

# Развитие работ по e-science и интероперабельности

С.В. Иванов, А.А. Каменщиков, А.Я. Олейников,  
Т.Д. Широбокова

## Аннотация

Описано развитие работ по интероперабельности применительно к области научных исследований. Показана возможность создания единого подхода к обеспечению интероперабельности для систем широкого класса. Описан предложенный авторами такой единый подход, зафиксированный в национальном стандарте РФ. Описаны особенности применения данного подхода к информационным системам различных классов, таким как электронное здравоохранение, электронное образование, электронная коммерция, системы облачных вычислений

**Ключевые слова:** интероперабельность, стандарты, модель, электронная наука.

## Summary

The development work on interoperability in relation to researches, the possibility of creating a unified approach to interoperability for a wide class of systems, such a common approach, as recorded in the national standard of the Russian Federation are described. The features of this approach to information systems of various classes, such as e-health, e-learning, e-commerce and cloud computing system are described.

**Keywords:** interoperability, standards, model, e-science.

## Введение

Пять лет назад нами были опубликованы материалы с описанием современного на то время состояния работ по автоматизации научных исследований, в которых проведен анализ развития проблемы автоматизации научных исследований [1,2]. Выделен ряд «эпох» в развитии архитектуры автоматизированных систем для научных исследований. Каждая эпоха определяется доминирующим видом используемой вычислительной техники. Подчеркивается, что в начале 90-ых годов наступила новая эпоха - насыщение разнородными видами вычислительной техники и объединение ее с помощью средств

телекоммуникаций привело к созданию гетерогенной среды, содержащей все виды ЭВМ, от персональных ЭВМ до супер-ЭВМ. Такая среда называется Грид-средой, и в ней важной проблемой становится взаимодействие всех программно-аппаратных компонентов. Эта проблема решается на основе применения принципов открытых систем. Существование концепции открытых систем состоит в использовании стандартных интерфейсов и профилей стандартов. Уместно отметить, что аппаратура в стандартах КАМАК, в разработке и внедрении которой в научные исследования ИРЭ им В.А.Котельникова и СКБ РАН сыграли в своё время важную роль [1], была первой открытой системой. Одним из главных свойств открытых систем выступает интероперабельность. Автоматизация научных исследований на основе использования Грид-среды получила название «e-science». Отмечается роль ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН в решении проблемы автоматизации научных исследований на всем протяжении ее существования. На сегодня к e-science можно отнести исследования, проводимые Институтом в области планетной радиолокации и космической радиофизики, для которых также актуальна проблема интероперабельности (URL: [http://csis.org/files/media/csis/pubs/070531\\_interoperability\\_book.pdf](http://csis.org/files/media/csis/pubs/070531_interoperability_book.pdf)).

В настоящей статье описаны мировые тенденции в развитии e-science и развитие работ по интероперабельности в нашей стране, как одной из главных проблем в области e-science и в других областях. Мировая тенденция состоит в переходе к т.н. «четвертой парадигме», существо которой обсуждается ниже. В [1] указывалось также на целесообразность выработки единого подхода к обеспечению интероперабельности ИС самого широкого класса. Поставленная задача реализована: предложен такой единый подход и зафиксирован нами в национальном стандарте РФ ГОСТ Р 55062-2012.

На основе данного подхода нами выполнены разработки для таких областей, как электронное здравоохранение (e-health), электронное образование (e-education), электронная коммерция (e-commerce) и системы облачных вычислений. Поскольку в основе обеспечения интероперабельности лежит использование стандартов, мы стремимся закончить наши разработки созданием национальных стандартов, без чего невозможно импортозамещение.

#### **Четвертая парадигма в проведении научных исследований и интероперабельность**

В (URL: [http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/4th\\_paradigm\\_book\\_complete\\_lr.pdf](http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/4th_paradigm_book_complete_lr.pdf)) описаны четыре стадии (парадигмы) методики проведения научных исследований:

Стадия 1 – тысячи лет назад. Эмпирическая стадия (описание природных явлений)

Стадия 2 - несколько последних сотен лет. Использование формализованных подходов и математических моделей

Стадия 3 - несколько последних десятилетий. Использование компьютеров для моделирования, сбора и обработки данных (собственно автоматизация научных исследований)

Стадия 4 – электронная наука (e-science). В настоящее время возможность для различных исследователей, даже находящихся в разных странах, проводить комплексные теоретические и экспериментальные исследования с использованием больших объемов накопленных первичных и вторичных данных

Информационная инфраструктура e-science должна строиться на web, суперкомпьютерах, кластерах, Грид-системах и системах облачных вычислений (см. рис. 1) (URL: <http://www.cs.wayne.edu/~shiyong/papers/gce08.pdf>).

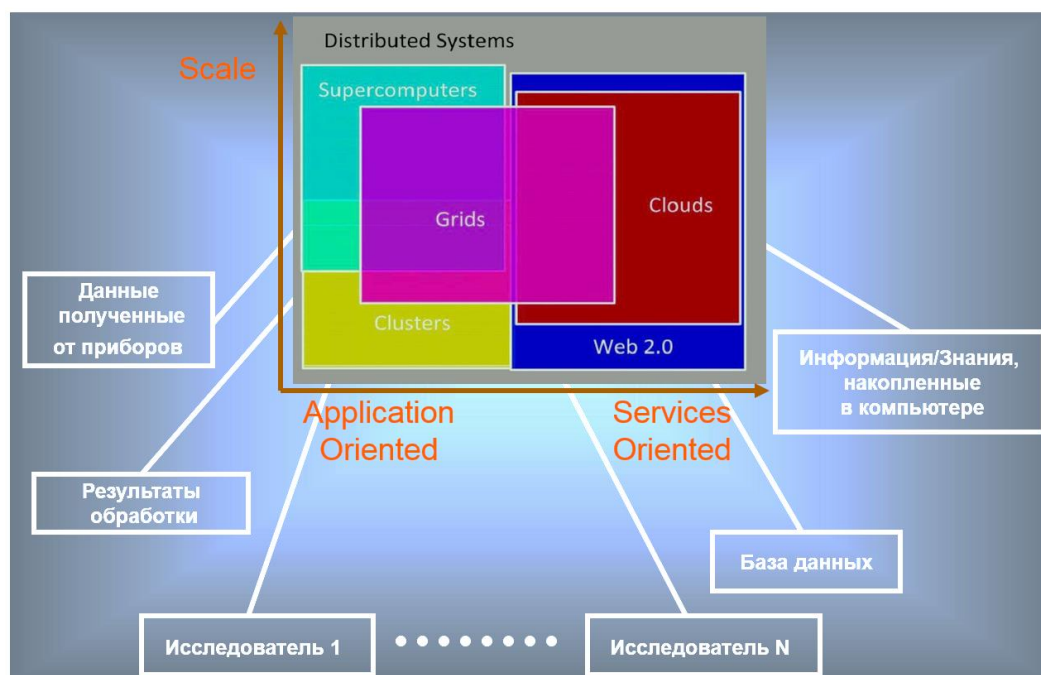


Рис. 1. Информационная инфраструктура e-science

Для всех этих компонентов проблема интероперабельности занимает важнейшее место, тем более, что при взаимодействии эти компоненты образуют сверхбольшую систему (System of Systems), а для таких сугубогетерогенных сред проблема интероперабельности крайне актуальна ([http://www.dsta.gov.sg/docs/publications-documents/dh2008\\_04\\_realising\\_sos.pdf?sfvrsn=2](http://www.dsta.gov.sg/docs/publications-documents/dh2008_04_realising_sos.pdf?sfvrsn=2)).

Исходя из этого мы занимаемся работами по обеспечению интероперабельности для суперкомпьютеров (разработан ГОСТ Р ГОСТ Р 51954—2002 «Профиль прикладной среды организации вычислений на супер-ЭВМ»), для Грид-систем и систем облачных вычислений [3], о чем будет сказано ниже.

Проблема интероперабельности актуальна не только для информационной инфраструктуры e-science, но для информационных систем других классов, поскольку тенденция к увеличению гетерогенности среды существует практически везде. В связи с этим мы осознали целесообразность выработки единого подхода к обеспечению интероперабельности ИС самого широкого класса (URL: <http://jre.cplire/jre/mar12/2/text.pdf>). Вопросами обеспечения интероперабельности занимаются в мире очень большое число организаций и отдельных исследователей, применяя различные подходы, методы и даже определения, исходя из собственных задач.

Итак, поскольку интероперабельность в e-science непосредственно связана с Грид-системами, мы занялись проблемой интероперабельности применительно к Грид.

### **Работы по проблеме интероперабельности для Грид-систем**

Грид-системы активно применяются не только в научных исследованиях, но и в других областях. Поскольку совершенно очевидно, что в Грид как в сугубо гетерогенной среде вопросы обеспечения интероперабельности крайне важны, в мировом научном сообществе большое внимание уделяется этим вопросам. Основной организацией выступает Open Grid Forum (OGF) (<http://www.ogf.org/>), задачей которой, как раз, определено обеспечение интероперабельности за счет использования ИТ- стандартов. В нашей стране, к сожалению, работы по стандартизации Грид выполняются в гораздо меньшем масштабе и в отрыве от международной деятельности, хотя в Программу фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020 г.г. включены разделы, предусматривающие развитие Грид-технологий и стандартов (<http://www.ras.ru/scientificactivity/2013-2020plan.asp>) По существу, ИРЭ РАН им. В.А. Котельникова является основной организацией в нашей стране, занимающейся вопросами стандартизации в Грид. Поскольку Грид-технологии развиваются в нашей стране достаточно быстро, перед нами встал вопрос о необходимых первоочередных стандартах для обеспечения интероперабельности в Грид-среде.

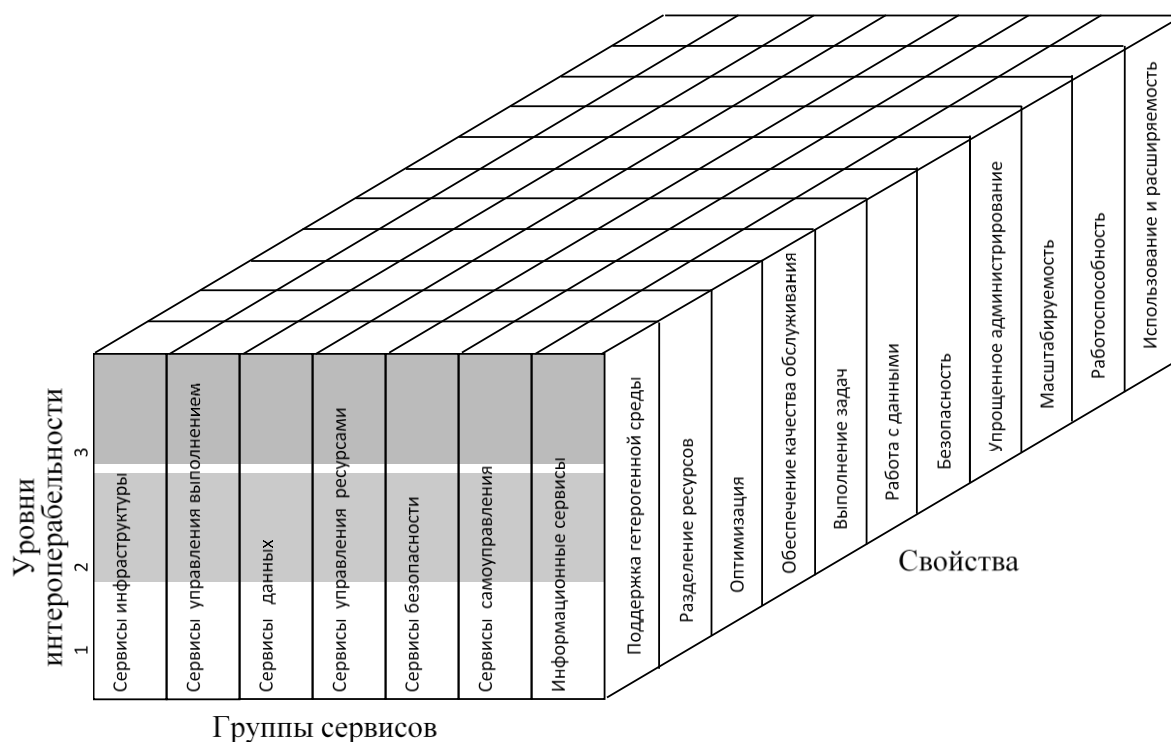
#### ***Первоочередной стандарт для Грид-среды***

При выборе объекта разработки мы следовали концепции Open Grid Forum, согласно которой Грид-среда состоит из т.н. «виртуальных элементов», с типовым набором

стандартизованных сервисов, из которых и должен состоять профиль Грид-среды. Обязательным сервисом должен стать сервис, описывающий единый способ взаимодействия каждого виртуального элемента с внешней средой (другими элементами или пользователями). Таким средством выступает язык описания задания JSDL (Job Submission Description Language). Он основан на языке XML, содержит в себе описание элементов (и их допустимых значений), при помощи которых можно формировать как собственно задание, так и требования на программно-аппаратную платформу, на которой это задание может быть выполнено (URL: <http://jre.cplire/jre/feb11/4/text.pdf>). На основании изложенного авторами был разработан национальный стандарт РФ ГОСТ Р 55022–2012 «Информационная технология. Спецификация языка описания представления задач (JSDL). Версия 1.0. За основу был взят документ, разработанный OGF - GFD-R.136.

### ***Модель интероперабельности для Грид-систем***

Как известно в концепции открытых систем важнейшим этапом выступает адаптация эталонной модели к конкретной прикладной среде. Поэтому в качестве второго документа мы разработали национальный стандарт РФ ГОСТ Р 55768-2013 «Информационные технологии. Модель открытой Грид-системы. Основные положения» (URL: <http://jre.cplire.ru/alt/dec12/3/text.pdf>). Данный стандарт разработан на основе стандарта, разработанного Open Grid Forum - GFD-1-080. На рис. 2 приведена описанная в стандарте модель.



Уровни интероперабельности: 1 – технический, 2 – семантический, 3 – организационный

Рис. 2. — Модель открытой Грид-среды

Данная модель предназначена для обеспечения интероперабельности в Грид-среде и как видим, имеет три измерения.

### ***Глоссарий по интероперабельности Грид-систем***

Для того чтобы между разработчиками, поставщиками и пользователями Грид-систем при обеспечении интероперабельности было достигнуто взаимопонимание, они должны пользоваться единой терминологией, в связи с чем авторы поставили перед собой задачу разработать необходимый глоссарий. Также как и в случае с моделью в качестве основы при разработке данного стандарта был взят документ. международной организации Open Grid Forum - GFD-I.120 . В результате нами был разработан национальный стандарт РФ ГОСТ Р 56174-2014 «Информационные технологии. Архитектура служб открытой Грид-среды. Термины и определения» (URL: <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=180600>).

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения понятий из области архитектуры, предназначенной для обеспечения интероперабельности в Грид-среде. Стандарт предназначен не только для заказчиков, разработчиков, поставщиков, потребителей, но и для персонала сопровождения информационных систем, программного

обеспечения и услуг в Грид-среде. Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения во всех видах документации и литературы в области Грид-технологий, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ. Документ содержит 92 термина и определения из документа GFD-I.120, а также 14 терминов и определений из межгосударственных и национальных источников. Для удобства использования документ снабжен алфавитным указателем терминов на русском и английском языках. Установленные в стандарте термины расположены в систематизированном порядке, отражающем систему понятий в Грид-среде. Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин. В стандарте приведены англоязычные эквиваленты стандартизованных терминов, а также приведен алфавитный указатель терминов на русском языке и алфавитный указатель на английском языке.

Учитывая важность проблемы интероперабельности не только для e-science, но и для других гетерогенных сред, мы решили провести всесторонний анализ проблемы с использованием многочисленных бумажных и электронных источников.

### **Общий анализ проблемы интероперабельности**

В (URL: <http://jre.cplire/jre/mar12/2/text.pdf>) нами проанализирована проблема интероперабельности. Показано, что одной из фундаментальных особенностей развития современных ИКТ выступает формирование гетерогенной ИКТ-среды. В такой среде возникает проблема взаимодействия разнородных компонентов (систем), получившая название «проблема интероперабельности». Интероперабельность, наряду со свойствами «переносимость» и «масштабируемость» представляет важнейшее свойство открытых систем. Первоначально термин интероперабельность был введен в техническом смысле, и она достигалась за счет использования стандартных протоколов связи. В настоящее время термин интероперабельность получил расширенное значение, можно говорить о «семантической» (смысловой) интероперабельности, которая достигается за счет использования «семантических» стандартов. Можно утверждать, что проблема интероперабельности существует для ИС всех классов, в том числе для ИС всех областей применения (наука, здравоохранение, образование, госуправление, военное дело и т.д.) и всех масштабов (от наносистем до сверхбольших систем - SoS). Показано также, что интероперабельность определяет конкурентоспособность организаций и непосредственно связана с инновационностью. Отмечено что стандарты интероперабельности – «нейтральная полоса» в «войне стандартов», и что интероперабельность непосредственно связана с переходом от создания монолитных информационных систем к созданию систем на основе модулей со стандартными интерфейсами.

Таким образом, можно сделать вывод, что проблема интероперабельности представляет в настоящее время наиболее важное направление развития технологии открытых систем и ИКТ в целом, применяется к системам всех классов, имеет инновационную направленность, в её решении заинтересованы все участники процесса информатизации. Хотя над проблемой работают многие организации и исследователи, но она далека от решения и требует выполнения ряда задач.

К наиболее актуальным задачам относятся: вопросы терминологии, виды и модели интероперабельности, измерение интероперабельности [4], выбор объектов стандартизации, ключевых интерфейсов, исследование особенностей обеспечения интероперабельности для систем различных классов, выработка единого подхода к обеспечению интероперабельности, создание нормативно-технических документов: стандартов, профилей, рекомендаций, методик и сводов правил, оценка экономического эффекта.

На основании обобщения результатов, полученных для ряда систем и международного опыта, представляется естественным выработка единого подхода к обеспечению интероперабельности систем, по возможности, наиболее широкого класса. Проанализировав несколько десятков документов и на основании собственного многолетнего опыта, мы предложили единый подход к обеспечению интероперабельности систем самого широкого класса, описанный ниже

### **Разработка единого подхода к обеспечению интероперабельности для систем широкого класса**

Первостепенной задачей при выработке единого подхода служит выбор эталонной модели интероперабельности. На основе обобщения большого числа используемых моделей мы предложили трёхуровневую модель (см. рис.3)

Эталонная модель интероперабельности представляет собой развитие семиуровневой базовой эталонной модели ВОС согласно ГОСТ Р ИСО/ МЭК 7498-1-99) ([URL: http://jre.cplire/jre/mar12/2/text.pdf](http://jre.cplire/jre/mar12/2/text.pdf)).

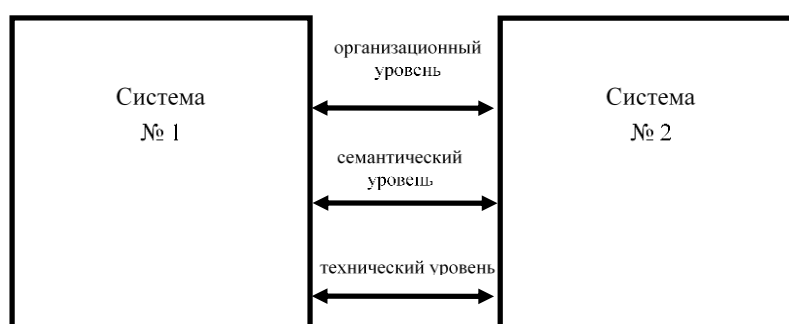


Рис. 3. Эталонная модель интероперабельности



Для систем конкретных классов на базе эталонной модели интероперабельности должны создаваться проблемно-ориентированные модели интероперабельности, которые могут иметь большее число уровней, получать дополнительное измерение.

Блок-схема процесса обеспечения интероперабельности приведена на рис. 4. В приведенной методике можно выделить основные этапы (1-5) и вспомогательные этапы (6-9).

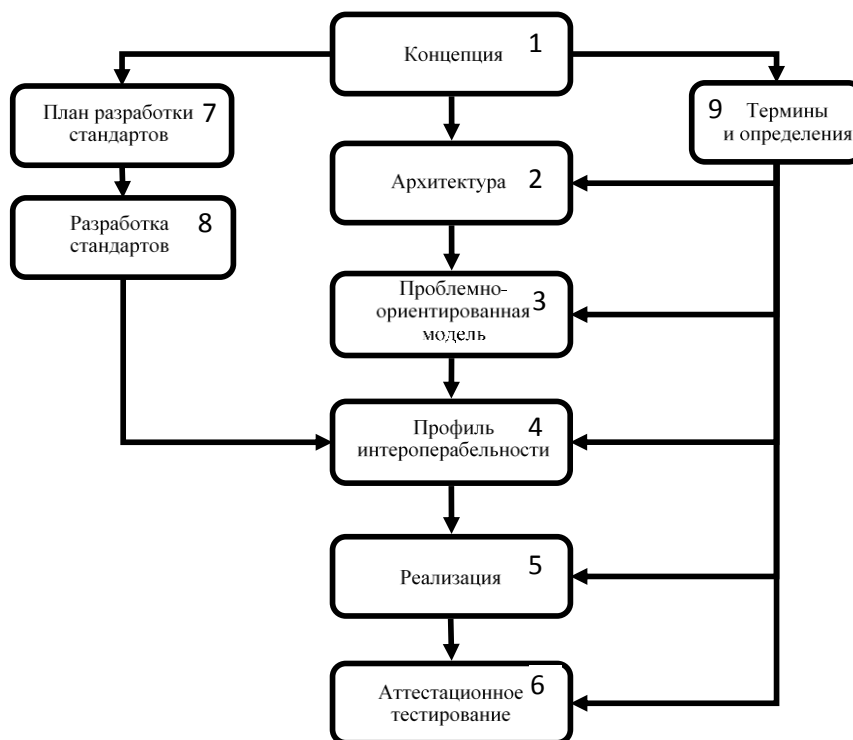


Рис. 4. Блок-схема единого подхода к обеспечению интероперабельности ИС широкого класса

Нам представляется крайне важным, что предложенный подход, включающий эталонную модель, удалось зафиксировать в виде национального стандарта РФ ГОСТ Р 55062-2012 «Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения.» (URL: <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=175723>).

### Применение единого подхода к системам различных классов

Далее мы поставили себе задачей применение единого подхода к информационным системам различных классов. Мы выбрали в качестве первоочередных общезначимые области, к которым можно отнести: электронное здравоохранение, электронное образование, электронная коммерция.

**Электронное здравоохранение (англ. e-health).** Особенности решения проблемы интероперабельности в этой области был посвящено 9 статей и кандидатская диссертация А.А.Каменщикова (URL: <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-metodov-i-sredstvobespecheniya-i-upravleniya-interoperabelnostyu->). Предложена проблемно-ориентированная модель интероперабельности, профиль интероперабельности и проект национального стандарта РФ «Информатизация здоровья. Интероперабельность информационных систем».

**Электронное образование (англ. e-education).** Особенности решения проблемы интероперабельности в этой области было посвящено 11 статей и кандидатская диссертация К. А. Рубана (URL: <http://library.mirea.ru/books/46403>). Предложена проблемно-ориентированная модель интероперабельности, профиль интероперабельности и проект национального стандарта РФ «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Интероперабельность. Основные положения».

**Электронная коммерция (англ. e-commerce).** Особенности решения проблемы интероперабельности в этой области было посвящено более 10 статей, и подготовлена кандидатская диссертация И.Е. Разинкина. Предложена проблемно-ориентированная модель интероперабельности, профиль интероперабельности и проект национального стандарта РФ «Информационные технологии. Электронная коммерция. Основные положения».

Отличия для описанных областей проявляются в разных моделях и стандартах на уровнях выше технического.

**Облачные вычисления (англ. cloud computing)** . Облачные вычисления в настоящее время представляют платформу не только информационной инфраструктуры науки, но и для других областей, что зафиксировано в Федеральной программе «Информационное общество» (URL: <http://docs.cntd.ru/document/902244983>). В нашей работе (URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep13/4/text.pdf>) мы провели всесторонний анализ проблемы интероперабельности в области облачных вычислений и привели примеры применения в различных областях, а также применили единый подход, описанный выше, к облачным вычислениям. Нами предложена следующая модель интероперабельности для облачных вычислений (см. рис.5).

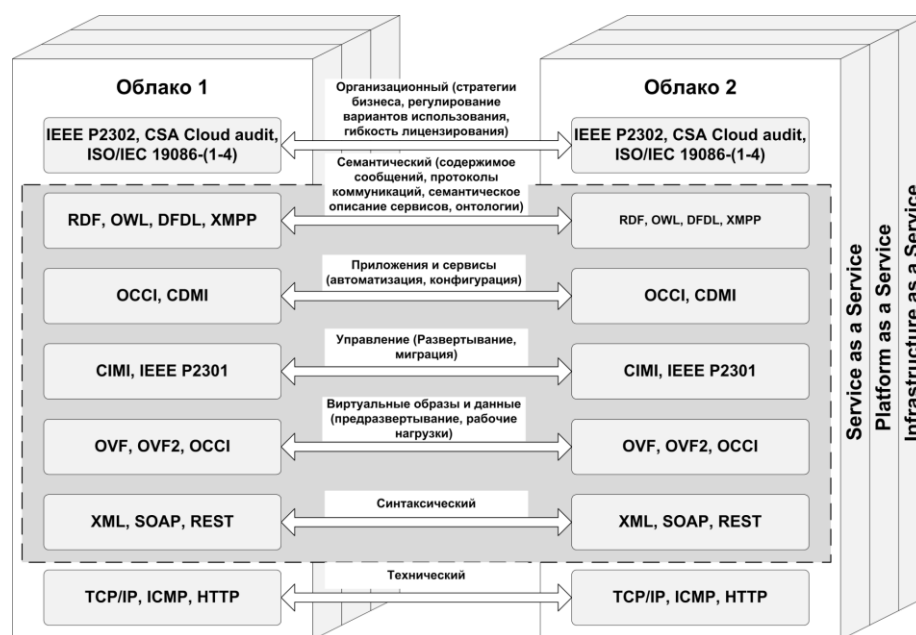


Рис. 5. Модель интероперабельности облачных вычислений

Как видим, эта модель отличается от эталонной увеличенным числом уровней и имеет третье измерение в соответствии с видами услуг (URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep13/4/text.pdf>)

## Заключение.

Проблема интероперабельности существует не только для области электронной науки, но и практически для информационных систем всех возможных классов и представляет собой сложную научно-техническую проблему. Авторами предложен и представлен в виде национального стандарта, не имеющего прямых аналогов, единый подход к обеспечению интероперабельности для систем широкого класса. Проведено применение единого подхода к отдельным областям и разрабатываются соответствующие стандарты, предназначенные для обеспечения интероперабельности.

За последние пять лет нами разработано 4 национальных стандарта, предназначенных для обеспечения интероперабельности.

## Список литературы:

1. Е.Е. Журавлев, А.Я. Олейников, Т.Д. Широбокова. Современное состояние проблемы автоматизации научных исследований:// Радиотехника – 2010. №9. -С.119-127.
2. Kamenshchikov A.A., Kornienko V.N., Oleynikov A.Ya. Zhuravlev E.E. Standardization in E-Science in the Russian Federation Proceedings 16th EURAS Annual Standardization Conference 'Standards for Development' - / Edited by Vladislav Fomin, Kai Jakobs / EURAS 2011, p.p 197-206
3. Е.Е. Журавлев, С. В. Иванов, А. А. Каменщиков, В. Н. Корниенко, А.Я. Олейников, Т.Д. Широбокова Особенности методики обеспечения интероперабельности в грид-среде и

облачных вычислениях в журнале. // Компьютерные исследования и моделирование - 2015 Т. 7 № 3 С. 657–664

4. А. Ya. Oleynikov, A.B. Petrov, N.A. Starikovskaya. Two Methods of Interoperability Estimation for Open Systems Proceedings 16th EURAS Annual Standardization Conference 'Standards for Development'- / Edited by Vladislav Fomin, Kai Jakobs / EURAS 2011, p.p 309-318.

### **Информация об авторах**

**Иванов Сергей Валентинович**, аспирант.

Ivanov S.V, post-graduate student.

E-mail: [derkien4life@yandex.ru](mailto:derkien4life@yandex.ru)

**Каменщиков Андрей Алесандрович**, кандидат технических наук, научный сотрудник Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Kamenshchikov A.A., Ph.D., researcher of Kotel'nikov Institute of Radio-engineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [prostonau@mail.ru](mailto:prostonau@mail.ru)

**Олейников Александр Яковлевич**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Oleynikov A. Y., Honored Worker of Science of Russian Federation, Ph.D., Chief Scientific Officer of Kotel'nikov Institute of Radio-engineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [olein@cplire.ru](mailto:olein@cplire.ru)

**Широбокова Тамара Дмитриевна**, научный сотрудник Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Shirobokova T.D., researcher of Kotel'nikov Institute of Radio-engineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [toma@cplire.ru](mailto:toma@cplire.ru)