

# Интероперабельность в e-science<sup>1</sup>

Е.Е. Журавлев, А.Я. Олейников

**Аннотация.** Дано определение «e-science» и описаны особенности обеспечения интероперабельности в области «e-science». В настоящее время понятие «e-science» в основном связывают с использованием GRID-систем и GRID-технологий. Обеспечение интероперабельности в GRID-среде – одна из основных проблем GRID-технологий. Приведено описание типового интероперабельного узла GRID-среды и подходов к обеспечению интероперабельности. Описана сервис-ориентированная архитектура и разработки спецификаций, стандартов и профилей, выполненные рабочей группой OGSA международного общества OGF. Приведены результаты исследований в различных областях науки, полученные на основе применения «e-science». Описаны работы по обеспечению интероперабельности, выполняемые с участием авторов, и показана необходимость создания отечественных рекомендаций по обеспечению интероперабельности в области «e-science».

**Ключевые слова:** e-science, сервис-ориентированная архитектура, интероперабельность, открытые системы, GRID-технологии, стандарты, профили.

## Введение

E-Science как проблема применения информационных технологий для проведения научных исследований в различных областях выросла из проблемы автоматизации научных исследований, которая активно решалась у нас в стране с конца 70-ых годов с участием авторов [1]. Существование научных исследований не изменилось, все основные этапы остались теми же (поиск литературы, теоретические исследования, проведение эксперимента, вычислительный эксперимент, публикации). Изменились лишь средства автоматизации. Цель любого научного исследования состоит в построении модели, адекватной исследуемому процессу или явлению. Это означает необходимость сбора, обработки и хранения все большего объема данных, решение все более сложных систем уравнений. В настоящее время основным средством автоматизации научных исследований, как известно, становится сеть Интернет и построенная на ее основе GRID-среда (<http://www.osp.ru/os/2003/01/182408/>). Важным обстоятельством служит то, что эта среда явля-

ется территориально-распределенной. Это открывает чрезвычайно важную для научных исследований возможность международного сотрудничества с дистанционным доступом, как например, исследования на Большом Адронном Коллайдере. Таким образом, можно сказать, что e-science – любое научное исследование, выполняемое с использованием GRID-среды [2]. Совершенно очевидно, что GRID-среда является сильно гетерогенной и должна обладать свойством «прозрачности» при удаленном доступе, т.е. соответствовать принципам открытых систем, в том числе интероперабельности, за счет использования согласованного набора стандартов – профиля. Вопросами соответствия принципам открытых систем в GRID-среде в международном масштабе занимается организация Open Grid Forum, предложившая инструментный, называемый Open Grid Service Architecture – OGSA. Ниже описаны наработки, сделанные OGF по обеспечению интероперабельности GRID-среды.

Известен опыт создания на основе OGSA руководства по обеспечению интероперабельности в области e-science (D-Grid, an E-science Framework for German Scientists).

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках гранта РФФИ: 09-07-00171-а и Программы Президиума РАН №1.

К сожалению, в нашей стране до настоящего времени работы по стандартизации в области GRID-систем велись в весьма ограниченном объеме, в первую очередь, из-за недостаточного финансирования и практически без участия отечественных специалистов в работе OGF, хотя в Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008-2012 г.г. (п.31) и научных направлениях Отделения нанотехнологий и информационных технологий предусмотрены работы по стандартам GRID. Центр открытых систем ИПЭ им. В.А. Котельникова РАН ведет работы по реализации принципов открытых систем применительно к Grid-среде в течение нескольких лет, и в настоящее время - в рамках проекта РФФИ 09-07-00171-а Программы Президиума РАН №1 «Проблемы создания национальной научной распределенной информационно-вычислительной среды на основе развития GRID-технологий и современных телекоммуникационных сетей». В статье кратко описан опыт разработки профиля для обеспечения интероперабельности в GRID-среде и показана необходимость создания руководящего документа по обеспечению интероперабельности в области e-science.

## 1. Основные понятия

Подходы к решению проблемы «e-science» в Европе и США несколько отличаются.

Термин **e-science** ввел в обращение Джон Тейлор в 1999 году [3].

Термином **e-science** обозначили цель инициативы создания фонда с одноименным названием. Фонд предназначался для финансирования научно-исследовательских работ в области моделирования общественных явлений, исследований в физике элементарных частиц, в науках о Земле и биоинформатике. Первыми определились три научных направления – экономика, физика высоких энергий и биология.

В США для подобных образований принят термин – киберинфраструктура.

Центр e-science Кембриджа определяет e-science следующим образом [4]: e-science - это исследование в области новых путей применения Интернет для целей науки.

Современные сервисы (службы) в сети Интернет:

1. Сеть транспортировки.
2. Сеть вычислительных (компьютерных) элементов.
3. Сеть хранилищ данных.

Две последние службы опираются на сеть транспортировки.

Сеть вычислительных элементов обеспечивает возможность высокопроизводительных вычислений, а сеть хранилищ данных предоставляет в распоряжение ученых огромные объемы данных. Функционирование сетей поддерживается с помощью специализированных служб.

Объединение обеих служб предоставляет современные научные сервисы - высокопроизводительные вычисления и доступ к данным. Вышеупомянутые службы положены в основу создания GRID – среды. GRID - среда формируется из существующих систем масштаба персонального компьютера, суперкомпьютера, кластера, корпоративной сети и представляет собой сугубо гетерогенную среду, прозрачность которой должна обеспечиваться на основе принципов открытых систем [5]. Открытые системы характеризуют переносимость приложений, интероперабельность, масштабируемость. Эти свойства достигаются созданием и применением согласованного набора стандартов - профиля GRID – системы [6].

Переносимость приложений определяется профилем переносимости приложений.

Интероперабельность определяется профилем интероперабельности.

Применительно к GRID-системам интероперабельность определяется как [7]:

- обмен значимой, имеющей практическую ценность информацией между двумя или более системами,
- совместное применение обмениваемой информации,
- получение ожидаемого отклика на согласованную заранее посланную информацию,
- требуемое качество службы обмена информацией: надежность, точность, конфиденциальность.

Рассмотрение компонентов e-science с точки зрения достижения интероперабельности выявляет ключевые требования к профилю – функциональному стандарту GRID.

Таким образом профиль интероперабельности состоит, по крайней мере, из двух подпрофилей: «профиля данных» и «профиля высокопроизводительных вычислений».

## 2. Интероперабельность в Grid- технологиях

Grid-технологии представляют собой программные решения для построения Grid-систем [8]. Характерной особенностью этих систем служит предоставление ресурсов по запросам пользователей без указания точного местоположения требуемых ресурсов (например, MAC-, IP-адресов). В GRID-среде можно выделить типовой интероперабельный узел, показанный на рисунке [9].

### 2.1 Типовой интероперабельный узел

Опишем главные характеристики аппаратных средств, представленных на рисунке.

Client workstation: компьютер, с помощью которого окончательный пользователь дает задание, следит за ходом действий и обозревает результаты. Клиентская машина может быть мобильной, часто отключаемой от компьютерной сети и не быть составной частью файловой системы

компьютерной сети организации или вычислительного ресурса.

Submission host: рабочая станция, с помощью которой вышеуказанный пользователь может представлять и следить за исполнением заданий на вычислительном кластере. Обычно такая машина постоянно подключена к компьютерной сети организации и имеет доступ к корпоративной и кластерной файловым системам.

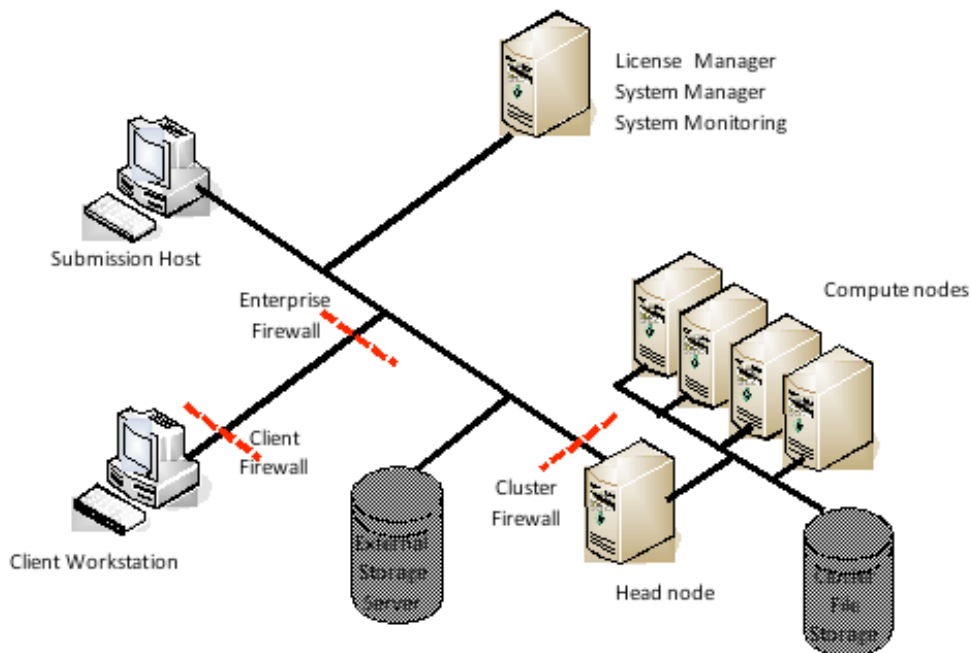
Сервер вычислительного кластера включает:

Head node: головной компьютер (узел) - первая контактная точка для рабочих станций для представления заданий на кластер. Это единственная часть вычислительного кластера, видимая другим клиентам компьютерной сети.

Compute nodes: компьютерный кластер, управляемый головным компьютером. Только к этим кластерам можно обратиться через другие головные компьютеры.

A "cluster" file system: файловая система любого кластера - является общей для головного компьютера и компьютерного кластера и к ней возможен доступ от рабочей станции, но невозможен от клиентской рабочей станции.

External Storage Server: ресурс внешней памяти, взаимодействующий с помощью сетевых



Типовой интероперабельный узел Grid - среды

протоколов (например, http, scp, ftp ...) с сетью организации и с головным компьютером кластера. Последнее не является обязательным для глобальной файловой системы памяти.

Network Router: рабочая станция для связи рабочих станций и головных компьютеров.

Firewall(s): одно из множества средств защиты головного компьютера, клиентской рабочей станции и рабочих станций.

Работа в GRID – среде может происходить различными способами, называемыми GRID-сценариями.

## 2.2. Сценарии

Основным сценарием во всех случаях служит исполнение приложения от пользовательской машины на компьютерном кластере. В настоящее время имеются следующие реализации этого сценария:

1. Исполнение приложения от рабочей станции на кластере с непосредственным управлением распределенным ресурсом.

2. Исполнение приложения от рабочей станции на кластере с применением стандартизованного API.

3. Исполнение приложения от рабочей станции на кластере с применением протокола Web-служб и системы разделяемых файлов.

4. Исполнение приложения от клиентской рабочей станции на кластере с применением протокола Web-службы сцепленных файлов вместо протокола с системой разделяемых файлов (главное отличие от сценария 3).

5. Исполнение приложения от клиентской рабочей станции на кластере с применением протокола Web-службы для двух способов взаимодействия клиентской станции и запущенного приложения.

Для каждого сценария мы идентифицируем определенную среду, необходимые реквизиты.

Рассмотрим взаимодействие между компонентами узла и преимущества, создаваемые каждым сценарием (Табл. 1).

Сценарии 3, 4, 5 реализуют общие способы действий посредством применения Web-службы для поддержки исполнения задания. Способы действий в сценариях 4 и 5 могут быть объединены и для наглядности показаны раздельно.

Табл. 1. Способы действий, реализуемые в сценариях

Способ действий	Сценарий				
	1	2	3	4	5
Приложение использует клиентский API собственной разработки	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Приложение требует для своего исполнения установки клиентских DRM's библиотек *	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Протокол Web-службы связывает клиента и кластер	Нет	Нет	Да	Да	Да
Клиенту и кластеру требуется общая файловая система	Да	Да	Да	Нет	Нет
Клиента и кластер связывает протокол передачи файла	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Передача явного файла от клиента с разрешением действия с разъединением	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Интерактивная двунаправленная коммуникация между клиентом и приложением, запущенным на кластере	Нет	Нет	Нет	Нет	Да

\*DRM's библиотеки - Digital Rights Management - Microsoft Corporation

Сценарии фактически кратко излагают возможности выполнения поставленных задач. Реализация сценария обеспечивается совокупностью программно-технических средств, проектируемых с использованием профилей.

Следует обратить внимание на тот факт, что для решения проблемы интероперабельности требуется строить профили клиента и профили ресурса, как предложено архитектурой Open Grid Service Architecture [10].

## 3. Спецификация динамически распределяемого ресурса

Как следует из вышеизложенного, взаимодействие между клиентом и приложением, установленным на кластере, следует осуществлять на базе Web - служб и соответствующих спецификаций. Выбраны спецификации, разработанные Open Grid Forum, и подходящие стандарты, разработанные организациями по стандартизации [10]. Ниже приводятся краткие характеристики используемых спецификаций. Подробное изложение спецификаций содержится в [10].

### 3.1 Адресация Web-служб

Спецификация адресации Web - службы задается расширенной XML- посылкой, названной опорным пунктом назначения (endpoint reference - EPR), которая служит для инкапсуляции информации, необходимой для извещения службы клиентом. EPR содержит сетевой протокольный адрес, расширение части метаданных, предназначенных для системы обнаружения конфликтов, связанных с политиками конфиденциальности, закрытую секцию идентификаторов для сессии/ресурса и т.д.

### 3.2 Спецификации и профили конфиденциальности

Семейство спецификаций конфиденциальности Web - служб (WS-Security) задает механизм общего назначения для связывания мандатов конфиденциальности с содержанием посылки, применяя правила, изложенные в пакете специальных профилей OGF. По правилам профилей формируется маркер (пример профилей- X.509, Kerberos, SAML и маркер, созданный из именно-го пользовательского мандата). Ядро спецификации WS-Security применяет XML - шифрование и XML – электронную подпись с целью обеспечения целостности посылки из конца в конец и соблюдения конфиденциальности, не полагаясь на средства коммуникационного протокола. С целью достижения интероперабельности пользователям предоставляется Руководство рабочей группы WS-I BSP (Basic Security Profile) по применению для разъяснения тонкостей в способах применения WS-Security. Созданы два профиля WS-Secure Addressing (GFD 131) [10] and WS-Secure Communication (GFD 132)[10]. WS-Secure Communication (GFD 132) входит в WS-I Basic Security Profile.

### 3.3 Job Submission Description Language (JSDL) (GFD 136) [10]

JSDL-язык описания задания исполнителю представляет схему, основанную на XML для описания приложений и ресурсов, требуемых для исполнения приложения (память, число и производительность процессоров и т.д.), предварительно загружаемые файлы, файлы, выводимые после исполнения приложения, исполняемые командные строки и т.д.

### 3.4 Расширение JSDL на приложение единого процесса с множеством данных (GFD 115)

Расширение приложения определяет число дополнений к элементу приложения JSDL для поддержки определения параллельных приложений. Он повторно использует число элементов, уже определенных другим расширением приложения, например чтобы задать путь на исполнение, рабочую директорию и тому подобное. Он добавляет в качестве спецификации число процессов, число нитей на процесс и количество процессов, имеющих на исполнении в ведущей машине. Может быть также идентифицирован тип параллельного программного обеспечения, например, тип MPI, требуемый для исполнения.

В настоящее время разработано много функциональных стандартов и спецификаций, направленных на реализацию сервис - ориентированной архитектуры на основе Web-служб [7].

Список документов включает рекомендованные (Rec) и предполагаемые к рекомендации (P-Rec):

1. Basic Execution Service (BES) (GFD 108 - Rec),
2. HPCP-Application Extension (GFD 111 - Rec),
3. HPC Basic Profile (HPCBP) (GFD 114 - Rec),
4. HPC File Staging Profile, Version 1.0 (GFD 135- P-Rec),
5. BytelIO (GFD 87-P-Rec),
6. Resource Namespace Service (RNS) (GFD 101-P-Rec).

Различные коллективы программистов разрабатывали программные продукты для работы по Grid – технологии.

В Табл. 2. приводятся пакеты программ и их реализации Web – служб.

Как видно из таблицы, под заголовком Specifications перечислены документы, рекомендованные или предполагаемые к рекомендации в качестве профилей.

## 4. Примеры современных успешных реализаций e-science

На сегодня в качестве примеров успеха центра e-science в Кембридже приводятся:

1. CPU цикл очистки базы данных WINS (в интернете) à la SETI@home;
2. открытый доступ к научным публикациям, например, arXiv.org и PubMed Central;

Табл. 2. Поддержка спецификаций в избранных проектах и продуктах

Проект или продукт	Specifications						
	OGSA-BSP 2.0	JS DL	OGSA-BES	HPCBP	File Staging	OGSA-BytelO	RNS
Globus	Нет	Yes	Да	Да	Нет		Нет
UNICORE 6	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да	?
USMT (Fujitsu)	будет	Да	Да	Да	Нет	Да	?
HPCS 2008 (Microsoft)	Нет	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Genesis II	будет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
GridSAM (OMII-UK)	Нет	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Crown	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет
BES++ (Platform)	Нет	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
NAREGI	Нет	Да*	Нет	Нет	Нет	Нет	?
Gfarm	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	будет	Нет
gLite	Нет	Прото-тип	Прото-тип	Прото-тип	Нет	Прото-тип	?
ARC1 (NorduGrid)	Не планируют	Да	Да	Да	Нет	Да	Нет

\* Предоставляет поддержку для JSDL SPMD

+ Предоставляет поддержку для JSDL Parameter Sweep

3. базы данных online научных результатов, например, аннотированные полные геномы из проекта Ensembles;

4. данные астрономических наблюдений из The Sloan Digital Sky Survey.

Центр e-science Кембриджа помогает разрабатывать:

- приложения для науки с доступом с помощью Web;

- "compute grids" на базе программного обеспечения подобного Condor;

- "data grids" на базе web-friendly технологий подобных REST;

- многосторонние видео и телеконференции, например, AccessGrid;

- графическую визуализацию на расстоянии.

Наиболее ярким примером служит использование интероперабельной GRID-среды для исследований в области физики высоких энергий.

#### 4.1. e-Science в физике высоких энергий

Ко времени образования Фонда Объединенного королевства была создана хорошо развитая инфраструктура e-science в физике элементарных частиц (одна из областей физики высоких энергий) для обработки, анализа результатов и хранения информации от экспериментов, планируемых на Large Hadron Collider ЦЕРНа.

К концу 2006 года была создана работоспособная европейская часть GRID, и в 2007 году началась ее активная эксплуатация. К этому моменту GRID объединял 41000 компьютеров, предоставляемых пользователям 24 часа в сутки 7 суток в неделю. В распоряжение пользователей предоставлено 5 PB дисковой памяти (5 миллионов Гигабайт) и массовая память на магнитной ленте. Одновременно могут выполняться 100000 заданий.

Предоставление таких ресурсов в корне меняет методы исследовательской работы в разных областях.

#### 4.2 Подтверждение Стандартной модели

Немецким физикам из Университета Вупперталя удалось при помощи масштабного численного эксперимента в GRID-среде получить очередное подтверждение Стандартной модели - теории, описывающей взаимодействие элементарных частиц. В своем исследовании ученые занимались, в частности, точным вычислением масс для таких "привычных" частиц, как протоны и нейтроны. Согласно Стандартной модели протоны и нейтроны состоят из трех кварков. Вместе эту конструкцию удерживает так называемое сильное взаимодействие - одно из четырех фундаментальных взаимодействий в природе. Наука, описывающая это взаимодействие, называется квантовой хромодинамикой. Отличительная особенность этой дисциплины - невероятная сложность ее формул. Многие уравнения этой теории не поддаются явному решению, поэтому единственный способ их изучения - численное моделирование на компьютере.

Для работы физики использовали сеть распределенных вычислений с производительностью в 200 терафлопс (триллионов операций в секунду). В общей сложности на вычисления у исследователей ушел год работы на этой системе. Результатом стало численное значение массы, которое всего на два процента отличается от экспериментального. Предыдущие вычисления давали более грубую оценку с ошибкой в 10 процентов.

Одной из целей создания Большого Адронного Коллайдера является экспериментальная проверка Стандартной модели. В частности, обнаружение так называемого бозона Хиггса, ответственного за наличие у элементарных частиц массы. В GRID-системах первостепенную роль играют организационные аспекты. Для решения проблемы «e-science», в первую очередь создаются виртуальные организации (VO) – коллаборации пользователей, работающих над одной научной проблемой и использующих проблемно-ориентированное программное обеспечение. Таким образом, термин e-science включает организацию работ методом привлечения коллективов ученых, работающих в своих институтах или дома и использующих программное обеспечение Access GRID [5]. Главным условием возникновения виртуальной организации является полное, добровольное и активное участие сторон в деятельности, сформулированной в замысле создателей виртуальной организации и подтвержденное множеством документов в электронной форме. Оформление электронных документов имеет целью создание уверенности организаторов в получении в их распоряжение данного ресурса. С другой стороны, участник виртуальной организации с получением опознавательных знаков имеет доступ к ресурсам виртуальной организации.

## 5. Работы по интероперабельности в GRID-среде в России

Как известно, в нашей стране также активно ведутся работы по созданию GRID-систем и развитию GRID-технологий. В настоящее время создана Российская инфраструктура для суперкомпьютерных приложений (РИСП) в Межведомственном суперкомпьютерном центре (МЦЦ)

Российской академии наук (РАН) [8]. РИСП представляет собой Grid-систему для организации высокопроизводительных распределенных вычислений в сетевой среде, что обусловлено наличием необходимой вычислительной и коммуникационной инфраструктуры, а также устойчивой тенденцией роста числа пользователей, требующих для решения своих задач значительных объемов вычислений. В фундаментальном аспекте в РАН выполняется Программа Президиума РАН №1 «Проблемы создания национальной научной распределенной информационно-вычислительной среды на основе развития GRID-технологий и современных телекоммуникационных сетей», в которой участвуют многие академические институты. Вопросы стандартизации GRID-среды представлены в Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008-2012 г.г. ( п.31) и научных направлениях Отделения нанотехнологий и информационных технологий, однако их масштаб далеко не соответствует их важности и, главное, они ведутся в отрыве от работ международного сообщества, в первую очередь, от работ в рамках OGF. Тем не менее в Центре открытых систем РАН работы по стандартизации в области GRID-технологий проводятся уже в течение ряда лет. Первоначально они были посвящены вопросам межплатформенной переносимости приложений [7]. В последние 2 года нами ведутся работы по обеспечению интероперабельности в GRID-среде, разработана первая редакция профиля интероперабельности.

Следующим шагом представляется разработка проекта нормативно-технического документа - Руководства по обеспечению интероперабельности в области e-science, подобного известным, таким как D-Grid, an E-science Framework for German Scientists). Первым этапом при разработке этих документов служит выбор модели интероперабельности. Базовая модель интероперабельности в области e-science, как и в других областях, должна содержать три уровня: технический, семантический и организационный.

Интероперабельность в «e-science» имеет особенность, заключающуюся в том, что в науке представляются новые знания и по этой причине не всегда можно будет заранее преду-

смотреть меры технического и семантического свойства, и только на организационном уровне появится возможность доопределить систему.

## Заключение

1. Интенсивное применение информационных технологий в различных областях научных исследований привело к понятию «e-science», выросшему из понятия «Автоматизация научных исследований».

2. Основным средством при реализации «e-science» становится GRID -среда, которая должна обладать свойством интероперабельности, основанном на использовании наборов стандартов – профилей.

3. Такие работы активно ведутся за рубежом, в первую очередь в рамках международной организации Open Grid Forum, предложившей инструментарий Open Grid Service architecture и разрабатывающей соответствующие стандарты и профили.

4. Авторы разработали первую редакцию профиля GRID-среды и ведут работу по созданию на этой основе нормативно-технического

документа «Руководство по обеспечению интероперабельности в области «e-science».

## Литература

1. Труды международного симпозиума по ядерной электронике, Ю. В. Гуляев, Е.Е. Журавлев, А.Я. Олейников, Актуальное состояние работ по автоматизации научных исследований в академических институтах, доклад, Дубна, 1993 г.
2. Wikipedia, the free encyclopedia
3. J.M. Taylor, see <http://www.e-science.clrc.ac.uk>
4. <http://Access.Grid.org/home>
5. Технология открытых систем. Под редакцией А.Я. Олейникова. – М.: Янус-К, 2004, 288 с.
6. Каменщиков М. А., Корниенко В.Н. Grid и технология открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. - М.: ИМБС РАН, 2003, №3. - С.45-50. Рубрики [www.ict.edu.ru/...](http://www.ict.edu.ru/)
7. GridWise Architecture Council Interoperability Path Forward Whitepaper, November 30, 2005 (v1.0)
8. Создание распределенной инфраструктуры для суперкомпьютерных приложений – <http://www.jscc.ru/article20080429.pdf>
9. GFD 141[1] Independent Software Vendors (ISV) Remote Computing Usage Primer, INFO, S. Newhouse, A. Grimshaw, 2008-10-07, Architecture, OGSA-WG
10. OGF Document Series <http://www.ogf.org/documents/all/www.eu-egee.org>.

**Журавлев Евгений Евгеньевич.** Ведущий научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН. Ученый секретарь Секции открытых систем Совета РАН «Высокопроизводительные вычислительные системы, научные телекоммуникации и информационная инфраструктура». Окончил Московский энергетический институт в 1968 году. Кандидат технических наук. Имеет более 50 печатных работ, в том числе три монографии. Специалист в области автоматизации научных исследований. Область научных интересов – компьютерные технологии открытой системы в физических исследованиях. E-mail: [euzhurav@pluton.lpi.troitsk.ru](mailto:euzhurav@pluton.lpi.troitsk.ru).

**Олейников Александр Яковлевич.** Руководитель Центра открытых систем ИРЭ РАН. Заместитель председателя Секции открытых систем Совета РАН «Научные телекоммуникации и информационная инфраструктура». Советник Руководителя федерального агентства по информационным технологиям. Окончил МГУ им. В.В. Ломоносова в 1962 году. Доктор технических наук, профессор. Автор более 220 научных трудов, в том числе 3-х монографий. Лауреат премии Совета министров СССР. Специалист в области создания, применения и диагностики информационных систем различного назначения. Область научных интересов - открытые информационные системы. E-mail [olein@cplire.ru](mailto:olein@cplire.ru).