

СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

С.М. Абрамов, В.В. Анищенко, В.Ф. Заднепровский, А.М. Криштофик, А.А. Московский

Мировые тенденции развития высокопроизводительных вычислительных средств
Необходимым условием функционирования информационной экономики современного развитого государства является глобальная информационная вычислительная инфраструктура, которая базируется на наборе технологий, в котором господствующие позиции занимают высокопроизводительные вычислительные средства (суперкомпьютеры) и телекоммуникационные технологии, а также программные средства эффективного использования инфраструктуры. Эти технологии являются критическими и системообразующими, имеют стратегический и фундаментальный характер.

В настоящее время суперкомпьютерные технологии широко используются во всех сферах деятельности, а суперкомпьютерные ресурсы в развитых странах относятся к стратегическим ресурсам страны. Суперкомпьютеры применяются во всех высокотехнологичных отраслях экономики и во многих отраслях промышленности: в машиностроении (в том числе атомном и оборонном), в химической, фармацевтической, аэрокосмической промышленности, при добыче полезных ископаемых, в сельском хозяйстве, логистике, транспорте, телекоммуникациях и многих других областях. Не менее важны высокопроизводительные вычислительные системы и при решении многих практически важных научных задач, таких как нанотехнологии, создание новых материалов, поиск новых лекарственных средств, оптимизация управления сложными системами прогнозирование погоды и других. Отдельным направлением можно выделить использование суперкомпьютерных технологий в целях обеспечения и повышения обороноспособности и безопасности.

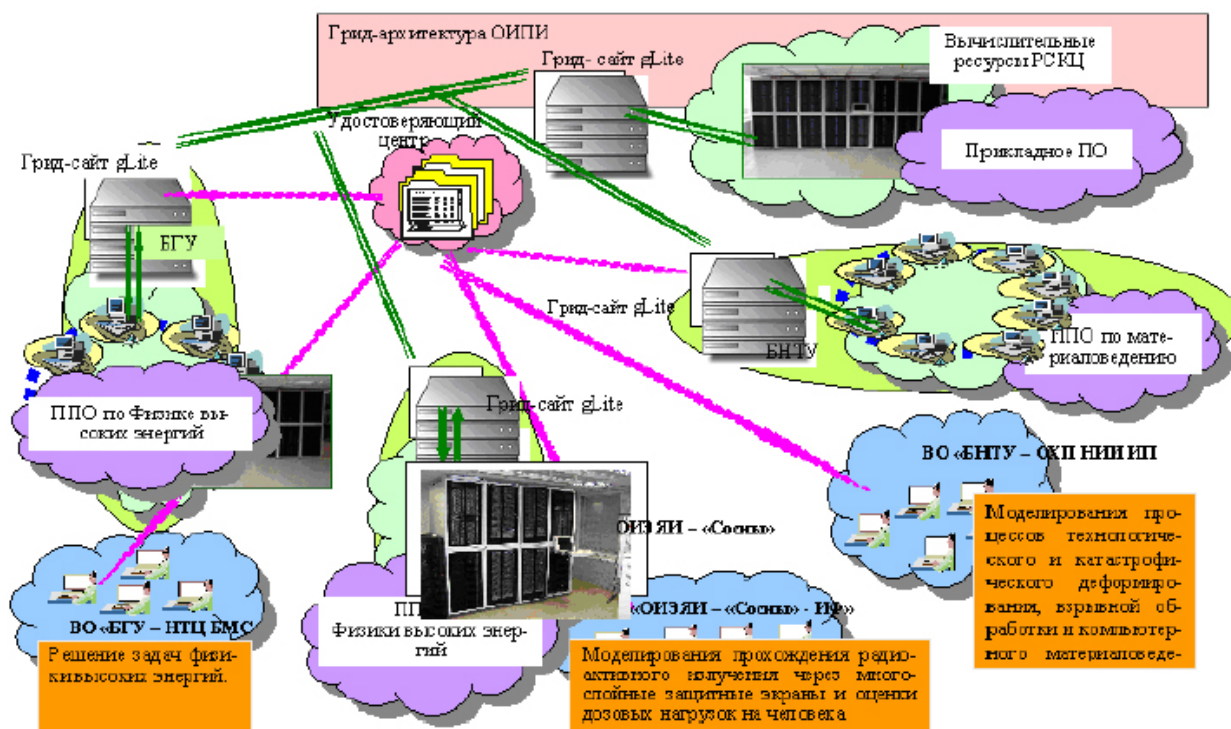


Рис. 1.

Качество вычислительного эксперимента, а, значит, и технологические параметры создаваемого высокотехнологичного продукта напрямую зависят от производительности

ЭВМ, используемой для проведения вычислений, и для развития высоких и прорывных технологий нет альтернативы применению высокопроизводительных вычислительных систем — суперкомпьютеров.

Для достижения стратегического конкурентного преимущества государство обязано целенаправленно развивать и поддерживать фундаментальную и прикладную науку, а также инвестировать в развитие высокотехнологичных отраслей и в инновации. Программа США по достижению мирового конкурентного преимущества предусматривала выделение средств в размере 5.9 миллиардов долл. в 2007 финансовом году и более чем 136 миллиардов на период последующих 10 лет на развитие исследований и разработок, в том числе и в высокопроизводительные вычисления, совершенствование образования, поощрение инноваций и предпринимательства.

Актуальной задачей развития технологий высокопроизводительных вычислений сегодняшнего дня является выход на транспетафлопный уровень производительности вычислительных систем, что является прорывом в области информационных технологий и базовым условием последующего возможного взрывного развития научно-технического потенциала и высокотехнологичных отраслей экономики стран, обладающих суперкомпьютерами такого уровня.

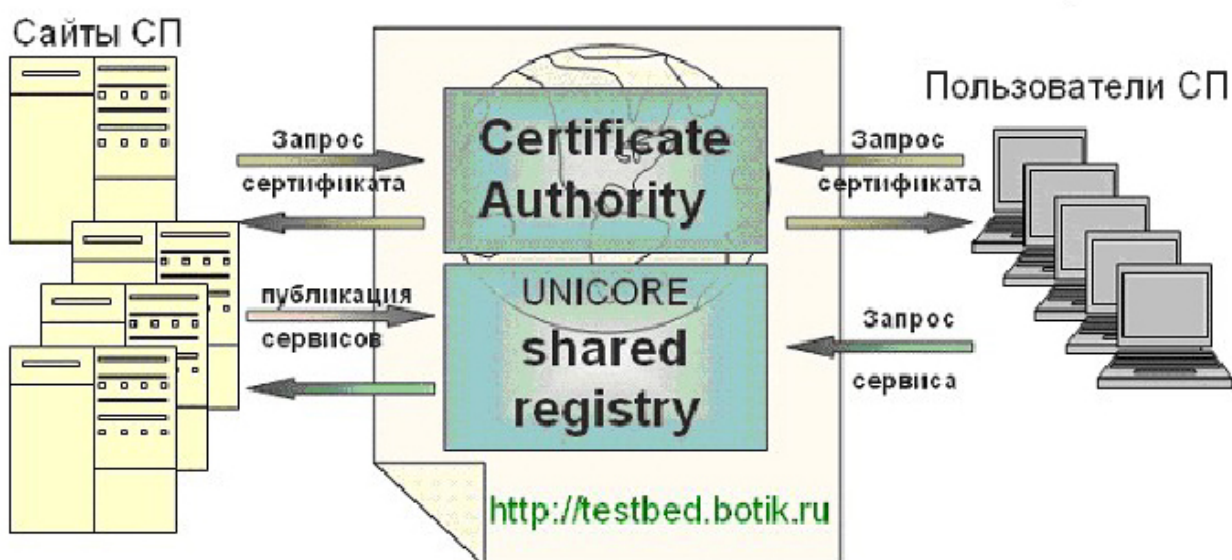


Рис. 2.

Транспетафлопные проекты рассматриваются США, объединенной Европой, Японией, Китаем и Индией как стратегические, направленные на укрепление научно-технического потенциала этих стран, а обладание технологией построения таких систем является явным стратегическим преимуществом, как в области научно-технического, так и военного потенциала.

Тенденции рынка вычислительных ресурсов в мире показывают четкую динамику роста развития и использования сверхмощных суперкомпьютерных технологий.

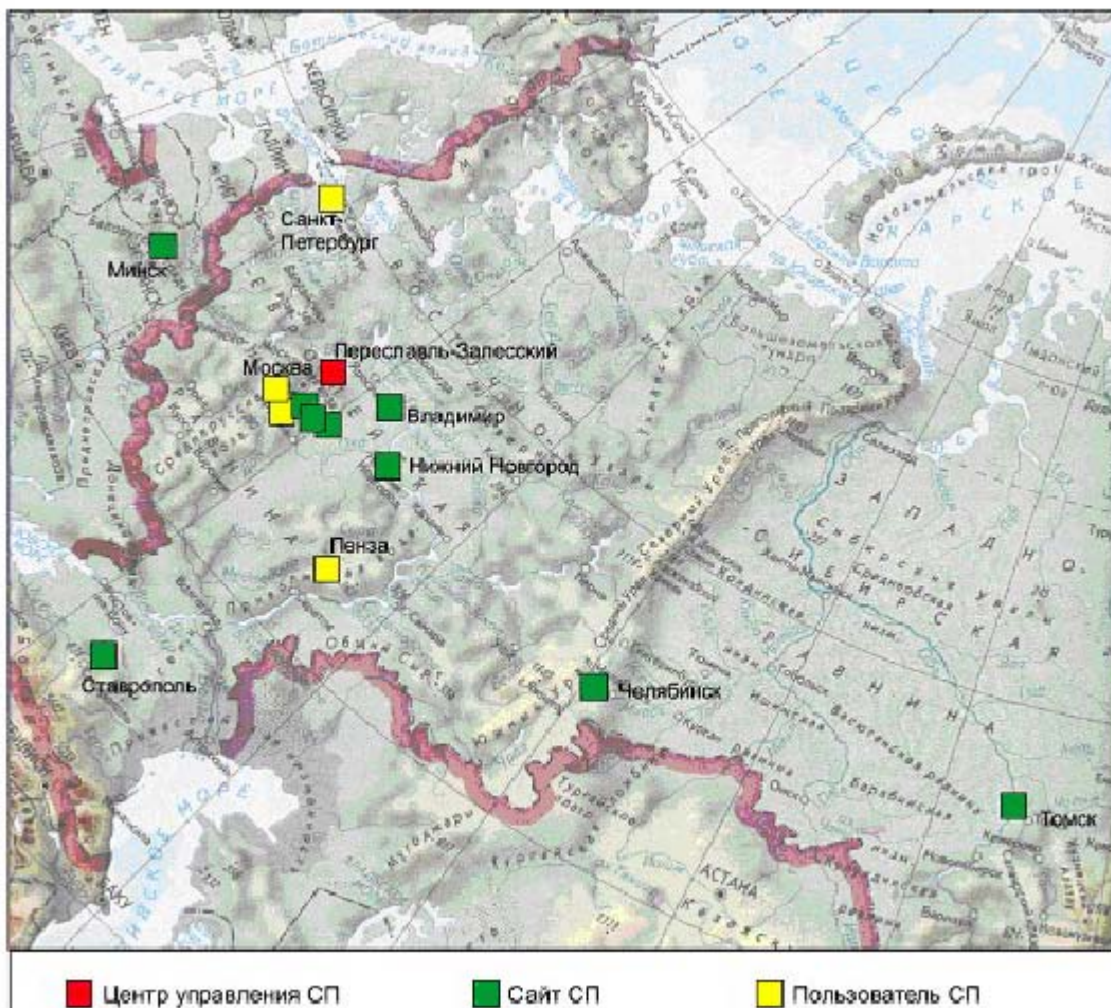


Рис. 3.

Прогнозный рост производительности суперкомпьютерных вычислительных систем

Требования к вычислительным ресурсам больших систем-серверов в мире постоянно растут на 3–4% в год и объем рынка серверов, к которым относятся и суперкомпьютеры, составили 58,6 млрд. долл. в 2007 году. По прогнозам американской аналитической компании IDC к 2012 году рынок серверов будет составлять 65,5 млрд. долл.

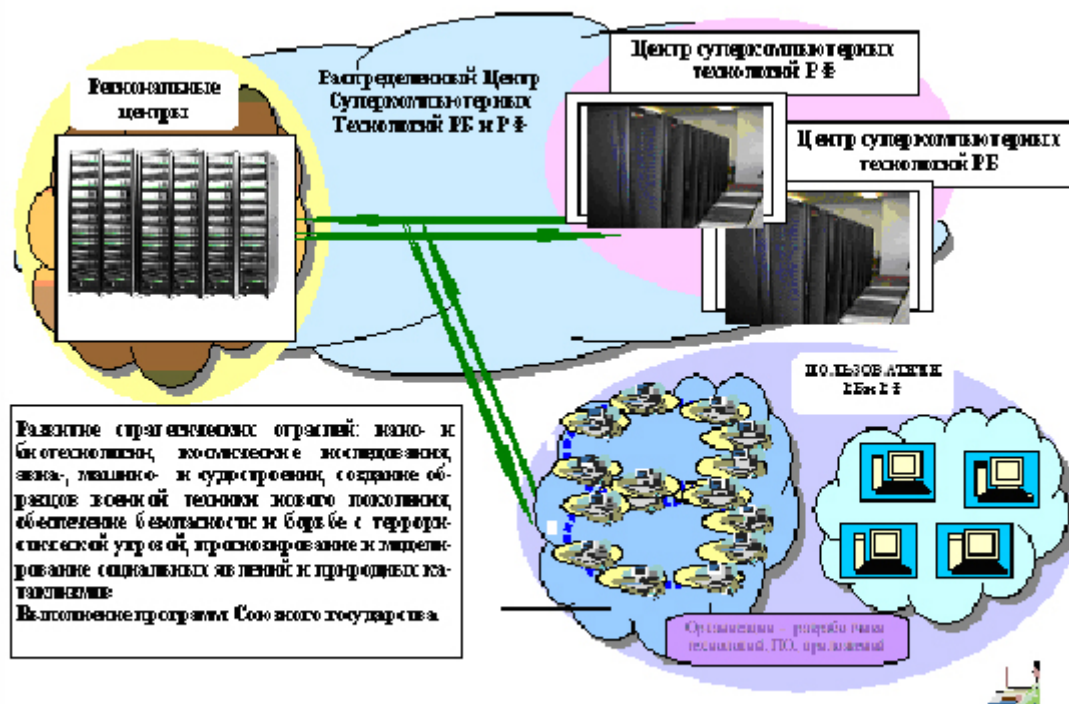


Рис. 4.

Актуальность проблемы создания единого вычислительного пространства Союзного государства

В настоящее время существенно увеличивается количество стран, обладающих и использующих суперкомпьютерные ресурсы. В то же время произошло значительное разделение государств по наличию и использованию суперкомпьютерных ресурсов на четыре категории:

- Обладающие суперкомпьютерными вычислительными ресурсами (США, Великобритания, Франция, Германия, Япония, Китай) и широко использующие во всех сферах деятельности. Это страны с высокоразвитой экономикой и являются лидерами в области высокопроизводительных вычислений.

На долю этих стран приходится около 85% вычислительных ресурсов суперкомпьютерных систем различного назначения, в том числе и суперЭВМ самой высокой производительности. Они являются разработчиками суперкомпьютерных и операционных систем, прикладного программного обеспечения для различных приложений. Отличительной особенностью этой группы является производство и продажа суперкомпьютерных ресурсов. Большинство фирм и организаций оснащены суперкомпьютерными ресурсами.

- Использующие суперкомпьютерные технологии в некоторых сферах деятельности.

Эта группа стран с развитой экономикой, обладает 10% вычислительных ресурсов суперкомпьютерных систем, освоила их применение и прикладное программное обеспечение. Некоторые начинают разрабатывать суперкомпьютерные системы и прикладное программное обеспечение.

- Начинающие использовать суперкомпьютерные технологии в некоторых сферах деятельности. Это группа стран с развитой и развивающейся экономикой. К этим странам относятся Австралия, Бельгия, Бразилия, Болгария, Канада, Дания, Финляндия, Индия, Ирландия, Израиль, Малайзия, Мексика, Южная Корея, ЮАР, Тайвань. Обладают около 5% вычислительных ресурсов. Имеют отдельные суперкомпьютерные центры средней производительности.

- Начинающие осваивать суперкомпьютерные технологии в той или иной форме. Это государства с развивающейся экономикой, имеющие незначительные суперкомпьютерные

ресурсы и начинающие их использовать на основе опыта развитых стран и использующие в основном покупное прикладное программное обеспечение. Имеют незначительные вычислительные ресурсы (около 1%), имеют незначительное количество суперкомпьютерных систем низкой производительности.

Развитие суперкомпьютерных технологий Союзного государства

Союзное государство, в том числе и Россия в процессе выполнения транспетафлопных проектов пока участия не принимает, что, несомненно (через 3–5 лет), поставит нас в положение зависимости от вычислительных ресурсов с неизвестным результатом в этом процессе.

Текущие масштабы производительности суперкомпьютеров на ближайшие 3–5 лет составят 1–50 Pflops для мощных машин задач государственного уровня и 0,1–0,2 Pflops для отраслевых и корпоративных.

Анализ развития суперкомпьютерных технологий показывает, что в течение ближайших 2–3 лет установки петафлопного уровня производительности станут доступны для широкого использования в США, Японии, Китае.

Существующие сегодня вычислительные ресурсы Союзного государства не полностью удовлетворяют потребностям пользователей сегодняшнего дня и полностью не будут удовлетворять завтрашним потребностям не только по производительности, но и по их наличию. Самый мощный суперкомпьютерный центр в России на сегодня расположен в Межведомственном Суперкомпьютерном центре, а в Республике Беларусь – в суперкомпьютерном центре ОИПИ НАН Беларуси, Производительность этих суперкомпьютеров составляет только 95 Tflops (35 место в TOP 500) и 5 Tflops, соответственно. Очевидно, что в таких неблагоприятных условиях конкуренции с западными разработчиками, предприятиям и компаниям Союзного государства будет очень сложно завоевывать новые рынки и тем более обеспечить мировой уровень конкурентоспособности отечественной продукции

Существующий неудовлетворенный спрос на вычислительные мощности обусловлен рядом причин.

- Недостаточное количество современных суперкомпьютерных центров, их полная загруженность и, как следствие, недостаточная производительность.

- Повышение спроса на высокопроизводительные вычисления.

- Реальные потребности в суперкомпьютерных вычислениях рекордной производительности ряда организаций.

- Изменение взглядов промышленных предприятий на процесс разработки продукции в условиях новых экономических отношений и требований мировой системы качества продукции.

- Потенциальные потребности в суперЭВМ существующих сегодня приложений

Созданные в России и Беларуси в последней четверти 20 века научно-технический потенциал и научная школа в области высокопроизводительных вычислений, а также успехи последних лет в освоении в Союзном государстве суперкомпьютерных технологий (научно-технические Программы Союзного государства «СКИФ», «ТРИАДА» и «СКИФ-ГРИД») позволяют говорить о возможности для Союзного государства, при условии быстрого «старта», успешного вступления в процесс создания и использования петафлопного диапазона вычислений и одновременного со всеми участниками петафлопного пула выхода на транспетафлопный уровень через 3–5 лет, как в области создания инфраструктуры, так и предоставления вычислительных услуг-сервисов в прикладных областях для эффективного использования вычислительных ресурсов такого уровня.

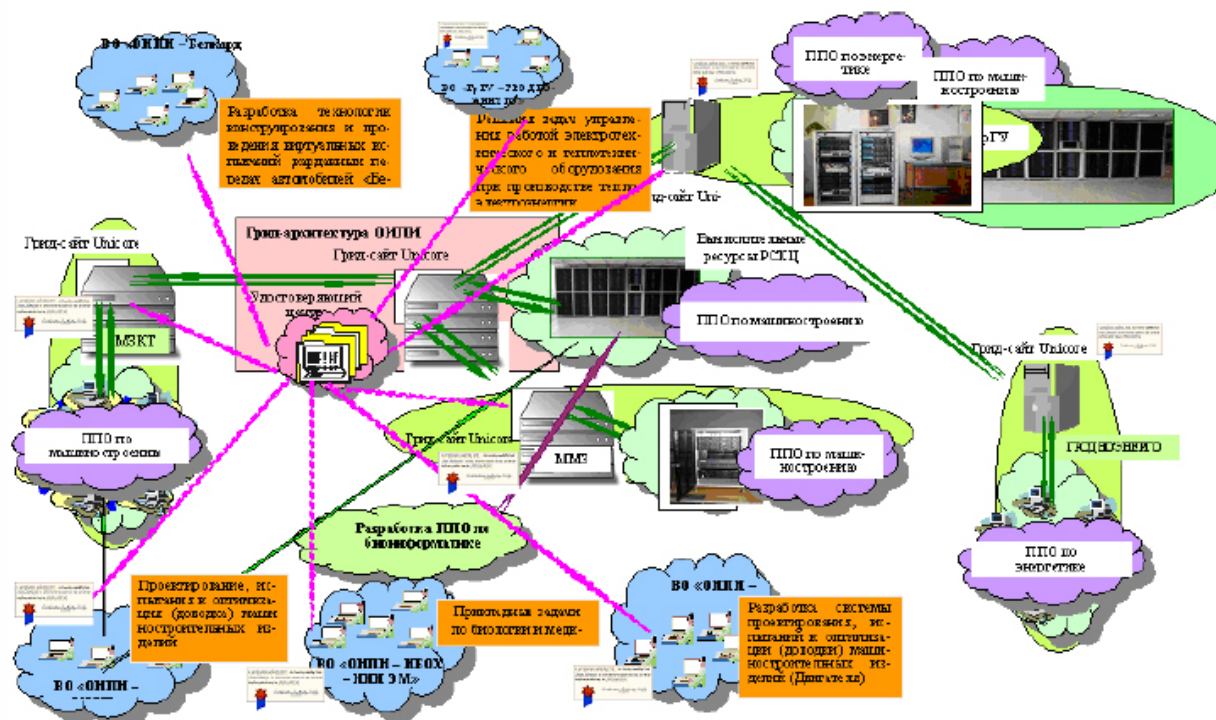


Рис. 5.

Направления и этапы создания единого вычислительного пространства Союзного государства

Быстрое освоение вычислений петафлопного диапазона может позволить Союзному государству обеспечить себе условия стратегического прорыва в область транспетафлопных суперкомпьютерных технологий, создание базовых условий инновационного пути развития и задела по обретению конкурентных преимуществ в таких стратегических отраслях как:

- нано- и биотехнологии и материалы;
- космические исследования, авиа-, машино- и судостроение;
- создание образцов военной техники нового поколения;
- обеспечение безопасности и борьбе с террористической угрозой;
- прогнозирование и моделирование социальных явлений и природных катаклизмов и т.д.

Первоочередной задачей этого процесса является создание сверхпроизводительных вычислительных систем и на их основе сверхпроизводительной вычислительной инфраструктуры Союзного государства.

Данная возможность может быть реализована посредством массивного целенаправленного развития нескольких стратегических областей:

- вычислительной техники и программного обеспечения для НРС нового поколения;
- математических методов и научных исследований и разработок, основанных на вычислительных методах;
- специализированной программы обучения и переподготовки кадров в данных областях;
- обеспечения единой вертикали при построении высокопроизводительных систем для прикладных сервисов — обеспечение вычислительными сервисными услугами отраслевого и корпоративного сектора отечественной экономики.

Учитывая возможности и особенности стран-участников Союзного государства создание сверхпроизводительного вычислительного пространства целесообразно осуществлять по двум направлениям:

1. разработка и создание распределенной вычислительной инфраструктуры СКИФ высокой производительности;
2. разработка и создание сверхпроизводительных вычислительных систем семейства СКИФ с эффективной поддержкой массового доступа;
3. объединение вычислительных систем в единую вычислительную инфраструктуру Союзного государства.

Разработка и создание распределенной вычислительной инфраструктуры «СКИФ» высокой

производительности предусматривается путем создания региональных суперкомпьютерных центров «СКИФ» в

Республике Беларусь на базе ведущих ВУЗов и научных учреждений Национальной академии наук Беларуси и отдельных региональных центров России на базе научных центров С.-Петербурга, Уральского, Южного и Сибирского федеральных округов Российской Федерации.

Основа для создания распределенной вычислительной инфраструктуры «СКИФ» высокой производительности уже существует. Она создана в рамках выполнения программы Союзного государства «СКИФ-ГРИД». Это – федерация суперкомпьютерных центров СКИФ-Полигон. К концу 2008 года в него вошли суперкомпьютерные центры Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва; Томского государственного университета, г. Томск; Владимирского государственного университета, г. Владимир; Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск; Геофизического центра Российской академии наук, г. Москва; Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка; Северо-Кавказского государственного технического университета, г. Ставрополь; Нижегородского государственного университета имени Н.И.Лобачевского, г. Нижний Новгород; Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, г. Минск. В качестве пользователей выступают: Научно-исследовательский институт физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва; Пензенский государственный университет, г. Пенза; Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектно- конструкторский институт «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург; Институт химической физики имени Н.Н. Семенова РАН, г. Москва; Факультет Вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Таблица Использование суперкомпьютерных ресурсов в различных сферах за период 2006-2008 годы

| Сектор/год | Кол-во | | | Доля % | | | Максимальная суммарная производительность (GF) | | | Количество процессоров | | |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|-------------------|--------------------|------------------------|----------------|----------------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2006 | 2007 | 2008 | 2006 | 2007 | 2008 | 2006 | 2007 | 2008 |
| Наука | 86 | 87 | 93 | 17.20 | 17.40 | 18.60 | 727869 | 1419165 | 3470039 | 178612 | 299814 | 581400 |
| Оборона и без опасность | 20 | 3 | 1 | 4.00 | 0.60 | 0.20 | 95512 | 47183 | 33929 | 24592 | 10580 | 7812 |
| Управление | 4 | 15 | 7 | 0.80 | 3.00 | 1.40 | 15791 | 223734 | 203693 | 4048 | 36824 | 33368 |
| Промышленность | 246 | 286 | 305 | 49.20 | 57.20 | 61.00 | 911434 | 2416738 | 5686280 | 273995 | 482394 | 1043776 |
| Исследования | 133 | 101 | 85 | 26.60 | 20.20 | 17.00 | 1704425 | 2735877 | 7226593 | 514986 | 786131 | 1404423 |
| Сфера услуг | 11 | 8 | 9 | 2.20 | 1.60 | 1.80 | 72587 | 130176 | 306791 | 22728 | 33280 | 46144 |
| Итого | 500 | 500 | 500 | 100 | 100 | 100 | 3527618.35 | 6974873.52 | 16927325.79 | 1020961 | 1649223 | 3116923 |

Рис. 6.

В настоящий момент на базе СКИФ-Полигона создается опытный участок грид-сети Союзного государства. В качестве платформы используется программное

обеспечение промежуточного уровня Unicore. В ИПС РАН (г. Переславль-Залесский) развернут и функционирует центр управления СКИФ-Полигона, обеспечивающий инфраструктуру существования грид-среды, включая: центр выдачи сертификатов серверам и пользователям СКИФ-Полигона; каталог сервисов, предоставляемых в грид-среде.

Кроме этого в Республике Беларусь создается опытный участок грид-сети на базе ресурсов ОИПИ НАН Беларуси, ОИЭЯИ «Сосны», Белорусского государственного университета, Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Белорусского национального технического университета и региональный грид-сегмент на базе ресурсов Гродненского государственного университета. В ОИПИ НАН Беларуси создан и функционирует удостоверяющий центр по выдаче сертификатов сервисов и пользователей.

Разработка и создание сверхпроизводительных вычислительных систем семейства СКИФ с эффективной поддержкой массового доступа осуществляется путем создания Центра суперкомпьютерных технологий Союзного государства на базе инфраструктуры ИПС РАН с суперЭВМ семейства «СКИФ» ряда 4 производительности около 1000 TFlops в качестве вычислительной базы данного Центра.

Опытный участок сверхпроизводительной вычислительной инфраструктуры СКИФ Союзного государства будет создан путем объединения вычислительных ресурсов Союзного государства в единое вычислительное пространство с использованием грид-технологий и технологий Cloud computing.

Вопросы обеспечения безопасности единого вычислительного пространства

Инфраструктура безопасности единого вычислительного пространства основана на использовании технологии открытых ключей (PKI – Public Key Infrastructure) и обеспечивает:

- защиту информации от несанкционированного доступа (конфиденциальность);
- однозначную идентификацию пользователя (аутентификация);
- предоставление участнику прав на доступ к ресурсам (авторизация);
- защиту информации от несанкционированной модификации (целостность);
- невозможность отказа пользователя от совершенного действия (неотрекаемость);
- возможности управления доступом – такие, как ограничение доступа (ограниченный срок действия или ограниченное назначение), передача клиентом части прав, необходимых для выполнения действий на другой вычислительной установке (путем делегирования прав);

Инфраструктура GSI надстраивает и расширяет протоколы безопасности транспортного уровня для решения большинства проблем: однократной регистрации, делегирования, интеграции с различными механизмами безопасности. Это дополнительно обеспечивает целостность и конфиденциальность сообщений на базе протокола TLS (transport layer security: RFC 2246-Request for Comment).

В настоящее время в ОИПИ НАН Беларуси разработан экспериментальный программный комплекс удостоверяющего центра грид-системы, построенной на платформе UNICORE и необходимый набор документов для организации его работы.

Проходит аттестацию и тестирование. Выдано 66 сертификатов из них: 38 сертификатов для хостов/служб, 28 пользовательских сертификатов

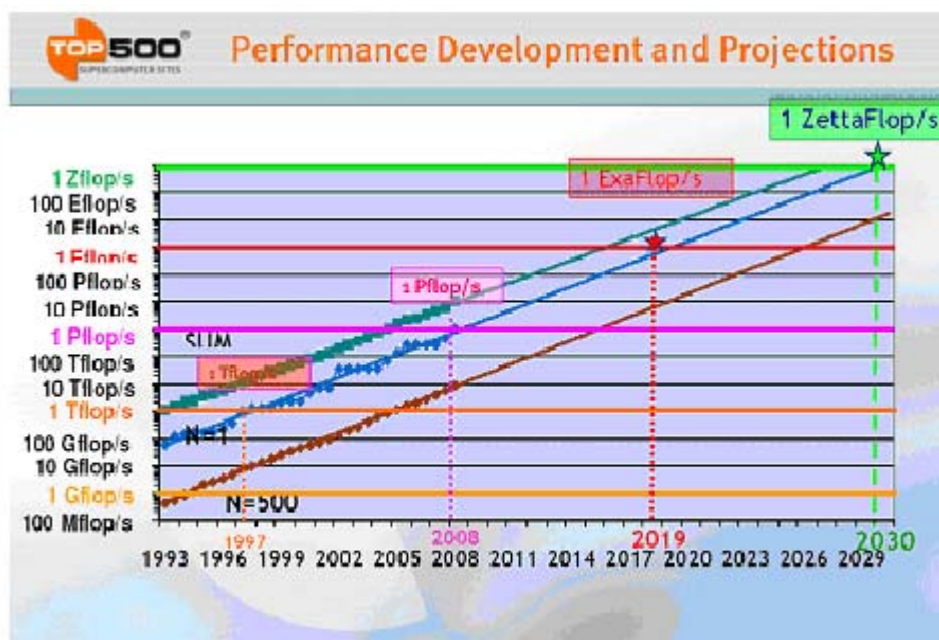


Рис. 7.

Предусмотрены и вопросы обработки информации ограниченного распространения. Для этого предусматривается дополнительная защита каналов передачи данных.

Криптозащита телекоммуникаций в Unicore обеспечивается безопасным протоколом транспортного уровня (Transport Layer Security, RFC 2246) (БПТУ), открытым для включения новых криптоалгоритмов. В «Протокол установления соединений» БПТУ включены новые сущности: ключ шифрования пользователя, УИП и УИПК, чем обеспечивается шифрование служебного обмена и усиления аутентификации пользователя и его компьютера. Каждый сеанс обмена данными между клиентом и сервером шифруется одноразовым сеансовым ключом симметричного шифрования, автоматически генерируемом сервером.

В разработанных алгоритмах БПТУ сохранена кодировка типов и параметров сообщений служебного обмена TLS RFC 2246, что обеспечивает согласованность основных процедур БПТУ и TLS. Разработаны алгоритмы шифрования и расшифрования в режиме простой замены и алгоритм хэширования по стандарту СТБ П 34.101.31-2

Разработана технология и макетный образец специализированной высокозащищенной Грид-сети для пользователей, обрабатывающих на суперкомпьютерных ресурсах информацию ограниченного распространения.

Таким образом, создание единого вычислительного пространства Союзного государства носит стратегический характер и является основой для создания единого информационно-технологического пространства и базовым условием для развития научно-технического потенциала и высокотехнологических отраслей экономик государств-участников Договора о создании Союзного государства.