

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ**

**Научный журнал**

**№ 4**

**Часть 1**



**ISSN 2413 – 0133**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА**

Абламейко С.В., академик НАН Беларуси, Минск, БГУ  
Андрианов А.Н., д.ф.-м.н., Москва, ИПМ РАН  
Аршинский Л.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС  
Берестнева О.Г., д.т.н., Томск, ТПУ  
Бухановский А.В., д.т.н., Санкт-Петербург, НИУ ИТМО  
Бычков И.В., академик РАН, Иркутск, ИДСТУ СО РАН  
Воеводин В.В., чл.-корр. РАН, Москва, НИВЦ МГУ  
Вольфенгаген В.Э., д.т.н., Москва, МИФИ  
Воропай Н.И., чл.-корр. РАН, Иркутск, ИСЭМ СО РАН  
Горнов А.Ю., д.т.н., Иркутск, ИДСТУ СО РАН  
Грибова В.В., д.т.н., Владивосток, ИАПУ ДВО РАН  
Донской В.И., ак. Крымской АН, Симферополь, Тавр. академия им. В.И. Вернадского  
Дунаев М.П., д.т.н., Иркутск, ИРНТУ  
Елисеев С.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС  
Казаков А.Л., д.ф.-м.н., Иркутск, ИДСТУ СО РАН  
Карпенко А.П., д.ф.-м.н., Москва, МГТУ им. Баумана  
Массель Л.В., д.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН  
Москвичев В.В., д.т.н., Красноярск, СКТБ «Наука» СО РАН  
Мохор В.В., д.т.н., Киев, ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины  
Силич В.А., д.т.н., Томск, ТПУ  
Смирнов С.В., д.т.н., Самара, ИПУСС РАН  
Федотов А.М., чл.-корр. РАН, Новосибирск, ИВТ СО РАН  
Хамисов О.В., д.ф.-м.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН  
Чубаров Л.Б., д.ф.-м.н., Новосибирск, ИВТ СО РАН  
Юсупова Н.И., д.т.н., Уфа, УГАТУ

**ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА**

Массель Л.В., д.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – главный редактор  
Макагонова Н.Н., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – выпускающий редактор  
Копайгородский А.Н., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – редактор  
Массель А.Г., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – редактор  
Иванов Р.А., к.т.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН – дизайнер

**Рабочие контакты**

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН  
664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130  
Тел: (3952) 42-47-00 Факс: (3952) 42-67-96

Раб. тел.: 8 (3952) 500-646 доп. 441

Массель Л.В.,  
e-mail: [massel@isem.irk.ru](mailto:massel@isem.irk.ru)

Раб. тел.: 8 (3952) 500-646 доп. 440

Макагонова Н.Н.,  
e-mail: [mak@isem.irk.ru](mailto:mak@isem.irk.ru)

Сайт журнала и конференции ИМТ - <http://imt.isem.irk.ru>

---

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Номер контракта 202-04/2016

---

Отпечатано в полиграфическом участке ИСЭМ СО РАН © Все права принадлежат авторам публикуемых статей.

Подписано в печать 14.11.2016 г. Тираж 100 экз.

© Издательство ИСЭМ СО РАН

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА</b>	<b>5</b>
<b>Семантическое моделирование</b>	
<b>Михеев А.В.</b> О семантических технологиях для научно-технологического прогнозирования в энергетике	<b>7</b>
<b>Копайгородский А.Н.</b> Управление e-знаниями при поддержке принятия коллективных решений	<b>16</b>
<b>Загорюлько Г.Б., Сидоров В.А.</b> Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях	<b>27</b>
<b>Гусев В.Д., Саломатина Н.В.</b> Метод итерационного построения шаблонов для поиска в текстах по катализу информации о химических процессах и условиях их протекания	<b>37</b>
<b>Гутгарц Р.Д., Воскобойников М.Л.</b> Применение онтологического подхода для формирования базы знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа	<b>46</b>
<b>Информационные и вычислительные технологии</b>	
<b>Абакумов Е.М.</b> Основные направления развития корпоративных информационных систем предприятий приборостроения	<b>58</b>
<b>Антонов А.Ю.</b> Особенности эксплуатации высокопроизводительных вычислительных комплексов при обработке информации ограниченного распространения	<b>66</b>
<b>Исаев С.В.</b> Анализ киберугроз и их источников для корпоративной сети Красноярского научного центра СО РАН	<b>76</b>
<b>Ерженин Р.В.</b> Управление общественным сектором экономики с использованием контроллинга и бенчмаркинга	<b>86</b>
<b>Запрягаев В.И., Кавун И.Н., Певзнер А.С., Тютин А.А., Яковлева Н.В.</b> Применение системы автоматизированного сбора данных для исследования распределения давления в гиперзвуковой аэродинамической трубе Т-326	<b>99</b>
<b>Богданова В.Г., Пашинин А.А.</b> Инструментальные средства автоматизации разработки научных сервисов	<b>109</b>
<b>Феоктистов А.Г., Корсуков А.С., Дядькин Ю.А.</b> Аспекты имитационного моделирования процессов мультиагентного управления распределенными вычислениями	<b>118</b>
<b>Фёдоров Р.К., Шумилов А.С.</b> Планирование выполнения композиции сервисов в гетерогенной среде	<b>127</b>
<b>Правила приема статей в журнал</b>	<b>137</b>

<b>EDITOR'S FOREWORD</b>	<b>5</b>
<b>Semantic modeling</b>	
<b>Alexey V. Mikheev</b> Semantic-based approach for energy technology forecasting	<b>7</b>
<b>Alex N. Kopygorodsky</b> Knowledge management with support of collective decision-making	<b>16</b>
<b>Galina B. Zagorulko, Vladimir A. Sidorov</b> The method of subdefinite calculations as a mean of decision support in weakly-formalized domains	<b>27</b>
<b>Vladimir D. Gusev, Natalia V. Salomatina</b> An iterative fact-patterns construction for search In the texts on catalysis the information of chemical processes and their behavior conditions	<b>37</b>
<b>Rimma D. Gutgarts, Mihail L. Voskoboynikov</b> About the possibility of application of ontologies for formation of the technical support of university it infrastructure knowledge base	<b>46</b>
<b>Information and computing technologies</b>	
<b>Evgeny M. Abakumov</b> Main directions of development information systems for modern industrialmaking enterprise	<b>58</b>
<b>Alexander Yu. Antonov</b> Features of operation of high performance computing complexes for processing restricted information	<b>66</b>
<b>Sergei V. Isaev</b> Analysis of cyber threats and their sources on the corporate network Krasnoyarsk scientific center of the SB RAS	<b>76</b>
<b>Roman V. Erzhenin</b> Public sector management using controlling and benchmarking	<b>86</b>
<b>Valeriy I. Zapryagaev, Ivan N. Kavun, Anna S. Pevzner, Aleksej A. Tjutin, Natalija V. Yakovleva</b> Using a system of automated data acquisition for studying the pressure pattern in the T-326 hypersonic wind tunnel	<b>99</b>
<b>Vera G. Bogdanova, Anton A. Pashinin</b> Tools for science services development automation	<b>109</b>
<b>Aleksandr G. Feoktistov, Aleksandr S. Korsukov, Yuriy A. Dyad'kin</b> The aspects of simulation modeling of processes of multiagent control of distributed computing	<b>118</b>
<b>Roman K. Fedorov, Alexander S. Shumilov</b> Scheduling the services composition execution in the heterogeneous environment	<b>127</b>
<b>Call for papers</b>	<b>137</b>

## Уважаемые читатели!

Вашему вниманию предлагается четвертый выпуск журнала «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Этот выпуск включает прошедшие отбор и рецензирование статьи, отражающие содержание докладов и сообщений, сделанных на одноименной конференции в июле 2016 г.

Журнал издается с 2016 г. Начиная с этого года, Труды конференции отдельно не издаются, статьи включаются в выпуски предлагаемого вашему вниманию журнала (четыре выпуска в год). Правила подготовки и сроки подачи статей приведены в конце выпуска и на сайте конференции <http://imt.isem.irk.ru>. Статьи, не прошедшие рецензирование, отклоняются либо передаются авторам на доработку. Настоящий выпуск состоит из двух частей.

Первая часть включает разделы «Семантическое моделирование» и «Информационные и вычислительные технологии». Первый раздел открывается статьей А.В. Михеева «О семантических технологиях для научно-технологического прогнозирования в энергетике» (ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск). В статье рассматриваются методы и подходы, используемые в этой сфере в России и за рубежом. Для решения поставленной проблемы предлагается интеграция семантической информационно-аналитической системы с методологией системного технологического моделирования. В статье его коллеги А.Н. Копайгородского «Управление е-знаниями при поддержке принятия коллективных решений» рассмотрено применение онтологического и гибридного подходов к описанию знаний экспертов, которые представляются в электронном виде в декларативной явной форме (е-знания) и размещаются в интеллектуальной среде, коллективно используемой экспертами.

Статья Г.Б. Загорюлько и В.А. Сидорова «Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях» (ИСИ СО РАН, г. Новосибирск) описывает метод, предложенный А.С. Нариньяни в 80-х гг. прошлого столетия, и рассматривает возможность его применения для решения поставленной задачи. В статье Гусева В.Д., Саломатиной Н.В. «Метод итерационного построения шаблонов для поиска в текстах по катализу информации о химических процессах и условиях их протекания» (ИМ СО РАН, г. Новосибирск) рассмотрена апробация итерационного подхода, применяемого в общем случае при построении поисковых шаблонов для извлечения фактов. Показано, что применение предлагаемого подхода сокращает число итераций и повышает полноту формируемых словарей терминов и связей.

Раздел завершается статьей Гутгарц Р.Д и Воскобойникова М.Л. «Применение онтологического подхода для формирования базы знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа» (ИРНТУ, г. Иркутск), в которой описаны основные проблемы управления знаниями, возникающие при создании ИТ-инфраструктуры ВУЗа, предлагаются примеры применения онтологического подхода для описания исследуемой предметной области.

Второй раздел, «Информационные и вычислительные технологии», открывается статьей Е.М. Абакумова «Основные направления развития корпоративных информационных систем предприятий приборостроения» (ВНИИА, г. Москва). В статье рассматриваются основные направления построения корпоративных информационных систем приборостроения в России. Рассмотрен один из крупнейших проектов в этой области,

показана необходимость повышения эффективности функционирования предприятий этой отрасли за счет внедрения подобных систем. В статье его коллеги Антонова А.Ю. «Особенности эксплуатации высокопроизводительных вычислительных комплексов при обработке информации ограниченного распространения» рассматриваются различные подходы к созданию автоматизированных систем в защищенном исполнении, имеющих в своем составе многопроцессорный вычислительный комплекс.

Следующая статья, Исаева С.В., «Анализ киберугроз и их источников для корпоративной сети Красноярского научного центра СО РАН» (ИВМ СО РАН, г. Красноярск), посвящена актуальным вопросам кибербезопасности и противодействия киберугрозам. Описанные алгоритмы и программные средства применены к реальным данным корпоративной сети Красноярского научного центра СО РАН.

В статье Ерженина Р.В. («Управление общественным сектором экономики с использованием контроллинга и бенчмаркинга», БМБШ ИГУ, г. Иркутск) предлагается развитие современных форм контроля за результативностью и эффективностью управления в общественном секторе за счет внедрения механизмов контроллинга и бенчмаркинга в информационных системах централизованных бухгалтерий России.

В статье Запрягаева В.И., Кавуна И.Н., Певзнер А.С., Тютин А.А., Яковлевой Н.В. «Применение системы автоматизированного сбора данных для исследования распределения давления в гиперзвуковой аэродинамической трубе Т-326» (ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск) описаны система автоматизированного сбора данных и методика проведения эксперимента по исследованию распределения параметров потока в рабочей части гиперзвуковой аэродинамической трубы Т-326.

Завершают выпуск статьи авторов из ИДСТУ СО РАН (г. Иркутск). В статье Богдановой В.Г., Пашина А.А. «Инструментальные средства автоматизации разработки научных сервисов» рассматриваются инструментальные средства автоматизации создания научных сервисов, обеспечивающих как доступ к высокопроизводительным ресурсам, так и управление параллельным выполнением приложения пользователя в распределенной вычислительной среде на основе организации многовариантных расчетов. В статье Феоктистова А.Г., Корсукова А.С., Дядькина Ю.А. «Аспекты имитационного моделирования процессов мультиагентного управления распределенными вычислениями» представлены результаты исследований по анализу эффективности и надежности распределенной вычислительной среды. Основное внимание уделено вопросам автоматизации построения имитационной модели мультиагентной системы управления вычислениями в распределенной вычислительной среде. В статье Федорова Р.К., Шумилова А.С. «Планирование выполнения композиции сервисов в гетерогенной среде» описана разработка планировщика композиций веб-сервиса, позволяющего составлять и перестраивать расписание выполнения композиций сервисов в зависимости от изменения состояния среды и композиции.

Представленные статьи соответствуют тематике журнала, и, надеемся, будут интересны нашим читателям. Этот выпуск выходит в конце 2016 г. Надеемся, что следующий год будет не менее плодотворным и успешным для наших коллег, авторов статей и участников конференции.

Желаем всем оптимизма и надежды на лучшее в наше непростое время!

Л.В. Массель

## О СЕМАНТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Михеев Алексей Валерьевич

К.т.н., Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,  
664130 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: [mikheev@isem.irk.ru](mailto:mikheev@isem.irk.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности применения семантических технологий для решения задач научно-технологического прогнозирования в энергетике. Дан обзор текущих методов и подходов, используемых для научно-технологического прогнозирования в России и за рубежом. Обсуждаются пути решения проблем, стоящих перед сферой прогнозных исследований, с помощью аппарата семантических технологий, а также общие принципы интеграции семантической информационно-аналитической системы с методологией системного технологического моделирования.

**Ключевые слова:** семантическое моделирование, онтологии, научно-технологическое прогнозирование, энергетические технологии.

**Введение.** Интеграция национальных систем энергетики, глобальные изменения климата наряду как с интенсивным развитием энергетических технологий, особенно в части возобновляемых источников энергии, так и с растущими масштабами применения интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий для управления энергетическими объектами и системами, влекут неизбежное изменение технологических укладов на обозримом горизонте. Причем развитие технологий – это постоянный и непрерывный процесс, который идет ускоряющимися темпами в соответствии с доминирующей в настоящее время мировой концепцией устойчивого развития. Более того, технологически консервативный энергетический сектор находится на пороге принципиальных изменений в сторону клиенто-ориентированных инфраструктурных систем для надежного и эффективного обслуживания отраслей экономики и социальной сферы.

В этой связи возникает необходимость, с одной стороны, в хорошем понимании текущего состояния исследований технологий в сфере энергетики, особенно, их взаимосвязей с технологиями широкого спектра смежных областей – от разработки новых материалов до интеллектуального управления. С другой стороны, актуальной остается потребность в выявлении основных технологических трендов, идентификации и оценки эффективных разработок с высоким потенциалом применения в ближайшем будущем, в систематическом планировании и управлении технологическим развитием через выстраивание приоритетов, в обосновании научно-исследовательских разработок и/или трансфера технологий из-за рубежа.

Используемый в настоящее время в России инструментарий научно-технологического прогнозирования часто не отвечает на вызовы сегодняшнего дня. Среди главных вызовов можно выделить как наиболее важные следующие:

- необходимость поддержки устойчивого научно-технологического развития;
- ускорение технологических изменений;

- усиление влияния прогресса в области науки и технологий на социально-экономические процессы;
- рост сложности объектов, контрагентов, и, как следствие, объединяющих их систем;
- усиление междисциплинарных эффектов, влияния друг на друга смежных областей знания, в том числе конвергенция технологий;
- необходимость систематического адаптивного прогноза и механизмов «скользящего» планирования при непрерывной актуализации научно-технической информации.

Вместе с тем развитие информационных технологий и наступление «эпохи больших данных» предоставляют качественно новые возможности для решения сложных слабоструктурированных задач, какими, несомненно, являются задачи научно-технологического прогнозирования в силу большой неопределенности объекта исследования. В этом могут помочь развивающиеся технологии искусственного интеллекта: семантическое моделирование, онтологии, информационный интеллектуальный поиск, методы извлечения и анализа гетерогенных данных, методы статистического анализа, когнитивного моделирования и визуализации. Существует насущная потребность в разработке методологии и соответствующего информационно-вычислительного инструментария на интеллектуальной основе для формирования качественного «скользящего» прогноза научно-технологического развития энергетики и поддержки принятия решений в изменяющихся условиях.

**1. Обзор исследований в области научно-технологического прогнозирования.** За рубежом, особенно в США, где обоснованные научно-технологические прогнозы и программы инновационного развития – это одна из важнейших устоявшихся форм регулирования экономики, в последние десятилетия наблюдается активное развитие целого спектра интеллектуальных подходов и методов в целях обеспечения поддержки принятия решений по планированию и управлению инновационным развитием экономики.

С 2003 года международная рабочая группа из ведущих ученых из США, Европы и стран Восточной Азии координирует исследования по перспективному анализу технологического развития (Future-oriented Technology Analysis или сокращенно FTA) [5]. Эти исследования объединяют связанные и пересекающиеся направления:

- технологический мониторинг (Technology Monitoring, Watch, Alerts) – сбор и интерпретация данных;
- конкурентные технологические знания (Technical and Competitive Intelligence) – конвертирование технологической информации в полезные знания, как правило, через анализ угроз и возможностей;
- научно-технологическое прогнозирование (Technological Forecasting) – определение наиболее вероятных направлений развития и темпов изменений;
- стратегическая оценка технологий (Strategic Technology Assessment) – оценка непреднамеренных, непрямых и отложенных эффектов и последствий технологических изменений;
- технологические дорожные карты (Technology Roadmapping) – соотношение ожидаемого прогресса в связке технология-продукт в виде перспективного плана;

- технологический форсайт (Technology Foresight) – предвидение и выработка стратегии действий, часто с привлечением прямого участия экспертного сообщества.

Для решения задач в рамках этих направлений разработано много различных методов, инструментов и их комбинаций: экспертное мнение, анализ трендов, математическое и имитационное моделирование, статистические, сценарные, обучающие, описательные, интеллектуальные и другие методики. Одну из разновидностей обобщенной классификации методов ФТА можно найти в [9].

Цель исследований ФТА – это разработка средств интеллектуальной поддержки систематического процесса обоснования возможных путей развития науки и технологий, оценки перспективного влияния новых технологий на общество и окружающий мир, в том числе и на конкретные отраслевые инфраструктуры, а также поддержка выработки стратегических решений по инновационному развитию от мирового/национального уровня до уровня интересов высокотехнологичных компаний.

В России инструментарий, применяемый для задач поддержки принятия решений по научно-технологическому прогнозированию и инновационному развитию в энергетическом секторе, условно можно разделить на три основных группы подходов. Первая базируется на методах научно-технологического форсайта, когда все обзоры, оценки, прогнозы и рекомендации формируются на основе консолидированного мнения экспертов [6]. Несмотря на простоту, оперативность, малые затраты, такой подход часто критикуется за субъективность, слабую обоснованность и отсутствие ответственности экспертов. Основу второй группы составляют аналитический мониторинг и планирование развития в крупных энергетических компаниях, который отличается узкой специализацией и ориентированностью на конкретные задачи технологического развития такой компании на ближайшие годы.

Третья группа – это методология системного анализа, которая является наиболее строго научно обоснованным подходом, поскольку использует в качестве основных инструментов: (а) методы системного оценивания и сопоставления технологий; (б) системное технологическое моделирование (математические модели технологий и их структуры). При этом учитываются как сами энергетические технологии по всей совокупности их основных характеристик, так и целый комплекс внешних факторов – потребности, ресурсы, экология, функционирование, институты [3]. Однако, применение инструмента системного анализа для разработки программ инновационного развития, в том числе и в сфере энергетики, подразумевает выполнение комплекса полномасштабных исследовательских работ, требующих больших затрат труда и времени высококвалифицированных научных коллективов. Кроме того, большой проблемой является отсутствие эффективных механизмов оперативной адаптации аппарата системного технологического моделирования к меняющимся условиям технологического развития, особенно в части учета факторов научно-технического прогресса в смежных или слабосвязанных областях, в сложности учета междисциплинарных и инфраструктурных технологических эффектов, в возросшей информационной, технической и организационной комплексности объектов исследования.

Стоит упомянуть, что интеллектуальные методы и средства разрабатываются для поддержки принятия решений в достаточно близких к научно-технологическому

прогнозированию областей энергетических исследований, а именно в исследованиях направлений развития топливно-энергетического комплекса страны с учетом требований энергетической безопасности [2]. Дополнительно разработаны методы, основанные на онтологическом, когнитивном и событийном моделировании, на применении байесовских сетей доверия для оценки рисков чрезвычайных ситуаций в энергетике и декларативных представлений процессов преобразования данных. Реализована интеллектуальная ИТ-среда, интегрирующая инструментальные средства интеллектуальных вычислений и обеспечивающая поддержку двухуровневой технологии исследований [1]. Однако при прогнозировании развития ТЭК структура технологий учитывается в обобщенном виде и прогноз их показателей эффективности носит экспертный характер.

## **2. Семантические технологии для научно-технологического прогнозирования.**

Достаточное количество методов из большинства направлений перспективного анализа технологического развития (FTA) используют семантические технологии поиска, извлечения и анализа гетерогенных данных по электронным источникам информации в русле концепции «больших данных». В частности, предложена и применяется на практике методика Tech Mining – форма статистического контекстного анализа текстовых документов по базам научно-технических ресурсов - в первую очередь баз научных публикаций и патентных баз данных - для выявления прорывных исследований и разработок и для получения характеристик их инновационного потенциала [7].

В рамках исследовательского проекта «Технологическое прогнозирование с использованием интеллектуального анализа данных и семантики / Technological Forecasting using Data Mining and Semantics» (Массачусетский технологический университет, США) разрабатываются основанные на семантических подходах методы с целью анализа массива научно-технической информации из электронных ресурсов, в том числе в сфере перспективных технологий возобновляемых источников энергии и распределенной генерации энергии [10, 11]. Достигнуты определенные успехи в создании систем интеллектуального поиска, технологий согласования разнородной информации, автоматической генерации таксономии предметной области, методик идентификации перспективных технологий и определения их количественных и качественных индикаторов инновационного потенциала, методов визуализации поля исследований и разработок.

Можно выделить следующие семантические методы, представляющие интерес для задач научно-технологического прогнозирования:

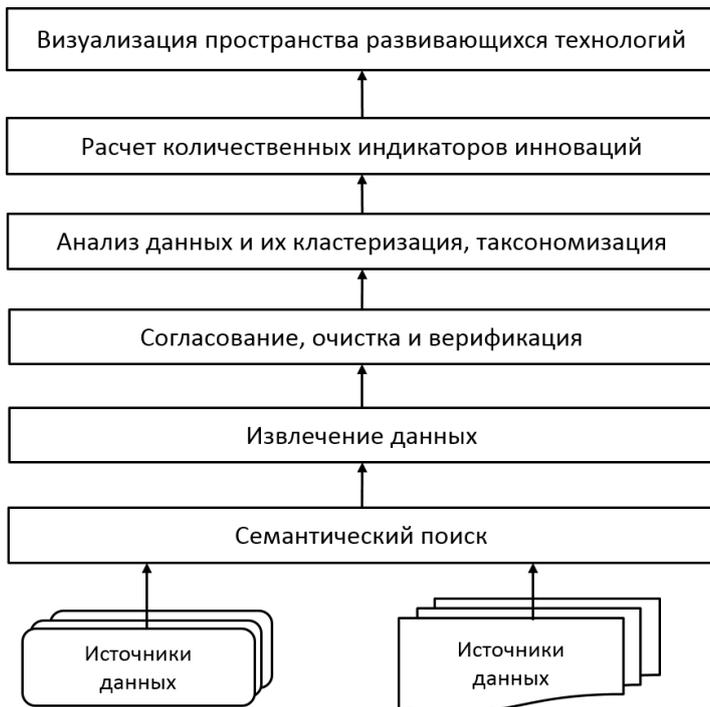
1. Семантический информационный поиск вместе с анализом слабоструктурированных текстов и данных, включая извлечение терминов, концептов, их согласование и агрегирование с последующей статистической обработкой полученных семантически структурированных данных.
2. Когнитивная визуализация полученных данных.
3. Онтологическое моделирование.

Применение семантического поиска, мониторинга научно-технической информации по текстовым гетерогенным источникам и количественного их анализа открывает новые возможности для технологического прогнозирования:

1. Идентификация технологий с высоким потенциалом применения в ближайшем будущем.

2. Расчет количественных индикаторов оценки потенциального роста конкретных развивающихся технологий или индикаторов ожидаемых инноваций. Пример вычисления таких индикаторов приведен в работе [10].
3. Автоматическое построение таксономий энергетических технологий с определением взаимосвязей со смежными областями знания.

Накладывая вычисленные количественные инновационные индикаторы на онтологическую карту предметной области, с помощью методов когнитивной визуализации возможно представление так называемого научно-технологического «ландшафта», отражающего текущее состояние перспективных исследований и разработок. Таким образом, представление знаний о развитии технологий осуществляется в понятной форме для конечного пользователя (эксперта).



**Рис. 1.** Общая схема информационно-аналитической системы, основанной на семантических технологиях, для научно-технологического прогнозирования

Общая схема работы подобной семантической информационно-аналитической системы (СИАС) показана на рис. 1. В качестве источников текстовых данных целесообразно использовать массив научных публикаций из международных и национальных баз цитирования как наиболее достоверных источников информации, прошедших квалифицированную экспертизу. Поиск запросы в системе могут быть сформированы на основе онтологий предметной области. Одно из важных преимуществ системы – это сбор информации в автоматическом режиме. Данный семантический подход достаточно универсален и может быть применен в качестве информационной основы для построения научно-технологического прогноза, как в энергетике, так и иной предметной области.

области.

Вместе с тем, такой подход находится еще в стадии становления и имеет немало проблем. Главная из них та, что это скорее попытка ответа на вопросы «Кто? Что? Где?», но не на «Как? Почему?», которые наиболее интересны для прогностических целей. Среди проблемных точек можно также указать качество и достоверность источников информации, противоречивость данных, обусловленных наличием шума, нерегулярностью и неравномерностью в исследуемых источниках. Сложности вызывают согласование и интеграция гетерогенных данных из разных источников. Подчеркивается необходимость итеративного обучения и экспертной или иной верификации качества полученных результатов [8].

**3. Интеграция семантической информационно-аналитической системы с методологией системного технологического моделирования.** Перечисленные выше недостатки семантического подхода берут истоки в его универсальности, когда при анализе научно-технических документов из области конкретных энергетических технологий не учитываются присущие им свойства и ограничения, имеющие изначально физико-техническую природу. Один из возможных путей преодоления указанных проблем лежит в плоскости интеграции семантической информационно-аналитической системы с методологией системного технологического моделирования в энергетике, которая уже достаточно хорошо разработана и применяется. Системные технологические модели, являющиеся разновидностью более общих системных энергетических моделей, подробно описывают возможную технологическую структуру добычи, производства, переработки, транспорта, потребления энергии разных видов для удовлетворения ожидаемого спроса с учетом целого комплекса глобальных, региональных, системных, экологических, социально-экономических и других факторов. Потребительский сектор характеризуется по принципу единообразия условий применения технологий – график потребления, уровень требуемой мощности, ценовые условия и т.п. В результате такого моделирования производится оценка оптимальных по критерию минимума экономических затрат объемов и структуры применения энергетических технологий при учете будущих потребностей (объемов рынка, режимов потребления, цен), доступности ресурсной базы, экологических и иных ограничений, научно-технического прогресса в других отраслях. Подробнее построение системных технологических моделей обсуждено в [4].

Интегрирование информационных систем и ресурсов в слабо формализованных областях, к которым безусловно относится научно-технологическое прогнозирование в энергетике, как правило, строится на формировании общего концептуального базиса через выделение и представление основных понятий (концептов) предметной области и описания содержательных связей между ними. Это возможно сделать на основе аппарата онтологического моделирования через построение полного связного комплекса онтологий рассматриваемой предметной области и решаемых на ней задач. Общая концепция интеграции семантической информационно-аналитической системы с методологией системных технологических исследований в энергетике представлена на рис. 2.

Помимо построения избыточных онтологических моделей при интеграции семантического и системного подходов необходимо решить ряд методических задач разной степени сложности. В частности, необходимо разработать:

1. Метод онтологического проектирования системных технологических моделей, позволяющий строить прогнозные математические модели, описывающие развитие технологий и их структуры, на основе избыточных онтологических моделей предметной области.
2. Методику рационального агрегирования индикаторов ожидаемых инноваций с результатами системного технологического прогноза – вариантными оценками развития энергетических технологий (структура, объемы, масштабы, условия применения).
3. Методику когнитивной визуализации пространства прогноза научно-технологического развития в энергетике.

4. Механизм интеграции таксономий, автоматически сгенерированных семантической информационно-аналитической системой, в существующее онтологическое ядро в целях пополнения и развития онтологической модели предметной области, а также выделения взаимосвязей и эффектов влияния на энергетику научно-технического прогресса в смежных областях.
5. Программный компонент доступа к базам данных показателей технологий на основе онтологий - Ontology Based Data Access (OBDA). OBDA – это технология доступа к источникам данных через онтологии на основе декларативного механизма описания связей между ними.

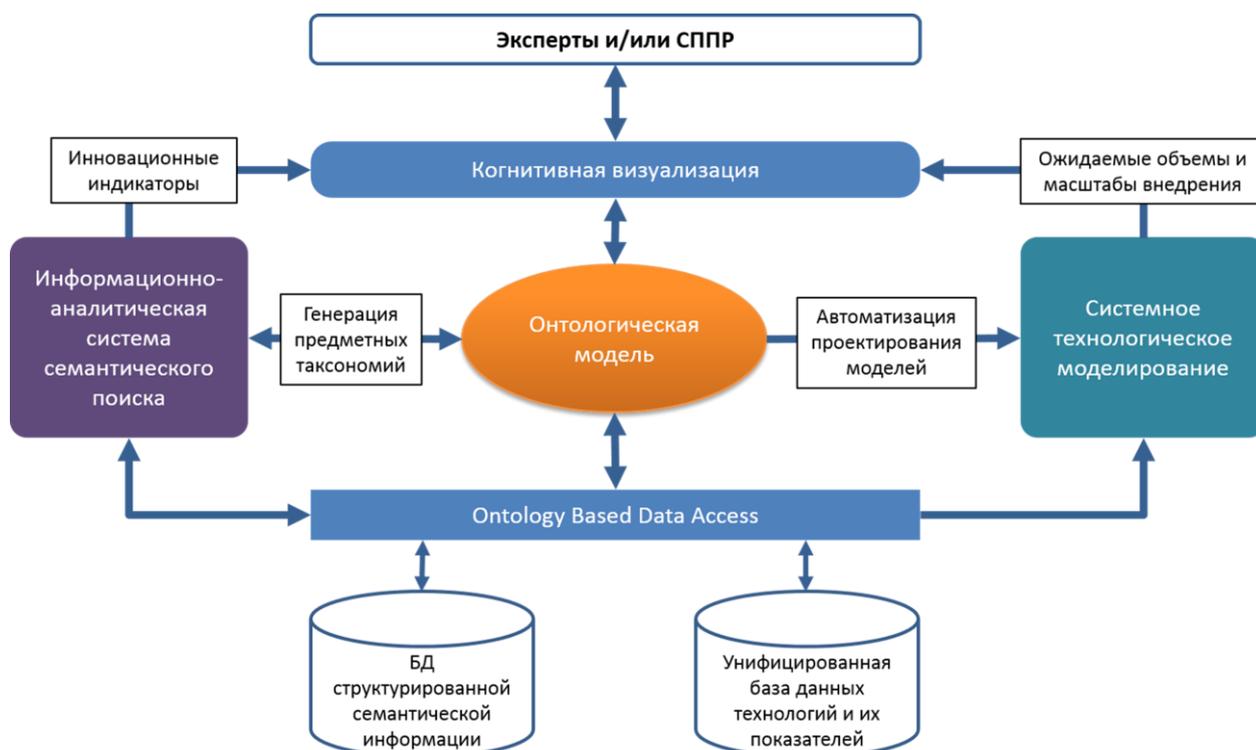


Рис. 2. Концепция интеграции семантической информационно-аналитической системы с методологией системных технологических исследований в энергетике

**Заключение.** В статье рассмотрено использование возможностей семантических технологий для повышения качества и обоснованности научно-технологического прогнозирования в энергетике. Предложена концепция онтологической интеграции традиционных методов системного моделирования развития энергетических технологий и семантической информационно-аналитической системы, способной извлекать предметно ориентированные данные из различных источников научно-технической информации и рассчитывать на их основе индикаторы инновационного роста конкретных технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Массель Л.В. Создание и интеграция интеллектуальных информационных технологий и ресурсов для комплексных исследований в энергетике // Вестник РФФИ. 2012. №4 С. 74-81.
2. Массель Л.В., Массель А.Г. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики // Известия Томского политехнического университета. Управление, вычислительная техника и информатика. Т. 321. № 5. 2012. С. 135-141.

3. Системные исследования в энергетике: ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука. 2010. 686 с.
  4. Системные исследования проблем энергетики / Л.С. Беляев, Б.Г. Санеев, С.П. Филиппов и др. Новосибирск: Наука. 2000. 558 с.
  5. Future-Oriented Technology Analysis / Eds. Cagnin C., Keenan M., Johnston R. et al. Springer. 2008. 166 p. - DOI: 10.1007/978-3-540-68811-2.
  6. L. Proskuryakova. Energy technology foresight in emerging economies. // Technological Forecasting and Social Change. 2016. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.05.024
  7. Porter A. Tech mining // Competitive Intelligence Magazine. Vol. 8(1). 2005. Pp. 30–36.
  8. Porter A.L., Zhang Y. Tech mining of science & technology information resources for future-oriented technology analyses // Futures Research Methodology - Version 3.1. / Eds. Glenn J.C., Gordon T.J. The Millennium Project, Washington, DC online at the global futures intelligence system in futures methodologies: Available at: <https://themp.org/>
  9. V. Coates, M. Faroque, R. Klavins et al. On the future of technological forecasting // Technol. Forecast. Soc. Change. Vol. 67 (1). 2001. Pp. 1 – 17.
  10. Woon W.L., Aung Z., Madnick S. Forecasting and Visualization of Renewable Energy Technologies using Keyword Taxonomies. // Data Analytics for Renewable Energy Integration. / Ed. by W.L. Woon et al. Second ECML PKDD Workshop (DARE 2014), Nancy, France, September 19, 2014. Revised Selected Papers. Springer. 2014. Pp. 122–136. DOI: 10.1007/978-3-319-13290-7\_10.
  11. Woon W.L., Zeineldin H., Madnick S. Bibliometric analysis of distributed generation // Technological Forecasting and Social Change. Vol. 78. 2011. Pp. 408 – 420.
- 

**UDK 519.76**

## **SEMANTIC-BASED APPROACH FOR ENERGY TECHNOLOGY FORECASTING**

**Alexey V. Mikheev**

Dr. of Eng. Melentiev Energy Systems Institute  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [mikheev@isem.irk.ru](mailto:mikheev@isem.irk.ru)

**Abstract.** This paper reviews a semantic-based approach and its feasibility for an improvement of technology forecasting in energy sector. The semantic-based information system implies the use of so-called “tech mining” over a suitable databases and information science & technologies sources with calculation of respective innovation growth indicators and further visualization. The integration on the base of ontologies between the semantic approach and the traditional methodology of system analysis is proposed as one of possible way to get new quality of forecasting research.

**Keywords:** semantic technique, tech mining, ontologies, technological forecasting, energy technologies

## References

1. Massel L.V. Sozdanie and integraciya intellektualnih informacionnih technologiy and resursov dlya kompleksnih issledovaniy v energetike [Development and integration of information technologies and resources for complex energy studies] // Herald of RFBR. 2012. No. 4. Pp. 74-81. (in Russian)
2. Massel L.V., Massel A.G. Intellektualnie vichisleniya v issledovaniyah napravleniy razvitiya energetiki [Intellectual computations in energy development research] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Control, computer science and technology. 2012. Vol. 321. No. 5. Pp. 135-141. (in Russian)
3. Sistemnie issledovaniya v energetike: retrospektiva nauchnih napravlenii SEI-ISEM [System energy research: scientific research retrospective of SEI-ISEM] / Eds. N.I.Voropai. – Novosibirsk: Nauka. 2010. 686 p. (in Russian).
4. Sistemnie issledovaniya problem energetiki [System research of energy problems] / L.S. Belyaev, B.G. Saneev, S.P. Philippov et al. – Novosibirsk: Nauka. 2000. 558 p. (in Russian)
5. Future-Oriented Technology Analysis / Eds. Cagnin C., Keenan M., Johnston R. et al. – Springer. 2008. 166 p. - DOI: 10.1007/978-3-540-68811-2.
6. L. Proskuryakova. Energy technology foresight in emerging economies // Technological Forecasting and Social Change. 2016. – DOI: 10.1016/j.techfore.2016.05.024
7. Porter A. Tech mining // Competitive Intelligence Magazine. 2005. Vol. 8(1), Ppp. 30–36.
8. Porter A.L., Zhang Y. Tech mining of science & technology information resources for future-oriented technology analyses // Futures Research Methodology - Version 3.1. / Eds. Glenn J.C., Gordon T.J. The Millennium Project, Washington, DC online at the global futures intelligence system in futures methodologies. Available at: <https://themp.org/>
9. V. Coates, M. Faroque, R. Klavins et al. On the future of technological forecasting // Technol. Forecast. Soc. Change. 2001. Vol. 67 (1), Pp. 1 – 17.
10. Woon W.L., Aung Z., Madnick S. Forecasting and Visualization of Renewable Energy Technologies using Keyword Taxonomies. // Data Analytics for Renewable Energy Integration. / Ed. by W.L. Woon et al. Second ECML PKDD Workshop (DARE 2014), Nancy, France, September 19, 2014. Revised Selected Papers. Springer. 2014. Pp. 122–136. - DOI: 10.1007/978-3-319-13290-7\_10.
11. Woon W.L., Zeineldin H., Madnick S. Bibliometric analysis of distributed generation // Technological Forecasting and Social Change. 2011. Vol. 78. Pp. 408 – 420.

## УПРАВЛЕНИЕ Е-ЗНАНИЯМИ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Копайгородский Алексей Николаевич

К.т.н., ведущий специалист по ИТ лаборатории «Информационные технологии в энергетике»  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,  
664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: [kopaygorodsky@mail.ru](mailto:kopaygorodsky@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы управления е-знаниями научных и экспертных групп при выполнении совместных проектов. Поддержка принятия коллективных решений основывается на применении онтологического и гибридного подхода к описанию знаний экспертов, которые представляются в декларативной явной форме и размещены в интеллектуальной коллективной экспертной среде. Рассмотрена система онтологий и инструментальные средства поддержки принятия коллективных решений.

**Ключевые слова:** поддержка принятия коллективных решений, управление знаниями, интеллектуальная экспертная среда

**Введение.** На протяжении ряда последних лет наблюдается бурное развитие телекоммуникационных технологий, которые активно влияют на повседневную жизнь людей. На сегодняшний день уже не представляет особых проблем связаться с человеком, который находится на другой стороне Земли. Большое влияние информационные технологии оказывают на организацию и проведение научных исследований: появляется достаточно много новых научно-исследовательских проектов, которые совместно выполняются территориально-распределёнными научными коллективами, состоящими из исследователей и специалистов из различных организация и/или предметных областей. В первую очередь эффект от создания гетерогенных научно-исследовательских групп проявляется в возможности использования несвойственных предметной области проекта методов исследования, что дает возможность не только получать качественно новые научные результаты, но и находить решение научных задач, которые раньше считались трудноразрешимыми. Подобный подход не является новым, например, в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН основными научными направлениями являются: 1) теория создания энергетических систем, комплексов и установок и управления ими; 2) научные основы и механизмы реализации энергетической политики России и ее регионов. Для проведения исследований в рамках этих направлений привлекаются эксперты из различных научных направлений, таких как энергетика, экология, экономика, информатика и математика [9]. Таким образом, коллективная экспертная деятельность является важной составляющей в работе института. Более того, в последнее время появилась тенденция к объединению для работы над комплексными научными проектами групп исследователей из различных научных институтов, каждая из которых обладает своим собственным багажом знаний и навыков.

**1. Проблемы проведения междисциплинарных исследований.** Комплексные исследования требуют привлечения данных и знаний из различных научных областей и, по

сути, являются междисциплинарными. Успешное осуществление междисциплинарных исследований [7] предполагает одновременное решение:

- 1) методологической проблемы (формирование предмета исследований, в котором объект был бы отражен таким образом, чтобы его можно было изучать средствами всех участвующих дисциплин, а полученные результаты могли уточняться и совершенствоваться);
- 2) организационной проблемы (создание сети коммуникаций и взаимодействия исследователей, с тем чтобы они могли профессионально участвовать в получении и обсуждении информации, а также привлекать к этому процессу своих коллег из соответствующих дисциплин);
- 3) информационной проблемы (обеспечение передачи научных результатов, полученных между участниками).

Указанные выше проблемы усугубляются географическим распределением коллектива и различием в «базовом уровне знаний» отдельных экспертов: хорошие эксперты, как правило, специализируются в одной или нескольких областях знания, а относительно областей знания других экспертов, входящих в научный коллектив, имеют лишь общие представления. Практически невозможно найти человека, разбирающегося во всех тонкостях предметных областей, которые затронуты достаточно большим комплексным проектом. Поэтому создание рабочей группы, состоящей из представителей различных научных дисциплин, является насущной необходимостью для решения сложных задач. Если над проблемой, затронутой проектом, работает большая разнородная группа, то процесс поиска научного результата становится сложным и малоэффективным. Существуют два основных способа согласования знаний в таком научном коллективе. Первым из них является взаимное обучение. Вторым – сопоставление явных знаний (explicit knowledge) [8, 10] на основе общих абстрактных понятий. Оба этих способа имеют свои преимущества и свои недостатки. Рациональным решением является комбинирование этих двух подходов: одновременное взаимопроникновение и сопоставление знаний.

Для упрощения тиражирования и облегчения передачи знаний между экспертами материалы и явные знания должны быть представлены в электронной форме (в форме e-знаний, e-knowledge [19]). Наличие общей «электронной базы» позволит исследователям сопоставлять свои единицы знания с общим понятийным базисом проекта и более быстро изучать материалы, предоставленные другими исследователями, что позволяет добиться режима ситуационной осведомленности [16]. Понятие «ситуационная осведомленность» (Situational Awareness) сформировалось на рубеже 1990-х годов и связано в первую очередь с работами Mica R. Endsley (Мика Эндсли). Согласно классическому определению, принцип Situational Awareness представляет собой «чувственное восприятие элементов обстановки в (едином) пространственно-временном континууме, осознанное восприятие их значения, а также проецирование их в ближайшее будущее» [18].

**2. Жизненный цикл знаний.** Управление знаниями [10] в общем смысле охватывает управление процессами работы со знаниями. Существует два сформировавшихся подхода к управлению знаниями, существенно отличающихся друг от друга [17]. Первый подход к основывается на том, что знания уже существуют и основная задача управления состоит в том, что требуется должным образом провести их фиксацию, кодирование и распространение. Как следствие, задачи, связанные с управлением знаниями, начинаются с

момента создания знания, а целью управления является совершенствование процесса его использования и применения на практике. Во втором подходе принято считать, что знания не существуют в готовом виде, новые знания непрерывно производятся в процессе обработки других знаний.

Жизненный цикл обработки знания представляет собой непрерывный замкнутый процесс, основными этапами которого являются идентификация и создание новых знаний, их обработка, интеграция и использование, в результате которого порождаются новые знания. На этапе идентификации знаний производится не столько выявление нового знания, сколько определение потребности в этих знаниях и поиск «разрыва в знаниях» – четких границ доступности существующих знаний. После определения потребности в новых знаниях они могут быть созданы различными способами: в ходе проведения поисково-аналитической работы, выполнения НИР прикладного и фундаментального характера. Исследовательские группы и отдельные ученые могут получать новые знания в результате обучения и повышения квалификации, целенаправленного усвоения новой информации из различных источников, участия в профессиональном общении и взаимодействия при решении научных и практических задач. Приобретенные неявные знания [8, 10] могут быть преобразованы в явную форму и представлены, как правило, в декларативном виде (отчуждены от исследователя), сохранены для дальнейшего распространения и использования. Наилучшим способом распространения знаний от человека к человеку является общение, но такой подход не всегда возможен в силу существующих ограничений, поэтому современные информационные технологии могут использоваться для распространения знаний в декларативном виде. Завершающим этапом является использование знаний, в ходе которого и обнаруживаются новые разрывы в знаниях, а также выполняется проверка истинности, полезности и ценности полученных ранее знаний.

**3. Методический подход к управлению знаниями при поддержке принятия коллективных решений.** Поддержка принятия коллективных решений, научной и экспертной деятельности основывается на применении методов онтологического моделирования [1] и управления е-знаниями. Предлагается гибридный подход к управлению знаниями, который не опровергает существование априорных научных знаний, накопленных экспертными группами, и интегрирует процессы оценивания достоверности и распространения знаний, истории применения их и обобщения. Применение гибридного подхода обеспечивает эффективное накопление е-знаний и функционирование корпоративной памяти [12], представленной в виде предметно-ориентированной, интегрированной, вариативной по времени совокупности данных, информации и знаний. Основной задачей корпоративной памяти является преобразование информационного базиса взаимодействующего коллектива экспертов из аморфной среды в структурированную и планомерно развивающуюся систему с целью повышения эффективности использования накопленных е-знаний, подготовки новых экспертов и их привлечения к совместной деятельности. В качестве базиса интеграции предлагается семантический подход, основанный на использовании онтологий и метаописаний, применение которого позволит в будущем реализовать знаниевый портал по вопросам комплексных исследований энергетики и коллективной экспертной деятельности в этой области.

Для традиционных моделей представления структурированных данных (реляционная, объектная, иерархические, объектно-реляционная модели представления данных)

разработаны эффективные способы физического хранения и методы эффективного доступа к данным. В свою очередь модели представления слабоструктурированных данных (RDF/XML и JSON) позволяют описать динамические структуры, основное назначение таких моделей – нахождение общей схемы при интеграции данных из различных гетерогенных источников, извлечение схемы из слабоструктурированных данных. При этом данный класс моделей имеет возможность описывать семантическую информацию (RDF, RDFS и OWL) о моделируемых объектах. Разработаны, в том числе автором, методы и инструментальные механизмы эффективного хранения и доступа к данным. Кроме того, для информационной поддержки коллективных научных исследований и экспертной деятельности, помимо хранения фактографических данных, требуется хранить и обрабатывать декларативные знания (описания данных и другие сведения), а также онтологии, описывающие предмет исследования, научные знания и методики.

Для решения междисциплинарных проблем исследований в области энергетики предлагается использовать интеллектуальную коллективную экспертную среду. В архитектуре интеллектуальной коллективной экспертной среды (ИКЭС), представленной на рис. 1, выделяются основные компоненты: интеллектуальная агентная среда, обеспечивающая взаимодействие между программными агентами и численное решение поставленных задач; серверы СУБД, хранящие ретроспективные данные и данные вычислительных экспериментов; Web-серверы, обеспечивающие поддержку серверных компонентов Web-приложений; и Web-браузеры, используемые для доступа к ИКЭС экспертам.

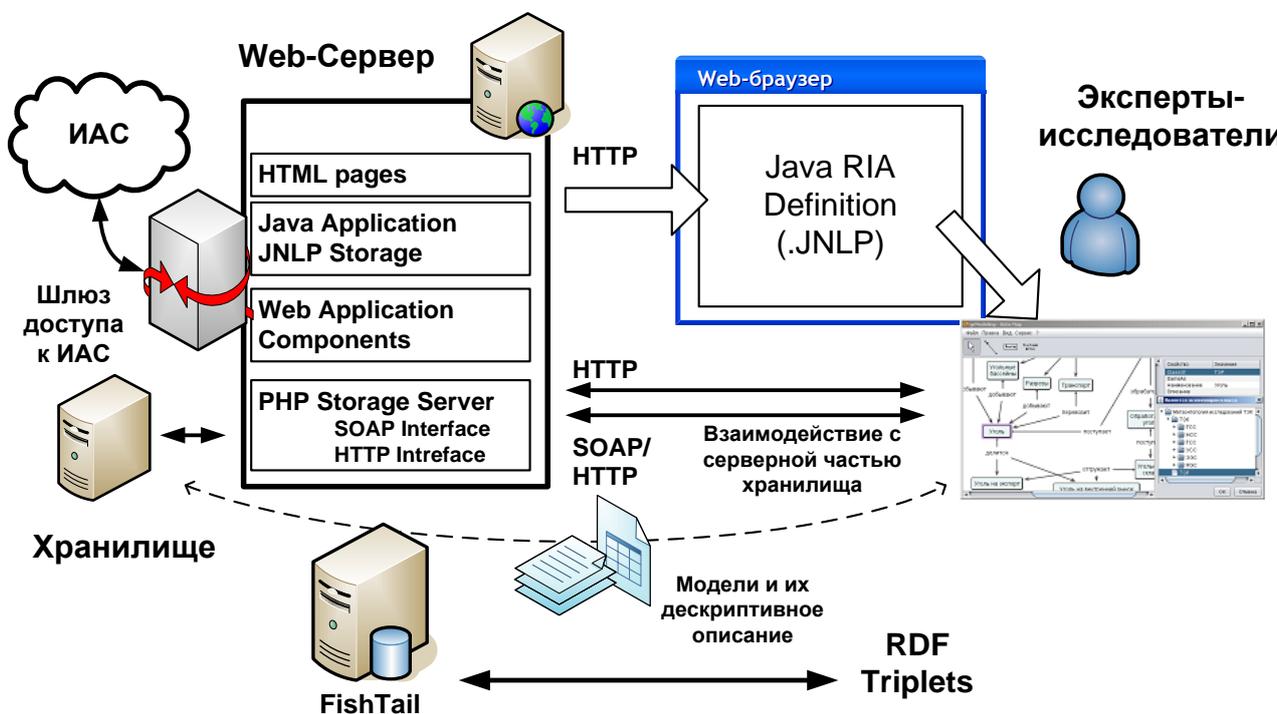


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной коллективной экспертной среды

Для поддержки исследований отдельных систем энергетики в рамках ИКЭС предлагается использовать хранилища данных и знаний, описывающие не только научные знания, но и содержащие исходную информацию для проведения исследований. Доступ к

компонентам хранилищ данных и отдельным серверам СУБД предлагается выполнять на основе методов виртуальной интеграции [2].

Разрабатываемый сервер FishTail используется для хранения и управления RDF-триплетами, которые связаны с некоторыми е-знаниями и понятиями в системе онтологии. FishTail может быть использован для обогащения новыми тройками RDF на основе некоторых predetermined правил (аксиом) и существующих RDF-троек.

Реализацию компонентов Web-приложения ИКЭС предлагается выполнять в частном облаке (Private Cloud) [15] на базе подхода Rich Internet Applications (RIA) [14], в котором частичная реализация пользовательского интерфейса выполнена на жестко стандартизованных программных средствах, обеспечивающих большой контроль над интерфейсом и обходящих многие несовместимости в конфигурациях Web-браузеров. RIA Web-приложение насыщено функциональностью традиционных настольных приложений. Реализация клиентской RIA-части Web-приложений выполняется на платформе Java как наиболее подходящей и удобной для разработки. Применение технологии Java Web Start и протокола Java Network Launching Protocol позволяет загружать и запускать квазилокальные приложения [11], автоматически обновляемые через Интернет и работающие вне среды Web-браузера. Реализация Web-приложений, предназначенных для работы в Web-браузерах и на мобильных устройствах, производится с использованием таких технологий как JavaScript (jQuery, Bootstrap и т.д.) и HTML5, серверные компоненты реализованы на PHP и Java.

**4. Онтологии как базис интеграции знаний.** Онтологии являются одним из современных направлений в области искусственного интеллекта. Сам термин был введен Т. Грубером (Gruber T.) [13] для обозначения связного фрагмента декларативного знания и использования его в информационных технологиях, до этого термин использовался в философии. Онтология описывает основные понятия (концепты) и связи между ними и может быть представлена в графическом виде или описана на одном из формальных языков (OWL, RDFS, RDF, XML и др.) [1, 10].

В результате онтологического моделирования создается онтологическое пространство ТЭК [3], включающее совокупность онтологий, которое позволяет работать не только с данными, но и знаниями, в том числе описаниями сценариев ситуаций, моделей и программных комплексов и интегрировать их в ИТ-инфраструктуру исследований энергетики. Совокупность взаимосвязанных онтологий позволяет сформировать описание предмета исследований и тем самым решить методологическую проблему междисциплинарных исследований. Исследователи из разных предметных областей, работающие над общим научным проектом, могут разрабатывать свои онтологии и сопоставлять понятия из них с абстрактным понятием системы онтологий ТЭК.

Система онтологий исследований ТЭК представлена на рис. 2. Онтологиями верхнего уровня являются «Метаонтология ТЭК» и «Метаонтология исследований энергетики», в которых определены базовые понятия ТЭК и научных исследований. На основе этих метаонтологий строятся онтологии отраслевых систем ТЭК и онтологии задач, отражающих основные понятия поставленных научных задач в рамках исследований отраслей ТЭК или ТЭК в целом. Онтологии баз данных описывают модели данных и связи данных с понятиями, определенными в других онтологиях. В онтологиях программных комплексов представлены их описания. Отражение связей между онтологиями выполняется с помощью двух отношений: «экземпляр класса» (ClassOf) и «то же, что и / тождественно» (SameAs).

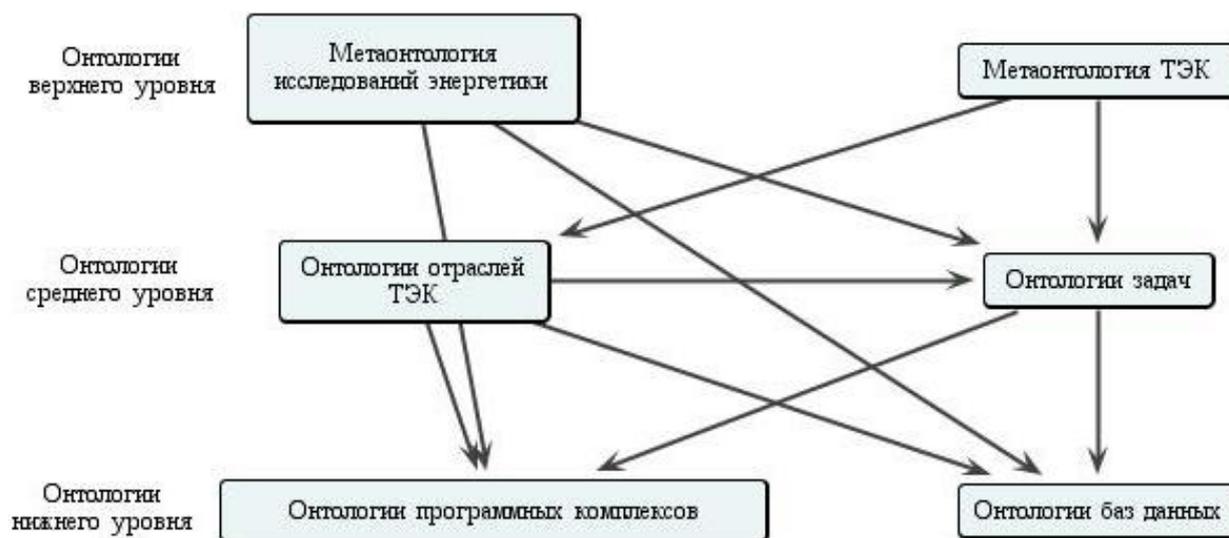


Рис. 2. Система онтологий исследований ТЭК и систем энергетики

В метаонтологии ТЭК (рис. 3) определены понятия ТЭК, ТЭР (топливно-энергетических ресурсов, являющихся результатом добычи или переработки), системы ТЭК («ЭЭС» – электроэнергетическая система, «ГСС» – газоснабжающая система и др.), а также классы объектов энергетики («Добыча», «Хранение», «Транспорт» и др.).

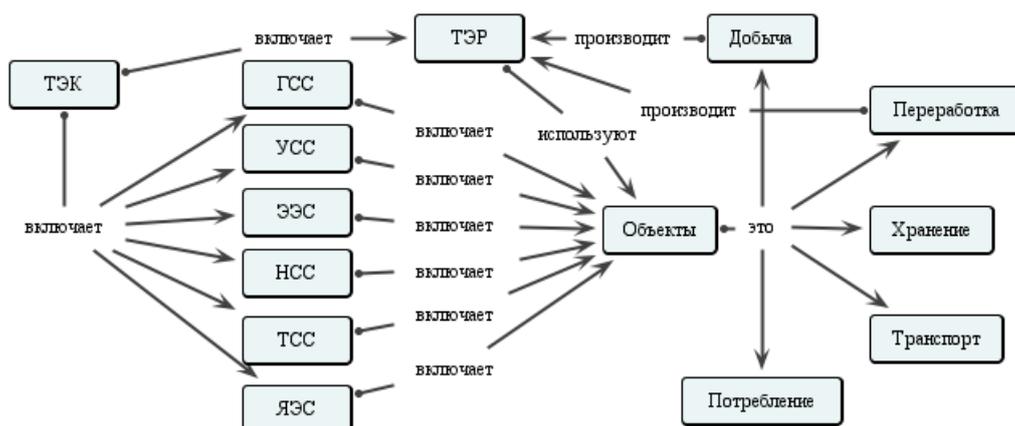


Рис. 3. Метаонтология ТЭК

Онтологии отраслевых систем более подробно описывают объекты энергетики и их взаимодействие, конкретизируют понятия, введенные в онтологии верхнего уровня. На основе онтологий могут быть получены содержащие базовые понятия систем энергетики единые справочники (классификаторы), которые используются для конфигурирования хранилищ данных и знаний отдельных систем энергетики.

Онтологии могут использоваться для описания элементов декларативных явных знаний. Все явные знания могут быть описаны с помощью ключевых слов, которые могут быть сопоставлены с некоторыми понятиями из онтологий. Это может быть представлено как

$$F: K_I \rightarrow O_I, O_I \subset O, \text{ где}$$

$F$  – функция отображения всех ключевых слов  $K_I$   $I$ -ого «элемента знания» в понятия  $O_I$ ,  $O$  – обобщенная онтология, которая интегрирует все понятия из всех предметных областей.  $O$  соответствует системе онтологий исследований ТЭК. Таким образом, любое явное знание

может быть связано с одним или несколькими элементами из системы онтологий. Если  $K_I$  включает ключевое слово, которое не может быть сопоставлено с каким-либо понятием, то потребуется выполнить расширение соответствующей онтологии и включить необходимое понятие. На следующем шаге выделенное множество понятий (подмножество онтологии) может быть использовано для поиска подходящего явного знания и/или для улучшения восприятия знаний экспертами другой предметной области.

### **5. Инструментальные средства для поддержки управления данными и знаниями.**

Для поддержки предложенной методики была выполнена реализация среды построения онтологий на основе ядра системы графического моделирования GrModeling [4]. Кроме графического моделирования, в среде построения реализованы функции для проведения анализа, преобразования и использования онтологий, в том числе и их выгрузка в формат XML и RDF. Среда построения онтологий может использоваться для построения моделей программ и баз данных в соответствии с системой онтологий исследований ТЭК.

Интеграционная информационная инфраструктура исследований энергетики, разработанная в ИСЭМ СО РАН [6], используется для поддержки корпоративной памяти и хранит:

- данные о сотрудниках, проводимых ими научных исследованиях и их результатах, информацию обо всех разрозненных базах данных и хранилищах данных, используемых для хранения базовой (основной), промежуточной и результирующей информации, необходимой для исследований;
- информацию о методах (алгоритмах), выполняющих какие-либо действия над информацией (программных комплексах, пакетах прикладных программ, различных сервисах).

Для поддержки научной деятельности научных групп и отдельных исследователей разработаны специализированные хранилища данных и знаний для каждой системы энергетики, что позволяет значительно упростить построение единого корпоративного хранилища для решения комплексных проблем энергетики [5].

Хранилище данных и знаний обеспечивает информационную поддержку исследований в энергетике, хранение описаний размещенных документов, предоставляет возможность быстрого поиска и извлечения любого документа на основе метаданных, поддерживает использование виртуальных коллекций (витрин) документов в соответствии с конкретными потребностями исследователей, а также обеспечивает выполнение других задач на уровне оперирования документами, группами документов и данными. Архитектура хранилища данных и знаний представлена на рис. 4.

Проектирование хранилища данных и знаний для поддержки исследований системы энергетики начинается с анализа предметной области, далее разрабатывается классификатор основных понятий, строятся онтологии предметной области, на основе которых выполняется построение модели данных и осуществляется заполнение хранилища данных и знаний. Следует отметить, что ограничения накладываются только на структуру метаданных, которые описывают документы, находящиеся в хранилище, модели словаря предметной области и хранилища данных.

Элементы знаний, представленные в виде триплетов, могут накапливаться и обрабатываться в специализированном хранилище FishTail. В хранилище вместе с явными знаниями, выраженными загруженными пользователями триплетами, могут быть размещены

и некоторые правила (аксиомы), с помощью которых выполняются процесс обогащения знания. Например, FishTail может содержать некоторую аксиому для вывода новых триплетов в результате анализа транзитивных зависимостей:  $\langle S_1, X, S_2 \rangle \& \langle S_2, X, S_3 \rangle \rightarrow \langle S_1, X, S_3 \rangle$ ; или правило вывода комплементарных отношений:  $\langle S_1, X, S_2 \rangle \& \langle X, \text{«дополняется»}, Y \rangle \rightarrow \langle S_2, Y, S_1 \rangle$ .

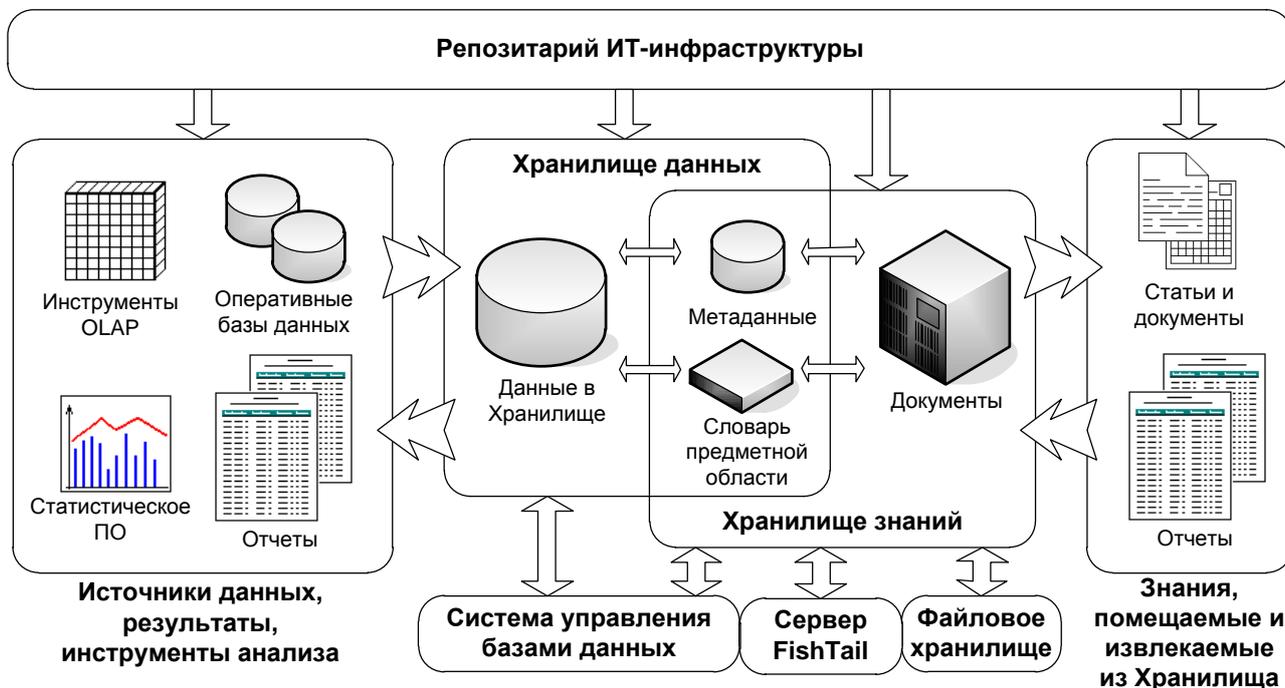


Рис. 4. Архитектура хранилища данных и знаний

Обычные триплеты состоят из трех элементов: «субъект», «предикат» и «объект высказывания». Но триплеты FishTail могут содержать четвертый элемент – «дескриптор», который используется для хранения некоторой дополнительной информации о триплете, такой, как история его возникновения. Если дескрипторы всех элементов не определены, то триплеты FishTail полностью соответствуют обычным триплетам.

Хранилище RDF FishTail может использоваться совместно с хранилищем данных и знания для более эффективного управления e-знаниями. Предопределенные аксиомы будут обогащать RDF-хранилище и выводить новые триплеты, которые будут соотнесены с понятиями из системы онтологий, что позволит улучшить параметры эффективности поиска e-знаний. При формировании поискового запроса пользователем, он преобразуется в набор связанных RDF-триплетов (подграф RDF), который используется в качестве шаблона для поиска связанных материалов.

**Заключение.** В работе рассмотрены методический подход и компоненты интеллектуальной коллективной экспертной среды для поддержки коллективной научной и экспертной деятельности в области энергетики на основе применения системы онтологий и гибридной модели данных и знаний. В качестве базиса интеграции и описания e-знаний используется онтологический подход. На основе онтологий, выраженных в форме RDF, и множества аксиом возможна организация вывода новых знаний, для чего предложено использование сервера FishTail.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №14-07-00116, №15-29-07112, №16-07-00569.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 324 с.
2. Копайгородский А. Н. Виртуальная интеграция распределенных данных исследований в энергетике // Труды XIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2008. – С. 260-266.
3. Копайгородский А. Н. Применение онтологий в системе поддержки коллективной экспертной деятельности // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Знания, онтологии, теории» (ЗОНТ-2015). Т. 1, 2015.– Новосибирск: ИМ СО РАН.– С. 150-157
4. Копайгородский А. Н. Проектирование и реализация системы графического моделирования // Труды XV Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении», Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010. – С. 22-28.
5. Копайгородский А. Н., Массель Л. В. Методы, технологии и реализация хранилища данных и знаний для исследований энергетики / Вестник Южно-Уральского государственного университета, №4 (221), 2011, серия «Математическое моделирование и программирование», вып. 7. – С. 47-55.
6. Копайгородский А. Н., Массель Л. В. Разработка и интеграция основных компонентов информационной инфраструктуры научных исследований // Вестник ИрГТУ.– 2006.– № 2 (26), т.3.– С.23-29.
7. Мирский Э. М. Междисциплинарные исследования // Новая философская энциклопедия: в 4 т. / Ин-т философии РАН; Предс. научно-ред. совета В.С. Степин.– М.: Мысль, 2010. – ISBN 978-5-244-01115-9. Режим доступа: <http://iph.ras.ru/enc.htm> (дата обращения: 17.05.2016)
8. Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 384 с.
9. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направления СЭИ-ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.
10. Тузовский А. Ф., Чириков С. В., Ямпольский В. З. Системы управления знаниями (методы и технологии) / Под общ. ред. В.З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
11. Что такое Java Web Start и как запустить это программное обеспечение? Режим доступа: [https://www.java.com/ru/download/faq/java\\_webstart.xml](https://www.java.com/ru/download/faq/java_webstart.xml) (дата обращения: 17.05.2016)
12. Brooking A., Corporate Memory: Strategies For Knowledge Management, International Thomson Business Press, 1998, ISBN: 1861522681
13. Gruber T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In J. A. Allen, R.Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference, pp. 601-602. Morgan Kaufmann (1991).
14. Java Rich Internet Applications Guide. Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/jweb/> (дата обращения: 17.05.2016)
15. Lee Gillam, Cloud Computing: Principles, Systems and Applications, Springer, 2010, 379 p, ISBN: 9781849962407.
16. Massel L. V., Ivanov R. A. Possibility of application of Situational Awareness in energy research. / Proceedings of the Workshop on Computer Science and Informational Technologies

(CSIT-2010), Russia, Moscow – St.Petersburg, September 13-19, 2010. – Volume 1, Ufa State Aviation Technical University, 2010. – p. 185-187.

17. McElroy M. W. The new knowledge management: complexity, learning, and sustainable innovation. – Butterworth-Heinemann, 2003.
  18. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, Situation awareness: analysis and measurement, Lawrence Erlbaum Associates, 2000, ISBN: 0805821341, 9780805821345.
  19. Norris D., Mason J., Lefrere P. Transforming e-knowledge: A revolution in the sharing of knowledge, Society for College and University Planning, Michigan, 2003, 164 p.
- 

**UDC 004.822:004.91**

## **KNOWLEDGE MANAGEMENT WITH SUPPORT OF COLLECTIVE DECISION-MAKING**

**Alex N. Kopygorodsky**

Ph.D of Computer Science, Leading IT Specialist of Laboratory “Information technologies”  
Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [kopygorodsky@mail.ru](mailto:kopygorodsky@mail.ru)

**Abstract.** The article deals with problems of e-knowledge management of scientific and expert groups in the implementation of collective projects. Support of collective decision-making is based on the use of ontological and a hybrid approach to the description of the experts knowledge, which appear in the declarative explicit form and stored in an intellectual collective expert environment. The system of ontologies and tools to support of collective decision-making is considered.

**Keywords:** support of collective decision-making, knowledge management, intelligent expert environment

### **References**

1. Gavrilova T. A., Kudrjavcev D. V., Muromcev D. I., Inzhenerija znaniy. Modeli i metody [Knowledge Engineering. Models and methods], Izdatel'stvo “Lan” = Publisher “Lan”, Saint Petersburg, Russia, 2016, p. 324. (In Russian)
2. Kopygorodsky A. N., Virtual'naja integracija raspredeleennyh dannyh issledovaniy v jenergetike [Virtual integration distributed data of energy research], In: Proceedings of the XIII Russian conference of the Baikal Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management], MESI, Irkutsk, Russia, 2008, pp. 260-266. (In Russian)
3. Kopygorodsky A. N., Primenenie ontologij v sisteme podderzhki kollektivnoj jekspertnoj dejatel'nosti [Application of ontologies in the support system of collective expert activity], In: Proceedings of Russian conference with international participation Znaniya, ontologii, teorii [Knowledge, ontology, theory], Vol. 1, IM SB RAS, Novosibirsk, Russia, 2015, pp. 150-157. (In Russian)
4. Kopygorodsky A. N., Proektirovanie i realizacija sistemy graficheskogo modelirovaniya [Design and implementation of a graphical modeling system], In: Proceedings of the XV Russian conference of the Baikal Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i

- upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management], MESI, Irkutsk, Russia, 2010, pp. 22-28. (In Russian)
5. Kopyagorodsky A. N., Massel L. V., *Metody, tehnologii i realizacija hranilishha dannyh i znaniy dlja issledovanij jenergetiki* [Methods, techniques and implementation of data warehouse and knowledge for energy research], In: *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of South Ural State University], Vol. 4 (221), 2011, series *Matematicheskoe modelirovanie i programmirovanie* [Mathematical modeling and programming], issue 7, pp. 47-55. (In Russian)
  6. Kopyagorodsky A. N., Massel L. V., *Razrabotka i integracija osnovnyh komponentov informacionnoj infrastruktury nauchnyh issledovanij* [Development and integration of the main components of research information infrastructure], In: *Vestnik IrGTU* [Bulletin of IrSTU], 2006, Vol. 2 (26), p. 23-29. (In Russian)
  7. Mirskij Je. M., *Mezhdisciplinarnye issledovanija* [Interdisciplinary Researches]. In: *Novaja filosofskaja jenciklopedija*. [New Encyclopedia of Philosophy.], Mysl' = Think, Moscow, Russia, 2010, ISBN 978-5-244-01115-9. Available at: <http://iph.ras.ru/enc.htm>, accessed: 17.05.2016. (In Russian)
  8. Nonaka I., Takeuchi H. *Kompanija – sozdatel' znaniya. Zarozhdenie i razvitie innovacij v japonskih firmah* [The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation], Olimp-Biznes, Moscow, Russia, 2003. p. 384. (In Russian)
  9. *Sistemnye issledovanija v jenergetike: Retrospektiva nauchnyh napravlenija SEI-ISEM* [System Research in the energy sector: Retrospective research directions SEI-MESI] edited by Voropai N. I., Nauka = Science, Novosibirsk, Russia, 2010, p. 686. (In Russian)
  10. Tuzovskij A. F., Chirikov S. V., Jampol'skij V. Z., *Sistemy upravlenija znanijami (metody i tehnologii)* [Knowledge management systems (methods and techniques)] edited by Jampol'skij V. Z., Izd-vo NTL = Publisher NTL, Tomsk, Russia, 2005, 260 p. (In Russian)
  11. What is Java Web Start and how is it launched? Available at: [https://www.java.com/en/download/faq/java\\_webstart.xml](https://www.java.com/en/download/faq/java_webstart.xml) accessed: 17.05.2016.
  12. Brooking A., *Corporate Memory: Strategies For Knowledge Management*, International Thomson Business Press, 1998, ISBN: 1861522681
  13. Gruber T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In: J. A. Allen, R. Fikes, and E. Sandewell, editors, *Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference*, pp. 601-602. Morgan Kaufmann (1991).
  14. *Java Rich Internet Applications Guide*. Available at: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/jweb/> accessed: 17.05.2016.
  15. Lee Gillam, *Cloud Computing: Principles, Systems and Applications*, Springer, 2010, 379 p., ISBN: 9781849962407.
  16. Massel L. V., Ivanov R. A., *Possibility of application of Situational Awareness in energy research*. In: *Proceedings of the Workshop on Computer Science and Informational Technologies (CSIT-2010)*, Russia, Moscow – St.Petersburg, September 13-19, 2010. Vol. 1, Ufa State Aviation Technical University, 2010. pp. 185-187.
  17. McElroy M. W. *The new knowledge management: complexity, learning, and sustainable innovation*. Butterworth-Heinemann, 2003.
  18. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, *Situation awareness: analysis and measurement*, Lawrence Erlbaum Associates, 2000, ISBN: 0805821341, 9780805821345.
  19. Norris D., Mason J., Lefrere P. *Transforming e-knowledge: A revolution in the sharing of knowledge*, Society for College and University Planning, Michigan, 2003, 164 p.

## МЕТОД НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЯХ

Загорулько Галина Борисовна

Научный сотрудник, e-mail: gal@iis.nsk.su

Сидоров Владимир Анатольевич

К.ф.-м.н., научный сотрудник, e-mail: [sidorov@ledas.com](mailto:sidorov@ledas.com)

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН,  
630090 г. Новосибирск, пр. Лаврентьева 6

**Аннотация.** В статье описывается метод недоопределенных вычислений, предложенный А.С. Нариньяни в 80-х годах прошлого столетия. Он относится к методам программирования в ограничениях и выделяется своей универсальностью и возможностью работать с разнородными, неточно определенными данными. Эти свойства, а также высокий уровень декларативности описания задач, позволяют использовать этот метод для поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, слабоформализованная предметная область, метод недоопределенных вычислений.

**Введение.** Несмотря на развитость теории принятия решений и практические успехи ее использования, по-прежнему остается актуальной проблема отсутствия в свободном доступе методов, поддерживающих принятие решений в слабоформализованных областях, которые были бы просты в применении и не требовали от пользователя специальной подготовки. Одним из таких методов является метод недоопределенных вычислений (МНВ), предложенный в 80-х годах прошлого столетия А.С. Нариньяни [5]. Он предназначен для решения вычислительных и логико-комбинаторных задач в таких областях, как экономика, региональное управление, инженерное проектирование, календарное планирование, САПР и другие, в условиях неполной определенности исходных данных.

МНВ относится к методам программирования в ограничениях [8], решающих задачу, которую упрощенно можно сформулировать следующим образом: найти значения переменных, удовлетворяющие определенным ограничениям. Концепция программирования в ограничениях очень привлекательна для конечного пользователя, поскольку оно является наиболее декларативным, т.е. основано на описании модели задачи, а не алгоритма ее решения. Модель специфицируется как совокупность параметров задачи и связывающих их отношений. Отношения задают ограничения на значения параметров, которые могут иметь вид уравнений, неравенств, логических выражений и т.п. Они записываются в привычной математической нотации и не предполагают разделения связываемых ими объектов на входные и выходные. Это позволяет решать на одной и той же модели как прямые, так и обратные задачи. Используя модель задачи и исходную информацию о значениях ее параметров, методы программирования в ограничениях обеспечивают автоматическое нахождение решения.

МНВ позволяет решать задачу удовлетворения ограничений в самой общей постановке. Его особенностью является универсальность, предполагающая независимость от области применения, возможность работы в пределах одной модели с неточно определенными данными разных типов (числовыми, множественными, логическими, структурными) и разнородными ограничениями.

Методы программирования в ограничениях [10, 12, 13,] и, в частности, МНВ, имеют хороший теоретический фундамент [15]. Формальное описание задачи удовлетворения ограничений (ЗУО) и разработка теоретических обоснований методов программирования в ограничениях выполнялись многими исследователями. В этой статье даются некоторые формализованные определения, делается акцент на концептуальном описании МНВ и приводится фрагмент представляющей его онтологии, демонстрируются особенности и достоинства метода, позволяющие использовать его для поддержки принятия решений в слабоформализованных областях.

### 1. Задача удовлетворения ограничений и метод недоопределенных вычислений.

Введем основные определения из области программирования в ограничениях, используя формализм, предложенный в работах [8, 9, 15].

**Задача удовлетворения ограничений** – это пара  $\langle \text{Var}, C \rangle$ , где  $\text{Var}$  – множество переменных,  $C$  – множество ограничений. Каждой переменной  $v \in \text{Var}$  соответствует множество допустимых значений  $D_v$ . Ограничение  $c(R_c, v_{c1}, \dots, v_{cn})$  задаётся некоторым отношением  $R_c(D_1, \dots, D_n)$  и набором переменных  $v_{c1}, \dots, v_{cn} \in \text{Var}$ . Отношение  $R_c(D_1, \dots, D_n)$  – это подмножество декартова произведения  $D_1 \times \dots \times D_n$ .

**Означивание переменной** – это функция присваивания значения переменной:

$$\text{val}(v, d) : \text{Var} \times D \rightarrow D; D = \{d | d \subseteq D_v\}$$

Отметим, что переменная может иметь множественное значение.

Множество значений  $\langle A_1, \dots, A_n \rangle$ ,  $A_i \subseteq D_i$  **совместно** на ограничении  $c = \langle R_c, \{v_{c1}, \dots, v_{cn}\} \rangle$ ;  $R_c \subseteq D_1 \times \dots \times D_n$ , если  $\exists d_1 \in A_1, \dots, \exists d_n \in A_n$  такие, что  $\langle \text{val}(v_{c1}, d_1), \dots, \text{val}(v_{cn}, d_n) \rangle \in R_c$ .

Для ЗУО определяется несколько типов решений.

**Локально-совместное решение** задачи удовлетворения ограничений – множество значений всех переменных, совместное на каждом ограничении модели.

**Решение** (глобальное) задачи удовлетворения ограничений – множество значений всех переменных, совместное на всех ограничениях модели одновременно.

**Точное решение** задачи удовлетворения ограничений – это глобальное решение  $\langle A_1, \dots, A_n \rangle$ , состоящее из одно-элементных множеств:  $A_i = \{x_i\}$ ;  $x_i \in D_{v_i}$ .

Методы программирования в ограничениях ищут решения задачи удовлетворения ограничений, последовательно перебирая локально-совместные решения. При этом разные методы используют разные способы представления значений переменных, алгоритмы поиска решений и проверки локальной совместности.

Рассмотрим, какими особенностями обладает метод недоопределенных вычислений. На рис. 1 представлен фрагмент онтологии, описывающий МНВ.

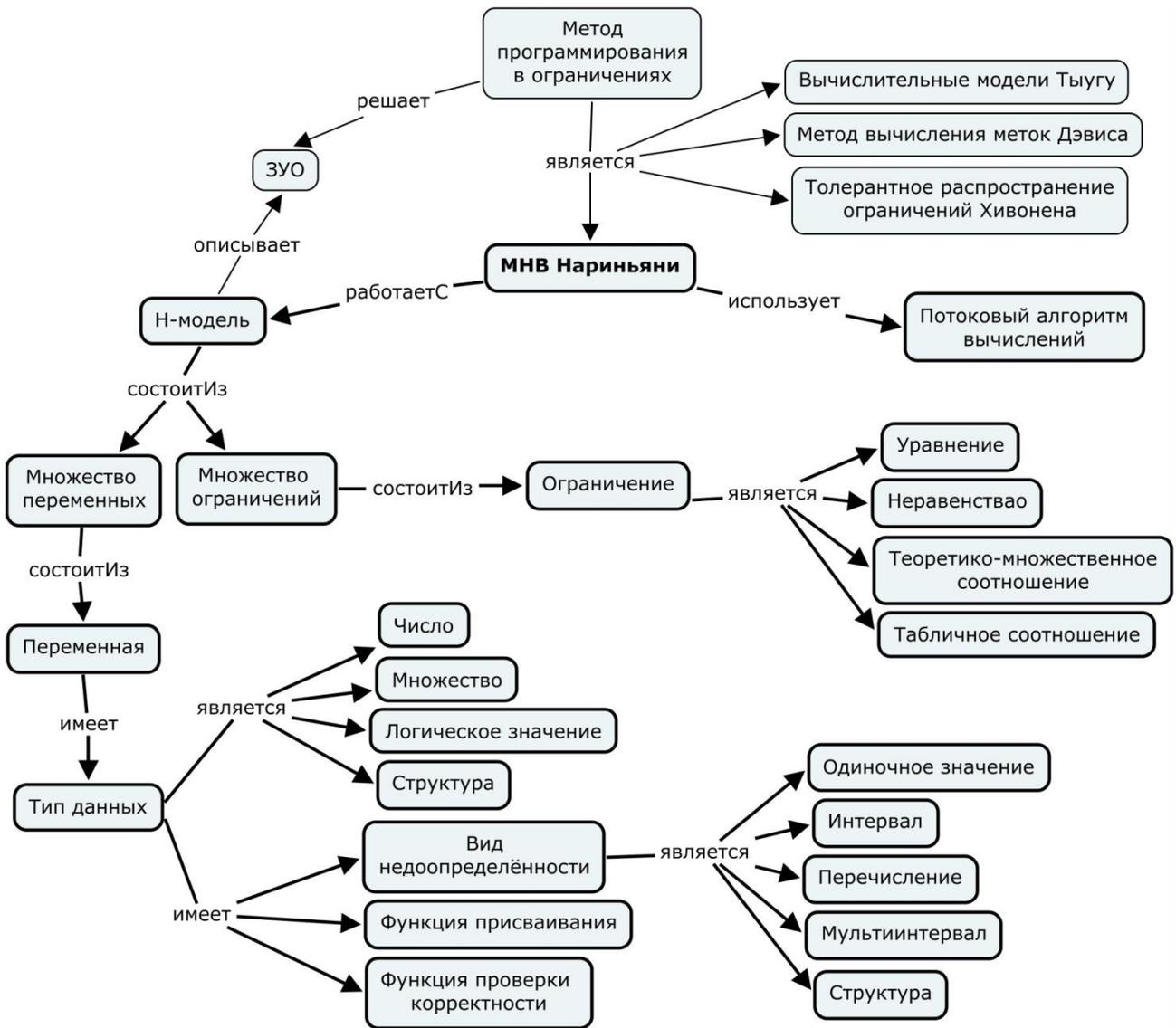


Рис. 1. Метод недоопределенных вычислений

Модель (описание) задачи состоит из набора переменных и связывающих их отношений (ограничений).

С каждой переменной связывается тип данных и его вид недоопределенности, определяющие множество допустимых значений, способ представления недоопределенного значения, операции над недоопределенными значениями, и, собственно, само недоопределённое значение (подмножество множества допустимых значений). При отсутствии информации значением переменной считается все множество допустимых значений.

Ограничения, связывающие переменные, имеют функциональные интерпретации, позволяющие вычислить новые, в общем случае недоопределённые значения для каждого из своих аргументов по имеющимся значениям остальных аргументов. Совокупность переменных и ограничений модели образует функциональную сеть, над которой выполняются вычисления.

Алгоритм вычислений имеет потоковый характер, выражающийся в том, что изменение значения переменной активирует (вызывает к исполнению) ограничения, связанные с данной

переменной. В то же время исполнение (удовлетворение) ограничения, в свою очередь, может вызвать изменение связанных с ним переменных.

В процессе вычислений означивание переменной происходит в соответствии с функциями присваивания и проверки корректности, определенными для типа переменной и вида его недоопределенности. Функция присваивания позволяет только сужать недоопределенное значение переменной, а функция проверки корректности останавливает алгоритм вычислений, если новое значение переменной нарушает локальную совместность.

Важнейшей особенностью МНВ является универсальность — метод позволяет решать задачи, содержащие как непрерывные, так и дискретные значения. Более того, тип переменных может быть полностью произвольным. Ограничения также могут иметь произвольный вид, при условии, что он допускает их функциональную интерпретацию.

**2. Виды неопределенности.** Вид недоопределенности  $SD$  переменной  $v$  — это множество подмножеств значений из области допустимых значений  $D_v$ , определяемое следующим образом:

1.  $SD_k(D_v) \subseteq 2^{D_v}$ .
2.  $\emptyset \in SD(D_v), D_v \in SD(D_v), \forall x \in D_v, \{x\} \in SD(D_v)$ .
3.  $x_1, x_2 \in SD(D_v) \Rightarrow x_1 \cap x_2 \in SD(D_v)$ .

Свойство 1 означает, что вид недоопределенности является способом представления множества; свойство 2 — что недоопределенным значением может быть несовместное (противоречивое) значение, всё множество допустимых значений (полностью неопределенное значение), любое точное значение; свойство 3 — что вид недоопределенности позволяет в процессе вычислений монотонно сужать множество допустимых значений переменных. Это происходит в момент присваивания нового недоопределенного значения переменной, которое определяется как пересечение значения, полученного в результате вычислений, со старым значением.

Рассмотрим некоторые виды недоопределенности.

**Одиночное значение.** Вид недоопределенности Single:

$$\text{Single}(D) = \{\emptyset, D, \{x\} | x \in D\}$$

Для данного вида недоопределенности, в отличие от остальных видов, любое значение в процессе вычислений может измениться не более двух раз:

1. С полностью неопределенного на точное:  $D \rightarrow \{x\}, x \in D$ .
2. С точного на несовместное:  $\{x\} \rightarrow \emptyset, x \in D$ .

Ограничение может изменить Single(D) значение аргумента, только если оно однозначно определяет его. Данный вид недоопределенности может задаваться для любого типа данных.

**Интервал.** В системах, решающих задачу удовлетворения ограничений для непрерывных областей [11], обычно используется интервальное представление значения.

Обозначим:  $[low, upp]_D = \{x | low, upp, x \in D; low \leq x \leq upp\}$ .

Тогда вид недоопределенности Interval можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Interval}(D) &= \{\emptyset, [low, upp]_D | \forall low, upp \in D; low \leq upp\} = \\ &= \{\emptyset, X | X \subseteq D; \exists low, upp \in X: \forall x \in X low \leq x \leq upp\} \end{aligned}$$

Интервальный вид недоопределенности может задаваться только для типов данных, в которых множество допустимых значений является решёткой. Чаще всего он определяется для числовых типов.

**Перечисление.** В системах, решающих задачу удовлетворения ограничений для типов данных с дискретным множеством допустимых значений [9,14], недоопределенное значение может быть представлено в виде прямого перечисления.

Вид недоопределённости Enum:

$$\text{Enum}(D) = \{\emptyset, X | X \subseteq D\}$$

**Мультиинтервал.** Мультиинтервал представляет собой множество интервалов. Представление значения в виде мультиинтервала было введено в работах [9] для того, чтобы совместить преимущества Interval (компактность и эффективность) и Enum (полнота).

Вид недоопределённости Multiinterval:

$$\text{MultiInterval}(D) = \{X | X = \cup X_i, X_i \in \text{Interval}(D)\}$$

**Структура.** Если множество  $D$  состоит из элементов, содержащих внутри себя доступные извне поля ( $D = D_1 \times \dots \times D_n = \{(d_1, \dots, d_n) | d_1 \in D_1, \dots, d_n \in D_n\}$ ), то такое множество мы будем называть структурой.

Вид недоопределённости Struct:

$$\text{Struct}(D) = \text{SD}_1(D_1) \dots \times \text{SD}_n(D_n) = \{(x_1, \dots, x_n) | x_i \in \text{SD}_i(D_i)\}.$$

Таким образом, Struct(D) представляет собой структуру  $D$ , состоящую из недоопределённых элементов.

**3. Приложения и пример использования.** МНВ был использован для решения задач в таких областях, как экономика, региональное управление, инженерное проектирование, календарное планирование и другие. На его основе был создан ряд программных систем и технологических комплексов, ориентированных на определенные классы задач и обладающих специализированными пользовательскими интерфейсами. Системы Time-Ex [6] и FinPlan [7] ориентированы на решение задач календарного и финансового планирования, соответственно, система UniCalc [4] – на решение произвольных вычислительных задач с числовыми данными. Объектно-ориентированная среда Nemo+ [3] предназначена для моделирования предметных областей и решения задач с произвольными недоопределёнными типами данных. Для поддержки принятия решений в областях, где исходную информацию удобно представлять в виде таблиц, предназначен технологический комплекс Интегра [2]. Рассмотрим эту систему более подробно. Модель решаемой средствами Интегры задачи, ее параметры и связывающие их ограничения, хранятся в ячейках таблицы. Однако имеется ряд существенных отличий от известных электронных таблиц (например, Excel). В традиционных таблицах каждая ячейка может содержать либо точное значение, либо формулу, вычисляющую его по известным значениям других ячеек. Интегра же предоставляет следующие возможности:

- В ячейках может содержаться не только точная, но и частично известная информация, заданная в виде интервалов допустимых значений соответствующих параметров. В результате вычислений или при поступлении дополнительной информации извне эти интервалы автоматически сужаются.
- Ячейки электронной таблицы могут быть связаны формулами произвольного вида и сложности (линейными и нелинейными уравнениями, неравенствами, логическими выражениями), причем количество связей для одной ячейки не ограничено.
- Все формулы (ограничения), выражающие связи между ячейками таблицы, образуют единую вычислительную сеть и допускают как прямые, так и обратные вычисления. Это

позволяет определять не только последствия принимаемых решений, но и формировать сами эти решения, исходя из желаемого результата в будущем.

- Вычисления могут вестись пошагово. Пользователь может задать точные или сузить интервальные значения нескольких параметров и пересчитать остальные. На следующем шаге можно еще сузить значения параметров, посмотрев, как ведут себя остальные. При этом все промежуточные результаты сохраняются. Если на каком-то шаге получились несовместные данные, либо пользователь заметил, что процесс вычислений идет не в том направлении, можно вернуться к любому сохраненному состоянию и направить вычисления по другому пути.
- Средства графического представления адаптированы для работы с интервальными данными. Пользователь имеет возможность создавать так называемые активные экраны (АЭ). АЭ состоит из фрагмента таблицы, содержащего наиболее важные анализируемые параметры, и диаграмм, на которых эти параметры представлены более наглядно и с учетом динамики их изменения. Каждый экран снабжается полем с комментариями. В процессе решения задачи лицо, принимающее решения (ЛПР) может вносить данные в таблицу, пересчитывать значения параметров. Благодаря «горячей» связи между таблицей и диаграммами, все изменения автоматически отображаются на диаграммах (рис. 2).

Возможность работать с интервальными оценками значений параметров, хранение промежуточных результатов, наряду с табличным интерфейсом и развитыми средствами графического представления, позволяют позиционировать Интегру как оболочку для создания систем поддержки принятия решений, дающих возможность ЛПР проанализировать все возможные альтернативы развития ситуации и определить, какие действия нужно предпринять сейчас, чтобы ситуация развивалась по наиболее благоприятному сценарию.

**Заключение.** В докладе рассмотрен метод недоопределенных вычислений Нариньяни. Данный метод относится к методам программирования в ограничениях и, благодаря своей универсальности, позволяет решать задачу удовлетворения ограничений в самой общей постановке. Данный метод является декларативным, т.е. он позволяет описывать не алгоритм решения задачи, а саму задачу, причем в терминах, принятых в той области знаний, к которой относится решаемая задача. При этом метод позволяет работать с неточно заданными данными. Это делает МНВ удобным для широкого круга пользователей и открывает простор для его применения к задачам принятия решений в слабоформализованных областях.

Несмотря на то, что МНВ был предложен давно и с успехом применялся в составе нескольких программных систем для решения практических задач, он не получил широкого распространения. В настоящее время ведется работа по включению этого метода в интеллектуальный научный интернет-ресурс по поддержке принятия решений [1] и предоставлению доступа как к его содержательному описанию, так и к его реализации.

Работа выполняется при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-07-00569 «Методы и средства комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях на основе сервис-ориентированного подхода и технологий Semantic Web».

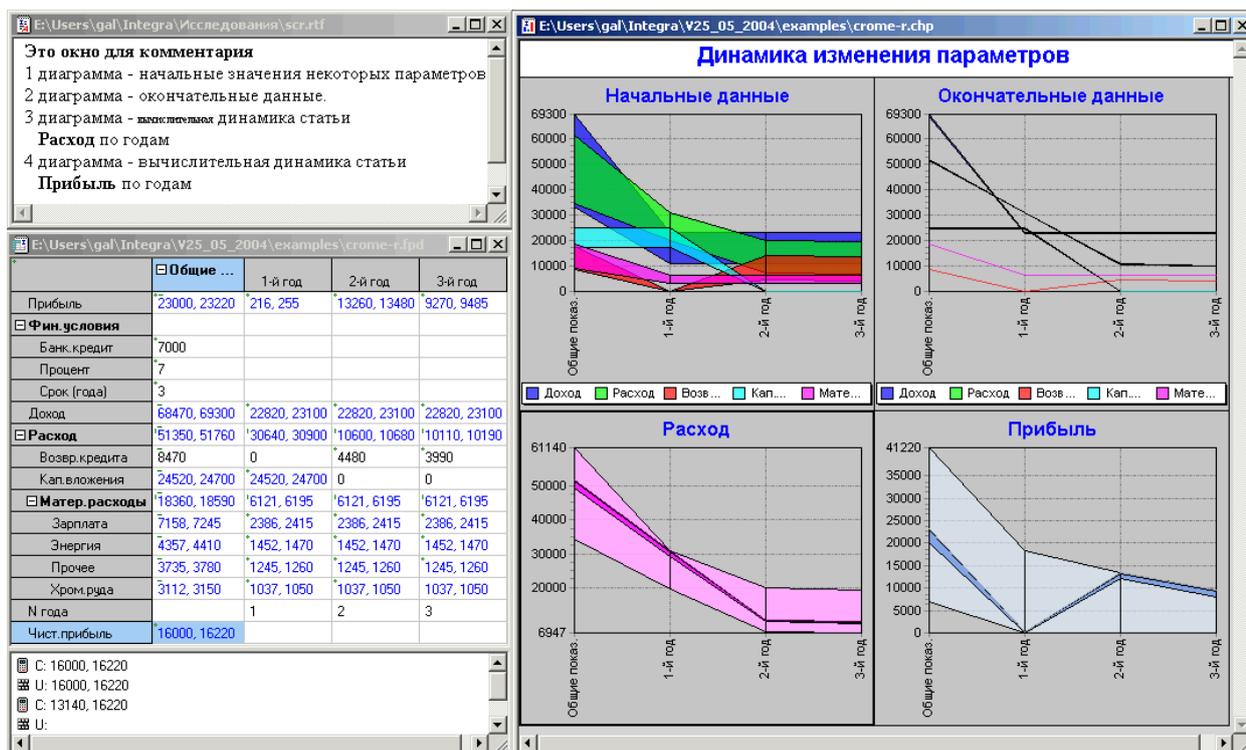


Рис. 2. Система Интегра с активными экранами

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорулько Г.Б., Загорулько Ю.А. Подход к организации комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016): материалы VI междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 18-20 февраля 2016 года)/ редкол. В.В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУИР. 2016.С. 61–64.
2. Загорулько Г.Б., Нариньяни А.С. Интеллектуальные таблицы: новые возможности в решении сложных задач// Материалы Международной научно-практической конференции "Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов" Ч.1. РАСХН Сиб. отд.-ние. Новосибирск. 2003. С. 240-242.
3. Загорулько Г. Б., Сидоров В. А., Телерман В. В., Ушаков Д. М. NeMo+: Объектно-ориентированная система программирования в ограничениях на основе недоопределенных моделей // Труды 6-й национальной конференции по искусственному интеллекту — КИИ'98. Пущино. 1998. С.524-530.
4. Ю.В. Костов, Д.А. Липовой, П.Г. Мамонтов, Е.С. Петров. Новый UNICALC: версия 5 — возможности и перспективы // Труды 9-й национальной конференции по искусственному интеллекту — КИИ-2004. Тверь. 2004. С. 915-922.
5. Нариньяни. Недоопределенность в системе представления и обработки знаний // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1986. N5. С. 3-28.
6. А.С. Нариньяни, И.Д. Гофман, Д.А. Инишев, Д.В. Банасюкевич, Развитие интеллектуальной технологии недоопределенного планирования и управления

- проектами Time-EX, Труды 7-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2000. Переславль-Залесский. С. 617-624.
7. А.С.Нариньяни, В.В. Корниенко, С.В. Прейс, И.Е Швецов. ФинПлан: новая технология финансово-экономического планирования в условиях неполноты информации. Информационные технологии. № 11. Москва. Издательство «Машиностроение». 1998. С. 10-16.
  8. А.С.Нариньяни, В.В. Телерман, Д.М. Ушаков, И.Е. Швецов. Программирование в ограничениях и недоопределенные модели // Информационные технологии. 1998. №7. С. 13-22.
  9. Телерман В.В., Сидоров В.А., Ушаков Д.М. Интервальные и мультиинтервальные расширения в недоопределённых моделях // Вычислительные технологии. №1. Т. 2. 1997. С. 62–70.
  10. Тыгу Э.Х. Концептуальное программирование. Москва. 1984. 255 с.
  11. Davis E. Constraint Propagation with Interval Labels. // Artificial Intelligence. 1987. N 32. Pp. 281–331.
  12. Christophe Lecoutre. Constraint Networks: Techniques and Algorithms. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc. 2009. 573 p.
  13. Нувõнен Е. Constraint Resoning Based on Interval Arithmetic. // Proc. IJCAI. 1989. Pp. 193–199.
  14. Tsang E. Foundation of Constraint Satisfaction. London: Academic Press Ltd. 1993.
  15. Ushakov D. Some Formal Aspects of Subdefinite Models. Novosibirsk. 1998. 23 p. (Preprint /A. P. Ershov Institute of Informatics Systems, Siberian Division of Russian Academy of Sciences; N49).
- 

**UDK 519.816, 004.827**

**THE METHOD OF SUBDEFINITE CALCULATIONS AS A MEAN OF DECISION  
SUPPORT IN WEAKLY-FORMALIZED DOMAINS**

**Galina B. Zagorulko**

Scientific researcher of Laboratory "Artificial Intelligence"

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

6, Acad. Lavrentjev pr., 630090, Novosibirsk, Russia, e-mail: gal@iis.nsk.su

**Vladimir A. Sidorov**

Scientific researcher of Laboratory "Artificial Intelligence"

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

6, Acad. Lavrentjev pr., 630090, Novosibirsk, Russia, e-mail: e-mail: sidorov@ledas.com

**Abstract.** The paper discusses the method of subdefinite calculations, proposed by A. S. Narinyani in the 80 years of the last century. It refers to the methods of constraint programming and stands out for the universality, the ability to deal with heterogeneous subdefinite data. These properties, as well as high declarative of task

descriptions allow one to use the method for decision support in weakly formalized subject areas.

**Keywords:** decision support, weakly formalized subject area, the method of subdefinite calculations.

### References

1. Zagorulko G.B., Zagorulko YU.A. Podhod k organizacii kompleksnoj podderzhki processa razrabotki intellektual'nyh SPPR v slaboformalizovannyh predmetnyh oblastyah [The approach to the organization of complex support for the development of intelligent decision support systems in weakly-formalized domains] // Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem: materialy VI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016): proceeding of the VI intern. scientific.-tech. conf (Minsk, 18-20 February, 2016) Minsk : BGUIR/ 2016. Pp. 61–64. (in Russian)
2. Zagorulko G.B., Narin'yani A.S. Intellektual'nye tablicy: novye vozmozhnosti v reshenii slozhnyh zadach [Intelligent spreadsheets: new opportunities to solve complex problems] // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii, informacionnye izmeritel'nye sistemy i pribory v issledovanii sel'skohozyajstvennyh processov" CH.1. RASKHN Sib. otd-nie.= Proceeding of the International scientific-practical conference "Information technologies, Information measuring systems and devices in the study of agricultural processes" Part 1. RAAS Sib. div. Novosibirsk/ 2003. Pp. 240-242. (in Russian)
3. Zagorulko G. B., Sidorov V. A., Telerman V. V., Ushakov D. M. NeMo+: Ob"ektno-orientirovannaya sistema programmirovaniya v ogranicheniyah na osnove nedoopredelennyh modelej [NeMo+: Object-oriented constraint programming system based on subdefinite models] // Trudy 6-j nacional'noj konferencii po iskusstvennomu intellektu — KII'98 == Proceeding of 6-th Russian national conference on artificial intelligence with the international participation CAI-1998. Pushchino. 1998. -Pp. 524-530. (in Russian)
4. YU.V. Kostov, D.A. Lipovoj, P.G. Mamontov, E.S. Petrov. Novyj UNICALC: versiya 5 — vozmozhnosti i perspektivy [New UNICALC: version 5 — opportunities and prospects] // Trudy 9-j nacional'noj konferencii po iskusstvennomu intellektu — KII-2004 = Proceeding of 9th Russian national conference on artificial intelligence with the international participation CAI-2004. Tver'. 2004. Pp. 915-922. (in Russian)
5. Narin'yani. Nedoopredelennost' v sisteme predstavleniya i obrabotki znaniy [Subdefiniteness in Knowledge Representation and Processing] // Izvestiya AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika = Transactions of USSR Acad. of Sciences, Technical cybernetics. 1986. N5. Moscow. Pp. 3-28. (in Russian)
6. A.S. Narin'yani, I.D. Gofman, D.A. Inishev, D.V. Banasyukevich, Razvitie intellektual'noj tekhnologii nedoopredelennogo planirovaniya i upravleniya proektami Time-EX, Trudy 7-j nacional'noj konferencii po iskusstvennomu intellektu KII-2000 = Proceeding of 7-th Russian national conference on artificial intelligence with the international participation CAI-2000. Pereslavl'-Zalesskij. 2000. Pp. 617-624. (in Russian)
7. A.S.Narin'yani, V.V. Kornienko, S.V. Prejs, I.E SHvecov. FinPlan: novaya tekhnologiya finansovo-ehkonomicheskogo planirovaniya v usloviyah nepolnoty informacii [FinPlan: New Technology of Finance-Economic Planning under the Conditions of Information

- Incompleteness]. *Informacionnye tekhnologii*. № 11, Izdatel'stvo «Mashinostroenie» = Information Technologies. № 11. Moscow. Public house “Mashinostroenie”. 1998. Pp. 10-16. (in Russian)
8. A.S.Narin'yani, V.V. Telerman, D.M. Ushakov, I.E. Shvecov. *Programmirovaniye v ogranicheniyah i nedoopredelennyye modeli [Constraint Programming and subdefinite models]* // *Informacionnye tekhnologii = Information technology*. 1998. №7. Pp. 13-22. (in Russian)
  9. Telerman V.V., Sidorov V.A., Ushakov D.M. *Interval'nye i mul'tiinterval'nye rasshireniya v nedoopredelyonnykh modelyakh [Interval and multiinterval extensions in subdefinite models]* // *Vychislitel'nye tekhnologii = Computational technologies*, №1. Vol. 2. 1997. Pp. 62–70. (in Russian)
  10. Tyugu E.H.H. *Konceptual'noe programmirovaniye [Conceptual programming]*. Moskva=Moscow, 1984. 255 p. (in Russian)
  11. Davis E. *Constraint Propagation with Interval Labels*. // *Artificial Intelligence*. 1987. N 32. Pp. 281–331.
  12. Christophe Lecoutre. *Constraint Networks: Techniques and Algorithms*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc, 2009. 573 p.
  13. Hyvönen E. *Constraint Reasoning Based on Interval Arithmetic*. // *Proc. IJCAI*. 1989. Pp. 193–199.
  14. Tsang E. *Foundation of Constraint Satisfaction*. London: Academic Press Ltd. 1993.
  15. Ushakov D. *Some Formal Aspects of Subdefinite Models*. Novosibirsk. 1998. 23 p. (Preprint /A.P. Ershov Institute of Informatics Systems, Siberian Division of Russian Academy of Sciences; N49).

УДК 004.912

**МЕТОД ИТЕРАЦИОННОГО ПОСТРОЕНИЯ ШАБЛОНОВ  
ДЛЯ ПОИСКА В ТЕКСТАХ ПО КАТАЛИЗУ ИНФОРМАЦИИ  
О ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И УСЛОВИЯХ ИХ ПРОТЕКАНИЯ**

**Гусев Владимир Дмитриевич**

К.т.н., с.н.с., Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН,  
630090 г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 4, e-mail: [gusev@math.nsc.ru](mailto:gusev@math.nsc.ru)

**Саломатина Наталья Васильевна**

К.ф.-м.н., с.н.с., Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН,  
630090 г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 4, e-mail: [nataly@math.nsc.ru](mailto:nataly@math.nsc.ru)

**Аннотация.** На материале конференций по катализу проведена апробация итерационного подхода, применяемого в общем случае при построении поисковых шаблонов для извлечения фактов. В нашем случае под фактом понимается информация о реакциях и условиях их протекания. Путем итераций, а именно, попеременного поиска в тексте структур, содержащих либо известные термины и неизвестные связи между ними, либо известные связи и неизвестные термины, производится обогащение изначально заданного небольшого множества шаблонов, как правило, построенного экспертами с применением в той или иной степени элементов автоматизации. Показано, что использование  $N$ -граммного анализа текстов для начального наполнения множества поисковых шаблонов, сокращает число итераций и повышает полноту формируемых словарей терминов и связей.

**Ключевые слова:** автоматический анализ научных текстов, шаблоны фактов, автоматизация построения шаблонов,  $N$ -граммный анализ.

**Введение.** Рост объемов информации в различных предметных областях стимулирует развитие методов автоматического поиска и извлечения фактов из текстов. Будем понимать под фактами объекты, связанные определенными отношениями. В реальной практике представляют интерес, например, факты покупки или получения кредита [6], факты назначения, увольнения, пребывания на должности персон [2] и др.

Достаточно высокое качество поиска и извлечения фактов из текстов достигается при использовании шаблонов, дающих обобщенное описание поискового объекта. Шаблоны формируются с привлечением экспертов. Примерами таких описаний являются лексико-синтаксические/семантические шаблоны [1], сценарии (фреймы) [6] или аннотации [2]. Нас будут интересовать лексико-синтаксические шаблоны. Их основой, или «константой» шаблона, является маркер связи между объектами, выраженный отдельным словом или словосочетанием. Объекты в шаблоне обычно обозначаются переменными, на которые накладываются определенные ограничения [1]. Маркеры позволяют выявить фрагмент текста (как правило, это предложение), в котором содержится нужная информация, т.е. реализовать поиск. Ограничения в шаблонах на грамматические формы слова (словосочетания) и / или на принадлежность его к определенному семантическому классу позволяют отклонить ложные гипотезы о наличии факта и таким образом обеспечивают точность поиска.

Чаще всего жанр анализируемых текстов в публикациях – это сообщения СМИ. В [5] рассмотрен и такой жанр, как досье. Примером анализа научных текстов может служить подход, реализованный в [9]. В текстах научных жанров кроме определений, терминов, аспектов содержания важно уметь обнаруживать и извлекать информацию о различных процессах. Таковыми, например, в текстах по катализу являются процессы приготовления и использования катализаторов. Важны и особенности протекания процессов (тип реакции, реагент, катализатор, продукт).

Нередко шаблоны создаются экспертами вручную как, например, в [9]. Возможна и частичная автоматизация этого процесса. Так, в [5] реализован синтаксический разбор фразы для поиска связей между объектами. Но эффективный поиск определенных фактов в текстах может быть осуществлен и без использования достаточно сложной и неоднозначной процедуры полного синтаксического разбора предложения. Альтернативой могут служить лексико-синтаксические шаблоны [1]. Недостаток этого подхода состоит в том, что для каждой разновидности факта требуется построить свой шаблон.

Метод итеративного построения шаблонов экономит усилия эксперта [6]. Он привлекателен тем, что на начальном этапе требует задания лишь некоторого небольшого количества шаблонов. В ходе итераций множество шаблонов наращивается за счет попеременного проведения поиска: а) по шаблонам с заданными объектами и с любой связью между ними; б) по шаблонам с заданной связью и любыми объектами. На этапе а) выявлялись новые связи, на этапе б) – новые объекты.

Цель данной статьи – построить шаблоны для обнаружения описаний химических процессов в англоязычных текстах по катализу и извлечения сведений об условиях их протекания.

Отличительной особенностью нашего подхода является автоматизация этапа построения начальных шаблонов путем применения N-граммного анализа для поиска константных частей шаблона. В качестве маркеров химических процессов рассматривались только глаголы, т.к. именно они наилучшим образом определяют количество и тип участников ситуации, характеризующих факт.

**1. Метод итерационного построения поисковых шаблонов.** Основу шаблона, описывающего химические процессы, составляют одно- и многословные термины  $\{t_i\}$  со связями  $\{R_j\}$ . В общем виде для наших целей поисковый шаблон может быть представлен следующим образом:

$R_j = t_1 R_j t_2, \dots, pr_i \cdot t_i$ , где  $R_j$  – связь, выраженная глаголом в пассивной форме с допустимыми модификациями (временными вариантами формы глагола, вставками наречий),  $pr_i$  – возможные препозиции или предлоги. Термины  $t_i$  заполняют валентности глагола, которые определяются возможной его семантической сочетаемостью с ними ( $i = 1, \dots, M$ ,  $M$  – максимальное число валентностей).

Факт считается выявленным, если в анализируемой фразе текста найдены: 1) связь из  $\{R_j\}$ ; 2) термины из  $\{t_i\}$ , расположенные в порядке, установленном в шаблоне: термин – связь – термин; 3) выполнены ограничения, введенные в шаблоне. В ограничения входит запрет на присутствие знаков пунктуации в шаблоне, на чрезмерную удаленность терминов друг от друга.

Методика формирования множества шаблонов включает последовательность шагов, реализуемых на множестве текстов:

1) получение  $N$ -граммного спектра из множества текстов и фильтрация спектра с целью отбора терминов  $\{t_i\}$  и связей вида  $\{R_j\}$ ;

2) исполнение итераций (они проводятся для фрагмента шаблона  $P_j = t_1 R_j t_2$  с целью обогащения множеств терминов  $\{t_i\}$  и связей  $\{R_j\}$ ):

1-й этап: фиксируем в качестве константы отобранные из  $N$ -граммного спектра связи  $\{R_j\}$ , проводим поиск связей в тексте, пополняем множество терминов, используя обобщенный шаблон терминов (см. п. 1.1).

2-й этап: фиксируем (считаем константой) множество  $\{t_i\}$ , проводим поиск в множестве текстов, пополняем  $\{R_j\}$  связями, позиционно расположенными между парой терминов из  $\{t_i\}$ .

Первый и второй этапы чередуются до тех пор, пока в ходе итераций число ( $i$  и  $j$ ) элементов множества терминов и связей увеличивается.

3) расширение шаблона  $P_j = t_1 R_j t_2$  (заполнение валентностей глагола-связи) до первоначально заявленного вида  $P = t_1 R_j t_2, \dots, pr_{i-1}t_i$ .

**1.1. Формирование начального множества шаблонов.** Для автоматизации построения начального множества шаблонов используется  $N$ -граммное представление коллекции текстов [3]. Под  $N$ -граммой ( $x_N$ ) понимается цепочка из  $N$  подряд следующих слов текста. Совокупность  $N$ -грамм, описывающих текст  $T$ , формируется путем анализа содержимого окна ширины  $N$ , скользящего вдоль текста со сдвигом на одно слово.  $N$ -граммная характеристика текста включает совокупность всевозможных содержащихся в нем  $N$ -грамм с указанием их частот встречаемости  $F(x_N)$  и, при необходимости, позиций их вхождения в текст. Параметр  $N$  обычно пробегает значения от 1 до  $N_{max}(T)$ , где  $N_{max}(T)$  – длина максимальной повторяющейся цепочки слов в тексте. В случае группы текстов  $\mathbf{T} = (T_1, T_2, \dots, T_m)$  вычисляются совместные  $N$ -граммные характеристики, содержащие всевозможные  $N$ -граммы, общие хотя бы для пары текстов. Параметр  $N$  в этом случае меняется от 1 до  $N_{max}(\mathbf{T})$ , где  $N_{max}(\mathbf{T})$  – длина максимального межтекстового повтора. Наиболее перспективными в плане выявления терминов и связей являются устойчивые  $N$ -граммы. Под устойчивостью понимается свойство  $N$ -граммы сохранять частоту при расширении цепочки вправо и влево на одно слово. Алгоритм выявления устойчивых цепочек описан в [4]. Поскольку рассматриваются только смежные  $N$ -граммы, извлечь подобным методом полный шаблон невозможно в силу вариативности текстов.

Для отбора терминов  $t_i$  из  $N$ -граммного спектра  $\{x_N\}$  подборки текстов используется частеречный шаблон обобщенного вида, в котором нет ограничений на длину словосочетания, но есть ограничения на части речи слов в сочетании, расположенные в начальной, конечной и внутренних позициях сочетания:

- 1) в начальной позиции стоит неслужебное слово;
- 2) во внутренней позиции слово относится к основной части речи (кроме глаголов) или может быть предлогом (факультативно могут быть включены и союзы);
- 3) в конечной позиции всегда стоит существительное.

Для отбора связей  $R_j$  из  $\{x_N\}$  на данном этапе исследований применяется ряд частеречных шаблонов, в соответствии с которыми допустимая цепочка  $x_N$  должна обязательно содержать:

- 1) основной глагол в пассивной форме настоящего, будущего или прошедшего времени;
- 2) следующий за глаголом предлог или артикль.

Допустимы модификации шаблона: вставка наречия и предшествующего основному глаголу модального глагола (см. примеры в разделе 2).

Еще одним фильтром является значение частоты встречаемости  $N$ -граммы, удовлетворяющей частеречному шаблону. Она должна быть выше выбранного (как правило, в эксперименте) порогового значения.

**1.2. Итерационное наращивание множества шаблонов.** Каждая итерация связана с реализацией поисковой процедуры на множестве текстов, снабженном частеречными тегами. Поиск факта (связанных терминов) осуществляется на фрагменте текста, равном одной фразе. Раскрытие анафорических ссылок в тексте на данном этапе не проводится. На разных стадиях итерационной процедуры в поисковую структуру (ассоциативный массив, автомат, дерево) загружаются либо маркеры связей, либо терминологический словарь. Каждое слово каждой фразы текста ищется в поисковой структуре. Если зафиксировано совпадение, то проводится анализ окрестности найденного слова (словосочетания) с целью проверки установленных в шаблонах ограничений согласно специальной процедуре, выбираемой в зависимости от того, на каком этапе итераций обнаружено совпадение.

На этапе выявления *новых терминов* проводится поиск термина слева и справа от маркера связи. Термин должен удовлетворять частеречному шаблону. Левый контекст анализируется до обнаружения элемента текста из следующего множества: {начало текста, знак препинания, артикль, союз, предлог}. Множество элементов для установления правой границы правого термина включает те же элементы, исключая «начало текста». Термины, выявленные по шаблону, могут выражать более узкие понятия, чем основные (словарные) термины. Оценка существенности уточнения термина и возможности помещения его в словарь не проводится. Один из путей модификации термина до словарного – это его усечение до допустимого именного сочетания с главным словом. Допустимые именные сочетания задаются словарем частеречных шаблонов.

На этапе выявления *новых связей* проверка содержимого фрагмента фразы между терминами сводится к реализации следующих действий:

- 1) проверка присутствия знаков препинания: если фрагмент содержит запятую, проводится проверка на наличие «that» или «which» после запятой, фрагмент отсекается слева;
- 2) проверка числа слов во фрагменте с предполагаемой связью согласно введенному ограничению – не больше 10;
- 3) проверка соответствия частеречного состава шаблона частеречному составу выявленного фрагмента.

Если все допустимые ограничения выполнены, найденный фрагмент добавляется в множество связей. Какой из этапов, выявление связей или выявление терминов, выбрать в качестве первого в итерационном процессе особого значения не имеет.

**1.3. Расширение структуры шаблонов.** При реализации итераций на этапе выявления связей для каждого маркера связи из правого контекста выбираются все препозиции, стоящие перед фрагментами текста, удовлетворяющими частеречному шаблону термина из словаря допустимых именных сочетаний. В этих фрагментах и содержится информация об условиях протекания процесса (The catalyst was activated at 400 C for 12 h under 5% H<sub>2</sub>/He flow). В этом случае необходима проверка того, предваряют ли препозиции разные термины или являются составной частью одного многословного термина как, например, в «reactor with a fluidized catalyst bed».

Задача определения «роли» термина осложняется также "омонимией" препозиций, например, предлоги "in", "under" предваряют термины, означающие вещество или условия протекания реакции; "via" – способ, метод, название реакции; "by" – вещество или способ активации. Правила разрешения омонимии опираются на анализ ближайшего контекста, например, в случае, если в ближайшем контексте "by" встречаются слова *reaction, method, procedure, technique*, то речь идет о способе активации процесса. Аналогично, для препозиции "at": если речь идет о температуре, то в ближайшем контексте встречается слово *temperature* или конкретное ее значение с маркером °С. Указанию на присутствие таких параметров как давление и время сопутствуют, соответственно, следующие маркеры: *pressure, P; hour*, число и символ "h" (24 h).

**2. Апробация метода.** Экспериментальная проверка метода проводилась на материале конференций по катализу (EuropaCat'2013, 1133 доклада, ~ 600 тыс. словоупотреблений) [7]. Предобработка текста осуществлялась с помощью программного модуля OSCAR4 (The Open-Source Chemistry Analysis Routines) [8] и включала частеречное теггирование слов в соответствии со стандартизованным набором тегов.

Согласно принятым в данном исследовании ограничениям для формирования набора связей из *N*-граммного спектра конференций извлекались высокочастотные *N*-граммы, удовлетворяющие следующему частеречному шаблону общего вида:

[MD] VB(D, P, G, Z) [VBN] [RB] VBN [IN] [DT],

где квадратные скобки использованы для указания факультативных элементов и приняты следующие обозначения: VB – глагол в базовой форме, VBN – причастие прошедшего времени, IN – препозиция, DT – артикль, MD – модальный глагол, RB – наречие. Подстрока [VB(D, P, G, Z)] вводит различные временные реализации вспомогательного глагола *to be, to have*, например, VBD – прошедшее время (*were, had*), VBP – настоящее время, не 3-е лицо (*are*), VBZ – настоящее время, ед.ч., 3-е лицо (*is, has*).

Маркером MR<sub>j</sub> связи R<sub>j</sub> будем считать подстроку VBN [IN] [DT], содержащую форму смыслового глагола.

Маркеры связей делятся на три типа: а) стандартные для тезаурусов всех предметных областей (тип связи S: *contain, consist, include, involve*), б) маркеры специфических связей (причинно-следственных, корреляционных и пр.), которые имеются лишь в отдельных тезаурусах (тип связи R: *act, affect, cause, correlate, link, relate*), в) маркеры узко специфических связей в предметной области «катализ» (тип связи C: *activated, catalyzed, initiated, synthesized*). Связи, фиксируемые маркерами типа R и S, можно трактовать как ассоциации в списке стандартных тезаурусных отношений.

Наиболее часто встречающиеся препозиции из примерно 150 возможных – это: *in, by, with, within, into, at, under, for, to, on, from, over, onto, via, upon, during, between, after, due to, through, till, until*.

Конкретизация частеречного состава общего шаблона именных терминоподобных словосочетаний фиксирует более 120 их разновидностей длиной от двух до 14 слов. В первый десяток самых частых реализаций входят следующие:

JJ NN; NN NN; JJ NN NN; JJ JJ NN; NN IN NN; NNP NN; NN NN IN NN; NNP NNP;  
NN IN JJ NN; JJ NN IN NN; NN IN DT NN; JJ NN IN NN CC NN NN; JJ NN NN NN,

где JJ – прилагательное, NN – существительное, NNP – имя собственное, IN – предлог, DT – артикль, JJR – сравнительная степень прилагательного, CC – союз.

В качестве первого этапа в итерационной процедуре был выбран поиск терминов на базе набора связей, выделенного из частотного спектра. Объем словаря извлеченных по обобщенному шаблону терминов оказался довольно большим (~ 18 тыс. терминов) и содержал даже после фильтрации много общенаучных терминов. Словарь терминов на первом этапе считался пустым. В начальный набор связей было включено в первом эксперименте 14 часто встречающихся глаголов-маркеров, а во втором – 235. Для извлечения всех терминов и связей потребовалось три (первый эксперимент) и четыре (второй эксперимент) итерации (для сравнения: извлечение фактов покупки, получения кредита из новостных текстов требовало 6 – 7 итераций [6]). Основная часть терминов и связей ~ 70% в первом эксперименте (и почти 90% – во втором) была извлечена на первом и втором этапе первой итерации алгоритма. На второй итерации добавилось еще около 17% всех выявленных терминов и связей в первом эксперименте и 5% – во втором.

Расширение шаблонов выявило возможность реализации до 6-ти валентностей у глагола-маркера:  $t_1 R$  **by**  $t_2$  **over**  $t_3$  **at**  $t_4$  **in**  $t_5$  **at**  $t_6$  (MR = synthesized; тип маркера C: The nitrogen doped carbon *nanofibers* (n-cnfs) were synthesized **by decomposition** of ethylene/ammonia mixtures **over** ni-cu *catalyst at 550 °C in* a flow reactor with a fluidized catalyst bed **at** atmospheric pressure (многословные термины с предложной конструкцией:  $t_2$  = decomposition of ethylene/ammonia mixtures и  $t_5$  = a flow reactor with a fluidized catalyst bed). Терминообразующие существительные и словокомплексы (550 °C) выделены курсивом.

Наиболее часто реализуемые в текстах виды шаблонов:

$t_1 R$   $t_2$  – 2571;  $t_1 R$  in  $t_2$  – 319;  $t_1 R$  at  $t_2$  – 217;  $t_1 R$  by  $t_2$  – 189;  
 $t_1 R$  on  $t_2$  – 153;  $t_1 R$  of  $t_2$  – 117;  $t_1 R$  at  $t_2$  for  $t_3$  – 59;  $t_1 R$  in  $t_2$  at  $t_3$  for  $t_4$  – 33;

Предварительная оценка точности выявления условий протекания процессов, подсчитанная вручную на подмножестве из 5 текстов, выбранных случайным образом, оказалась довольно высокой – порядка 90 %, что для коротких научных текстов вполне вероятно.

**Заключение.** Применение итерационного метода для построения шаблонов, посредством которых можно выявлять в текстах по катализу факт наличия информации о химических процессах и условиях их протекания, вполне оправдано. Использование  $N$ -граммного анализа текстов для формирования начального множества шаблонов ускоряет «сходимость» итерационного процесса: требуется меньшее число итераций для выявления возможных терминов и связей.

Проблема извлечения терминов из выявленных именных сочетаний в общем случае остается открытой. Но это общая проблема, характерная и для других способов выявления терминов и связей. Планируется провести поисковый эксперимент на материале конференций 2015 г. с целью более детальной оценки качества построенных поисковых шаблонов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большакова Е., Баева Н., Бордаченкова Е. и др. Лексико-синтаксические шаблоны в задачах автоматической обработки текстов // «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии» (Диалог'2007): труды, Т. 2. М.: Изд-во РГГУ, 2007. С. 70–75.

2. Власова Н.А. Подход к автоматическому извлечению информации о назначениях и отставках лиц (на материале новостных сообщений) // «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2012): труды. Переславль-Залесский, 2012. С. 313–317.
3. Гусев В.Д., Саломатина Н.В., Кузьмин А.О. и др. Опыт использования L-граммного анализа для пополнения тезауруса по катализу // «Прикладна лінгвістика та лінгвістичні технології» (MegaLing–2009): труды. Изд-во: «Довира», Киев, 2009. С. 388–396.
4. Гусев В.Д., Саломатина Н.В. Алгоритм выявления устойчивых словосочетаний с учетом их вариативности (морфологической и комбинаторной) // «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии» (Диалог-2004): труды. М.: Изд-во Наука, 2004. С. 530–535.
5. Ермаков А.Е. Автоматическое извлечение фактов из текстов досье: опыт установления анафорических связей // «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии» (Диалог-2007): труды. Т. 2. М.: Изд-во РГГУ, 2007. С.131–135.
6. Котельников Д.С., Лукашевич Н.В. Итерационное извлечение шаблонов описания событий по новостным кластерам // «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2012): труды. Переславль-Залесский, 2012. С. 292–298.
7. European Congress on Catalysis (EuropaCat-XI, 1-6 September, 2013), Book of Abstracts. Lyon: EuropacatLyon, France, 2013.
8. Jessop David M., Adams Sam E., Willighagen Egon L., Hawizy L., Murray-Rust P., Cheminform J. «OSCAR4: a flexible architecture for chemical text-mining», 2011. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3205045](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3205045) (дата обращения: 05.06.2016).
9. Ivanisenko V.A., Saik O.V. and others. DSystem: an Associative Network Discovery System for automated literature mining in the field of biology // <http://bmcsystbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-0509-9-S2-S2> (дата обращения: 05.06.2016).

**AN ITERATIVE FACT-PATTERNS CONSTRUCTION FOR SEARCH  
IN THE TEXTS ON CATALYSIS THE INFORMATION OF CHEMICAL PROCESSES  
AND THEIR BEHAVIOR CONDITIONS**

**Vladimir D. Gusev**

senior researcher, Sobolev Institute of Mathematics, SB RAS,  
630090, Novosibirsk, pr. ac. Koptyuga, 4, e-mail: [gusev@math.nsc.ru](mailto:gusev@math.nsc.ru)

**Natalia V. Salomatina**

senior researcher, Sobolev Institute of Mathematics, SB RAS,  
630090, Novosibirsk, pr. ac. Koptyuga, 4, e-mail: [nataly@math.nsc.ru](mailto:nataly@math.nsc.ru)

**Abstract.** The testing of the iterative approach that, in a general case, is used to automate construction of the retrieval patterns for fact extraction was realized on the catalysis conference proceedings. In our case, a fact is understood as information about the reaction and conditions of its behavior. The initial set of some patterns is enriched by iteration, namely, by alternate search for structures with either the known terms and unknown relations between them or known relations and unknown terms in the training texts. The initial patterns, as a rule, are constructed by experts with use of automation elements in greater or lesser extent. It was shown that the using of N-gramm text analysis for the initial generation of search pattern collections reduces the number of iterations and increases the dictionary completeness of terms and relations that are extracted from the texts.

**Keywords:** automatic analysis of scientific texts, fact-patterns, automation of fact-patterns construction, N-gramm analysis.

**References**

1. Bol'shakova E., Baeva N., Bordachenkova E. i dr. Leksiko-sintaksicheskie shablony v zadachah avtomaticheskoy obrabotki tekstov [Lexico-syntactic patterns for tasks of automatic processing text] // «Komp'yuternaya lingvistika i intellektual'nye tekhnologii» (Dialog'2007): trudy. T. 2. M.: Izd-vo RGGU. 2007. Pp. 70–75 (in Russian).
2. Vlasova N.A. Podhod k avtomaticheskomu izvlecheniyu informacii o naznacheniayah i otstavkah lic (na materiale novostnyh soobshchenij) [The approach to the automatic extraction of information about the appointments and resignations of persons (on the basis of news messages )] // «Elektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tekhnologii, ehlektronnye kollekcii» (RCDL-2012): trudy. Pereslavl'-Zalesskij. 2012. Pp. 313–317(in Russian).
3. Gusev V.D., Salomatina N.V., Kuz'min A.O. i dr. Opyt ispol'zovaniya L grammnogo analiza dlya popolneniya tezaurusu po katalizu [Experience in the use of analysis "L-gram" for supplement the thesaurus on Catalysis] // «Prikladna lingvistika ta lingvistichni tekhnologii» (MegaLing–2009): trudy. Izd-vo: «Dovira». Kiev. 2009. Pp. 388–396 (in Russian).
4. Gusev V.D, Salomatina N.V. Algoritm vyyavleniya ustojchivyh slovosochetaniy s uchetom ih variativnosti (morfologicheskoy i kombinatornoj) [Algorithm identifying stable word combinations considering their variations (morphological and combinatorial)] //

- «Komp'yuternaya lingvistika i intellektual'nye tekhnologii» (Dialog-2004): trudy. Moscow: Nauka. 2004. Pp. 530–535 (in Russian).
5. Ermakov A.E. Avtomaticheskoe izvlechenie faktov iz tekstov dos'e: opyt ustanovleniya anaforicheskikh svyazey [Automatic extraction of facts from text files: the experience of establishing anaphoric relations] // «Komp'yuternaya lingvistika i intellektual'nye tekhnologii» (Dialog'2007): trudy. T. 2. M.: Izd-vo RGGU, 2007. Pp.131–135 (in Russian).
  6. Kotelnikov D.S. , Lukashevich N.V. Iteracionnoe izvlechenie shablonov opisaniya sobytij po novostnym klasteram [Iterative extracting of templates of event description from news clusters] // «Elektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tekhnologii, ehlektronnye kollekcii» (RCDL-2012): trudy. Pereslavl'-Zalesskij, 2012. Pp. 292–298 (in Russian).
  7. European Congress on Catalysis (EuropaCat-XI, 1-6 September, 2013). Book of Abstracts. Lyon: EuropacatLyon, France. 2013.
  8. Jessop David M., Adams Sam E., Willighagen Egon L., Hawizy L., Murray-Rust P., Cheminform J. «OSCAR4: a flexible architecture for chemical text-mining». 2011. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3205045](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3205045) (accessed: 05.06.2016).
  9. Vladimir A. Ivanisenko, Olga V. Saik and others. DSystem: an Associative Network Discovery System for automated literature mining in the field of biology // <http://bmcsystbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-0509-9-S2-S2> (accessed 05.06.2016).

УДК 004.89

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ВУЗА

Гутгарц Римма Давыдовна

Д.э.н., профессор,

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Институт кибернетики им. Е.И. Попова (г. Иркутск, Россия)

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,

e-mail: [gutgarc@gmail.com](mailto:gutgarc@gmail.com)

Воскобойников Михаил Леонтьевич

Магистрант, Иркутский национальный исследовательский

технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,

e-mail: [voskoboynikov1988@gmail.com](mailto:voskoboynikov1988@gmail.com)

**Аннотация.** В статье описаны основные проблемы управления знаниями в службах технической поддержки ИТ-инфраструктуры ВУЗа. Приводится краткий анализ двух принципиальных подходов к управлению знаниями в данной предметной области, их преимущества и недостатки. Рассматриваются возможности применения онтологического подхода для формирования базы знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа. Предлагаются примеры применения онтологического подхода для описания одной из составляющих исследуемой предметной области: «ИТ-инфраструктура ВУЗа»

**Ключевые слова:** онтологический подход, база знаний, техническая поддержка, ИТ-инфраструктура.

**Введение.** Практически любой вид деятельности в крупной современной организации в настоящее время связан с применением информационных технологий (ИТ). Именно они обеспечивают информационную поддержку большинства бизнес-процессов. Надежность функционирования ИТ невозможно без грамотно организованной ИТ-инфраструктуры.

В словаре Воройского Ф.С. дается следующее определение ИТ-инфраструктуры: «ИТ-инфраструктура — состав и расположение комплекса программных, технических, коммуникационных, информационных и организационно-технологических средств обеспечения функционирования крупных организаций, предприятий, фирм и/или корпораций, а также управления ими» [5, с.97].

В глоссарии терминов и определений ITIL (IT Infrastructure Library – библиотека инфраструктуры ИТ) приводится такое определение понятия ИТ-инфраструктуры: «ИТ-инфраструктура – все аппаратное и программное обеспечение, сети, помещения и т.п., необходимые для разработки, тестирования, предоставления, мониторинга, контроля или поддержки ИТ-услуг. Термин ИТ-инфраструктура включает все компоненты Информационных технологий, кроме персонала, Процессов и документации» [8, с. 71].

Кроме того, в библиотеке ITIL вводится понятие «ИТ-услуга», под которой понимается «... способ предоставления ценности заказчикам через содействие им в

получении конечных результатов, которых заказчики хотят достичь без владения специфическими затратами и рисками» [8, с. 113].

В [9] автор указывает на два важных акцента в данном определении:

- 1) нематериальность услуги (это свойство отличает услугу от товара);
- 2) назначение услуги – предоставлять ценность заказчикам.

Также автор предлагает использовать следующее определение ИТ-услуги, основываясь на [26]: «ИТ-услуга – обеспечение возможности использования информационных технологий для повышения эффективности и устранения ограничений информационных процессов» [9].

Таким образом, можно сказать, что поддержание ИТ-инфраструктуры организации в регламентированных эксплуатационных параметрах обеспечивает своевременное и качественное предоставление ИТ-услуг.

Управление ИТ-инфраструктурой в большинстве бюджетных организаций осуществляет специальное ИТ-подразделение, в состав которого, как правило, входит служба технической поддержки.

**Проблемы управления знаниями по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа.** Во многих современных технических ВУЗах обучение ведется по специальностям, на которых студенты изучают дисциплины, связанные с проектированием, разработкой, внедрением и сопровождением информационных систем и технологий. Полученные при изучении перечисленных дисциплин теоретические знания студенты закрепляют, выполняя лабораторные и практические задания в рамках учебной программы. Согласно учебным планам студентам необходимо пройти производственную практику на предприятиях. Студенты, профильное обучение которых связано с ИТ, часто проходят практику в ИТ-подразделениях своих ВУЗов, например, в службах технической поддержки ИТ-инфраструктуры ВУЗа. Данное обстоятельство имеет явные преимущества, как и для ВУЗа, так и для студента.

Как правило, студентов-практикантов принимают на работу на неполный рабочий день, что позволяет им без отрыва от учебы, т.е. в свободное от учебы время, получать знания и практические навыки по тем дисциплинам, которые они изучают. Однако это связано с двумя проблемами:

1. Студенты-сотрудники ИТ-подразделения работают не полный рабочий день и часто они не в состоянии самостоятельно решать многие задачи по причине недостаточности времени и отсутствия необходимых знаний и опыта. В связи с этим их коллегам, т.е. штатным работникам службы технической поддержки, приходится «доделывать» работу за них. Это приводит к тому, что своевременно не выполняются критически важные работы.

2. Опытных сотрудников ИТ-подразделения привлекают к наставничеству над студентами-сотрудниками, что создает дополнительную нагрузку для первых, и не всегда сопровождается моральным или материальным поощрением.

Еще одной острой проблемой в управлении персоналом ИТ-подразделений бюджетных организаций является отсутствие эффективного способа передачи корпоративного опыта по вопросам технической поддержки новым сотрудникам. Как показывает практика, для опытных высококвалифицированных специалистов сложно найти адекватную замену среди их коллег. Такие специалисты обладают обширными теоретическими знаниями и практическими навыками в области ИТ, а также, что особенно

важно, знаниями особенностей и специфики функционирования ИТ-инфраструктуры конкретной организации. Отсутствие кадрового резерва и возможность ухода ключевых сотрудников ИТ-подразделения, например, в связи с продолжительной болезнью или увольнением, ставит под угрозу нормальное функционирование и бесперебойную работу ИТ-инфраструктуры всей организации. Более подробное рассмотрение данной проблемы выходит за рамки настоящей статьи и может быть предметом отдельного исследования.

Для решения описанных выше проблем необходимо разработать унифицированный подход к систематизации и накоплению знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа в целях их последующего использования. Это позволит в дальнейшем технологически упростить процесс обучения новых сотрудников (включая тех из них, которые относятся к категории студентов) и пополнять знания уже работающих специалистов, а также ускорить этот процесс.

**Существующие подходы к управлению знаниями по технической поддержке ИТ-инфраструктуры.** Существует два основных подхода к управлению знаниями по технической поддержке ИТ-инфраструктуры. Первый изложен в ITIL Knowledge Management.

«История создания ITIL восходит к 1980 г., когда правительство Великобритании поручило Центральному компьютерному и телекоммуникационному агентству (Central Computer and Telecommunications Agency – CCTA, ныне Office of Government Commerce – OGC) обобщить имеющийся в мире опыт эффективного использования ИТ-ресурсов и разработать подходы для его качественного применения» [11].

К настоящему времени библиотека ITIL претерпела три редакции и в последнем обновлении ITIL v.3 содержит в своем составе пять книг:

1. Стратегия услуг (англ. Service Strategy).
2. Проектирование услуг (англ. Service Design).
3. Преобразование услуг (англ. Service Transition).
4. Эксплуатация услуг (англ. Service Operation).
5. Постоянное улучшение услуг (англ. Continual Service Improvement) [24, с. 6].

В состав книги «Преобразование услуг» входит процесс «управление знаниями». Назначение этого процесса состоит в том, чтобы доставлять нужную информацию в нужное место для обоснованного принятия решений.

Цель процесса: улучшить способности организации принимать решения путем предоставления более надежной и безопасной информации на протяжении жизненного цикла услуг.

Реализация данного процесса поставщиком услуг позволяет:

- 1) работать более эффективно, в том числе: улучшать качество, снижать затраты и увеличивать степень удовлетворенности заказчика услугами;
- 2) персоналу поставщика услуг четко понимать ценность услуг для заказчика;
- 3) обеспечивать персонал поставщика услуг актуальной информацией о состоянии услуг [25, с. 145].

Другим известным подходом к управлению знаниям по технической поддержке ИТ-инфраструктуры является методология поддержки, основанная на знании (Knowledge-Centered Support, KCS), разработка которой началась в 1992 году участниками организации

Consortium for Service Innovation. Сущность методологии – построение системы накопления и передачи знаний внутри организации.

Как отмечено в [13], ключевыми принципами KCS являются:

- создание знания как побочного продукт при решении проблем;
- улучшение информации на основе запросов и практики работы;
- создание полной базы знаний, накопленных за все время эксплуатации ИТ-инфраструктуры;
- поощрение обучения, взаимодействия, распространения и улучшения знаний.

В [18] авторы указывают, что базы знаний в системах, основанных на рассмотренных выше подходах, ориентированы на самостоятельную работу пользователей и технических специалистов с ней через использование поисковых запросов. Каждый сотрудник имеет возможность решить свою проблему самостоятельно методом поиска решений среди накопленных. Построение баз знаний в подобных системах сводится к формированию общего хранилища написанных специалистами службы поддержки статей и инструкций. Применение таких баз знаний подразумевает под собой самостоятельный поиск ранее найденных решений с использованием двух сценариев поиска:

- 1) контекстный поиск;
- 2) поиск по тэгам.

В [18] отмечено, что согласно исследованиям IBM, только 5% инцидентов решаются инициаторами самостоятельно с использованием существующей базы знаний без привлечения специалистов. Таким образом, данный подход фактически является неэффективным, поскольку большинство пользователей в своей повседневной деятельности ни морально, ни технически, ни профессионально, не могут корректно воспользоваться имеющейся базой знаний. Поэтому в проблемных ситуациях они предпочитают обращаться за помощью в ИТ-службы. В [18] в качестве возможного варианта решения обозначенной проблемы предлагается применение нейрокомпьютерных технологий для интеллектуализации базы знаний по технической поддержке, что должно повысить эффективность ее использования в практических целях.

Системы, основанные на существующих подходах к управлению знаниями по технической поддержке ИТ-инфраструктуры организации, не содержат в своем составе подсистемы логического вывода для получения новых знаний на основе накопленных в базе знаний. Данное обстоятельство позволяет отнести их к классу информационно-поисковых систем, но не к классу экспертных систем.

**Онтологическое моделирование ИТ-инфраструктуры ВУЗа.** Понятие «Онтология» относится к философской категории, понимается как «... учение о бытии вообще, бытии как таковом, независимом от его частных видов» [21, с. 340] и в этом смысле считается равнозначной метафизике. Принято считать, что данный термин «... принадлежит немецкому философу Р. Гоклениусу (1613)» [21, с. 340].

Гаврилова Т.А. и Хорошевский В.Ф. отмечают, что «...в настоящее время понимание термина «онтология» различно, в зависимости от контекста и целей его использования» [6, с. 285] и существует 7 аспектов интерпретации данного термина: 1) философская категория; 2) неформальная концептуальная система; 3) формальный взгляд на семантику; 4) спецификация «концептуализации»; представление концептуальной системы через

логическую теорию; 6) словарь, используемый логической теорией; 7) метауровневая спецификация логической теории [6, с. 285-286]. Применительно к области искусственного интеллекта эти авторы предлагают интерпретировать онтологии как базы знаний (БЗ) «... специального типа, которые могут «читаться» и «пониматься», отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями» [6, с. 286]. Таким образом, в данном случае онтологии формально сводятся к построению соответствующих БЗ, в которых представлены семантика и связи понятий из определенной предметной области.

«В настоящее время в мире известны несколько широко используемых онтологий, на основе которых разрабатываются информационные системы управления базами знаний в различных предметных областях» [15]. В качестве примеров больших онтологий в [15] приводятся, например, следующие:

1. Sensus. Предназначена для решения задач машинного перевода (компьютерная обработка естественного языка) и реферирования текстов. Содержит более 70 тыс. узлов таксономически упорядоченных концептов.
2. Omega. Является развитием Sensus. Содержит около 120 тыс. концептных узлов.
3. Mikrokosmos. Ориентирована на лексику испанского языка и содержит лексикон из 7 тыс. слов, а также более 5 тыс. концептов.
4. Cus. Содержит более 100 тыс. атомарных терминов. Включает около 87 тыс. разных событийных типов, которые описывают большинство событий, происходящих в мире. Таким образом, данная онтология в определенном смысле представляет собой всеобъемлющую базу знаний, отражающую знания о реальном мире.

Несмотря на наличие достаточно разнообразных онтологий в самых разных предметных областях, начиная от отдельных разделов лингвистики какого-либо языка (например, онтология глаголов английского языка – PropBank [15]) и до реального мира, аспекты создания онтологий рассматриваются применительно к самым различным областям, например:

- машиностроение [16];
- внутрицеховое планирование [1];
- электронное обучение [3];
- эксплуатация кораблей [10];
- сверхтвердые материалы [11];
- химия [2];
- техническая поддержка [19] и др.

Следует особо отметить работу [4], в которой в рамках одного из проектов рассматривается применение онтологий для моделирования ИТ-инфраструктуры научных исследований. В данном проекте «...ИТ-инфраструктура рассматривается как совокупность четырех взаимосвязанных компонентов: телекоммуникационной инфраструктуры, вычислительной инфраструктуры, информационной и интеллектуальной инфраструктуры» [4]. Основным назначением ИТ-инфраструктуры явилось техническое, программное/вычислительное и информационное обеспечение исследований, проводимых в ИСЭМ СО РАН.

Авторами данной статьи было замечено, что вопрос применения онтологий для формирования базы знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗов до сих

пор не рассматривался. Ввиду особой специфики ИТ-инфраструктуры и технической поддержки в ВУЗах, данная задача требует своего решения.

Как отмечено в [7], применение онтологического подхода для проектирования систем управления знаниями (СУЗ) предметной области имеет ряд преимуществ:

- «... онтология представляет пользователю целостный, системный взгляд на определенную предметную область (ПрО);
- знания о ПрО представлены единообразно, что упрощает их восприятие;
- построение онтологии позволяет восстановить недостающие логические связи ПрО» [7].

«В области информационных технологий онтологию некоторой предметной области называют предметной онтологией, а онтологию, включающую понятия, выходящие за пределы предметной области, являющиеся наиболее общими для двух и более предметных областей, называют метаонтологией» [5].

Процедуры извлечения и представления знаний, которые содержатся в компьютерных системах предметных областей, реализуются с помощью инженерии онтологий. При этом решаются следующие задачи:

- выбор методов и методологий для построения онтологий (исходя из целей создания онтологии, объема исследуемой области знаний, направлений ее использования и решаемых при этом задач);
- проектирование онтологии (выявление и семантически точное определение понятий соответствующей предметной области, а также их всевозможных взаимосвязей);
- обоснование и выбор инструментальных средств и языков для построения и поддержки онтологий;
- разработка собственно онтологии (программная реализация).

«Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку» [14, с. 3].

В [20] авторы отмечают, что «основными способами повышения эффективности использования знаний является их систематизация (упорядочение) и использование настроенных на эту систематизацию средств поиска объектов, содержащих требуемые знания» [20, с. 77]. Для решения этой задачи авторы предлагают построение интеллектуального пространства организации или пространства знаний, основой которого является онтология предметной области.

Предметную область «ИТ-инфраструктура ВУЗа» можно рассматривать как совокупность двух составляющих:

- ВУЗ;
- ИТ-инфраструктура.

При построении онтологии ВУЗа за основу были взяты основные составляющие организационной структуры ИРНИТУ. Для построения онтологий было выбрано программное средство SparTools, так как оно предлагает применять графический способ построения онтологий, что ускоряет и упрощает их разработку и имеет интуитивно понятный графический интерфейс. Построенная онтология представлена на рис. 2.

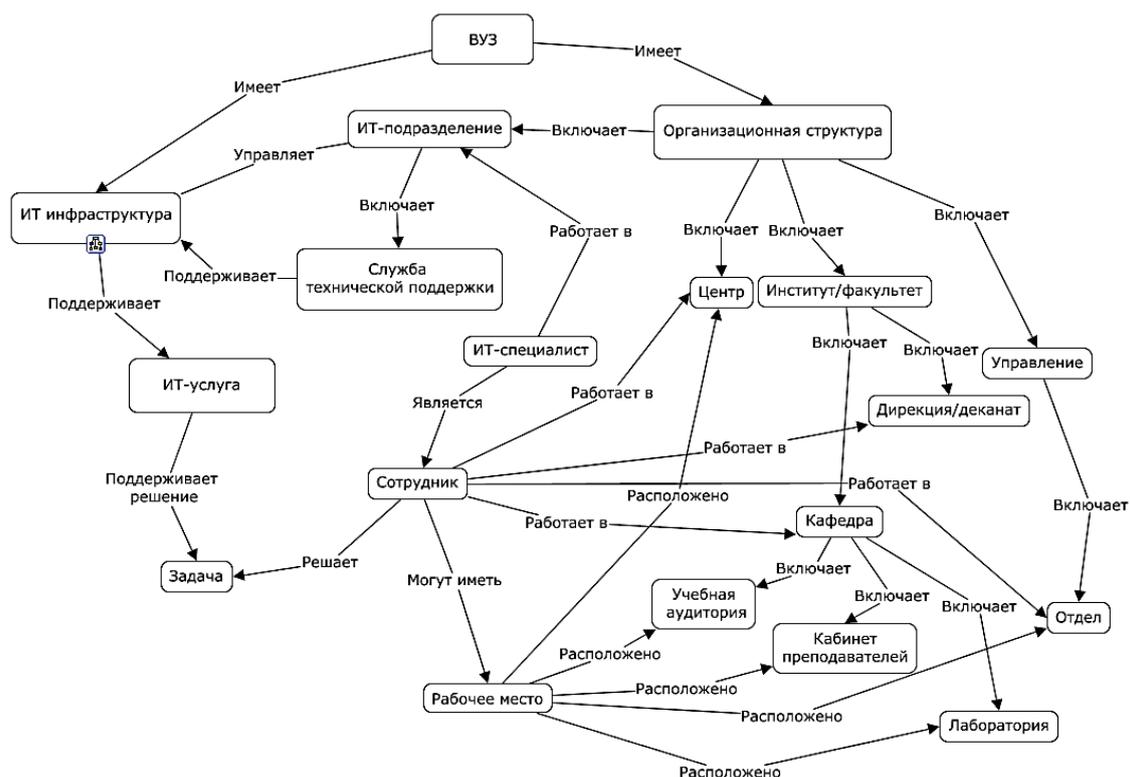


Рис. 2. Онтология структуры ВУЗа на примере ИРНИТУ

На первом этапе построения онтологии ИТ-инфраструктуры были выделены следующие ее составляющие, согласно определению в [5, с.97]:

- программное обеспечение;
- техническое обеспечение;
- коммуникационное обеспечение;
- организационно-технологическое обеспечение;
- информационное обеспечение.

Также в онтологию были включены концепты «ИТ-подразделение» и «Служба технической поддержки», которые были перенесены из онтологии структуры ВУЗа, так как они непосредственно связаны с концептом «ИТ-инфраструктура».

На втором этапе были выделены элементы каждого вида обеспечения.

На третьем этапе были установлены отношения между видами обеспечения ИТ-инфраструктуры и их элементами.

Построенная онтология ИТ-инфраструктуры представлена на рис. 3.

Построенные онтологии будут являться основой для формирования базы знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры, являющейся частью разрабатываемой экспертной системы.

**Заключение.** В статье обоснованы предпосылки для создания онтологии ИТ-инфраструктуры вуза и излагаются ее принципиальные положения, основанные на методах и технологиях управления знаниями. БЗ, сформированная при использовании такой онтологии, позволяет аккумулировать опыт и знания сотрудников вуза, обеспечивающих надежную работу всей ИТ-инфраструктуры. Это позволит в дальнейшем создать экспертную систему, обеспечивающую возможность решать такие задачи, как:

- обучение менее опытных сотрудников;
- поиск решений самостоятельно специалистами разного уровня профессиональной квалификации;
- анализ возникающих проблем в сфере технической поддержки ИТ-инфраструктуры.

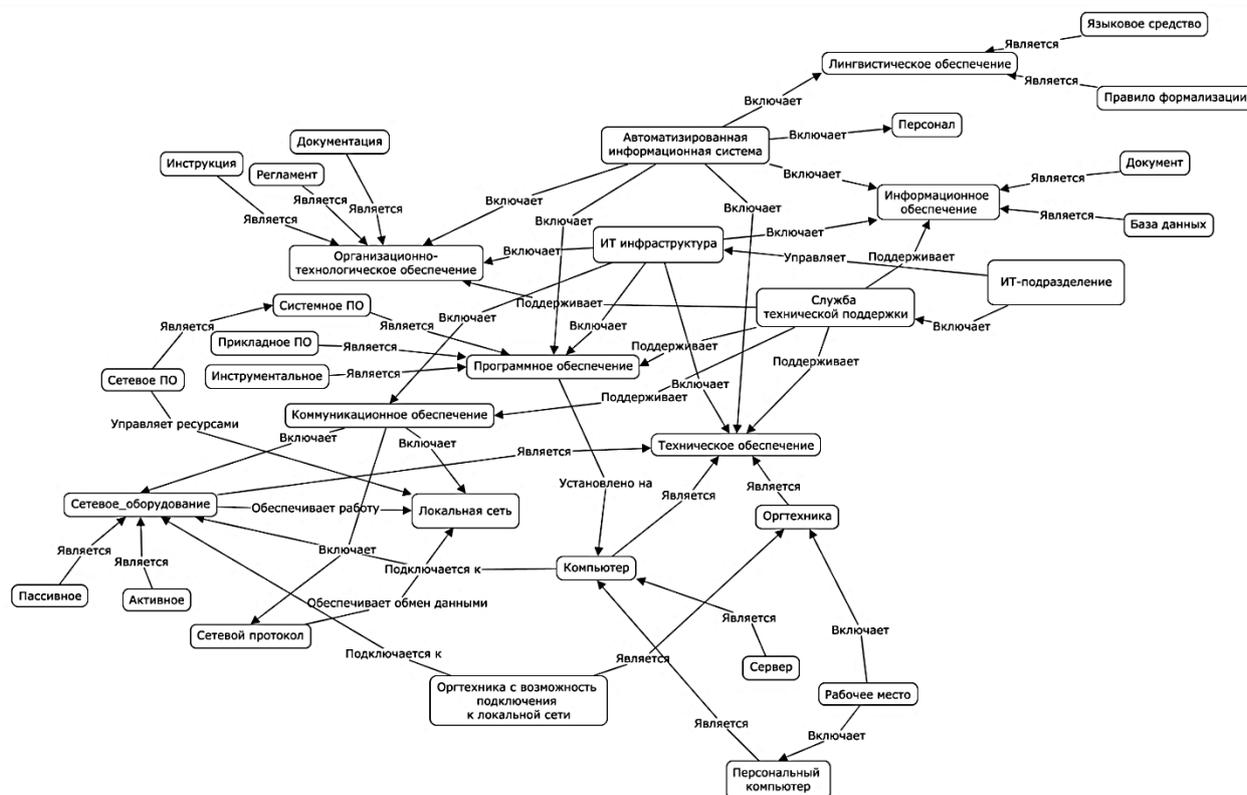


Рис. 3. Онтология ИТ-инфраструктуры ВУЗа на примере ИРНТУ

Применение онтологий для представления знаний по технической поддержке ИТ-инфраструктуры ВУЗа позволяет:

- однозначно и четко сформулировать, систематизировать знания специалистов службы технической поддержки ВУЗа;
- упростить принятие решения при установлении причин неисправностей компонентов ИТ-инфраструктуры специалистами службы технической поддержки ВУЗа;
- упростить механизм вывода в рамках соответствующей экспертной системы.

Предлагаемый онтологический подход можно считать унифицированным и он может быть применен при формировании БЗ по технической поддержке ИТ-инфраструктуры в большинстве ВУЗов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев М.В. Некоторые особенности построения онтологии для мультиагентной системы внутрицехового планирования // Программные продукты и системы. 2012. № 3. С. 44-47.
2. Артемьева И.Л., Рештаненко Н.В. Интеллектуальная система, основанная на многоуровневой онтологии химии // Программные продукты и системы. 2018. № 1. С. 84-87.

3. Балашова И.Ю. Построение и исследование предметной онтологии электронного обучения // Программные продукты и системы. 2014. № 3. С. 26-32.
4. Ворожцова Т.Н., Костюченко А.П., Макагонова Н.Н., Скрипкин С.К. Применение онтологий для моделирования ИТ-инфраструктуры и описания систем энергетики // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13. Специальный выпуск 1: Материалы XII Байкальской всероссийской конференции с международным участием "Информационные и математические технологии в науке и управлении", 2-11 июля 2007 г., Иркутск. С. 4-10.
5. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический систематизированный словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. М.: Физматлит. 2006. 716 с.
6. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем / СПб: Питер. 2000. 384 с.: ил.
7. Гладун А., Рогушина Ю. Онтологии в корпоративных системах // Корпоративные системы. 2006. № 1. С. 41-47.
8. Глоссарий Терминов и Определений. ITIL V3 Glossary Russian Translation v0.92, 30 Apr 2009.
9. Исайченко Дмитрий. Управление уровнем ИТ-услуг. Часть 1. Высокие отношения. Режим доступа: <http://www.osp.ru/itsm/2013/05/13035447.html>. (Дата обращения: 15.03.2016).
10. Козырев И.В. Применение онтологий в задачах эксплуатации кораблей//Программные продукты и системы. 2013. № 2. С. 16-21.
11. Кулаковский В.Н. Онтологический подход к построению базы знаний «Сверхтвердые материалы» / В.Н. Кулаковский, А.А. Лебедева, К.З. Гордашник, Е.М. Чистяков, И.В. Скворцов // Искусств. интеллект. 2008. № 4. С. 91-102.
12. Ломакина Е. Г., Симонов Ю. Т. Модели управления ИТ-инфраструктурой предприятия // ТДР . 2009. №11. С.124-126.
13. Лямуков, С. Управление знаниями в Service Desk / С. Лямуков. (Менеджмент ИТ) // Открытые системы. СУБД. 2010. №1. С. 32-35.
14. Митрофанова О.А., Константинова Н.С. Онтологии как системы хранения знаний / Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». 2008. 54 с.
15. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области // Математичні машини і системи. 2007. № 3, 4. С. 63-75
16. Полетаева Е.В. Принципы построения онтологии предметной области машиностроения // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2015. № 1. С. 1-3
17. Рабчевский Е. А., Архипов Е. С., Проектирование экспертных систем технической поддержки на основе онтологий // Интеллектуальные системы и компьютерные науки. Материалы IX международной конференции (23–27 октября 2006 г., г. Москва). Москва: МГУ. 2006.
18. Рогачева Е. В., Ломакин В. В. Интеллектуализация базы знаний систем Service Desk // Молодой ученый. 2012. №2. С. 63-66.
19. Рабчевский Е.А., Архипов Е.С. Проектирование экспертных систем технической поддержки на основе онтологий // Интеллектуальные системы и компьютерные науки.

- Материалы IX международной конференции (23–27 октября 2006 г., г. Москва). Москва: МГУ. 2006.
20. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии) / Под общ. ред. В.З. Ямпольского. Томск: Изд-во НТЛ. 2005. 260 с.
  21. Философский словарь / [Адо А. В. и др.] ; под ред. И. Т. Фролова. - 5-е изд. М. : Политиздат. 1987. 588, [2] с.; 20 см
  22. Цимбалистов А. Поддержка, основанная на знаниях// Открытые системы. СУБД. 2013. № 5. С. 24-26.
  23. Gruber T. A. Translation Approach to Portable Ontology Specifications, 1993.
  24. Office of Government Commerce. The Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle – London: TSO, 2007.
  25. Office of Government Commerce. ITIL V3 – Service Transition. TSO. 2007.
  26. Office of Government Commerce. ITIL V3 – Service Strategy. TSO. 2011.
- 

**UDK 004.89**

**ABOUT THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF ONTOLOGIES FOR FORMATION  
OF THE TECHNICAL SUPPORT OF UNIVERSITY IT INFRASTRUCTURE  
KNOWLEDGE BASE**

**Rimma D. Gutgarts**

Dr. Sci. (Economy), Prof.,

Irkutsk National Research Technical University,  
Popov Institute of Cybernetics.

664074 Russia, Irkutsk, St. Lermontov 83,

e-mail: [gutgarc@gmail.com](mailto:gutgarc@gmail.com)

**Mihail L. Voskoboynikov**

Undergraduate, Irkutsk National Research Technical University

664074 Russia, Irkutsk, St. Lermontov 83,

e-mail: [voskoboynikov1988@gmail.com](mailto:voskoboynikov1988@gmail.com)

**Abstract.** The main knowledge management problems in the technical support service of IT infrastructure of the university are revealed. A brief analysis of two fundamental approaches to knowledge management in technical support of IT infrastructure is presented, their advantages and disadvantages are highlighted. The article focuses on the possibilities of applying an ontological approach to building a knowledge base for technical support of IT infrastructure of the university. Examples of the ontological approach application for the description one of the components of the subject area under study, specifically: "IT infrastructure of the university" are offered.

**Keywords:** ontological approach, knowledge base, technical support, IT infrastructure.

## References

1. Andreev M.V. Nekotorye osobennosti postroeniya ontologii dlya mul'tiagentnoj sistemy vnutricehovogo planirovaniya [Some features of the ontology for multi-agent systems for shop floor planning // Software products and systems. 2012. No. 3. Pp. 44-47.
2. Artemieva I.L., Reshtanenko N.V. Intellectuall'naya sistema, osnovannaya na mnogourovnevoj ontologii himii [Intelligent system based on multilevel ontology of chemistry // Software products and systems. 2018. No. 1. Pp. 84-87.
3. Balashova, I.Y. Postroenie i issledovanie predmetnoj ontologii elektronnoho obucheniya [Construction and investigation of subject domain ontologies of e-learning] // Software products and systems. 2014. No. 3. Pp. 26-32.
4. Vorozhtsova T.N., Kostyuchenko A.P., Makagonova N.N., Skripkin S.K. Primenenie ontologij dlya modelirovaniya IT-infrastruktury i opisaniya sistem ehnergetiki [Application of ontologies for modeling IT infrastructure and describe the energy systems] // Computational technologies. 2008. T. 13. Special issue 1: proceedings of the XII Baikal all-Russian conference with international participation "Information and mathematical technologies in science and management", July 2-11, 2007, Irkutsk. Pp. 4-10.
5. Vorovsky F. Informatika. Enciklopedicheskij sistematizirovannyj slovar'-spravochnik: vvedenie v sovremennye informacionnye i telekommunikacionnye tehnologii v terminah i faktah [ Systematic encyclopedic dictionary-directory: introduction into modern information and telecommunication technologies in terms and facts.] M.: Fizmatlit. 2006. 716 p.
6. Gavrilova T.A., Khoroshevsky V.F. Bazy znaniy intellektual'nyh sistem [Knowledge Bases of intelligent systems] / SPb: Piter.2000. 384 p.: ill.
7. Gladun A., Rogushina J. Ontologii v korporativnyh sistemah [Ontologies in enterprise systems] // Corporate b TEM. 2006. No. 1. Pp. 41-47.
8. Glossarij Terminov i Opredelenij. [A Glossary of Terms and Definitions] ITIL V3 Glossary Russian Translation v0.92, 30 Apr 2009.
9. Isichenko Dmitry. Upravlenie urovnem IT-uslug. Chast' 1. Vysokie otnosheniya [Managing the level of it services. Part 1. High relationship]. Available at: <http://www.osp.ru/itsm/2013/05/13035447.html>. (Reference date: 15.03.2016).
10. Kozyrev, I.V. Primenenie ontologij v zadachah ehkspluatacii korablej [Application of ontologies in the tasks of the operation of ships] // Software products and systems. 2013. No. 2. Pp. 16-21.
11. Kulakovskii V.N. Ontologicheskij podhod k postroeniyu bazy znaniy «Sverhtverdye materialy» [An ontological approach to building a knowledge base of Superhard materials] / V.N. Kulakovskii, A.A. Lebedev, K.Z. Gorbachyk, E.M. Chistyakov, I.V. Skvortsov // Art. intelligence. 2008. No. 4. Pp. 91-102.
12. Lomakina E. G., Simonov Yu. T. Modeli upravleniya IT-infrastrukturaj predpriyatiya [The model of management of it infrastructure of enterprise] // BDD . 2009. No. 11. Pp. 124-126.
13. Smoukov, S. Upravlenie znaniyami v Service Desk [Knowledge Management in Service Desk] / S. Smoukov. (Management of IT) // Open systems. DBMS. 2010. No. 1. S. 32-35.
14. Mitrofanova O.A., Konstantinova N.S. Ontologii kak sistemy hraneniya znaniy [Ontology as a system of knowledge storage] / All-Russian competitive selection of survey and analytical articles on priority direction "Information-telecommunication systems". 2008. 54 p.

15. Palagin O.V., Petrenko N.G. Т К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области [To the issue of system-ontological integration of knowledge of subject area] // Mathematical machines and systems. 2007. № 3, 4. Pp. 63-75.
16. Poletaeva E.V. Principy postroeniya ontologii predmetnoj oblasti mashinostroeniya [Principles of construction of ontology engineering] // Software products, systems and algorithms. 2015. No. 1. Pp. 1-3.
17. Rabchevsky A.E., Arkhipov, E.S., Proektirovanie ekspertnyh sistem tekhnicheskoy podderzhki na osnove ontologij [Design of expert systems technical support based on ontologies] // Intellectual systems and computer science. Materials of the IX international conference (23-27 October 2006, Moscow). Moscow: Moscow state University. 2006.
18. Rogacheva E.V., Lomakin V.V. Intellektualizaciya bazy znaniy sistem Service Desk [The Intelligent knowledge base systems Service Desk] // A young scientist. 2012. No. 2. Pp. 63-66.
19. Rabchevsky A.E., Arkhipov, E.S. Proektirovanie ekspertnyh sistem tekhnicheskoy podderzhki na osnove ontologij [Design of expert systems technical support based on ontologies] // Intellectual systems and computer science. Materials of the IX international conference (23-27 October 2006, Moscow). Moscow: Moscow state University. 2006.
20. Tuzovskij A.F., Chirikov S.V., Yampol'skij V.Z. Sistemy upravleniya znaniyami (metody i tekhnologii) [Knowledge management systems (methods and technologies)] / Pod Society. Ed. VZ Yampolsky. Tomsk: Publishing house of the YTL. 2005. 260 p.
21. Filosofskij slovar' [Philosophical dictionary] / [ADO A.V. and others] ; edited by I. T. Frolov. - 5th ed. Moscow : Politizdat. 1987 - 588,[2] p.; 20 cm.
22. Cimbalistov A. Podderzhka, osnovannaya na znaniyah [Support based on knowledge] // Open systems. DBMS. 2013. No. 5. Pp. 24-26.
23. Gruber T. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. 1993.
24. The Office of Government Commerce. The Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle London: TSO, 2007.
25. The Office of Government Commerce. ITIL V3 – Service Transition. TSO. 2007.
26. The Office of Government Commerce. ITIL V3 – Service Strategy. TSO. 2011.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Абакумов Евгений Михайлович

К.т.н., начальник отделения «Информационные технологии»,  
Всероссийский НИИ автоматики им. Н.Л. Духова,  
101000 г. Москва, ул. Сушевская 22, e-mail: abakumov@vniia.ru

**Аннотация.** В статье приводятся основные направления корпоративных информационных систем приборостроения России. Показана принципиальная необходимость повышения эффективности функционирования за счет информационных систем поддержки основной деятельности, рассмотрен один из крупнейших проектов построения комплексной информационной системы предприятия России.

**Ключевые слова:** информационная система, приборостроение, эффективность

**Введение.** Развитие информационных технологий на предприятиях приборостроения оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России в настоящее время может быть оценено как передовое для предприятий приборостроения и машиностроения, особенно с учетом явно выбранной ориентации на отечественного производителя. Тем не менее, такая оценка довольно неоднозначна. Конец XX – начало XXI века ознаменовались бурным развитием систем различного функционального назначения, что привело к множеству попыток их применения, часть из которых была успешна. Комплексное применение систем различного назначения считалось перспективой развития информационно-управляющих систем, однако практически не всегда достигалось. Предприятия ОПК с начала 1970-х годов стали использовать учетные и плановые системы, отдельные элементы систем поддержки основной деятельности (САПР, MES и др.), однако комплексный эффект не проявлялся прежде всего из-за отсутствия интеграционных взаимосвязей. Одновременно была выявлена особенность, которая раньше не стояла на первом месте: ввиду необходимости интеграции информационных систем и сохранения этих интеграционных связей в процессе революционного (миграция данных в целом по системе) или эволюционного (интеграция с историческими системами другого функционального назначения) развития возникла проблема сохранения работоспособности информационных потоков при развитии комплексных интегрированных систем. Эти проблемы осложняются необходимостью достижения конкретного бизнес-эффекта от внедрения систем, оптимизации производственной и хозяйственной деятельности. Развитие систем управления качеством и систем «бережливого» производства, как инструмента повышения эффективности, поставило новые задачи перед сферой информационных технологий, выдвинув требования гибкости и адаптируемости к меняющимся бизнес-процессам.

**1. Комплексные системы автоматизации деятельности предприятий промышленности.** Отсутствие комплексного решения в области автоматизации предприятий привело к необходимости реализации программы создания типовой

информационной системы для ядерно-оружейного комплекса (ТИС ЯОК). ТИС ЯОК открыла новые возможности создания комплексных интегрированных унифицированных систем на уровне предприятия и отрасли в целом на базе современных технологий [10]. Целью этого проекта являлось создание научно-производственной базы мирового уровня, оптимизации структуры и повышения эффективности деятельности комплекса за счет:

- разработки и реализации единой стратегии развития информационных технологий;
- разработки и внедрения типовой информационной системы предприятий.

Ключевые задачи программы:

- разработка и внедрение сквозных технологий 3D проектирование–производство–эксплуатация–утилизация;
- создание единого информационного пространства предприятий ядерно-оружейного комплекса (ЯОК);
- создание эффективной системы управления предприятиями отрасли за счет применения лучших мировых практик и ИТ-решений;
- модернизация ИТ-инфраструктуры, организация консолидированных центров обработки данных внутри контуров предприятий ЯОК;
- разработка политики и системы управления информационной безопасностью ИТ с использованием опыта предприятий ядерно-энергетического комплекса (ЯЭК) и ЯОК в этой области;
- внедрение процессного подхода.

Результаты реализации программы свидетельствуют о значительном интересе предприятий ОПК России к подобного рода решениям. Результаты работы были представлены в рамках конференции «Информационные технологии в оборонно-промышленном комплексе» и высоко оценены участниками. О.И. Бочкарев, заместитель председателя ВПК при правительстве РФ, отметил в 2014 году, что степень использования информационных технологий на предприятиях ОПК во многом определяет уровень обороноспособности страны и безопасности государства, а внедрение современных автоматизированных систем управления на производстве способствует повышению конкурентоспособности продукции ОПК на мировых рынках.

Прошедшие конференции «Информационные технологии в оборонно-промышленном комплексе» показали, что эффективное управление невозможно без комплексного автоматизированного информационно-аналитического обеспечения управленческой, производственной и технологической деятельности организаций ОПК [7]. В настоящее время в организациях ОПК в недостаточной степени внедряются современные информационные технологии, позволяющие автоматизировать процессы управления разработками, производством, материальными ресурсами и финансовой деятельностью, взаимоотношение этих организаций с заказчиками и потребителями военной и гражданской техники.

**2. Вопросы эффективности использования информационных систем на предприятиях приборостроения.** Несмотря на значительный шаг, совершенный в вопросах применения автоматизированных систем управления предприятий, в том числе внесенный автором, совместно с коллегами [1 – 5, 8, 9, 11] остается значительный пласт вопросов, связанных с эффективностью использования их для поддержки основной деятельности предприятия.

Среди этих вопросов можно отметить:

- повышение эффективности планирования работ в области ГОЗ;
- повышение эффективности использования систем управления производством для предприятий приборостроения;
- разработка алгоритмов совершенствования процесса обеспечения опытного и мелкосерийного производства ЯБП и их составных частей;
- формирование комплекса решений по интеграции информационных потоков, обеспечивающихся оборудованием с ЧПУ и системой управления производством;
- разработка комплекса технических решений по сочетанию электронного и бумажного технического документооборота при обращении конструкторской документации в условиях принципиальной невозможности одновременного перехода на безбумажные технологии;
- необходимость выработки технических решений по переводу конструкторской документации в электронный вид в условиях значительного уровня применяемости ранее разработанных изделий и большого объема документации, выпущенной на бумажных носителях;
- создание методов оценки комплексных информационных систем и построение моделей процессов предприятия, позволяющих оценить адекватность автоматизированной системы управления предприятием в условиях ограниченного времени;
- вопросы перевода систем автоматизации управления на импортонезависимые и/или свободно распространяемые решения, позволяющие повысить уровень потенциальной защищенности объекта информатизации, на котором применяется программное обеспечение;
- вопросы построения автоматизированных систем по требованиям регуляторов с возможностью сертификации механизмов мандатного и дискреционного доступа к информации;
- выработка программно-технических решений в области интеграции информационных систем различного функционального назначения;
- создание информационных систем сбора и анализа данных о качестве продукции в процессе изготовления, формирование электронного «дела изделия».

Данный перечень далеко не полностью закрывает необходимые области повышения эффективности от применения информационных технологий в бизнес-процессах современного предприятия ОПК, однако может рассматриваться как направления исследований для ученых и практиков, работающих в сфере информационных технологий.

Следует отметить еще одну черту современного этапа использования информационных технологий в ОПК: устаревание программно-аппаратной платформы информационных систем происходит раньше, чем завершение внедрения. Если с аппаратной платформой развитие идет по пути повышения производительности и совершенствования в области информационной безопасности и модернизация инфраструктуры идет менее болезненно, то программные средства автоматизации управления охватывают большое количество пользователей, и их замена требует крупных организационных изменений. В

результате предприятия вынуждены идти на поддержание исторических систем и модернизировать их с периодичностью 10 – 15 лет.

Опыт автора по работе над корпоративной информационной системой ВНИИА и экспертизы крупной информационной системы отраслевого уровня показывает, что внедрение и сопровождение информационных систем требует значительных затрат как со стороны ИТ-специалистов, так и со стороны бизнес-пользователей. При этом получение экономического эффекта не всегда очевидно. Бизнес-эффект может быть достигнут только при полном охвате процесса на участке, цехе, отделе, направлении, и его понимание может привести к расширению использования информационных технологий в производстве и разработках ОПК. Учетные системы в настоящее время уже давно не являются стратегическими, они превратились в операционные, и эффект может быть оценен скорее через их неиспользование: отключение той или иной системы приводит к остановке операционной деятельности предприятия, когда выполнить процесс без применения компьютера становится значительно затратнее, чем восстановить работу систем. К сожалению, автоматизация управления производством и разработками, несмотря на значительные объемы работ, не привела к подобному переходу, и внедрение полноохватной системы в управлении производством приводит к получению стратегических преимуществ. Сложность и комплексность необходимых изменений обычно приводят к незавершению процесса автоматизации управления и остановке внедрения на ограниченной функциональности. Данные обстоятельства привели к пониманию, что сегодня необходимо не искать дополнительные функции в различного рода системах, а обеспечить широкое применение имеющейся функциональности. Основным элементом этого подхода стали приоритетность информационного обеспечения процесса над необходимостью четкого планирования, и перенос центра тяжести информационной системы на получение оперативной обратной связи о протекании процесса с рабочих мест исполнителей.

В работах Н.А. Васильева [6] показано, что с внедрением информационных технологий в рутинную практику происходят принципиальные качественные изменения: появляется возможность оперативного доступа к качественным данным, автоматизируются рутинные операции, освобождая время для осмысления и творчества, предоставляются принципиально новые возможности для организации управления. Вводя определение информации как меры интенсивности соответствующего свойства и пропорциональной логарифму энергии, обусловленной этим свойством, мы можем судить об изменении состояния объекта. Таким образом, повышение оперативности получения информации о состоянии объекта – процессов основной деятельности предприятия – становится необходимым в современных условиях, если мы хотим повышать эффективность управления им.

Несомненно, что текущий этап – один из этапов развития информационных систем на предприятиях ОПК России и уже сейчас очевидно, что отдельные технические решения в области автоматизации управления предприятиям необходимо углублять для решения конкретных задач на отдельных производственных участках, например в задачах автоматизации управления изготовлением и прослеживаемостью при производстве жгутов или задачах управления технологическим процессом в гальваническом производстве с учетом цифровой обработки информации, содержащейся в КД. Однако для перехода к решению более детальных задач необходимо обеспечение широкого охвата пользователей и

процессов в области автоматизации управления. Здесь, на современном этапе, необходима выработка ряда технических и программных решений, обеспечивающих повышение эффективности применения информационных технологий.

В настоящее время актуальной задачей представляется выработка технических решений, обеспечивающих повышение операционной эффективности в операционной системе современного приборостроительного предприятия, и рассмотрение инструментов межфункциональной интеграции деятельности для получения конечного заданного результата. Интеграция предприятий ОПК, реализующая целевой облик, обеспечивает централизованный контроль, снижение затрат на привлечение контрагентов и дает возможность повышения надежности системы в целом, однако повышает риски развития громоздкой и малоуправляемой структуры. Выработка решений по повышению прозрачности бизнес-процессов через применение информационных технологий и конкретных рекомендаций по их применению направлено на снижение этих рисков и отвечает современному этапу развития предприятий отрасли.

Развитие методологии «бережливого» производства, направленной на обеспечение эффективности отрасли, выдвигает требования к информационной поддержке «тянущих» систем, которая сегодня практически невозможна в многономенклатурном производстве без применения информационных технологий. Таким образом, вопросы повышения эффективности применения информационных технологий находятся в русле современных тенденций по развитию производственных систем предприятий ОПК.

**Заключение.** Принципиальной особенностью разработки и производства продукции на предприятиях ОПК в целом является «автаркный» тип производства – широкая номенклатура продукции при изготовлении максимального объема комплектующих на собственных мощностях. Это значительно усложняет архитектуру информационных систем и повышает количество объектов управления. Автор утверждает, что центр тяжести проблем в области информационных технологий находится не в расширении функциональности отдельных программных систем, а в поиске методов и алгоритмов применения имеющейся функциональности с получением широкого охвата процессов предприятия – не только управленческих, но и процессов непосредственного создания основного продукта – документации и материальной части. В связи с этим обстоятельством получение обратной связи о протекании процесса с рабочих мест исполнителей и широкий охват процессов разработки и изготовления продукции выходят на передний план.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов Е., Агулова Д., Кожевников Н. Особенности интеграции автоматизированных систем, участвующих в процессе управления движением товарно-материальных ценностей предприятия приборостроительного профиля на примере ФГУП ВНИИА. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2013. № 4. С. 192-199.
2. Абакумов Е., Агулова Д., Решетников И., Кожевников Н. Особенности обеспечения опытного производства комплектующими внешней поставки. Часть 1. Анализ существующих отклонений. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 3. С. 42-47.
3. Абакумов Е., Агулова Д., Решетников И., Кожевников Н. Особенности обеспечения опытного производства комплектующими внешней поставки. Часть 2. Оптимизация

- объема заказа на базе корреляционной модели. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 4. С. 14-16.
4. Абакумов Е.М., Агулова Д.М., Кожевников Н.О. Интеграция автоматизированных систем, участвующих в процессе обеспечения товарно-материальными ценностями предприятия приборостроительного профиля // Управление развитием крупномасштабных систем: Сб. науч. тр. Седьмой международной конференции (MLSD'2013): в 2-х томах, под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Москва. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2013. С. 20-29.
  5. Абакумов Е.М., Кожевников Н.О., Казанбеков С.Б., Решетников И.С. Принципы построения общесистемного справочника оборудования машиностроительного предприятия. // Автоматизация в промышленности. 2014. №10. С. 46-49.
  6. Васильев Н.А. Комплексные IT-решения на машиностроительных предприятиях на примере корпорации «Тактическое ракетное вооружение». Доклад на конференции ИБММ-2015
  7. Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса. URL: ИТОПК.РФ
  8. Ицкович Э.Л. Особенности систем класса MES производства технологического типа, обеспечивающие необходимую эффективность их функционирования. // Автоматизация в промышленности. 2015. №2. С. 3-10.
  9. Козлецов А.П., Решетников И.С. Применение стандарта ISA-95 для интеграции информационных систем на производственном предприятии. // Автоматизация в промышленности. 2012. №10. С.3-71
  10. Программа ТИС ЯОК. URL: <http://www.vniief.ru/wps/wcm/connect/vniief/site/researchdirections/tisjaok/>
  11. Фролов Е.Б., Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах. // Станочный парк. 2008. №11(56). С. 22-27.

**MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT INFORMATION SYSTEMS  
FOR MODERN INDUSTRIALMAKING ENTERPRISE**

**Evgeny M. Abakumov**

Dr., Head of division Laboratory "Information Technology"

All-Russian Research Institute of Automatics named after N.L. Dukhov

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

22, Sushevskaya Str., 101000, Moscow, Russia, e-mail: abakumov@vniia.ru

**Abstract.** The paper contains main directions of development information systems for modern industrial-making enterprise. The urgent need of rising enterprise efficiency through the application of information system is demonstrated. The paper contains the example of development the complex information system for big instrument-making enterprise.

**Keywords:** information system, industrial-making enterprise, efficiency

**References**

1. Abakumov E., Agulova D., Kozhevnikov N. Osobennosti integracii avtomatizirovannyh sistem, uchastvuyushchih v processe upravleniya dvizheniem tovarno-material'nyh cennostej predpriyatiya priborostroitel'nogo profilya na primere FGUP VNIIA [Features Integration of automated systems involved in the management of the movement of material assets of the enterprise on an example of instrument-FSUE VNIIA]. // RISK: resources, information, procurement, competition. 2013. № 4. Pp. 192-199. (in Russian).
2. Abakumov E., Agulova D., Reshetnikov I., Kozhevnikov N. Osobennosti obespecheniya opytnogo proizvodstva komplektuyushchimi vneshnej postavki [Features provide pilot production of components of external supply]. Part 1: Analysis of existing variations. RISK: resources, information, procurement, competition. 2012. № 3. Pp. 42-47. (in Russian).
3. Abakumov E., Agulova D., Reshetnikov I., Kozhevnikov N. Osobennosti obespecheniya opytnogo proizvodstva komplektuyushchimi vneshnej postavki [Features provide pilot production of components of external supply]. Part 2: Analysis of existing variations. RISK: resources, information, procurement, competition. 2012. № 4. Pp. 14-16. (in Russian).
4. Abakumov E.M., Agulova D.M., Kozhevnikov N.O. Integraciya avtomatizirovannyh sistem, uchastvuyushchih v processe obespecheniya tovarno-material'nymi cennostyami predpriyatiya priborostroitel'nogo profilya [Integration of automated systems involved in the process of inventory values instrument-making enterprises]. // Management of development of large-scale systems: Coll. scientific. tr. The Seventh International Conference (MLSD'2013): in 2 volumes, edited by S.N. Vasiliev, A.D. Tsvirkun. Moscow. V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences. 2013. C. 20-29. (in Russian).
5. Abakumov E.M., Kozhevnikov N.O., Kazanbekov S.B., Reshetnikov I.S. Printsipi postroeniya obshesistemnogo spravochnika oborudovaniya [Principles of the system-wide directory of the

- engineering enterprise equipment]. // *Avtomatizaciya v promyshlennosti = Automatization in industry* V. №10, 2014. Pp. 46-49. (in Russian).
6. Vasil'ev N.A. Kompleksnye IT-resheniya na mashinostroitel'nyh predpriyatiyah na primere korporacii «Takticheskoe raketnoe vooruzhenie» [Complex IT-solutions in the machine-building enterprises on an example of the corporation "Tactical Missiles"]. // The report on the conference IBMM 2015. (in Russian).
7. Informacionnye tekhnologii na sluzhbe oboronno-promyshlennogo kompleksa [Information technology in the service of the military-industrial complex]. URL: Itopk.ru
8. Ickovich E.H.L. Osobennosti sistem klassa MES proizvodstva tekhnologicheskogo tipa, obespechivayushchie neobhodimuyu ehffektivnost' ih funkcionirovaniya [Class Features MES systems such as the production process to ensure the necessary effectiveness of their functioning]. // *Avtomatizaciya v promyshlennosti = Automatization in industry*. 2015. №2. Pp. 3-10. (in Russian).
9. Kozletsov A.P., Reshetnikov I.S. Primenenie standarta ISA-95 dlya integratsii informatsionnih system na proizvodstvennom predpriyatii [The use of ISA-95 standard for the integration of information systems at the manufacturing plant].// *Avtomatizaciya v promyshlennosti = Automatization in industry*. №10, 2012. Pp. 3-71. (in Russian).
10. Programma TIS YAOK [The Programm TIS YAOK]. URL: <http://www.vniief.ru/wps/wcm/connect/vniief/site/researchdirections/tisjaok/>
11. Frolov E.B., Zagidullin R.R. Operativno-kalendarное planirovanie i dispetchirovanie v MES-sistemah [Operational scheduling and dispatching to MES-systems]. // *Stanochnyj park = Machinery equipment*. 2008. №11(56). Pp. 22-27. (in Russian).

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ  
ОГРАНИЧЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ**

**Антонов Александр Юрьевич**

Заместитель начальника отделения информационных технологий

ФГУП «ВНИИА» имени Н.Л. Духова

127055, Москва, ул. Сущевская 22, e-mail: [antonov@vniia.ru](mailto:antonov@vniia.ru)

**Аннотация.** Высокопроизводительные вычислительные комплексы в настоящее время перестают быть достоянием крупных научных центров и становятся основой повышения качества продукции научно-производственных компаний. При выполнении подобной компанией работ, нередко возникает необходимость проводить расчеты, содержащие информацию ограниченного распространения, в том числе и информацию, составляющую государственную тайну. В статье рассматриваются различные подходы к созданию автоматизированных систем в защищенном исполнении, предназначенных для обработки информации ограниченного распространения, имеющих в своем составе многопроцессорный вычислительный комплекс.

**Ключевые слова:** многопроцессорный вычислительный комплекс, супер-ЭВМ, защита информации.

**Введение.** Бурный рост и развитие рынка высокотехнологичной микроэлектроники привели к значительному удешевлению микропроцессоров и других электронных компонентов. Создание и эксплуатация мощных многопроцессорных вычислительных комплексов перестает быть прерогативой крупных научных центров, занимающихся фундаментальной наукой. Применение подобных комплексов для решения прикладных задач становится стандартной практикой на предприятиях, принадлежащих к различным отраслям и осуществляющим широкий спектр деятельности по множеству направлений, от разработки разнообразной техники до добычи полезных ископаемых. Такая тенденция вполне объяснима, компьютерное моделирование различных процессов позволяет предприятию ощутимо экономить на натуральных испытаниях и существенно сократить срок разработки новых изделий.

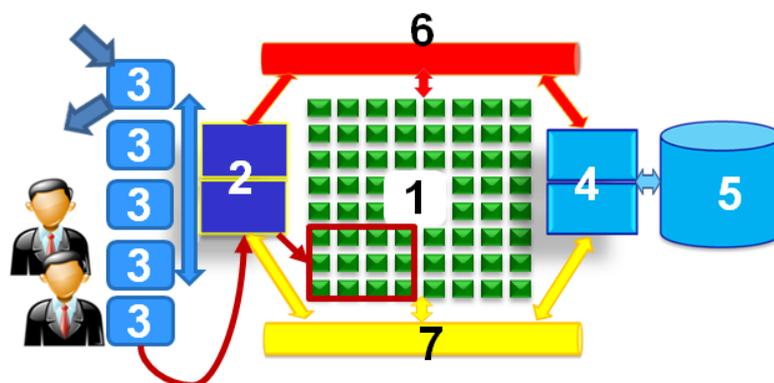
Крайне востребованы параллельные вычисления и в оборонно-промышленном комплексе (ОПК) России. Учитывая специфику задач, решаемых предприятиями ОПК, неудивительно, что часто возникает потребность в обработке на высокопроизводительных вычислительных кластерах информации ограниченного распространения, включая информацию, составляющую государственную тайну.

Основная проблема заключается в том, что автоматизированные системы (АС), обрабатывающие подобную информацию, должны соответствовать ряду жестких требований по защите информации и должны быть оснащены сертифицированными средствами защиты информации. Соблюсти все предъявляемые требования в параллельной среде крайне сложно,

а порой и вовсе невозможно. В то же время, отказ от использования современных технологий обозначает неминуемое отставание от конкурентов и потерю преимущества.

В статье рассматриваются различные подходы к созданию автоматизированных систем в защищенном исполнении, предназначенных для обработки информации ограниченного распространения и имеющих в своем составе многопроцессорный вычислительный комплекс (МВК).

**1. Структура и принцип работы МВК.** Если рассмотреть наиболее распространенную схему многопроцессорного вычислительного комплекса, то упрощенно комплекс представляет собой произвольное множество серверов различного назначения (вычислительных узлов, управляющих серверов, серверов визуализации и т.д.), объединенных вычислительными сетями различного назначения (сетью межпроцессорного обмена, сетью мониторинга, сетью управления). Также в состав МВК входит общая дисковая память и файловые серверы, предназначенные для управления ей. Принципиальная схема такого вычислительного комплекса представлена на рис. 1.



- 1 – Вычислительные узлы
- 2 – Управляющие серверы
- 3 – Рабочие станции пользователей
- 4 – Файловые серверы (для подключения общей дисковой памяти (ОДП))
- 5 – Общая дисковая память
- 6 – Сеть межпроцессорного обмена
- 7 – Управляющая сеть

**Рис. 1.** Принципиальная схема вычислительного комплекса

Вычислительные узлы представляют собой бездисковые серверы с несколькими процессорами и большим объемом оперативной памяти, они предназначены для обработки расчетных данных. Вычислительные узлы могут также содержать совычислители и графические адаптеры.

Управляющие серверы – это рабочее место пользователей и администраторов, они предназначены для управления вычислительным комплексом администраторами, а так же для запуска пользователями расчетных заданий и управления процессом счета. В большинстве случаев пользователь подключается к управляющему серверу по протоколу SSH и работает в консоли.

Сеть межпроцессорного обмена (СМПО) предназначена для максимально быстрого обмена расчетными данными при осуществлении параллельных вычислений. Данная сеть

должна иметь большую пропускную способность и минимальную задержку. Обычно в качестве СМПО используется сеть InfiniBand, позволяющая передавать данные на скорости до 56 Гбит/сек. Сеть управления предназначена для обмена сообщениями между вычислительными и управляющими узлами, с ее помощью происходит управление процессом расчета.

В подавляющем большинстве случаев многопроцессорные вычислительные комплексы управляются операционными системами семейства Red Hat Linux с дополнительными компонентами, необходимыми для нормального функционирования СМПО (OFED) и осуществления параллельных вычислений (MPI, Open MP). В качестве файловой системы обычно используется параллельная файловая система Lustre.

Из изложенного выше становится понятно, что многопроцессорный вычислительный комплекс – нестандартная, сложная автоматизированная система, состоящая из множества различных узлов, объединенных специализированным коммутационным оборудованием, которая управляется операционной системой, не имеющей глобального распространения и включающей в себя специфические программные компоненты. Данные обстоятельства существенно затрудняют подбор и применение готовых сертифицированных средств защиты информации из существующих на рынке и вынуждают вырабатывать нестандартные подходы при создании автоматизированных систем в защищенном исполнении, имеющих в своем составе МВК.

**2. Классификация АС в защищенном исполнении. Проблемы защиты информации, обрабатываемой на МВК.** Согласно требованиям Государственной технической комиссии России, автоматизированные системы, обрабатывающие государственную тайну, должны быть классом не ниже 3А, 2А или 1В [6]. При этом, необходимо использовать сертифицированные средства защиты информации от несанкционированного доступа не ниже следующих классов: четвертого - для класса защищенности 1В, третьего - для класса защищенности АС 1Б, второго - для класса защищенности АС 1А [7].

Класс АС 3А подразумевает работу в системе единственного пользователя, допущенного ко всей информации системы, размещенной на носителях одного уровня конфиденциальности. По сути, это означает монопольное использование всех ресурсов системы одним пользователем, что противоречит самому предназначению многопроцессорных комплексов, которые могут обсчитывать множество сложнейших задач различных пользователей параллельно, и, к тому же, просто экономически невыгодно, учитывая высокую стоимость подобных комплексов.

Класс 2А подразумевает работу в АС множества пользователей, имеющих одинаковые права доступа к информации, обрабатываемой и хранящейся на МВК на носителях различного уровня конфиденциальности. Создание АС такого класса, имеющих в своем составе МВК, уже более оправдано, но имеет один существенный недостаток: все пользователи и администраторы данной АС должны иметь допуск по максимальному грифу обрабатываемой в системе информации, даже если в действительности они с ней не соприкасаются. Это обозначает, что пользователи, работающие с информацией грифа «секретно», должны быть допущены к информации «совершенно секретно», что ведет к излишней осведомленности и наложению на них ограничений, в соответствии с законом о государственной тайне [5].

Класс 1В и выше включает многопользовательские АС, в которых одновременно обрабатывается и (или) хранится информация разных уровней конфиденциальности. Не все пользователи имеют право доступа ко всей информации АС. Очевидно, что это наиболее предпочтительный вариант, так как он предусматривает гибкое разделение прав различных пользователей АС и администраторов системы, позволяет избежать излишней осведомленности и ограничения прав пользователей.

Основная проблема при создании АС любого класса, имеющих в своем составе многопроцессорный вычислительный комплекс, заключается в отсутствии встроенных в системное программное обеспечение или наложенных сертифицированных средств защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ от НСД), которые смогут работать в его крайне специфической программно-аппаратной среде. Производителю не интересен этот сегмент, так как спрос на подобного рода СЗИ от НСД крайне мал. Существующие дистрибутивы Linux, имеющие в своем составе встроенные сертифицированные средства защиты (Astra Linux и др.), требуют глубокой доработки для использования на МВК, что влечет большие финансовые и временные затраты. Работа наложенных средств защиты информации для Linux-среды, соответствующих требованию данных классов (например, осуществляющих контроль потоков информации в среде межпроцессорного обмена) на сегодняшний день вызывает множество нареканий.

### **3. Возможные варианты построения АС в защищенном исполнении.**

**3.1. Использование операционной системы семейства Windows и наложенных средств защиты.** Наибольшее количество сертифицированных наложенных средств защиты разрабатывается для среды ОС Windows, что обусловлено ее широким распространением. Что, если взять и попробовать перевести вычислительный кластер под ее управление? Нами прорабатывался такой вариант, но был отвергнут в силу следующих причин:

- высокая стоимость дистрибутива операционной системы, способного работать в многопроцессорной среде, необходимость установки и настройки дополнительных системных пакетов для обеспечения параллельных расчетов;
- необходимость установки средств доверенной загрузки на все узлы системы, что, в силу специфики применяемого «железа», иногда просто невозможно, а так же увеличивает время загрузки узлов и повышает административные затраты на настройку и эксплуатацию СЗИ от НСД и комплекса в целом;
- необходимость установки и настройки СЗИ от НСД в крайне специфичной программной среде, что, учитывая глубочайшую интеграцию средств защиты в операционную систему, неизбежно приводит к возникновению проблем совместимости, перебоям и задержкам в расчетном процессе;
- необходимость использования распределенного межсетевое экрана для выполнения требования класса по контролю потоков, что критически замедляет межпроцессорный обмен при проведении параллельных расчетов;
- отсутствие (или высокая стоимость) прикладного программного обеспечения, необходимого для проведения расчетов;
- отсутствие (или высокая стоимость) специализированного программного обеспечения, обслуживающего процесс параллельного счета – диспетчера задач, системы мониторинга и пр., способных работать в среде Windows.

**3.2 Использование операционной системы семейства Linux и наложенных средств защиты.** В настоящий момент единственным средством защиты информации от несанкционированного доступа, которое можно применять для построения автоматизированных систем классом защищенности до 1Б включительно, является ПАК СЗИ НСД «Аккорд-Х». Проблемы, возникающие в этой ситуации, практически идентичны проблемам, описанным в п. 3.1 данной статьи:

- необходимость применения средств доверенной загрузки;
- проблемы при интеграции СЗИ от НСД и системного и прикладного ПО, установленного на вычислительном кластере, как следствие – нестабильность и замедление расчетного процесса;
- увеличение административных затрат на эксплуатацию СЗИ от НСД и вычислительного комплекса в целом.

**3.3 Доработка и сертификация существующих дистрибутивов, имеющих встроенные средства защиты информации от несанкционированного доступа.** Перспективной представляется задача сертификации в системе ФСТЭК операционных систем семейства Linux, которые сами по себе выступают в качестве средства защиты информации от несанкционированного доступа со всеми встроенными необходимыми механизмами и не требуют применения дополнительных наложенных СЗИ. В настоящее время наиболее подходящими для этих целей дистрибутивами являются отечественные операционные системы Astra Linux и Альт Linux.

Отличительная особенность таких дистрибутивов в том, что сертифицированный механизм разграничения доступа реализован в них на уровне ядра операционной системы. Это позволяет обеспечить правильность его функционирования при использовании любых компонент, предоставляемых ядром.

Однако для реализации данной задачи необходимо провести глубокую доработку дистрибутивов и встроенных в них средств защиты информации, обеспечить поддержку нестандартного оборудования и программного обеспечения, применяемого в многопроцессорном вычислительном комплексах, и заново пройти процедуру сертификации.

Данная работа требует больших финансовых и временных затрат и невозможна без участия производителя операционной системы, что, учитывая крайнюю специфичность задачи и малый спрос, скорее всего будет для них нерентабельно.

**3.4 Монопольное использование или разбиение на независимые сегменты.** Для обеспечения проведения расчетов с обработкой информации разной степени секретности вычислительный комплекс можно создать из несколько отдельных вычислительных комплексов или разбить существующий вычислительный комплекс на полностью физически независимые сегменты (по сути, самостоятельные комплексы), каждый из которых предназначен для обработки информации определенного грифа.

Такая АС будет иметь класс 2А и все пользователи, работающие в ней, должны иметь допуск ко всей информации, обрабатываемой на вычислительном комплексе. Каждый из комплексов может быть предназначен как для обработки несекретной информации, так и для информации с грифом до «совершенно секретно» включительно.

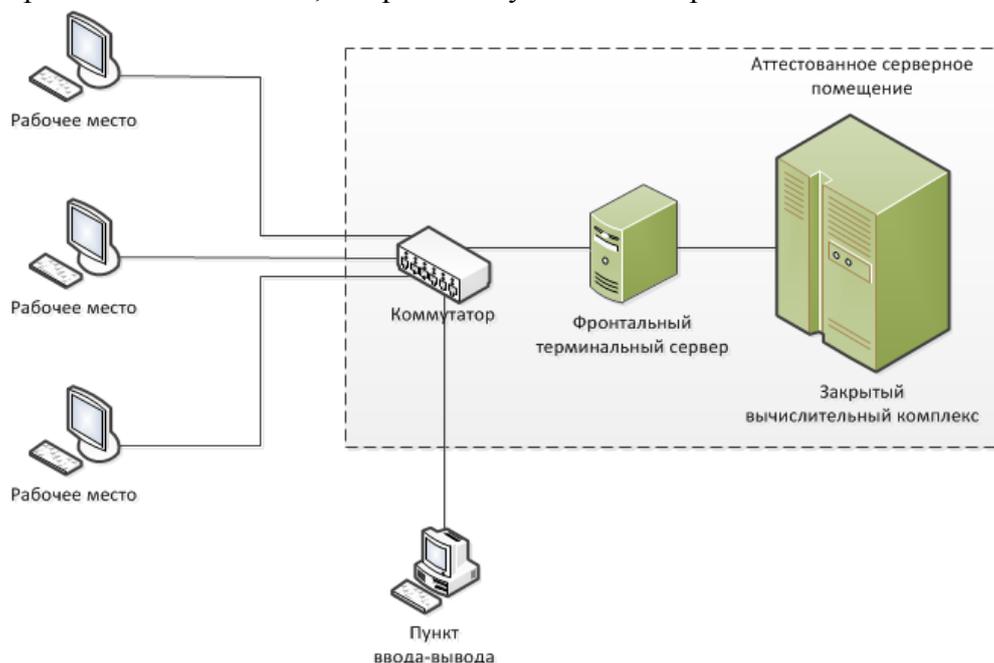
В этом случае объектом доступа выступает весь вычислительный комплекс со всей циркулирующей в нем информацией и защита от несанкционированного доступа сводится к задаче защиты от несанкционированного доступа ко всему вычислительному комплексу, а

не к отдельным его узлам. Для решения этой задачи перед вычислительным кластером можно установить фронтальный терминальный сервер под управлением ОС Windows с установленным сертифицированным средством защиты информации от несанкционированного доступа (например, Secret Net), которое будет разрешать удаленные сеансы только от допущенных пользователей, в соответствии с имеющейся матрицей доступа. Связь непосредственно с вычислительным комплексом будет осуществляться уже в рамках SSH-сессии, запускаемой на данном фронтальном сервере. Необходимо так же централизовать и контролировать ввод-вывод информации, что так же решает СЗИ от НСД на фронтальном сервере. Доверенную загрузку можно обеспечить организационными мерами, разместив вычислительный комплекс в аттестованном серверном помещении, в которое ограничен доступ, отключив загрузку со съемных носителей на аппаратном уровне и опломбировав корпуса узлов комплекса.

Основные недостатки такого решения:

- необходимость создания отдельной инфраструктуры для каждого из сегментов, состоящей из сетевой подсистемы доступа (включая коммутаторы), системы хранения и управления данными и системы межпроцессорного обмена, а также отдельных серверных помещений, оборудованных необходимыми инженерными системами, что приводит к большим финансовым затратам;
- необходимость получения всеми сотрудниками допуска по высшему грифу секретности информации, обрабатываемой на комплексе, что приводит к излишней осведомленности.

Но, не смотря на описанные недостатки, в случае, когда предприятию требуются небольшие расчетные мощности, это решение уже вполне применимо.



**Рис. 2.** Схема вычислительного сегмента

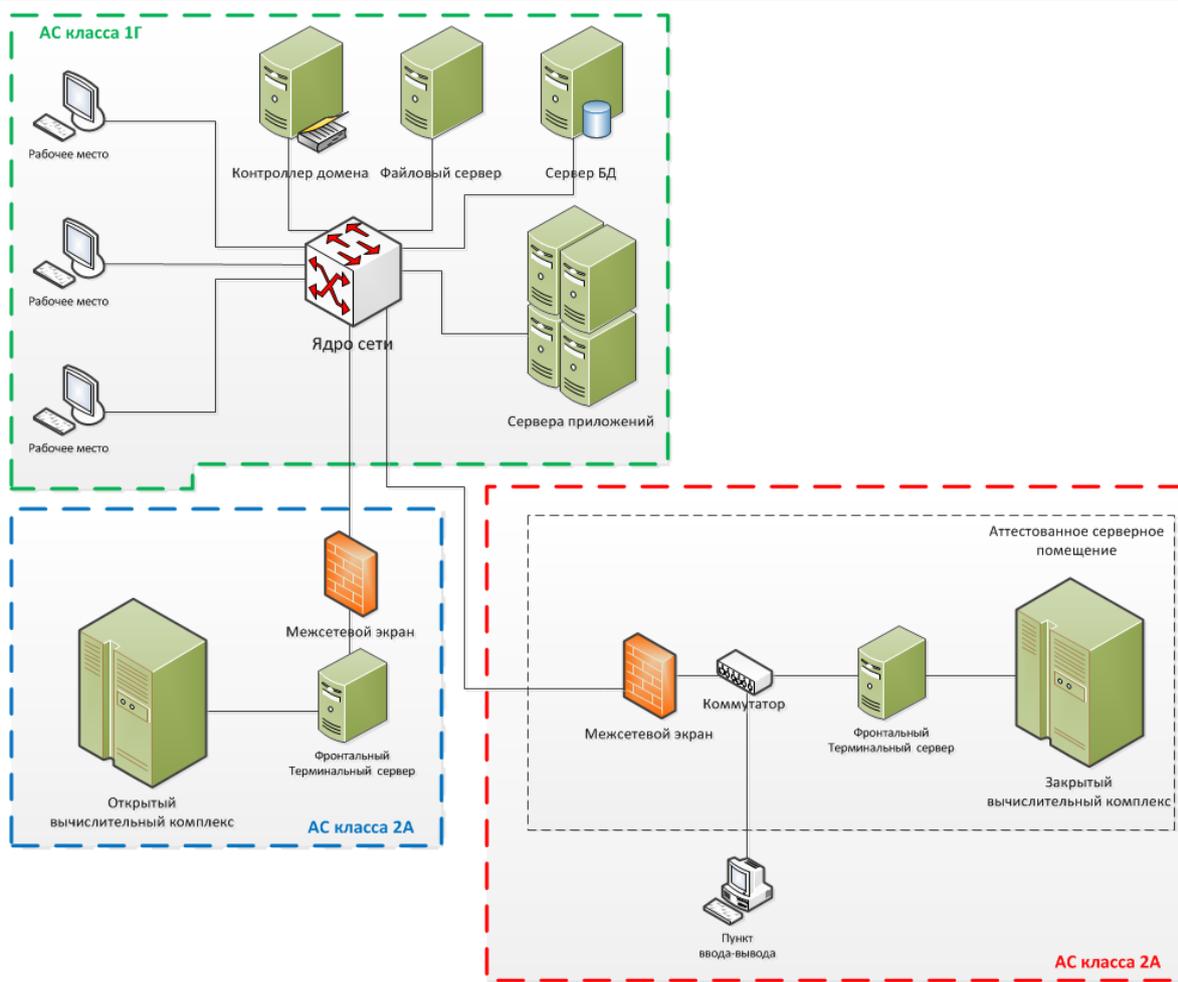


Рис. 3. Примерная схема комплекса автоматизированных систем

**3.5 Комплекс автоматизированных систем.** Для обеспечения удобства использования множества вычислительных комплексов, предназначенных для работы с информацией разного грифа, возможно объединение автоматизированных систем, имеющих в своем составе вычислительный кластер, в комплекс взаимодействующих автоматизированных систем, с применением сертифицированных средств защиты информации от несанкционированного доступа и межсетевых экранов.

При реализации данной схемы не требуется дублировать сетевую подсистему доступа, но необходимость в отдельных системах хранения и межпроцессорного обмена для вычислительных комплексов, обрабатывающих информацию разного грифа секретности, все же остается, также, необходимо создание отдельных серверных помещений (открытый комплекс можно разместить в уже существующих серверных помещениях).

**3.6 Модификация предъявляемых требований по безопасности информации.** Учитывая сложности, возникающие при обработке информации, составляющей государственную тайну, на многопроцессорных вычислительных комплексах и аттестации их на соответствие требованиям безопасности информации в рамках существующей системы классов, можно сделать заключение, что существующая нормативная и руководящая документация в данной области требует пересмотра и доработки.

В результате многочисленных обращений, Федеральная служба по техническому и экспертному контролю (ФСТЭК), совместно с заинтересованными предприятиями из разных отраслей, включая предприятия ГК «Росатом», провела работу по анализу существующих

требований по защите информации в среде многопроцессорных вычислительных комплексов. Это привело к их пересмотру и выпуску в 2012 г. «Временных требований по защите информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну, в автоматизированных системах, созданных с использованием суперкомпьютерных технологий» [1].

Документ вводит новые классы автоматизированных систем, имеющих в своем составе многопроцессорные вычислительные комплексы – 1В-С, 1Б-С, 1А-С и описывает адекватные требования по защите информации от несанкционированного доступа, предъявляемые к ним, требования по антивирусной защите, межсетевому экранированию и от утечки информации по техническим каналам. После выхода требований упростилась процедура доработки и сертификации на соответствие требованиям по безопасности информации используемых в составе вычислительных комплексов дистрибутивов Linux, что сделало возможным создание в ГК «Росатом» «Защищенной операционной системы для супер-ЭВМ», которая может применяться на высокопроизводительных вычислительных комплексах для выполнения расчетов, связанных с обработкой государственной тайны.

**Заключение.** Защита информации в среде многопроцессорных вычислительных комплексов – сложная, но решаемая задача. Для нее плохо применимы классические подходы, используемые в отношении типовых автоматизированных систем.

Решение задачи защиты информации в данной среде потребовало пересмотра существующей руководящей и нормативной документации в данной области [2 - 4] и выпуска специализированных требований по обеспечению защиты информации при проведении расчетов. Разработанная в соответствии с данными «Временными требованиями...» операционная система, позволяет легитимно аттестовать на соответствие требованиям по безопасности информации и использовать многопроцессорный вычислительный комплекс для обработки информации разной степени конфиденциальности, в том числе и информации, составляющей государственную тайну. Эта возможность наверняка привлечёт в сегмент параллельных вычислений новые прикладные задачи, связанные не только с научной, но и с производственной и даже административной деятельностью (расчет плана производства, заработной платы и пр.), что приведет к повышению производительности труда предприятия в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные требования по защите информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну, в автоматизированных системах, созданных с использованием суперкомпьютерных технологий, утверждены ФСТЭК 17 августа 2012 г.
2. ГОСТ Р 50739-95. «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Общие технические требования».
3. ГОСТ Р 51624-2000. «Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Общие положения».
4. ГОСТ РО 0043-003-2012. «Защита информации. Аттестация объектов информатизации. Общие положения».
5. Закон РФ от 21.07.1993 №5485-1 (ред. от 21.12.2013) «О государственной тайне».
6. Руководящий документ «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации Классификация автоматизированных

систем и требования по защите информации». Утвержден решением председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации 30 марта 1992 г. Для служебного пользования.

7. Руководящий документ «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации». Утвержден решением председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации 30 марта 1992 г.
- 

**UDK 681.31**

## **FEATURES OF OPERATION OF HIGH PERFORMANCE COMPUTING COMPLEXES FOR PROCESSING RESTRICTED INFORMATION**

**Alexander Yu. Antonov**

Deputy Chief of Department of Information Technology

All-Russia research institute of automatics named after N.L. Dukhov (VNIIA)

22, St. Sushchaskaya, Moscow, 127055, Russia, e-mail: [antonov@vniia.ru](mailto:antonov@vniia.ru)

**Abstract** Now high-performance computing systems are no longer the property of the major research centers, they are becoming the basis for improving the quality of products research and production companies. In carrying out those works there is often a need to perform calculations, containing information of limited distribution, including information constituting a state secret. The article discusses various approaches to the development of automated systems in the protected execution for processing restricted information, and having in its composition a multiprocessor computing complex. КОМПЛЕКС.

**Keywords:** multiprocessor computer system, supercomputers, Information protection.

### **References**

1. Vremennye trebovaniya po zashchite informacii, sodержashchej svedeniya, sostavlyayushchie gosudarstvennyu tajnu, v avtomatizirovannyh sistemah, sozdannyh s ispol'zovaniem superkomp'yuternyh tekhnologij, utverzhdeny FSTEHK 17 avgusta 2012 g. [Temporary requirements for the protection of information containing information constituting a state secret, in automated systems built with using supercomputer technologies, FSTEC approved August 17, 2012.]
2. GOST R 50739-95. «Sredstva vychislitel'noj tekhniki. Zashchita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya» [GOST 50739-95. "Means of computer facilities. Protection against unauthorized access to information. General technical requirements. "]
3. GOST R 51624-2000. «Zashchita informacii. Avtomatizirovannye sistemy v zashchishchennom ispolnenii. Obshchie polozheniya» [GOST R 51624-2000. "Information protection. Automated systems in the protected making. General Provisions. "]

4. GOST RO 0043-003-2012. «Zashchita informacii. Attestaciya ob"ektov informatizacii. Obshchie polozheniya» [GOST PO 0043-003-2012. "Information protection. Attestation of objects of information. General Provisions."]
5. Zakon RF ot 21.07.1993 №5485-1 (red. ot 21.12.2013) «O gosudarstvennoj tajne» [RF Law of 21.07.1993 №5485-1 (ed. Of 21.12.2013) "On State Secrets"]
6. Rukovodyashchij dokument «Avtomatizirovannye sistemy. Zashchita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii Klassifikaciya avtomatizirovannyh sistem i trebovaniya po zashchite informacii». Utverzhden resheniem predsedatelya Gosudarstvennoj tekhnicheskoy komissii pri Prezidente Rossijskoj Federacii 30 marta 1992 g. Dlya sluzhebnogo pol'zovaniya [Guidance document "Automated Systems. Protection against unauthorized access to information. Classification of automated systems and data protection requirements. " Approved by the decision of the Chairman of the State Technical Commission under the President of the Russian Federation of March 30, 1992. For internal use only.]
7. Rukovodyashchij dokument «Sredstva vychislitel'noj tekhniki. Zashchita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Pokazateli zashchishchennosti ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii». Utverzhden resheniem predsedatelya Gosudarstvennoj tekhnicheskoy komissii pri Prezidente Rossijskoj Federacii 30 marta 1992 g. [Guidance Document "The means of computing technics. Protection against unauthorized access to information. Indicators of security against unauthorized access to information. " Approved by the decision of the Chairman of the State Technical Commission under the President of the Russian Federation of March 30, 1992]

## АНАЛИЗ КИБЕРУГРОЗ И ИХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ КРАСНОЯРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА СО РАН

Исаев Сергей Владиславович

к.т.н., доцент, зам. директора по научной работе,  
Институт вычислительного моделирования СО РАН,  
660036 г. Красноярск, ул. Академгородок 50, стр.44, e-mail: [si@krasn.ru](mailto:si@krasn.ru)

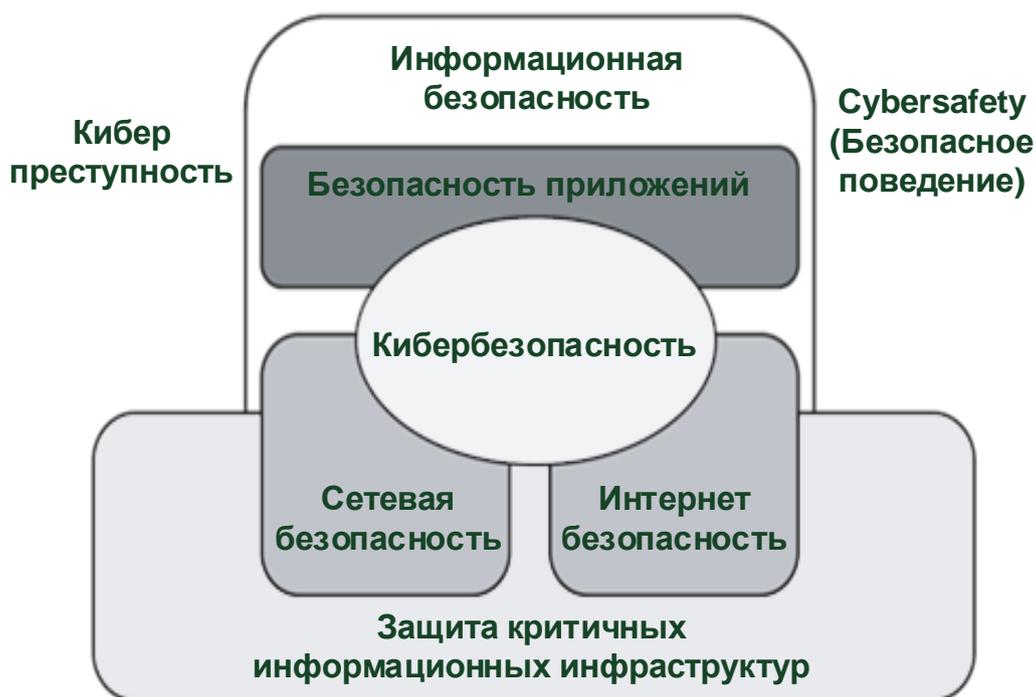
**Аннотация.** Работа посвящена актуальным вопросам кибербезопасности и противодействия киберугрозам. Безопасность интернет-сервисов является одной из важных частей проблемы безопасности киберпространства. В работе рассмотрен метод обнаружения угроз на основе совместного временного анализа журналов сетевых служб и интернет-сервисов. Результатом анализа является выявление потенциально уязвимых мест, которые необходимо защищать специальным образом. Опробованы алгоритмы анализа для обнаружения отдельных видов угроз и реализующие их программные компоненты. Алгоритмы и программные средства применены к реальным данным корпоративной сети Красноярского научного центра СО РАН.

**Ключевые слова:** защита информации, кибербезопасность, компьютерные сети

**Введение.** В последние 5-10 лет развитие информационно-телекоммуникационных технологий привело к тому, что большинство сфер человеческой деятельности напрямую получили отражение в информационной сфере. Возник новый феномен, названный киберпространством, в котором вопросы безопасности становятся первостепенными. Все больше внимания привлекают вопросы кибербезопасности, киберугроз и кибервойн [1, 10]. Вместе с тем, в сфере IT пока не сложилось однозначного восприятия этих понятий. В первую очередь это связано с достаточно односторонним представлением этой тематики в средствах массовой информации, где освещаются только скандальные события, в виде разоблачений международных сетей хакеров или информационных атак на известных личностей и т.п. Анализ динамики законодательной базы по защите информации в России [4, 7] иллюстрирует возрастающую озабоченность вопросами безопасности со стороны общества и отставание по сравнению со многими зарубежными странами, в которых кибербезопасности посвящены обширные работы [9, 11]. В 2012 Международная организация по стандартизации разработала стандарт в области кибербезопасности: ISO 27032:2012 «Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Руководящие указания по обеспечению кибербезопасности» [8], аналог которого в России пока не принят. Данный стандарт дает однозначное понимание связи кибербезопасности (cybersecurity) с сетевой безопасностью, прикладной безопасностью, интернет-безопасностью и безопасностью критических информационных инфраструктур. Целью данной работы является анализ кибербезопасности научной сети учреждений Красноярского научного центра с позиций международного стандарта.

**1. Основные термины и определения.** Центральное место в стандарте занимает киберпространство, определяемое как сложная среда, возникающая в результате взаимодействия между людьми, программным обеспечением и интернет-сервисами, поддерживаемая посредством распространения информационно-телекоммуникационных устройств и сетей по всему миру. В киберпространстве часть проблем безопасности не покрывается существующими традиционными направлениями: информационная безопасность, интернет-безопасность, сетевая безопасность. Остаются пробелы, обусловленные большим количеством организаций и провайдеров услуг в киберпространстве и недостаточной взаимосвязью между ними.

Кибербезопасность (безопасность киберпространства) определяется как сохранение конфиденциальности, целостности и доступности информации в киберпространстве. Взаимосвязь кибербезопасности с соседними областями иллюстрируется на рисунке 1.



**Рис. 1.** Взаимосвязь кибербезопасности с другими технологиями (ISO 27032:2012)

Исходя из данного определения, кибербезопасность представляет собой набор средств, технологий, стратегий, принципов обеспечения безопасности, гарантий безопасности, подходов к управлению рисками, которые используются для защиты киберсреды, ресурсов организаций и пользователей. Главное внимание уделено защите информации корпоративных и иных пользователей при посещении интернет-сайтов, оплате счетов и использовании интернет-банкинга. Основными участниками киберпространства являются пользователи (частные и корпоративные) и операторы (сетей связи и различных телекоммуникационных приложений). Под угрозу ставятся активы, которые можно разделить на персональные и корпоративные, виртуальные и физические. Средства реагирования на киберугрозы разделяют на превентивные, реактивные и обнаруживающие. На рис.2 приводится модель отношений объектов киберпространства, позволяющая понять все аспекты их взаимодействия. Отдельно стоит пояснить понятие «агент угрозы» используемое в стандарте – это человек или группа людей, выполняющих или

поддерживающих атаку на активы. Под уязвимостью актива понимают слабую защищенность актива или управления, которая может использоваться угрозой.

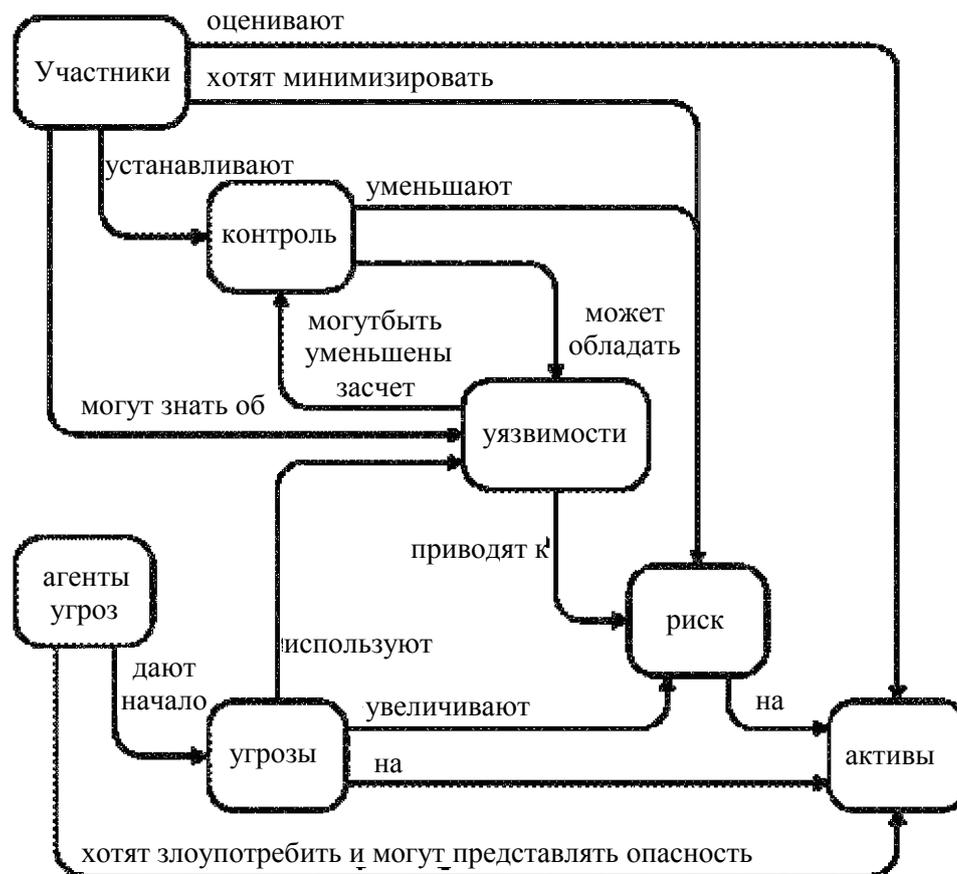


Рис. 2. Модель отношений объектов безопасности киберпространства (ISO 27032:2012)

Основные предлагаемые в стандарте методы оценки и устранения рисков:

1. Идентификация критических активов: использование терминологии киберпространства расширяет область активов. Поскольку экономически нерентабельно защитить все активы, важно идентифицировать критические активы и предусмотреть специальные меры для их защиты. Выделение происходит из контекста бизнеса, посредством рассмотрения воздействия потери или ухудшения актива на бизнес в целом.
2. Идентификация рисков: участники должны рассмотреть дополнительные риски, угрозы и атаки, появляющиеся при включении в киберпространство.
3. Ответственность: участник киберпространства должен нести дополнительную ответственность перед другими участниками.
4. Отключение систем и сервисов: если система или сервис перестают использоваться, то они должны быть удалены, что гарантирует прекращение воздействия и уменьшение угроз на связанные сервисы и интерфейсы.
5. Взаимодействие: подход к управлению рисками применяется ко всему киберпространству. На участников киберпространства возлагаются обязанности планирования на случай непредвиденных ситуаций, аварийного восстановления, развития и внедрения защитных программ для систем под их контролем или в их собственности.

**2. Кибербезопасность корпоративной сети научных учреждений.** Рассмотрим основные активы киберпространства в контексте научного учреждения:

1. Информация научных исследованиях и программное обеспечение – виртуальные активы. Все, что хранится на носителях, передается по сетям и принадлежит рассматриваемой организации.
2. Физические устройства, такие, как компьютеры, принтеры, сетевые устройства и прочие устройства, связанные с киберпространством – материальные активы, которые могут быть атакованы из киберпространства.
3. Телекоммуникационные сервисы, такие, как корпоративная электронная почта, веб-сайты организации, информационно-справочные и библиотечные системы, корпоративная связь, являются виртуальными, но очень важными для эффективного функционирования научного учреждения.
4. Люди, их квалификация, умения и опыт – эти активы находят свое отражение в киберпространстве. За счет изменения информации о людях в киберпространстве можно нанести серьезный вред, как конкретному человеку, так и организации.
5. Репутация, имидж организации и ее работников являются нематериальными активами и могут быть испорчены за счет формирования ложного образа в киберпространстве, например, размещения на информационных ресурсах ложных сообщений, ложных отзывов и т.д.
6. Средства на банковских счетах – нематериальные активы, которые могут быть уязвимы из киберпространства.

Приведенный список активов можно расширять, в том числе с учетом специфики источников угроз для сети научно-образовательного учреждения и их динамики [3]. Но даже безопасность перечисленных активов уже не всегда может быть обеспечена традиционными средствами защиты информации. Например, имидж организации, формирующийся, в том числе, и в киберпространстве, можно отслеживать и защищать с помощью мониторинга динамики поисковых запросов об организации. При обнаружении резких изменений следует проанализировать причины и принять адекватные меры. Также безопасность части активов, таких, как телекоммуникационные сервисы, невозможно обеспечить только на уровне организации, так как они тесно связаны с киберпространством. Для защиты в этом случае требуются совместная работа с операторами связи и постоянный мониторинг доступности сервиса из ключевых точек киберпространства.

В Институте вычислительного моделирования СО РАН с 2007 года действует система противодействия попыткам несанкционированного доступа [2], позволяющая отслеживать динамику угроз (рис. 3). По типу функционирования ее можно отнести к реактивным системам, так как она блокирует входящие соединения в ответ на подозрительные действия.

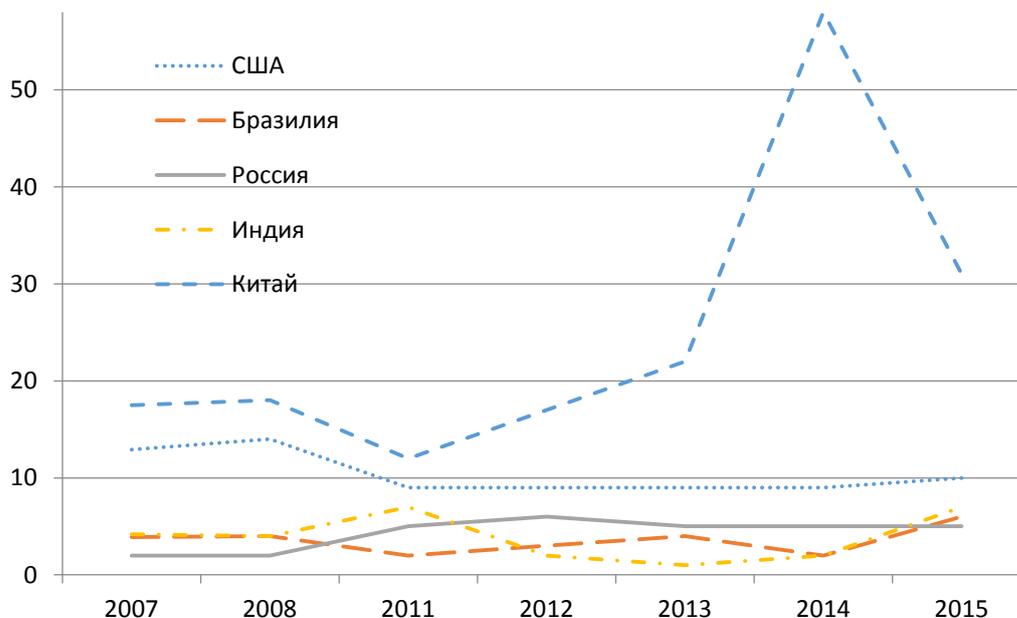


Рис. 3. Доля попыток несанкционированного доступа по странам за 2007-2015 годы

Для выявления потенциальных агентов угроз, рисков активов организации и анализа попыток несанкционированного доступа был предложен метод анализа журналов интернет-сервисов и сетевых служб [6]. Метод относится к классу обнаруживающих и основан на совместном временном анализе журналов, собираемых на граничных и серверных узлах сети.

Реализованы и проверены алгоритмы анализа для обнаружения отдельных видов угроз и реализующие их программные компоненты. Алгоритмы и программные средства применены к реальным данным корпоративной сети. На рис. 4 иллюстрируется динамика различных видов угроз корпоративной сети.

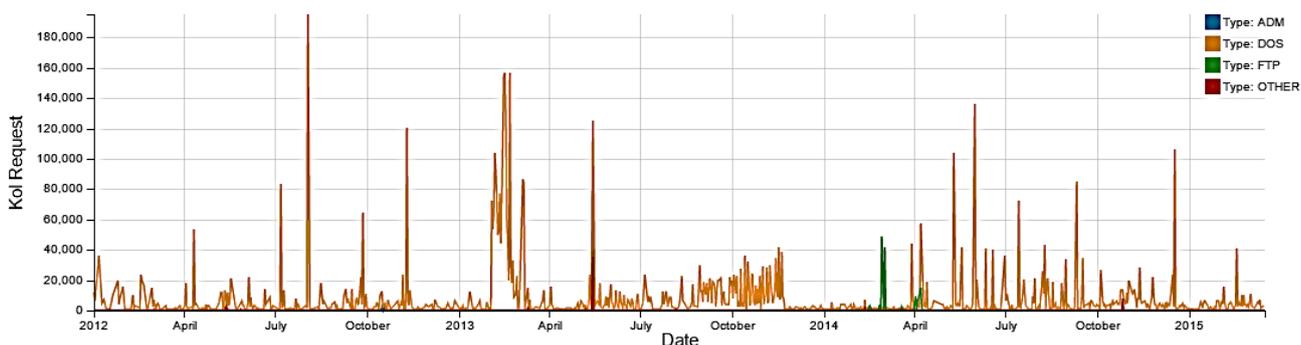


Рис. 4. Анализ попыток различных видов угроз 2012-2015 годы

Результаты анализа позволили улучшить защиту интернет-сервисов, настроив соответствующие его компоненты или внешние модули (межсетевой экран, систему предотвращения вторжений), тем самым повысить степень информационной безопасности системы.

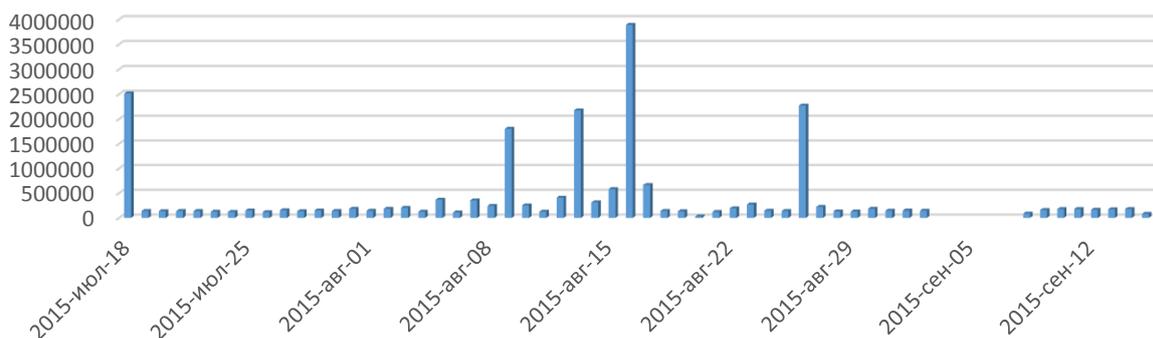


Рис. 5. Динамика попыток доступа к элементам опытной площадки

**3. Анализ рисков для новых элементов киберпространства.** Функционирование построенной системы выявило наличие проблемы уверенной идентификации угроз, т.к. некоторые зафиксированные угрозы могли быть вызваны ошибочными действиями пользователей, неправильной настройкой систем и поисковых ботов. Возникла идея сравнить активность на существующих и новых элементах киберпространства. Для достижения этой цели была настроена опытная площадка, имитирующая новое подключение к сети Интернет нескольких сотен компьютеров. Исследование показало, что нет временного лага между появлением объекта в сети и началом попыток доступа к нему (рис. 5). На основе данных анализа были построены временные диаграммы событий, выявлены потенциально опасные источники и адреса запросов (рис. 6).

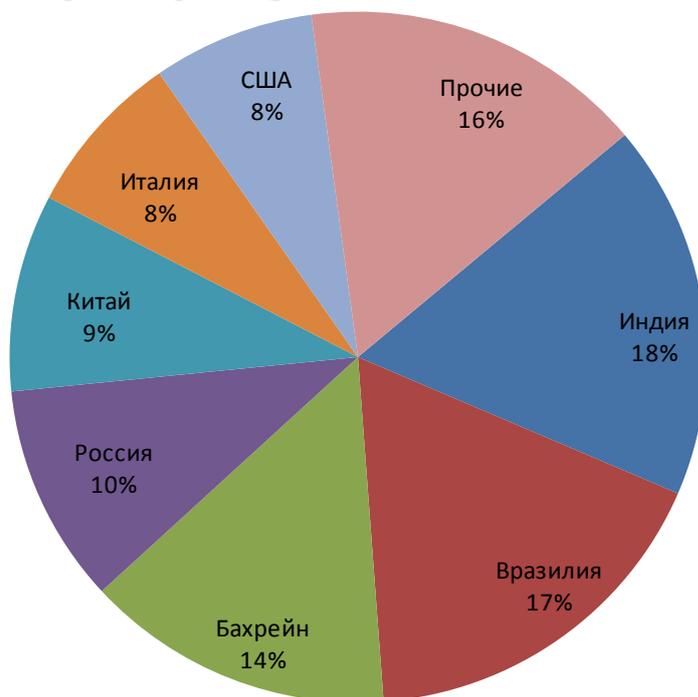


Рис. 6. Процент попыток несанкционированного доступа за 2015 год

По данным площадки было исследовано влияние размещения информации в системе доменных имён (DNS) на интенсивность попыток доступа. Для половины размещённых ресурсов были внесены сведения в прямую и обратную зону DNS. Гипотеза об использовании DNS не подтвердилась – на рис. 7 приведены данные по попыткам доступа по

обоим типам ресурсов: визуально никакой системы не просматривается, соотношение попыток по типам 1:1.

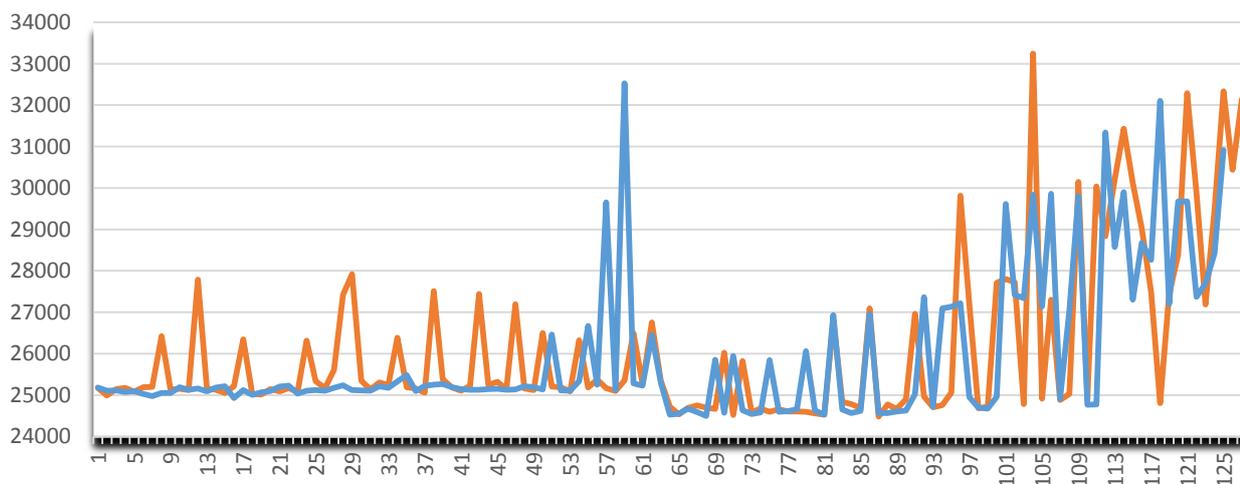


Рис. 7. Количество обращений к ресурсам, имеющим запись в DNS и без нее

Для повышения эффективности функционирования системы блокирования соединений был проведен корреляционный анализ событий, зафиксированных на опытной площадке. Событием считалось количество зафиксированных попыток доступа к заданному ресурсу за период времени, либо количество превышений некоторого порога. Для анализа были взяты наиболее популярные, исходя из текущих наблюдений, сервисы и посчитаны их попарные коэффициенты линейной корреляции (коэффициент корреляции Пирсона). Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициент линейной корреляции для отдельных сервисов

	HTTP	HTTPS	Telnet	HTTTPa	SIP	RDP	SSH	mSQL	Radmin	MySQL
HTTP	1	0,957	-0,2	0,016	-0,104	0,202	-0,072	-0,114	-0,06	-0,017
HTTPS	0,957	1	-0,189	-0,036	-0,086	0,208	-0,03	-0,115	-0,06	0,054
Telnet	-0,2	-0,189	1	-0,17	0,179	-0,191	0,067	0,367	0,027	-0,163
HTTTPa	0,016	-0,036	-0,17	1	0,134	-0,031	0,607	-0,351	0,295	0,468
SIP	-0,104	-0,086	0,179	0,134	1	0,464	0,27	0,386	0,4	0,174
RDP	0,202	0,208	-0,191	-0,031	0,464	1	0,279	-0,036	0,241	0,153
SSH	-0,072	-0,03	0,067	0,607	0,27	0,279	1	0,286	0,191	0,618
mSQL	-0,114	-0,115	0,367	-0,351	0,386	-0,036	0,286	1	0,014	-0,204
Radmin	-0,06	-0,06	0,027	0,295	0,4	0,241	0,191	0,014	1	-0,06
MySQL	-0,017	0,054	-0,163	0,468	0,174	0,153	0,618	-0,204	-0,06	1

Из обнаруженных связей можно выделить пары:

- HTTP-HTTPS – обнаружение веб-серверов по обычному и защищенному соединению (0,957);
- SSH-HTTTPa – согласованные попытки обнаружения сервисов удаленного входа и прокси-серверов (0,607);
- MySQL-SSH - согласованные попытки обнаружения сетевой базы данных и прокси-серверов (0,618).

Кроме вышеперечисленных связей на другой выборке был получен коэффициент корреляции 0,497 на паре протоколов SSH-SMTP – попытки входа на удаленный сервер и доступа к почтовому. Таким образом, существует сильная связь между HTTP-HTTPS и при

обращении к одному из них велика вероятность попытки доступа по второму. В свою очередь, доступ по этим протоколам не коррелирует с остальными протоколами, и можно сделать вывод о существенно различных источниках угроз. Среди остальных сервисов наиболее показательным по попыткам доступа является протокол SSH (SecureShell), доступ по которому может служить индикатором попыток обнаружения слабо защищенных сервисов из второй группы (SSH, MYSQL, HTTPa, SMTP). Проведенное исследование позволяет выявить взаимосвязи между отдельными видами угроз и усовершенствовать методы превентивной защиты.

**Заключение.** В настоящее время в корпоративной сети организаций Красноярского научного центра СО РАН активно используются системы мониторинга критичных интернет-сервисов, уязвимых из киберпространства. Ведется разработка моделей безопасности веб-сервисов, ориентированных использование в киберпространстве[5]. Анализ всех информационно-телекоммуникационных активов научной организации в контексте безопасности киберпространства позволяет выявить новые критические активы и недостатки в их безопасности. Комплексные методы противодействия, предлагаемые стандартом кибербезопасности, позволяют найти приемлемые решения, обеспечивающие безопасность активов киберпространства.

Приведенное исследование может быть перенесено на организации схожего профиля, например, образовательные учреждения и органы муниципального управления. Определение основных объектов кибербезопасности для конкретной предметной области их возможных взаимодействий позволяет по-новому взглянуть на имеющиеся системы защиты информации и системы безопасности. На взгляд автора, наибольший эффект может быть достигнут только путем повышения общей грамотности сотрудников в сфере кибербезопасности, так как большинство рисков связаны с неправильными действиями, неосведомленностью или бездействием конкретных людей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородакий Ю.В., Добродеев А.Ю., Бутусов И.В. Кибербезопасность как основной фактор национальной и международной безопасности XXI века (Часть 1) // Вопросы кибербезопасности. 2013. № 1(1). С. 2-9.
2. Исаев С.В. Анализ динамики интернет-угроз сети Красноярского научного центра СО РАН // Вестник СибГАУ. Выпуск 3 (43). 2012. С. 20-25.
3. Исаев С.В. Кибербезопасность научного учреждения – активы и угрозы // Информатизация и связь. 2015. №1. С. 53-57.
4. Исаев С.В. О законодательной базе в сфере защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах / Материалы XIV Всерос. научно-практической конф. «Проблемы информатизации региона» — Красноярск: ИВМ СО РАН, 2015. С. 72-78.
5. Кононов Д.Д., Исаев С.В. Модель безопасности веб-приложений на основе мандатного ролевого разграничения доступа // Вестник Бурятского государственного университета Выпуск 9. 2012. С. 29-33.
6. Кулясов Н.В. Система распознавания интернет угроз по журналам веб-сервисов // Молодой учёный. 2015. № 11 (91). С. 79-83.

7. Штитилис Д., Клишаускас В. Особенности правового регулирования кибербезопасности в национальных законах Литвы, России и США: стратегии кибербезопасности // Вопросы российского и международного права. 2013. № 7-8. С. 80-100.
  8. ISO/IEC 27032:2012 Information technology — Security techniques — Guidelines for cybersecurity. Режим доступа: [http://www.iso.org/iso/ru/catalogue\\_detail?csnumber=44375](http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=44375), дата обращения 20.01.2016.
  9. Lee, Newton. Counterterrorism and Cybersecurity: Total Information Awareness (2nd ed.). Springer. 2015. 234 p.
  10. Singer, P. W.; Friedman, Allan. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press. 2014. 320 p.
  11. Wu, Chwan-Hwa (John); Irwin, J. David. Introduction to Computer Networks and Cybersecurity. BocaRaton: CRC Press. 2013. 1336 p.
- 

**UDK 004.738**

**ANALYSIS OF CYBER THREATS AND THEIR SOURCES ON THE CORPORATE NETWORK KRASNOYARSK SCIENTIFIC CENTER OF THE SB RAS**

**Sergei V. Isaev**

PhD, Docent, Deputy Director for Science

Institute of computational modelling

of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

50/44, Akademgorodok, 660036, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: [si@krasn.ru](mailto:si@krasn.ru)

**Abstract** Work is devoted to the topical issues of cyber security and combating cyber threats. The security of online services is one of the important parts of the security problems of cyberspace. Is offered the method for detecting threats based on the joint temporal analysis of logs of network services and Internet services. The result of the analysis is to identify potential vulnerabilities that must be protected in a special way. Tested analysis algorithms to detect certain types of threats and implement their software components. Algorithms and software applied to real data of the corporate network of the Krasnoyarsk scientific center SB RAS.

**Keywords:** information protection, cyber security, computer networks

**References**

1. Borodakij YU.V., Dobrodeev A.YU., Butusov I.V. Kiberbezopasnost' kakosnovnojfaktornacional'nojimezhdunarodnojbezopasnosti HKHI veka (CHast' 1) [Cybersecurity as a major factor in national and international security of the XXI century ] // Voprosy kiberbezopasnosti. 2013. № 1(1). pp. 2-9. (in Russian).
2. Isaev S.V. Analizdinamiki internet-ugrozsetiKrasnoyarskogonauchnogocentra SO RAN [The analysis of the dynamics of internet threats of the Krasnoyarsk scientific center SB RAS network] // VestnikSibGAU. Vypusk 3 (43). 2012- pp. 20-25. (in Russian).

3. Isaev S.V. Kiberbezopasnost' nauchnogouchrezhdeniya – aktivyiugrozy [The cybersecurity of the research institutions – assets and threats] // Informatizaciya i svyaz. 2015. №1. Pp. 53-57. (in Russian).
4. Isaev S.V. O zakonodatel'noj baze v sfere zashchity informacii v informacionno-telekommunikacionnyh sistemah [The legal framework in the sphere of information protection in information and telecommunication systems] / Materialy XIV Vseros. nauchno-prakticheskoy konf. «Problemy informatizacii regiona». Krasnoyarsk: IVM SO RAN. 2015. Pp. 72-78. (in Russian).
5. Kononov D.D., Isaev S.V. Model' bezopasnosti veb-prilozhenij na osnove mandatnogo rolevogo razgranicheniya dostupa [The security model for web applications on the basis of mandatory the role-based access] // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Vypusk 9. 2012. Pp. 29-33. (in Russian).
6. Kulyasov N.V. Sistema raspoznavaniya internet ugroz po zhurnalnym veb-servisov [Recognition system of the Internet threat by logs web-services] // Molodojchyonij. 2015. № 11 (91). Pp. 79-83. (in Russian).
7. Stitilis D., Klisaukas V. Osobennosti pravovogo regulirovaniya kiberbezopasnosti v natsionalnykh zakonakh Litvy, Rossii i SShA: strategii kiberbezopasnosti [Features of legal regulation of cybersecurity in the national laws of Lithuania, Russia and the United States: cybersecurity strategies] // Voprosy rossiyskogo i mezhdunarodnogo prava. 2013. No 7-8. Pp. 80-100. (in Russian).
8. ISO/IEC 27032:2012 Information technology — Security techniques — Guidelines for cybersecurity. Available at: [http://www.iso.org/iso/ru/catalogue\\_detail?csnumber=44375](http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=44375), accessed 20.01.2016.
9. Lee, Newton. Counterterrorism and Cybersecurity: Total Information Awareness (2nd ed.). Springer. 2015. 234 p.
10. Singer, P. W.; Friedman, Allan. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press. 2014. 320 p.
11. Wu, Chwan-Hwa (John); Irwin, J. David. Introduction to Computer Networks and Cybersecurity. Boca Raton: CRC Press. 2013. 1336 p.

**УПРАВЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫМ СЕКТОРОМ ЭКОНОМИКИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛИНГА И БЕНЧМАРКИНГА**

**Ерженин Роман Валерьевич**

кандидат экономических наук, доцент,

кафедра стратегического и финансового менеджмента,

Байкальская международная бизнес-школа, Иркутский Государственный Университет

640003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, e-mail:rerzhenin@gmail.com

**Аннотация.** Переход от централизованного управления экономикой страны к рыночным условиям меняет сущность управления экономическими субъектами. Обстоятельства, обусловившие смену ориентиров управления, способствуют активному развитию новых методов и методологий оценки эффективности, которые направлены на более рациональное использование имеющихся у государства ресурсов. Проявляющиеся при этом изменения в принципах управления государственным сектором, связанные как со сменой политического строя, так и с развитием информационных технологий, оказывают существенное влияние, в частности, на организационные формы бюджетного (бухгалтерского) учета. Автор предложил развивать современные формы контроля за результативностью и эффективностью управления в общественном секторе за счет внедрения механизмов контроллинга и бенчмаркинга в информационных системах централизованных бухгалтерий России.

**Ключевые слова:** централизованная бухгалтерия, бюджет, контроллинг, бенчмаркинг.

**Введение.** В июле 2016 года на брифинге после заседания правительства, на котором обсуждались вопросы проектирования бюджета на 2017–2019 годы Министр финансов Российской Федерации А.Г. Силуанов предложил на 5% сократить в будущем году ряд неэффективных расходов государства<sup>1</sup>. Между тем, в Бюджетном послании Президента РФ в декабре 2014 года уже была поставлена задача на ближайшие 3 года ежегодно сокращать издержки и неэффективные траты бюджета не менее чем на 5% от общих расходов в реальном выражении. Все чаще звучат высказывания министров и депутатов относительно значительного сокращения расходов на текущий и последующие годы. Очевидно, что руководство страны в условиях кризисных явлений и возрастающих рисков разбалансировки бюджета стоит перед выбором секвестрования бюджета или поиска направлений неэффективного его расходования. Механически сократить расходы по статьям бюджета – дело незамысловатое, но эта мера имеет краткосрочный характер и может затронуть жизненно-важные направления расходов. В то же время есть известный и более качественный метод, который заключается в оптимизации существующих процессов и выявлении неэффективных расходов. Однако сложность заключается в том, что

<sup>1</sup>Брифинг Антона Силуанова по завершении заседания Правительства [http://government.ru/dep\\_news/23684/](http://government.ru/dep_news/23684/) (дата обращения 20.07.2016)

управленческие технологии по «окрашиванию» неэффективных расходов развиты слабо и, в действительности, чаще всего «неэффективными» расходы признаются только по результатам проведения контрольных мероприятий.

Кроме этого, как показывает практика, за последние годы в стране разработаны многочисленные программы по повышению эффективности бюджетных расходов. Однако на уровне реализации механизмов поиска неэффективности и в разработке подходов к оптимизации расходов пока наблюдается лишь системное пробуксовывание. Множество противоречий, разночтений и неудачных экспериментов по повышению эффективности управления государственными и муниципальными ресурсами (имуществом и финансами) свидетельствуют о неразвитости систем управления в общественном секторе экономики в условиях рынка, о недостаточном уровне квалификации лиц, принимающих решения, о скудности управленческой и экономической информации и незрелости технологий ее обработки.

**1. Языки для управления.** Если принять во внимание, что отправной точкой в управлении является потребность в информации, то конечной целью бухучета в госсекторе должно являться представление актуальной, достоверной и своевременной информации об экономических транзакциях, осуществленных системой государственного управления [4, с. 138]. Информация об операциях финансово-хозяйственной деятельности государственных (муниципальных) учреждений является предметом не только системы бухгалтерского учета, но и его подсистемы – управленческого учета.

По мнению многих авторов, управленческий учет был создан не как альтернатива бухгалтерскому, а как его новое издание «улучшенное и дополненное», и он является неотъемлемой частью управленческого цикла. Такая особая функция присуща Учету и «пронизывает» сразу несколько этапов цикла управления (рис. 1): Планирование, Исполнение, Контроль и Анализ [1, с. 61]. Весь ход исполнения запланированной последовательности мероприятий однозначно должен находиться под Контролем, которому, в свою очередь, требуется особый инструментарий, наделенный свойствами отражать необходимую информацию в нужных разрезах, в удобной форме, адекватной специфике деятельности объекта управления. Таким инструментом и является Учет, который служит основой для всего цикла управления и охватывает сразу несколько этапов. Адекватность схемы Учета экономическому смыслу происходящего необходима для того, чтобы в сознании лица, принимающего решения, формировалось верное представление о ситуации, на основании которого можно принимать обоснованные и целесообразные решения.

Наложив бюджетный процесс на классическую схему управленческого процесса, можно заметить, что бюджетные реформы последних лет, направленные на смену приоритетов от «управления ресурсами» к «управлению по результатам», скорректировали не только внутренние этапы процесса управления общественными финансами, но и тем самым коренным образом изменили подходы к формированию и достижению целей.

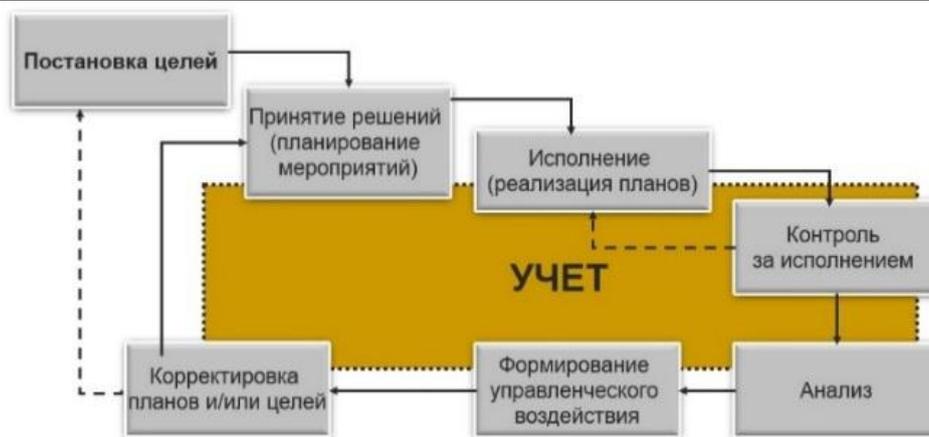


Рис. 1. Цикл управления предприятием

В условиях развития современного общества и расширения его информационных потребностей постепенно нарастает неопределенность в рамках информационной среды государственного управления. Для снятия подобной энтропии нужны сообщения нового формата, информация с новыми требованиями, а это значит, что объем данных, с которыми работает бухгалтер, уже определяется не числом десятичных знаков, не ворохом документов, в котором эти знаки представлены, а релевантностью, значимостью сообщений [14, с. 560]. Чем шире потребности пользователей в управленческой информации, т.е. чем сложнее семантическое соответствие между информационным запросом и полученным сообщением, тем больше необходимо исходных данных. При этом следует отметить, что ожидаемая экспертами технологическая перспектива вероятного информационного скачка «от количества к качеству» возможна только при наличии подходящего языка.

Если учесть, что «бухгалтерский учет – это язык бизнеса», то языком бюджетного процесса можно назвать бюджетный учет. К сожалению, современный язык отражения фактов хозяйственной жизни экономических субъектов бюджетной сферы не отвечает общепризнанным требованиям к управлению хозяйствующими субъектами. Здесь немаловажно отметить, что вся необходимая пользователю информация может быть представлена только языком, «вне языка нет информации» [14, с. 560], а «носителем» управленческого языка госфинансов является бюджетный учет. Учитывая такой подход в определениях, также следует обратить внимание на отдельные заявления профессоров Гарвардского университета Роберта Энтони и Мичиганского университета Джеймса Риса. По их мнению, управленческий учет это:

- 1) **процесс**, который обеспечивает пользователя информацией, затрагивающей одновременно планирование, управление и контроль. «Этот процесс включает выявление, измерение, сбор, анализ, подготовку, интерпретацию, передачу и прием информации, необходимой управленческому аппарату для выполнения его функций» [15, с. 269];
- 2) одновременно является **одним из типов информации**» [15, с. 269];
- 3) скорее **средство**, чем конкретный продукт [15, с. 277].

«Процесс», «тип информации», «средство» – это очевидные характеристики, присущие информационным системам (ИС), посредством которых человек может одновременно настраивать и сложные функции ввода, и обеспечить обработку данных, одновременно удовлетворяя максимальные потребности пользователей информацией.

**2. Формы учета.** Действительно, процесс ведения бухгалтерского учета с точки зрения технологии обработки информации в настоящее время представляет собой механизм обмена информации при сложном взаимодействии различных элементов в системе связей. Поэтому целесообразно учитывать тот факт, что почти каждое учреждение имеет свою индивидуальную систему сбора, регистрации и обработки учетной информации, т.к. на формирование организационной формы построения учета влияют такие ключевые факторы, как отраслевая особенность учреждения, ее структура и территориальное размещение, система управления учреждением, в том числе системы контроля и анализа. Следовательно, на успешное ведение бухгалтерского учета в большой степени сегодня оказывает влияние выбор наиболее подходящей формы бухгалтерского дела.

Определение понятия «форма учета» в истории бухгалтерии с годами «обросло» множественными вариантами его описания. К формам учета теории и практики долгое время относили двойную систему учета, затем совокупность учетных регистров. Однако в условиях использования вычислительной техники форма учета стала неотъемлемой частью системы сбора, обработки, хранения и вывода учетных данных. В 1985 году В.Ф. Палий и Я.В. Соколов сформулировали наиболее полное определение: «Форма – одно из центральных и одно из сложнейших понятий бухгалтерского учета», которая имеет три важных определения: **«процедурная, содержательная и организационная»** [11, с. 187]. По мнению авторов **«процедурная форма»** - это поэтапный процесс переноса данных из первичных источников и их дальнейшая процедурная обработка в целях получения отчетности. Набор подобных процессов извлечения информации из различного вида первичных носителей определяют особую технологическую форму не только по оформлению документов, но и индивидуальную форму извлечения из них необходимых показателей для отчетных форм. С позиции автоматизированного ведения бухгалтерского учета, по мнению С.А. Харитоновой, Е.Л. Шуремовой и Д.В. Чистова, «Процедуры сбора, регистрации, передачи, накопления, хранения и обработки учетных данных составляют **информационный процесс бухгалтерского учета»** [13, с. 14].

Однако, «процедурная форма» (информационный процесс) лишь поясняет место формы в бухгалтерском учете, но не раскрывает ее содержания. **«Содержательная форма»** есть совокупность бухгалтерских учетных регистров, т.е. с практической стороны такая форма задает непосредственно сам технологический процесс обработки первичных данных [8, с. 187]. При автоматизированном ведении бухгалтерского учета подобный комплекс процедур обеспечения информационного процесса получил название **«информационная технология»** [13, с. 14].

Следует обратить внимание, что с точки зрения В.Ф. Палия и С.Я. Соколова подобная технология обработки информации (заклученная в процедурную и содержательную форму) определяет **«организационную форму»** бухгалтерского учета - «систему структурных элементов, связей между ними, действий с первичными документами, а также способов предоставления результатов учетной информации» [8, с. 187]. Подобная организационная форма автоматизированного бухгалтерского учета, где «процесс ведения бухгалтерского учета и составления отчетности автоматизирован за счет применения компьютерных методов обработки данных в целях получения и доставки информации, необходимой специалистам-бухгалтерам для выполнения функций управленческого и финансового учета» в нашей

стране получил название «**информационная система бухгалтерского учета**» (ИСБУ) [13, с. 14], а за рубежом «**Accounting Information System**» (AIS).

С позиции современных зарубежных авторов AIS включает в себя шесть главных элементов: «people, procedures and instructions, data, software, information technology infrastructure and internal controls» (люди, процедуры и инструкции (методология), данные, прикладное программное обеспечение, ИТ-инфраструктуру, системы защиты данных).

По мнению отечественных ученых ИСБУ включает четыре основных элемента:

- учетную информационную систему как предмет и продукт труда;
- информационную технологию обработки учетных данных;
- комплекс программно-технических средств для реализации информационной технологии;
- персонал, реализующий информационный процесс бухгалтерского учета с использованием имеющихся программно-технических средств [13, с. 14].

Совершенствование организационной структуры бухгалтерии – это вопрос, который особенно широко дискутировался в кругу ученых и практиков учета в эпоху активного внедрения средств механизации. Существенное влияние, которое оказывала организация бухгалтерского учета на форму ведения счетоводства, ученые отмечали в 70-80-х годах прошлого столетия. Первоначально считалось, что организация учета может быть централизованной или децентрализованной. Однако ряд ученых заметили, что это слишком упрощенный подход и требуется учитывать степень концентрации учета. Так, по мнению К.Н. Нарисбаева «реально не может существовать полностью централизованная система, так же как полностью децентрализованная система становится нежизненно способной. Можно говорить о степени централизации и децентрализации и об оптимальном сочетании этих процессов в определенных условиях» [8, с. 97], на что, в свою очередь, В.Ф. Палий и С.Я. Соколов предложили использовать коэффициент концентрации учета в диапазоне от 0 до 1 [9, с. 199].

Соколов С.Я. в своих работах отмечал, что решительный курс на централизацию учета был взят только с момента выхода в 1964 году Постановления № 923 Совета Министров СССР «О мерах по устранению серьезных недостатков в организации бухгалтерского учета и усилению его роли в осуществлении контроля в народном хозяйстве» [11, с. 306].

По мнению Е.П. Дедкова, историю развития бюджетного учета в СССР можно разделить на три периода. Первый период становления и создания единой системы бюджетного учета охватывает 1917-1938 гг., второй период дальнейшего совершенствования – 1939-1955 гг., и третий период – с 1956 г. – период централизации и механизации бюджетного учета [6, с. 12]. Именно последний период развития бухгалтерского учета в бюджетных учреждениях Советского Союза характеризуется созданием централизованных бухгалтерий и внедрением в учет средств механизации. Разработка методологии централизации бюджетного учета расценивается как самое крупное достижение в развитии и практике бюджетного учета в эти годы, настолько крупное, что предыдущее развитие бюджетного учета на протяжении длительного периода трактуется как застой в теории и практике бюджетного учета [5, с. 17, 22]. Активная фаза по смене организационной формы учета длилась до середины 80-х годов и к концу периода массовой централизации учета, в

1983 году централизованными бухгалтериями обслуживались более 96% бюджетных учреждений страны.

Рыночные реформы, вступление в силу Федерального закона «О бухгалтерском учёте» в 1997 году снизили роль государства в организации учета не только в коммерческом секторе, но и в секторе госуправления. Наделение финансово-хозяйственной самостоятельностью экономических субъектов обеспечило им законное право самостоятельно определять, в том числе и организационную форму учета. Например, федеральный закон «О бухгалтерском учёте»<sup>2</sup> (далее – 402-ФЗ) наделяет руководителя экономического субъекта полномочиями по организации ведения бухгалтерского учета и хранения документов<sup>3</sup>. При этом руководитель экономического субъекта на основе своих полномочий может возложить ведение бухгалтерского учета на главного бухгалтера (или иное должностное лицо) этого субъекта, либо заключить договор об оказании услуг по ведению бухгалтерского учета с другим физическим или юридическим лицом<sup>4</sup>. Отдельных требований к правовой форме юридического лица Федеральный закон к подобным юрлицам не предъявляет, а значит, учитывая распространенную практику ведения бухгалтерского учета централизованными бухгалтериями в нашей стране, можно ее считать естественной. К настоящему времени тысячи учреждений передали свой учет в ведомственные, межотраслевые или межпоселенческие централизованные бухгалтерии на безвозмездной договорной основе.

**3. Аутсорсинг или инсорсинг.** Использование централизованных бухгалтерий в организации бухгалтерского учета не является только национальной особенностью. Такая тенденция сохраняется последние полвека во всем мире, но областью науки эти явления стали только в последние два-три десятилетия. Результаты тех немногочисленных исследований отечественного и зарубежного опыта по передаче компаниями и организациями определенных бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание – **аутсорсинг**<sup>5</sup>, уже давно подтверждают его эффективность и явные преимущества.

Одним из наиболее веских аргументов против обращения к аутсорсингу является потеря контроля над собственными ресурсами, т.к. аутсорсер менее управляем, чем внутреннее подразделение организации. В этой связи на практике существует методология, противоположная аутсорсингу – **«инсорсинг»**<sup>6</sup>, т. е. включение в организацию функций, ранее выполняемых другими рыночными субъектами. Аутсорсинг и инсорсинг — это управленческие технологии, которые одновременно разнятся и являются похожими друг на друга. С помощью обоих методов можно сократить затраты через неиспользуемые мощности.

<sup>2</sup>Федеральный закон от 06.12.2011 N 402-ФЗ "О бухгалтерском учете"

<sup>3</sup>п.1, ст.7 402-ФЗ

<sup>4</sup>п.3, ст.7 402-ФЗ

<sup>5</sup>**Аутсорсинг** — (англ. outsourcing – out – «вне» и source – «источник») – оказание неких услуг сторонней компанией, специализирующейся в этой сфере деятельности. Аналогично: shrinking – сокращение, сжатие организации, downsizing – уменьшение организации; deleeying – ограничение числа уровней управления; spinoff – реструктуризация или выделение единиц бизнеса

<sup>6</sup>**Инсорсинг** (Insourcing) — передача функций работнику или отделу внутри компании вместо того, чтобы нанять внешнего исполнителя или компанию для выполнения этой работы. Инсорсинг позволяет предприятиям снизить издержки неиспользуемой мощности.

Все очевидные преимущества централизации учета перед децентрализацией различными отечественными и зарубежными экспертами были отмечены в публикациях за последние полвека неоднократно, в общем, их можно свести к двум базовым положительным явлениям для бюджета – это снижение расходов на выполнение бизнес-функции и повышение «защитной роли» бухгалтерского учета.

Снижение расходов бюджета на ведение учета в учреждениях достигается за счет использования преимуществ централизованно-технологичной обработки первичной информации, т.е. за счет повышения производительности труда более квалифицированного персонала и сокращения прямых и косвенных расходов на организацию учета. Особенно заметен эффект от централизации учета на поселенческом уровне, по экспертному заключению он может достигать 0,5 млн. рублей в год только от сокращения одной должности бухгалтера в администрации небольшого сельского поселения [10, с. 611].

Усиление «защитных» свойств бухгалтерского (бюджетного) учета обеспечивается за счет повышения качества ведения учета, что, соответственно, сказывается на повышении уровня контроля за использованием государственного и муниципального имущества и финансов. Этот эффект также усиливается за счет смены организационного подчинения управления учетом (контролем) учреждения. Руководитель Центрального Банка (ЦБ), в отличие от главного бухгалтера учреждения, несет ответственность не только перед руководителями обслуживаемых учреждений за соответствие учета закону и инструкциям, но и отвечает перед своим учредителем за сохранность и рациональное использование ресурсов бюджета в целом.

**4. Контроллинг и бенчмаркинг в общественном секторе управления.** Как было отмечено выше, российский бюджетный процесс базируется на положениях теории управления, где учет, как функция в процессе управления, наделена уникальными свойствами «пронизывать» сразу несколько этапов бюджетного цикла: планирование, исполнение, контроль и анализ. При этом следует отметить, что формировавшиеся веками принципы в отечественном бухгалтерском учете при переходе к рыночной экономике одновременно создали ряд проблем во всех сферах управления, в том числе и в бюджетном процессе.

К одной из таких проблем можно отнести сложности, возникающие при выполнении контрольной функции бюджетного учета. Это обусловлено тем, что в условиях постоянного стимулирования экономической свободы для государственных и муниципальных учреждений полномочия двух категорий ответственных лиц (управление и контроль), по существу, остаются не разделёнными и взаимно зависимыми. «В настоящее время вся система бухгалтерского учета в бюджетных учреждениях предназначена для выполнения одной задачи – контроля за правильностью управления государственными средствами и собственностью. Однако, делегируя функции контроля категории государственных служащих, ведущих бухгалтерский учет в учреждении, государство одновременно ставит их в зависимость от распорядителей, то есть от тех над чьей деятельностью должен осуществляться контроль» [12, с. 178]. Очевидно, что в таких условиях механизм контроля за качеством использования государственных средств и собственности, реализованный посредством бюджетного учета, пока не может в полной мере исполнить свое предназначение.

Для организации полноценного процессно-стоимостного управления в бюджетном цикле, по мнению ряда зарубежных и отечественных авторов, необходима концепция, основанная на принципах постоянного стремления менеджмента к обеспечению успешности функционирования объекта управления в долгосрочной перспективе. Одним из наиболее подходящих решений для подобного рода задач совершенствования общественного управления можно назвать концепцию **контроллинга**, которая за последние два десятилетия уже успела доказать свою эффективность в различных отраслях экономики многих стран.

Внедрение контроллинга в сфере общественного управления зарубежных стран в середине 90-х годов прошлого столетия, по мнению немецких ученых, было *«ответом на ситуацию «двойного кризиса» - с одной стороны, высокая и постоянно увеличивающаяся задолженность, с другой – критикуемое клиентами (т.е. гражданами) качество услуг, оказываемых органами общественного управления»* [7, с. 34].

Контроллинг, как процесс, очень похож по своим функциям и задачам на «контроль» в бюджетном процессе, однако *«Контроль – это ориентация на прошлое, а контроллинг – это ориентация на будущее. В этом контексте контроллинг можно сравнить с компасом, он показывает, правильно ли мы движемся, и позволяет вовремя скорректировать свой курс»* [3, с. 269]. Однако если в европейской концепции контроллинга выделяется непосредственно контроллер, как субъект управления, на которого возложены все вышеперечисленные задачи, то кто им может быть в отечественном государственном или муниципальном управлении? Известно, что принципиальное отличие руководителя и контроллера заключается в том, что руководитель, в конечном итоге, отвечает за результаты деятельности, к примеру, учреждения в целом и его структурных подразделений, а на контроллера традиционно возложена ответственность за корректность использования методов и инструментов планирования, проведения контроля и анализа, принятия соответствующих решений, а также ответственность за прозрачность и наглядность представления достигнутых результатов.

В этом случае главный бухгалтер централизованной бухгалтерии, как никто другой, в российской действительности подходит на роль контроллера. Встроенная в бюджетный процесс централизованная бухгалтерия вполне гармонично может решать те задачи, которые в той же немецкой концепции контроллинга решает контроллер в учреждении. Важно отметить, что ЦБ в этом случае выступает уже не только как сервис формирования отчетной и управленческой информации для учреждения, но, что особенно важно, он **становится системой координирования действиями учреждений.**

По мнению ряда зарубежных экспертов, таких, как Р. Беккер (R. Becker), Ф. Вайз (F. Weise), П. Хорват (P. Horvath) организовать действенный контроллинг и проследить соблюдение интересов различных групп общества (граждан, политиков, правительства и др.) можно с помощью «3-Е-модели», содержащую иерархию целей по производительности, процессам и затратам [7, с. 35]. Основу этой модели составляют три «кита» контроля: **результативность** (*effectiveness*), **эффективность** (*efficiency*) и **затратная эффективность/экономичность** (*economy*) (рис. 2).



Рис. 2. Модель 3-Е контроля в сфере общественного управления

Развивая идею контроллинга в общественном секторе управления, уместно вспомнить пророческие слова автора концепции централизованной бухгалтерии Советского Союза П.С. Безруких, опубликованные им в 1976 году: *«Централизованные бухгалтерии изменяют обычное представление о бухгалтерском учете как учете, замыкающемся рамками отдельных предприятий. Они призваны своевременно снабжать обслуживаемые предприятия (организации) необходимой экономической информацией о работе каждого хозяйства. Это значительно расширяет рамки экономического анализа в связи с тем, что представляет возможность сопоставить результаты работы однородных предприятий»* [2, с.15]. Возникает логичный вопрос: а зачем сопоставлять результаты работы организаций? Как было показано выше, в любом обществе во все времена проявляется такая характерная черта людей как сравнение (себя с другими, других с другими и т.д.). Современное общество хочет сравнивать качество и уровень жизни в различных территориях, качество оказания услуг в учреждениях образования и здравоохранения и т.д. К примеру, принцип ЕГЭ – это есть модель процесса сравнения результатов не только учеников, но и выпускающих их школ.

В бизнесе подобный процесс, где целью является поиск тех улучшений, по которым проводится сравнение, называется «бенчмаркинг»<sup>7</sup>. В том случае, если ощущается необходимость в сравнении продуктов, услуг или процессов однородных или похожих предприятий, то это означает, что появилось желание улучшать процессы подобных объектов или результаты их деятельности. Путем сравнения можно найти «где-то» лучшие показатели и запустить «у себя» процессы изменений для их улучшения и достижения «эталонных». Основная задача бенчмаркинга в бизнесе – использовать лучшие практики для изменения своей работы с целью повышения качества продуктов, услуг и процессов.

<sup>7</sup>Бенчмаркинг (от [англ.](#) *Benchmarking*), сопоставительный анализ на основе эталонных показателей

Искусное применение бенчмаркинга позволяет решить сразу две задачи бизнеса: повысить эффективность бизнес-процессов и конкурентоспособность продукции.

Учитывая, что, к примеру, централизованная бухгалтерия учреждений образования публично-правового образования собирает и обрабатывает информацию о финансово-хозяйственной деятельности однотипных учреждений (СОШ, ДОУ, МОУ и т.п.), а централизованная бухгалтерия учреждений здравоохранения региона - информацию о деятельности однотипных больниц, то в информационном обеспечении у ЦБ есть что сравнивать. При равных и близких условиях хозяйствования учреждения можно сравнивать как по качеству оказываемых услуг, так и по их себестоимости, что особенно важно для снижения расходов бюджета. В этом случае при использовании типового управленческого учета и типовой учетной политики для однородных учреждений у централизованной бухгалтерии (или их региональной сети) появляется не только возможность использовать однотипные методы расчета затрат и калькуляции, но и за счет использования «функции контроллера» оказывать воздействие на обслуживаемые учреждения. В таких условиях бенчмаркинг чистых показателей эффективности и финансовой эффективности будет способствовать достижению лучших (эталонных) показателей с меньшими (эталонными) ресурсами, тем самым повышая эффективность управления бюджетом. Централизованная бухгалтерия, используя бенчмаркинг в отношении обслуживаемых учреждений, может нацелить внимание на их внутренние бизнес-процессы, тем самым появляется возможность влиять на их эффективность и на достижение учреждениями более высокого качества оказания услуг с меньшими затратами. В целом бенчмаркинг централизованной бухгалтерии можно разделить на два последовательных этапа:

- получение информации;
- реализация изменений.

Если первая задача бенчмаркинга, связанная со сбором и обработкой информации, представляет собой традиционную функцию централизованной бухгалтерии, то в процессе реализации изменений в учреждениях ЦБ может быть только помощником у их учредителя. Конечно, настройка функционального или отраслевого бенчмаркинга совсем непростое дело, но при определенных усилиях и желании у учреждений появляется возможность сопоставлять себя с отраслевыми лидерами или лучшими функциональными операциями отдельных организаций. Если учитывать эти преимущества и развивать методологии сравнения, бенчмаркинг может стать мощным инструментом повышения производительности работы и повышения эффективности в бюджетном процессе, способствовать его ускорению и унификации.

**Заключение.** Историки бухгалтерского учета в 80-х годах прошлого столетия в своих работах справедливо отмечали, что *«Развитие новых общенаучных направлений оказало глубокое влияние на бухгалтерский учет. Системный анализ, теория структур и теория связи, теория информации и кибернетики, моделирование и теория управления, использование современных средств вычислительной техники коренным образом изменили учет»* [11, с. 306]. Произошедшие изменения с организационными формами учета и с расширением его информативности и значимости для современного управления спустя 30 лет после публикации этих строк свидетельствуют об их сохранившейся актуальности. Дальнейшее развитие известных общенаучных направлений и переход к новому технологическому укладу стабильно формируют почву для новых направлений

исследований. Незаметные для общества на первый взгляд явления, такие как, аутсорсинг, контроллинг, бюджетный учет, с течением времени стали отдельными направлениями научных исследований во многих странах мира, результаты которых со временем оказывают непосредственное воздействие на управление экономикой страны.

Под воздействием новых управленческих и информационных технологий современное государственное управление постепенно трансформируется в широкополосное информационное пространство, где потребителей информации становится все больше и больше. Следовательно, в ближайшие годы нам следует ждать эволюционного развития профессионального управления, накопления знаний и умений организовывать эффективную работу персонала. Подготовка подобного уровня управленцев в будущем сможет более точно проектировать, быстрее совершенствовать бизнес-процессы, а также эффективно вести организационно-административную и хозяйственную деятельность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Глущенко А.В., Набойщикова Т.Ю. Рациональная система учета в бюджетных учреждениях // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2009. № 2. С. 214-221.
- Безруких П.С. Бухгалтерский учет в СССР. М.: Финансы. 1976. 96 с.
- Белоцерковский В.И., Шапиленко С.Н. Анализ причин низкой эффективности расходов бюджетных средств и пути её повышения // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2013. № 1. С. 267-271.
- Бюджетный процесс как инструмент эффективного управления. М.: ЛЕНАНД, 2013. 336 с.
- Дедков Е.П. Бюджетный учет и отчетность. Учебник для вузов. М.: «Финансы». 1975. 221 с.
- Дедков Е.П. Бюджетный учет: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика. 1983. 232 с.
- Концепция контроллинга: Управленческий учет. Система отчетности. Бюджетирование / Horvath&Partners ; Пер. с нем. 2-е изд. М.: Альпина Бизнес Букс. 2006. 269 с.
- Нарибаев К.Н. Организация и методология бухгалтерского учета в условиях АСУ: Монография. М.: Финансы и статистика. 1983. 135 с.
- Палий С.Ф., Соколов Я.В. АСУ и проблемы теории бухгалтерского учета. М.: Финансы и статистика. 1981. 224 с.
- Пересторонин И.В. Централизация бухгалтерского (бюджетного) учета в муниципальном образовании // В сборнике: Потенциал социально-экономического развития Российской Федерации в новых экономических условиях / Материалы II Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Под редакцией Ю.С. Руденко, Л.Г. Руденко. 2016. С. 607-613.
- Соколов Я.В. История развития бухгалтерского учета. – М.: Финансы и статистика. – 1985. – 367 с.
- Сорокин А.Н. Бухгалтерский учет в бюджетных учреждениях Франции и России: дис. ... канд. экон. наук. М. 2004. 186 с.
- Харитонов С.А., Чистов Д.В., Шуремов Е.Л. Информационные системы бухгалтерского учета : учебное пособие. М.: ФОРУМ : ИНФРА-М. 2010. 160 с.

Хендриксен Э.С., Ван Бреда М.Ф. Теория бухгалтерского учета: Пер. с англ./Под ред. проф. Я.В. Соколова. М.: Финансы и статистика. 2000. 576 с.

Энтони Р., Рис Дж. Учет: ситуации и примеры: Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. А.М. Петрачкова. М.: Финансы и статистика. 1993. 560 с.

UDK 336.1, 336.5

## PUBLIC SECTOR MANAGEMENT USING CONTROLLING AND BENCHMARKING

Roman V. Erzhenin

Ph.D. in economic, Associate Professor of Strategic and Financial Management Department,  
Baikal International Business School of Management, Irkutsk State University  
1, Karl Marks Str., 640003, Irkutsk, Russia, e-mail: [rerzhenin@gmail.com](mailto:rerzhenin@gmail.com)

**Abstract.** The transition from the centralized management of the country's economy to market conditions changing economic entities management entity. In such circumstances, when the management guidelines are changing the active development of new methods and methodologies for performance evaluation, aimed at a more rational use of available resources of the state. Observed changes in public sector management principles associated with a change of political system, and with the development of information technologies have a significant impact on the organizational forms of the budget accounting. The author proposed to develop modern forms of control over the effectiveness and performance management in the public sector through the introduction of mechanisms for controlling and benchmarking in the information systems of centralized accounting departments of Russia.

**Keywords:** centralized accounting, budget, controlling, benchmarking

### References

1. Glushchenko A.V. Nabojschchikova T.YU. Racionalnaya Sistemaucheta v byudzhetyh uchrezhdeniyah [A rational system of accounting in budgetary institutions] // VestnikVolgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ehkonomika. Ehkologiya, 2009. no. 2, Pp. 214-221. (in Russian).
2. Bezrukih P.S. Buhgalterskij uchet v SSSR [Accounting in the USSR]. Moscow. Finansy = Finance. 1976. 96 p. (in Russian).
3. Belocerkovskij V.I., Shapilenko S.N. Analiz prichin nizkoj ehffektivnosti raskhodov byudzhetyh sredstv I puti eyo povysheniya [Analysis of the causes of low efficiency of budget spending and the ways of its increase] // Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta ehkonomicheskie I yuridicheskie nauki. 2013. no. 1. Pp. 267-271. (in Russian).
4. Byudzhetyj process kak instrument ehffektivnogo upravleniya [The budgetary process as a tool for effective management]. Moscow. LENAND. 2013. 336 p. (in Russian).
5. Dedkov E.P. Byudzhetyju chet I otchetnost [Budget Accounting and Reporting]. Uchebnik dlya vuzov. Moscow. Finansy == Finance. 1975. 221 p. (in Russian).
6. Dedkov E.P. Byudzhetyj uchet [Budget Accounting]. Uchebnik 2-eizdpererab I dop, Moscow. Finansy I statistika = Finance and Statistic. 1983. 232 p. (in Russian).

7. Концепция контроллинга: Управленческий учет. Система отчетности. Бюджетирование [The concept of controlling: Managerial accounting. The reporting system. Budgeting ]/ Horvath & Partners ; Пер. с нем. 2-е изд. Moscow. Alpina Biznes Buks. 2006. 269 p. (in Russian).
8. Naribaev K.N. Organizaciya I metodologiya buhgalterskogo ucheta v usloviyah ASU [Organization and methodology of accounting under ACS]. Monografiya. Moscow. Finansy I statistika = Finance and Statistic. 1983. 135 p. (in Russian).
9. Palij S.F, Sokolov YA.V. ASU I problemy teorii buhgalterskogo ucheta [ACS and problems of accounting theory]. Moscow. Finansy I statistika. 1981. 224 p. (in Russian).
10. Perestoronin I.V. Centralizaciya buhgalterskogo byudzhetnogo ucheta v municipalnom obrazovanii [Centralization of budgetary accounting in the municipality] //V sbornike Potencial socialno-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii v novyh ehkonomicheskikh usloviyah, materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v 2-h chastyah, Pod redakciej YU.S. Rudenko, L.G. Rudenko. 2016. Pp. 607-613. (in Russian).
11. Sokolov YA.V. Istoriya razvitiya buhgalterskogo ucheta [The history of development of accounting]. Moscow. Finansy I statistika = Finance and Statistic. 1985. 367 p. (in Russian).
12. Sorokin A.N. Buhgalterskij uchët v byudzhetnyh uchrezhdeniyah Francii I Rossii, dis. kand. ehkon. Nauk. Moscow. 2004. 186p. (in Russian).
13. Haritonov S.A., Chistov D.V., Shuremov E.L. Informacionnye sistemy buhgalterskogo ucheta: uchebnoe posobie [Information accounting system: a tutorial], Moscow, FORUM: INFRA-M, 2010. 160 p. (in Russian).
14. Eldon S. Hendriksen, Michael F. Van Breda, Teoriya buhgalterskogo ucheta [Accounting theory], per s angl.pod red. prof. YA.V. Sokolova. Moscow. Finansy I statistika = Finance and Statistic. 2000. 576 p. (in Russian).
15. R.N. Anthony, J.S. Reece Uchet situacii I primery [Accounting text and cases], per. s angl.pod red. i s predisl. A.M. Petrachkova. Moscow. Finansy I statistika = Finance and Statistic. 1993. 560 p. (in Russian).

УДК 004.67, 533.6.071.4

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГИПЕРЗВУКОВОЙ  
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ Т-326**

**Запрягаев Валерий Иванович**

Д.т.н., зав. лабораторией «Экспериментальная аэрогазодинамика», e-mail: [zapr@itam.nsc.ru](mailto:zapr@itam.nsc.ru)

**Кавун Иван Николаевич**

Научный сотрудник, e-mail: [i\\_k@list.ru](mailto:i_k@list.ru)

**Певзнер Анна Самуиловна**

Ведущий программист, e-mail: [pevzner@itam.nsc.ru](mailto:pevzner@itam.nsc.ru)

**Тютин Алексей Алексеевич**

Начальник установки,

**Яковлева Наталия Васильевна**

Старший инженер, e-mail: [natali@itam.nsc.ru](mailto:natali@itam.nsc.ru)

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,  
630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1

**Аннотация.** В статье описана система автоматизированного сбора данных и методика проведения эксперимента по исследованию распределения параметров потока в рабочей части гиперзвуковой аэродинамической трубы Т-326 ИТПМ СО РАН. С помощью координатного устройства специально изготовленные гребенки насадков полного давления перемещались по трем координатам. По измеренным данным вычислены распределения чисел Маха 6 и 8. Выполненная трёхмерная интерполяция измеренных параметров позволила получить детальное пространственное распределение числа Маха в рабочей части трубы.

**Ключевые слова:** автоматизация эксперимента, системы сбора данных, аэродинамические установки, распределение параметров потока

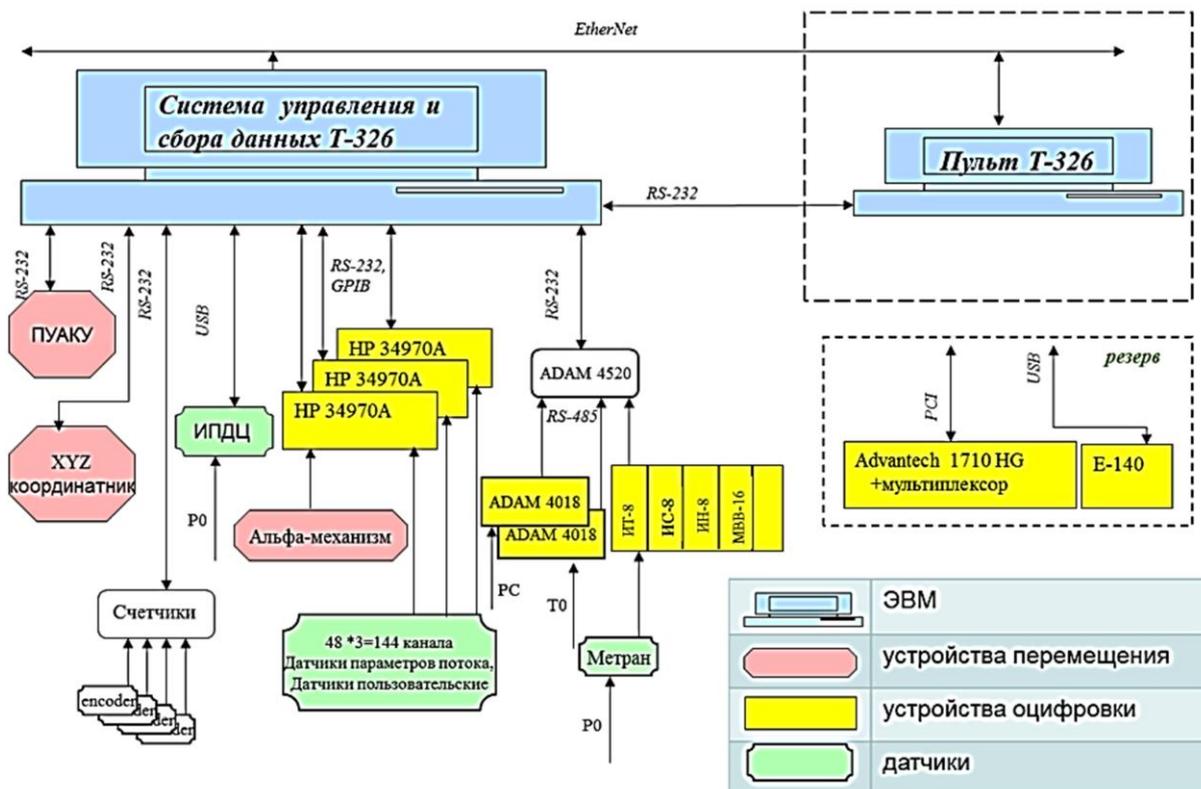
**Введение.** Аэродинамические трубы используются главным образом для физического моделирования обтекания планера летательного аппарата, а также ряда других сопутствующих задач. Основными характеристиками труб являются диапазоны чисел Маха и Рейнольдса, в которых возможно проведение эксперимента. Кроме того, важнейшими параметрами с точки зрения качества потока являются средние значения параметра (числа Маха, Рейнольдса, температуры торможения потока), степень пространственной неоднородности и уровень временных пульсаций параметра в зоне установки модели [4, 9].

**Система автоматизированного сбора данных гиперзвуковой аэродинамической трубы Т-326** состоит из следующих компонент:

- АРМ инженера-исследователя (подсистема сбора данных медленноменяющихся процессов с передачей на пульт оператору, рис. 1);
- подсистема сбора данных быстропротекающих процессов;
- подсистема сбора видеoinформации;
- подсистема синхронизации.

**Подсистема сбора данных медленноменяющихся процессов** предназначена для автоматизации калибровок датчиков и сбора экспериментальных данных; контроля измерений в течение эксперимента, а также для обеспечения хранения данных в БД «Архив экспериментальных данных». Система сбора данных Т-326 (рис. 1) содержит стандартные устройства (мультиметры Agilent HP34970А, модули ADAM) и уникальное оборудование (устройства перемещения, счетчики). При установке на Т-326 струйного модуля используется координатник ПУАК (разработка фирмы «Элир»), который позволяет перемещаться по углу и по радиусу с заданными шагами. Трехмерный координатник (XYZ-координатник) используется для изучения структуры течения струи путем трехмерного перемещения зонда по заданной программе [5, 6]. Передача выбранных параметров на пульт управления Т-326 производится по интерфейсу RS-232.

Комплекс предоставляет возможность выбора и оперативной настройки аппаратных и программных средств путем построения технологической карты для проведения конкретного эксперимента [2, 3]. Данная подсистема позволяет использовать до 200 измерительных и/или вычислительных каналов. Измерительный канал определяется датчиком и устройством оцифровки и отображается строкой таблицы. Информация о датчике и его калибровке берется из БД «Датчики и калибровки». Устройство оцифровки выбирается из



**Рис. 1.** Структура системы сбора медленноменяющихся данных и управления

соответствующего справочника. В зависимости от поставленной задачи в качестве устройства оцифровки используются мультиметры Agilent HP-34970А, модули ADAM и аналогичные им модули разработки КТИ ВТ, плата и мультиплексоры фирмы “Advantech”, модуль “L-Card”. Вычислительные каналы определяют специальной формулой или

библиотечной подпрограммой, позволяют следить за вычисленным параметром в ходе эксперимента.

Подсистемы сбора данных быстропротекающих процессов и сбора видеоинформации используют стандартное аппаратное и программное обеспечение. Подсистема синхронизации, разработанная на базе модуля E14-140 LCard [1], позволяет запускать сбор данных от любой из подсистем.

**Гиперзвуковая аэродинамическая труба Т-326** — гиперзвуковая аэродинамическая труба (АДТ) периодического действия незамкнутого типа, предназначена для исследования газодинамических параметров и характеристик теплообмена при взаимодействии сверхзвукового потока с моделью летательного аппарата.

Для создания рабочего потока АДТ оборудована двумя профилированными осесимметричными соплами с диаметром выходного сечения 0.2 м. Сжатый воздух из баллонов с давлением до 10 МПа поступает в омический подогреватель трубы, где нагревается до необходимой температуры. Для создания разрежения в рабочем канале труба оборудована перфорированным эжектором.

Рабочая часть трубы представляет собой камеру Эйфеля и оснащена системой ввода модели в поток и альфа-механизмом. В стенках рабочей части имеются оптические окна для визуализации обтекания моделей различными методами и проведения фото и видеорегистрации.

**Методика исследования распределения числа Маха.** Распределение чисел Маха в рабочей части аэродинамической трубы определялось путём измерения полного давления за прямым скачком уплотнения  $p_0'$  посредством гребёнки насадков полного давления, показанной на рис. 2. Гребёнка состоит из 21 насадка (внешний диаметр 1.75 мм, внутренний диаметр 1.25-1.3 мм, длина насадка 20 мм, расстояние между центрами насадков 10 мм) и крепится вертикально, причём одиннадцатый насадок расположен на оси сопла ( $y = 0$ ), первый насадок вверху. Измерение давлений осуществлялось тензомодулями абсолютного давления производства НПК «Технологический центр» ТДМ-А с диапазоном измерения 1.6 ата.

Однократные измерения производились в 18 сечениях, расположенных через 10 мм по оси  $x$ , на расстоянии от 30 мм до 200 мм от среза сопла, (от -60 мм до 110 мм от условного нуля по координате  $x$ ). Нуль координат  $y$  и  $z$  находился на оси сопла. Направления координат:  $x$  – положительное направление от сопла к диффузору,  $y$  – положительное направление снизу вверх,  $z$  – положительное направление влево, если смотреть по потоку. Все линейные размеры далее приводятся в миллиметрах, скорость перемещения в относительных единицах.

При запуске трубы гребёнка располагалась вне потока в точке (-60; 0; 103) и при установлении режима движением трёхосевого координатника перемещалась в начальное положение с координатами (-60; 0; 100). Дальнейшее движение осуществлялось по оси  $z$  от 100 мм до -80 мм через 10 мм, затем переход в следующее по  $x$  положение и проход по  $z$  от -80 мм до 100 мм через 10 мм и так далее до исчерпания всех заданных значений  $x$  (рис.2). Скорость движения координатника во время эксперимента:  $v_x = 100$ ,  $v_y = 20$ ,  $v_z = 100$ . Таким образом, измерения проводились в объёме  $x$  [-60 +110],  $y$  [-100, +100],  $z$  [-80, +100] через 10 мм по всем координатам. Время прохода по всем точкам около 22 минут.

Полное давление потока  $p_0$  в это же время измерялось в форкамере установки датчиком Метран-150-ТАЗ с диапазоном измерения 25 ата. В результате измерений получен файл данных, в котором каждому значению полного давления, измеренному трубкой Пито  $p_0'$ , соответствует своё значение полного давления  $p_0$  в форкамере аэродинамической трубы.

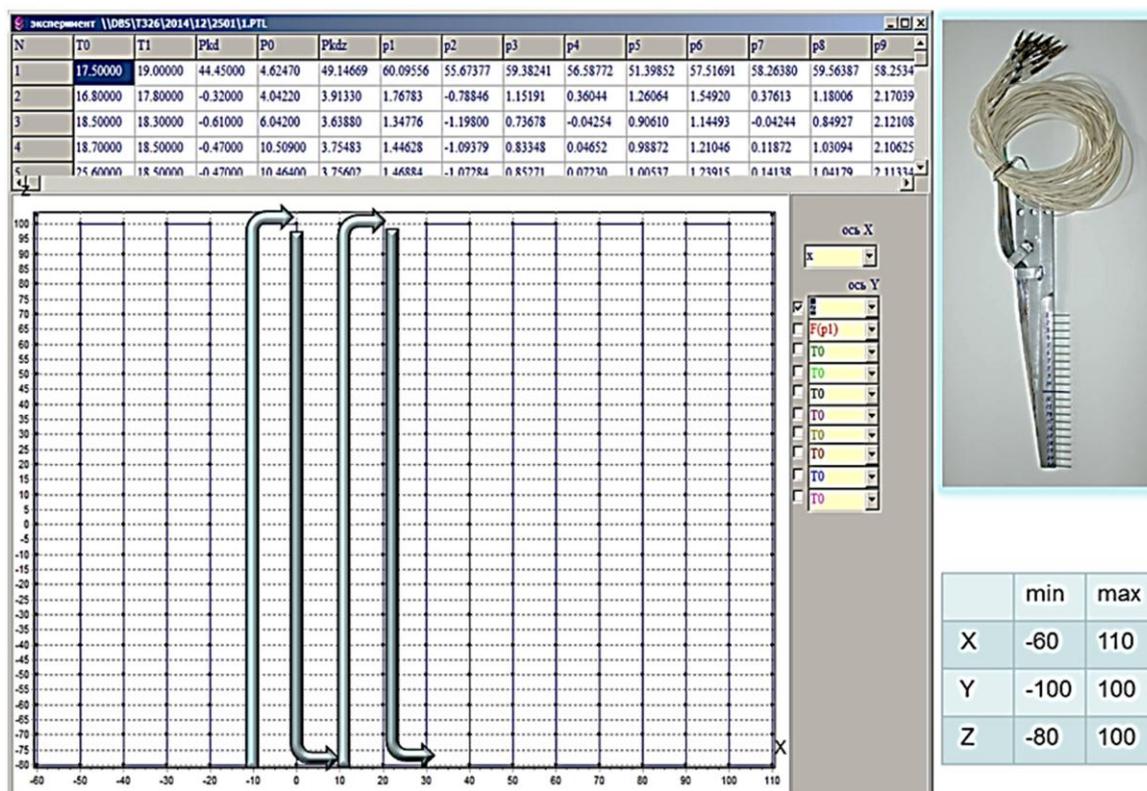


Рис. 2. Структура плана перемещения и гребёнка насадков полного давления

Число Маха в каждой точке пространства рабочей части вычислялось по формуле Рэля

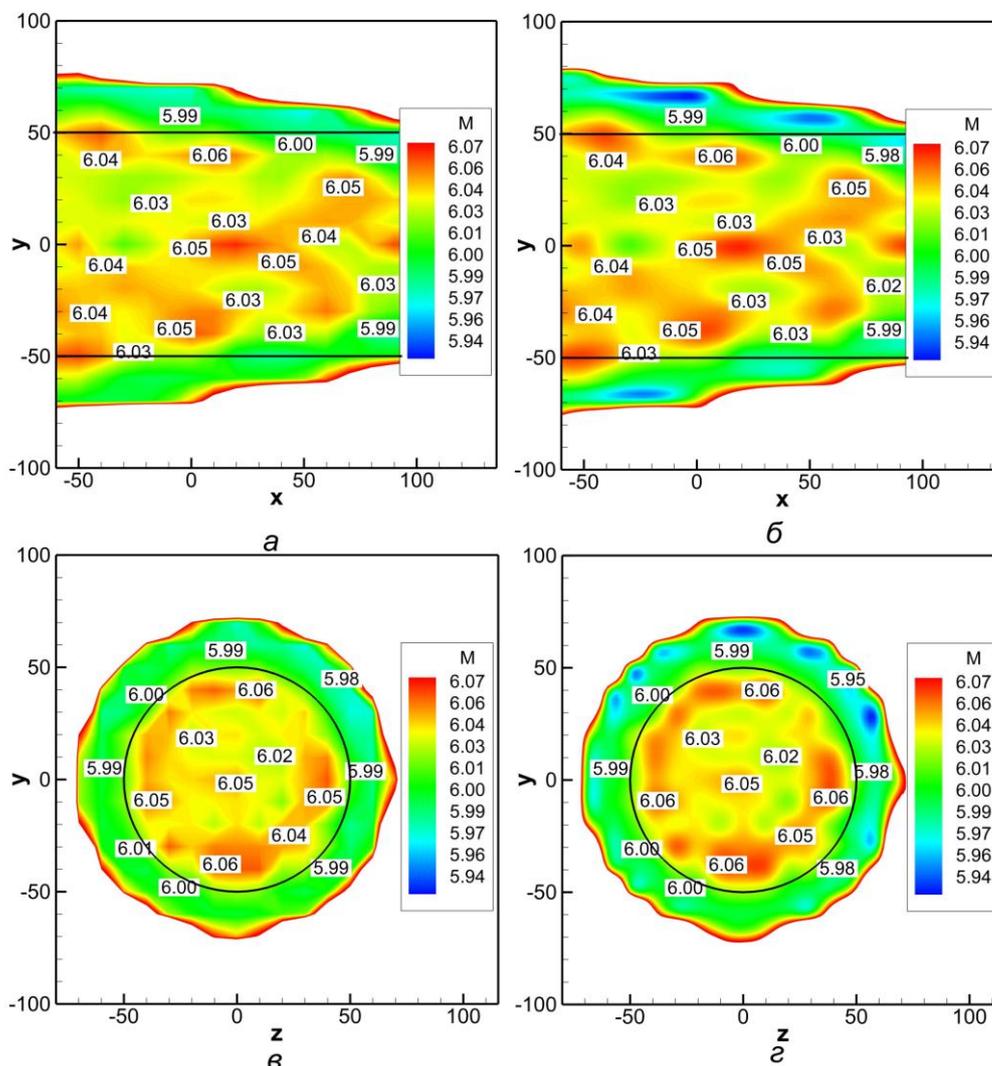
$$\left[ \frac{k+1}{2kM^2 - (k-1)} \right]^{\frac{1}{k-1}} \left[ \frac{(k+1)M^2}{2 + (k-1)M^2} \right]^{\frac{k}{k-1}} - \frac{p'_0}{p_0} = 0$$

итерационным методом Ньютона решения нелинейных уравнений. В формуле Рэля  $k$  – показатель адиабаты воздуха,  $k = 1.4$ ,  $M$  – вычисляемое число Маха.

**Результаты исследования.** Результатом работы системы сбора данных является файл, содержащий измеренные значения параметров потока, датчиков гребенки и значения координат  $x$  и  $z$ . Координата  $y$  измеряемой точки определялась по положению соответствующего насадка на гребенке, поэтому первым этапом обработки было преобразование файла протокола к файлу, где все три координаты заданы явно. Затем была выполнена трёхмерная интерполяция полученных данных.

На рис. 3 представлены результаты исследования поля чисел Маха ( $M_\infty = 6$ ) в рабочей части трубы Т-326. После интерполирования общее количество точек известных значений числа Маха в области увеличилось с  $19 \times 21 \times 18 = 7182$  до  $91 \times 101 \times 81 = 744471$  (более чем в 100 раз).

Полученные данные позволили определить допустимую зону установки моделей в рабочей части трубы – это цилиндрическая область диаметром 100 мм, расположенная вдоль оси сопла (на рисунке 3 ограничена чёрными линиями). Видна сложная структура, обусловленная наличием сопловых скачков и их взаимодействием друг с другом.

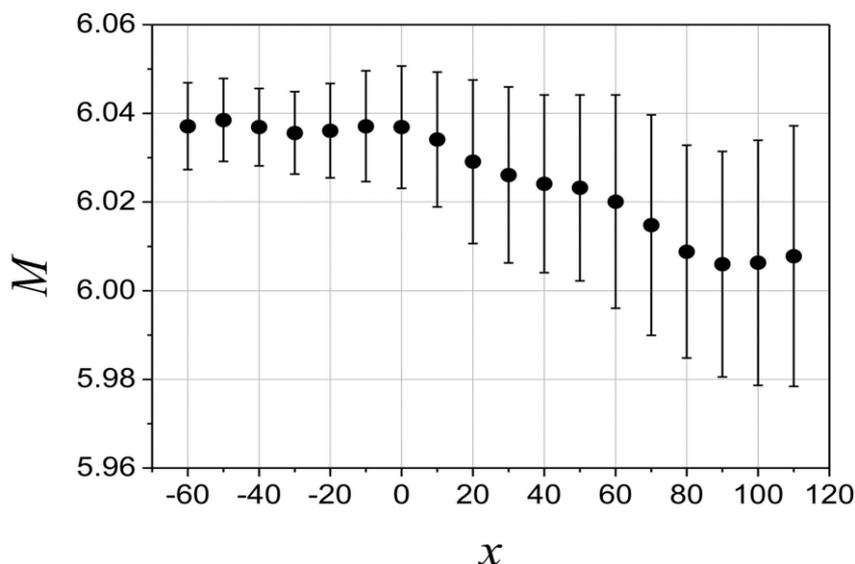


**Рис. 3.** Поле числа Маха в сечениях: *а* – продольное сечение  $z = 0$ , экспериментальные данные, *б* – результаты интерполяции; *в* – поперечное сечение  $x = 0$ , экспериментальные данные, *г* – результаты интерполяции; чёрными линиями ограничена область установки моделей

На рис. 4 показано распределение чисел Маха в сечении  $x = 0$  вдоль вертикальной (обозначено цифрой 1) и горизонтальной (обозначено цифрой 2) координатных линий в области установки модели. Точками обозначены результаты эксперимента, линиями – данные интерполяции.

По результатам проведённого эксперимента установлено, что среднее значение числа Маха в рабочей части трубы в зоне установки моделей составляет  $M_{\infty} = 6.026$  при среднеквадратичном отклонении  $M_{RMS} = 0.016$  (0.2 % от среднего значения). Более детальная

зависимость среднего числа Маха в поперечном сечении от продольной координаты представлена на рис. 4. Чёрными кружками показаны средние значения, среднеквадратичные отклонения числа Маха в сечении от своего среднего значения – в виде дорожки разбросов.



**Рис. 4.** Распределение средних значений числа Маха в поперечных сечениях зоны установки моделей (чёрные точки) и среднеквадратичных отклонений (в виде дорожки разбросов)

**Заключение.** Разработана и проверена методика программного управления координатным устройством, которая позволяет задавать траекторию движения и строить измерительные сетки. Методика позволяет гибко ориентироваться под конкретную задачу, экономить время и стоимость измерений и получать детальное распределение параметров течения в интересующей области.

Проведённые эксперименты и их последующая обработка позволили получить детальное поле чисел Маха в рабочей части гиперзвуковой аэродинамической трубы Т-326 ИТПМ СО РАН при номинальном режиме работы установки  $M_\infty = 6$  и  $8$ . Допустимая область расположения моделей в рабочей части трубы Т-326 по числу Маха не превышает величины  $\pm 50$  мм по радиусу от оси сопла. В этой области локальное число Маха может меняться от  $M_\infty = 5.98$  до  $M_\infty = 6.05$ .

Таким образом, поперечные габариты исследуемых моделей не должны выходить за величину 100 мм. Сами же модели желательно располагать в рабочей части по оси сопла так, чтобы область расположения точек измерений каких-либо параметров (например, дренажных отверстий, датчиков тепловых потоков и т.д.) на своей поверхности не входила за пределы 100 мм от среза сопла.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-01-00314а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башуров В.В., Запрягаев В.И., Кавун И.Н., Певзнер А.С. Система синхронизации сбора данных и её применение для исследования сверхзвуковых течений // Труды XVII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть II. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2012. С. 37–44.
2. Гаркуша В.В., Запрягаев В.И., Певзнер А.С., Яковлев В.В., Яковлева Н.В. Автоматизированная система сбора, хранения и обработки экспериментальных данных // Всероссийская конференция «Аэродинамика и прочность конструкций летательных аппаратов», посвященная 70-летию основания СибНИА (Новосибирск, Россия, 20–21 сентября 2011г.). Труды конференции. Новосибирск: СибНИА. 2011. С. 208–215
3. Запрягаев В.И., Кавун И.Н., Певзнер А.С., Тютин А.А., Гаркуша В.В., Собстель Г.М., Яковлев В.В. Автоматизированная система сбора, хранения и обработки экспериментальных данных для гиперзвуковой аэродинамической трубы // Труды XVI Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Ч. II. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2011. С. 6–11.
4. Запрягаев В.И., Мажуль И.И., Максимов А.И., Кавун И.Н., Дерунов Е.К., Певзнер А.С., Яковлева Н.В. Исследование полей чисел Маха и температур на режиме  $M_\infty = 7$  в рабочей части аэродинамической трубы Т-313 ИТПМ СО РАН. Отчет № 5/10, Новосибирск. 2009. 75 с. УДК 533.6.071.4
5. Запрягаев В.И., Певзнер А.С., Тютин А.А., Гаркуша В.В., Хорошенко Е.И., Яковлев В.В. Подсистемы позиционирования, используемые в аэродинамических установках периодического действия // Труды XV Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Ч. III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2010. С. 172–179.
6. Кавун И.Н., Киселев В.Я., Кундасев С.Г., Певзнер А.С., Солотчин А.В., Хорошенко Е.И., Яковлев В.В. Система трех осевого позиционирования для гиперзвуковой аэродинамической трубы Т-326. Сборник тезисов Всероссийской конференции «Индустриальные информационные системы 2013». С. 28.
7. Певзнер А.С. Программное обеспечение системы сбора, хранения и обработки экспериментальных данных. Сборник тезисов Всероссийской конференции «Индустриальные информационные системы 2013». С. 49.
8. Певзнер А.С., Яковлева Н.В. Программное обеспечение системы сбора, хранения и обработки экспериментальной информации. Отчет ИТПМ СО РАН № 4/10. Новосибирск. 2009. 77 с. с иллюстрациями
9. Харитонов А.М., Звегинцев В.И., Васенев Л.Г., Кураева А.Д., Наливайченко Д.Г., Новиков А.В., Пайкова М.А., Чиркашенко В.Ф., Шахматова Н.В., Шпак С.И. Исследования характеристик гиперзвуковой аэродинамической трубы АТ-303 // Теплофизика и аэромеханика, 2006, №.1, ч. 1. , с. 1-17
10. Garkusha V.V., Zaprugaev V.I., Pevzner A.S., Yakovlev V.V., Yakovleva N.V. . Automated system for experimental data acquisition, stored and processing // International Association of Science and Technology for Development, Research: Abstracts. Pt. II. Kazan. August 19 – 25, 2012. Pp. 102 – 104.

11. Zapryagaev V.I., Maksimov A.I., Pevzner A.S., Mazhul I.I., Garkusha V.V. Investigations of flow field at Mach 7 for supersonic WT-313 ITAM // Paper on 112th Semi-Annual Meeting of the STAI 11th – 14th October 2009. CSIR. Pretoria. South Africa
- 

**UDK 004.67, 533.6.071.4**

**USING A SYSTEM OF AUTOMATED DATA ACQUISITION FOR STUDYING THE PRESSURE PATTERN IN THE T-326 HYPERSONIC WIND TUNNEL**

**Valeriy I. Zapryagaev**

Dr., Professor, Head of Laboratory “Experimental aerogasdynamics”, e-mail: [zapr@itam.nsc.ru](mailto:zapr@itam.nsc.ru)

**Ivan N. Kavun**

Researcher, e-mail: [i\\_k@list.ru](mailto:i_k@list.ru)

**Anna S. Pevzner**

Principal Software Engineer, e-mail: [pevzner@itam.nsc.ru](mailto:pevzner@itam.nsc.ru)

**Aleksej A. Tjutin**

Head of hypersonic wind tunnel,

**Natalija V. Yakovleva**

Senior Engineer, e-mail: [natali@itam.nsc.ru](mailto:natali@itam.nsc.ru)

Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS,  
Institutskaya str., 4/1, 630090, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** This paper describes a system for automated data acquisition and an experimental technique for studying the distributions of flow characteristics in the test section of a T-326 hypersonic wind tunnel based at the Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS. Specially developed Pitot rakes were moved in two coordinate directions by an axis controller. Based on the measured data distributions, 6 and 8 Mach numbers contours are calculated. Three-dimensional interpolation of the measured parameters provides a detailed spatial distribution of Mach numbers in the test section of the wind tunnel.

**Keywords:** computer-aided science engineering, data acquisition, wind tunnel, flow characteristics

**References**

1. Bashurov V.V., Zapryagaev V.I., Kavun I.N., Pevzner A.S. Sistema sinhronizacii sbora dannyh i ejo primenenie dlja issledovanija sverhzvukovyh techenij [System for synchronization of data acquisition and its application for supersonic flow investigations] // XVII Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii «Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii»: trudy. = XVII Baikal All-Russian conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management": Proceedings. Vol. II. Irkutsk: ISEM SO RAN = ESI SB RAS. 2012. Pp. 37–44. (in Russian).
2. Garkusha V.V., Zapryagaev V.I., Pevzner A.S., Yakovlev V.V., Yakovleva N.V. Avtomatizirovannaja sistema sbora, hranenija i obrabotki jeksperimental'nyh dannyh [The automated system of collecting, storage and processing of experimental data] //

- Vserossijskaja konferencija «Ajerodinamika i prochnost' konstrukcij letatel'nyh apparatov», posvjashhennaja 70-letiju osnovanija SibNIA = The Russian conference "Aerodynamics and Durability of Designs of Aircraft" devoted to the 70 anniversary of the basis of SIBNIA (Novosibirsk, Russia, 20–21 September 2011.). Proceedings.. – Novosibirsk: SibNIA. 2011. Pp. 208–215(in Russian).
3. Zapryagaev V.I., Kavun I.N., Pevzner A.S., Tjutin A.A., Garkusha V.V., Sobstel' G.M., Yakovlev V.V. Avtomatizirovannaja sistema sbora, hranenija i obrabotki jeksperimental'nyh dannyh dlja giperzvukovoj ajerodinamicheskoj trubny [Automated system for experimental data acquisition, storage and processing for a hipersonic wind tunnel] // XVI Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii «Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii»: Trudy. = XVI Baikal All-Russian conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management" . Proceedings. Vol. II. Irkutsk: ISEM SO RAN = ESI SB RAS. 2011.Pp. 6–11.
  4. Zapryagaev V.I., Mazhul' I.I., Maksimov A.I., Kavun I.N., Derunov E.K., Pevzner A.S., Yakovleva N.V. Issledovanie polej chisel Maha i temperatur na rezhime  $M_{\infty} = 7$  v rabochej chasti ajerodinamicheskoj trubny T-313 [Investigations of flow field at Mach 7 and temperatures for supersonic WT-313] // Report Novosibirsk. ITPM SO RAN = ITAM SB RAS № 5/10. 2009. 75 p. UDK 533.6.071.4 (in Russian).
  5. Zapryagaev V.I., Pevzner A.S., Тютин А.А., Garkusha V.V., Horoshenko E.I., Yakovlev V.V. Podsystemy pozicionirovanija, ispol'zuemye v ajerodinamicheskih ustanovkah periodicheskogo dejstvija [Positioning subsystems used in blowdown wind tunnels] // XV Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii «Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii»: trudy. = XV Baikal All-Russian conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management". Proceedings. Vol. III. Irkutsk: ISEM SO RAN = ESI SB RAS, 2010. Pp. 172–179. (in Russian).
  6. Kavun I.N., Kiselev V.Ja., Kundasev S.G., Pevzner A.S., Solotchin A.V., Horoshenko E.I., Yakovlev V.V. Sistema treh oseвого pozicionirovanija dlja giperzvukovoj ajerodinamicheskoj trubny T-326 [System of three axial positionings for a hypersonic wind tunnel of T-326]. Sbornik tezisov Vserossijskoj konferencii «Industrial'nye informacionnye sistemy 2013» = Collection of theses of the Russian conference "Industrial Information Systems 2013". Novosibirsk, Design Technological Institute of Digital Techniques SB RAS, P. 28 (in Russian).
  7. Pevzner A.S. Programmnoe obespechenie sistemy sbora, hranenija i obrabotki jeksperimental'nyh dannyh [Software of system of collecting, storage and processing of experimental data]. Sbornik tezisov Vserossijskoj konferencii «Industrial'nye informacionnye sistemy 2013» = Collection of theses of the Russian conference "Industrial Information Systems 2013". Novosibirsk, Design Technological Institute of Digital Techniques SB RAS. P.49 (in Russian).
  8. Pevzner A.S., Yakovleva N.V. Nauchno tehničeskij otchet o NIR: Programmnoe obespechenie sistemy sbora, hranenija i obrabotki jeksperimental'noj informacii. [Scientifically technical report on NIR: Software of system of collecting, storage and processing of experimental information]. Novosibirsk. 2009. // Report ITAM SB RAS №4-10 (in Russian).

9. Kharitonov A.M., Zvegintsev V.I., Vasenev L.G., Kuraeva A.D., Nalivajchenko D.G., Novikov A.V., Rajkova M.A., Chirkashenko V.F., Shahmatova N.V., Shpak S.I. Issledovaniya harakteristik giperzvukovoj ajerodinamicheskoy trubyy AT-303 [Researches of characteristics of a hypersonic wind tunnel of AT-303] // *Teplofizika i aeromekhanika = Thermophysics and aeromechanics*. 2006. № 1. Vol. 1. Pp. 1-17 (in Russian).
10. Garkusha V.V., Zapryagaev V.I., Pevzner A.S., Yakovlev V.V., Yakovleva N.V. Automated system for experimental data acquisition, stored and processing // *International Association of Science and Technology for Development, Research: Abstracts. Pt. II. Kazan. 2012. August 19 – 25. Pp. 102 – 104.*
11. Zapryagaev V.I., Maksimov A.I., Pevzner A.S., Mazhul I.I., Garkusha V.V. Investigations of flow field at Mach 7 for supersonic WT-313 ITAM // *Paper on 112th Semi-Annual Meeting of the STAI 11th – 14th October 2009. CSIR. Pretoria. South Africa*

УДК 004.421+004.4'2+004.771

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ НАУЧНЫХ СЕРВИСОВ**

**Богданова Вера Геннадьевна**

К.т.н., доцент, с.н.с., Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова  
Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), 664033  
г. Иркутск ул. Лермонтова, 134, e-mail: bvg@icc.ru

**Пашинин Антон Алексеевич**

М.н.с., Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского  
отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), 664033  
г. Иркутск ул. Лермонтова, 134, e-mail: apcrol@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются инструментальные средства автоматизации создания научных сервисов, обеспечивающих как доступ к высокопроизводительным ресурсам, так и управление параллельным выполнением приложения пользователя в распределенной вычислительной среде на основе организации многовариантных расчетов. Приводится пример применения разработанного инструментария для задачи параметрического синтеза линейного регулятора для линейного объекта.

**Ключевые слова:** мультиагентная система, сервис, многовариантные расчеты.

**Введение.** В настоящее время представляется актуальным создание инструментальных средств, обеспечивающих разработку программных сред для доступа предметных специалистов к высокопроизводительным вычислительным ресурсам и использования этих ресурсов без необходимости углубленного знания вычислительных архитектур и низкоуровневых средств разработки приложений [5 - 7]. Одновременно прослеживаются тенденции, с одной стороны, использования сервис-ориентированного подхода, подразумевающего организацию сервисов доступа к вычислительным ресурсам посредством сети интернет, с другой стороны, применения мультиагентных технологий для управления вычислениями [11].

Цель исследования в рамках реализации такого подхода заключалась в разработке инструментальных средств автоматизации создания научных сервисов, обеспечивающих как доступ к высокопроизводительным ресурсам, так и управление параллельным выполнением приложения пользователя в распределенной вычислительной среде на основе организации многовариантных расчетов. В докладе представлена разработанная авторами система HpcSoMas Framework (High-performance Service-oriented Multi-agent system) [2], с помощью которой создается научный сервис на основе набора прикладных программ пользователя. Задачи, для решения которых целесообразно применять такой инструментарий, должны отвечать ряду условий, в том числе иметь возможность быть декомпозированными на подзадачи, которые могут выполняться независимо на отдельном вычислительном ресурсе. В настоящей работе рассмотрены примеры сервиса, разработанного для параметрического синтеза линейного регулятора замкнутой системы управления. В этом случае многовариантные расчеты организуются на основе числовой сетки, в каждой точке которой

применяются численные методы при нахождении области устойчивости замкнутой непрерывной системы управления.

**HpcSoMas Framework.** Рассматриваемый инструментарий предназначен для разработки мультиагентных систем (МАС), ориентированных на управление параллельным выполнением масштабируемых приложений пользователя в высокопроизводительной распределенной вычислительной среде (РВС). Инструментарий HpcSoMas (рис. 1) был разработан на основе сервис-ориентированной технологии, использование которой позволяет реализовать агентов в виде веб-сервисов.



Рис. 1. Структура HpcSoMaS Framework

В разрабатываемых с помощью этого инструментария МАС можно выделить три уровня иерархии агентов: уровень пользовательских агентов, представленный клиентами в браузере; уровень агентов-менеджеров; уровень реактивных агентов выполнения заданий. Многоуровневая архитектура позволяет реализовывать функциональные части МАС по отдельности и при необходимости повторно использовать эти части в других приложениях.

Пользователь может подключаться к агенту-менеджеру через web-интерфейс пользовательского агента, доступный для компьютеров и мобильных устройств, подключенных к сети Интернет, при наличии соответствующей учетной записи пользователя на вычислительном кластере. Все основные функции агента-менеджера вынесены в отдельные сервисы, реализованные на основе протокола soap, что позволяет производить замену отдельных компонентов системы либо подключение новых без ее полного обновления. Эти сервисы могут выполнять следующие системные функции: расчета ставок

на выполнение задания, уведомления пользователей, постановки задания в очередь системы управления заданиями (СУПЗ) вычислительного кластера (ВК), получения информации о состоянии ВК, декомпозиции заданий, расчета оценки состояния ВК, аутентификации пользователей и др. На основе прикладных программ пользователя с помощью подсистемы ABCSW (Agent Based Class Service Wizard) [3] создаются вычислительные сервисы, выполняющие предметно-ориентированные функции. Методика использования инструментария HrcSoMas для создания виртуального сообщества агентов (ВС), образующих научный сервис, изображена на рис. 2.

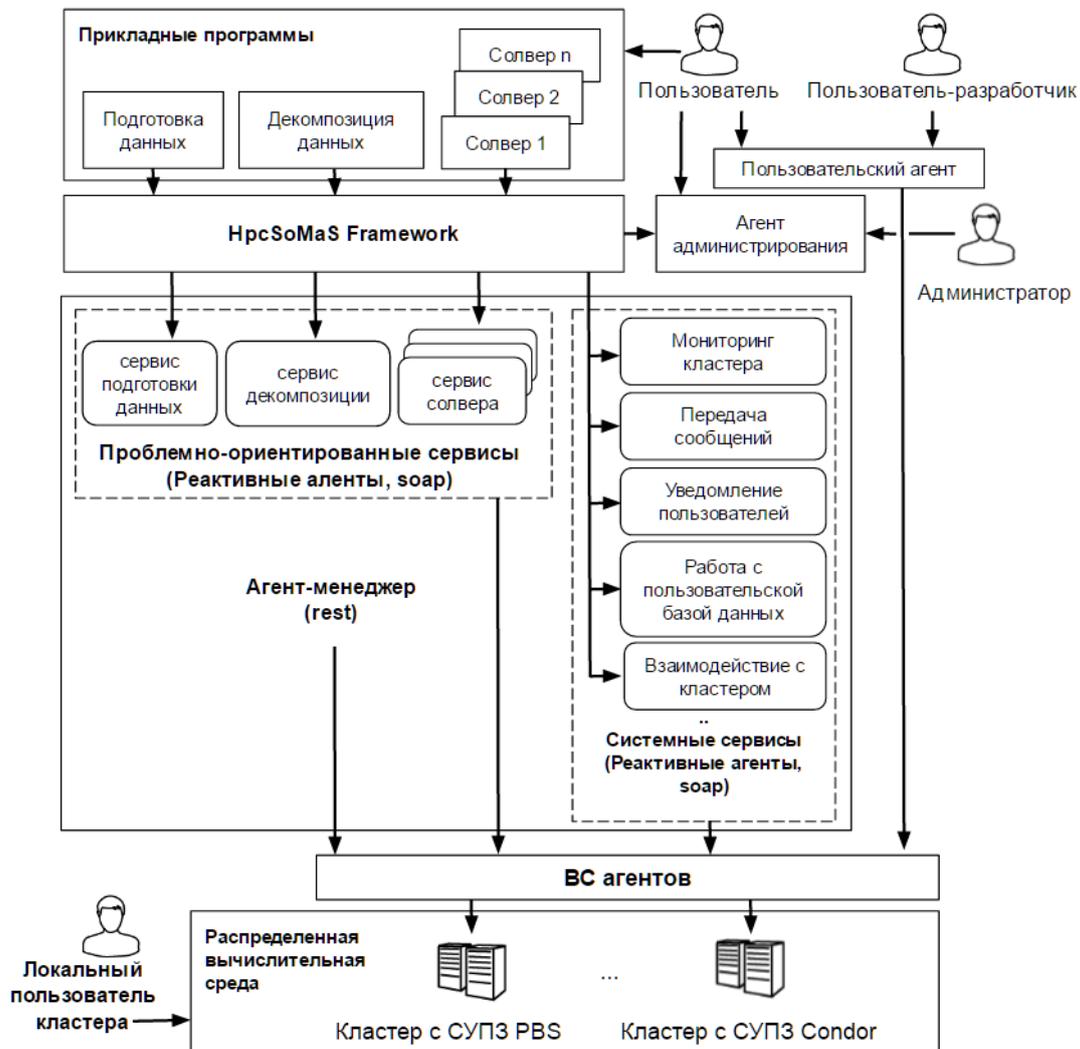


Рис. 2. Схема разработки научного сервиса

Создание подсистемы ABCSW в рамках HrcSoMaS было выполнено в рамках концепции ориентации на пользователей разных категорий, отличающихся степенью погружения в средства, предоставляемые системой. К первой категории относятся системные разработчики, квалификация которых позволяет как вносить изменения в базовые возможности готовых сервисов, так и создавать на их основе собственные, придерживаясь общих концепций. Ко второй относятся специалисты-предметники, занимающиеся лишь конфигурацией готовых программных решений для представления своих приложений в виде сервисов. Для первой категории предоставляются библиотека классов, примеры сервисы, на основе которых можно создать новые, что предусматривает ручное заполнение файлов

конфигурации сервисов, доработку и компиляцию исходного программного кода. Вторая категория обеспечивается стандартным набором сервисов, для которых файлы настроек можно создавать и модифицировать под свои нужды, используя инструментарий ABCSW.

Инструментарий ABCSW предназначен для автоматизации описания программных интерфейсов web-сервисов при конвертировании комплекса прикладных программ пользователя в научный вычислительный сервис, управление которым осуществляется на основе мультиагентного подхода. Данный инструментарий делится на две части, программное обеспечение (ПО) для конфигурации агентов мультиагентных систем, создаваемых при помощи HpcSoMaS Framework и ПО для конфигурации вычислительных сервисов под конкретные задачи пользователей. На рисунке 3 представлен пример программы настройки агентов, при помощи которой пользователь может подготовить агента к работе с вычислительным ресурсом, подключить необходимые вычислительные сервисы, схемы постановок задач, а также объединить агенты в единую систему.

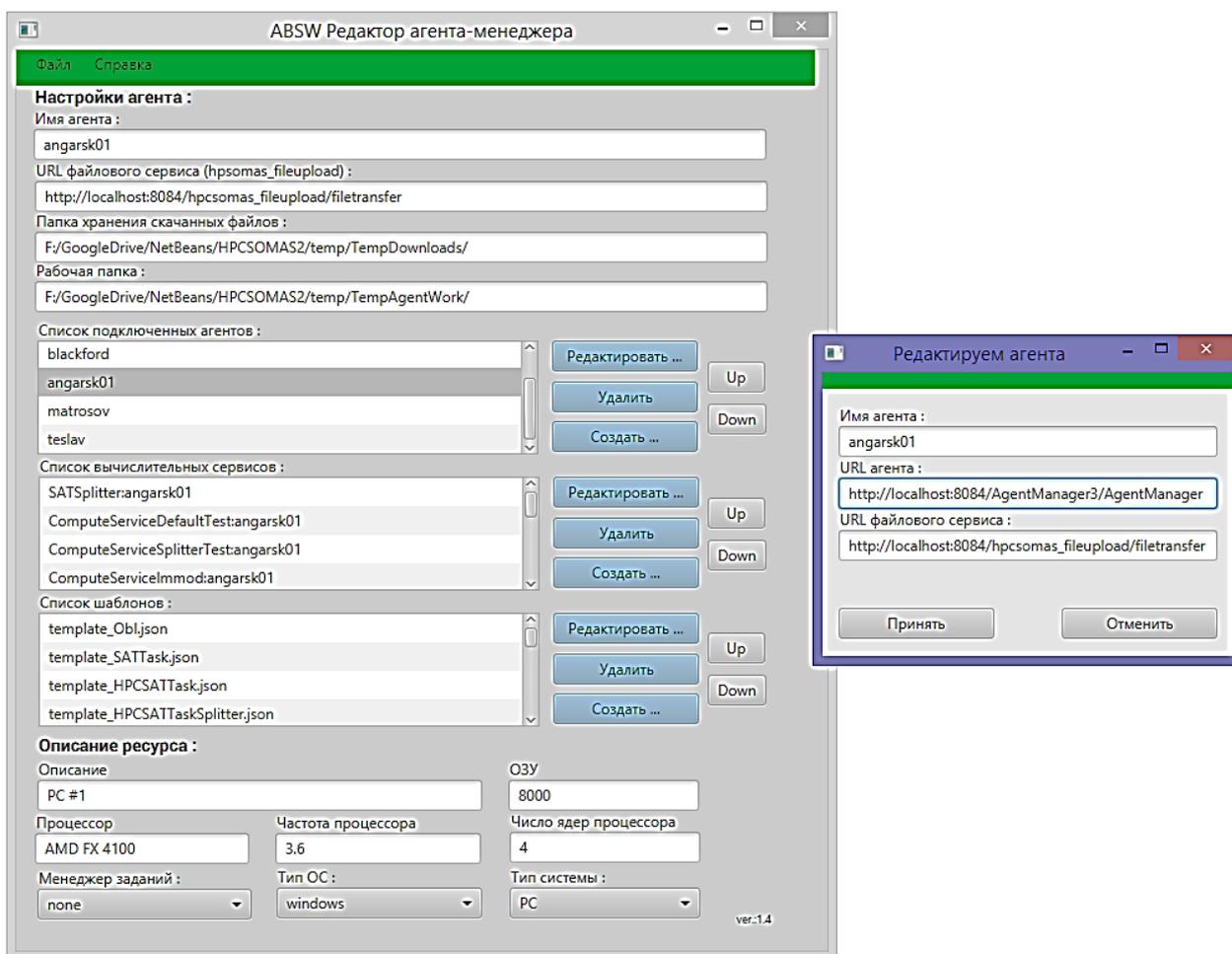


Рис. 3. Редактор агентов из инструментария ABCSW

Разработка системы HpcSoMaS была выполнена на кроссплатформенном языке программирования Java, а реализация агентов осуществлена при помощи веб-сервисов под управлением веб-сервера Apache Tomcat, что в совокупности позволяет гибко использовать эти средства на вычислительных ресурсах с разными операционными системами, а также использующих различные системы управления заданиями [4, 9]. Значительная часть параметров скомпилированных программ-сервисов вынесена в файлы конфигурации на

языке JSON, что позволяет, даже без дополнительных программных средств, лишь внося изменения в эти файлы, использовать одинаковые сервисы в решении различных задач пользователей. Для описания схем постановок задач также используются файлы на языке JSON, где представлены параметры задач и схема решения задач при помощи набора сервисов. Использование средств ABCSW позволяет генерировать как файлы конфигурации сервисов, так и схемы постановок задач пользователей в процессе взаимодействия с удобным GUI-интерфейсом, не вдаваясь в детали реализации самих сервисов.

**Пример применения.** Для демонстрации представленного подхода разработан научный сервис параметрического синтеза линейного регулятора для линейного динамического объекта. В процессе исследований решались две такие задачи, а именно задачи о статическом (приведена в [10]) и динамическом регуляторах по выходу [1]. В докладе рассматривается пример решения задачи о динамическом регуляторе. Постановка задачи следующая. Для системы

$$\dot{x} = Ax + Bu, y = Cx, \quad (1)$$

в которой  $x \in R^{n_x}$  – состояние объекта,  $u \in R^{n_u}$  – управление,  $y \in R^{n_y}$  – измеряемый выход, нужно выяснить, можно ли ее стабилизировать обратной связью вида

$$\begin{aligned} \dot{x}_r &= A_r x_r + B_r u, \\ u &= C_r x_r + D_r y, \end{aligned}$$

где  $x_r \in R^k$  – состояние регулятора. На матрицы  $A_r, B_r, C_r, D_r$  наложены интервальные ограничения. Уравнение замкнутой системы при  $k \neq 0$  имеет вид  $\dot{x}_c = A_c x_c$ , где  $x = \text{col}(x, x_r)$ . Блочная структура матрицы  $A_c$  приведена в [10].

В рассматриваемом примере матрицы системы (1) имеют вид [1]:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, C^T = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Интервальные ограничения:  $-2 \leq A_r \leq 2, -2 \leq B_r \leq 2, -2 \leq C_r \leq 2, -2 \leq D_r \leq 2$ .

Количество параметров регулятора первого порядка:  $n_p = 4$ . Множество параметров регулятора:  $p = \{p_1 = A_r, p_2 = B_r, p_3 = C_r, p_4 = D_r\}$ .

Поиск решения осуществлялся с помощью проведения многовариантных расчетов в точках сетки многомерного пространства параметров регулятора. В каждой точке сетки формировалась матрица замкнутой системы на основе значений параметров регулятора, соответствующих координатам точки. Затем вычислялся спектр матрицы. Если спектр матрицы находился строго в левой полуплоскости, то задача синтеза считалась решенной. Предварительно на основе прикладных программ с помощью ABCSW были созданы сервисы построения матрицы замкнутой системы  $A_c$ , вычисления спектра матрицы замкнутой системы  $A_c$ , нахождения обратной связи, построения области устойчивости в окрестности заданной точки сетки, представляющие собой в ВС реактивные вычислительные агенты и имеющие присущую им функциональность. С использованием HrcSoMas были разработаны агент-менеджер, пользовательский агент и агенты, выполняющие перечисленные в предыдущем пункте системные функции.

Для доступа к сервису вначале осуществляется авторизация в системе HrcSoMas. Открывается панель управления сервисами, имеющая четыре вкладки: "сервисы", "задания", "результаты", "ресурсы". На первой вкладке выбирается необходимый сервис. Затем с помощью web-интерфейса пользовательского агента формулируется постановка задачи.

Агент-менеджер выполняет декомпозицию запроса пользователя на подзадачи и осуществляет распределение ресурсов на уровне приложения пользователя, взаимодействуя с локальными агентами ВК. С помощью кнопки "вычислительные задания" панели управления сервиса можно посмотреть, на какие ресурсы распределены подзадачи. Данные о доступных вычислительных ресурсах можно увидеть на вкладке "ресурсы". Статус запроса можно посмотреть на вкладке "задания". После завершения процесса вычислений можно получить результаты, перейдя на соответствующую вкладку.

В результате работы сервиса был получен искомый регулятор, описываемый уравнениями

$$\begin{aligned}\dot{x}_r &= -1.5x_r - 2y, \\ u &= -0.1x_r - 1.4y,\end{aligned}$$

матрица замкнутой системы при такой обратной связи имеет следующие собственные значения:  $-4.1533E - 02 \pm j0.5297$ ,  $-1.4169$ .

На рис. 4 изображена веб-форма пользовательского агента, применяемая для формулирования постановки задачи на построение области устойчивости в окрестности точки сетки. Для найденной в результате работы сервиса точки устойчивости в ее окрестности была построена область устойчивости в пространстве трех параметров при фиксировании значения первого параметра. Результат работы сервиса построения области устойчивости приведен на рис. 5.

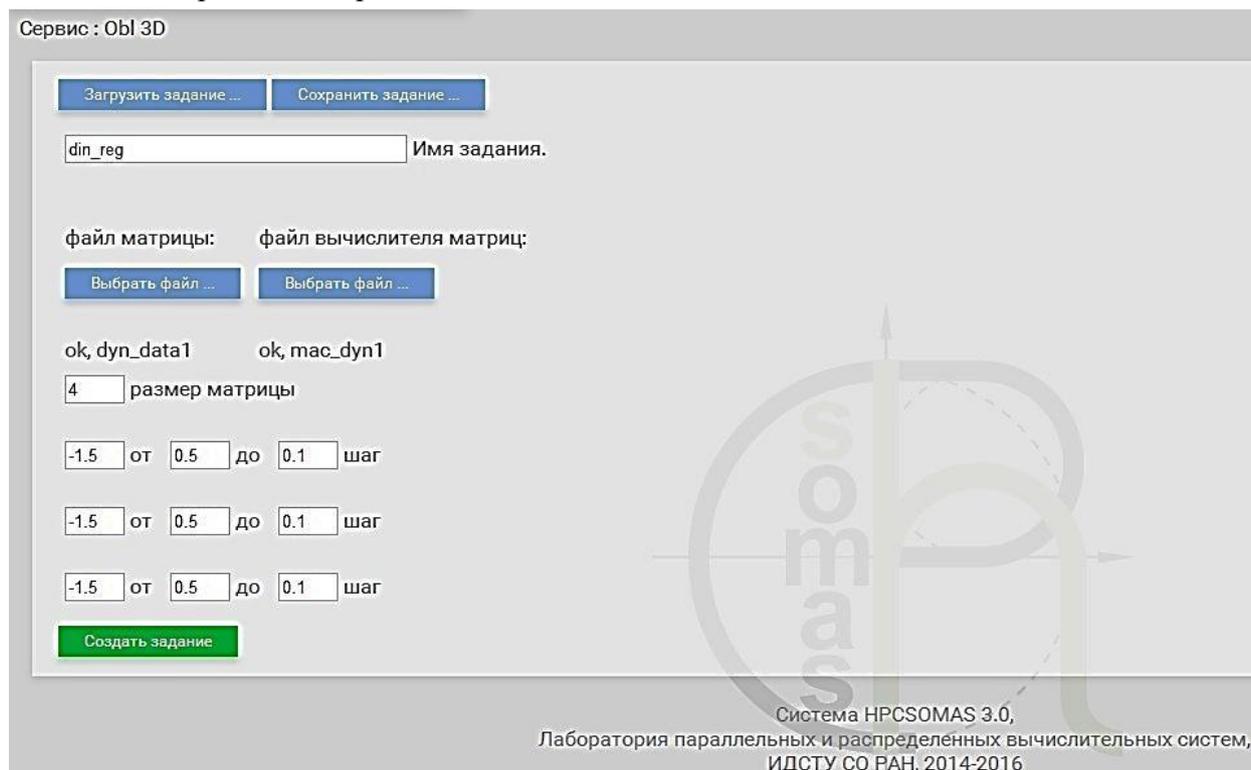
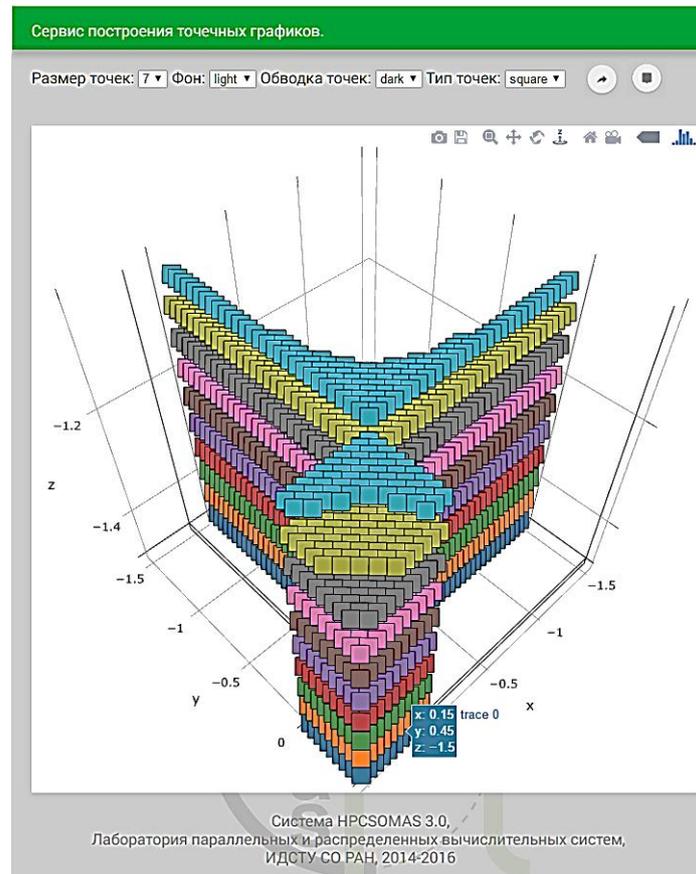


Рис. 4. Веб-интерфейс постановки задачи на построение области устойчивости

При проведении экспериментов использовались вычислительные ресурсы ИДСТУ СО РАН [8]. Применение высокопроизводительных вычислений дает возможность быстрого нахождения точек устойчивости за счет параллельной обработки точек сетки, при этом время вычислений линейно зависит от количества процессоров.



**Рис. 5.** Область устойчивости в окрестности точки  $(-1.5, -2; -0.1; -1.4)$ , шаг варьирования параметров 0.05

**Заключение.** Рассмотрены новые средства автоматизации разработки научного сервиса на основе прикладных программ с использованием мультиагентного подхода для организации управления параллельным выполнением многовариантных расчетов в высокопроизводительной вычислительной среде. Экспериментальные результаты показывают экономию трудозатрат пользователя, высокую масштабируемость и эффективность расчетов с помощью научных сервисов, созданных с помощью разработанных инструментальных средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландин Д.В., Коган М.Н. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств. М.: Физматлит, 2007. 280 с.
2. Богданова В.Г., Пашинин А.А. Мультиагентная система управления распределенными вычислениями HpcSoMas // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014661359 от 29.10.2014.
3. Богданова, А.А. Пашинин // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2015661460. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2015.
4. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Мультиагентные методы и инструментальные средства управления в сервис-ориентированной распределенной вычислительной среде // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26. Вып. 5. С. 65-82.

5. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Пашинин А.А.. Сервис-ориентированный подход к мультиагентному управлению распределенными вычислениями // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления «ВСПУ-2014» (Москва, 16-19 июня 2014 г.). М.: ИПУ РАН, 2014. ISBN 978-5-91450-151-5. С. 8942-8953.
6. Валуев И.А., Морозов И.В. Библиотека для управления заданиями на удаленных вычислительных ресурсах и распределенных системах // Тр. Междунар. суперкомпьютерной конф. «Научный сервис в сети Интернет: все грани параллелизма» (Новороссийск, 22-27 сентября 2013 г.). М.: Изд-во МГУ. 2013. С. 57-64.
7. Гергель В.П., Сенин А.В. Разработка системы управления интегрированной средой высокопроизводительных вычислений «метакластер» // Вестник НГУ. 2010. № 6. С. 186-194.
8. Иркутский суперкомпьютерный центр Сибирского отделения РАН // URL: <http://hpc.icc.ru> (дата обращения 25.05.2016).
9. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Инструментальные средства организации мультиагентного подхода к управлению распределенными вычислениями // Труды XIX Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск-Байкал, 28 июня – 7 июля, 2014 г.). Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2014. С. 97-105.
10. Поляк Б.Г., Щербаков П.С. Трудные задачи линейной теории управления. Некоторые подходы к решению // Автоматика и телемеханика. 2005. № 5. С. 7-46.
11. Bogdanova V. G., Bychkov I. V., Korsukov A. S., Oparin G. A., and Feoktistov A. G. Multiagent Approach to Controlling Distributed Computing in a Cluster Grid System // Journal of Computer and Systems Sciences International, 2014. Vol. 53. No. 5. Pp. 713–722. DOI: 10.1134/S1064230714040030.

UDK 004.421+004.4'2+004.771

## TOOLS FOR SCIENCE SERVICES DEVELOPMENT AUTOMATION

Vera G. Bogdanova<sup>1</sup>

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Senior researcher, e-mail: [bvg@icc.ru](mailto:bvg@icc.ru)

Anton A. Pashinin<sup>1</sup>

Junior researcher, e-mail: [apcrol@gmail.com](mailto:apcrol@gmail.com)

<sup>1</sup>Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Lermontov str., 134, Post Box 292 664033, Irkutsk, Russia), e-mail: [idstu@icc.ru](mailto:idstu@icc.ru)

**Abstract.** The article considers the tools for science services development automation that provide high performance resources remote access and parallel computing of user application in distributed computing environment based on multivariate calculations. Article also provides an example of the tools application for the task of linear regulator parametric synthesis for linear object.

**Keywords:** multiagent systems, service, multivariate calculations.

## References

1. Balandin D.V., Kogan M.N. Sintez zakonov upravleniya na osnove linejnyh matrichnyh neravenstv [Synthesis of linear quadratic control laws on basis of linear matrix inequalities]. Moscow. Fizmatlit. 2007. P. 280 (in Russian)
2. Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Mul'tiagentnaya sistema upravleniya raspredelennymi vychisleniyami HpcSoMas [A multi-agent distributed computing management system HpcSoMas] // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EHVM № 2014661359. 2014. (in Russian)
3. Bogdanova, A.A. Pashinin Instrumental'nye sredstva avtomatizacii sozdaniya vychislitel'nyh servisov dlya mnogovariantnyh raschetov ABCSW [Automation tools ABCSW for creating multivariate calculations computing services] // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EHVM № 2015661460. 2015. (in Russian)
4. Bychkov I.V., Oparin G.A., Feoktistov A.G., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Mul'tiagentnye metody i instrumental'nye sredstva upravleniya v servis-orientirovannoj raspredelenoj vychislitel'noj srede [Multiagent methods and tools for service-oriented distributed computing environment management] // Proceedings of Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences RAN. 2014. T. 26. No. 5. Pp. 65-82. (in Russian)
5. Bychkov I.V., Oparin G.A., Feoktistov A.G., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.. Servis-orientirovannyj podhod k mul'tiagentnomu upravleniyu raspredelennymi vychisleniyami [Service-oriented approach for multi-agent distributed computing management] // Trudy XII Vserossijskogo soveshchaniya po problemam upravleniya «VSPU-2014» (Moscow, 16-19 June 2014). M.: IPU RAN, 2014. ISBN 978-5-91450-151-5. C. 8942-8953. (in Russian)
6. Valuev I.A., Morozov I.V. Biblioteka dlya upravleniya zadaniyami na udalennyh vychislitel'nyh resursah i raspredelennyh sistemah [Job queuing library for remote computing resources and distributed systems] // Trudy Mezhdunar. superkomp'yuternoj konf. «Nauchnyj servis v seti Internet: vse grani parallelizma» (Novorossiysk, 22-27 September 2013). M.: Izd-vo MGU, 2013. Pp. 57-64.
7. Gergel' V.P., Senin A.V. The development of «Metacluster» system for high performance computing integrated environment management // Vestnik NGU. 2010. No. 6. Pp. 186-194. (in Russian)
8. Irkutsk Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences. Available at: <http://hpc.icc.ru>, accessed 25.05.2016). (in Russian)
9. Pashinin A.A., Bogdanova V.G. Instrumental'nye sredstva organizacii mul'tiagentnogo podhoda k upravleniyu raspredelennymi vychisleniyami [Tools for organizing multi-agent approach to the management of distributed computing] // Trudy XIX Bajkal'skoj Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem «Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii» (Irkutsk-Baikal, 28 June – 7 July, 2014). Irkutsk: ESI SB RAS. 2014. Pp. 97-105. (in Russian)
10. Polyak B.G., SHCHerbakov P.S. Hard Problems in Linear Control Theory: Possible Approaches to Solution // Autom Remote Control, 2005. No. 5. Pp. 7-46. DOI: 10.1007/s10513-005-0115-0.  
Bogdanova V.G., Bychkov I.V., Korsukov A.S., Oparin G.A., and Feoktistov A. G. Multiagent Approach to Controlling Distributed Computing in a Cluster Grid System //Journal of Computer and Systems Sciences International, 2014. Vol. 53. No. 5. Pp. 713–722. DOI: 10.1134/S1064230714040030.

УДК 004.942+004.272

## АСПЕКТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МУЛЬТИАГЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ

**Феоктистов Александр Геннадьевич**

К.т.н., доцент, с.н.с. лаборатории

«Параллельные и распределенные вычислительные системы»,

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН,

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 134, e-mail: agf65@yandex.ru

**Корсуков Александр Сергеевич**

К.т.н., н.с. лаборатории «Параллельные и распределенные вычислительные системы»,

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН,

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 134, e-mail: alexask@mail.ru

**Дядькин Юрий Алексеевич**

Аспирант, Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН,

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 134, e-mail: dyadkin\_ua@inbox.ru

**Аннотация.** В статье представлено развитие исследований по анализу эффективности и надежности распределенной вычислительной среды. Основное внимание уделено вопросам автоматизации построения имитационной модели мультиагентной системы управления вычислениями в распределенной вычислительной среде. Процесс создания имитационной модели базируется на использовании каркасного подхода к конструированию программ. Гибкая модернизация фрагментов, моделирующих отдельных агентов, обеспечивается возможностью подключения к модели «внешних» библиотек алгоритмов функционирования этих агентов. Процесс подключения «внешних» библиотек и разработки алгоритмов функционирования агентов определяется специальными интерфейсами и спецификациями.

**Ключевые слова:** распределенная вычислительная среда, имитационное моделирование, инструментальный комплекс, интерфейс пользователя, каркасный подход.

**Введение.** В настоящее время требуемая эффективность управления масштабируемыми приложениями в современной разнородной распределенной вычислительной среде (РВС) [1, 2, 4] может быть достигнута только за счет интеллектуализации системы управления [7]. Масштабируемость вычислений заключается в том, что вычислительная нагрузка, связанная с решением задачи, распределяется между вычислительными единицами разнородных узлов РВС, а время решения задачи уменьшается обратно пропорционально числу вычислительных единиц с учетом их производительности в составе конкретного узла РВС. Широко распространенным на практике подходом к интеллектуализации систем управления распределенными вычислениями [13, 14, 16] является применение мультиагентных технологий [15]. Для повышения эффективности системы управления распределенными вычислениями в РВС требуется исследование

алгоритмов планирования вычислений и распределения ресурсов, используемых в этой системе, на основе имитационного моделирования.

**1. Инструментальный комплекс SIRIUS II.** Для исследования эффективности алгоритмов планирования вычислений и распределения ресурсов РВС [3] в ИДСТУ СО РАН разрабатывается специализированный инструментальный комплекс (ИК) SIRIUS II, архитектура которого представлена на рис. 1.

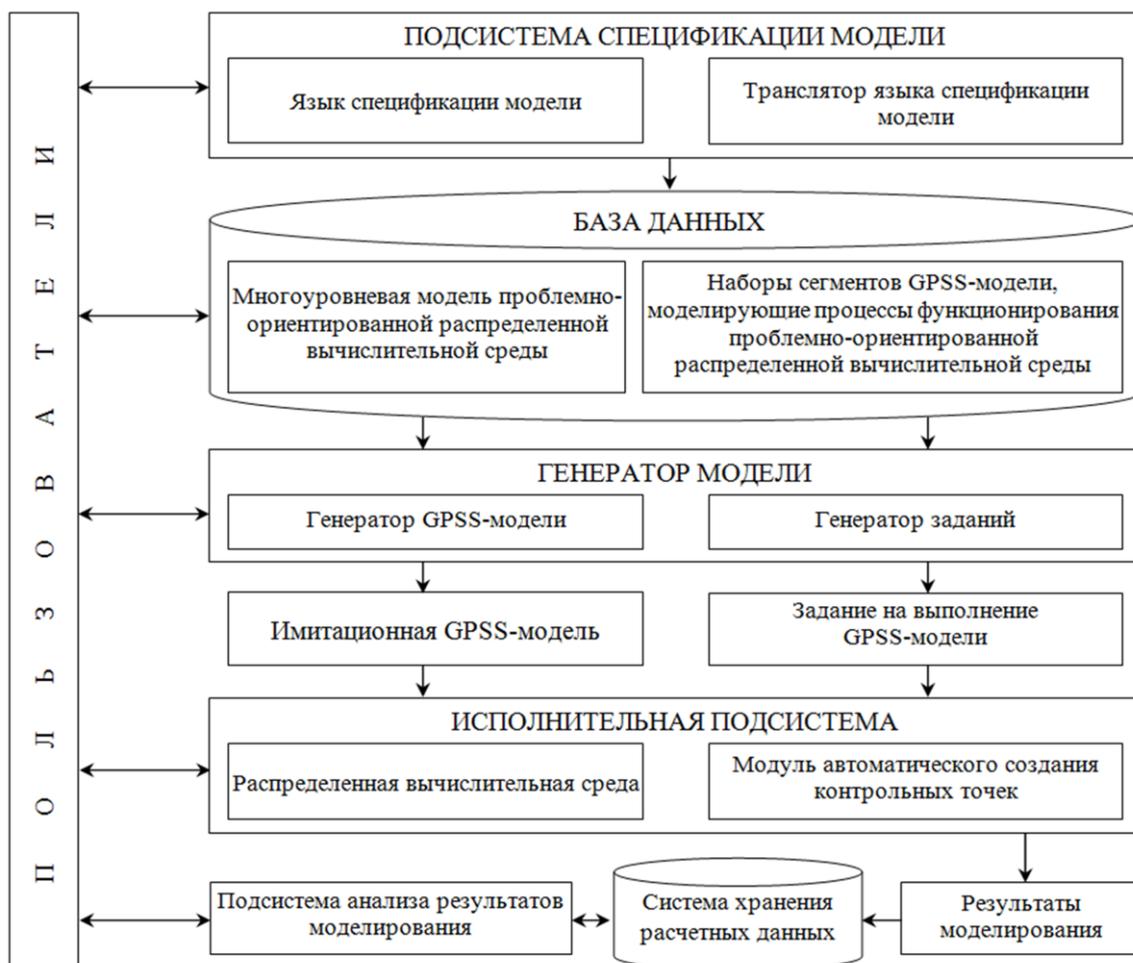


Рис. 1. Архитектура инструментального комплекса SIRIUS II

При создании агрегированной имитационной модели используется подсистема спецификации модели ИК SIRIUS II, представляющая собой инструментальное средство, обеспечивающее: описание агрегированной многоуровневой имитационной модели с высокой степенью привязки к конкретной предметной области; трансляцию данного описания в термины языка SQL для получения файла базы данных; автоматическое построение пользовательского графического интерфейса для взаимодействия пользователей различных категорий с инструментальным комплексом и наполнения специфицированной модели реальными данными. Построение пользовательского графического интерфейса для подсистемы спецификации модели осуществляется с помощью системы ГеоАРМ [10, 11]. Схема работы подсистемы спецификации модели представлена на рис. 2.

Разрабатываемое инструментальное средство функционирует на верхнем уровне архитектуры ИК, отвечает за подсистему спецификации модели и обеспечивает работу с

различными категориями пользователей: разработчиками моделей и конечными пользователями, использующими разработанные модели.



Рис. 2. Схема работы подсистемы спецификации модели

Разработчик модели описывает имитационную модель на специальном языке. Затем модель транслируется в термины языка SQL. Описание модели на языке SQL передается системе ГеоАРМ для построения уникального графического пользовательского интерфейса для каждой конкретной модели, после чего разработчик модели может наполнять ее необходимыми данными. Совокупность описаний (библиотека) имитационных моделей хранится в специальной БД. Данная технология предполагает создание библиотеки моделей, которые впоследствии могут быть использованы другими специалистами предметной области для создания своих моделей. Существует возможность импорта данных из уже готовых моделей, обеспечивающая комплексирование по данным.

Язык спецификации модели относится к языкам описания онтологий [8] и предназначен для описания модели РВС и включает в себя набор базисных символов (символы входного алфавита, константы, имена операторов, специальные символы) и множество операторов. Операторы специфицируют операции создания элементов модели, а также задания отношений между этими элементами. Операции изменения и удаления элементов модели не предусмотрены в языке. Отсутствие необходимости этих операторов обусловлено двумя режимами работы транслятора модели: режим добавления (при котором создаются новые элементы модели) и режим замещения (при котором ранее созданные конкретным пользователем элементы удаляются и создаются новые), что позволяет сделать язык более компактным.

Разработка специализированного языка спецификации модели обусловлена тем, что описание такой модели с помощью языков аналогичного назначения [8], например, язык Resource Description Framework (RDF), в 2-2.5 раза превышает объем текста модели рассматриваемого языка.

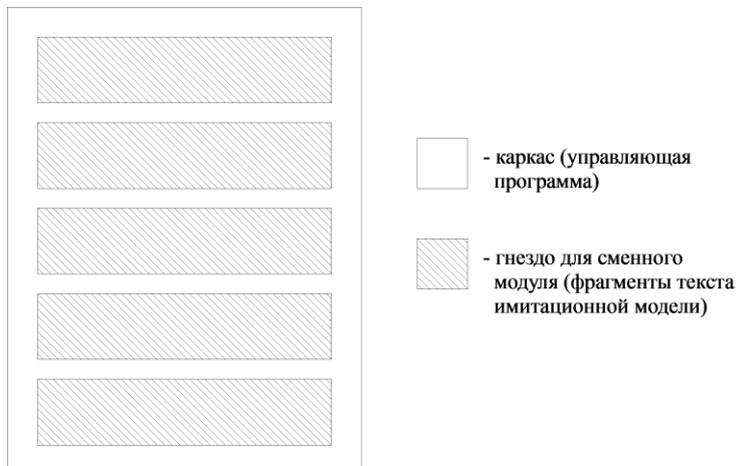
Генератор модели предназначен для автоматизации построения имитационной модели на языке GPSS [12] на основе каркасного подхода с использованием библиотеки готовых программных фрагментов, моделирующих процессы функционирования РВС.

Исполнительная подсистема обеспечивает параллельное проведение многовариантных имитационных расчетов на основе созданных моделей с поддержкой механизмов контрольных точек.

Подсистема анализа результатов моделирования использует традиционные для GPSS-моделей средства факторного и регрессионного анализа данных [12], а также реализует

различные механизмы многокритериального выбора значений наблюдаемых переменных модели [9].

**2. Каркасный подход.** Имитационная модель строится на базе специфицированной модели РВС с применением языка GPSS и использованием каркасного подхода [5] (рис. 3).



**Рис. 3.** Каркасный подход

В контексте данного подхода каждая версия пакета программы состоит из двух обязательных частей: каркаса и гнезд. Каркас имитационной модели представляет собой неизменяемую от версии к версии часть программы и включает в себя совокупность изменяемых частей – гнезд, в которые помещаются сменные модули.

Совокупность модулей представляет собой библиотеку фрагментов имитационной модели, каждый из которых моделирует отдельный процесс объекта изучаемой системы. Варьируя содержимым гнезд в различных комбинациях можно достичь всего многообразия формируемых версий.

Так, например, в каркасе выделяются несколько блоков: для описания переменных, констант, процедур и задания модельного времени.

В работе [6] подробно описывается процесс создания имитационной модели для анализа работы локальной вычислительной сети. Для проведения эксперимента может понадобиться многократный прогон модели с различными параметрами: число узлов, обменивающихся информацией, число коммуникационных устройств, связывающих сетевые узлы, описание параметров локальной вычислительной сети (задержка пакета на концентраторе, время ожидания ответа узлом отправителем и так далее), закон распределения поступления сообщений в сеть, различные алгоритмы имитации обмена информационными сообщениями, описание алгоритмов агентов для распределения вычислительных ресурсов РВС. Чтобы автоматизировать процесс создания отличающихся имитационных моделей используются гнезда, в которых могут быть подставлены соответствующие модули. На рисунках 4-7 мы видим гнезда имитационной модели, в которых находятся модули, задающие общие параметры сети, параметры узлов, концентраторов и агентов.

MIN_FRAME_SIZE	EQU	512	; Минимальный размер кадра (72 байта)
MAX_FRAME_SIZE	EQU	12176	; Максимальный размер кадра (72 байт)
SEND_FRAME_TIME	EQU	0.001	; Время на передачу 1 бита кадра (0.1 микросекунды)
INTERFRAME	EQU	0.096	; Выдержка перед выдачей кадра на узле (9.6 микросекунды)
INTERFRAME_TIME	EQU	960000	; Среднее время поступления кадров (300 билетов/с)
FRAME_RETRIES	EQU	16	; Количество попыток передачи кадра при коллизии
Fraction_Short_Msgs	EQU	600	; Short Msgs in parts per thousand
JAM_TIME	EQU	0.032	; Время на передачу специальной Jam-последовательности при коллизии

Рис. 4. Сменный модуль для задания параметров сети

HUB_COUNT	EQU	7	; Количество концентраторов
HUB_DELAY	EQU	0.019	; Задержки на концентраторе

Рис. 5. Сменный модуль для задания параметров концентраторов

HUB_COUNT	EQU	7	; Количество концентраторов
HUB_DELAY	EQU	0.019	; Задержки на концентраторе

Рис. 6. Сменный модуль для задания параметров узлов

```

PROCEDURE Define_class()
BEGIN
    return Call_String("lib.dll", "Def_class", "35");
END;
    
```

Рис. 7. Сменный модуль для вызова агента, определяющего класс задания

Таким образом, сочетая модули в необходимом нам порядке, мы получаем отдельные версии имитационных моделей, каждая из которых может быть протестирована на отдельном узле РВС, что позволяет сэкономить время на прогонах.

**3. Генератор модели.** Для создания каркаса модели и выделения в нем необходимого количества гнезд различного назначения используется приложение «Конструктор модели», представленный на рис. 8.

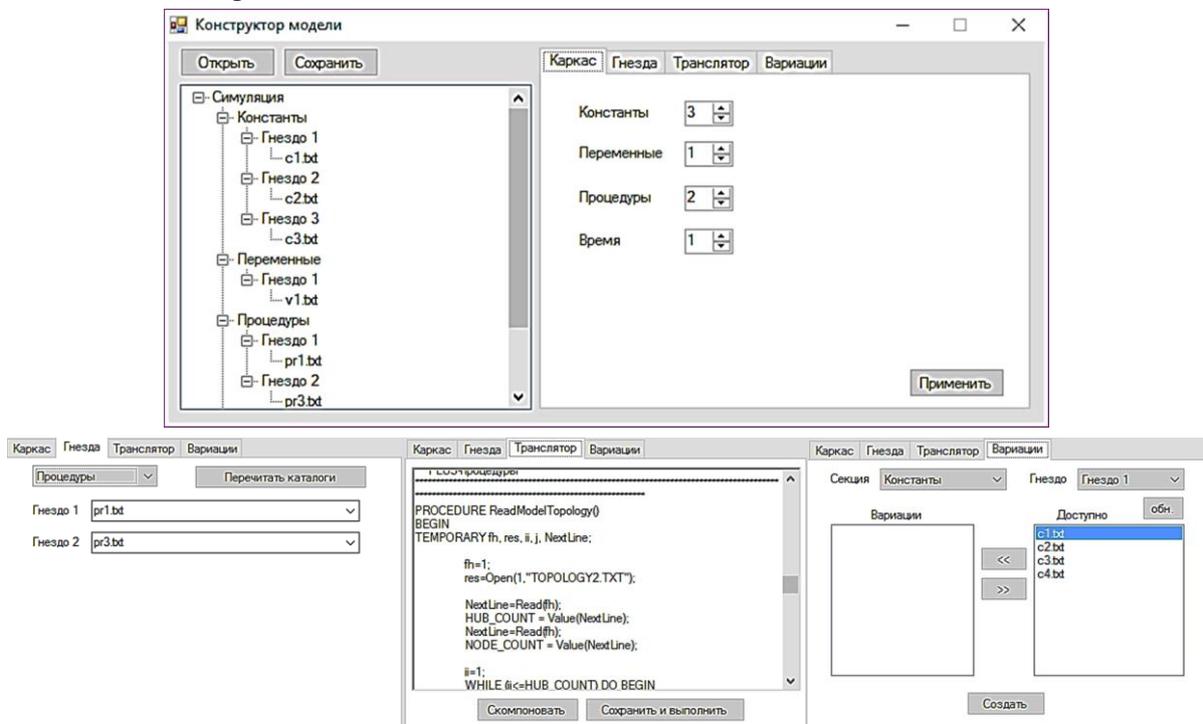


Рис. 8. Конструктор модели для формирования каркаса, гнезд и подстановки модулей

На вкладке «Каркас» формируется каркас имитационной модели и определяется число гнезд различного назначения: для констант, переменных, пользовательских процедур и задания модельного времени. После того, как каркас создан, на вкладке «Гнезда» можно подставить в выделенные гнезда соответствующие модули. Вкладка «Транслятор» позволяет получить полный текст модели. Вкладка «Вариации» необходима для создания множества вариантов имитационной модели с различным наполнением гнезд.

**Заключение.** Рассмотренный подход к созданию агрегированных многоуровневых имитационных моделей с использованием ИК SIRIUS II позволяет автоматизировать процесс создания имитационных моделей, описывать предметно-ориентированные имитационные модели для РВС различным категориям пользователей с высокой степенью привязки к моделируемой предметной области; обеспечивает открытый доступ к библиотекам моделей и позволяет использовать их как шаблоны для создания новых моделей, анализировать эффективность алгоритмов агентов для планирования вычислений и распределения ресурсов РВС.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 15-29-07955-офи\_м и № 16-07-00931-а.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков И.В., Корсуков А.С., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г. Инструментальный комплекс для организации гетерогенных распределенных вычислительных сред // Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. № 1. С. 45-54.
2. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Корсуков А.С. Децентрализованное управление потоками заданий в интегрированной кластерной системе // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2011. Т. 9. Вып. 2. С. 42-54.
3. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Корсуков А.С. Испытание и оценка надежности интегрированных кластерных систем на основе их комплексного моделирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 3. С. 3-8.
4. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Корсуков А.С. Распределение заданий в интегрированной кластерной системе на основе их классификации // Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. № 2. С. 25–32.
5. Горбунов-Посадов М.М. Расширяемые программы / М.М. Горбунов-Посадов. М.: Полиптих. 1999. 336 с.
6. Дядькин Ю. А. Инструментальное средство моделирования разнородной распределенной вычислительной среды // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/122-21388> (дата обращения: 21.08.2015).
7. Коваленко В.Н., Корягин Д.А. Грид: истоки, принципы и перспективы развития // Информационные технологии и вычислительные системы. 2008. № 4. С. 38-50.
8. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах. М.: Научный мир. 2010. 224 с.
9. Феоктистов А.Г. Управление сложной системой на основе методологии многокритериального выбора управляющих воздействий // Фундаментальные исследования. 2015. № 9-1. С. 82-86.

- 10.Фереферов Е.С., Бычков И.В., Хмельнов А.Е. Технология разработки приложений баз данных на основе декларативных спецификаций // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19. № 5. С. 85 – 100.
  - 11.Фереферов Е.С., Хмельнов А.Е. Автоматизация создания пользовательского интерфейса на основе модели приложения баз данных // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 9. С. 100-118.
  - 12.GPSS World Tutorial Manual. Режим доступа: [http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial\\_manual.htm](http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial_manual.htm) (дата обращения 13.06.2016).
  - 13.Henderson R. Job scheduling under the portable batch system / Job scheduling strategies for parallel processing. Springer, 1995. Pp. 279–294.
  - 14.Herrera J., Huedo E., Montero R., Llorente I. Porting of Scientific Applications to Grid Computing on GridWay // Scientific Programming. 2005. Vol. 13, № 4. Pp. 317–331.
  - 15.Jennings N. An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems // Communications of the ACM. 2001. V. 44. № 4. Pp. 35-41.
  - 16.Litzkow M., Livny M., Mutka M. Condor – A Hunter of Idle Workstations // 8th Int. Conf. of Distributed Computing Systems (ICDCS). IEEE CS Press. Los Alamitos. CA. USA. 1988. Pp. 104–111.
- 

**UDK 004.942+004.272**

**THE ASPECTS OF SIMULATION MODELING OF PROCESSES OF MULTIAGENT CONTROL OF DISTRIBUTED COMPUTING**

**Aleksandr G. Feoktistov**

Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor

Senior Research Officer of the Laboratory of Parallel and Distributed Computing Systems

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: agf65@yandex.ru

**Aleksandr S. Korsukov**

Ph.D. of Engineering Sciences

Research Officer of the Laboratory of Parallel and Distributed Computing Systems

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: alexask@mail.ru

**Yuriy A. Dyad'kin**

Post-graduate student

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: dyadkin\_ua@inbox.ru

**Abstract.** The authors of the article represent the development of researches on efficiency analysis and reliability of the distributed computing environment. The main attention is paid to automation in creation of a simulation model of a multiagent system

that controls computation in a distributed computing environment. The process of creation of a simulation model is based on use of frame approach to software development. The flexible upgrade of the fragments that simulate certain agents is attained with connection to model of "external" libraries of algorithms that provide agents functionality.

The special interfaces and specifications let a developer connect to "external" libraries that contain agents functionality algorithms.

**Keywords:** distributed computing environment, simulation modeling, toolkit, user interface, frame approach.

### References

1. Bychkov I.V., Korsukov A.S., Oparin G.A., Feoktistov A.G. Instrumental'nyy kompleks dlya organizatsii geterogennykh raspredelennykh vychislitel'nykh sred [The toolkit for organization of heterogeneous distributed computing environment]. Information technologies and computing systems. 2010. No 1. Pp. 45-54. (in Russian).
2. Bychkov I.V., Oparin G.A., Feoktistov A.G., Korsukov A.S. Detsentralizovannoe upravlenie potokami zadaniy v integrirovannoy klasternoy sisteme [Decentralized job flow control in the integrated cluster system]. Novosibirsk State University Journal of Information Technologies. 2011. Vol. 9. No 2. Pp. 42-54. (in Russian).
3. Bychkov I.V., Oparin G.A., Feoktistov A.G., Korsukov A.S. Ispytanie i otsenka nadezhnosti integrirovannykh klasternykh sistem na osnove ikh kompleksnogo modelirovaniya [Testing and Evaluation of Reliability integrated cluster systems based on complex modeling]. Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii (Herald of computer and information technologies). 2013, No 3. Pp. 3-8. (in Russian).
4. Bychkov I.V., Oparin G.A., Feoktistov A.G., Korsukov A.S. Raspredelenie zadaniy v integrirovannoy klasternoy sisteme na osnove ikh klassifikatsii [The distribution of jobs in the integrated cluster system on the basis of their classification]. Computational Technologies. 2013. Vol. 18. No 2. Pp. 25–32. (in Russian).
5. Gorbunov-Posadov M.M. Rasshiriaemye programmy [Expanded programs]. Moscow, Poliptikh, 1999, 336 p. (in Russian).
6. Dyad'kin Yu. A. Instrumental'noe sredstvo modelirovaniya raznorodnoy raspredelennoy vychislitel'noy sredy [The Toolkit for Modeling of Heterogeneous Distributed Computing Environments]. Modern Problems of Science and Education. 2015. No 2. Available at: <http://www.science-education.ru/122-21388>, accessed 11.06.2016 (in Russian).
7. Kovalenko V.N., Koryagin D.A. Grid: istoki, printsipy i perspektivy razvitiya [Grid: sources, principles and development prospects]. Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy, 2008. No 4. Pp. 38-50. (in Russian).
8. Lapshin V.A. Ontologii v komp'yuternykh sistemakh [Ontologies in computer systems]. Moscow. Scientific world. 2010. 224 p. (in Russian).
9. Feoktistov A.G. Upravlenie slozhnoy sistemoy na osnove metodologii mnogokriteri-al'nogo vybora upravlyayushchikh vozdeystviy [The Management of Complex Systems Based on the Methodology of Multi-criteria Choice of Control Actions]. Fundamental research, 2015, no 9-1, pp. 82-86. (in Russian).

10. Fereferov E.S., Bychkov I.V., Khmel'nov A.E. Tekhnologiya razrabotki prilozheniy baz dannykh na osnove deklarativnykh spetsifikatsiy [Technology for database applications based on declarative specifications] / Computational technologies. 2014. Vol. 19. No 5. Pp. 85-100. (in Russian).
11. Fereferov E.S., Khmel'nov A.E. Avtomatizatsiya sozdaniya pol'zovatel'skogo interfeysa na osnove modeli prilozheniya baz dannykh [Automatization of user interface creation based on models of database application]. The Buryat State University Bulletin. 2013. No. 9. Pp. 100–109. (in Russian).
12. GPSS World Tutorial Manual. Available at: [http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial\\_manual.htm](http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial_manual.htm), accessed 13.06.2016.
13. Henderson R. Job scheduling under the portable batch system / Job scheduling strategies for parallel processing. Springer. 1995. Pp. 279–294.
14. Herrera J., Huedo E., Montero R., Llorente I. Porting of Scientific Applications to Grid Computing on GridWay. Scientific Programming. 2005. Vol. 13. No 4, Pp. 317–331.
15. Jennings N. An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems. Communications of the ACM. 2001. Vol. 44. No 4, Pp. 35-41.
16. Litzkow M., Livny M., Mutka M. Condor – A Hunter of Idle Workstations. 8th Int. Conf. of Distributed Computing Systems (ICDCS). IEEE CS Press. Los Alamitos. CA. USA. 1988. Pp. 104–111.

УДК 004.75

## ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПОЗИЦИИ СЕРВИСОВ В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ <sup>1</sup>

**Фёдоров Роман Константинович**

В.н.с., к.т.н., Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО  
РАН, 664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова 134, e-mail: [fedorov@icc.ru](mailto:fedorov@icc.ru)

**Шумилов Александр Сергеевич**

Асп., Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН,  
664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова 134, e-mail: [alexshumilov@yahoo.com](mailto:alexshumilov@yahoo.com)

**Аннотация:** В последнее время активно применяется сервисо-ориентированная архитектура вычислений, в которой вычислительные модули выполнены в виде сервисов, доступных через сеть Интернет. При совместном эксплуатации распределенных сервисов возникает проблема планирования их использования с учетом специфики среды, а именно: вычислительные узлы могут менять свою доступность, сервисы могут менять свою скорость выполнения. Также сама композиция сервисов может менять свою структуру. Для решения данной проблемы в тесной интеграции с Геопорталом ИДСТУ СО РАН был разработан и реализован планировщик композиций веб-сервисов, позволяющий составлять и перестраивать расписание выполнения композиций сервисов в зависимости от изменения состояния среды и композиции. Данный планировщик был апробирован и интегрирован в существующую инфраструктуру Геопортала.

**Ключевые слова:** сервисо-ориентированная архитектура, Web Processing Service, JavaScript, оркестрация сервисов

**Введение.** В последнее время активно развивается сервисо-ориентированная архитектура вычислений (SOA – Service-Oriented Architecture) [6], которая предполагает представление каких-либо программных компонентов в виде отдельных вычислительных сервисов. Основными преимуществами данного подхода являются независимость сервисов друг от друга, гибкость использования, сравнительно легкое тестирование и отладка, масштабируемость и возможность повторного использования. Обычно сервисы имеют интерфейс, доступ и описание которого определяется каким-либо из стандартов, например, одними из самых распространенных стандартов интерфейсов сервисов являются SOAP (Simple Object Access Protocol), RPC (Remote Procedure Call), REST (Representational State Transfer).

Аналогичная тенденция наблюдается и в области обработки геоинформации – все больше вычислений производится с помощью отдельных сервисов, а уже существующие приложения внедряют поддержку выполнения удаленных сервисов. Например, известный программный продукт QGIS позволяет вызывать и использовать результаты работы удаленных сервисов. Говоря о стандартах для геоинформационных сервисов, необходимо упомянуть о стандарте WPS (Web Processing Service) [10], разработанном концерном OGC (Open Geospatial Consortium) и определяющим механизм описания и выполнения сервисов, а

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, номер гранта 14-07-00166.

также позволяющим передавать различные специальные геоинформационные данные. Длительность выполнения сервисов, базирующихся на WPS, не ограничена. Данный стандарт основан на формате данных XML, в качестве среды передачи обычно используется протокол HTTP.

Основные преимущества SOA, описанные ранее, наиболее выгодно проявляются при использовании композиций сервисов, то есть цепочек выполнения сервисов, в которых сервисы обмениваются между собой данными и в результате выполнения цепочки сервисов ожидается определенный результат. Связь между сервисами может быть как линейной, когда сервисы выполняются по порядку, так и сложной структуры, когда выполнение сервисов зависит от каких-либо промежуточных результатов, должна выполняться промежуточная обработка результатов выполнения, и т.д.

Для составления композиций сервисов в ИДСТУ СО РАН был разработан способ описания и выполнения композиций WPS-сервисов в виде сценариев на языке программирования JavaScript [1], который был тесно интегрирован с подсистемами Геопортала ИДСТУ СО РАН. Сценарии композиций сервисов представляют собой скрипты, в которых вызов сервисов осуществляется с помощью специальных функций, закреплённых за каждым сервисом. В скриптах можно использовать все конструкции самого языка JavaScript и выполнять обработку промежуточных параметров сервисов, что позволяет составлять сложные и гибкие сценарии. Участвующие в сценариях сервисы должны быть предварительно зарегистрированы на Геопортале и могут находиться на любом вычислительном узле независимо от его месторасположения и характеристик, таким образом, Геопорталу известно только их сетевое расположение, метаописание параметров и характеристики самих вычислительных узлов.

Нередко в сценариях WPS сервисов вызываются два и более сервисов, выполняющихся на различных вычислительных узлах и активно обменивающихся данными. В таком случае возникает проблема планирования их выполнения для минимизации времени выполнения всего сценария. Результатом планирования должен являться план выполнения всех сервисов, участвующих в сценарии, определяющий, какие сервисы, в каком порядке и на какие узлы должны быть назначены.

Таким образом, планировщик выполнения композиций распределённых веб-сервисов в гетерогенной среде направлен на решение проблемы минимизации времени выполнения композиций сервисов [11].

**1. Обзор средств.** Проблема составления планов в целях минимизации времени выполнения сервисов или каких-либо вычислительных единиц имеет долгую историю. На заре становления распределённых систем бурно развивалась область статических способов планирования, в дальнейшем развитие получила область динамических способов планирования выполнения. Стоит отметить, что данная проблема встречается в самых различных областях информационных технологий – как при проектировании микропроцессоров, так и при кластерных вычислениях. Приведенный ниже обзор концентрирует внимание на наиболее общих подходах к планированию.

Статическими алгоритмами планирования называются такие алгоритмы, которые составляют расписание выполнения сервисов еще до момента вызова первого сервиса. Одним их наиболее популярных и эффективных алгоритмов статического составления планов является алгоритм HEFT (Heterogeneous earliest finish time), являющийся подвидом

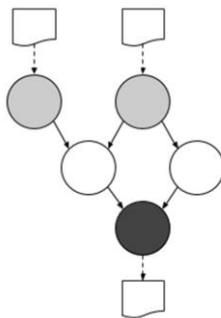
списковых алгоритмов [5, 6], которые характеризуются тем, что в них вызовы сервисов сортируются по какому-либо параметру и назначение на узлы происходит по порядку [2]. Суть алгоритма заключается в том, для каждого вызова сервиса подсчитывается специальная величина. Эта величина подсчитывается путем прохода графа снизу вверх, то есть от конечного узла к входящим. На основе этой величины сервисы сортируются по убыванию и происходит их последовательное назначение на вычислительные узлы. Назначение происходит на самый незанятый в данный момент узел.

Немаловажным является и тот факт, что в силу распределённости сервисов возникает непредсказуемость состояния самой среды по мере выполнения сценария, который может выполняться в течение неограниченного времени. По мере выполнения сценария часть вычислительных узлов может прекращать свою работу, часть узлов может, наоборот, становиться доступной для вычислений, сервисы могут менять свои временные характеристики и на основе каких-либо промежуточных результатов часть сервисов может быть исключена из плана. Таким образом, возникает необходимость динамического планирования выполнения сервисов. При динамическом планировании перепланировка сервисов осуществляется периодически по истечении какого-то временного промежутка или по мере наступления каких-либо критичных для планирования событий.

Семейство динамических алгоритмов включает в себя большое количество подходов, например генетические алгоритмы [4, 9] (с помощью операций мутации, селекции и выборки строится наиболее подходящий план из найденных), муравьиные алгоритмы [8] (поиск строится на основании принципов поиска еды у муравьёв), SAT подход [3], а также алгоритмы с использованием  $A^*$  [12].

Таким образом, в силу специфики среды распределённых сервисов, а также её гетерогенности, возникла необходимость разработки и реализации собственного динамического алгоритма для планировщика выполнения сценариев сервисов, сочетающего в себе как техники списковых алгоритмов, так и принцип алгоритма  $A^*$ . Алгоритм построения решения должен создавать как изначальный план, так и план с учетом уже выполняющихся сервисов.

**2. Планировщик выполнения композиции сервисов.** При составлении первоначального плана описываемый в данной статье планировщик выполнения сервисов принимает на вход описание сервисов, где для каждого сервиса указывается его среднее время выполнения, время, необходимое для передачи данных между сервисами, список вычислительных узлов, на которых данный сервис может выполняться, а также список сервисов, от которых сервис зависит по данным. Зависимость по данным между сервисами можно отобразить в виде направленного ациклического графа (рис. 1), где вершинами являются вызовы сервисов на выполнение, а ребрами – зависимости между сервисами по данным. Таким образом, сервисы без зависимостей являются начальными сервисами (серые окружности на рис. 1), с которых начинается выполнение сценария, а сервис без зависимых от него сервисов является выходным сервисом (черная окружность на рис. 1).



**Рис. 1.** Граф зависимости сервисов по данным

Граф зависимости вызовов сервисов по данным формируется модулем выполнения сценариев Геопортала на основе анализа сценария WPS-сервисов, представляющего из себя код на языке JavaScript, в котором вызовы сервисов осуществляются с помощью определенных функций-оберток, уникальных для каждого сервиса. Описание сервисов и вычислительных узлов также формируется модулем выполнения сценариев на основе информации о сервисах, зарегистрированных на Геопортале, а также статистических данных, собираемых для каждого сервиса.

Как уже было сказано ранее, задача поиска расписания является NP-сложной, то есть нахождение оптимального решения в некоторых случаях для такого рода задач является практически невыполнимой задачей. Таким образом, осуществляется поиск субоптимального решения, то есть решения, максимально приближенного к оптимальному решению.

Представим алгоритм поиска в виде математической модели, где даны:

- множество вычислительных узлов  $N$ ;
- множество задач  $T$ ,  $c_e(t_i)$  – время выполнения  $i$ -ой задачи на любом поддерживающем её узле,  $c_i(t_i, t_j)$  – время передачи результатов работы  $i$ -ой задачи на другой узел для выполнения  $j$ -ой задачи (то есть если  $t_i$  и  $t_j$  выполняются на одном узле, то  $c_i(t_i, t_j) = 0$ );
- некоторая функция  $depends(t_i, t_j)$ , которая определяет, зависима ли задача  $t_i$  от  $t_j$ ;
- ациклический направленный граф зависимостей задач по данным, вершинами графа являются задачи, ребра являются отношениями зависимости между задачами (например,  $t_i$  не может начать своё выполнение пока не закончилась задача  $t_j$ );
- некоторая функция  $busy(n_i)$ , которая определяет время работы вычислительного узла с учётом назначенных на него задач;
- некоторая функция  $executable(t_i, n_j)$ , показывающая, может ли задача  $t_i$  выполняться на узле  $n_j$ ;
- существует некоторое подмножество  $T^{start}$  множества  $T$ , содержащее начальные задачи, то есть не существует таких задач  $t_i$ , что выполняется  $depends(t_{start}, t_i)$ ; существует некоторое подмножество  $T^{exit}$  множества  $T$ , содержащее конечные задачи графа, то есть не существует таких задач  $t_i$ , что выполняется  $depends(t_i, t_{exit})$ ;

Определим  $P(T, N)$  как некий план выполнения задач, где все задачи назначены на какие-либо узлы. План  $P(T, N)$  является набором пар вида  $(t, n)_m$ , где  $t$  – это задача,  $n$  – это вычислительный узел, на который задача назначается,  $m$  определяет, каким по порядку из назначенных вызовов сервисов на  $n$  является  $t$ , таким образом, гарантируется единственность способа построения расписания.

Для нахождения оптимального плана выполнения задач определим некоторую функцию  $aggregatedCost(t)$ , вычисляющую суммарное время выполнения для задачи  $t$  путем прохождения графа, начиная с выходной задачи из  $T^{exit}$ , до самой задачи  $t$ :

*если*  $t_i \in T^{exit}$  *то*  $aggregatedCost(t_i) = c_e(t_i)$

*иначе*  $aggregatedCost(t_i) = c_e(t_i) + \max(aggregatedCost(depends(t_i)))$

Для нахождения плана используется метод поиска в глубину. Особенности алгоритма составления расписания, служащими для скорейшего нахождения суб-оптимального плана, являются сортировка задач, узлов и пропуск ветвей графа поиска решения. Рассмотрим каждую технику в отдельности на примере графа на рис. 2, где заданы идентификаторы задач, время выполнения задач и стоимость передачи данных для каждой задачи.

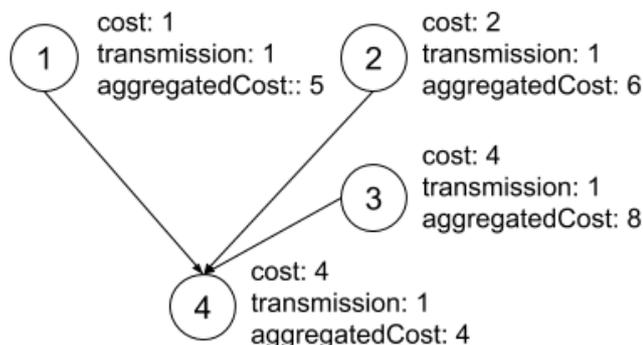
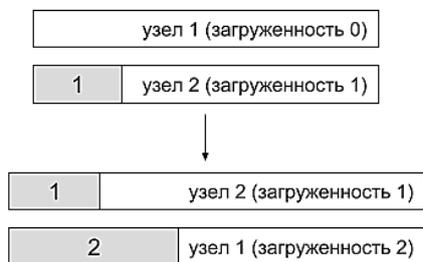


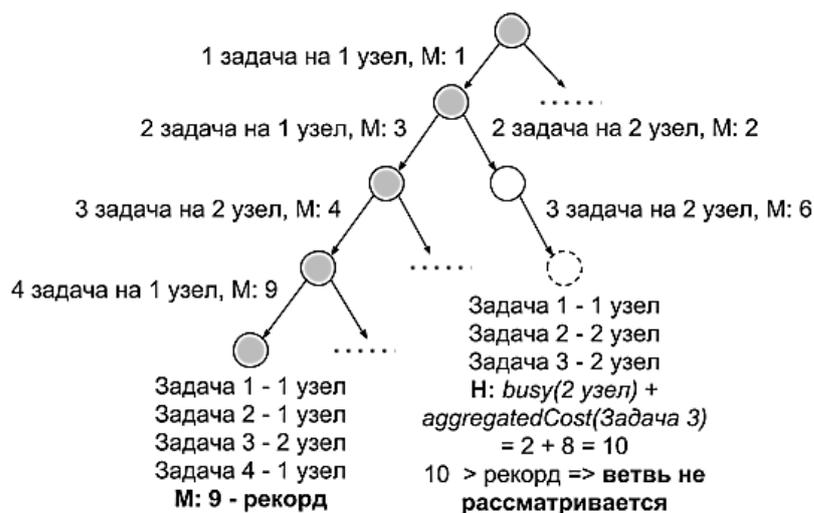
Рис. 2. Граф зависимости задач

1. Сортировка задач по значению убыванию функции  $aggregatedCost(t)$  для каждой задачи происходит перед началом работы алгоритма, таким образом, алгоритм будет поочередно выбирать задачи для анализа, начиная с самой затратной по времени задачи.
2. Внутри самого алгоритма после каждого назначения задачи на определенный узел происходит сортировка узлов по возрастанию значения их занятости. На рис. 3 приведен пример такой пересортировки при назначении задачи 2 на узел 1, в то время как задача 1 уже назначена на узел 2. Данная сортировка позволяет сначала рассматривать такие случаи, когда самая затратная по времени задача (п. 1) назначается на самый свободный узел.
3. В то время как первые две техники позволяют находить суб-оптимальный план как можно быстрее, техника пропуска ветвей графа поиска планов позволяет сократить пространство перебора решений. Данная техника реализуется с помощью алгоритма  $A^*$ , на основании которого на каждом шаге решение о рассмотрении какой-либо ветки принимается на основе сравнения значения эвристической функции и текущего рекорда (значения суб-оптимального решения). Функция эвристики складывается из

текущего значения загруженности узла и значения  $aggregatedCost(t)$  для текущей задачи. Пример пропуска ветви представлен на рис. 4.



**Рис. 3.** Сортировка вычислительных узлов



**Рис. 4.** Отсечение ветвей при выполнении алгоритма

Таким образом, алгоритм составления плана выполнения композиции вызовов сервисов формирует план, занимающий наименьшее время выполнения. Учитывая специфику среды распределенных WPS-сервисов, алгоритм должен перестраивать ранее созданный и частично выполняющийся план при наступлении следующих событий:

1. Происходит добавление или удаление вычислительного узла.
2. Происходит добавление или удаление задачи из графа зависимостей.
3. Изменяются временные характеристики одной из задач, не начавших выполнение (время выполнения задачи или время передачи данных).
4. Изменяются характеристики задач, определяющие, на каких вычислительных узлах задача может выполняться.

В случае перестроения плана на основе уже частично выполняющегося плана  $P(t, n)$  воспроизведение уже выполняющейся части плана происходит практически мгновенно, так как порядок следования пар  $(t, n)$  задается жестко, следовательно, алгоритм не тратит время на перебор возможных вариантов, которые бы соответствовали уже выполняющейся части плана. Как только уже выполняющаяся часть плана построена, алгоритм продолжает дорабатывать план в стандартном режиме.

**3. Апробация.** В целях апробации планировщика был смоделирована следующая ситуация – на вход подается описание вызовов сервисов в количестве 5 штук, а также описание вычислительных узлов в количестве 3 штук. Для каждого вызова сервиса в поле `id` указывается идентификатор вызова сервиса, поле `dependencies` определяет идентификаторы сервисов, от которых зависит текущий сервис, поле `cost` определяет среднее время выполнения сервиса, поле `outputTransmissionCost` определяет стоимость передачи результатов работы текущего сервиса, поле `targetNodes` содержит идентификаторы

подходящих для выполнения текущего сервиса узлов. Описание вызовов сервисов представлено на рис. 5, а в виде графа зависимостей на рис. 6.

```
[{"id": 1,
  "dependencies": [],
  "cost": 1,
  "outputTransmissionCost": 2,
  "targetNodes": [1, 3]},
 {"id": 2,
  "dependencies": [],
  "cost": 2,
  "outputTransmissionCost": 2,
  "targetNodes": [1, 2]},
 {"id": 3,
  "dependencies": [2,1],
  "cost": 3,
  "outputTransmissionCost": 1},
 {"id": 4,
  "dependencies": [1],
  "cost": 4,
  "outputTransmissionCost": 3,
  "targetNodes": [2,1]},
 {"id": 5,
  "dependencies": [4,3],
  "outputTransmissionCost": 1,
  "cost": 5,
  "targetNodes": [3]}]
```

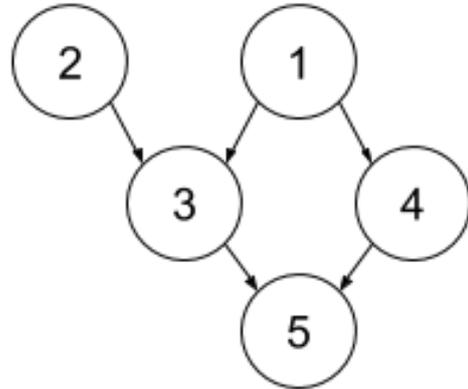


Рис. 5. Описание вызовов сервисов

Рис. 6. Граф зависимостей вызовов сервисов

При первом вызове планировщика результатом его работы является расписание на рис. 7, где общее время выполнения скрипта равно 15 единицам (шкала t). На рис. 8 отображен момент времени 5, когда вызовы сервисов 1 и 2 произведены, начато выполнение сервиса 4, но при запуске сервиса 4 происходит ошибка и план перестраивается с учетом невыполнимости сервиса 3 на вычислительном узле 3. Таким образом, выполнение композиции сервисов продолжается и общее время выполнения увеличивается на единицу.

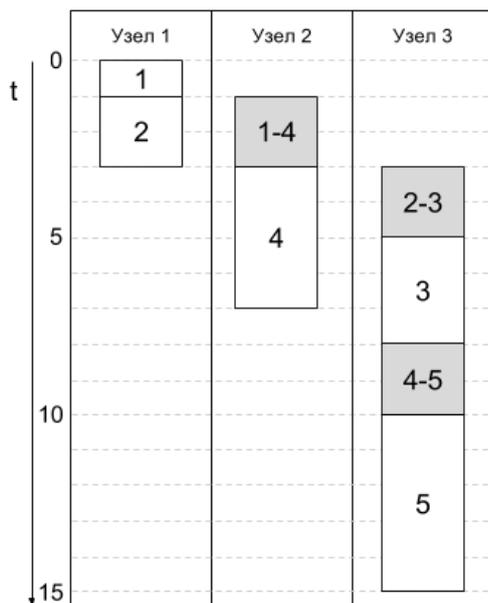


Рис. 7. Этап планирования

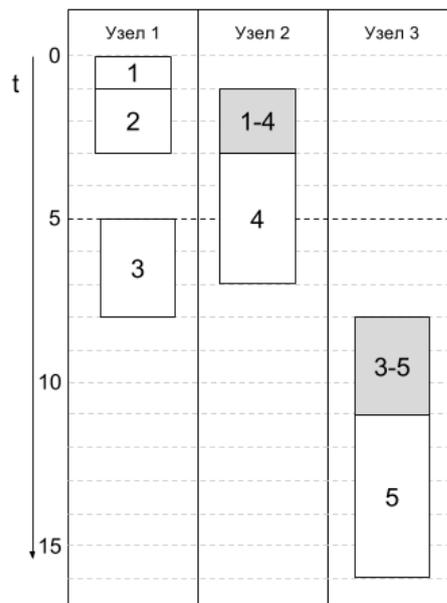


Рис. 8. Этап планирования

**Заключение.** В результате проделанной работы был спроектирован и разработан, а также интегрирован в существующую инфраструктуру Геопортала ИДСТУ СО РАН планировщик выполнения композиций распределенных WPS-сервисов в гетерогенной среде. Основными преимуществами разработанного планировщика являются его способность к перестройке плана вызова сервисов при изменениях, специфичных для распределенной среды веб-сервисов, а именно: отключению или, наоборот, включению отдельных вычислительных узлов в процессе выполнения сценария, изменению временных характеристик вызываемых сервисов. Также планировщик при перестроении учитывает добавление или удаление ветвей графа зависимости сервисов по данным, что происходит в силу использования управляющих конструкций в JavaScript сценариях WPS-сервисов. Перестроение плана происходит с учетом частично выполняющегося плана, что обеспечивает актуальность составляемого расписания.

В результате многочисленных апробаций было выявлено, что планировщик выполняет возложенные на него обязанности и осуществляет динамическое планирование выполнения сервисов в соответствии с возложенными на него требованиями. Интеграция планировщика позволила выполнять сценарии сервисов более эффективно с учетом всех особенностей распределённой среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков И.В., Ружников М., Фёдоров Р.К., Шумилов А.С. Компоненты среды WPS-сервисов обработки геоданных // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2014. - № 12. – С. 16-23.
2. Barbosa J., Monteiro A.P., A List Scheduling Algorithm for Scheduling Multi-user Jobs on Clusters // High Performance Computing for Computational Science. – 2008/ - № 5336. – С. 123-136.
3. Frausto-Solis J., Martinez-Rios F., Cruz-Chavez M.A. A Very Efficient Algorithm to Representing Job Shop Scheduling as Satisfiability Problem // 6to Congreso Internacional de Computo en Optimizacion y Software. – 2008. С. 52-62.
4. Jiang Y., Chen W. Task scheduling for grid computing systems using a genetic algorithm. // Journal Of Supercomputing. – 2015. Vol. 71. С. 1357-1377.
5. Ma D., Zhang W.. A static task scheduling algorithm in grid computing // Grid And Cooperative Computing, Pt 2. – 2004. - № 3033. – С. 153-156.
6. Serrano N., Hernantes J., Gallardo G. Service-Oriented Architecture and Legacy Systems // IEEE SOFTWARE. 2014. Vol. 31. P. 15–19.
7. Shahul A., Sinnen O. Scheduling task graphs optimally with A\* // The Journal of Supercomputing. – 2010. Vol. 51. P. 310-332.
8. Tawfeek M., El-Sisi. A., Keshk A., Torkey F. Cloud Task Scheduling Based on Ant Colony Optimization // International Arab Journal Of Information Technology. – 2015. Vol. 12. С. 129-137.
9. Wang X., Yao YB. An Improved Genetic Algorithm for Multiprocessor Task Assignment and Scheduling. // 2nd International Conference On Communication And Technology (ICCT 2015). – 2015. С. 1–7.
10. Web Processing Service. Open Geospatial Consortium [Электронный ресурс] // OGC. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (дата обращения: 22.4.2016).

11. Wu F., Wu Q., Tan Y. Workflow scheduling in cloud: a survey // The Journal of Supercomputing – 2015. Vol. 71. P. 3373-3418.
12. Zhao H., Sakellariou R., An Experimental Investigation into the Rank Function of the Heterogeneous Earliest Finish Time Scheduling Algorithm // Euro-Par 2003 Parallel Processing. – 2003. - № 2790. – С. 189-194.

УДК 004.75

## SCHEDULING THE SERVICES COMPOSITION EXECUTION IN THE HETEROGENEOUS ENVIRONMENT<sup>2</sup>

**Roman K. Fedorov**

Leading researcher., Ph. D., Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 664033 134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [fedorov@icc.ru](mailto:fedorov@icc.ru)

**Alexander S. Shumilov**

Postgraduate, Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 664033 134, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [alexshumilov@yahoo.com](mailto:alexshumilov@yahoo.com)

**Abstract.** Recently the Service-Oriented Architecture is being actively used, where computing is performed through web-accessible services. When services and combined and used together, the problem of their execution planning arises because of specific conditions of the environment of distributed services. The specific conditions are: computing nodes can change their availability, service can change their time parameters. Also, the actual service composition can change itself during its execution. In order to solve this problem the scheduler of web-services compositions was designed and implemented in close cooperation with the ISDCT SB RAS Geoportal. It allows rebuilding of the schedule depending on specific conditions of the environment and actual compositions. The scheduler was tested and integrated in the existing Geoportal infrastructure.

**Keywords:** service-oriented architecture, Web Processing Service, JavaScript, service orchestration

### References

1. Bychkov Igor V., Ruginov Gennady M., Fedorov Roman K., Alexander Shumilov S. Komponenty sredi WPS-servisov [Components of the WPS-services environment] // Vestnik NSU. Series: Informational technologies. 2014. № 12. Pp. 16-23 (in Russian)
2. Barbosa J., Monteiro A.P., A List Scheduling Algorithm for Scheduling Multi-user Jobs on Clusters // High Performance Computing for Computational Science. 2008. № 5336. Pp. 123-136.
3. Frausto-Solis J., Martinez-Rios F., Cruz-Chavez M.A. A Very Efficient Algorithm to Representing Job Shop Scheduling as Satisfiability Problem // 6to Congreso Internacional de Computo en Optimizacion y Software. 2008. Pp. 52-62.

<sup>2</sup> Work is supported by RFBR, grant number 16-07-00411 A.

4. Jiang Y., Chen W. Task scheduling for grid computing systems using a genetic algorithm. // *Journal Of Supercomputing*. 2015. Vol. 71. Pp. 1357-1377.
5. Ma D., Zhang W.. A static task scheduling algorithm in grid computing // *Grid And Cooperative Computing, Pt 2*. 2004. № 3033. Pp. 153-156.
6. Serrano N., Hernantes J., Gallardo G. Service-Oriented Architecture and Legacy Systems // *IEEE SOFTWARE*. 2014. Vol. 31. Pp. 15–19.
7. Shahul A., Sinnen O. Scheduling task graphs optimally with A\* // *The Journal of Supercomputing*. 2010. Vol. 51. Pp. 310-332.
8. Tawfeek M., El-Sisi. A., Keshk A., Torkey F. Cloud Task Scheduling Based on Ant Colony Optimization // *International Arab Journal Of Information Technology*. 2015. Vol. 12. Pp. 129-137.
9. Wang X., Yao YB. An Improved Genetic Algorithm for Multiprocessor Task Assignment and Scheduling. // *2nd International Conference On Communication And Technology (ICCT 2015)*. 2015. Pp. 1–7.
10. Web Processing Service. Open Geospatial Consortium // OGC. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (accessed: 22.4.2016).
11. Wu F., Wu Q., Tan Y. Workflow scheduling in cloud: a survey // *The Journal of Supercomputing – 2015*. Vol. 71. P. 3373-3418.
12. Zhao H., Sakellariou R., An Experimental Investigation into the Rank Function of the Heterogeneous Earliest Finish Time Scheduling Algorithm // *Euro-Par 2003 Parallel Processing*. 2003. - № 2790. Pp. 189-194.

### Правила приема статей в журнал

Начиная с 2016 г., труды конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» издаются как одноименное периодическое издание (научный журнал, которому присвоен международный индекс ISSN), 4 раза в год (январь, март, июль, октябрь). Оргкомитетом конференции заключен лицензионный договор с E-library. Начиная с 2016 г., с авторами заключаются авторские соглашения, полные тексты статей помещаются в E-library с индексацией в РИНЦ.

Тематика журнала совпадает с тематикой конференции:

1. Теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий.
2. Математическое моделирование в научных исследованиях, вычислительная математика, оптимизация.
3. Методы, технологии и инструментальные средства создания интеллектуальных энергетических систем.
4. Методы и системы искусственного интеллекта, интеллектуальные вычисления.
5. Ситуационное управление, системы интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении, ситуационные центры.
6. Информационное и семантическое моделирование, семантические вычисления.
7. Корпоративные информационные, геоинформационные, интеллектуальные системы.
8. Параллельные, распределенные, агентные и облачные вычисления.
9. Кибербезопасность (защита информационных систем критически важных инфраструктур).

Статьи участников, приславших свои статьи к 20 февраля и/или 25 марта, публикуются до начала конференции. Статьи участников конференции, присланные к 25 июня (или привезенные с собой на конференцию), публикуются после конференции (в текущем году). Статьи, присланные к 25 сентября, публикуются в следующем (2017) году. Предусматриваются как очное, так и заочное участие в конференции (только публикация, с частичной оплатой оргвзноса), но при большом количестве статей предпочтение будет отдаваться очным участникам (статьи заочных участников могут быть перенесены в следующий выпуск).

Для публикации статьи необходимо подписать авторское соглашение во время регистрации на сайте (подтвердить согласие на публикацию статьи в журнале и размещение полного текста статьи в E-Library). Статьи заочных участников, не зарегистрированных на сайте, могут быть приняты при наличии авторского соглашения (твердая копия или скан-копия).

С 2016 г. вводится более строгое рецензирование статей. При рецензировании статей обращается внимание на соответствие тематике журнала, научный уровень работы, ссылки на предшествующие работы (желательно не менее 11-15 ссылок), соответствие требованиям к оформлению статей. Для оценки научного уровня работы рекомендуется в заключении статьи выделять новизну и оригинальность методов и/или результатов. Для аспирантов, студентов, магистрантов требуется рекомендация (или соавторство) руководителя.

Требования к оформлению статей по сравнению с предыдущими годами изменены и приводятся в отдельных файлах (требования и шаблон статьи) на сайте конференции <http://imt.isem.irk.ru>. По возникающим вопросам можно обращаться в Оргкомитет конференции e-mail: [imt@isem.irk.ru](mailto:imt@isem.irk.ru)