

# **К обоснованию проекта визуализационной компоненты виртуального испытательного стенда**

В.Л. Авербух, А.Ю. Байдалин, М.О. Бахтерев, П.А. Васев, А.В. Зырянов, А.Ю. Казанцев,  
Д.В. Манаков  
ИММ УрО РАН, Уральский Государственный Университет  
г. Екатеринбург

Идея виртуального испытательного стенда связана с проведением вычислительного эксперимента и возможностью многократного пропуска программы, моделирующей процессы с различными параметрами. Такие модели возникают в исследованиях, где натурный эксперимент либо сложно организовать, либо он невозможен, и требуют использования супервычислений. Разработка специализированных систем визуализации, средств удаленной и интерактивной графики, методик человеко-компьютерного взаимодействия - вот далеко не полный перечень визуальных, инфраструктурных технологий виртуального испытательного стенда. Имеются достаточно серьезные результаты, позволяющие перейти к созданию визуальной компоненты виртуальных испытаний.

## **1. Введение**

Идея виртуальных испытаний тесно связана с идеей вычислительного эксперимента. В рамках вычислительного эксперимента рассматривались такие этапы цикла вычислительного (компьютерного) моделирования, как разработка физической модели, разработка математической модели, создание численных методов и алгоритмизация, программирование, вычисление по программе, визуализация, интерпретация и анализ результатов. При этом в случае необходимости “переигровки” возможно возвращение назад, с любого этапа на один из предыдущих этапов [1]. Идея виртуальных испытаний активно обсуждалась в связи с проблемами разработки новых атомных технологий [2]. В первой половине 90-ых годов в NASA для моделирования космических челноков (программа Space Shuttle) была разработана специализированная система Wind tunnel, то есть виртуальная аэродинамическая труба [3]. Предполагалось, что исследователь может многократно менять как параметры вычислительного эксперимента (“обдува” модели), так и точки установки виртуальных “датчиков”, что позволяло получить новые данные. Характерным в этой работе является, во-первых, огромная роль технологий виртуальной реальности в визуализации, а во-вторых, неразрывная связь системы визуализации и мощной вычислительной модели, для которой система визуализации служит средством управления численным экспериментом. В настоящее время виртуальные аэродинамические трубы активно и повседневно используются в автопромышленности как в вариантах сред “чистой” виртуальной реальности, так и в средах “расширенной” (augmented) реальности. В литературе описаны подходы к созданию сред поддержки вычислительного эксперимента на базе сопряжения реальных объектов и их компьютерных моделей. Особенно интересен этот подход при сопряжении живых клеток с их математическими моделями в различных вариациях. (См. [4].)

## **2. Идея создания виртуального испытательного стенда**

Виртуальный испытательный стенд рассматривается нами в качестве среды проведения вычислительного эксперимента. Вычислительный (компьютерный) эксперимент, известный с 70-ых годов, становится реальным инструментом исследования после появления суперпроизводительных параллельных вычислителей и мощных средств визуализации, включая средства виртуальной реальности. Идея виртуального испытательного стенда связана с проведением современного вычислительного эксперимента и возможностью многократного пропуска программы, моделирующей те или иные процессы с различными параметрами моделирования. Такие модели возникают в целом ряде исследований, связанных в частности с

аэродинамикой, физикой взрыва, и в других задачах, где многократный натурный эксперимент либо сложно организовать, либо он просто не возможен (как, например, в моделях, описанных в [5]). Вычисления в этих случаях, как правило, требуют использования мощных суперкомпьютерных средств. Причем для получения единичного результата требуются часы, и даже сутки счета на самых мощных суперкомпьютерах.

## 2.1 Компьютерная визуализация

Заметим, что в какой-то мере решающим этапом в цикле вычислительного эксперимента является этап анализа и интерпретации результатов моделирования, который и обеспечивает визуализация. Предметом компьютерной визуализации как самостоятельной дисциплины является изучение методов и средств визуальной поддержки процессов анализа и интерпретации. При проектировании сред визуализации, как правило, обращается внимание на следующие пункты:

- выделение объектов, подлежащих анализу, их основных состояний и особенностей, других важных характеристик;
- поиск и проектирование видов отображения, соответствующих объектам особого интереса, их состояниям, особенностям и характеристикам, а также моментам перехода из одного состояния в другое;
- выбор или проектирование методик рендеринга (то есть отображения визуальных объектов на плоскость вывода);
- поиск, выбор и проектирование методик человеко-машинного интерфейса, необходимого в процессе визуализации;
- изучение методик интерпретации визуальных видов отображения пользователем во время анализа как результатов моделирования, так и самих моделей.

## 2.2 Среды виртуальной реальности

Развитие средств виртуальной реальности привело к созданию новых типов устройства ввода и вывода. Появились специальные шлемы и очки, снабженные средствами слежения за положением глаз пользователя, перчатки, позволяющие “почувствовать” даже вес и фактуру передвигаемых объектов виртуального мира. Были разработаны так называемые театры виртуальной реальности - помещения, в которых на стены, потолок и пол генерируются изображения, а пользователь может свободно перемещаться, меняя, тем самым, точку обзора. При этом переключения видов отображения может осуществляться также за счет использования специальных манипуляторов. Взаимодействуя с виртуальной средой, пользователь теперь не просто наблюдатель того, что происходит на экране, он чувствует то, что погружается в этот мир и принимает участие в его жизни. Это происходит, несмотря на тот факт, что в действительности и пространство этого мира и его объекты существуют в памяти компьютера и мозгу пользователя. Получается, что важную роль в системах виртуальной реальности играет пользователь, “погруженный” в эту реальность. Пользователь, кроме непосредственного наблюдения, осуществляет управление выводом информации, а также может участвовать в адаптивном управлении работой некоторой прикладной программы. Суть виртуальной реальности состоит в содержащейся в ней зависимости между участником и виртуальной средой, где непосредственный опыт погружения влияет на взаимодействие.

Можно определить виртуальную реальность в терминах опыта человека как реальную или моделируемую среду, в которой человек, ее воспринимающий получает впечатление “телеприсутствия”. Этот термин можно определить через описания опыта присутствия в некотором окружении посредством коммуникативной среды. При этом вывод изображения должен осуществляться с учетом требований фотореалистичности, а пользовательский интерфейс должен быть по возможности естественным. В литературе отмечается, что естественное, построенное на интуиции управление является сутью погруженности в системах виртуальной реальности. Если управление сложно или приводит к ошибкам, то иллюзия погруженности очень быстро исчезает.

Современные “дешевые” среды виртуальной реальности обычно реализуются на базе шлема или очков со встроенными экранами. Интерфейс осуществляется за счет разнообразных манипуляторов. “Профессиональные” среды строятся на базе “театра виртуальной реальности”, который представляет собой некий куб, со стенами, а также (возможно) потолком и полом, куда проецируется видеоизображение с высокой разрешающей способностью. Используется также термин *CAVE* – *Cave Automatic Virtual Environment* – по первой реализации 1992 года в *Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago*. В случае “театра виртуальной реальности” взаимодействие пользователя с системой может идти как за счет использования манипуляторов с большим количеством степеней свободы, так и за счет отслеживания реальных перемещений пользователя в среде виртуальной реальности.

Очевидно, что идея виртуального испытательного стенда связана с использованием сред виртуальной реальности, хотя в принципе наличие таких сред не является обязательным при создании систем поддержки численного эксперимента.

Таким образом, предполагаются, что в рамках виртуального испытательного стенда:

- 1) счет проводится на параллельном вычислителе, возможно в удаленном режиме, и требует значительного времени для получения результата;
- 2) визуализация и анализ результатов проводится как по ходу вычислений (в режиме on-line визуализации), так и после их окончания возможно с использованием сред виртуальной реальности.

### **3. Анализ задач разработки виртуального испытательного стенда**

Создание физических и математических моделей, также как и разработки алгоритмов и численных методов достаточно хорошо проработаны в современной науке. Вместе с тем, по мнению ряда видных исследователей, новые возможности супервычислений требуют новых математических моделей и новых алгоритмов. Конечно, при разработке первой очереди “испытательного стенда” можно опираться на фундамент уже полученных ранее реализаций, включая модели и вычислительные методы, реализованные в современных CAE-пакетах. Однако можно ожидать, что в дальнейшем наработки последних лет по моделям и численным методам будут использоваться в полном объеме.

В связи с тем, что мы собираемся имитировать ход различных экспериментов, необходимо четко представлять сценарии реальных исследований. Очевидно, в состав “бригады” разработчиков должны быть включены специалисты, способные консультировать в соответствующей предметной области исследований.

Исследования и разработки в области параллельного программирования развиваются весьма активно. В тоже время проблемы тестирования и отладки параллельных программ остаются достаточно острыми. Для реальной работы стенда, уверенности в результате численных экспериментов необходимо обеспечить реальную надежность программ. Поэтому работы в рамках данного проекта должны включать исследования и разработки в области параллельной отладки.

В плане организации вычислений возникает свой набор задач, подобных обеспечению особого (“диалогового”) режима счета на параллельных суперкомпьютерах, “on-line” управлению ходом вычислений или передачи данных, необходимых для оперативной визуализации. К инфраструктурным технологиям можно отнести и параллельную фильтрацию данных, и удаленную визуализацию, и параллельный рендеринг, и аппаратную поддержку графики, нацеленных в первую очередь на достижение максимальной эффективности при визуализации распределенных, удаленных данных.

Очевидно, что это лишь приблизительная оценка возникающих задач. Причем, значительная (и, быть может, основная) часть этих проблем нам пока даже неизвестна.

Для специалистов в области компьютерной графики и человеко-компьютерного взаимодействия основные проблемы связаны с поддержкой этапов визуализации и интерпретации результатов в рамках виртуального испытательного стенда.

### **3.1 Задачи визуализации и интерпретации**

Начнем с основы любой системы визуализации - с аппаратных и программных средств компьютерной графики. С одной стороны, виртуальный испытательный стенд в принципе предполагает использование сред виртуальной реальности. С другой, анализ показывает, что виртуальная реальность может оказаться излишней, например, при визуализации привычных математических объектов, их особенностей и пр. В общем, абсолютизация той или иной методики генерации изображений не нужна, хотя естественно, чем меньше ограничений имеет проектировщик графической составляющей, тем лучше. В ближайшее время стоит ожидать появления в "широком доступе" принципиально новых средств трехмерного вывода, например, столов, на которых генерируется трехмерная сцена и т.п. Все это может в значительной мере изменить подходы к проектированию средств графического вывода.

Возможно, что серьезные проблемы возникнут при выборе методов хранения, фильтрации и передачи огромных объемов графической информации. Анализ зарубежного опыта показывает, что усилия в этом направлении позволяют существенно улучшить параметры всей системы визуализации [6].

В связи с разработкой визуальной составляющей испытательного также необходимо получить ответ на вопрос о том, какие методики генерации изображения (рендеринга) адекватны целям визуализации, с учетом потенциальной анимации, использования сред виртуальной реальности и пр. С аналогичных позиций необходимо проанализировать средства ввода информации и методики взаимодействия с программой.

Следующий вопрос касается методик организации процесса эксперимента. В этой связи интересны методы наблюдения за состояниями считающейся параллельной программы, возможности управления ходом ее работы, также как и поддержка визуализации непосредственно во время счета (on-line визуализация), включая методы удаленной визуализации и удаленного взаимодействия с решаемой программой.

Мы уже отмечали, что без правильной интерпретации результатов моделирования все остальные этапы работы будут бесполезны. Поэтому важнейшее внимание должно быть уделено осуществляющему интерпретацию пользователю системы, который зачастую может являться специалистом самой высокой квалификации. Нас могут интересовать специальность пользователя, используемые методики исследования, набор знаний (общих, специальных и компьютерных), профессиональная культура, опыт работы с вычислительными и, в частности, с визуальными системами. Важен анализ стимулов и мотивации пользователя, выявление особенностей культуры, возможно влияющие на его восприятие визуальных образов. Важно выяснение психологических и физиологических возможностей (таких как острота зрения, цветовое зрение, пространственная ориентация и пр.) в связи с восприятием больших объемов визуальной информации и работой в средах виртуальной реальности.

В этой связи необходимо обратить внимание на такой аспект разработки систем, как проектирование визуализации, включающее в себя поиск и выбор подходящих метафор визуализации и интерфейса, создание наборов видов отображения, понимаемых как методики визуального представления данных, своего рода, визуальные процедуры. При реализации в конкретных визуальных средах и при подстановке реальных данных абстрактные виды отображения выводятся на те или иные графические устройства как конкретные графические выводы.

### **3.2 Специализированные системы визуализации**

Отметим две тенденции развития систем визуализации. С одной стороны - разработка универсальных средств визуализации, а с другой - специализация по всем направлениям, вплоть до создания специальных графических станций с реализацией для данного случая графическим алгоритмическим и программным обеспечением. Таким образом, системы визуализации, в свою очередь, можно разделить на универсальные и специализированные, обслуживающие определенный класс пользователей и задач и содержащих свои методики визуализации.

Важной особенностью универсальных систем является наличие стандартного набора видов отображения для типичных математических объектов. В основном, эти виды отображения связаны с представлением графиков различных типов. Задача пользователя - так описать связь между модельными сущностями, которые необходимо визуализировать, и стандартными видами отображения, чтобы увидеть интересующие особенности изучаемых объектов. Универсальные системы содержат некоторый базовый набор (универсальных) видов отображения и приемов визуализации. В принципе при помощи универсальных систем можно отобразить любые математические объекты, однако это зачастую требует от пользователя значительных усилий, а в ряде случаев вывод важных особенностей практически неосуществим. При этом значительные усилия могут быть приложены пользователем, не только (и не столько) в процессе самой визуализации, сколько при интерпретации результатов. Можно считать, что задача универсальных систем - дать инструмент для разработки специализированной визуализации. Однако не так просто предусмотреть наборы объектов и приемов визуализации, которые могут потребоваться для решения некоторой специфической задачи. Поэтому на наш взгляд не следует увлекаться созданием универсальных средств визуализации в рамках проекта виртуального испытательного стенда. Стенд, скорее, должен представлять собой некоторую совокупность специализированных или даже персонализированных систем визуализации, которые объединяются не одинаковой графикой и образностью, а технологическими возможностями, например, on-line визуализацией параллельных и распределенных программ.

#### **4. Предпосылки разработки виртуального испытательного стенда**

Главной предпосылкой разработки систем типа виртуальный испытательный стенд естественно считать наличие парка мощных вычислителей, доступных для исследователей. Следует отметить запуск в эксплуатацию целого ряда параллельных машин проекта СКИФ (занимающих достаточно высокие места в рейтингах параллельных суперкомпьютеров) в вычислительных центрах МГУ, ЮУрГУ, ТГУ.

Развитию методов математического моделирования, разработке численных методов и алгоритмов в нашей стране всегда уделялось большое внимание. В последнее время появились весьма показательные работы, посвященные разработке сред моделирования на базе супервычислений, которые по сути можно отнести к начальным этапам виртуального стенда [7-8]. Программы моделирования в этих случаях строятся за счет использования готовых решений САЕ-пакетов (инженерных пакетов).

Весьма важным для идеи виртуального испытательного стенда является наличие в нашей стране качественной реализации среды виртуальной реальности типа CAVE [8]. Ее установка в Санкт-Петербургском Политехническом Университете в достаточно сжатые сроки показывает возможности отечественных центров, а сама среда может успешно использоваться в рамках проекта.

В дальнейшем мы будем рассматривать результаты, полученные в ИММ УрО РАН в связи с исследованиями и опытными разработками компонент виртуального испытательного стенда.

В ИММ УрО РАН исследования и опытные разработки, в той или иной степени связанные с виртуальным испытательным стендом, проводятся в течение ряда последних лет.

Среди них важную роль играет разработка средств удаленной и on-line визуализации для параллельных и однородных вычислений [9-11].

Прототипная система on-line визуализации состоит из трех компонент - интерфейса параллельной программы, серверной части и визуального интерфейса. Интерфейс для параллельной программы позволяет описывать данные, с которыми работает система. Визуальная часть отображает опубликованные данные, взаимодействует с параллельной программой через сервер и может меняться от задачи к задаче. Отдельный интерес представляет разработанный универсальный визуальный веб-интерфейс, который поддерживает взаимодействие с любыми задачами. Он позволяет подключаться к задаче "на лету", визуально анализировать ее состояние, изменять значения переменных и посылать специальные команды этой задаче.

Технология удаленной визуализации подразумевает создание изображений на вычислительных мощностях, в области быстрого доступа к данным. Затем изображение передается по сети и отображается в графическом интерфейсе системы визуализации. Пользователь может взаимодействовать с интерфейсом как с обычной системой визуализации. В случае необходимости перерисовки изображения, например при повороте сцены, соответствующая команда направляется по сети на компьютер создания изображений. Таким образом, необходимость передачи исходных данных отпадает. Вместо этого передаются лишь серии изображений. Разработанный вариант системы удаленной визуализации использовался применительно к инженерным вычислениям. Применение системы удаленной визуализации позволяет сократить задержку между проведением расчетов и анализом результатов. При этом экономится дисковая память машин пользователей, возникает возможность интерактивной визуализации результатов вычислений без передачи самих данных по сети.

Коллективом исследователей проводились работы по созданию ГРИД-сервисов для интеграции инженерных пакетов и интерактивных средств визуализации [12]. В течение ряда лет велась разработка специализированных систем визуализации для ряда задач, решаемых как в нашем институте, так и в других научных центрах, в частности, для задач математической физики, оптимального управления и дифференциальных игр. Были созданы полезные системы, в ходе разработки которых решались также и вопросы распараллеливания самого процесса визуализации [13-15]. Получены интересные результаты по обобщению практики разработки систем визуализации и выработке подходов к созданию теории визуальных супервычислений и общей теории компьютерной визуализации [16-19]. Большое внимание уделяется проблемам человеко-компьютерного взаимодействия для управления задачами, решаемыми на суперкомпьютерах [20]. Вообще по нашему мнению нельзя ожидать, что манипуляции с привычными (но все же достаточно неестественными) мышами и джойстиком будут приемлемыми не только в офисных приложениях или играх, но и в средах виртуальной реальности при интерпретации сложных данных.

Нами начата разработка простых и дешевых аппаратных и программных средств трехмерного ввода данных, которые можно использовать в средах виртуальной реальности. Результатом такой работы является создание так называемого интерфейса фонарика, относящегося к системам “захвата движения”. В качестве датчика света используется стандартная веб-камера, которая может крепиться к монитору. Фонарик обладает одним немаловажным преимуществом. Он является не точечным, а протяженным источником света. Камера рассматривает фонарик не как точку, а как объект, имеющий площадь. Эта особенность позволяет вычислять расстояние до объекта на основе анализа изображения всего одной камеры. Поэтому в начале работы не требуется производить калибровку, а сама камера может быть размещена совершенно произвольно. Разработанный интерфейс удобен и обладает достаточной точностью [21].

Проводятся исследования работы пользователей сред виртуальной реальности. Объективные данные показали, что выполнение интеллектуальных задач в среде виртуальной реальности не вызывает проблем у подготовленных пользователей. Однако подтвердилась описанная в литературе возможность проявления “киберболезни” при неудачных режимах использования средств виртуальной реальности [22].

Кроме того, важное значение имеют “системные” вопросы, включая вопросы, возникающие при реализации программного интерфейса между компонентами проектируемого программного комплекса и сложными задачами сопряжения вычислительных сред и реальных объектов. В этой связи рассматривалась проблематика разработки операционных систем для параллельных и распределенных сред [23], а также теоретические и практические подходы к автоматизации процесса отладки в параллельных и распределенных средах [24], [25].

## **5. Заключение**

Главный вывод из нашего короткого обзора состоит в том, что имеется достаточно предпосылок для создания виртуального стенда. Кроме рассмотренных в работе результатов в нашей стране имеется множество разработок в области математического моделирования, создания численных методов, параллельного программирования и компьютерной графики.

Макетные и прототипные реализации целого ряда систем могут рассматриваться как реализация компонент будущего стенда. Все это показывает осуществимость проекта виртуального испытательного стенда.

Мы также считаем необходимым определить ряд принципов проектирования визуализации. В частности, по нашему мнению, важен, так называемый, субъективный подход к проектированию визуализации и интерфейса. Этот подход основывается на понимании основной роли пользователя, как субъекта интерпретации и анализа моделирования и ставит его во главу угла при разработке элементов аспектов, относящихся к элементам “человеческого фактора” будущей системы. Исследования в этой области, включая психологические и психофизиологические исследования пользователей компьютеров необходимо резко интенсифицировать [26].

В последние годы получен целый ряд результатов, позволяющих перейти к разработке основы испытательного стенда, некоторого framework'a то есть программной среды, обеспечивающей организацию проведения виртуальных испытаний, смену параметров, перезапуск программ, интерфейс с пользователем и работу графических сред. Именно разработка такой среды является задачей для специалистов в области системного программирования, операционных систем, компьютерной графики, человеко-компьютерного взаимодействия и визуализации. Следует рассмотреть требования как к программам, непосредственно реализующим модель, так и к средствам визуализации. Прежде всего, необходима устойчивая работа программ, обеспечивающая правильное моделирование физических процессов. Затем следует обеспечить временные характеристики модельных программ, допускающие моделирование в реальном времени. Такой стенд должен разрабатываться в комплексе как с точки зрения моделирования (например, модель поведения тела в пространстве, модель его аэродинамических свойств и т.п.) так и с точки зрения счета и визуализации. Очень важно установить контакт с потенциальными пользователями системы. Необходимо тесное сотрудничество всех заинтересованных в этом деле специалистов – заказчиков испытаний (ученых и инженеров, занимающихся исследованиями и разработками конкретных областях), математиков, инженеров и программистов.

## Литература

1. Самарский А.А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент // Вестник АН СССР 1979, N 5. Стр. 38-49.
2. Иван Денисович Софронов. Воспоминания, очерки, статьи. (Сборник под ред. Е.В. Соколовской) Саров. ФГУП “РФЯЦ-ВНИИЭФ”, 2009.
3. Bryson S., Levit C. The Virtual Wind Tunnel // IEEE Computer Graphics and Applications, July 1992.
4. Protsenko Y.L., Routkevitch S.M., Gur'ev V.Y., Katsnelson L.B., Solovyova O., Lookin O.N., Balakin A.A., Kohl P., Markhasin V.S. Hybrid duplex: a novel method to study the contractile function of heterogeneous myocardium // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 289: H2733-H2746, 2005.
5. Мельникова Л.А., Розенберг В.Л. Сферическая блоковая модель динамики и сейсмичности литосферы: различные модификации и вычислительные эксперименты // Тр. ИММ, 13, № 3, 2007. Стр. 95-120.
6. Heermann Ph.D. Production Visualization for the ASCI One TeraFLOPS Machine // Proceedings of the 9<sup>th</sup> Annual IEEE Conference on Visualization (VIS-98), Oct 18-23 1998, ACM Press, New York, 1998, pp. 459-482.
7. Радченко Г.И., Соколинский Л.Б., Шамакина А.В. Разработка компонентно-ориентированных CAEBean-оболочек для пакета ANSYS CFX // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2008): Труды международной научной конференции (28

января - 1 февраля 2008 г., г. Санкт-Петербург). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. С. 438-443.

8. Шабров Н.Н., Орлов С.Г., Мельникова Н.Б. Моделирование и параллельные вычисления в системе виртуальной реальности CAVE // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.), УДК 004.75 Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.). - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. (Электронное издание). Стр. 784-786.
9. Васев П.А. Веб-ориентированная среда поддержки удаленного рендеринга и онлайн-визуализации // Тезисы 10-го Международного семинара "Супервычисления и Математическое моделирование". РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2008, с. 42-43.
10. Vasev P. Web based Computational Steering System // Proceedings of IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, Computer Graphics and Visualization 2008, Amsterdam, The Netherlands, pp.324-326.
11. Бахтерев М.О., Васев П.А., Казанцев А.Ю., Манаков Д.В. Система удаленной визуализации для инженерных и суперкомпьютерных вычислений // Вестник ЮжУрГУ, N 17 (150), 2009, серия "Математическое моделирование и программирование", Выпуск 3. Стр. 4-11.
12. Авербух В.Л., Байдалин А.Ю., Бахтерев М.О., Васев П.А., Горбашевский Д.Ю., Казанцев А.Ю., Манаков Д.В., Шинкевич А.Н. Создание грид-сервисов для автоматизированной интеграции инженерных пакетов и интерактивных средств визуализации // Тезисы 10-го Международного семинара "Супервычисления и Математическое моделирование". РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2008, с. 14-15.
13. Averbukh V.L. The Specialized Systems of Scientific Visualization // AIP Conference Proceedings (ZABABAKHIN SCIENTIFIC TALKS - 2005: International Conference on High Energy Density Physics). August 3, 2006. Volume 849, pp. 481-486.
14. Казанцев А.Ю. Распараллеливание визуализации больших сеток // Супервычисления и математическое моделирование: Тезисы международного семинара. Саров, 2006 ВНИИЭФ-РФЯЦ. Стр. 64.
15. Авербух В.Л., Байдалин А.Ю., Васев П.А., Горбашевский Д.Ю., Исмагилов Д.Р., Казанцев А.Ю., Манаков Д.В., Шинкевич А.Н. Проблемы разработки средств визуализации для супервычислений // Параллельные вычислительные технологии / Труды научной конференции. Челябинск. Издательство ЮУрГУ, 2007. Том 2. Стр. 201-211.
16. Манаков Д.В. Анализ параллельных визуальных технологий // Вычислительные технологии. Том 12, N 1, 2007, Стр. 45-60.
17. Авербух В.Л. Разработка средств компьютерной визуализации для научных исследований // Труды Первой международной конференции "Трехмерная визуализация научной, технической и социальной реальности. Кластерные технологии моделирования" 04 - 06 февраля. Ижевск. Том 1. УдГУ, Ижевск, 2009. Стр. 8-11.
18. Авербух В.Л. К теории компьютерной визуализации // Вычислительные технологии Т. 10, N 4, 2005, стр 21-51.
19. Averbukh V.L., Bakhterev M.O., Baydalin A.Yu., Gorbashevskiy D. Yu., Ismagilov D.R., Kazantsev A.Yu., Nebogatikova P.V., Popova A.V., Vasev P.A. Searching and Analysis of Interface and Visualization Metaphors // Human-Computer Interaction, New Developments. / Edited by Kikuo Asai. Chapter 3, Vienna, In-teh. Pp. 49-84.
20. Бахтерев М.О., Васев П.А., Флягина Т.А. Веб-интерфейс для системы удаленной визуализации // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.), УДК



004.75 Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.). Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. (Электронное издание). Стр. 804.

21. Авербух В.Л., Зырянов А.В. Методы манипуляции объектами в трехмерных визуальных средах // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. 2009. Выпуск 3. Стр. 58-69.
22. Авербух В.Л., Авербух Н.В., Щербинин А.А. Исследование работы пользователей систем визуализации, построенных на базе сред виртуальной реальности // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009):- Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. (Электронное издание). Стр. 338-342.
23. Бахтерев М.О., Микроядро RiDE.C // XI Международный семинар Супервычисления и математическое моделирование. Тезисы. Саров. РФЯЦ ВНИИЭФ. 2009. Стр. 18-19.
24. Байдалин А.Ю. О подходах к изучению параллельных программ // Проблемы теоретической и прикладной математики: Труды 38-й Региональной молодежной конференции. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. с.409-411.
25. Рубилова Е.В., Шарф С.В., О реальности автоматизации отладки счетных программ // XI Международный семинар Супервычисления и математическое моделирование. Тезисы. Саров. РФЯЦ ВНИИЭФ. 2009. Стр. 95-96.
26. Авербух Н.В., Авербух В.Л. К поиску психологических оснований изучения человеко-компьютерного взаимодействия // Материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф., г. Сочи, 23-25 апреля 2009 г. / Федеральное агентство по образованию РФ; Соч. гос. ун-т туризма и курорт. дела; Соц.-пед. ф-т; Студ. психолог. о-во СПФ СГУТиКД; Под ред. И.Б. Шуванова, О.А. Михайленко, А.А. Никифоровой, С.С. Новиковой, А.В. Шашкова. - Сочи: СГУТиКД, 2009. В 2-х томах. Т2., стр. 38-41.