

УДК: 004.75

## Особенности методики обеспечения интероперабельности в грид-среде и облачных вычислениях

Е. Е. Журавлев<sup>1,a</sup>, С. В. Иванов<sup>2</sup>, А. А. Каменщиков<sup>3</sup>,  
В. Н. Корниенко<sup>3</sup>, А. Я. Олейников<sup>3</sup>, Т. Д. Широбокова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук,  
Россия, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, д. 53

<sup>2</sup> Российский новый университет, Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22

<sup>3</sup> Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН,  
Россия, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7

E-mail: <sup>a</sup>derkien4life@yandex.ru

Получено 2 октября 2014 г.

Представлена методика обеспечения интероперабельности для Грид-систем и систем облачных вычислений. Методика построена на основе единого подхода к обеспечению интероперабельности для систем широкого класса, предложенного авторами и зафиксированного в национальном стандарте РФ.

Ключевые слова: интероперабельность, грид, грид-среда, облачные вычисления, облака, методика, стандартизация

### Aspects of methodology of ensuring interoperability in the Grid-environment and cloud computing

Е. Е. Zhuravlev<sup>1</sup>, S. V. Ivanov<sup>2</sup>, A. A. Kamenshchikov<sup>3</sup>, V. N. Kornienko<sup>3</sup>, A. Ya. Oleynikov<sup>3</sup>,  
T. D. Shirobokova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, LPI, 53 Leninskij Prospekt, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup> Russian New University, 22 Radio st., Moscow, 105005, Russia

<sup>3</sup> Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, 11-7 Mokhovaya st., Moscow, 125009, Russia

The technique of ensuring of interoperability for Grid-systems and systems of cloud computing is provided. The technique is constructed on a basis of the uniform approach of ensuring interoperability for systems of the wide class offered by authors and recorded in the national Russian Federation standard.

Keywords: interoperability, grid, grid-environment, cloud computing, clouds, methodology, standardization

Citation: *Computer Research and Modeling*, 2015, vol. 7, no. 3, pp. 675–682 (Russian).

© 2014 Евгений Евгеньевич Журавлев, Сергей Валентинович Иванов, Андрей Александрович Каменщиков, Владимир Николаевич Корниенко, Александр Яковлевич Олейников, Тамара Дмитриевна Широбокова

## Введение

Грид-среда и среда облачных вычислений, состоящие из разнородных программно-аппаратных платформ, заведомо представляют собой гетерогенные среды, в которых неизбежно возникает проблема взаимодействия входящих в них систем, получившая название «проблемы интероперабельности». Актуальность данной работы обуславливается не только тем, что в нашей стране идет активное применение грид и облаков, но и тем, что вопросы развития принципов интероперабельности, стандартов и технологий открытых систем, а также развития технологий и стандартов грид включены в Программу фундаментальных исследований государственных академий наук в 2013–2020 г. Данная работа выполняется в рамках проекта РФФИ 12-0700261-а и Программы Президиума РАН № 14.

## Проблема интероперабельности

Согласно определению, приведенному в документе ISO/IEC/IEEE 24765:2010-Systems and Software Engineering-Vocabulary, «интероперабельность — способность двух или более систем или элементов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена». Интероперабельность достигается за счет использования технологии открытых систем и согласованных наборов стандартов — профилей» [Технология..., 2004]. Построение профиля — лишь один из этапов определенной методики обеспечения интероперабельности. Проблема интероперабельности возникает в гетерогенной ИКТ-среде для информационных систем практически любого назначения и масштаба (от наносистем до грид-систем, систем облачных вычислений и сверхбольших систем — systems of systems). Эта проблема тем острее, чем выше уровень гетерогенности среды. Обеспечение интероперабельности — сложная научно-техническая задача, которой занимаются многие организации и исследователи; основными международными организациями в области грид-систем и систем облачных вычислений следует считать Open Grid Forum (OGF) и Open Cloud Consortium (OCC). Этими вопросами занимается также IEEE.

Авторы ведут систематизированные работы по проблеме интероперабельности более 10 лет. Авторы выполнили ряд научных исследований по интероперабельности в области грид и облаков [Журавлев, Корниенко, Олейников, 2010; Журавлев, Корниенко, Олейников, 2012; Иванов, 2012] и разработали ряд национальных стандартов, указанных ниже.

## Результаты работ авторов по интероперабельности

В своих работах по стандартизации авторы руководствовались федеральным законом РФ «О техническом регулировании», согласно которому на территории РФ должны применяться национальные стандарты, гармонизированные с международными. Процедура разработки национального стандарта достаточно сложная, занимает около 2 лет и требует согласования со всеми заинтересованными организациями [ГОСТ Р 1.2-2004, 2014].

В течение последних двух лет авторами была завершена разработка ряда документов в области интероперабельности, оформленных в виде национальных стандартов:

- 1) ГОСТ Р 55062-2012 «Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность»;
- 2) ГОСТ Р 55022-2012 «Информационные технологии. Спецификация языка описания представления задач (JSDL). Версия 1.0»;
- 3) ГОСТ Р 55768-2013 «Модель открытой Грид-системы. Основные положения»;
- 4) ГОСТ Р «Информационные технологии. Архитектура служб открытой Грид-среды. Термины и определения», представляющий собой, по существу, глоссарий, касающийся интероперабельности грид среды.

Первый из этих документов предназначен для систем широкого класса, документы 2, 3, 4 относятся к грид-системам. В настоящее время завершается НИР по созданию методики обеспечения интероперабельности в грид и облаках, которую планируется оформить как ГОСТ Р.

## Методика обеспечения интероперабельности в грид и облаках

Методика (см. рис. 1), построена на основе единого подхода к обеспечению интероперабельности, зафиксированного в ГОСТ Р 55062-2012, и, по существу, использует принципы системной инженерии.

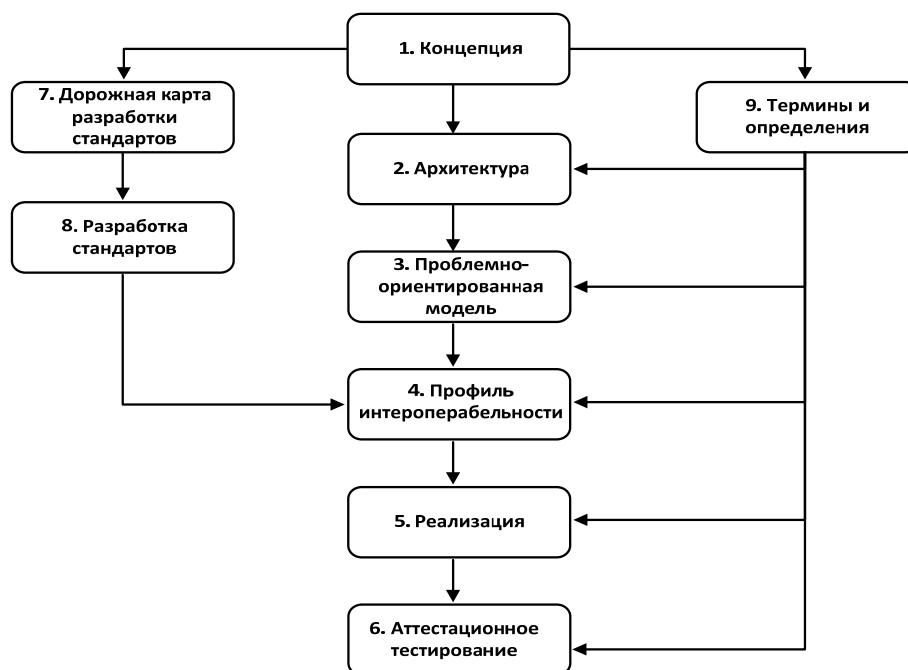


Рис. 1. Методика обеспечения интероперабельности грид и облаков

Методика содержит ряд этапов. К основным этапам относятся этапы 1–5, а к вспомогательным — этапы 6–9. Для обеспечения интероперабельности в случае грид и облаков должны быть выполнены все этапы, приведенные на рис. 1 с учетом специфики этих сред. Для этого приведем определения грид и облачных вычислений.

Согласно документу GFD 120 — Open Grid Services Architecture, разработанному международной организацией — Open Grid Forum:

«Грид — система, которая связана с интеграцией, виртуализацией и управлением услугами и ресурсами в распределенной, гетерогенной среде».

Для облаков приведем определение, данное The National Institute of Standards and Technology (NIST):

«Облачные вычисления — это модель предоставления повсеместного и удобного сетевого доступа по мере необходимости к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, систем хранения, приложений и сервисов), которые могут быть быстро предоставлены и освобождены с минимальными усилиями по управлению и необходимостью взаимодействия с провайдером услуг (сервис-провайдером)».

### Основные положения концепции

В области грид известны следующие концепции:

- Web Services Resource Framework ([http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Services\\_Resource\\_Framework](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Services_Resource_Framework));

- GridWise Interoperability Context-Setting Framework (<http://www.caba.org/resources/Documents/IS-2008-30.pdf>).

В области облачных вычислений известна концепция обеспечения семантической интероперабельности: Cloud4SOA (<http://www.cloud4soa.eu/>).

Согласно единому подходу к обеспечению интероперабельности, концепция интероперабельности должна содержать ряд основных положений. Рассмотрим эти положения (см. таблицу 1).

Таблица 1. Основные положения концепции грид и облаков

Грид	Облака
Предполагает объединение групп компьютеров и устройства хранения, позволяющее динамически выделять под определенные задачи необходимые ресурсы по мере появления потребности в них	Суть облачных вычислений заключается в удаленном предоставлении по требованию конечным пользователям динамического доступа к услугам (вычислительным ресурсам, приложениям, платформам и инфраструктурам) через локальную сеть или Интернет
Интероперабельность в области грид означает способность двух или более грид-систем или их узлов обмениваться информацией и использовать эту информацию	Интероперабельность в области облачных вычислений означает способность двух или более облаков и их компонентов к обмену информацией и использованию информации, полученной в результате этого обмена
Цель обеспечения интероперабельности грид-систем — создание единой грид-среды, содержащей множество стандартизованных компонентов, благодаря которым возможно взаимодействие между отдельными частями грид-систем	Цель обеспечения интероперабельности облачных вычислений — создание единой облачной системы, раскрывающей истинный потенциал и преимущества облачных вычислений, заключающихся в возможности обмениваться понятными сообщениями, умении передавать и хранить данные в унифицированном формате, иметь возможность переносить образы виртуальных машин

Ключевая разница в концепциях — это способ предоставления вычислительных мощностей. В случае с грид это распределенная мощность и ресурсы. В случае с облаками эта мощность арендуется, и чем ее больше, тем больше приходится платить.

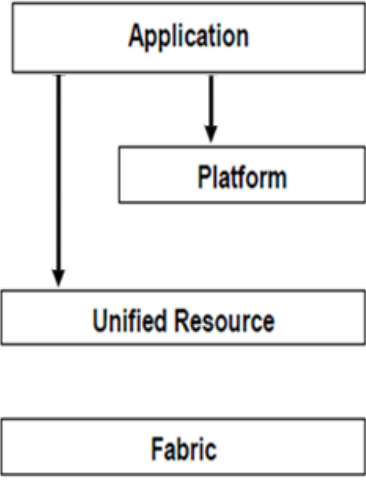
### Архитектура

В таблицах 2 и 3 представлены архитектуры [Ian et al., 2008] для сравнения архитектур грид и облаков.

Таблица 2. Архитектура грид

<pre> graph TD     Application[Application] --&gt; Collective[Collective]     Application --&gt; Resource[Resource]     Application --&gt; Connectivity[Connectivity]     Application --&gt; Fabric[Fabric] </pre>	Прикладной уровень (application) — включает любые пользовательские приложения, созданные поверх вышеупомянутых протоколов и API, и функционирует в средах виртуальной организации (VO)
	Коллективный уровень (collective) — перехватывает взаимодействия между наборами ресурсов, службы каталогов, допускает контроль и открытие ресурсов VO
	Уровень ресурса (resource) — определяет протоколы для публикации, открытия, согласования, контроля, учета и оплаты совместного использования операций на отдельных ресурсах
	Уровень связи (connectivity) — определяет базовую связь и протоколы аутентификации для простых и безопасных сетевых транзакций
	Структурный уровень (fabric) — обеспечивает доступ к различным типам ресурсов, таким как: вычисление, хранение, сетевой ресурс, репозиторий кода и т. д.

Таблица 3. Архитектура облачных вычислений

	<p>Прикладной уровень (application) — содержит приложения, которые работали бы в облаке</p>
	<p>Уровень платформы (platform) — прибавляет набор специализированных инструментов, промежуточного ПО и служб поверх объединенных ресурсов, чтобы обеспечить платформу разработки и/или развертывания (среда веб-хостинга, служба планирования)</p>
	<p>Объединенный уровень (unified resource) — содержит ресурсы, которые абстрагировались/инкапсулировались так, чтобы они могли быть представлены верхнему уровню и пользователям как интегрированные ресурсы (компьютер/кластер, логическая файловая система, система баз данных)</p>
	<p>Структурный уровень (fabric) — содержит необработанные аппаратные ресурсы, такие как вычислительные ресурсы, ресурсы хранения и сетевые ресурсы</p>

Грид сосредоточен на интеграции существующих ресурсов с их аппаратным обеспечением, ОС, управлением локальными ресурсами и инфраструктурой безопасности. Грид определяет и обеспечивает набор стандартных протоколов, промежуточного ПО, инструментов и услуг, построенных на основе этих протоколов. Интероперабельность и безопасность — основа инфраструктуры грид. Облака обычно представляются как источник вычислительных ресурсов или ресурсов хранилища, к которым можно получить доступ через стандартные протоколы и абстрактные интерфейсы. Облака могут быть построены на многих существующих протоколах (Web Services, Web 2.0). Из сказанного следуют различия в представленных выше архитектурах.

**Модели интероперабельности**

*Для грид*

На рис. 2 представлена модель интероперабельности грид, зафиксированная в ГОСТ Р 55768-2013.

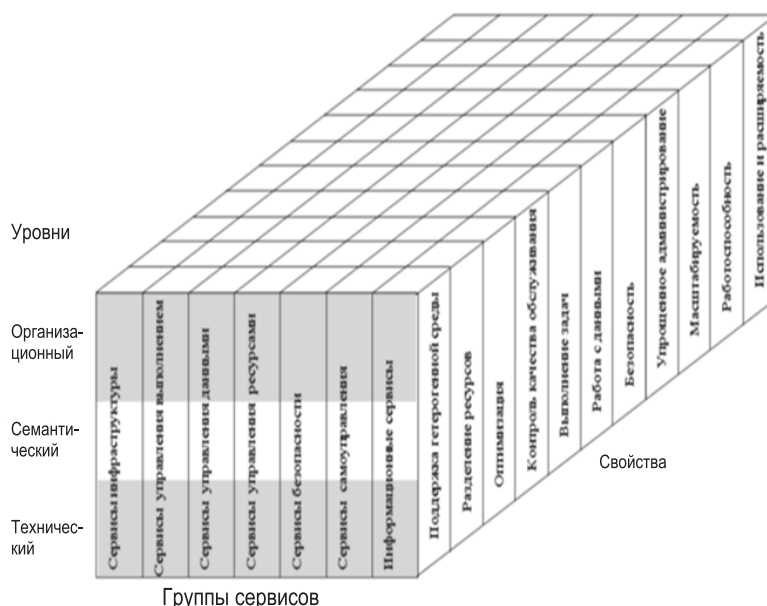


Рис. 2. Модель интероперабельности грид

На этом рисунке по оси абсцисс перечислены группы сервисов, обеспечивающих реализацию свойств грид-среды. По оси ординат представлены три уровня (технический, семантический и организационный) интероперабельности сервисов. По третьей оси перечислены свойства грид-системы [Журавлев и др., 2012].

*Для облаков*

На рисунке 3 представлена предлагаемая нами модель интероперабельности облаков [Журавлев, Иванов, Олейников, 2013].

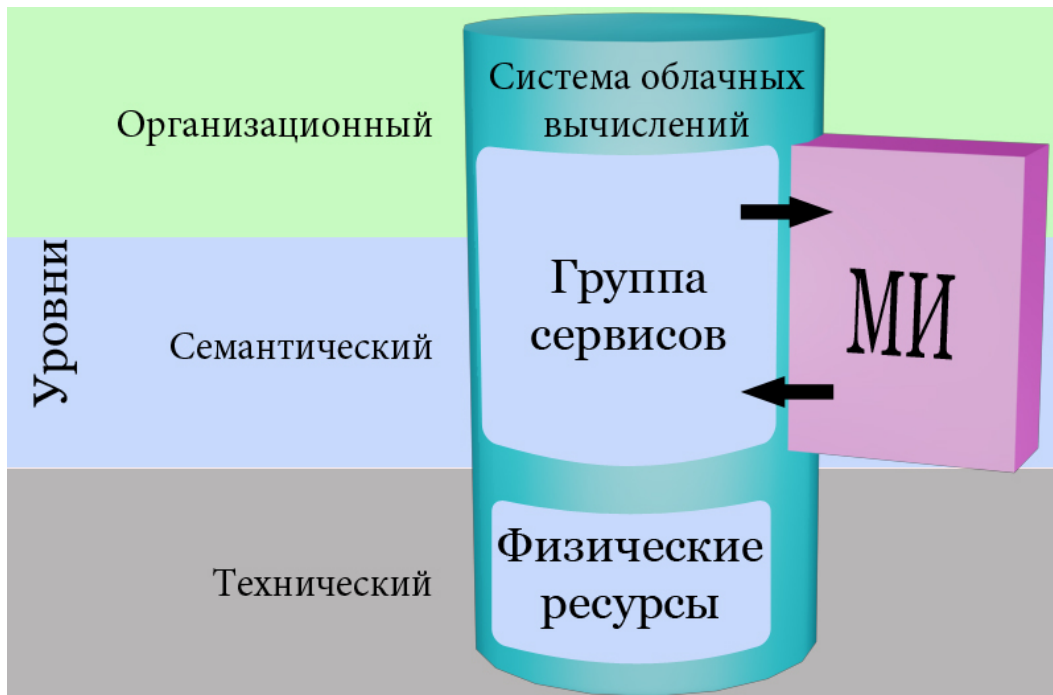


Рис. 3. Модель интероперабельности облаков

На рисунке изображена система облачных вычислений в виде цилиндра, которая содержит элемент «Группа сервисов», включающий сервисы, обеспечивающие реализацию свойств облаков. Также имеется элемент «Физические ресурсы», который представляет собой набор технических средств, используемых системой облачных вычислений. Представлены три уровня: технический, семантический и организационный интероперабельности сервисов. Ключевой особенностью модели является элемент «МИ» («Модуль интероперабельности»), способный управлять сервисами. Из модели видно, что МИ затрагивает два уровня — семантический и организационный.

### ***Профиль интероперабельности грид и облаков***

Как известно, профиль подразумевает согласованный набор стандартов, структурированный в терминах модели интероперабельности, который должен обновляться по мере актуализации входящих в него стандартов и может быть издан как отдельный нормативно-технический документ [ГОСТ Р 55062-2012, 2012]. Согласно модели интероперабельности в профиль интероперабельности должны войти стандарты технического, семантического и организационного уровня. Следует отметить, что согласно действующим правилам расположение стандартов на тех или иных уровнях интероперабельности требует коллективного обсуждения.

Данный этап в настоящее время проработан наиболее слабо. Авторы планируют использовать материалы организаций, приведенных в таблице 4.

Результаты работ этих организаций должны войти в профили интероперабельности.

Таблица 4. Организации и стандарты для грид и облаков

Грид	Облака
Open Grid Forum (OGF)	European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	DMTF, Open Virtualization Format (OVF)
Distributed Management Task Force(DMTF)	OGF, Open Cloud Computing Interface (OCCI)
Internet Engineering Task Force (IETF)	SNIA, Cloud Data Management Interface (CDMI)
ITU Telecom munication Standardization Sector (ITU-T)	OASIS, Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications (TOSCA); Cloud Application Management for Platforms (CAMP)
Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)	IEEE P2301, Draft Guide for Cloud Portability and Interoperability Profiles
Storage Networking Industry Association (SNIA)	IEEE P2302, Draft Standard for Intercloud Interoperability and Federation
TeleManagement Forum (TMF)	ISO/IEC DIS 17226 «Information Technology» — Cloud Data Management Interface (CDMI) — SNIA
	ISO/IEC DIS 17963 «Web Services for Management» (WS — Management) DMTF
	ISO/IEC DIS 16680 information technology — The Open Group Service Integration Maturity Model(OSIMM)
	ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27002
	ГОСТ Р 55022-2012, Информационная технология. Спецификация языка описания представления задач (JSDL). Версия 1.0

### *Дополнительные этапы*

Для выполнения дополнительных этапов методики (см. рис. 1) авторы ориентируются на следующие документы (разработки):

- ГОСТ Р (в стадии утверждения) «Информационные технологии. Архитектура служб открытой Грид-среды. Термины и определения» (см. п. 9 рис. 1), а также другие разработанные нами стандарты и, кроме того, зарубежные документы;
- SIENA European Roadmap on Grid and Cloud Standards for e-Science and Beyond (<http://www.sienainitiative.eu/Repository/Files/caricati/8ee3587a-f255-4e5c-aed4-9c2dc7b626f6.pdf>);
- NIST Cloud Computing Standards Roadmap Working Group ([http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/NIST\\_SP-500-291\\_Jul5A.pdf](http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/NIST_SP-500-291_Jul5A.pdf)).

### **Заключение**

Предложена методика обеспечения интероперабельности для грид и облаков. Методика использует принципы системной инженерии, базируется на едином подходе, разработанном авторами ранее и зафиксированном в ГОСТ Р 55062-2012. Существуют различия в содержании этапов методики для грид и облаков, которые должны найти отражение в составе профилей и реализации. Можно утверждать, что профиль грид и профиль облаков будут иметь общие стандарты на техническом уровне и отличающиеся — на более высоких уровнях. По завершению разработки методики целесообразно, чтобы она получила статус ГОСТ Р. Для этого обязательным условием должно служить активное коллективное обсуждение документа, и авторы приглашают всех заинтересованных лиц и организаций.

## Список литературы

- ГОСТ Р 1.2-2004 // ГОСТ Эксперт — база ГОСТов РФ. 2014. URL: <http://gostexpert.ru/gost/gost-1.2-2004> (дата обращения: 20.09.2014).
- ГОСТ Р 55062-2012. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения [электронный ресурс] // Центр открытых систем ИРЭ РАН. Создание и внедрение профилей на основе технологии открытых систем. — 2012. URL: [http://opensys.info/files/data\\_20130514161145.pdf](http://opensys.info/files/data_20130514161145.pdf) (дата обращения: 19.06.2013).
- Журавлев Е. Е., Корниенко В. Н., Олейников А. Я.* Вопросы стандартизации и обеспечения интероперабельности в GRID-системах // Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании: Труды IV Межд. конф. (Дубна, 28 июня – 3 июля, 2010 г.). — Дубна: ОИЯИ, 2010. — С. 364–372.
- Журавлев Е. Е., Корниенко В. Н., Олейников А. Я.* Исследование особенностей проблемы интероперабельности в GRID-технологии и технологии облачных вычислений // Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании: Труды V Межд. конф. (Дубна, 16–21 июля, 2012 г.). — Дубна: ОИЯИ, 2012. — С. 312–320.
- Журавлев Е. Е., Корниенко В. Н., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д.* Модель открытой грид-системы [электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). — 2012. — № 12 // Сайт ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН. URL: <http://jre.cplire.ru>, 2012, <http://jre.cplire.ru/koi/dec12/3/text.html> (дата обращения: 21.05.2014).
- Журавлев Е. Е., Иванов С. В., Олейников А. Я.* Модель интероперабельности облачных вычислений [электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). — 2013. — № 12 // Сайт ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН. URL: <http://jre.cplire.ru>, 2013, <http://jre.cplire.ru/jre/dec13/12/text.pdf> (дата обращения: 21.05.2014).
- 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 (электронный журнал). — 2013. — № 9 // Сайт ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН. URL: <http://jre.cplire.ru>, 2013. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep13/4/text.pdf> (дата обращения: 21.05.2014).
- Журавлев Е. Е., Корниенко В. Н.* Тенденции в стандартизации интероперабельности в грид и облачных технологиях // Сборник трудов III Международной конференции «ИТ-Стандарт 2012». — Москва, МИРЭА. 16–17 октября 2012 г. С. 123–130.
- Иванов С. В.* Вопросы интероперабельности в облачных вычислениях // Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании: Труды V Межд. конф. (Дубна, 16–21 июля 2012 г.). — Дубна: ОИЯИ, 2012. — С. 321–325.
- Технология открытых систем / Под ред. А. Я. Олейникова. — М.: Янус-К, 2004.
- Ian F., Yong Z., Ioan R., Shiyong L.* Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared [электронный ресурс] // Microsoft Academic Search. URL: <http://academic.research.microsoft.com/>, 2008, <http://academic.research.microsoft.com/Publication/50721241> (дата обращения: 27.06.2013).
- Zhuravlev E. E., Olejnikov A. Y.* The study of the interoperability problems in the grid-based technologies and cloud computing // Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education: Book of Abstr. of the 5th Intern. Conf. (Dubna, July 16–21 2012). — Dubna: JINR, 2012. — P. 173.