



Управление в социальных и экономических системах

УДК 004.4'22

О.Х. Бостонов, Г.Н. Зверев

СЕМИОТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ОРГАНИЗАЦИЙ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

O.H. Bostonov, G.N. Zverev

SEMIOTIC INTEGRATION AND CONTROL OF BUSINESS PROCESSES IN PETROLEUM ORGANIZATION

Проведен анализ современного состояния проблемы интеграции информационных систем. Проблему интеграции и повышения эффективности контроля и управления бизнес-процессами предложено решать путем построения адекватной иерархической модели предприятия и его подразделений в виде сети операционных производств, оценки статистических параметров информационных потоков и решаемых задач.

ИНТЕГРАЦИЯ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. СЕМИОТИКА. ЦЕЛОСТНОСТЬ.

The paper provides analysis of the current state of the issue regarding integration of information systems. The issue of integration and efficiency of the control and management in business processes is proposed to be solved by constructing an adequate hierarchical model of the company and its subsidiaries in the form of a network operating productions, estimation of statistical parameters of information flows and tasks.

INTEGRATION. INFORMATION SYSTEMS. SEMIOTICS. CONSISTENCY.

Типичный научно-исследовательский проектный институт (НИПИ) нефтяной компании оснащен многими информационными системами различного назначения, сотнями приложений унаследованных, коммерческих, собственных разработок, десятками web-сайтов различных подразделений института. Так, в отделе создания проектов разработки нефтяных месторождений функционирует не менее трех-четырёх информационных систем, взаимозависимых по информации и управлению, решающих задачи геологии и гидродинамики залежей, вскрытия пластов, закачки флюидов, экономических показателей добычи и т. д.

При одновременной работе специалистов разного профиля над проектом разработки залежи нефти неизбежно возникают

формальные и содержательные несоответствия при реализации функций источников и потребителей информации, ее форматов и семантики (смыслов данных и действий). Имеющиеся средства выявления и устранения синтаксических и семантических коллизий не позволяют своевременно корректировать бизнес-процессы, что серьезно снижает эффективность работы НИПИ.

Выходом из данной ситуации является разработка средств интеграции разнородных систем, обеспечивающих достаточную автономность, надежность, эффективность их функционирования, единство информационного пространства проектов и бизнес-процессов, целостность используемых данных. Под целостностью данных понимается их готовность к использованию в динамике

процесса проектирования разработки месторождения, непротиворечивость, актуальность и достоверность информации (достаточная адекватность реалиям).

Цель данной статьи – анализ текущего состояния проблемы интеграции информационных технологий в нефтяной отрасли, разработка моделей управления бизнес-процессами и методов создания программного обеспечения средств интеграции организационно-технических систем, обеспечивающих глобальную целостность данных.

Анализ состояния проблемы интеграции

Решению разнообразных задач интеграции существующих и создаваемых информационных систем и технологий посвящено большое количество книг и статей, из которых значительную долю занимают описания паттернов (шаблонов) – формализованного опыта создания проектных решений в архитектуре программных приложений, объектно-ориентированном проектировании, в интеграционных решениях и технологии обмена сообщениями (см. например [1, 2]).

Для согласованного и успешного функционирования интегрированных систем необходимо, во-первых, наладить эффективные связи между объединяемыми компонентами источников и/или приемников информации и, во-вторых, создать распределенное управление информационными процессами, сочетающее вполне очерченную автономность, независимость действий для асинхронного взаимодействия и подчиненность общим задачам, целям и критериям. Подходящие модели управления будут рассмотрены далее, а здесь остановимся на связях интегрируемых компонентов объединенной системы.

В общем случае различают следующие виды интеграции:

- по форматам данных;
- по функциям и процессам;
- по управлению бизнес-процессами;
- по каналам связи;
- по языкам и семантике сообщений.

В процессах создания проекта разработки залежи нефти участвуют специалисты А,

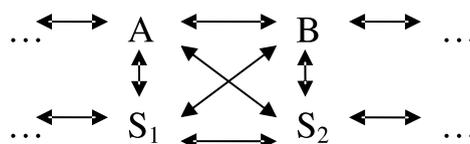


Рис. 1. Типы каналов связей по информации и управлению

В, ... одной, а чаще нескольких предметных областей, а также интегрируемые информационные системы S_1, S_2, \dots , использующие в общем случае различные терминосистемы, языки программирования, платформы, форматы данных, языки общения.

В подобной структуре возникают три типа интерфейсов, каналов связей по информации и управлению (см. рис. 1): 1) $A \leftrightarrow B$ – общение специалистов А, В, ... на естественном языке и языках предметных областей в диалоге, в пересылаемых сообщениях и т. п.; 2) $A \leftrightarrow S$ – человеко-машинный интерфейс сообщений на искусственном информационном языке; 3) $S_1 \leftrightarrow S_2$ – обмен сообщениями, командами на согласованном языке программно-аппаратных коммуникаций.

При взаимодействии систем в источниках и приемниках информации, в каналах связи выполняется трансляция синтаксиса и семантики сообщений на языке общения (общий для них язык). Например, при общении специалистов $A \leftrightarrow B$ смыслы сообщения с внутреннего языка понимания конкретного субъекта переводятся и кодируются в смыслы языка общения. Модели таких преобразований относятся к представлениям понятийных знаний в базисах теоретической информатики, семиотики и лингвистики [3] и служат основой семиотической (синтаксической и семантической) интеграции, согласования смыслов терминов, форматов данных, команд, приложений, в которых управление семантикой сообщений осуществляет естественный интеллект специалиста. В работе [2] описаны наиболее распространенные способы синтаксической интеграции: передача файла, общая база данных, удаленный вызов процедуры, обмен данными. Интеграция систем и бизнес-

процессов существенно повышает эффективность функционирования предприятия, однако серьезно усложняет процессы синхронизации, контроля и управления бизнес-процессами предприятия.

Проектирование и принятие интеграционных решений

Основная цель интеграции – обеспечение связей по информации и управлению между автономными либо зависимыми информационными системами и программными приложениями различного происхождения, реализованными на различных платформах, языках, географически распределенных, не имеющих самостоятельных средств интеграции и административно независимых от предприятия – в нашем случае, НИПИ.

Проектирование интеграции начинается с формирования класса бизнес-процессов, выполняемых системой, ее состава, структуры, регламента функционирования. В рассматриваемом в рамках статьи отделе проектирования разработки нефтяных месторождений существуют бизнес-процессы, связанные с созданием геологической и гидродинамической модели месторождения, согласованием и оформлением проекта разработки месторождения.

Далее осуществляется формализация системных соглашений, применяемых стандартов и спецификаций данных и функций, строятся канонические модели синтаксиса и семантики бизнес-процессов: глоссарий предметной области, онтологические модели и т. д. Проектные решения общих, перечисленных выше, и локальных задач интеграции принимаются с учетом факторов, влияющих на функционирование создаваемой системы в заданном классе бизнес-процессов, и критериев принятия интеграционных решений [4, 5]. Перечислим основные влияющие факторы на процесс интеграции и бизнес-процессы: несоответствия между программными приложениями: языки программирования, платформы, форматы данных, обозначения и их семантика, рассогласование бизнес-процессов во времени, необходимость синхронизации и асинхронного взаимодействия, ненадеж-

ность сети и низкая скорость передачи данных, ограниченный контроль бизнес-процессов.

Различают частные и общие (сводные, интегральные) критерии принятия интеграционных решений. Частные критерии решений: обеспечение надежной прямой и обратной связи между интегрируемыми приложениями, источником и приемником сообщений, требуемая оперативность, своевременность доставки данных и принятия решений, достаточный контроль достоверности передачи сообщений по каналам связи, повторная передача при сбоях, информирование приемника и/или источника о состоянии сообщений в канале связи, минимальное дублирование данных и функций в подсистемах и приложениях.

Эти и другие частные критерии предъявляют противоречивые требования. Компромиссные решения достигаются по сводным (интегральным) критериям: минимальные затраты ресурсов на интеграцию подсистем, внесение изменений в приложения, установление связей, создание сопрягающих компонентов, минимальные затраты на функционирование интегрированной системы, поддержка гибкости и управляемости при неизбежных изменениях ее состава, структуры и выполняемых функций, оптимальный компромисс между «свободой действий» автономных подсистем в асинхронном режиме и «подчинением» функций в синхронном бизнес-процессе и достижении общей цели.

Модель распределенного управления интегрированной системой

Структура НИПИ, функции его подразделений и отдельных сотрудников в основном соответствуют постоянно меняющимся условиям и задачам проектирования разработки месторождений и реализации бизнес-процессов. Каждое из подразделений оснащено необходимыми информационными системами и программными приложениями, которые должны обеспечивать успешное выполнение текущих задач. Поэтому управление интегрированной информационной системой при реализации бизнес-процессов целиком подчиняется управляю-

щим командам руководства НИПИ и его служб.

Достаточно адекватной и результативной моделью иерархического распределенного управления организационно-техническими системами и бизнес-процессами в них является сеть операционных продукций [3, 6]. Формализм операционных продукций позволяет в наиболее общей форме описать иерархическую структуру распределенного управления процессами интегрированных систем, статику и динамику, алгоритмы и мультиалгоритмы их функционирования в конструктивно-процедурной и дескриптивно-декларативной семантике, свободно изменять аспекты и степени подробности описаний человеко-машинных систем.

Термины «продукция» и «система продукций» введены Эмилем Постом (1943 г.) в связи с построением логических и символьных исчислений, уточнением понятия математического алгоритма, машины Тьюринга, машины Поста, при этом под системой продукций Пост понимал множество допустимых подстановок $\{p \rightarrow t\}$ букв в цепочки символов в среде формальной грамматики. Сами подстановки или правила символьных (синтаксических) преобразований — *логические* или *синтаксические продукции* — интерпретируются как шаги генерации синтаксически правильного текста либо шаги логического вывода.

В информатике продукционные модели получили распространение и дальнейшее развитие в интеллектуальных и экспертных системах. В них знания эксперта представлены множеством подстановок, продукционных правил — *экспертных продукций* с дескриптивной (логической) либо конструктивной (процедурной) семантикой. Логическое правило продукции $a \rightarrow b$ описывает логическую зависимость знаний: «если a истинно, то b тоже истинно, если b ложно, то a также ложно». Конструктивное знание — продукционное правило $a \rightarrow f$ определяет императивную связь знаний и умений, возможность или необходимость действия, выполнения функции f при истинности условия a . Экспертные продукции собираются в упорядоченные или неупорядоченные классы, которые экспертная система после наступления очередного события последовательно просматривает и выполняет продукционное правило, если его условие a истинно.

В работе [6] Д.А. Поспелов существенно расширил понятие продукции и ввел модели внешнего управления системой и внутреннего управления продукцией. Последующие обобщения продукционных моделей, сохраняя структуру продукции, предложенную в этой работе, были выполнены в статье [7] применительно к моделированию организационно-технических систем и бизнес-процессов и затем в книге [3].

Каждому уровню иерархии организационно-технической системы и ее управляющему компоненту сопоставляется операционная продукция, а системе в целом и ее внешнему окружению — *продукционная сеть* — совокупность взаимосвязанных операционных продукций, описывающих реализацию основных внутренних и внешних функций системы и *распределенное иерархическое* управление внешними и внутренними бизнес-процессами.

В продукционной сети и вмещающей ее продуктивной среде происходит обмен материальными и информационными объектами, ресурсами, заданиями, данными, исполняемыми функциями (компетенциями) для достижения локальных и глобальных целей с наилучшими показателями и критерийными оценками. Таким образом, структура предприятия и его управляющие функции модельно отображаются в продукционную сеть.

Операционная продукция PO (альтернативные термины: продукционный объект, продукционный субъект, продукционный агент) в соответствии с работой [6] есть пятерка объектов: $PO = (NP, SP, P_{in}, F, P_{out})$, связи между которыми определяют структуру операционной продукции и ее функциональную семантику. Первый элемент продукции есть уникальное *имя* продукции NP , ее идентификатор или порядковый номер в продукционной системе, обеспечивающий внешнее обращение к продукции, ее активацию, передачу данных и управляющих команд.

Сфера деятельности SP, применимости продукции к объектам, состояниям и событиям есть описатель области действий, компетенций, степеней свободы принятия решений и их исполнений, прав и обязанностей производственного субъекта. В сети продукции сферы их деятельности разграничивают полномочия и образуют иерархии разбиений и покрытий, древесные и плексные классификации действий и проблемных ситуаций [3].

Основные функции производственного объекта *PO* выполняет *ядро продукции F*, которое осуществляет последовательные или параллельные действия, материально-информационные операции, может иметь произвольную иерархическую структуру и содержать в своем составе внутренние продукции. Ядро продукции начинает работу после его активации *входным предпроцессором* P_{in} , главная функция которого – вычислить *предусловие* активации ядра по заданному предикату и если оно принимает значение «истина», то P_{in} передает управление ядру *F*, если же *предусловие* не выполняется, то ядро остается в пассивном состоянии.

Дополнительные функции предпроцессора включают обеспечение информационной связи с управляющими продуктами с учетом субординаций, а также сбор информации в сфере деятельности продукции *SP*, необходимой для вычисления *предусловия*, оценка ее качества, например, заключение договора о проведении работ ядром *F* и т. п. Активированная внешним субъектом либо своим предпроцессором продукция становится производственным агентом, отслеживающим информацию в своей сфере деятельности и выполняющим необходимые действия в производственной среде.

По завершению работы активированное ядро *F* передает управление *выходному постпроцессору* P_{out} продукции, который вычисляет признаки *постусловия* успешности/неуспешности работы ядра, оценивает качество его действий и результатов, если они получены, анализирует причины неудач, отправляет сигналы о невыполнении внешним управляющим продукциям либо повторно активирует ядро.

Регламент функционирования взаимосвязанных операционных продукций определяется общесистемными требованиями к производственной сети. Так, предпроцессоры и постпроцессоры продукций могут выполнять функции внутреннего контроля входных и выходных объектов продукции либо эти функции выполняют внешние продукции, при этом контроль может осуществляться только по входу, только по выходу, либо по входу и выходу продукций и их процессоров. Другое общесистемное требование относится к режиму активации продукции. Исходное состояние продукции – пассивное, для перевода в активное состояние необходимо определить режим работы предпроцессора: непрерывное отслеживание сферы *SP* либо по расписанию, случайной выборке ее состояний во времени и т. д.

Еще одно системное требование относится к согласованию форм и семантики параметров и моделей, которыми обмениваются продукции. Прежде всего это относится к логическим формам *предусловий* и *постусловий* продукций, заданных в шкалах классической логики {да, нет}, {истина, ложь}, в шкалах трилогики и тетралогики для неопределенных и противоречивых ситуаций {да, нет, не знаю, абсурд}, в шкале частотной логики или субъективных вероятностей [3]. Продукции в сети представляются полным составом, либо некоторые компоненты могут отсутствовать, выноситься при совпадении для всего класса однотипных продукций в описатель класса, скажем, если сферы действий у них одни и те же. Если продукция выполняет чисто контрольные функции пред- и постпроцессором, то ядро *F* в продукции отсутствует. Если контроль осуществляется только по входу, то постпроцессор может оказаться излишним и т. д.

При построении производственных сетей существенную роль играет принятая в системных требованиях классификация операционных продукций в соответствии с декомпозицией целей, выполняемых функций, допустимых решений возникающих внешних и внутренних задач производственной сети, функционирующей в априори определенной продуктивной среде. Прежде

всего выделяют *головные* (корневые) продукции, обеспечивающие целеполагание и высшие уровни стратегии управления, ниже которых находятся *управляющие* и *управляемые*, исполнительные продукции, которые также могут осуществлять функции управления нижестоящими продуктами, продукции *планирования, проектирования, прогнозирования* будущих состояний, событий, действий и их результатов, *информаторы* других продукции о текущем состоянии, происшедших и ожидаемых значимых событиях в системе и вне ее, *диспетчеры*, распределяющие материальные и информационные транзакты (потокосые объекты) и выполняемые функции, обеспечивающие синхронизацию, согласование, координацию, коллаборацию целей и действий, *адресаторы, маршрутизаторы* входных, внутренних, выходных транзактов системы, *контролирующие* продукции, которые оценивают качество выполнения работ, коррекцию результатов и выполняемых функций, защиту системы от критических ситуаций.

Особый класс в продукционных сетях составляют *метапродукции* — это продукция, которые порождают, удаляют, изменяют другие продукции, а также связи в сети продукции. Их предназначение — реорганизация продукционной сети, порождение новых, недостающих продукции для достижения поставленных целей, исключение неэффективных объектов либо их модификацию. В абстрактном представлении метапродукции выполняют вполне определенные операции над продуктами, их генерацию и аннуляцию, разбиение на более мелкие функции при специализации либо укрупнение и объединение функций, делегирование полномочий другим продукциям, изменение их сфер действий SP , ядер F , пред- и постпроцессоров P_{in} , P_{out} , их связей с другими продуктами.

Метапродукции есть средство описания процессов в системах с переменным составом, структурой, функциями, изменяемыми горизонтальными и вертикальными, свободными и обязательными связями по информации, по ресурсам, по управлению. Метапродукции в качестве внутренних модулей могут содержать продукции проекти-

рования, планирования, диагноза, прогноза и упреждения нежелательных последствий. В этот класс включают *рекурсивные* метапродукции, порождающие себе подобные продукции и однородные иерархии управляющих и исполнительных структур.

Построив сеть операционных продукции, описывающую законы и правила функционирования предприятия при реализации заданного класса бизнес-процессов, и оценив фактические либо прогнозные частотные (вероятностные) распределения их параметров, можно получить количественные и качественные характеристики интеграционных решений, выработать мероприятия по их оптимизации.

Метод полисемической декомпозиции. Программная реализация

Синтаксическая интеграция, рассмотренная выше, в реальных процессах должна дополняться семантической интеграцией. С этой целью в работах [5, 8] предложен метод полисемической декомпозиции, который включает четыре этапа проектирования интеграционного решения:

- понятия предметной области формализуются на метаязыке проектирования;
- понятия группируются во множества и образуют прикладные языки проектной области;
- семантика этих языков формализуется в виде правил соответствия понятий, их проверки и преобразования;
- при изменении предложений на прикладных языках семантические процессоры автоматически выполняют их проверку, согласование и преобразование понятий.

Каждая из объединяемых информационных систем формализуется в виде модуля. К каждому из модулей относится набор понятий определенной предметной области, семантика которых представлена подходящими онтологиями [4], указываются связи между понятиями каждого из модулей с понятиями из других модулей; определяются правила автоматического преобразования и согласования понятий.

Реализованное интеграционное решение основано на обмене сообщениями, поскольку данный способ интеграции позволяет обеспечить быструю разработку



Рис. 2. Архитектура промежуточного программного обеспечения

программного обеспечения и необходимую гибкость при изменениях бизнес-процессов предприятия при наличии необходимого набора адаптеров (рис. 2). Адаптер представляет собой посредник между данной информационной системой и остальными информационными системами. В его обязанности входит реагирование на события, связанные с изменениями, происходящими с выделенными сущностями, и передача сообщения о случившихся изменениях остальным адаптерам, подписанным на данный вид сообщений.

Преобразование данных, основанное на заранее определенных правилах, на уровне системы S2–S2 происходит внутри адаптера. В частности, для систем геологической информационной системы и системы хранения данных добычи используются соответственно адаптер для текстового источника и ORACLE-адаптер.

Для настройки интеграционного решения используется система автоматизации проектирования, позволяющая определить модули, входящие в их состав понятия и связи между ними, а также правила преобразования понятий. Для облегчения создания интеграционного решения предусмотрена специальная утилита «Генератор программного кода», позволяющая сгенерировать на основе полученной из системы автоматизации проектирования конфигурационной схемы часть программного кода адаптеров.

При необходимости внесения изменений в текущее интеграционное решение, например, добавления новой информации

онной системы, можно воспользоваться сохраненной схемой взаимосвязей, добавить новый объект типа «модуль», определить понятия и связи для новой системы и вновь воспользоваться утилитой «Генератор программного кода».

Проведен анализ современного состояния проблемы интеграции информационных систем, рассмотрены различные виды интеграции, возможности использования паттернов (шаблонов проектирования) для реализации оптимального или приемлемого интеграционного решения. Проблему интеграции и повышения эффективности контроля и управления бизнес-процессами предложено решать путем построения адекватной иерархической модели предприятия и его подразделений в виде сети операционных продукций, в которой каждому исполнителю, группе специалистов, подразделениям, организации в целом соответствуют исполнительные, контролирующие и управляющие производственные объекты, которые реализуют заданные функции, получают оценки статистических параметров информационных потоков и решаемых задач.

Согласование смыслов при обмене сообщениями и семиотическая интеграция информационных систем выполнена на основе метода полисемической декомпозиции. Реализованное интеграционное решение основано на обмене сообщениями, оно обеспечивает быструю разработку и необходимую гибкость программных приложений при изменениях бизнес-процессов предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений [Текст] / М. Фаулер. – М.: ИД «Вильямс», 2004. – 554 с.
2. Хоп, Г. Шаблоны интеграции корпоратив-

ных приложений [Текст] / Г. Хоп, Б. Вульф. – М.: ИД «Вильямс», 2007. – 672 с.

3. Зверев, Г.Н. Теоретическая информатика и ее основания [Текст] / Г.Н. Зверев; В 2-х т.

– М.: Физматлит, 2007. – Т. 1. – 592 с.; 2009. – Т. 2. – 576 с.

4. **Галямов, А.Ф.** Интеграция и управление организационными системами с использованием онтологий [Текст] / А.Ф. Галямов, О.Х. Бостонов // Вестник ВГТУ. Проблемно-ориентированные системы управления. – 2012. – № 2. – С. 9–12.

5. **Бостонов, О.Х.** Средства автоматизации проектирования для интеграции информационных систем [Текст] / О.Х. Бостонов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – № 1 (115). – С. 154–159.

6. **Поспелов, Д.А.** Продукционные модели

[Текст] / Д.А. Поспелов // Искусственный интеллект; В 3-х кн., Кн. 2. Модели и методы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – С. 49–56.

7. **Zverev, G.N.** The System of Operational Production for Modelling Technical-Organizational Systems and Business-process [Электронный ресурс] / G.N. Zverev, A.G. Turganov, R.U. Kulyev // Workshop on Computer Science and Information Technologies, CSIT-2005, Ufa, 2005. – P. 61–65.

8. **Тюрганов, А.Г.** Формализованные понятийные модели для ИТ-проектирования организационно-технических систем [Текст] / А.Г. Тюрганов // Сб. науч. трудов X национ. науч.-техн. конф. РАИИ с междунар. участием (КИИ-2006). – М.: Физматлит, 2006. – Т. 1. – С. 183–188.

REFERENCES

1. **Fauler M.** Arkhitektura korporativnykh programmnykh prilozhenii. – Moscow: ID «Vil'iams», 2004. – 554 s. (rus)

2. **Khop G., Vul'f B.** Shablony integratsii korporativnykh prilozhenii. – Moscow: ID «Vil'iams», 2007. – 672 s. (rus)

3. **Zverev G.N.** Teoreticheskaia informatika i ee osnovaniia; 2-kh t. – Moscow: Fizmatlit, 2007. – Т. 1 – 592 s.; 2009. Т.2. – 576 s. (rus)

4. **Galiomov A.F., Bostonov O. Kh.** Integratsiia i upravlenie organizatsionnymi sistemami s ispol'zovaniem ontologii / Vestnik VGTU. Problemno-orientirovannye sistemy upravleniia. – 2012. – № 2. – С. 9–12. (rus)

5. **Bostonov O.Kh.** Sredstva avtomatizatsii proektirovaniia dlia integratsii informatsionnykh sistem / Nauchno-tekhicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikatsii. Uprav-

lenie. – St.-Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2011. – № 1. – S. 154–159. (rus)

6. **Pospelov D.A.** Produktсионные модели / Искусственный интеллект; В 3-х кн.; Кн. 2. Модели и методы: Справочник. – Moscow: Radio i sviaz', 1990. – С. 49–56. (rus)

7. **Zverev G.N., Turganov A.G., Kulyev R.U.** The System of Operational Production for Modelling Technical-Organizational Systems and Business-process; Workshop on Computer Science and Information Technologies; CSIT-2005, Russia, Ufa. – P. 61–65. (rus)

8. **Tiurganov A.G.** Formalizovannye poniatiiyne modeli dlia IT-proektirovaniia organizatsionno-tekhicheskikh sistem // Sb. nauch. trudov natsional'noi nauch.-tekhn. konf. RAIИ s mezhd. uchastiem KII-2006. – Moscow: Fizmatlit, 2006. – Т. 1. – С. 183–188. (rus)

БОСТОНОВ Оскар Хамзович – аспирант кафедры компьютерной математики Уфимского государственного авиационного университета.

450000, Россия, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

E-mail: bostonov@yandex.ru

BOSTONOV, Oskar H. Ufa State Aviation Technical University.

450000, K. Marksa Str. 12, Ufa, Russia.

E-mail: bostonov@yandex.ru

ЗВЕРЕВ Геннадий Никифорович – профессор кафедры компьютерной математики Уфимского государственного авиационного университета, доктор технических наук.

450000, Россия, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

ZVEREV, Gennady N. Ufa State Aviation Technical University.

450000, K. Marksa Str. 12, Ufa, Russia.