hasLocation определяет точки поставки для каждой продукции.

Модель данных WebML может быть преобразована в онтологию WSMML с учетом всех ограничений. Например, область сервиса «Сервис европейских поставок» является подмножеством сервиса «Сервис международных поставок», который расположен в Европе.

Процесс генерации WSMML онтологий начинается с активности, которая импортирует внешние онтологии, используемые в модели данных WebML, и осуществляет определение типов данных WebML. Затем, для каждой области в модели данных, генерируется соответствующее понятие в терминах WSMML с концептом, атрибутами (свойствами), при которых отношения проецируются на свойства и возможные аксиомы.

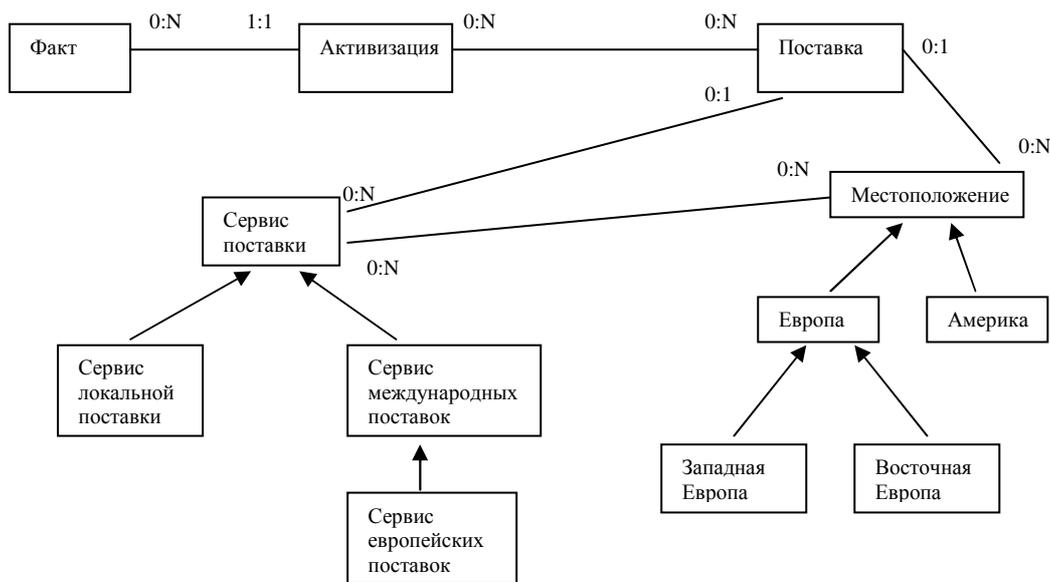


Рис. 5. Фрагмент модели данных WebML, используемой в сервисе «поставка оборудования»

**3.3. Разработка сервисов и пользовательских интерфейсов в WebML.** После того как разработан бизнес-процесс в Workflow должны быть определены ограничения данных, запросов и метаданных. Это может быть выполнено как конструктором, так и машиной.

Преобразование моделей Workflow зависит от настроек и параметров, которые разрабатываются в WebML. Генерируемая схема может только обозначать запросы,

необходимые для определения ограничений Workflow. Конструктор должен позаботиться о реализации каждой активности, а также необходимо аннотировать действия. Обеспечивается автоматическая генерация грубой схемы Workflow, соответствующих указанному поведению, и которую нужно в дальнейшем усовершенствовать конструктору.

В качестве параметра передается «объект поставки», далее осуществляется

преобразование цели для соответствующей поисковой машины WSM; полученное описание цели передается Веб-сервису представленному поисковой машиной, которая возвращает результат с набором Веб-сервисов, релевантных цели поставки. Для каждого Веб-сервиса из набора применяются операции «понизить» и «поднять». Затем, для выбранного Веб-сервиса, создается запрос на поставку. Результаты объединяются и превращаются в модель

данных. Набор предложений поставки возвращается сервису, выдавшему запрос («заказчику»).

Как только сервис «заказчик» выбирает одно из предложений и отправляет сообщение «подтвердить требования поставки», (нижняя часть рис. 6). Поставка оборудования осуществляется запуском соответствующего Веб-сервиса, который посылает сообщение подтверждения.

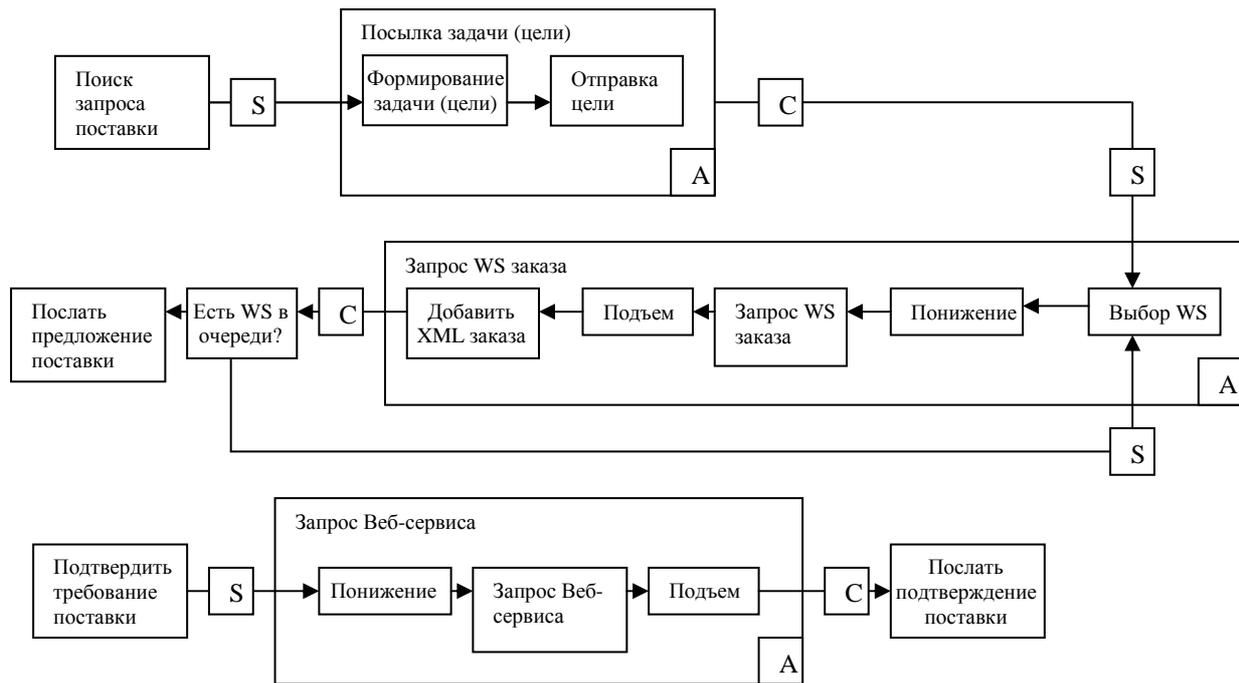


Рис. 6. Схема Веб-сервиса «Поставка оборудования»

**3.4. Формирование поведения Веб-сервисов.** Проектирование спецификации поведения Веб-сервиса может быть выполнено полуавтоматически. Информация извлекается непосредственно из высокоуровневого описания взаимодействий BPMN: информация о возможной хореографии сервиса, основного интерфейса и описание параметров. Для обеспечения формирования точного представления спецификации приложения из диаграмм WebML может быть получена уточняющая информация.

**Формирование возможностей Веб-сервисов.** Модели BPMN и WebML обеспечивают достаточную информацию для описания поведения Веб-сервисов. Активности BPMN соответствуют вызовам

Веб-сервиса. Для извлечения параметров входа и выхода сервиса используем поток данных BPMN. Он определяет объекты, которые передаются между различными активностями. Для одиночной активности имеем возможность автоматически получить пред- условия (входов) и пост- условия (выходов). Однако, требуются конструкторские уточнения. Описание активности WebML содержит информацию о точной структуре обмена сообщениями и определяет элементы сообщения в модели. Результаты получаются путем использования элементов WebML, создают экземпляры объектов, связанных с активностями, описанными в Веб-сервисе. Разделяемые переменные получают из условий путем группирования всех пере-

менных в потоке данных, вовлеченных в операции.

**Формирование хореографии сервисов**, которая использует информацию, необходимую для установки всех возможных взаимодействий с сервисом. Из модели BPMN может быть получена как минимум одна из последовательностей хореографии путем анализа порядка различных операций и запросов сервиса. Для получения этой информации можем предположить, что все связи управления потоком обеспечивают определенный порядок выполнения запросов активности.

**3.5. Формирование целей.** Это может осуществляться путем объединения доступной информации на уровне BPMN с информацией доступной на уровне WebML. Первый уровень получения информации цели может быть реализован путем извлечения в диаграмме BPMN последовательности объектов и условий, передаваемых в Веб-сервис запросом пользователя. Более глубокий уровень детализации требует использования моделей WebML и анализа семантик, встроенных в навигацию и композицию. Цель детализована в терминах задач, выполняемых пользователем и данными, которые используют значения целей WSMO. В данном случае генерация целей осуществляется конструктором онтологии.

**3.6. Проектирование посредника WebML.** Информация, необходимая для разработки сервиса-посредника может быть извлечена из высокоуровневого описания взаимодействий BPMN, в частности, информация о возможной хореографии сервиса, основного интерфейса и описания параметров. Схема модели посредника генерируется автоматически, конструктор может уточнить ее на уровне концептуального проектирования. Затем, осуществляется проектирование WSMO посредника, для чего используется диаграмма WebML.

Рис. 7 представляет фрагмент детальной спецификации посредника, представленную в WebML. Эта спецификация может быть использована при генерации Веб-сервиса, обеспечивающего связь между сервисами «СнабСбыт» и «РемСервис».

Спецификация WebML включает операции «Понижение» и «Поднятие», соответствующих медиатору WSMO, и обеспечивает связь между моделью данных исходного и результирующего Веб-сервиса.

## 4. Реализация прототипа

Методология WebML поддерживается коммерческими инструментами MsVisio CASE и WebRatio [19], обеспечивая визуальное проектирование интерфейса и автоматическую генерацию кода; моделирование требований бизнес-процесса и их превращение в схемы WebML, выполняемые в прототипе [3].

Интеграция SW (Semantic Web) составляющей, обсуждаемая в данной работе, представляется следующим образом. Для обоснования нашего подхода, мы разработали несколько типичных преобразователей, которые генерируют WSMO-совместимые описания Веб-приложений и сервисов, начиная от моделей WebML приложений и спецификации BPMN процессов.

Наше исследование направлено на использовании стандартных методологий и средств разработки для SWS приложений.

## 5. Завершение и направление исследований

В работе предложен подход к проектированию семантических Веб-приложений, использующий технику программного инжиниринга. Получены следующие основные результаты.

1. Разработан подход, при котором онтологии (ontologies) могут быть импортированы как модели данных для корпоративных приложений. Они могут быть расширены ссылками на ресурсы приложений и зарегистрированы как распределенные ресурсы в WSMX.

2. Расширены функциональные возможности Веб-сервисов WSMO в части передачи выполнения процессов от одного предприятия к другому. Хореография интерфейса может быть получена объединением информации в модели

бізнес-процесса на уровне приложения и модели WebML.

3. Разработан подход, при котором цели WSMO могут формироваться путем сбора данных, используемых для выполнения предоставленной активности бизнес-процесса, тогда как интерфейс хореографии получен с использованием примитивов Workflow.

4. Предложен подход, при котором сервис-посредник может моделироваться как приложение WebML и регистрироваться в WSMX в соответствии с его ролью (например, wwMediator).

Предлагается использовать существующие абстракции программного инжиниринга для полуавтоматического формирования компонентов архитектуры WSMO. Может использоваться программное обеспечение традиционных Веб-технологий, которое при незначительном расширении может стать частью среды выполнения WSMO-WSMX. Предложены средства расширения стандартов WSMO, усилены абстракции проектирования с целью улучшения и упрощения разработки Веб-приложений. Методология может быть усилена с использованием подходов Linked Data [20].

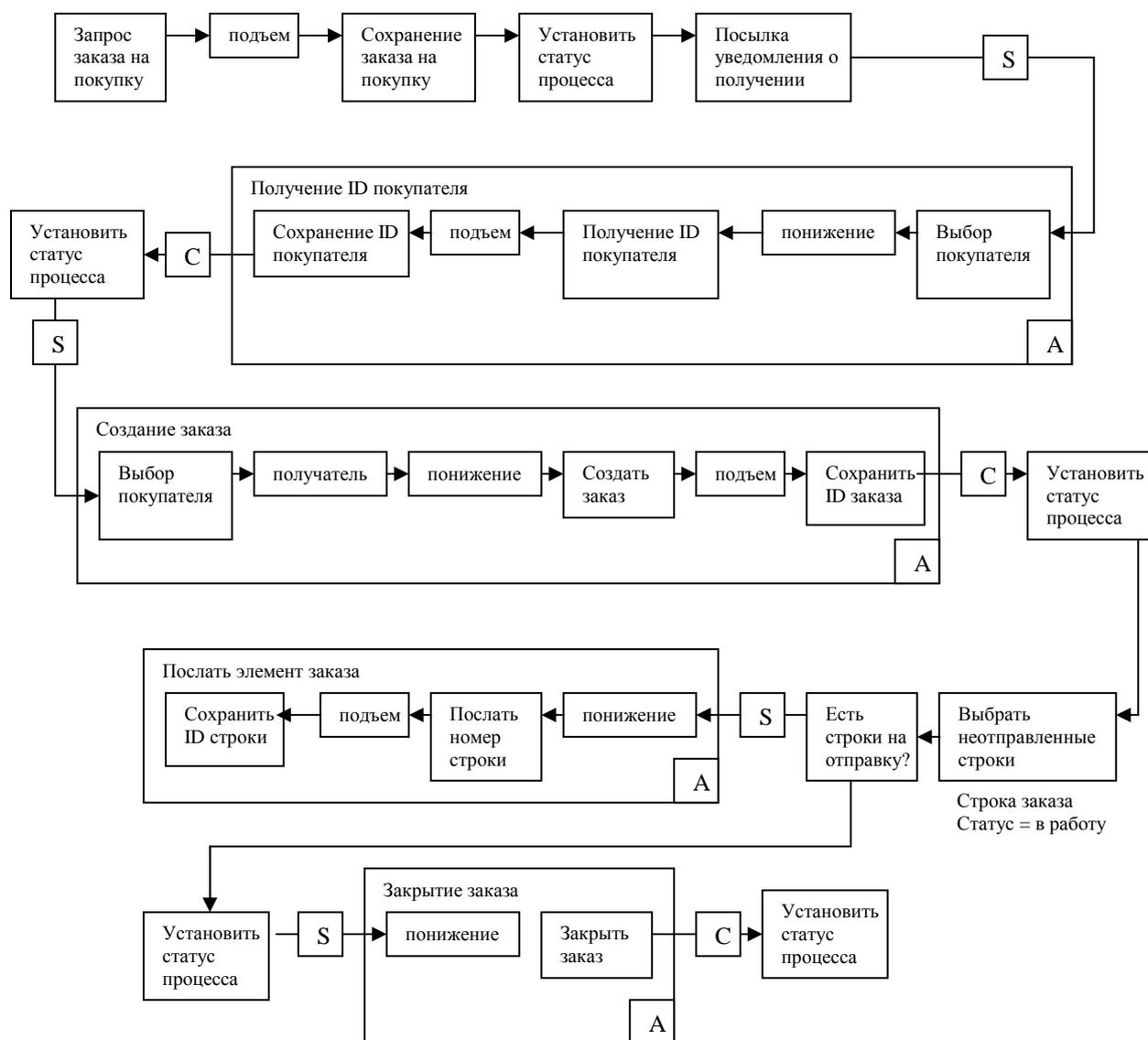


Рис. 7. Фрагмент WebML модели посредника Веб-сервиса

1. *Elenius D., Denker G., Martin D., Gilham F., Khouri J., Sadaati S., Senanayake R.* The Owl-S editor – a development tool for Semantic Web services // In 2nd European Semantic Web Conference. – May 2005.
2. *Jaeger M., Engel L., Geihs K.* A methodology for developing OWL-s descriptions // 1st Int. Conf. on Interoperability of Enterprise Software and Applications. Workshop on Web Services and Interoperability. – February 2005.
3. *Web Service Modeling Toolkit.* <http://sourceforge.net/projects/wsmt>
4. *OMG Ontology Definition Metamodel (ODM).* <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?ad/06-05-01.pdf>
5. *Hepp M., Leymann F., Domingue J. and et al.* Semantic Business Process Management: A Vision Towards Using Semantic Web Services for Business Process Management // In Proceedings of the IEEE ICEBE. – Beijing, China. – 2005. October 18-20. – P. 535–540.
6. *Schwabe D., Rossi G.* The Object-Oriented Hypermedia Design Model // Communication of ACM. – 1995. – Vol. 38, N 8. – P. 45–46.
7. *Vdovjak R., Frasinca F., Houben G.J. and et al.* Engineering Semantic Web information systems inHera // J. of Web Engineering. Rinton Press. – 2003. – Vol. 2, N 1-2. – P. 3–26.
8. *Berners-Lee T.* Web Services – Semantic Web Talk. <http://www.w3.org/2003/Talks/08-itre-tbl>
9. <http://bpmn.org>
10. <http://wfmc.org>
11. *WSMO: Web Service Execution Environment (WSMX).* <http://www.w3.org/Submission/WSMX>
12. *Fernandez M.F., Florescu D., Levy A.Y., Suciu D.* Declarative Specification of Web Sites with Strudel // In VLDB J. – N 9 (1). – P. 38–55.
13. *Fons J., Pelechano V., Albert M. and et al.* Development of Web Applications from Web Enhanced Conceptual Schemas // In ER. – 2003. – LNCS. – 2813. – P. 232–245.
14. *Schwabe D., Rossi G.* The Object-Oriented Hypermedia Design Model // In Communications of the ACM. – 1995. – Vol. 38, N 8. – P. 45–46.
15. *Manolescu I., Brambilla M., Fraternali P., Ceri S., Comai S.* Model-Driven Design and Deployment of Service-Enabled Web Applications // ACM Transactions on Internet Technology (TOIT). – 2005. – Vol. 5, N 3. – P. 439–479.
16. *Андон П.І., Дерезький В.О.* Проблеми композиції сервісів в семантичному Web середовищі // Матеріали Міжнар. конф. «50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України». Київ: 24–26 грудня 2007. – К; 2008. – С. 40–53.
17. *Андон П., Дерезький В.* Проблемы построения сервис-ориентированных прикладных информационных систем в Semantic Web среде на основе агентного подхода // Проблемы программирования. – 2006. – № 2-3. – С. 493–502.
18. *Brambilla M., Ceri S., Fraternali P., Manolescu I.* Process Modeling in Web Applications // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM). – 2006. – Vol. 15, N 4. – P. 360–409.
19. *WebRatio Site Development Studio.* [www.webratio.com](http://www.webratio.com).
20. *Michael Hausenblas.* Exploiting Linked Data to Build Web Applications // IEEE Internet Computing. – 2009. – Vol. 13, – N 4. – P. 68–73.

Получено 08.09.2009

**Об авторах:**

*Дерезький Валентин Александрович,*  
кандидат физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник,

*Богданова Мария Михайловна,*  
главный программист,

*Горошанский Сергей Иванович,*  
начальник отдела информационного  
обеспечения.

**Место работы:**

Институт программных систем  
НАН Украины.  
03187, Киев-187,  
Проспект Академика Глушкова, 40.  
Тел.: 38 044 526 4342.  
e-mail: dva@isofts.kiev.ua.

НТЦ ГП НАЭК «Энергоатом»  
01054, Киев-54,  
ул. Б. Хмельницкого, 63А.  
Тел.: 38 044 206 9727.  
e-mail: s.goroshansky@ntc.atom.gov.ua