**На правах рукописи**

**ИВАНОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ**

**Исследование и разработка методов и средств обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.**

Специальность 05.13.11

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва

2015

Работа выполнена в Российском новом университете (РосНОУ).

Научный руководитель:

д.т.н., профессор **Олейников Александр Яковлевич**, главный научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Официальные оппоненты:

**Петренко Александр Константинович**, профессор кафедры, заведующий отделом Института системного программирования РАН.

**Иванников Виктор Петрович**, заведующий кафедрой, академик РАН, профессор, директор Института системного программирования РАН. (*Решаем*)

Ведущая организация: ИСП, Дубна, СПИИРАН. (*Решаем*)

Защита состоится "\_\_" \_\_\_\_\_\_\_ 2015г. в \_\_ часов на заседании диссертационного совета \_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

С диссертацией можно ознакомиться \_\_\_\_\_.

Автореферат разослан "\_\_" \_\_\_\_\_\_\_ 2015 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ученый секретарь  Диссертационного совета, к.т.н. |  |  |

# Общая характеристика работы

**Актуальность темы:** Одной из фундаментальных особенностей развития и применения современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) выступает формирование гетерогенной ИКТ-среды. В такой среде возникает проблема взаимодействия разнородных компонентов (систем), получившая название «проблема интероперабельности».

Согласно определению, приведенному в документе ISO/IEC FCD24765-Systems and Software Engineering-Vocabulary, «Интероперабельность» – способность двух или более систем или элементов к обмену информацией и к **использованию** информации, полученной в результате обмена. Способность к использованию означает, что интероперабельность осуществляется и на более высоких уровнях, чем технический.

Основным инструментом решения проблемы интероперабельности служит планомерное и последовательное использование принципов открытых систем, в основе которых лежит использование методов функциональной стандартизации и согласованных наборов ИКТ-стандартов – профилей.

Проблема интероперабельности охватывает практически все классы информационных систем, в том числе информационные системы разного назначения (наука, образование, здравоохранение, государственное управление), вообще все компоненты информационного общества, а также информационные системы всех масштабов – от наносистем до распределённых сверхбольших систем (System of Systems).

Следует отметить, что в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг., в разделе «Информатика и информационные технологии» выделена проблема развития принципов интероперабельности, стандартов и технологий открытых систем.

Проблемой интероперабельности занимаются многочисленные исследователи и организации во всем мире и в нашей стране, применяя различные подходы. Так у нас в стране данной проблемой занимаются такие организации как ИПИ РАН, ВНИИСИ РАН, МИРЭА, МаГУ, Самарский Гос. Аэрокосмический Университет. Работа над стандартами интероперабельности ведется в Техническом комитете Росстандарта ТК-22 «Информационные технологии». Наиболее последовательно работы по проблеме ведутся в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН). Под руководством ак. Ю.В. Гуляева и д.т.н. А.Я. Олейникова, разработан единый подход к обеспечению интероперабельности информационных систем широкого класса, зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012, на основе которого можно строить интероперабельные системы в различных областях с учетом их особенностей.

Наряду с этим, как известно, в последнее время, весьма интенсивно развиваются т.н. «облачные вычисления» («облака»). Следует отметить, что облачные вычисления имеют как фундаментальные, так и прикладные аспекты, причем решение прикладных аспектов опережает развитие фундаментальных. Так в РФФИ и в Программе фундаментальных исследований Президиума РАН тематика облачных вычислений появилась только в 2012 году, а их практическое применение началось гораздо раньше. Облачные вычисления представляют собой в общем случае распределенную сугубо гетерогенную среду. Таким образом, исследования проблемы интероперабельности в области облачных вычислений представляется весьма актуальными. Актуальность проблемы усиливается ввиду роста поставщиков облачных услуг, а как следствие – ростом уровня разнородности систем. Приложения, разрабатываемые на одной облачной платформе, часто оказываются несовместимыми с другой. Зачастую приложению требуются строго определенные настройки сервера, файловой системы и сети, которые другие облачные поставщики предоставить не могут либо запрашивают за это слишком высокую цену.

Среди большого количества научных публикаций, посвященных интероперабельности, лишь некоторые посвящены вопросам интероперабельности в облачных вычислениях, при этом работы принадлежат зарубежным авторам: A. Rafique, S. Walraven, B. Lagaisse, T. Desair, W. Joosen, D. Petcu, G. Lewis, J.K. Wang, J. Ding, T. Niu, A.V. Parameswaran, A. Chaddha, U. Gasser and J. Palfrey. Перечисленные авторы применяют различные подходы, и их работы, на наш взгляд, носят фрагментарный характер. Публикаций российских авторов по данной тематике в научных журналах нам обнаружить не удалось.

Таким образом, систематизированных исследований по проблеме интероперабельности в области облачных вычислений ранее не проводилось, и настоящая работа призвана заполнить это нишу.

Научно-методическую основу настоящей работы составляют:

* Методы функциональной стандартизации.
* Технология открытых систем, разработанная в ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, на которую получен патент РФ, и в течение ряда лет ведётся ее применение в различных областях. В этой сфере известны работы Батоврина В.К., Бойченко А.В., Журавлева Е.Е., Калиниченко Л.А. А.С., Кузнецова С.Н., Каменщикова А.А., Липаева В.В., Петрова А.Б., Филинова Е.Н.
* Разработанный и задокументированный в виде ГОСТ Р 55062-2012 единый подход к обеспечению интероперабельности информационных систем.
* Рекомендации Госстандарта Р50.1.041-2002 «Информационные технологии. Руководство по проектированию профилей среды открытой системы организации-пользователя.

Настоящая работа выполнялась в рамках госзадания ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, проекта РФФИ 12-07-00261 и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №14.

**Целью работы** является исследование и разработка методов и средств обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования:**

1. Провести обзор и анализ работ по обеспечению интероперабельности в области облачных вычислений.
2. Разработать методику обеспечения интероперабельности при облачных вычислениях.
3. Построить проблемно-ориентированную модель интероперабельности для облачных вычислений.
4. Разработать профиль интероперабельности для облачных вычислений.
5. Представить методику в виде проекта национального стандарта
6. Применить полученные научные результаты при разработке программного интерфейса

**Объектом исследования** является процесс обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.

**Предмет исследования:** методика, модель, средства и алгоритмы решения задач обеспечения интероперабельности систем на базе облачных вычислений.

**Методы исследований:** в диссертационной работе используются принципы и технология открытых систем, методы функциональной стандартизации, системный подход, методы системной инженерии.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Методика обеспечения интероперабельности для облачных вычислений.
2. Модель интероперабельности в облачных вычислениях.
3. Профиль для обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.

**Личный вклад автора:**

Личный вклад автора заключается в разработке методики интероперабельности для систем на базе облачных вычислений, а именно построение концепции, архитектуры и проблемно-ориентированной модели*.* Автором выявлены особенности адаптации единого подхода применительно к облачным вычислениям. Результаты, опубликованные в работах [1,2,3,4,5,6], получены при определяющем участии автора и составляют вклад диссертанта в теорию и практику обеспечения интероперабельности.

**Научная новизна.**

1. Впервые предложена методика обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.
2. Впервые разработана модель интероперабельности в облачных вычислениях.
3. Впервые построен профиль стандартов для обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях.

**Достоверность научных положений, выводов, рекомендаций** обоснована использованием апробированных достижений отечественной и зарубежной науки в области стандартизации, технологии открытых систем (ТОС) и интероперабельности систем различного назначения, а также использованием разработок и нормативно-технических документов в области облачных вычислений.

**Практическая ценность** полученных результатов состоит в следующем:

1. Разработана методика обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях, реализованная в виде проекта ГОСТ Р.
2. На основе предложенного профиля стандартов реализованы программные средства, обеспечивающие интероперабельность.
3. Содержащиеся в диссертации выводы, рекомендации и программная реализация могут быть использованы разработчиками для достижения интероперабельности в облачных вычислениях, что подтверждается приложенными к диссертации актами

**Апробация:** Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях: Пятая международная конференция "Распределённые вычисления и Грид-технологии в науке и образовании" 2012 г., Дубна, ОИЯИ; III Международная конференция ИТ-Стандарт 2012 г., Москва, МИРЭА; Шестая международная конференция "Распределённые вычисления и Грид-технологии в науке и образовании" 2014 г., Дубна, ОИЯИ.

**Публикации:** Основные результаты проведенных исследований отражены в 6-и работах, из них 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем диссертации:** Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения и \_\_ приложений. Диссертация содержит \_\_ страниц, \_\_ рисунков, \_\_ таблиц.

# Содержание работы

Во **Введении** обоснована актуальность работы, определена основная цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность.

В **Первой главе** «Анализ проблемы обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях», которая состоит из 4 разделов и выводов, говорится о том, что проблема интероперабельности актуальна для облачных вычислений, как для активно развивающейся сугубо гетерогенной среды. Для решения данной проблемы необходимо разработать методику, на основе единого подхода, которая должна опираться на методы функциональной стандартизации и технологию открытых систем.

В разделе 1.1. рассматриваются основные понятия и аспекты проблемы интероперабельности в системах различных классов и масштабов. Приведено краткое описание единого подхода к обеспечению интероперабельности для ИС самого широкого класса, предложенного Институтом радиотехники и электроники РАН и зафиксированном в ГОСТР Р 55062-2012. Рассмотрена эталонная модель интероперабельности, в которой выделены три базовых уровня (см. рис.Рисунок 1)



Рисунок 1. Эталонная модель интероперабельности.

В разделе 1.2. излагается технология облачных вычислений. Показано, что облака можно дополнительно классифицировать по уровням интероперабельности, и отмечено, что стандарты на каждом из уровней требуют особого внимания и обсуждения. Также говорится о том, что решение проблемы интероперабельности в облачных вычислениях зависит от специфики данной области.

В разделе 1.3. рассматривается современное состояние проблемы интероперабельности в облачных вычислениях, проводится анализ работ зарубежных авторов. На основании анализа показано, что для достижения интероперабельности необходимо использовать специально разработанные стандарты.

В разделе 1.4. проанализированы работы по стандартам интероперабельности в облачных вычислениях. Отмечено, что работы носят фрагментарный характер.

В выводах по главе формулируется цель работы и задачи, которые необходимо решить для ее достижения.

Во **второй главе** «Методика обеспечения интероперабельности в области облачных вычислений», которая состоит из 4 разделов и выводов по главе. Проведена адаптация единого подхода к обеспечению интероперабельности для систем широкого класса, о котором говорилось в первой главе, применительно к облачным вычислениям. Таким образом, данная методика (см. рис.Рисунок 2) представляет собой развитие единого подхода к обеспечению интероперабельности применительно к облачным вычислениям. Выделены основные и вспомогательные этапы и утверждается, что последовательная реализация основных этапов 1-5 должна привести к созданию интероперабельных систем в области облачных вычислений. Далее проведено рассмотрение основных этапов методики.

****

Рисунок 2. Основные этапы обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях

В разделе 2.1. описаны общие положения концепции по обеспечению интероперабельности в области облачных вычислений:

1. Научно-методологической основой для решения проблемы интероперабельности облачных вычислений служит единый подход к решению проблемы интероперабельности для систем широкого класса, зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012.
2. Интероперабельность в области облачных вычислений означает способность двух или более облачных систем обмениваться данными через унифицированный интерфейс, обладать средствами для запуска и переноса приложений с использованием различных языковых фреймворков, способностью к переносу образов виртуальных машин и конфигураций сетей, а также управления всеми вышеперечисленными свойствами.
3. Основная цель обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях, заключается в реализации парадигмы облачных вычислений – предоставление удаленного доступа к вычислительным мощностям.
4. Применение методики позволит сократить затраты на разработку дополнительных интерфейсов, сократить временные и денежные затраты на интеграцию сервисов различных поставщиков облачных вычислений.
5. Особенность достижения интероперабельности в облачных вычислениях заключается в выборе стандарта переноса образов виртуальных машин (для IaaS), стандартов для переноса приложений без внесения существенных изменений (для PaaS), проработке стандартов на интерфейс взаимодействия сервисов и извлечения из них данных (для SaaS).
6. Барьеры на пути к достижению интероперабельности заключаются в нежелании облачных провайдеров терять своих потребителей. Каждый хочет иметь свой собственный уникальный сервис для привлечения большего числа пользователей. В силу гетерогенности каждой из моделей предоставления услуг набор стандартов будет свой для каждой модели. Также барьером является децентрализованная разработка стандартов.

В разделе 2.2. предложена архитектура облачных вычислений (см. рис.Рисунок 3) и дается ее описание.



Рисунок 3. Архитектура облачных вычислений.

В архитектуре отображены пять ключевых сущностей в области облачных вычислений: облачный потребитель (ОП), облачный провайдер (ОПР), облачный аудитор (ОА), облачный брокер (ОБ) и облачный оператор связи (ООС). Особенность данной архитектуры заключается в наличии дополнительных сущностей: *стандартизованные интерфейсы взаимодействи*я (СИВ), через которые осуществляется взаимодействие; выделяется *Профиль интероперабельности*. Также в разделе дается подробное описание того, что понимается под СИВ.

Таким образом, описание архитектуры облачных вычислений позволяет определить ее основные компоненты, описать их взаимодействие, что должно помочь выделить необходимые стандарты для каждого случая взаимодействия.

В разделе 2.3 предлагается проблемно-ориентированная модель интероперабельности облачных вычислений (см. рис.Рисунок 4).



Рисунок 4. Модель обеспечения интероперабельности облачных вычислений

Данная модель отличается от эталонной (см. рис.Рисунок 1) за счет детализации уровней. Семантический уровень, выделенный на рис.Рисунок 4, в случае облачных вычислений «расщепляется» на 4 подуровня. Также имеется дополнительная проекция в виде сервисов, которая следует из концепции интероперабельности.

В разделе 2.4 рассмотрено построение профиля интероперабельности облачных вычислений – согласованного набора стандартов, структурированного в терминах модели интероперабельности

В целом, построение профиля необходимо осуществлять по технологии отрытых систем в соответствии с документом Госстандарта Р50.1.041-2002 «Информационные технологии. Руководство по проектированию профилей среды открытой системы организации-пользователя», разработанным ИРЭ РАН и МГТУ МИРЭА. В конце раздела предложен профиль общего назначения для облачных вычислений. Стандарты, вошедшие в профиль, получены в результате анализа ряда документов, представленных организациями, принимающими активное участие в разработке стандартов для среды облачных вычислений.

В выводах по второй главе указывается, что в результате исследования предложена методика обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях. Применение данной методики позволит упростить и удешевить разработку сервисов облачных вычислений, а также сделать более удобным управление этими сервисами, за счет применения единого подхода, основывающегося на технологии открытых систем и единых национальных и международных стандартах.

В **третьей главе** «Применение предложенной методики для достижения интероперабельности при разработке программных средств (на примере приложения «управление взаимоотношениями с клиентами» как облачной услуги) описано применение полученных результатов. Конкретно, применение результатов показано на примере решения задач, возникающих в процессе автоматизации управления взаимоотношениями с клиентом при продаже недвижимости.

В разделе 3.1. рассказывается о таком типе систем как: управление взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management – CRM), показаны этапы становления таких систем (см. рис.Рисунок 5).



Рисунок 5. Этапы становления CRM систем.

Из рисунка следует, что с течением времени CRM-системы стали доступны не только как настольное приложение, но и как облачный сервис.

Далее рассмотрены основные компоненты предметной области и показана типовая архитектура CRM-систем, а также место и значимость обеспечения интероперабельности для них.

В разделе 3.2. рассказывается о необходимых средствах для достижения интероперабельности в CRM-системах, базирующихся на методике и профиле, предложенных во второй главе. Проводится анализ направления деятельности компании по продаже недвижимости, на основании этого представлены основные положения и требования к разрабатываемой системе. Далее строится архитектура и модель интероперабельности системы.

В разделе 3.4. описывается построение профиля интероперабельности с учетом модели интероперабельности. Создание профиля осуществлялось согласно Р50.1.041-2002 в несколько этапов, которые подробно описаны в диссертации.

В разделе 3.5. показана схема (см. рис.Рисунок 6), упрощенный алгоритм и результат работы программного модуля интероперабельности для CRM-систем как облачной услуги.



Рисунок 6. Схема работы модуля с применением стандарта.

Из схемы видно, что информация из системы CRM1 поступает на стандартный интерфейс обмена данными системы CRM2, при этом, данные преобразуются с помощью разработанного программного модуля по алгоритму (см. рис.Рисунок 7), в который заложен выбранный стандарт семантического уровня.



Рисунок 7. Упрощенный алгоритм работы программного модуля.

Из алгоритма следует, что прежде чем данные будут приняты CRM системой, они пройдут валидацию на соответствие выбранному стандарту, аналогично и обратное действие для передачи данных из системы (см. рис.Рисунок 8).



Рисунок 8. Результат преобразования данных.

Как следует из рисунка, полученные в ходе преобразования данные представляют собой структуру, которая содержит ссылки на контексты, с помощью которых можно установить назначение данных для дальнейшего использования.

В выводах по 3-ей главе перечисляются полученные выгоды от применения предложенной методики, что позволяет считать методику эффективной и позволяет рекомендовать её применение для других систем управления взаимоотношениями с клиентами и не только.

# Заключение

Все поставленные задачи диссертации выполнены, а именно:

1. Проведен обзор и анализ работ по обеспечению интероперабельности в области облачных вычислений, из которого следует, что проблема интероперабельности актуальна и требует решения, а текущие наработки носят фрагментарный характер.
2. Разработана методика обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях. Методика содержит те же этапы, что и при едином подходе, предложенном в ГОСТ Р 55062-2012, но с учетом специфики выбранной области, отражающейся в содержании отдельных этапов. Выделены ключевые этапы методики и дано объяснение, почему ряд вспомогательных этапов не рассматривается в данной работе.
3. Разработана проблемно-ориентированная модель интероперабельности облачных вычислений. Модель содержит ряд дополнительных уровней, детализирующих уровни эталонной модели интероперабельности.
4. Разработан профиль интероперабельности – набор согласованных стандартов. Данный профиль является профилем нулевого уровня и требует коллективного обсуждения, но он может быть взят за основу, поскольку содержит в себе набор ключевых стандартов, важность которых отмечена множеством организаций, ведущих исследования в области интероперабельности облачных вычислений.
5. Для того чтобы методика могла использоваться для облачных вычислений и давать соответствующий экономический эффект, методика оформлена в виде проекта национального стандарта ГОСТ Р.
6. Полученные научные результаты применены при разработке интероперабельной системы управления взаимоотношениями с клиентом, реализуемой по модели услуга как сервис.

Таким образом, поставленная в работе цель – исследование и разработка методов и средств обеспечения интероперабельности в облачных вычислениях, достигнута. Тем самым, диссертация содержит решение задачи, имеющей существенное значение для технологии облачных вычислений, развивающейся в РФ.

**Публикации автора по теме диссертации:**

x

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | Иванов С.В. Вопросы интероперабельности в облачных вычислениях // Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и обрбазовании: Труды 5-й международной конференции (Дубна, 16-21 июля, 2012г). Дубна: ОИЯИ. 2012. С. 321-325. |
| 2. | Сборник трудов 3 Международной конференции ИТ-Стандат 2012. // Группа ИТ-Стандарт http://itstandard.ru/. 2012. URL: [http://itstandard.ru/DocLib8/Сборник трудов III Международной конференции ИТ - Стандарт 2012/Сборник трудов III Международной конференции ИТ- Стандарт 2012.pdf](http://itstandard.ru/DocLib8/Сборник%20трудов%20III%20Международной%20конференции%20ИТ%20-%20Стандарт%202012/Сборник%20трудов%20III%20Международной%20конференции%20ИТ-%20Стандарт%202012.pdf) (дата обращения: 13.05.2013). |
| 3. | Журавлев Е.Е., Иванов С.В., Каменщиков А.А., Олейников А.Я., Разинкин Е.И., Рубан К.А. Интероперабельность в облачных вычислениях [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники: [сайт]. [2013]. URL: <http://jre.cplire.ru/koi/sep13/4/text.html> (дата обращения: 19.11.2013). **[Рекомендовано ВАК]** |
| 4. | Журавлёв Е.Е., Иванов С.В., Олейников А.Я. Модель интероперабельности облачных вычислений [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники http://jre.cplire.ru/iso/dec13/12/text.html: [сайт]. [2013]. URL: <http://jre.cplire.ru/iso/dec13/12/text.html> (дата обращения: 10.Май.2013).  **[Рекомендовано ВАК]** |
| 5. | Журавлев Е.Е., Иванов С.В., Каменщиков А.А., Корниенко В.Н., Олейников А.Я., Широбокова Т.Д. Методика обеспечения интероперабельности в Грид-среде и облачных вычислениях // Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и обрбазовании: Труды 6-й международной конференции (Дубна, июль, 2014г). Дубна: ОИЯИ. |
| 6. | Журавлев Е.Е., Иванов С.В., Каменщиков А.А., Олейников А.Я., Чусов И.И., Широбокова Т.Д. Особенности методики обеспечения интероперабельности в грид-среде и облачных вычислениях [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники N 11, 2014: [сайт]. [2014]. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/nov14/2/text.html> (дата обращения: 15.Март.2015). **[Рекомендовано ВАК]** |

x