



**2012**

**Т. 16, № 3 (48)**

**Научный журнал**

**«Вестник Уфимского государственного авиационного  
технического университета»**

**Главный редактор**

д-р техн. наук, проф.  
М. Б. Гузаиров

**Редакционная коллегия:**

д-ра техн. наук, проф-ра  
Н. А. Амирханова  
Р. А. Бадамшин  
В. И. Васильев  
В. Г. Гусев  
В. Н. Ефанов  
В. С. Жернаков  
А. И. Заико  
Ф. Р. Исмагилов  
Н. К. Криони  
С. Т. Кусимов  
В. В. Миронов  
(зам. гл. ред.)  
В. С. Мухин  
С. Г. Селиванов  
(зам. гл. ред.)  
В. А. Целищев  
Н. И. Юсупова

д-р физ.-мат. наук, проф.  
В. А. Байков

д-р экон. наук, проф.  
У. Г. Зиннуров

д-р филос. наук, проф.  
Ф. С. Файзуллин

Л. В. Канашина  
(отв. секретарь)

**СОДЕРЖАНИЕ**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА  
ИНФОРМАЦИИ**

- Ильясов Б. Г. 3 Алгоритм реконфигурации структуры многосвязной системы  
Саитова Г. А. автоматического управления из условия устойчивости на основе  
Назаров А. Ш. частотных методов
- Асанов А. З. 11 Синтез системы автоматического управления многосвязным  
Каримов В. С. объектом с запаздываниями по состоянию и с наблюдателем  
полного порядка
- Ефанов В. Н. 16 Алгоритмы маршрутизации в интеллектуальных транспортных  
Саяпова Л. Р. системах
- Арефина А. И. 24 Метод синтеза цифровой системы многоцелевого управления судами  
при воздействии морского волнения
- Юсупова Н. И. 32 Управление распределением однородных ресурсов  
Бабкова Е. В. в организационных системах на основе имитационного  
Габдракипова Н. В. моделирования
- Колесников А. А. 38 Построение системы ситуационного управления  
Саитгареева Р. Ш. нестационарными производственными процессами на основе  
структурной перестройки координационной схемы  
производственных процессов
- Антонов В. В. 42 Формализация предметной области с применением инструментов,  
Куликов Г. Г. поддерживающих стандарты  
Антонов Д. В.
- Черняховская Л. Р. 53 Управление принятием решений в организационном управлении  
Старцева Е. Б. с применением правил  
и др.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

- Мунасыпов Р. Р. 56 Методика синтеза стратегии движения автономного мобильного  
Москвичев С. С. робота на основе эволюционных процессов
- Селиванов С. Г. 63 Выбор параметров цикла силовой установки для БПЛА одноразового  
Никитин В. В. применения путем поиска экстремума целевой функции  
и др.
- Готлиб Б. М. 70 Нечеткое регулирование процесса гидрорастяжения бандажных  
Вакалюк А. А. колец большого диаметра на гидравлическом прессе усилием 300 мН
- Аверченков А. В. 76 Автоматизация выбора стратегий обработки конструкторско-  
технологических элементов деталей в технологической подготовке  
производства изделий
- Селиванов С. Г. 81 Вероятностно-рекуррентный метод оптимизации  
Черняховская Л. Р. перспективных технологических процессов  
Бородкина О. А. в АСТПП авиадвигателестроительного производства
- Зеленков Ю. А. 91 Текущее состояние и перспективы суперкомпьютерных вычислений  
Шмотин Ю. Н. при проектировании газотурбинных двигателей  
Чупин П. В.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ		Учредитель
Еремин М. А. Васильев Е. О. Любимов В. Н. Хоперсков С. А. Хоперсков А. В. и др.	99 Astrochemhydro: параллельный код для моделирования химико-динамической эволюции межзвездной среды	Уфимский государственный авиационный технический университет
Алекснадров И. А. Чембарисова Р. Г. Латыпов М. И.	108 Параллельный алгоритм для моделирования динамики газа в сильно неоднородных гравитационных полях	Зарегистрировано Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций (Свид. ПИ №77-1886 от 10.03.2000)
Степанов Р. А. Масич А. Г. и др.	115 Аналитическое моделирование напряжения течения сплава AL 1570, подвергнутого интенсивной пластической деформации	Включено ВАК в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»
Заико А. И.	126 Обработка на супервычислителе потока экспериментальных данных	Реферируется в «Реферативном журнале» ВИНТИ
Свенч А. А. Файзуллин Р. Т. Хныкин И. Г.	134 Безусловные $n$ -мерные вероятностные характеристики случайного процесса Заико	Электронный аналог зарегистрирован в Депозитарии электронных изданий НТЦ «Информрегистр» и размещен на сервере Научной электронной библиотеки по адресу www.elibrary.ru
Павлов Д. В.	138 Гибридная суперкомпьютерная система	Контактные адреса редакции:
Гвоздев В. Е. Мукасева В. Н. Ровнейко Н. И.	143 Реляционная распределенная система управления базами данных с автоматической масштабируемостью	450000, Уфа, К. Маркса, 12, УГАТУ
Миронов В. В. Гусаренко А. С.	153 Вероятностное оценивание реализуемости требований к программной системе	Селиванов Сергей Григорьевич (портфель публикаций) (347) 272 26 76 внутр. 45-88, к. 7-400 Eselva@anrb.ru
Шاپовалов О. В.	159 Ситуационно-ориентированные базы данных: концепция управления XML-данными на основе динамических DOM-объектов	Миронов Валерий Викторович (дизайн и верстка) (347) 273 78 23 внутр. 49-63, к. 6-315 Mironov@list.ru
Миронов В. В. Макарова Е. С.	173 Разработка методов расчета задачи теплопроводности в контексте мультифизического подхода	Канашина Лариса Вячеславовна (делопроизводство) (347) 273 76 36 внутр. 45-60, к. 1-216
Фазлиахметов Т. И. Фрид А. И.	178 Агрегация показателей в OLAP-кубе при сведении по зависимым измерениям	Редактор Г. Р. Медведева Подписано в печать .05.2012 Формат 60 x 84 ¼ Гарнитура Times Усл. печ. л. 33,6. Уч.-изд. л. 33,5 Тираж 500 экз. (1-й завод—1–100 экз.) Зак. № .
Тарасов Е. М. Трошина М. В.	180 Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	Уфимский государственный авиационный технический университет
Котов В. Д. Васильев В. И.	187 Модель анализа рисков несанкционированной модификации метрологических данных в производственных системах	Редакционно-издательский комплекс УГАТУ 450000, Уфа, ул. К. Маркса, 12
Тарасов Е. М. Трошина М. В.	194 Выбор признаков и решающих правил при распознавании состояний рельсовых линий сортировочных горок	
Котов В. Д. Васильев В. И.	198 Современное состояние проблемы обнаружения сетевых вторжений	
УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ		
Артюхина В. А. Ефанов В. Н.	205 Гибридная система поддержки принятия решений при управлении крупными корпоративными структурами	
Ильясов Б. Г. Дегтярева И. В. и др.	217 Система интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении макроэкономическим воспроизводственным процессом на основе имитационного моделирования	
Мартынов В. В. Рыков В. И. и др.	230 Применение методов и средств онтологического анализа для управления образовательной деятельностью	
Паньшина О. Ю. Букреев Я. А. Султанова Г. Т.	235 Системы управления программами постановки новых изделий на производство (в авиадвигателестроении)	
Галям А. Ф. Тархов С. В.	240 Модели функционирования и организации хранения информации в системах интегрированного обслуживания клиентов	
Куликов Г. Г. Христолюбов В. Л. Минаева С. И.	245 Концептуальная модель управления капитальным ремонтом авиационных ГТД в условиях серийного предприятия. Реализация на базе ERP-системы	
Герасимова И. Б. Уразбахтина Л. Р.	252 Когнитивная модель взаимодействия преподавателя и студента в процессе обучения на основе триад	
Зайнутдинов Р. А.	258 Ранговое параметрическое распределение муниципальных образований региона по электропотреблению	
264 Abstracts		

С. А. Хоперсков, А. В. Хоперсков, А. В. Засов, М. А. Бутенко

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ГАЗА В СИЛЬНО НЕОДНОРОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЯХ

Создан пакет программ, реализующий трехмерную численную схему TVD типа MUSCL для решения уравнений газовой динамики во внешних гравитационных полях с учетом тепловых процессов и самогравитации в декартовой и цилиндрической координатных системах. Численный алгоритм адаптирован для расчетов на компьютерах с массивно-параллельной архитектурой. Основываясь на построенной численной модели, исследованы физические процессы, протекающие в галактических газовых дисках. Детально изучен механизм гофрировочной неустойчивости спиральной структуры в газовом диске, рассмотрен новый гидродинамический механизм образования кольцеобразных галактических структур. Проведено моделирование облачной структуры газопылевой подсистемы Млечного Пути, показавшее хорошее согласие с данными наблюдений. *Газодинамика; численные методы; параллельные алгоритмы; физика галактик*

Изучение различных аспектов феномена спиральных галактических структур сохраняет свою актуальность, несмотря на 50-летнюю историю исследований [1]. В основе построения современных моделей спиральных галактик лежат различные методики компьютерного моделирования. Заметный прогресс был достигнут с привлечением высокопроизводительных суперкомпьютеров и использованием параллельных технологий.

Физические параметры, характеризующие свойства галактического газа, лежат в очень широких пределах, и не имеют аналогов при решении типичных задач, возникающих в технике или «земной» физике.

Межзвездная среда, являясь многофазной, имеет температуру от 3 К до  $10^5$  К и перепады плотности, различающиеся на несколько порядков [2]. Типичные значения скорости составляют  $\sim 100\text{--}300$  км/с, что дает числа Маха  $10 \sim 100$ . Наблюдается иерархия пространственных и временных масштабов, которые существенно определяют свойства галактической системы. Например, газовый диск крупной спиральной галактики простирается до 20–40 кпк по радиусу. С другой стороны, мелкомасштабные структуры, формирующиеся в области спиральных

галактических ударных волн, составляют всего  $\sim 10$  пк, и для их качественного разрешения необходимы масштабы до  $\sim 1$  пк.

По современным представлениям галактики являются существенно нестационарными объектами [3]. Характерные времена процессов, определяющих динамику газового диска в целом, достигают 1 млрд лет, а необходимость одновременного моделирования быстропротекающих тепловых явлений, нелинейных этапов развития физических неустойчивостей (гравитационных и сдвиговых) требует рассмотрения динамики на временах до  $10^4$  лет.

Отличительной особенностью моделирования динамики межзвездной среды в пределах галактики является богатый спектр физических эффектов и процессов, существенно влияющих на динамику газа. Отметим целый ряд газодинамических и плазменных неустойчивостей различной природы: гравитационная, тепловая, конвективная, магнитная. Это вызывает необходимость дополнительного учета в уравнениях гидродинамики тепловых процессов, химических превращений, самогравитации, что делает задачу очень жесткой. Отмеченные выше временные характеристики задачи требуют большого числа временных шагов интегрирования ( $> 10^5$ ). Например, для самосогласованного описания динамики звездно-газового диска на современном научном уровне, необходимо для моделирования звездной подсистемы более  $10^7$  гравитационно взаимодействующих частиц [4], а число ячеек сетки для газовой компоненты должно превышать  $10^8$ , что требует значительных ресурсов памяти и машинного времени. Без использования параллельных технологий реше-

Контактная информация: shoperskov@gmail.com

Статья рекомендована к публикации программным комитетом международной научной конференции «Параллельные вычислительные технологии 2011».

Работа была выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 10-07-97017, гранта ВолГУ № 70-2011-а/ВолГУ, некоммерческого фонда «Династия», ФЦП «Старт-11 Н1» (проект № 8861р/14383) и ФЦП Росбразование госконтракт П1248 (ФЦП НК).

ние такого рода задач оказывается практически невозможным.

Выделим основные направления работы по исследованию динамики галактик с использованием параллельных технологий:

- создание пакета программ для численного моделирования газовых течений с учетом тепловых процессов, внешних гравитационных сил и самогравитации;
- адаптация численных алгоритмов для вычислений на компьютерах с массивно-параллельной архитектурой;
- исследование развития гофрировочной неустойчивости ударных волн в моделях галактического газового диска с учетом спирального потенциала звезд;
- моделирование кольцевых структур в дисковых галактиках;
- изучение возможности формирования облачной структуры в модели газовой компоненты Млечного Пути;
- исследование эффективности параллельного алгоритма на суперкомпьютере СКИФ МГУ «ЧЕБЫШЕВ»;
- сравнение результатов моделирования с наблюдениями.

Характерной мелкомасштабной особенностью большинства галактик с глобальным правильным спиральным узором являются шпур (spurs), отходящие от спирального рукава почти перпендикулярно или пересекающие его [6]. Типичная длина этих образований лежит в пределах 100–1000 пк (рис. 1). Такие структуры принято называть feathers в смысле «оперение», «выступ», «гребень» или spurs («шпора», «отросток»). Обычно под шпурами (spurs) понимают более мощные и развитые структуры, непосредственно примыкающие к основной части спирального рукава (положению ударной волны), под оперением (feathers) – более слабые и протяженные структуры, отчасти являющиеся продолжением шпуров. Наиболее важным наблюдаемым проявлением шпуров является повышенная плотность газа и интенсивные процессы звездообразования [6].

Большинство ближайших галактик с правильной спиральной структурой демонстрирует наличие развитой системы шпуров, например, NGC 628, NGC 1232, NGC 3031, NGC 3184, NGC 4321, NGC 5194, NGC 5236, NGC 5457, NGC 4725, NGC 7424, IC0342. Изучение шпуров существенно осложняется сильной неоднородностью пыли в области спиральных рукавов,

которая одновременно выступает в качестве одного из индикаторов самих шпур. Но в целом нарушение гладкости спирального узора следует считать характерной особенностью спиральных галактик, хотя количественные различия существенны, и трудно ожидать, что все они могут быть объяснены одним универсальным физическим механизмом.

## МОДЕЛЬ И ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД

Динамика газового галактического диска в общем случае описывается трехмерной системой уравнений гидродинамики [1]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho u) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \nabla(\rho u \cdot u) = -\nabla p - \rho \nabla \Psi, \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{u^2}{2} + \varepsilon\right) + \nabla\left(\rho\left(\frac{u^2}{2} + \varepsilon\right)\right) = Q^+ + Q^-, \quad (3)$$

где  $\varepsilon = p / (\rho(\gamma - 1))$  – удельная энергия газа,  $\rho$  – объемная плотность газа,  $p$  – давление,  $u$  – вектор скорости,  $Q^+$ ,  $Q^-$  – источники, описывающие некоторые процессы нагрева и охлаждения в газе соответственно.

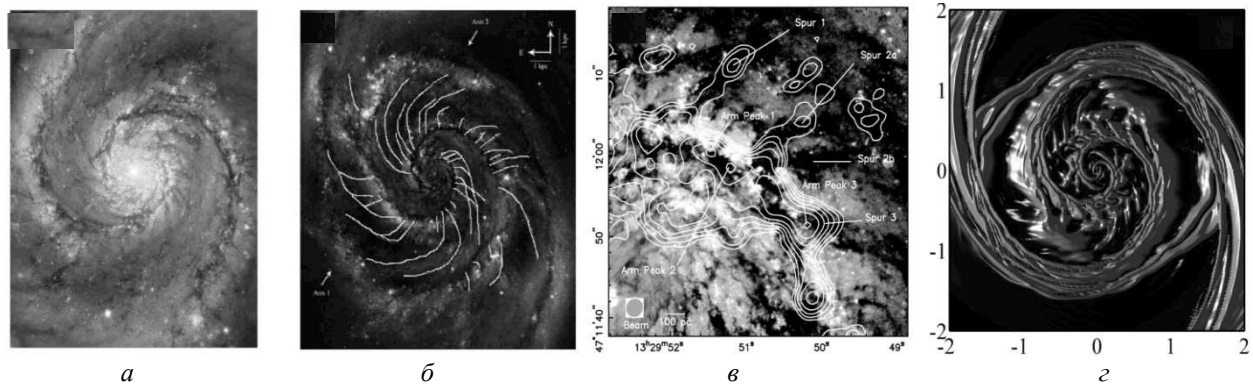
Для самогравитирующего вещества с плотностью  $\rho$  гравитационное поле определяется уравнением Пуассона

$$\Delta \Psi = 4\pi G \rho. \quad (4)$$

Газовый диск находится во внешнем гравитационном потенциале звездного диска, масса которого примерно в 10 раз больше массы газа. Учитывалась также сфероидальное темное гало с массой в 1,5–3 раза превышающее массу звездного компонента [8].

Для решения системы трехмерных уравнений газодинамики с учетом самогравитации, нагрева и охлаждения была реализована явная трехмерная TVD (Total Variation Diminishing) схема типа MUSCL (Monotone Upstream-centered Schemes for Conservation Laws) [9]. Этот подход удовлетворяет условию невозрастания полной вариации, сохраняет монотонность численного решения для рассматриваемой задачи, характеризуется отсутствием нефизичных осцилляций на разрывных решениях [10], отсутствует необходимость вводить искусственную вязкость. Численный метод является эйлеровым и реализован нами для декартовой и цилиндрической систем координат. Использовался метод расщепления по пространственным переменным [11].

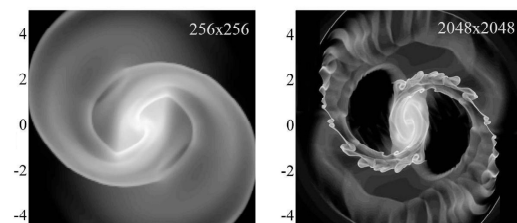




**Рис. 1.** *a* – оптическое изображение галактики M51; *б* – изображение M51 с выделением шпуров; *в* – отдельные участки M51 со шпурами и оперением [5]; *г* – пример результата компьютерного моделирования шпуров в галактических дисках

Для пространственной дискретизации был выбран не конечно-разностный подход, а более эффективный интегро-интерполяционный (метод конечных объемов), в этом случае законы сохранения выполняются на сеточном уровне. При этом значения сеточных функций заменяются средними значениями по объему ячеек, а производные вычисляются по функциям на границах ячеек. Конечно-объемная аппроксимация физических величин также позволяет избегать особенностей в центре цилиндрической системы координат при  $r = 0$ . В работе используется третий порядок аппроксимации величин по пространственным координатам. Интегрирование по времени целесообразно вести с помощью быстрого явного метода, который не понижал бы точность численной схемы. Был выбран метод Рунге-Кутты второго порядка точности.

Для вычисления потоков физических величин через границы ячеек будем использовать решение задачи Римана, на которой основаны так называемые методы Годунова [10]. Использование точного решения задачи Римана является крайне ресурсоемким, поскольку требует в каждой ячейке расчетной сетки решения нелинейного алгебраического уравнения. Воспользуемся приближенным подходом, основанным на методе Хартена – Лакса – ван Лиира (HLLC), который позволяет одновременное учитывать наличие ударных волны, контактных и тангенциальных разрывов [12]. Данный метод был модифицирован для сквозного расчета границы «газ-вакуум» [13], что является необходимым для моделирования астрофизических систем, в которых могут возникать области крайне низкой концентрации вещества.



**Рис. 2.** Демонстрация чувствительности результатов расчетов к пространственному разрешению: сравнение результатов расчетов на декартовой координатной сетке с различным пространственным разрешением (256×256 и 2048×2048). Аналогичный эффект имеем для цилиндрической геометрии

Получение реалистичных результатов численных расчетов требует высокого пространственного разрешения (рис. 2).

Необходимость увеличения числа ячеек для газодинамической модели приводит с одной стороны к уменьшению шага интегрирования по времени, с другой – к росту количества операций для расчета большего числа узлов сетки. Только использование параллельных вычислений на суперкомпьютерах дает возможность моделировать с высоким пространственным и временным разрешением [14].

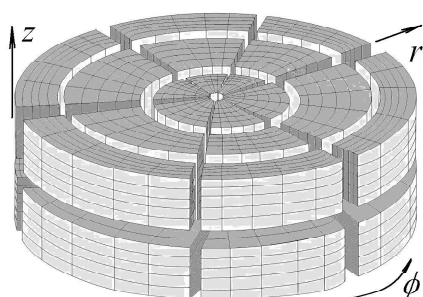
### РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО АЛГОРИТМА

Распараллеливание численного кода выполнялось с помощью совместного использования стандартов MPI и OpenMP [15]. Заданная расчетная область распределялась между процессорами [16]. Декомпозиция на подобласти проводилась вдоль всех трех координатных осей: вдоль радиуса, вдоль угла и вдоль вертикально-

го направления в случае цилиндрической системы координат (см. рис. 3).

Для получения решения во всей расчетной области необходимо обеспечивать непрерывную связь соседних процессов за счет обмена данными в фиктивных граничных ячейках. Поскольку разработанная численная TVD схема имеет третий порядок аппроксимации по пространству, то соседним процессам необходимо обмениваться всеми физическими величинами, находящимися в двух приграничных слоях ячеек. В силу того, что данные для граничных ячеек расположены в памяти непоследовательно, то вдоль радиуса можно пересылать границу целиком (плоскость), вдоль угла последовательность одномерных массивов и вдоль вертикальной координаты – поэлементно. Таким образом, время обмена границами на каждом гидродинамическом шаге вдоль координатных осей относится как 1:2:10.

Для того, чтобы компенсировать потерю эффективности при пересылке граничных условий вдоль вертикальной координаты, по этому направлению декомпозиция должна быть наименее подробной.



**Рис. 2.** Декомпозиция расчетной области вдоль трех направлений для цилиндрической системы координат

Дальнейшей модификацией обмена границами стало последовательное объединение данных, необходимых для отправки, и их дальнейшая пересылка. Для вычислительных кластеров, состоящих из многоядерных процессоров, эффективным оказалось использование стандарта OpenMP внутри каждого процесса. В этом случае происходит ускорение из-за отсутствия необходимости производить обмен фиктивными ячейками.

Структура численного газодинамического кода позволяет распараллелить вычисления с помощью OpenMP в течение всего времени расчета на каждом процессе. В численном гид-

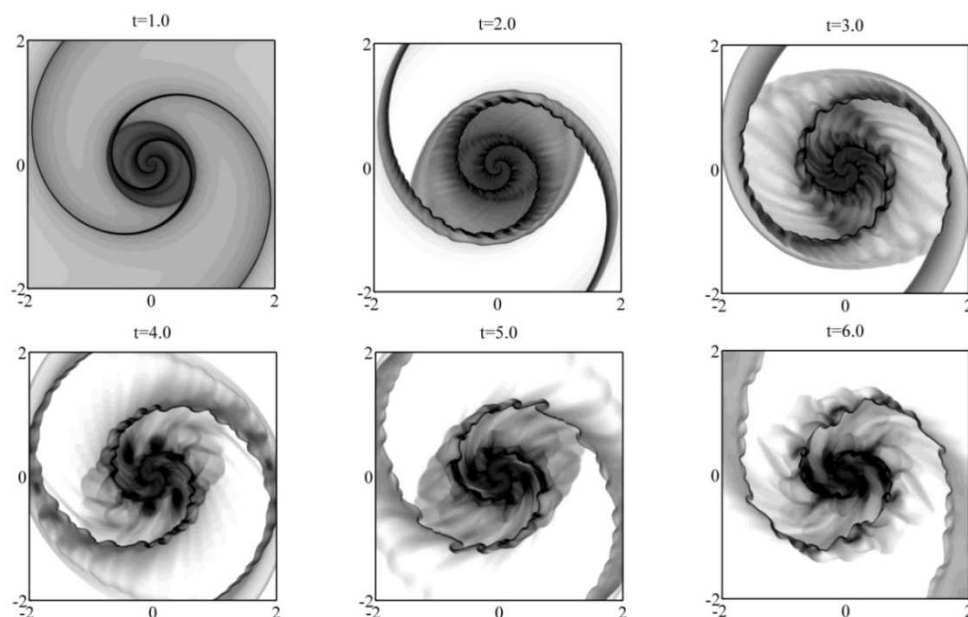
родинамическом алгоритме также проведена оптимизация распараллеливания за счет использования неблокирующей пересылки данных стандарта MPI [15].

Алгоритм расчета самогравитации является более ресурсоемким по сравнению с газодинамикой, поскольку на каждом шаге интегрирования требуется адаптировать решение уравнения Пуассона под параллельные вычисления. Кратко опишем алгоритм нахождения гравитационного взаимодействия в газе TreeCode [17]. Совокупность узлов расчетной сетки может быть организована в иерархическую систему групп в форме древовидной структуры. Для сортировки частиц используется иерархия кубов, каждому узлу соответствует 8 потомков. В самой верхней части дерева находятся все частицы. Деление кубов продолжается до тех пор, пока в кубе не останется один узел, после чего для каждой ячейки или узла в дереве необходимо найти общую массу и центр масс. Для более точного вычисления гравитации была реализована возможность учитывать квадрупольные слагаемые разложения гравитационного поля.

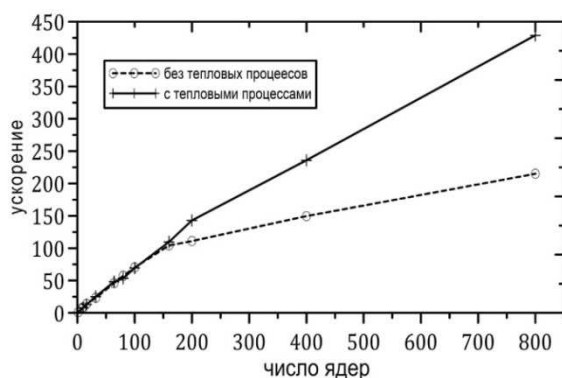
Эффективность распараллеливания численного алгоритма была оценена в серии экспериментов (с числом ядер  $n = 8, 10, 16, 32, 64, 80, 100, 160, 200, 400, 800$ ) для двух моделей: с учетом термодинамических процессов и без них (рис. 5, 6). Из графика следует, что наибольшая эффективность (около 70 %) достигается при одновременном использовании в расчетах не более 200 ядер. Графики ускорения построены для тех же наборов экспериментов (рис. 5, 6). Ускорение значительно выше в моделях, учитывающих тепловые процессы, чем для адиабатических моделей. Это обусловлено существенно большим объемом дополнительных вычислений, не влияющих на количество пересылаемых данных.

Вычисления проводились на суперкомпьютере СКИФ МГУ «ЧЕБЫШЕВ» (производитель Т-Платформы). Краткая характеристика кластера: пиковая производительность 60 TFlop/s, 1250 процессоров, 5000 ядер в системе, объем оперативной памяти 5,5 Тбайт, модель процессора Intel Xeon E5472 3,0 ГГц.

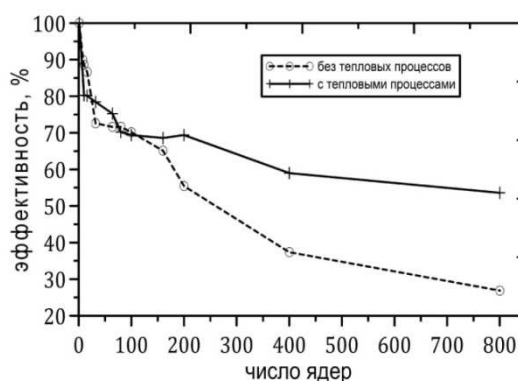
Далее рассмотрим основные результаты численного моделирования, полученные с использованием созданного программного продукта.



**Рис. 3.** Эволюция поверхностной плотности газового диска с учетом неосесимметричного гравитационного потенциала звездного компонента. На начальных этапах происходит формирование системы ударных волн. В дальнейшем под воздействием гофрировочной неустойчивости на нелинейной стадии развивается сложная система протяженных шпуров



**Рис. 4.** Графики ускорения параллельных расчетов для моделей с учетом и без учета тепловых процессов



**Рис. 5.** Графики эффективности параллелизма для реализованного численного алгоритма с учетом и без учета тепловых процессов в газе

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

### Гофрировочная неустойчивость в газовом диске

Рассмотрим возможность генерации шпуров за счет чисто гидродинамических эффектов, связанных с существенно нелинейной стадией развития гофрировочной (wiggle) неустойчивости фронта глобальной ударной волны в газовом диске при наличии спиральной волны плотности звездного компонента [18].

В модели имеется 8 свободных физических параметров, варьирование которых в широких пределах позволило рассмотреть формирование различных структур, связанных с развитием гофрировочной неустойчивости глобальной ударной волны. Значительное количество свободных параметров задачи приводит к необходимости проведения большого числа компьютерных экспериментов для исследования одной модели галактического газового диска. Для одной модели проводилось до 10–15 расчетов

с различными наборами параметров, что занимало в среднем 10000 процессор/часов.

Возможность возникновения и скорость нарастания шпуров существенно зависят от их положения на спиральном рукаве. Как правило, очаг первоначального формирования нелинейной стадии гофрировки локализован на небольшом участке ударной волны (рис. 4). По мере увеличения длины отростка газовой спирали он может достигать соседнего участка витка спирали, индуцируя возмущения на нем. Такой механизм приводит к формированию наиболее интенсивных и протяженных шпуров с мощным оперением.

### Моделирование облачной структуры Млечного Пути

Наблюдательные данные о газопылевых комплексах (ГПК) нашей Галактики показывают, что эти объекты концентрируются к спиральным рукавам Галактики, при этом свойства комплексов зависят от положения в Галактике [19].

Численные модели, описывающие динамику газа в Галактике, должны адекватно описывать мелкомасштабную структуру и внутреннюю кинематику молекулярных облаков в галактическом диске. Это предъявляет особые требования к пространственному и временному разрешению, а также адекватный учет наиболее важных физических факторов, связанных с нагревом и охлаждением.

Основываясь на результатах численных экспериментов, проведенных на суперкомпьютере СКИФ МГУ «ЧЕБЫШЕВ», удалось продемонстрировать сценарии образования облачной структуры газа в окрестностях спиральных рукавов Галактики. Достигнутое пространственное разрешение позволило изучать отдельные мелкомасштабные газовые комплексы.

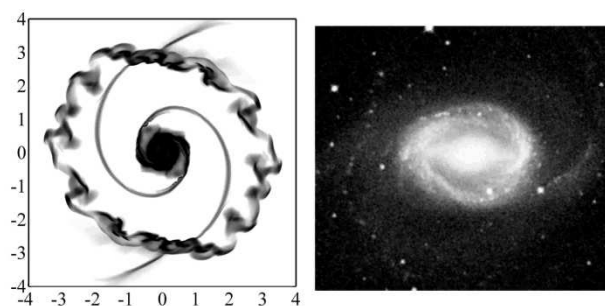
В моделях, учитывающих тепловые процессы (нагрев – охлаждение), хорошо выделяются газопылевые комплексы. В их плотных частях температура составляет 50–200 К. При этом дисперсии турбулентных скоростей для таких образований порядка 3–5 км/с. Параметры этих структур, полученные в численных экспериментах, соответствуют данным наблюдений гигантских молекулярных облаков и их окружению.

В рамках численных гидродинамических расчетов продемонстрирована возможность формирования ГПК, содержащих структуры типа гигантских молекулярных облаков. Структура и кинематика газа в построенных моделях

качественно отражает наблюдаемые особенности распределения газопылевых комплексов.

### Образование кольцеобразных галактических структур

Известно значительное число галактик, у которых на некотором расстоянии от центра наблюдается кольцеобразная спиралевидная структура.



**Рис. 6.** Слева: кольцевая структура в численном эксперименте. Справа: пример галактики NGC 1512 с кольцом

Можно формально выделить три типа таких колец, не затрагивая различные механизмы их образования: ядерные кольца (галактики NGC 1512, NGC 4314, NGC 6782), кольца на концах бара (NGC 1512, NGC 3081, NGC 4725, NGC 5905) и периферийные кольца в дисковой компоненте (M31, NGC 7742, AM 0644-741).

В данной работе рассмотрен гидродинамический механизм формирования кольцеобразных структур в галактических дисках.

На рис. 7 показан пример расчета динамики газового диска с образованием кольцеобразных структур во внешней области системы, причем во внутренней части диска имеется правильный двухрукавный узор со слабыми проявлениями нерегулярности. Напротив, кольцо обнаруживает все признаки наличия шпуров и оперения различной степени интенсивности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы было проведено около 200 численных экспериментов на вычислительном кластере СКИФ МГУ «ЧЕБЫШЕВ». На эти расчеты было затрачено порядка 200000 процессор/часов. Благодаря использованию ресурсоемких вычислений на суперкомпьютере были промоделированы тонкие структуры в газовых дисках галактик. Результаты теоретических расчетов были сопоставлены с реально наблюдаемыми структурами в спиральных галак-

тиках. Сформулируем наиболее важные результаты:

- Создан универсальный программный продукт для моделирования газодинамических процессов различной геометрии с учетом самогравитации, тепловых процессов и внешних гравитационных полей. Данный пакет программ адаптирован для использования на ЭВМ с массивно-параллельной архитектурой.
- Численные эксперименты позволили объяснить ряд наблюдаемых структур (шпур, оперение) которые являются результатом развития гофрировочной неустойчивости ударных волн в газовом диске.
- Предложен и численно-экспериментально изучен гидродинамический механизм образования галактических колец в газовой компоненте галактик.
- Продемонстрирован процесс формирования облаков в нашей Галактике в результате развития газодинамической и тепловой неустойчивостей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фридман А. М., Хоперсков А. В.** Физика галактических дисков. М.: Физматлит, 2011. 640 с.
2. **Бочкарев Н. Г.** Основы физики межзвездной среды. М.: Изд-во МГУ, 1991. 352 с.
3. **Засов А. В., Сильченко О. К.** Диски галактик и их эволюция // УФН, 2010. Т. 180. С. 434–439.
4. High resolution simulations of unstable modes in a collisionless disc / A. V. Khoperskov [et al.] // *Astronomy & Astrophysics*. 2007. V. 473. P. 31–40.
5. Detection of Dense Molecular Gas in Interarm Spurs in M51 / S. Corder [et al.] // *Astrophysical Journal*. 2008. V. 689. P. 148–152.
6. ASTE CO (3-2) Mapping Toward the Whole Optical Disk of M 83: Properties of Inter-arm Giant Molecular-Cloud Associations / K. Muraoka [et al.] // *Astrophysical Journal*. 2009. V. 706. P. 1213–1225.
7. **Roberts W., Hausman M.** Spiral structure and star formation. I – Formation mechanisms and mean free paths // *Astrophysical Journal*. 1984. V. 277. P. 744–767.
8. Numerical modeling of the vertical structure and dark halo parameters in disc galaxies / A. V. Khoperskov [et al.] // *Astronomische Nachrichten*. 2010. V. 331. P. 731–745.
9. **van Leer B.** A second-order segcul to Godunov's method // *Journal of Computational Physics*. 1979. V. 32. P. 101–136.
10. **Куликовский А. Г., Погорелов Н. В., Семенов А. Ю.** Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М.: Физматлит, 2001. 608 с.
11. **Воеводин В. В., Воеводин Вл. В.** Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
12. **Shengtai Li.** An HLLC Riemann solver for magneto-hydrodynamics // *Journal of Computational Physics*. 2004. V. 203. P. 344–352.
13. **Еремин М. А., Хоперсков А. В., Хоперсков С. А.** Конечно-объемная схема интегрирования уравнений гидродинамики // Известия ВолГТУ. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики. 2010. Т. 13. С. 24–27.
14. **Васильев В. А., Ницкий А. Ю.** Исследование масштабируемости задач вычислительной гидроаэродинамики на различных многоядерных и многопроцессорных архитектурах // Вестник УГАТУ. 2010. Т. 14. С. 126–132.
15. **Антонов А. С.** Введение в параллельные вычисления, М.: Изд-во МГУ, 2002. 69 с.
16. **Кузнецов П. В., Кайгородов О. А.** Адаптация схемы Ошера для параллельных вычислений. М.: ИПМ им. М. В. Келдыша. 2002. Т. 59. 10 с.
17. **Barnes J., Hut P.** A hierarchical O (N log N) force-calculation algorithm // *Nature*. 1986. V. 324. P. 446–449.
18. **Wada K.** Instabilities of spiral shocks – II. A quasi-steady state in the multi-phase inhomogeneous ISM // *Astrophysical Journal*. 2008. V. 675. P. 188–193.
19. **Kalberla P. M. W., Kerp J.** The Hi Distribution of the Milky Way // *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*. 2009. V. 47. P. 27–61.

#### ОБ АВТОРАХ

**Хоперсков Сергей Александрович**, магистрант каф. теоретическ. физики и волновых процессов Волгоградск. гос. ун-та.

**Хоперсков Александр Валентинович**, проф., зав. каф. инф. систем и компьютерн. моделирования, Волгоградск. гос. ун-та. Д-р физ.-мат. наук.

**Засов Анатолий Владимирович**, проф., руководитель отдела Внегалактической астрономии гос. астрономическ. ин-та им. П. К. Штернберга МГУ. Д-р физ.-мат. наук.

**Бутенко Мария Анатольевна**, асп. каф. инф. систем и компьютерн. моделирования, Волгоградск. гос. ун-та.

## Abstracts

**B. G. Ilyasov, G. A. Saitova, A. Sh. Nazarov.** The algorithm of reconfiguring the structure of the multivariable system of automatic control from the conditions stability on the basis of frequency methods // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 3–10. (In Russian)

An algorithm of reconfiguring the structure of the multivariable system of automatic control (MCAC) with complex dynamic object (CDO), which allows to ensure the stability of multivariable systems in all modes of operation of the CDO. An example illustrating the implementation of the proposed algorithm is given in this article. **Key words:** *structural synthesis; the multivariable system of automatic control; multivariable regulator.*

**A. Z. Asanov, V. S. Karimov.** Design of automatic control system of multivariable controlled plant with time delays on the state vector and with full-order observer // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 11–15. (In Russian)

Design of automatic control system of multivariable controlled plant with time delays on state vector on basis of system embedding technology was considered. It is assumed that the phase state vector of plant is not available for direct measurement, so the design system was employed full-order observer. In the numerical example has shown the effectiveness of the proposed analytical solution of the design. **Key words:** *automatic control system; multivariable controlled plant; time delays on state vector; observer; system embedding technology.*

**V. N. Efanov, L. R. Sayapova.** Routing algorithms in intelligent transportation systems // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 16–23. (In Russian)

A method of optimizing routes in intelligent transportation systems topics on vector criterion. The individual components of this vector is estimated as the distance between the starting and ending points of the route, and a set of indicators that take into account the level of safety along the route chosen. To find the path of minimum total length is proposed to use a modified Dijkstra's algorithm. Many effective in terms of security of routes is constructed using the algorithm of Jena. **Key words:** *intelligent technology; routing algorithm; the criterion; transport optimization.*

**A. I. Arefina.** Method of design of digital multi-aim control system for vessels under influence of sea wave // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 24–31. (In Russian)

Method of design of digital control system for marine moving objects, that provides desirable motion quality in various external conditions with respect to different criteria, is considered. The algorithm for designing a corrector, which compensates the effect of sea wave, in the form of FIR-filter is proposed. The use of the algorithm example is given. **Key words:** *linear systems; optimization; transfer function; multi-aim control.*

**Yusupova, N. I., Babkova, E. V., Gabdrakipova N. V.** Homogeneous resources management in organizational systems by simulation // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 32–37. (In Russian)

The article gives resource distribution management conception in organizational systems based on simulation. The article describes resource's model and algorithm. **Key words:** *complex system; management of investment financing; net present value.*

**A. A. Kolesnikov R. Sh. Saitgareeva.** Construction of system of situational management by non-stationary productions on the basis of structural reorganization of the coordination scheme of productions // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 38–41. (In Russian)

In article principles of construction of system of situational management for the decision of problems of management are considered by non-stationary productions. **Key words:** *process approach; situational management; production; coordination scheme; entropy approach.*

**V. V. Antonov, G. G. Kulikov, D. V. Antonov.** Formalization of subject domain with usage of standards supporting tools // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 42–52. (In Russian)

The evolution of information systems can be viewed from the perspective of their impact on the organization: embedding of an information system into the existing business-form or its changing. The share of expenses to



obtaining and processing information in economics and social expenses increases continuously. However, so far many theoretical aspects, connected with automation processes modeling and their information support for further cooperation with the semantic rules, governing them, remains unexplored. On the basis of the model of abstract business-process will be considered a possibility of phased automation and building of information systems. **Key words:** *fuzzy logic; information systems; subject domain; BPMN.*

**L. R. Chernyahovskaya, E. B. Startseva, I. P. Vladimirova, A. I. Malakhova.** Decision-making control in organization management using rules // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 53–55. (In Russian)

The article considers the application of intellectual decision support systems in organization management. The tasks, models and methods of decision-making management based on ontology are offered. **Key words:** *decision-making support; ontology; problem situation; organization management.*

**R. A. Munasyrov, S. S. Moskvichev.** Evolutionary-based synthesis of locomotion strategy of an autonomous mobile robot // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 56–62. (In Russian)

The paper presents a method of synthesis of locomotion strategy (gait) for an autonomous mobile robot using evolutionary algorithms. It has been shown that under certain conditions the gradual evolution of robot morphology at the stage of controller synthesis leads to development of a more efficient locomotion strategy. **Key words:** *developmental robotics; autonomous mobile robots; intelligent robots.*

**S. G. Selivanov, V. V. Nikitin, V. S. Teplov, A. A. Tormyshev.** Logical-genetic method for aircraft ASTPP optimization in the context of lean manufacturing projects management // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 63–69. (In Russian)

The problems of lean manufacturing implementation in aircraft industry have been considered in the research work. The cross functional logical-genetic method has been developed and suggested for the optimization of operation-routing sequence, technological processes, workshops designing with equipment. **Key words:** *ASTPP; genetic algorithms; optimization; lean manufacturing.*

**B. M. Gotlib, A. A. Vakalyuk.** Indistinct regulation of process of hydrostretching of bandage rings of big diameter on the hydraulic press effort 300 MH // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 70–75. (In Russian)

The problem of automation of process of hydrostretching of bandage rings of big diameter on a hydraulic press by effort of 300 MN for increase of productivity, reliability and stability of functioning of process on the basis of application of methods of indistinct logic is considered. The description of process of hydrostretching, an objective is provided in article for an automated control system, results of development and automated con-

trol system modeling with application of methods of indistinct logic are given. **Key words:** *knowledge base; indistinct regulator; associative rules; accessory function; hydrostretching; hydraulic press; bandage ring.*

**A. V. Averchenkov.** Automation of the choice of strategy of processing of design and technological elements of details in technological preparation of production of products // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 76–80. (In Russian)

In article strategy of processing of details and KTE of details in the conditions of the general mechanical engineering are considered. Concepts "kinematic" and "tool" strategy of processing are entered. Approaches to development of the automated systems for a choice of strategy of processing are described. **Key words:** *kinematic strategy; tool strategy; design and technological elements of details.*

**S. G. Selivanov, L. R. Chernyahovskaya, O. A. Borodkina.** Probabilistic-recurrent method of optimization of perspective technological processes in the automated systems of technological preparation of manufacture // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 81–90. (In Russian)

Application of methods of artificial intelligence in technological problems allows not only to group details and to define well-founded sheets of the production program, but also to carry out multi-objective optimization perspective resource-saving technological processes. The use of these methods reduces labor input of works on technological preparation of manufacture of new competitive production, allows to find optimum decisions by working out of complete sets of the design technological documentation necessary for reconstruction and modernization of enterprises of aircraft engine plants. **Key words:** *a functional model; a statistical cluster analysis; neural network clustering analysis; optimization; advanced technological processes; probability-recursive method; recurrent neural networks.*

**Yu. A. Zelenkov, Yu. N. Shmotin, P. V. Chupin.** Current state and perspectives of supercomputer calculations in gas turbine engine development // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 91–98. (In Russian)

Engineering analysis methods in gas-turbine engine (GTE) development are reviewed, physical effects, that not taken in consideration today, are described, directions of future research for core competences improvement are defined, and hardware requirements are formulated. **Key words:** *engineering analysis; GTE development; aerodynamics of blade machines; heat-mass transfer; burning; multiobjective optimization.*

**M. A. Eremin, E. O. Vasiliev, V. N. Lubimov.** AstroChemHydro: the parallel code for modelling of chemical and dynamical evolution of the interstellar medium // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 99–107. (In Russian)

We developed and realized the parallel three dimensional code for the numerical modelling of chemical and dynamical evolution of processes in the interstellar me-

dium. The simulations of a diffuse cloud, interacting with a planar shock wave, has been performed. We study the chemical transformations of reagents resulting from dynamical interaction of a cloud with a shock wave and the kinetics of molecular hydrogen for different sets of parameters. **Key words:** *physics of interstellar medium; the computational modeling; the parallel code.*

**S. A. Khoperskov, A. V. Khoperskova, A. V. Zasov, M. A. Butenko.** Parallel algorithm for modelling of dynamics of gas in strongly non-uniform gravitational fields // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 108–114. (In Russian)

The software package realizing the three-dimensional numerical scheme of TVD of the MUSCL type for the solution of the equations of gas dynamics in external gravitational fields taking into account thermal processes and self-gravitation in the Cartesian and cylindrical coordinate systems is created. The numerical algorithm is adapted for calculations on computers with massive and parallel architecture. Being based on the constructed numerical model, the physical processes proceeding in galactic gas disks are investigated. The mechanism of gogrirovchny instability of spiral structure in a gas disk is in details studied, the new hydrodynamic mechanism of formation of ring-shaped galactic structures is considered. Modeling of cloudy structure of a gazopylevy subsystem of the Milky Way, the shown good consent with data of supervision is carried out. **Key words:** *gazodinamics; numerical methods; parallel algorithms; physics of galaxies.*

**I. V. Alexandrov, R. G. Chembarisova, M. I. Latypov.** Analytical modeling of the flow stress of Al 1570 alloy, subjected to severe plastic deformation // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 115–125. (In Russian)

The mathematical model, which has been developed on the basis of the dislocation kinetic equations and allows describing and analysing the strength characteristics of metals and alloys, is presented in the work. The equations of dislocation density evolution in Al 1570 alloy have been set up, taking into account its state and structure peculiarities, developed in the result of severe plastic deformation. The dependencies of the conventional yield strength from the grain size in Hall-Petch coordinates and the rate of the dynamic recovery processes from the grain size have been calculated. **Key words:** *ultrafine-grained materials; the Hall-Petch law; deformation behavior modeling.*

**R. A. Stepanov, A. G. Masich, A. N. Sukhanovsky, V. A. Schapov, A. S. Igumnov, G. F. Masich.** Processing on the supercalculator of the stream of experimental data // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 2 (47). P. 126–133. (In Russian)

Carrying out modern gazo-and hydrodynamic pilot studies is impossible without high-quality measurements of fields of speed. Contactless methods of measurements (PIV, PTV, PLIF), based on processing of images, take a leading position. Accuracy of measurements depends on characteristics of video cameras (permission and fre-

quency of shots) and from possibilities of algorithms of calculation. Limitation of computing productivity of the computers connected to experimental installation in many respects constrains development of mathematical apparatus and possibility of carrying out experiment. Transfer of calculations on multiprocessing systems will allow to use resursoyemky, but high-precision algorithms to avoid storage of huge volumes of surplus information, to process measurements "hurriedly" and to make experiments with feedback. **Key words:** *the distributed systems; parallel calculations; data transmission systems; supercomputer calculations; PIV.*

**A. I. Zaiko.** Unconditional n-measured probability characteristics of the Zaiko random process // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 134–137. (In Russian)

Presented here are n-measured characteristics of the unique random process white uniform distribution law. They are shown to be expressed via moment characteristics of less than the second order. **Key words:** *random process; uniform distribution; n-measured characteristics.*

**A. A. Svench, R. T. Faizullin, I. G. Khnykin.** The hybrid supercomputer system // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 138–142. (In Russian)

The paper considers a hybrid supercomputer system based on a cluster of central processing units (CPU), a cluster of graphics processors (GPU) and storage system. Describes a class of problems that can best be solve using a hybrid system: applied problems of algebra, cryptographic analysis, modeling traffic flow in complex systems. **Key words:** *the supercomputer; the CPU; graphics processor; algebra; cryptography; transportation; automotive; chemical physics.*

**D. V. Pavlov.** Distributed relational database management system with automatic scalability // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 143–152. (In Russian)

The concept of constructing a new distributed relational database management system with automatic scalability. It is proposed to keep all the data in operating memory, applying the new method of data indexing based on three linear arrays (STA-indexing). The database management system has properties of scalability and automatic data redistribution. For compatibility with existing databases, it works with universal query language -SQL. The efficiency of the DBMS have been tested experimentally in comparison with MySQL and has shown the higher efficiency with the example that was used. **Key words:** *a database management system; the method of data indexing, relational; distributed; STA-index.*

**V. E. Gvozdev, V. N. Mukaseeva, N. I. Rovneyko.** Probabilistic estimation of realizability requirements for software system // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 153–158. (In Russian)

The article considers the solution to the problem of estimation of realizability requirements for a software system. The study results help to quantify the feasibility

of the requirements at any time. The practical value of research lies in the possibility of using the developed approach for the construction of an indirect assessment of the feasibility of requirements specifications - time implementation of the requirements. Also, the proposed approach allows us to fully develop a formal procedure for evaluating the feasibility of the requirements, including their entirety. **Key words:** *time implementation of the requirements; feasibility requirements; expert evaluation; probabilistic modeling.*

**V.V. Mironov, A.S. Gusarenko.** Situationally-oriented databases: the concept of managing XML-data based on dynamic DOM-objects // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 159–172. (In Russian)

Considered management of XML-data associated with the states in the dynamic model of situationally-oriented databases. Suggests the concept of dynamic DOM-objects are automatically generated, downloaded, destroyed in the process of changing the current state of the dynamic model. Proposed a means of dynamic assignment DOM-objects using DOM-elements associated with the states of the dynamic model. Discussed specification of loads and unloads the contents of XML-DOM-objects with by means of special elements - the sources and receivers of data specified by dynamic model. Disassembled interesting example situationally-oriented databases for Web applications. **Key words:** *dynamic model; interpretation; situationally-oriented databases; XML; DOM; XSLT.*

**O. V. Shapovalov.** Development of methods of calculation of the problem of heat conductivity in the context of the multiphysical approach // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 173–179. (In Russian)

In article the question of development of methods of calculation of heat conductivity in a context of joint calculation of model and heat conductivity is considered. For use in calculation of a problem of heat conductivity Newmark's method is modified and realized. The method is developed for calculation of rigid systems (in particular problems of heat conductivity), possessing high precision of calculation. The maximum dimension of tasks which can be solved by this method is defined. The algorithm of decomposition was developed for calculation большихСЛАУ a certain look. **Key words:** *problem of heat conductivity; interdisciplinary calculation; Newmark's method; decomposition method.*

**V. V. Mironov, E. S. Makarova.** Aggregation of measures in OLAP-cube at association on dependent dimensions // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 180–186. (In Russian)

Features of aggregation of data in a multidimensional cube in the presence of dimensions between which there are functional dependences are discussed. The main concepts and graphic representation of multidimensional model of data are considered. Process of formation of summary cells is discussed. The effect of filtration of identifying coordinates comes to light at calculation

of the summary measures, arising when adhered to identifying not identifying the fact coordinate don't get to a set of integration. The examples illustrating process of association of measures on dependent dimensions are given. **Key words:** *OLAP system; multidimensional model of data; hypercube; dimension; not additive measure; measure; aggregation.*

**T. I. Fazliakhmetov, A. I. Frid.** Model for estimation risk of metrological data unauthorized modification // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 187–193. (In Russian)

The problem of ensuring the metrological data integrity in information production systems and the problem of risk estimation in such systems are considered in the paper. The solution to increase the data protection level based on the mathematical relationships between technological objects parameters is offered. Model for estimating efficiency of providing measuring data integrity is offered. Calculating the data unauthorized modification risk example based on this model and GRIF methodology shows effects from proposed solutions. **Key words:** *data integrity; metrological data security; threat; probability of threat realization; cost of metrological data; information security risk.*

**E. M. Tarasov, M. V. Troshina.** Choosing the features and rules in diagnosing the conditions of sorting humps rail lines // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 194–197. (In Russian)

The paper deals with forming the working set of a priori vocabulary of features by evaluating the probability of error detection during the features selection process. Eliminating the errors of I and II series in detecting the rail lines conditions can be implemented by means of a final decision rule, implying the use of multiple discriminating decision functions. **Key words:** *interface; information sensor; class division; identification; discriminating function; final decision function; final decision rule.*

**V. D. Kotov, V. I. Vasilyev.** Current state of network intrusion detection // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 198–204. (In Russian)

Modern approaches to network intrusion detection and the related research topics are described in the paper. Taxonomy of network intrusion detection systems and its technologies is presented. The latest problems and investigation directions in the field are addressed, particularly – the absence of the computational model of the network attack and its formal definition. **Key words:** *intrusion detection systems.*

**V. A. Artyukhina, V. N. Efanov.** Hybrid decision support system at the management of large corporate patterns // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 205–216. (In Russian)

We suggest the development concept of hybrid decision support system, combining the advantages of knowledge-oriented and model-oriented systems. This approach is caused by the high difficulty level of tasks, arising at the management of large corporate patterns. The formalized procedure of hybrid decision support

system structural organization is presented. And within its framework is performed the choice of optimal decision, based on a formalized knowledge about relative plausibility of possible decision results, and the optimal experimental research plan using the developed body corporate economic and mathematical models. **Key words:** *corporation; system; algorithm; criterion; optimization.*

**B. G. Ilyasov, I. V. Dyagtereva, E. A. Makarova, R., R. Valitov.** System of intellectual support of decision-making at management macroeconomic *vosproizvodstvennyy* process on the basis of imitating modelling // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 217–229. (In Russian)

The problems of design of intelligence decision support system of reproduction process of macroeconomic system (MES) control by neural networks technologies and simulation modeling are considered. The procedure of neural network analysis of experimental data, macroeconomic situation classification and decision support by MES control is proposed. Kohonen's self-organized maps are constructed, rules of decision making and manageable and unmanageable MES behavior in the form of chain of time alternating clusters dynamic equilibrium states and dynamic non-equilibrium states are formed. **Key words:** *simulation model; macroeconomic system; non-equilibrium situation; situations' clusterization; Kohonen's neural network; self-organized maps; control script.*

**V. V. Martynov, V. I. Rykov, E. I. Filsova, Y. V. Sharonova.** Using the ontological analysis method for organize educational activities // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 230–234. (In Russian)

This paper presents the description of the learning process as ontology and use results for solving the control problem of educational activities. **Key words:** *ontology; concept; thesaurus; description logics.*

**O. Yu. Panshina, Ya. A. Bukreev, G. T. Sultanova.** Programmes management systems of formation new goods into production (in aviation engine building) // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 235–239. (In Russian)

This article considers the problem of creating the system that will manage projects of formation new goods into production. The overview of standards which contain the principles of programmes management systems was carried out. The stages of product's life cycle were also covered. The multilevel bound system of program managing that formation goods into production was introduced. **Key words:** *project management; system of program management; product's life cycle; PMI.*

**A. F. Galyamov, S. V. Tarkhov.** The models of functioning and organizing of data storage in the systems of integrated client service // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 240–244. (In Russian)

This paper highlights the models of functioning and data storage which serve as a basis for creating a decision support system for managing the functioning of

systems of integrated client service designed to provide information services related to processes of interaction between clients and managers of various organizations. Realization of a model of a call-centre based on Public Switched Telephone Network is considered, bringing out the constraints of the model described and the perspectives of its development. **Key words:** *integrated client service; call-centre; CRM-system; loyalty of clients; attraction and deduction of clients.*

**V. L. Khristolubov, G. G. Kulikov, S. I. Minaeva.** Conceptual model of management of major maintenance aviation gte in the conditions of the serial enterprise. realization on the basis of enterprise resource planning // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 245–251. (In Russian)

The problem of management by major maintenance of the aviation GTE, carried out on one capacities with a mass production is considered. The analysis of management processes is carried out by a mass production and major maintenance of aviation GTE. Expediency of creation of management by this type of production on the basis of the "combined" business processes uniting serial and individual processes in information enterprise management system is defined. **Key words:** *production management, serial and individual types of productions; GTE repair; models of management of production; the automated information control system of repair.*

**I. B. Gerasimova, L. R. Urazbahtina.** Cognitive model of interaction of the teacher and the student in the course of training on the basis of triads // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 252–257. (In Russian)

In article the cognitive models intended for the qualitative analysis of process of training on the basis of construction by certain principles of quantitative models which reflect to some extent regularities of process are offered. **Key words:** *cognitive model; system; triad; training process; teacher; trainee; transfer of knowledge; assimilation of knowledge.*

**R. A. Zaynutdinov.** Parametric rank distribution of municipalities in the region on the basis of power consumption // Vestnik USATU. Ufa, Russia, 2012. V. 16, No 3 (48). P. 258–263. (In Russian)

The actual task of the analysis of a power consumption of municipalities of the region and formation of offers of elimination of disproportions in power supply of separate settlements is considered. The analysis of statistical data on a power consumption of municipalities of the region on an example of the Astrakhan region from 2005 for 2010 is carried out. Novelty of research is caused by use of technological approach. As an individual technocinoz the municipality is considered. Information database about a power consumption of 159 individuals is created. Ranging of municipalities (MO) on value of a power consumption is carried out. The first rank is appropriated to an individual (MO) with the greatest value of parameter (power consumption), the second – individuals with the greatest value, except the first, etc. The rank of an individual is the complex cha-

racteristic defining a place in ordered distribution. Rang parametrical distributions which visually reflect distribution of individuals on a power consumption in technocinos are constructed. By results of creation of rang parametrical distributions the equations of analytical dependence on a power consumption for individuals (MO) from 2005 to 2010 are received. Further, the method of the smallest modules, carried out approximation of tang distributions. For identification of objects with an abnormal power consumption interval estimation is carried

out. The municipalities which have not got to a confidential interval, demand adjustment in a power consumption. Besides, data on population of MO are analysed and values of a specific power consumption are received by each individual. In the territory of the municipalities which have appeared below a confidential interval, construction of power plants with use of renewables is recommended. **Key words:** *technocoenosis; rank analysis; municipal unions; a power consumption; specific electricity consumption; renewables; solar power stations.*

---

## ПОРЯДОК ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ в научном журнале «Вестник УГАТУ»

Для публикации в журнале авторы предоставляют научные статьи, соответствующие требованиям, детальное описание которых приведено по адресу <http://www.ugatu.ac.ru/publish/vu/index.php>. Издание «Вестник УГАТУ» является рецензируемым научным журналом. Публикуемые в нем материалы проходят научную апробацию рецензентами из числа ведущих ученых УГАТУ, а также других вузов и научных учреждений, назначаемыми редакционной коллегией. Рецензированию подвергаются полные тексты статей, предложенных к публикации. В ходе рецензирования проверяется соответствие текста статьи, содержащихся в ней научных результатов и выводов вышеупомянутым требованиям. Результаты рецензирования направляются редколлегии, в случае отрицательного заключения авторам предоставляется письменное мотивированное заключение.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. После выхода номера каждому автору бесплатно вручается один экземпляр журнала (или комплект оттисков его статьи).

---