

Wale Nielsen



Snezhinsk-96



JCCM4



Los Alamos



Russian Federal Nuclear Center —
All-Russian Research Institute of Technical Physics

Abstracts

Joint Conference on Computational Mathematics

May 20-25, 1996

Snezhinsk, Chelyabinsk Region,
Russia

TRANSITIONS, TURBULENCE, AND TRANSMUTATION

Gary D. Doolen

Complex Systems Group

Theoretical Division

Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

A brief overview will be given of multiphase flow simulations based on a method derived from the Boltzmann equation.

Recent results of high-resolution (512×512×512) spectral calculations of homogeneous, isotropic turbulence will be reviewed.

A strategy for the transmutation of actinides in reactor spent fuel will be discussed.

AB INITIO CALCULATIONS FOR CONDENSED MATTER PROPERTIES

B.I. Bennett and D.A. Liberman

Nuclear and Hydrodynamic Applications

Theoretical and Computational Physics Division

Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

Calculations are shown for an "atom-in-jellium" model (INFERNO) for the 3-d series elements. The INFERNO model is a relativistic self-consistent field method that computes equation of state and optical properties of condensed matter at widely varying densities and temperatures. Comparisons are shown between it and Thomas-Fermi-Dirac and Augmented Plane Wave results for the zero temperature equation of state of copper. The lowest lying bound states for the 3-d series elements are shown and their variation with compression are shown for copper along with its bound-free cross sections.

An appendix shows the computational method by which self-consistent continuum electronic states are obtained.

AN EXPONENTIAL DISCONTINUOUS SPATIAL DIFFERENCING SCHEME FOR THE DISCRETE-ORDINATE EQUATIONS

Todd A. Wareing

Scientific Computing Group, CIC-19

Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

A new nonlinear spatial differencing scheme for solving the discrete-ordinate equations will be described. This scheme, entitled the exponential discontinuous scheme, is particularly accurate for difficult deep-penetration transport problems and produces strictly positive angular fluxes given a positive discrete-ordinate source. This scheme has been developed, implemented and tested in one, two and three dimensional geometries. The method for solving the exponential discontinuous equations will also be described. Numerical results will be presented which demonstrate the accuracy and positivity of the exponential discontinuous scheme.

PARALLEL ALGORITHM DEVELOPMENT

Thomas F. Adams

Computing and Computational Physics Program

Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

Rapid changes in parallel computing technology are causing significant changes in the strategies being used for parallel algorithm development.

One approach is simply to write computer code in a standard language like FORTRAN 77 or C with the expectation that the compiler will produce executable code that will run in parallel. An alternative is to build explicit message passing directly into the source code. Another is to write source code without explicit reference to message passing or parallelism, but use a general communications library to provide efficient parallel execution. Application of these strategies is illustrated with examples of codes currently under development.



A FAST METHOD FOR MAPPING INFORMATION FROM ONE 3-DIMENSIONAL GRID TO ANOTHER

James M. Ferguson

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

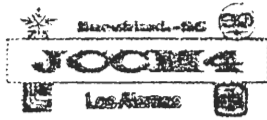
Many Computer Modeling Applications require mapping information from one mesh representation to another. Often this needs to be only done a few times, and speed and efficiency are not of concern. However in some applications the remapping is done many times in a single run, and the computational burden becomes very large, particularly in 3-dimensional modeling with arbitrary grids. We have found that available remapping codes are often inefficient, and can require as much of an hour of computing time, even on very fast computers. For this reason we have devised a fast remapper for moving zone-averaged quantities from an arbitrary (connected or unconnected) grid to a Cartesian grid. The computational burden is quite modest, even for 3D problems with millions of zones. While our algorithm is quite specialized, it could easily be extended to more general applications. We will describe the method in detail.

A QUADRATIC FINITE ELEMENT METHOD FOR SOLVING THE LINEAR BOLTZMANN EQUATION

James M. Ferguson

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

The linear Boltzmann equation is used in a variety of computer modeling applications, most notably for the transport of particles or photons in matter. Both stochastic (Monte Carlo) and non-stochastic (deterministic) methods are used to do the computer simulation. The deterministic methods typically use second-order differencing algorithms, or Finite Element Method (FEM) algorithms using elements linear in each dimension. We will present an algorithm using a quadratic FEM, and will show that, at least for Cartesian grids, the method gives fourth-order accuracy. The method uses a version of the well-known "Serendipity Set" of elements. We will compare the efficiency of this method with more conventional methods, and discuss the advantages and disadvantages of the algorithm.



RECENT EXTENSIONS TO THE DYNAMIC ADI METHOD

Dennis W. Hewett

Institute for Scientific Computing Research

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

Alternating Direction Implicit (ADI) have proven extremely useful in recent computer modeling activities at Lawrence Livermore National Laboratories. ADI methods offer advantages such as stability to large time steps in time splitting algorithms and relatively simple splitting operations for matrix inversion. Until recently, we have found ADI relatively slow to converge in elliptic applications. The Dynamic ADI method (DADI) dramatically improves this situation while by adaptively selecting the "acceleration" or iteration parameter. In addition, recent ADI extensions offer these same rapid convergence advantages with new curved internal boundaries and massively parallel capabilities. We will present these concepts starting with the basic DADI extension to ADI and progress to our recent successes with DADI applied to strongly coupled equations, occurring in low-frequency electromagnetic applications. The Coupled Equations DADI method not only has provided solutions in excess of 500 times faster than competing methods but also shows much promise in similar problems in other disciplines.

THE EMBEDDED CURVED BOUNDARY TECHNIQUE IN MASSIVELY PARALLEL ADI

Dennis W. Hewett

Institute for Scientific Computer Research

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

Although the Alternating Direction Implicit (ADI) method has demonstrated very exciting convergence properties for strongly coupled elliptic systems of general interest in plasma and fluid simulations, it has until recently not been convenient to implement on Massively Parallel Processing (MPP) computers. Further, the apparent inability of ADI to address more than the simplest "stairstep" internal boundaries have resulted in the decline of the popularity of ADI. We report here our recent extension of ADI to address both of these problems: 1) We have recently invented a new technique to solve banded linear systems efficiently on MPP hardware. When implemented in ADI elliptic methods,



we find the further advantages that, not only does the domain assigned to each processor does not have to be adjusted for each alternate direction in an iteration, but the domains can be laid out in an optimal pattern for the remainder of the code that this solution technique supports. 2) We have recently implemented an Embedded Curved Boundary (ECB) technique that integrates well with the basic MPP-capable ADI method. The ECB technique allows boundaries consisting of connecting piece-wise-linear boundary elements to influence nearby elliptic equation finite-difference coefficients so that most of the fidelity of finite elements methods can be achieved while retaining the speed of the MPP ADI method. Results demonstrating these capabilities will be presented.

SOLUTION OF SN RADIATION TRANSPORT USING UNSTRUCTURED GRIDS ON PARALLEL COMPUTERS

Niel K. Madsen, Bill Eme, Dale E. Nielsen, Jr.

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

There are several different approaches to parallelization of Sn Radiation Transport: decomposition over energy groups, decomposition over angles, and decomposition over the spatial domain. The first two approaches are easy to apply and provide excellent speed-ups with minimal communication overhead. The latter approach is more difficult: significantly more interprocessor communication is required, and optimally decomposing the spatial domain in a manner which minimizes communication is non-trivial.

To decompose the spatial domain we use a recursive spectral bisection method (H. Simon, et.al.). This method is close to optimal and is quite efficient for grids which are not extremely large.

A multilevel iterative method with diffusion or low-order Sn acceleration is the method used for solving the nonlinear Sn radiation transport equations. Interprocessor communication is required after sweeping the grid for all angles to calculate the angular fluxes.

Reasonable scaling and speed-ups with increasing numbers of processors are obtained until the number of spatial grid cells being computed by each processor becomes relatively small. The scaling results have been performed on the LLNL 224 node Meiko CS-2 computer.

HIGH END COMPUTING AND ITS ROLE IN STOCKPILE STEWARDSHIP

David A. Nowak

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

The recent decision to pursue stockpile stewardship within the constraints of zero yield testing has led to an increased emphasis on numerical simulations as the indispensable link between archived test data, modern laboratory experiments, surveillance data and the enduring stockpile. The shift from single processor vector supercomputers to massively parallel platforms offers the opportunity to remove many of the approximations which have hampered the fidelity of numerical simulations. These approximations include: the overall simplifying assumption of cylindrical symmetry; separate numerical simulation codes for the different stages or physical regimes; and oversimplified models for complex physical processes. The situation is further complicated by the requirement for phenomenological models to normalize individual steps to experimental data. We will discuss the applications, hardware, and software challenges to achieving sustained TeraFLOPS computing capability in support of stewardship.

THE MACRO RESPONSE MONTE CARLO (MRMC) METHOD FOR ELECTRON TRANSPORT

M.M. Sواتos, J.A. Rathkopf

Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA, USA

Traditionally, electron transport in Monte Carlo codes is accomplished using condensed history methods. These methods use approximations to represent the net result of many individual interactions on an electron's state. It is not practical to perform an analog simulation of every interaction due to their extremely large cross sections. Although condensed history algorithms are reasonably fast, the approximations used can lead to inaccuracies at low energies, high atomic number materials, and medium boundaries.

The Macro Response Monte Carlo method achieves electron transport results that have the accuracy of analog methods at a speed comparable to condensed history methods. The global electron distribution is determined by stepping through the medium with a series of spheres or "kugels". At the end of each step, probability density functions (PDFs) describing the outgoing phase space are sampled from a library which has been pre-computed using a single scatter (analog) code, CREEP. CREEP models all ionization, elastic scattering, and bremsstrahlung events individually by sampling from LLNL databases.



A version of CREEP for slab geometries is being released publicly. Benchmarks and results highlighting the accuracy of this code will be shown together with plans for efficient MRMC implementation.

PEREGRINE: AN ALL PARTICLE MONTE CARLO CODE FOR RADIATION TREATMENT DOSE CALCULATION

J.A. Rathkopf, W.P. Chandler and C.L. Hartmann Siantar

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

The vast majority of plans for the treatment of cancer with radiation are made with the assistance of computer programs that solve rough approximations of the transport equation. Errors in the solution often lead to low delivered dose resulting in survival of tumors or high delivered dose resulting in damage to healthy tissue and undesired complications. PEREGRINE is an effort to apply the Monte Carlo method, a method unhampered by the conventional approximations, to the calculation of dose to radiation treatment patients. To be useful in the field, the dose calculation must be efficient. PEREGRINE has been designed and written for the specific purpose of particle transport through the CT scan of each individual patient. Complete coupling of the transport and production of many particles (electrons, positrons, photons, neutrons, and protons) is accounted for. We will present the goals and aims of the PEREGRINE project, how they were accomplished, and examples of dose PEREGRINE dose calculations compared to conventional methods.

COLLABORATIVE COMPUTING AT SANDIA NATIONAL LABS

Joseph Durant

Sandia National Laboratories, USA

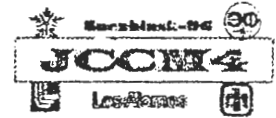
The Internet has recently become the hot technology, highlighting the power of networked computers. At Sandia we have been exploring utilization of networked computers to enhance existing processes. Networking allows (theoretically) seamless use of the right computer for the right job. Small desktop machines can be outfitted for multimedia applications and used for collaborative computing, linking workers at distant locations together. Database servers can be linked into the mix, giving the workers immediate access to necessary information. Expert systems can be used to both catalog existing information and produce new information on an *as needed* basis. Compute intensive tasks, such as modeling, can be distributed to remote high-end machines which possess the optimum hardware, software and system load to do the required calculations. And computer-controlled manufacturing cells can allow designers to produce a machined part without leaving their office. Progress at Sandia aimed at realizing this scenario will be discussed.

PARALLEL COMPUTING ON DISTRIBUTED NETWORKS OF COMPUTERS

Joseph Durant

Sandia National Laboratories, USA

During the last several years we have been exploring the use of distributed networks of computers as parallel-computational platforms. The existence of portable message passing protocols, such as PVM and MPI, has considerably added our construction of *virtual parallel computers*. We have extended the development software base by producing POET, a Parallel, Object-oriented Environment and Testbed. The philosophy behind POET is to provide a robust, extensible framework for the solution of scientific problems using efficiently implemented parallel algorithms. Application of POET to specific problems requires creation of small blocks of serial code which instantiate the detailed physics of the problem. Thus, the scientist is shielded from the details of creating code to run on what can be a variety of platforms and architectures, while still producing very efficient code. Our experience using POET on HEAT (Heterogeneous Environment And Testbed), an array of 50 different workstations networked together, and DAISY (Distributed Array of Inexpensive Systems), an array of 16 Pentium computers will be discussed.



3D SIMULATION OF INTENSE CHARGED PARTICLE BEAMS AND MAGNETICALLY INSULATED

Power Flow, Mark L. Kiefer

Computational Electromagnetic and Plasma Physics Department

Pulsed Power Sciences Center, Sandia National Laboratories, USA

The QUICKSILVER code was developed at Sandia to address generation and acceleration of terawatt charged particle beams, as well as magnetically insulated power flow at the terawatt level. It employs fundamental solution of Maxwell's equations in the time-domain for the electromagnetic fields self-consistently coupled with the motion of charged particles due to these fields using particle-in-cell methods. An overview of the algorithms and meshing techniques will be given.

Application to ion beams for Inertial Confinement Fusion and magnetically insulated power flow systems for X-ray source accelerators will be described. Planned improvements to QUICKSILVER will be briefly described.

LOAD BALANCING AN ELECTROMAGNETIC PARTICLE-IN-CELL SIMULATION CODE ON A PARALLEL COMPUTER

Mark L. Kiefer

Computational Electromagnetic and Plasma Physics Department

Pulsed Power Sciences Center, Sandia National Laboratories, USA

Sandia's QUICKSILVER code, a 3D electromagnetic particle-in-cell simulator, was designed for shared-memory, vector computers. Future applications require computers capable of at least 100 GigaFLOPs of actual performance. However, achieving such performance in the near future will require implementing QUICKSILVER with very good load-balancing on computers with at least 1,000 CPUs. Various schemes which are being explored to solve this difficult problem will be described. The simulation of the generation and acceleration of terawatt-level ion beams for Inertial Confinement Fusion, will be used to illustrate the load-balancing difficulties.

USING HYBRID MESHES IN 3D ELECTROMAGNETIC PARTICLE-IN-CELL SIMULATION

Mark L. Kiefer

Computational Electromagnetic and Plasma Physics Department

Pulsed Power Sciences Center, Sandia National Laboratories, USA

Conventional electromagnetic particle-in-cell simulation utilizes rectilinear gridding. Although Sandia's QUICKSILVER code improves in many ways on purely cubical-cell grids, it has limitations such as 'stair-stepped' surfaces and unnecessarily small cell sizes in areas of the grid that do not require fine levels of gridding. Based on work at Lawrence Livermore National Laboratories on unstructured meshes for electromagnetic simulation in the time-domain and for particle-in-cell simulation, we are developing the capability to embed blocks of unstructured meshes within the rectilinear grid. This has the advantage of using the efficient rectilinear mesh wherever possible while applying unstructured meshes near complex surfaces and in regions requiring very small cells. The current status will be described, as well as the advantages of using only tetrahedral cells in the unstructured region.

SHOCK PHYSICS CODE RESEARCH AT SANDIA NATIONAL LABORATORIES; MASSIVELY PARALLEL COMPUTERS

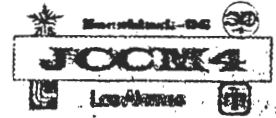
by Mike McGlaun and James Peery

Computational Physics Research, Development and Applications

Sandia National Laboratories, USA

Massively parallel computers present both tremendous opportunities and challenges. They have much more memory and speed than traditional supercomputers. For example, Sandia's Paragon computer has 1840 i860 CPU's, a peak performance of 147 GFLOPs and 37 Gbytes of memory. DOE's ASCI TFLOP computer will be installed at Sandia in 1997; will have 9000 Pentium Pro CPU's, a peak performance of 1.8 TFLOPs and has 316 Gbytes of memory. These computers are orders of magnitude larger than traditional supercomputers and offer tremendous opportunities for predictive modeling of very large, complex problems.

There are two challenges in developing software for these computers.



1. We must write the code to use a distributed mesh. The global mesh is decomposed into numerous submeshes. Each CPU has its own submesh and a copy of the code. The code explicitly passes information to neighboring submeshes as needed.
2. We must write the codes using different algorithms than we used in the past for vector computers. Massively parallel computers are built from commodity CPU's with hierarchical (cache) memories. Vector computers, such as Crays, have single-level memories with very fast bandwidth to memory. Cache memories have a very high bandwidth to cache, but the bandwidth to main memory is too slow to keep the CPU busy. We are designing the codes to perform as much work as possible on data in cache before writing it back to memory.

SHOCK PHYSICS CODE RESEARCH AT SANDIA NATIONAL LABORATORIES; ADVANCED ALGORITHMS

by Mike McGlaun and James Peery

Computational Physics Research, Development and Applications

Sandia National Laboratories, USA

We are focusing our algorithm research on mesh management rather than better approximations to the governing equations. We are also using finite-element techniques rather than finite-difference or finite-volume techniques. The ALEGRA code uses finite-element methods, an arbitrary-connectivity mesh and an Arbitrary- Lagrangian-Eulerian (ALE) formulation where the mesh can move to improve the accuracy. For example, part of the mesh may move with the body (Lagrangian mesh), another part may be space-fixed (Eulerian) and another part may move arbitrarily.

We are also adding hp-adaptive meshing to ALEGRA. H-adaptive meshes can dynamically refine or coarsen a mesh depending on some criteria. For example, a single hexahedral element may divide into eight hexahedra. We use h-adaptive methods to resolve discontinuities such as shocks, material interfaces and shear flow. P-adaptive methods change the order of an element to better resolve smooth flow. For example, an element may change from a second-order element to a fourth order element to better resolve a rarefaction wave.

One of the biggest challenges is developing hp-adaptive methods that run efficiently on massively parallel computers. Work must dynamically migrate between processors to load-balance the work over the computer.

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА МНОГООМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ВЗАИМНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИЙ

В.И. Делов, О.В. Сепилова, И.Д. Софронов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В докладе предложен подход к конструированию консервативных дифференциально-разностных представлений уравнений, описывающих нестационарные упруго-пластические течения в переменных Лагранжа. Излагаемая методика является развитием двумерной методики построения пространственных аппроксимаций уравнений движения газовой динамики [1], [2] для случая упруго-пластических сред.

В представляемой работе матрица кинетической энергии, определяемая способ аппроксимации градиента давления берется в канонической форме, которая традиционно используется в газодинамических методиках.

В докладе приводятся разностные формулы для компонент тензора скоростей деформаций и полученные по ним разностные аппроксимации для вычисления производных от компонент дивергента напряжений.

Сообщается о результатах расчетов по разностным схемам, в которых сеточное распределение величин по времени берется как это принято в методике "Д" [3] и производная по времени аппроксимируется со вторым порядком. На задаче о колебаниях упругой мембраны показаны несомненные преимущества полученных разностных схем по сравнению с классической схемой Уилкинса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев В.Н., Софронов И.Д. Конструирование дискретных моделей уравнений газовой динамики на основе законов взаимного превращения кинетической и внутренней энергий сплошной Среды. ВАНТ. Сер.Методики и программы численного решения задач математической физики, 1984. вып.1(15), с.3-7.
2. Делов В.И., Исаев В.Н., Софронов И.Д. Консервативные и инвариантные дифференциально-разностные представления уравнений газовой динамики в осесимметричном случае. ВАНТ. Сер.Методики и программы численного решения задач математической физики,1987, вып.1, с.3-10.



3. Дмитриев Н.А., Дмитриева Л.В., Малиновская Е.В., Софронов И.Д. Методика расчета нестационарных двумерных задач газовой динамики в лагранжевых переменных В кн.: Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов задач математической физики. Под ред. Бабенко К.И.; М.: Наука, 1979, с.175–200.

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С МАССОВЫМ ПАРАЛЛЕЛИЗМОМ НА ОСНОВЕ ГИПЕРКУБИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

*В.А. Новочихин, А.В. Пастухов, В.А. Гусев, А.М. Лякишев,
Г.А. Поповидчекко, А.А. Рунич, И.Д. Софронов, С.А. Степаненко,
В.Н. Тимченко, А.А. Узенцов, А.А. Холостов*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Мультимикропроцессор МП X класса VIVD (разные потоки команд над разными потоками данных) из 2^*X процессорных элементов является функциональным модулем, предназначенным для выполнения параллельных вычислений.

В основе проекта МП X следующие концепции:

- комплексирование микропроцессора МП X с универсальной ЭВМ Y (HOST-машиной), позволяющее совместить преимущества параллельной, векторной и скалярной обработки при выполнении программ содержащих не распараллеливаемые участки;
- адаптируемость структуры связей микропроцессора (гиперкуб) к алгоритмам решаемых задач (программная эмуляция различных структур межпроцессорных связей);
- модульность конструкции, что позволяет наращивать вычислительную мощность в соответствии с потребностями пользователя и упрощает переход на новые микропроцессоры и новые технологии обмена сообщениями;
- аппаратная поддержка алгоритмов маршрутизации для повышения производительности сети межпроцессорного обмена;
- повышенная отказоустойчивость МП X обусловленная резервированием;
- ориентация на распространенные языки программирования с поддержкой стандартных в данной области средств создания параллельных программ.

Области наиболее эффективного применения МП-X-Y: многомерные задачи математической физики, задачи автоматизации проектирования, обработки изображений, искусственного интеллекта и другие, решение которых требует предельно возможного для данного класса вычислительных машин Y количества операций.

Изложенные концепции применены в созданных моделях МП-0, МП-3 и положены в основу технического проекта МП-7.

Описана элементная база существующих и проектируемых моделей ряда МП X, а также программное обеспечение, используемое при создании параллельных программ. Приводятся результаты выполнения ряда тестовых задач на различных типах аналогичных ЭВМ, включая МП-0 и МП-3.

Доклад сопровождается иллюстрациями и демонстрацией действующих образцов.

МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО ОБЪЕМА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ШЕСТИГРАННИКОВ С НЕПЛОСКИМИ ГРАНЯМИ

В.И.Делов, Л.В.Дмитриев, В.В.Садчиков

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Доклад посвящен описанию методики, разработанной для решения пространственной задачи о существовании пересечения двух произвольно расположенных в пространстве шестигранников с неплоскими гранями и нахождению их общего объема пересечения если оно имеет место. Потребность в создании подобного рода алгоритмов и программ возникает, в частности, при расчетах задач газодинамики в Лагранжевых координатах. Известно, что в этом случае в процессе численного решения сложных задач возникает потребность в разовой перестройке сетки и пересчете величин на новую сетку из-за невозможности продолжения счета. Такие ситуации возникают, например, при больших искажениях счетных сеток, пересечениях физических областей, образовании мелкомасштабных струйных течений.

Сталкиваясь с решением рассматриваемых в докладе задач приходится и при создании Лагранжево-Эйлеровых методик для решений задач механики сплошной Среды с большими деформациями. Помимо этого, подобного рода алгоритмы крайне необходимы для создания графических пакетов и программ, ориентированных на работу с трехмерными геометрическими объектами.

Решение задачи сводится к нахождению точного объема пересечения двух четырехгранников произвольно расположенных в пространстве.

Рассматриваются способы разбиения многогранников на элементарные четырехгранники и основные особенности реализации предложенных алгоритмов в виде программ. Сообщается о наиболее экономичных с точки зрения времени расчета способах разбиения многогранников, не приводящих к дополнительным погрешностям в процессе вычислений.



В докладе приводятся результаты тестовых расчетов пересечения шестигранников с гранями, являющимися поверхностями второго порядка — гиперболическими параболоидами, которые используются в трехмерной методике Д.

УСТОЙЧИВЫЕ СХЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПООБЛАСТНОГО СЧЕТА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Б.Л. Воронин, А.М. Ерофеев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В настоящее время наиболее производительными являются высокопараллельные вычислительные системы с большим количеством процессоров. Для эффективного использования большой потенциальной мощности таких систем необходима разработка параллельных методов решения сложных многомерных задач. Примером таких задач является решение 3-х мерного уравнения теплопроводности. Одним из способов решения многомерного уравнения теплопроводности является метод расщепления по направлениям в сочетании с неявной схемой. Получаемые в результате уравнения решаются прогонкой.

Наиболее естественным подходом распараллеливания численного решения таких задач является геометрический способ, когда область решения разбивается на подобласти, каждая из которых рассчитывается на своем процессоре. Вопросам организации пообластного счета посвящено много работ. К настоящему времени разработано достаточно много схем последовательного пообластного счета. Первой из таких схем была схема Загускина В.Л. Кондрашова В.Е. Затем рядом авторов были разработаны схемы с большим запасом устойчивости.

В данной работе рассмотрены некоторые схемы параллельного пообластного счета, включая схему использующую алгоритм распараллеливания прогонки, предложенный в одной из работ Яненко Н.Н. Исследованы вопросы устойчивости и точности счета, сделаны выводы о возможности использования этих схем для организации массивно-параллельных вычислений.

РЕШЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ КОМПЛЕКСА МИМОЗА ЗАДАЧИ БЕЗУДАРНОГО НЕОГРАНИЧЕННОГО СЖАТИЯ ГАЗА В ПЛОСКОМ СЛУЧАЕ

В.А. Сарасв

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Описывается постановка и способы проведения расчетов по программам комплекса МИМОЗА [1] задачи о безударном неограниченном сжатии в плоском случае, предложенной А.Ф.Сидоровым в [2]. Эта задача имеет аналитическое решение и может служить в качестве тестовой для проверки численных методов и программ, созданных для решения двумерных задач газовой динамики.

Ранее эту задачу решали Педвиненко Н.В., Анучин М.Г. и другие по комплексу программ ТИГР, [3], Делов В.И. и другие по программам комплекса Д [4] 4, Змушко В.В. по программам комплекса МИМОЗА на лагранжевой сетке.

Особенностью обсуждаемых здесь расчетов этой же задачи, проведенных по программам комплекса МИМОЗА, является то, что в процессе счета производились перестроения сетки и пересчет величин с одной сетки на другую по локальным алгоритмам на каждом шаге по времени и по алгоритмам без ограничений на смещение узлов сетки (глобальным) при выполнении некоторых условий в состоянии сетки, а также через заданное число шагов по времени.

В расчетах использовался оператор сглаживания поля скоростей, предложенный в [5].

В такой постановке удалось посчитать эту задачу до времени $t = 0.999785$, при котором максимальная плотность достигает значений близких к 300000, чего не удавалось в проведенных ранее расчетах. При этом качественно профиль плотности в численном решении хорошо воспроизводит профиль плотности в аналитическом решении на оси симметрии и на границе с поршнем, а максимальное значение плотности в численном решении отличается от соответствующего значения в аналитическом решении меньше, чем на 4° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Софронов И.Д., Афанасьева Е.А.: Винокуров О.А., Воропинов А.И., Змушко В.В., Плетнев С.А., Рыбаченко П.В., Сарасв В.А., Соколова Н.В., Шамрасв Б.Н. Комплекс программ МИМОЗА для решения многомерных задач механики сплошной Среды на ЭВМ "Эльбрус-2". ВАНТ, серия "Математическое моделирование физических процессов", 1990, выпуск 2, стр.3-9.
2. Сидоров А.Ф. Некоторые оценки степени кумуляции энергии при плоском и пространственном безударном сжатии газа. ДАН, т.318, №3, 1991, с.548-552.



3. А.Ю.Бисярин, В.М.Грибов, А.Д.Зубов, Н.В.Первинско, В.Е.Неуважасв, В.Д.Фролов. Комплекс "ТИГР" для расчета двумерных задач математической физики. ВАНТ, серия: Методики и программы численного решения задач математической физики, 1984, вып.3(17), стр.34-41.
4. Артемьев А.Ю., Делов В.И., Дмитриева Л.В., Софронов И.Д. Численное моделирование безударного неограниченного сжатия газа в переменных Лагранжа по методике Д. Доклад на Международной школе-семинаре "Аналитические методы и оптимизация процессов жидкости и газа".
5. Chan RK.-C.I generalized arbitrary Lagrangian-Eulerian method for incompressible flows with sharp interfaces & J.Comp. Physics, 1975, v.17, №3, p.311.

МЕТОДЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ (ВС) С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАМЯТЬЮ. РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ВС МП-3 И МЕЖО

И.Д. Софронов, Б.Л. Воронин, О.И. Бутнев, А.Н. Быков, С.И. Скрипник

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

D.Nielsen, Jr., D.Nowak, N.Medsen, R.Evans

LLNL

Численное решение трехмерных задач требует предельных вычислительных ресурсов, которые предоставляют массивно параллельные вычислительные системы с распределенной памятью. Успешное использование большой потенциальной мощности таких систем для решения одной задачи возможно лишь после разработки прикладного программного обеспечения, учитывающего параллельную обработку информации.

В докладе приведены результаты работы по распараллеливанию вычислений при решении трехмерного уравнения теплопроводности. Основным методом численного решения систем трехмерных неявных конечно разностных уравнений является метод расщепления по направлениям. Метод расщепления по направлениям позволяет редуцировать сложную многомерную задачу на совокупность более простых поддающихся реализации на параллельных процессах. Разработано два принципиально различных подхода к организации массивно-параллельных вычислений. Первый подход использует перестраиваемую на временном шаге декомпозицию трехмерной матрицы

данных и является развитием алгоритмов распараллеливания для многопроцессорных вычислительных систем с общей оперативной памятью. Второй подход основан на использовании неперестраиваемой в пределах временного шага декомпозиции трехмерной матрицы данных.

Разработанные алгоритмы были реализованы в виде параллельной программы для массивно-параллельных вычислительных систем с распределенной памятью.

Посредством серии расчетов проведено численное исследование эффективности распараллеливания для различных способов геометрической декомпозиции задачи, для двух режимов загрузки процессов и в зависимости от соотношения арифметической и коммуникационной работ.

Приведены количественные оценки эффективности распараллеливания разработанных алгоритмов, полученные на вычислительных системах МП-3 и Meiko.

ПРОГРАММА РАТВЭЛ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙ НА ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

О.А. Воронова, Г.Г. Иванова, М.С. Самигулин, В.Н. Софронов, В.А. Устиненко

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Программа РАТВЭЛ предназначена для численного моделирования нормальных и аварийных режимов работы ядерных энергетических установок (ЯЭУ) и термогидравлических систем различного типа. В программе создан достаточно широкий и универсальный набор моделей элементов оборудования, который позволяет создавать расчетные модели систем перечисленного типа. Математические модели процессов, положенные в основу программы, позволяют моделировать: течение двухфазного теплоносителя в двухкратном, двухтемпературном и термогидравлическом приближении, деформирование ТВЭЛов в одномерном упругопластическом приближении, перетекание газа в зазорах ТВЭЛов и окисление оболочек ТВЭЛов в паро-циркониевой реакции.

В докладе описаны математические модели процессов, модели элементов оборудования, разностные схемы и методы решения. Основное внимание уделено демонстрации возможностей программы в описании процессов, характерных для аварий на ЯЭУ. В частности, приводятся результаты моделирования:

- эксперимента Magviken Test N24 (США) по изучению процесса истечения при разгерметизации,
- экспериментов на стенде КС (РНЦ “Курчатовский институт”) по моделированию процесса обезвоживания технологического канала реактора РБМК при отсутствии расхода теплоносителя,
- экспериментов на импульсном реакторе NCRR (Япония) по изучению поведения ТВЭЛов при импульсных нагрузках, близких к порогу разрушения.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ НЕЙТРОННО-ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ АКТИНИДОВ В ТОПЛИВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

*С.Н. Абрамович, В.П. Горелов, А.Н. Гребенников, Б.Я. Гужовский,
Г.Г. Фарафонов, В.И. Ильин*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В процессе работы энергетического ядерного реактора состав топлива претерпевает непрерывные изменения как из-за радиоактивных распадов его компонент, так и из-за превращений, обусловленных взаимодействиями нейтронов с этими компонентами: реакций деления, радиационного захвата и реакций $(n, 2n)$ и $(n, 3n)$. В результате длительной работы реактора в топливе по сравнению с его первоначальным составом появляются новые действующие ядра, например, ^{233}U , ^{239}Pu , ^{237}Np и т.д., разываемые в дальнейшем актинидами. Эти ядра вносят свой вклад в энерговыделение, и учет их накопления необходим как для правильного прогнозирования характеристик реактора на разных этапах его работы, так и для знания состава выгружаемого отработавшего топлива.

Для моделирования процессов накопления актинилов в топливе реакторов используют уравнения кинетики состава топлива. При прочих равных условиях достоверность результатов, получаемых при численном решении этих уравнений, зависит от качества используемых в них характеристик взаимодействия нейтронов с ядрами актинилов. К настоящему времени в мире накоплен большой объем информации о таких характеристиках, и для отбора из этого объема относительно надежных данных требуется предварительный анализ.

В данном докладе даны рекомендации по выбору указанных характеристик для ядер ^{232}Th , ^{231}Pa , ^{232}U , ^{237}Np , ^{236}Pu , ^{241}Am , $^{242\text{m}}\text{Am}$ и ^{249}Cm . В качестве сравнимых использовались библиотеки оцененных данных ENDL-82(США), JENDL-3(ЯПОНИЯ), ENDF/B-6(США) и BROND-2(Россия, Белоруссия), которые по состоянию дел на сегодняшний день можно считать одними из самых современных. В качестве критерия при выработке рекомендаций был выбран уровень согласия оцененных значений сечений захвата и деления при $E = 0,0253$ эВ с приоритетом у большей по величине из названных характеристик и резонансных интегралов захвата и деления, полученных с помощью названных выше версий оцененных данных, с таким же приоритетом с рекомендованными или измененными значениями. В отдельных случаях к названному критерию присоединялось и требование согласия расчетных сечений деления, средних по спектру нейтронов спонтанного деления ^{232}Pa , ^{239}U , ^{238}Np , ^{244}Pu , $^{244\text{g}}\text{Am}$ и ^{249}Cm мы не имели альтернатив, так как располагали лишь какой-либо одной из рассмотренных оценок.

Рекомендованные характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами актинилов могут быть использованы при подготовке многогрупповых нейтронных констант для применения в уравнениях кинетики состава топлива реакторов.

Наконец, укажем, что часть результатов по сравнению различных весовых оценочных данных для представленного выше списка актинидов, исключая ^{236}Pu , использовавшихся нами в настоящем докладе при выработке рекомендаций, сообщались на Международной конференции в Лас-Вегасе.

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОСКОЛКОВ В ТОПЛИВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

*С.Н. Абрамович, В.П. Горелов, А.А. Горшихин, А.Н. Гребенников,
Г.Г. Фарафонов, В.И. Ильин*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В настоящем докладе проведено обсуждение базы данных, необходимых для расчетов накопления осколков бинарного деления в топливе энергетических ядерных реакторов.

Всю совокупность осколков предложено представить набором из 17-и нестабильных, за исключением ^{149}Sm , осколков, определяющих экологическую опасность отработавшего ядерного топлива и ответственных за проявления известных в физике реакторов эффектов "ксенонового-" и "самариевого отравления", группой изомеров некоторых осколков, а также двумя группами стабильных осколков с массовыми числами из интервалов $72 \leq A \leq 115$ и $116 \leq A \leq 167$, названных условно легкими и тяжелыми шлаками. В свою очередь, каждую из последних групп большого количества ядер предложено заменить одним эффективным осколком, легким стабильным осколком-шлаком и тяжелым стабильным осколком-шлаком.

Даны рекомендации по использованию оценочных характеристик взаимодействия нейтронов с выделенными осколками. В качестве сравнимых использовались версии JENDL-1, ENDF/B-6 и BROND-2 оценочных нейтронных данных, а в качестве критерия для отбора из этих данных использовалось согласие получаемых с их помощью характеристик с измеренными или рекомендованными значениями сечений поглощения в тепловой точке и резонансных интегралов поглощения.

Для большого набора делящихся ядер приведены таблицы выходов выделенных осколков, изомеров, суммарных выходов легких и тяжелых шлаков и выходов эффективных легкого и тяжелого осколков-шлаков, причем мы располагали только оценкой ENDF/B-6 выходов отдельных ядер. Кроме того, в нашем распоряжении были лишь оценки ENDF/B-6 характеристик взаимодействия нейтронов с большим количеством стабильных осколков-шлаков из указанных выше двух групп.



Рекомендованные характеристики взаимодействия нейтронов с осколками деления могут быть использованы при подготовке многогрупповых нейтронных констант для применения в уравнениях кинетики состава топлива реакторов.

Наконец, заметим, что желание пополнить группу экологически опасных осколков дополнительными ядрами не вызовет принципиальных трудностей. Для этого необходимо только располагать оценками характеристик взаимодействия нейтронов с вновь введенными осколками и их выходов, произвести простой пересчет требуемых выходов для эффективных осколков, а затем воспользоваться программой для пересчета характеристик взаимодействия нейтронов с эффективными легким и тяжелым осколками-шлаками. Так же можно ввести в рассмотрение и группы выделенных осколков предшественников запаздывающих нейтронов для тех актиноидов, для которых к настоящему времени накоплена достаточная информация о характеристиках предшественников.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙ-ТЕЙЛОРОВСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОГО ЖИДКОГО СЛОЯ

С.М. Бахрах, Г.П. Симонов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Используя представление Лагранжа для уравнений динамики ускоряемого тонкого жидкого слоя, получены аналитические решения задачи о Релей-Тейлоровской неустойчивости на нелинейной в пространстве наблюдателя стадии процесса. Рассмотрена эволюция различного вида возмущений в форме слоя и в скоростях его элементов. Показано, что существуют как экспоненциально растущие, так и ограниченные, осциллирующие решения.

Данный анализ важен и при рассмотрении Релей-Тейлоровской неустойчивости относительно толстого слоя. Это подтверждается результатами численных исследований эволюции возмущений контактной границы полупространства сжимаемой идеальной жидкости. Отмечается, что между случаями задания возмущений в форме контактной границы полупространства и в виде начальных скоростей имеются качественные отличия.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРОННЫХ РАСЧЕТОВ РБМК, ПРОВЕДЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДОВ ВНИИЭФ

*А.Н. Гребенников, А.К. Житник, О.А. Звенигородская, А.В. Кукушкин,
А.П. Лагута, Ю.М. Матвеев, А.В. Никифорова, А.В. Певницкий,
И.Е. Понамарев, В.А. Тарасов, Г.Г. Фарафонов, Л.П. Федотова,
Р.М. Шагалиев, В.А. Шумилин*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В настоящее время во ВНИИЭФ разработана I очередь пакета для моделирования в реальных многомерных геометриях процессов, протекающих в ядерных энергетических установках (ЯЭУ).

Данный пакет ориентирован на стационарные и нестационарные расчеты как номинальных режимов работы ЯЭУ, так и начальных стадий различного типа аварий, вплоть до начала разрушения элементов конструкции активной зоны. В докладе кратко изложены некоторые особенности методик и программ ЭКРАН и КОРАТ 3Д указанного пакета. Программа ЭКРАН позволяет проводить расчеты эффективного коэффициента размножения и спектра нейтронов для реакторных энергетических установок в многогрупповом двумерном кинетическом приближении.

Программа КОРАТ 3Д предназначена для численного моделирования нейтронных процессов в статических и динамических режимах работы ядерных энергетических установок в трехмерном групповом диффузионном приближении.

Приводятся некоторые результаты сравнительных нейтронных расчетов реактора РБМК, выполненных в рамках контракта с Лос-Аламосской национальной лабораторией. Расчеты выполнены с использованием двух отмеченных программ, а также программ WIMS и C-90 (Монте-Карло ВНИИЭФ). В доклад включены результаты двумерных расчетов по программам WIMS, ЭКРАН и C-90 ячеек реактора РБМК, расчетов компании, а также трехмерных расчетов статических состояний и нейтронной кинетики по программе КОРАТ-3Д.



ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ДИФФУЗИИ И ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ В КОМПЛЕКСЕ САТУРН НА МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ЭВМ

А.В. Алексеев, И.Д. Софронов, Л.П. Федотова, Р.М. Шагалиев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

В работе рассматривается алгоритм распараллеливания решения трехмерных групповых задач диффузии и переноса нейтронов на многопроцессорных ЭВМ с распределенной памятью. Данные алгоритмы реализованы в комплексе САТУРН, предназначенном для численного решения трехмерных стационарных и нестационарных задач нейтронно-ядерного взаимодействия и переноса нейтронов в групповом диффузионном и кинетическом приближении.

Алгоритм распараллеливания уравнения диффузии основан на разбиении системы по пространству на подобласти, с использованием итерационного процесса по внутренним граничным условиям специального вида, обеспечивающим безусловную сходимость итерационного процесса.

Алгоритм распараллеливания уравнения переноса является безитерационным и основан на использовании схемы конвейерного типа с последовательной загрузкой процессоров.

Приводятся результаты тестирования алгоритмов распараллеливания на отечественной 8-процессорной системе МПЗ, а также на зарубежных многопроцессорных (до 256 процессорных элементов) системах с распределенной памятью: Cray T3D и IBM SP2.

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИШЕНИ С СИММЕТРИЗУЮЩИМИ ЭКРАНАМИ

*В. Ватулин, Г. Ремизов, Р. Шагалиев, Л. Вахламова,
О. Винокуров, Н. Рябикина*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Арзамас-16

Данный доклад посвящен краткому изложению возможностей по моделированию процессов переноса излучения и энергии в двумерных задачах термоядерного синтеза, реализованных в рамках связи комплексов САТУРН и МИМОЗА и их применению для решения одного класса задач тяжелоионного термоядерного синтеза.

В комплексе САТУРН учитываются следующие процессы:

1. Перенос спектрального рентгеновского излучения и взаимодействие излучения со средой.
2. Перенос энергии электронами с учетом неравновесности среды.
3. Перенос энергии тяжелыми ионами и поглощение этой энергии средой в задачах тяжелоионного синтеза.

В рамках комплекса МИМОЗА рассчитывается газодинамическое движение среды. Реализованы связи комплексов САТУРН и МИМОЗА в программе ФОМИМ, что позволяет проводить расчеты процессов переноса с учетом движения среды.

По указанным программам к настоящему времени проведены исследования ряда конструкций для термоядерного синтеза.

В докладе приведены результаты численных исследований двумерных возмущений в распределении рентгеновского излучения на поверхности капсулы эллипсоидальной мишени для тяжелоионного термоядерного синтеза. Конструкция мишени предложена учеными Франкфуртского университета и института GSI.

Исследования проведены в двумерном кинетическом приближении как в неподвижной геометрии, так и с учетом газодинамического движения среды. В первом случае использованы программа ФО-202 комплекса САТУРН, во втором — программа ФОМИМ.

В серии расчетов нестационарные процессы переноса и поглощения потока заряженных частиц в двумерной геометрии конвертора учитывались по модели поглощения ионов, реализованной в методике КОНВЕРТОР комплекса САТУРН.

Результаты расчетов демонстрируют чувствительность параметров мишени к различного рода модификациям ее конструкции.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ГРАНИЦЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПО ПРОЕКЦИОННЫМ ДАННЫМ

П.Л. Волегов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Рассмотрено два подхода к определению автокорреляционной функции распределения плотности вещества по проекционным данным:

1. По нескольким проекциям восстанавливается распределение плотности вещества в поперечном сечении, а затем по восстановленному распределению определяется автокорреляционная функция.
2. Автокорреляционная функция распределения плотности вещества непосредственно определяется по проекциям (в предельном случае по одной проекции), исходя из проекционной теоремы [1], которая связывает Фурье преобразования проекционных данных и изображения.

Для восстановления распределения плотности вещества в поперечном сечении по нескольким проекциям (исходя из возможностей эксперимента по 4 проекциям) использовался метод максимума энтропии (мультипликативный алгоритм алгебраической реконструкции) [2].

Проведенные модельные расчеты на данных типичных для экспериментов исследованию гравитационной неустойчивости показали, что оба метода позволяют достаточно точно определить радиальную компоненту автокорреляционной функции распределения плотности вещества в поперечном сечении. Нужно отметить что вычислительные затраты во втором методе существенно меньше чем в первом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yair Censor "Finite Series-Expansion Reconstruction Methods", IEEE Proc., v. 71, № 3, March 1983.
2. Robert M. Lewitt "Reconstruction Algorithms: Transform Methods", IEEE Proc., v. 71, № 3, March 1983.



DETERMINATION OF AUTO CORRELATION FUNCTION OF DISTRIBUTION OF MATTER DENSITY IN CROSS SECTION OF INTERFUSION BORDER ON PROJECTION DATA

P.L. Volegov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

Two approaches to determination of auto correlation function of distribution of matter density on projection data is considered:

1. Using several projections (views) of object under study, distribution of matter density in cross section is reconstructed, and then using reconstructed distribution, auto correlation function is determined.
2. Auto correlation function of distribution of matter density is directly determined from projections (in limiting case from one projection), proceeding from projection theorem [1], which connects Fourier transformation of projection data and image.

For reconstruction of distribution of matter density in cross section on several projections (proceeding from experiment on 4 projections), method of a maximum entropy (multiplicative algorithm of algebraic reconstruction) [2] was used.

Conducted calculations on data typical for experiments on research of gravitational instability have shown, that both methods permit to determine rather accurately radial component of auto correlation function of distribution of matter density in cross section. It is necessary to note that the computing costs in second method much less than in first.

REFERENCES

1. Yair Censor "Finite Series-Expansion Reconstruction Methods", IEEE Proc., v. 71, № 3, March 1983.
2. Robert M. Lewitt "Reconstruction Algorithms: Transform Methods", IEEE Proc. v. 71, № 3, March 1983.



СТАЦИОНАРНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СТРУКТУРЫ ХИМЗОНЫ ПЛОСКОЙ ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ

Ю.А. Аминов, Н.С. Еськов, Ю.Р. Никитенко, Г.Н. Рыкованов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В работе проводится сравнительный анализ применимости различных моделей разложения гетерогенных конденсированных ВВ для описания структуры зоны реакции плоской стационарной детонационной волны. Параметры реагирующего ВВ определены численным методом на основе решения системы алгебраических уравнений совместно с заданным законом разложения ВВ и уравнениями состояния исходного вещества и продуктов детонации. Алгебраические уравнения, связывающие параметры ВВ и ПВ, получены интегрированием системы дифференциальных уравнений газовой динамики.

Рассмотренные полуэмпирические модели макрокинетики детонации ВВ [1–4] откалиброваны, в основном, по экспериментам с нестационарной детонацией и неплохо списывают процессы инициирования и развития детонации при ударно-волновом нагружении. На примере некоторых типов гетерогенных ВВ показано, что расчетная зависимость давления от пространственной координаты не всегда соответствует теоретическим представлениям и экспериментальным данным, даже если расчетное значение ширины химзоны согласуется с экспериментальным. Экспериментальные профили [5], использованные для сравнения с расчетными, получены по разработанной во ВНИИТФ методике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталова М.В., Бахрах С.М., Зубарев В.Н. Возбуждение детонации в гетерогенных ВВ ударными волнами. ФГВ, 1980, 16, N 2.
2. Балинец Ю.М., Дремин А.Н., Канель Г.И. О кинетике разложения прессованного тротила за фронтом ударной волны. ФГВ, 1978, 14, N 3.
3. Аминов Ю.А., Вершинин А.В., Еськов Н.С. и др. Исследование ударно-волновой чувствительности пластифицированного состава на основе ТАТБ. ФГВ, 1995, 31, N 1.
4. Tarver C.M., Hallquist J.O., Erickson L.M. Modeling Short Pulse Duration Shock Initiation of Solid Explosives. 8th Symposium (International) on Detonation, USA, 1985.
5. Любятинский С.Н., Лобойко Б.Г. Исследование структуры зоны химических реакций в детонирующих ВВ фотоэлектрическим методом. Симпозиум по технике и технологии энергетических материалов. США, 1994.



STATIONARY SOLUTION OF A REACTION ZONE STRUCTURE OF PLANE DETONATION WAVE

Yu.A.Aminov, N.S.Es'kov, Yu.R.Nikitenko, G.N.Rykovanov

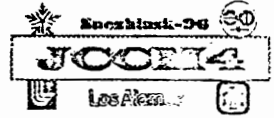
Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

This work presents the comparative analysis of applicability of various decomposition models of heterogeneous condensed explosives for description of reaction zone structure of plane stationary detonation wave. The reacting HE parameters are determined by a numerical method on the basis of solving algebraic equation system together with the given law of explosive decomposition and equations of state of a initial explosive and the reaction products. The algebraic equations, connecting parameters of explosive and reaction products parameters, are received by integration of a gas dynamics differential equations system.

Considered half-empirical macrokinetics models of HE detonation [1–4] were calibrated, basically, on experiments with non-stationary detonation and describe well processes of initiation and development of detonation on shock loading. For some types of heterogeneous explosives it is shown that the calculated dependence of pressure on space coordinate not always corresponds to theoretical representations and experimental data, even if the calculated value of the reaction zone width will be agreed with experimental. The experimental profiles [5] used for comparison with calculated ones were received using a technique developed at VNIITF.

REFERENCES

1. M.V. Batalova, S.M. Bahrah, V.N. Zubarev. Detonation Initiation in Heterogeneous Explosives by Shock Waves. *Fizika Gorenia i Vzryva*, Vol. 16, No. 2, 1980.
2. Yu.M. Balinets, A.N. Dremin, G.I. Kanel. About Decomposition Kinetics of Pressed TNT Behind Shock Wave Front. *Fizika Gorenia i Vzryva*, Vol. 14, No. 3, 1978.
3. Yu. A. Aminov, A. V. Vershinin, N. S. Eskov et al. Study of Shock-Wave Sensitivity on TATB-based Plasticized Explosive. *Fizika Gorenia i Vzryva*, Vol. 31, No. 1, 1995.
4. C.M. Tarver, J.O. Hallquist, L.M. Erickson. Modeling Short Pulse Duration Shock Initiation of Solid Explosives. Eighth Symposium (Int.) on Detonation, 1985 (USA).
5. S. N. Lubyatinsky, B. G. Loboiko. Study of Chemical Reaction Zone Structure in Detonating High Explosives Using a Photoelectric Technique. Symposium on Energetic Materials Technology. Pleasanton, California, 1994.



НЕКОТОРЫЕ СЛУЧАИ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ ИНВАРИАНТНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОДИНАМИКИ

О.И. Морозов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Изучаются случаи интегрируемости в квадратурах инвариантных уравнений одномерной лагранжевой динамики политропного газа. Интегрирование таких уравнений сводится к интегрированию уравнения Абеля второго рода. Для получающихся таким образом уравнений Абеля исследуются случаи приводимости к линейным уравнениям и уравнениям Бернулли. Кроме того изучаются случаи существования линейных решений этих уравнений. Для всех полученных решений уравнений Абеля находятся соответствующие решения уравнений газодинамики. Эти решения представляются в виде параметрически заданных функций. В некоторых случаях они содержат неопределенные интегралы от известных функций.

Полученные аналитические решения, помимо непосредственного интереса, могут быть использованы для контроля высокоточных численных методов решения уравнений газодинамики.

SOME CASES OF INTEGRABILITY OF INVARIANT GASDYNAMIC EQUATIONS

O.I. Morozov

Russian Federal Nuclear Center.— All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Cases of integrability are studied in quadratures of invariant equations in one-dimensional Lagrangian dynamics of polytropic gas. Integration of these equations is reduced to integration of Abel's equation of the second kind. Abel's equations obtained in this manner are examined on reducibility to linear equations and Bernoulli equations. Besides, the cases of existence of linear solutions for these equations are studied. For all obtained solutions of Abel's equations, the appropriate solutions of gasdynamic equations are determined. These solutions are presented in the form of functions defined parametrically. In some cases they contain indefinite integrals of known functions.

In addition to direct interest, obtained analytical solutions can be used for control over high-accuracy numerical techniques of solving gasdynamic equations.



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ С ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Д.Н. Боков, Н.Н. Боков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В представленной работе приводятся основные уравнения метода характеристических направлений и алгоритмы выделения сильных и слабых разрывов. Обсуждаются особенности решения гиперболических составляющих системы уравнений, описывающей невязкое движение теплопроводного газа.

Основное отличие от широко известных сеточно-характеристических методов, изложенных в монографии [1], состоит в том, что решение строится на четырех независимых сеточных множествах:

эйлерова сетка наблюдения;

сетка характеристик, соответствующая собственному числу $(u - a)$,

сетка характеристик, соответствующая собственному числу u ;

сетка характеристик, соответствующая собственному числу $(u + a)$.

Первое множество может отсутствовать.

Определяющая система разностных уравнений записывается в виде конечных приращений консервативных зависимых переменных вдоль характеристических направлений. Такая форма представления решения не приводит к появлению ограничений на временной шаг типа условия Куранта и позволяет проследить образование и эволюцию сильных разрывов.

Отличие от классического метода характеристик [2] состоит в том, что рассматриваются произвольные уравнения состояния и сеточное решение строится на один момент времени. Это позволяет применять неявные методы решения параболических составляющих исходной системы уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магомедов К.М., Холодов А.С. "Сеточно-характеристические численные методы". М.: Наука, 1988г.
2. Жуков А.И. "Применение метода характеристик к численному решению одномерных задач газовой динамики". Тр.МИАН СССР, т.58



APPLICATION OF METHOD OF CHARACTERISTIC DIRECTIONS WITH DISTINGUISHING FLOW PECULIARITIES TO CALCULATE EQUATIONS OF GAS DYNAMICS WITH HEAT CONDUCTIVITY

D.N. Bokov, N.N. Bokov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

The paper presents major equations of characteristic directions method and algorithms of distinguishing strong and weak breaks. Peculiarities are discussed of solving hyperbolic components of system of equations describing non-viscous motion of heat conducting gas.

A main dissimilarity from the wide known mesh-characteristic methods described in monograph [1] involves the fact that the solution is constructed on four independent mesh sets:

- Eulerian observation mesh;
- mesh of characteristics corresponding to eigennumber $(u - a)$;
- mesh of characteristics corresponding to eigennumber u ;
- mesh of characteristics corresponding to eigennumber $(u + a)$;

The first set can be absent.

The determining system of difference equations is written in the form of finite increments of conservative dependent variables along the characteristic directions. Such form of presenting solution doesn't lead to emergence of limitations on time step of Courant condition type and enables to track formation and evolution of strong breaks.

Dissimilarity from the classical method of characteristics [2] is that arbitrary equations of state are considered and the mesh solution is constructed for one time moment. This enables to apply implicit methods of solving parabolic components of initial system of equations.

REFERENCES

1. K.M.Magomedov, A.S.Kholodov, "Mesh-Characteristic Numerical Methods", M., Nauka, 1988.
2. A.I.Zhukov, "Application of Method of Characteristics to Numerical Solution of One-dimensional Problems of Gas Dynamics", Proceedings of MIAN USSR, v.58.



О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

*В.А. Быченков, Н.С. Жиляева, Г.В. Коваленко, И.И. Кузнецова,
В.Ф. Куропатенко, А.В. Сковпень, Л.В. Хардина*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Представляются результаты расчетно-теоретического исследования сейсмического воздействия камуфлетного подземного ядерного взрыва (на базе расчетов с сферически-симметричной постановке) в: воздушных полостях; мягком пористом грунте типа аллювия; полости, заполненной пористым материалом, графитом, в частности.

Получены следующие новые результаты. Существует радиус воздушной полости, $\sim 32 \text{ м/кт}^{1/3}$, ослабляющей сейсмический сигнал максимальным образом. В случае увеличения радиуса полости коэффициент декашинга снижается относительно его максимального значения, в пределе — до 2.5 раз. Такая аномалия объясняется сложным характером поведения коэффициента Грюнайзена воздуха. Предложена модель ослабленной в окрестности полости горной породы, позволяющая удовлетворительно описать данные американских (Сэлмон/Стерлинг) и советских (АШ/АШ-2) ядерных взрывов в соли и соляных куполах. Показывается, что возможны такие условия проведения взрыва в аллювии, при которых сейсмический сигнал на малых частотах практически исчезает. Сейсмические источники ядерного и химического взрыва в скальных и полускальных горных породах практически неразличимы. Однако, при взрыве в аллювии эти источники могут существенно различаться. Существует схема размещения графита с переменной плотностью в полости, массой $\sim 16 \text{ т}$, позволяющая снизить сейсмическое воздействие ядерного взрыва в полости радиусом $\sim 7 \text{ м/кт}^{1/3}$ в ~ 6 раз (окружающая среда — гранит). Графит с плотностью 0.01 г/см^3 в полости радиусом $15 \text{ м/кт}^{1/3}$ ослабляет сейсмическую эффективность взрыва в граните более чем в 50 раз.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ 001.94. Расчеты были проведены по программам СПРУТ [1] и ВОЛНА [2]. В доклад включены некоторые результаты из работы [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Быченков В.А., Гаджиева В.В. Метод СПРУТ расчета двумерных неустановившихся движений разрушаемых сред. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Методики и программы численного решения задач математической физики. 1978, в.2(2), с.17–22.
2. Куропатенко В.Ф., Коваленко Г.В., Кузнецова В.И., Михайлова Г.И., Сапожникова Г.Н. Комплекс программ ВОЛНА и неоднородный разностный метод для расчета неустановившихся движений сжимаемых сплошных сред. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов. 1978, в.2, с.9–18.



3. Быченков В.А., Демьяновский С.В., Коваленко Г.В., Куропатенко В.Ф., Минаева И.С., Сапожников А.Т., Симоненко В.А., Петровцев А.В. Сейсмическая эффективность камуфлетного подземного ядерного взрыва. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Теоретическая и прикладная физика. 1992, в. 2, с.22-30.

ON REDUCTION AND IDENTIFICATION OF SEISMIC SIGNAL OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION

*V.A. Bychenkov, N.S. Zhilyaeva, G.V. Kovalenko, I.I. Kuznetsova,
A.V. Skoupen', L.V. Hardina*

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

The results are presented obtained in the course of theoretical-simulation study of seismic effects of a contained underground nuclear explosion (on the basis of simulations for spherically symmetric formulation) in: air cavities; in soft porous grounds of alluvium type; in cavities filled with porous material, in particular, with graphite. The following main results have been obtained. Air cavity exists which reduces the seismic signal maximally and its radius is $\approx 32 \text{ m/kt}^{1/3}$. When the cavity radius increases, decoupling factor decreases with respect to its maximum value by a factor of maximum 2.5 times. Such anomaly is explained by complicated nature of air Gruneisen coefficient behavior. The model of weakening of rock in cavity neighborhood is proposed. This model allows to describe satisfactorily the data of American (Salmon/Sterling) and Soviet (AIII/AIII-2) nuclear explosions in salt and salt cupolas. The feasibility is demonstrated of conducting an explosion in alluvium so that seismic signal at low frequencies practically vanishes. In rocks and semi-rocks seismic signals from nuclear and chemical explosions practically can't be discriminated. However, if explosions are carried out in alluvium they could be essentially different. The scheme exists for emplacement of $\approx 16t$ of graphite with variable density in a cavity which allows to reduce the seismic effect of the nuclear explosion in cavity with the radius of $\approx 7 \text{ m/kt}^{1/3}$ by a factor of ≈ 6 (with granite as a surrounding medium). Graphite of 0.01 g/cm^3 density in cavity of $15 \text{ m/kt}^{1/3}$ radius reduces seismic effectiveness of explosion in granite by a factor of more than 50 times.

The work was fulfilled in the framework of ISTC Project 001.94.

SPRUT [1] and VOLNA [2] codes were used for simulations. The paper includes some results from Ref. 3.

REFERENCES

1. V.A. Bychenkov, V.V. Gadzhieva SPRUT Technique for Simulation of 2D Unsteady Motion of Media under Destruction. *Voprosy Atomnoy Nauki i Tekhniki. Ser. Metodiki i Programmy Chislennogo Resheniya Zadach Matematicheskoy Fiziki*. 1978, i. 2(2), pp. 17-22 (in Russian).



2. V.F. Kuropatenko, C.V. Kovalenko, V.I. Kuznetsova, G.I. Mikhailova, G.N. Sapozhnikova. VOLNA Program Complex and Non-homogeneous Difference Method for Simulating Unsteady Motion of Compressible Continuous Media. *Voprosy Atomnoy Nauki i Tekhniki. Ser. Matematicheskoye Modelirovaniye Fizicheskikh Protseessov*. 1978, i. 2, pp. 9–18 (in Russian).
3. V.A. Bychenkov, S.V. Dem'yanovskiy, G.V. Kovalenko, V.F. Kuropatenko, I.S. Minaeva, A.T. Sapozhnikov, V.A. Simonenko, A.V. Petrovtsev. Seismic Effectiveness of Contained Underground Nuclear Explosion. *Voprosy Atomnoy Nauki i Tekhniki. Ser. Teoreticheskaya i Prikladnaya Fizika*. 1992, i.2, pp. 22–30 (in Russian).

КОНЕЧНО-РАЗНОСТНАЯ МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ВЛАСОВА

О.С. Широковская, Е.В. Диянкова

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Первые публикации, относящиеся к численному моделированию плазменных процессов, появились в 1956 году. Интерес к физике плазмы пережил свой пик в 60–70 годах из-за задач, связанных с программой использования энергии управляемого термоядерного синтеза и изучения магнитного поля в околоземном пространстве. В 80–90 годы разработанные ранее методики были применены для моделирования ЭМИ, который оказывает значительное влияние на электронику космической техники.

Для проведения численных исследований явления ЭМИ во ВНИИТФ был разработан вычислительный комплекс EMC2D. Программа EMC2D предназначена для самосогласованного численного решения системы уравнений Максвелла–Власова.

В данной работе изложена конечно-разностная методика решения уравнения Власова.

Уравнение Власова в двумерной постановке приведено к дивергентному виду.

Изложена численная постановка задачи, особенности граничных условий в разностной интерпретации. Для уменьшения погрешности использована симметризованная схема расщепления. Разностное приближение дифференциальных операторов приведено к потоковому виду, характерному для дивергентных уравнений. Потоки пространственных операторов использованы для расчета токов на границах ячеек.

Приведены параметры базовой схемы типа TVD третьего порядка точности, использованной при моделировании отщепленных уравнений.

Выбор счетного шага производится, исходя из условия Куранта для пространственных операторов. Для выполнения условия Куранта в пространстве импульсов предусмотрено дробление временного шага.

Приведены одномерный и двумерный численные тесты, подтверждающие удовлетворительные свойства разностного метода.



МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЛАГРАНЖЕВЫХ КООРДИНАТАХ

С.К. Бурченко

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Разработана вычислительная программа для численного моделирования задач механики сплошных сред с учетом больших упругопластических деформаций. Для решения задачи используется явный лагранжевый метод конечных элементов. Алгоритм перестроения контактных границ позволяет в лагранжевых переменных моделировать задачи высокоскоростного соударения. Приведены результаты расчета нескольких задач: пробитие со скоростью 5 км/с осколком преграды; внедрение пули в многослойную преграду; удар космического аппарата о преграду. Результаты расчетов сравниваются с данными экспериментов.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТФИЗИКИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.М. Аникин, А.Ю. Бисярин, И.А. Горбатова, В.М. Грибов, А.В. Ким

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В настоящее время ЭВМ малой и средней производительности обычно объединяются в локальные вычислительные сети (ЛВС). Каждую такую сеть можно рассматривать как единый вычислительный ресурс, в чем-то аналогичный многопроцессорной параллельной ЭВМ. Аналоги процессоров — это узлы сети. Данная задача заслуживает внимания в силу широкой распространенности ЛВС и постоянного наращивания как мощности относительно дешевых ее компонент, так и пропускной способности коммуникационных средств.

Авторами данной работы были созданы базовые средства для организации параллельных вычислений в ЛВС на различных типах ЭВМ под управлением ОС Unix. Набор таких средств дает возможность расчета задач в параллельном режиме, а так же производить отладку новых параллельных программ, предназначенных для использования на реальных многопроцессорных ЭВМ с распределенной памятью. Интерфейс прикладных программ на основе гнезд Беркли реализован на языке Си и оформлен в виде библиотеки процедур.



С использованием данного пакета создан комплекс программ для расчета двумерных задач газовой динамики с теплопроводностью в областях со сложной геометрией. Для распараллеливания вычислений применен метод геометрической декомпозиции с введением внутренних граничных условий.

В докладе приводятся коэффициенты ускорения и эффективности использования распределенной вычислительной системы при расчетах в ЛВС с разным числом и типами узлов.

EXPERIENCE OF CREATION OF THE PARALLEL CODE FOR THE SOLVING OF MATHEMATICAL PHYSICS PROBLEMS IN DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENT .

A.M. Anikin, A.Yu. Bisyarin, I.A. Gorbatova, V.M. Gribov, A.V.Kim

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

At present computers of small and average productivity are usually united in computer local-area networks (LAN). Each network can be considered as a united computing resource, that is similar in something to multiprocessor parallel computer. Units of a network are analogues of processors. The given problem deserves attention because widespread of LAN and permanent increasing as capacity of its relatively cheap components, and as channel capacity of communication hardware.

Base means for organization of parallel calculations in LAN on various types of computers under OS Unix management was created by authors of given report. The set of such means makes possible both calculations in a parallel mode, and debugging of the new parallel programs, intended for the use on real multiprocessor computers with distributed memory. The applied programs interface on the basis of Berkley Sockets is realized on the language C and is made out in the form of library of procedures.

The program for calculations of two-dimensional problems of gas dynamics with heatconductivity in the complex geometry domains is created with the use of a given library. For parallelizing of calculations a method of geometrical decomposition with the introduction of internal boundary conditions is applied.

Factors of acceleration and efficiency of the use of a distributed computing system in calculations on LAN with different number and types of units are represented in the report.



РАСЧЕТ КРИВЫХ ПЛАВЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ УДАРНОГО СЖАТИЯ ХЛОРПРОИЗВОДНЫХ МЕТАНА

В.В. Дремов, Д.Г. Модестов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Модельное уравнение состояния хлорпроизводных метана строится на основе вариационной теории возмущений [1]. Непосредственно для расчетов используется предложенное Россом разложение свободной энергии с базовым потенциалом твердых сфер и с корректировкой на согласие с результатами компьютерного моделирования системы частиц взаимодействующих посредством потенциала $R-12$ [2]. Для описания взаимодействия между молекулами в данной работе использовался потенциал $\exp-6$ [3], который хорошо описывает данный класс веществ. Для расчета кривых плавления используется аналог закона плавления Лидемана, а именно, постоянство параметра упаковки вдоль кривой плавления (вернее для жидкости нужно говорить о кривой затвердевания) [4]. В работе проводится сравнение с экспериментальными данными по плавлению хлорпроизводных метана при низких давлениях. Показано, что дихлорметан и хлороформ остаются жидкими при ударном сжатии, что касается четыреххлористого углерода, то уже при низких давлениях он переходит в твердое состояние и плавится только при давлениях порядка 25–30 ГПа.

Для описания экспериментальных данных по ударному сжатию [5] при высоких давлениях где ударные адиабаты хлорпроизводных метана имеют излом в модель была введена диссоциация. Для описания многокомпонентной смеси была использована одножидкостная модель ван-дер-Ваальса (см. например [3]). Показано, что в области излома экспериментальных ударных адиабат существенную роль играет неравновесность. Сравнение с экспериментальными значениями температуры ударного фронта [6] показывает, кроме того, влияние колебательной релаксации на результаты измерений при низких температурах. Приводится также сравнение расчетной и экспериментальной скорости звука [6] за фронтом ударной волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.A. Barker, G. Henderson, Rev. Mod. Phys., 48, 587 (1976).
2. M. Ross, J.Chem.Phys. 71, 1567 (1979).
3. F.H. Ree, J.Chem.Phys., vol.81, p.1251, N3 (1984).
4. M.Ross, Phys.Rev., vol.8, p.1466, N3 (1973).
5. Dick R. D. J. Chem. Phys., 1981, v. 74, № 7, p 4053.
6. Гоголя М. Ф., Долгобородов А. Ю. Хим. физика., 1994, Т. 13, № 12, с 118.



CALCULATION OF MELTING CURVES AND PARAMETERS OF SHOCK COMPRESSION OF METHANE CHLORINE DERIVATIVES

V.V.Dryomov, D.G.Modestov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

Model equation of state for methane chlorine derivatives is constructed on the basis of variation theory of perturbations [1]. Directly for the calculations we use proposed by Ross decomposition of free energy with base potential of solid spheres and with correction for agreement with results of computer modelling of a system of particles interacting through potential $R-12$ [2]. To describe interaction between molecules potential $\exp-6$ was used in this work [3] which describes this class of substances well. To calculate melting curves analog of Lindeman's law of melting is used, namely, constancy of package parameter along the melting curve (for liquid we must speak about solidification curve) [4]. The paper provides comparison with experimental data on melting of methane chlorine derivatives under low pressures. It is shown that dichloromethane and chloroform are liquids under shock compression. As to carbon tetrachloride, even under low pressures it transforms into solid state and melts only under pressures on the order of 25–30 GPa.

To describe experimental data on shock compression [5] under high pressures where Hugoniot of methane chlorine derivatives have a break, dissociation was introduced into the model. To describe a multi-component mixture we used one-liquid Van der Waals's model (see, e.g., [3]). It is shown that in the region of experimental Hugoniot breaks a considerable role is played by disbalance. Comparison with experimental values of shock front temperature [6] besides that shows influence of oscillatory relaxations upon measurement results under low temperatures. Comparison is also given of calculated and experimental sound velocity [6] behind the shock front.

REFERENCES

1. J.A. Barker, G. Henderson, *Rev. Mod. Phys.*, 48, 587 (1976).
2. M. Ross, *J.Chem.Phys.* 71, 1567 (1979).
3. F.H. Ree, *J.Chem.Phys.*, vol.81, p.1251, N3 (1984).
4. M.Ross, *Phys.Rev.*, vol.8, p.1466, N3 (1973).
5. Dick R. D. *J. Chem. Phys.*, 1981, v. 74, № 7, p 4053.
6. M.F.Gogulya, A.Yu.Dolgorodov, *Chemical Physics*, 1994, v.13, №12, p.118.



НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И ТУРБУЛЕНТНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ АБЛЯТИВНО УСКОРЯЕМОГО ТОНКОГО СЛОЯ

*В.Е.Неуважаев, В.А.Лыков, Е.А.Лягина, В.А.Мурашкина, А.Ф.Подкорытова,
В.Д.Фролов, А.Н.Шушлебин*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Двумерные расчеты по коду ТИГР подтвердили основной результат теоретических исследований об ограничении роста возмущений на фронте испарения, которое возникает в плоских мишенях, облучаемых потоком лазерного света в режиме ускоренного движения фронта абляции. Расчетно показано, что инкремент γ , характеризующий рост возмущений, достигает своего максимального значения γ_m при некотором значении волнового числа k_m , определяемого исходными параметрами задачи — ускорением на фронте испарения g и скоростью испарения u_a . Качественно и количественно это согласуется с теоретическими результатами, полученными ранее рядом авторов. Расчетно показано, что при $k > k_m$, как это и следует из теории, имеет место уменьшение инкремента вплоть до нулевого значения.

Осуществлено моделирование турбулентного перемешивания на базе KE — модели. При облучении плоской пластины установлено, что учет формулы Такабэ в модели турбулентного перемешивания существенно влияет на процесс перемешивания, эффективно уменьшая коэффициент α_0 в формуле перемешивания $L = \alpha_0 g t^2$ в 25 раз.

Проведено теоретическое и численное исследование влияния турбулентного перемешивания на состояние сжатой части пластины.

INSTABILITY AND TURBULENT MIXING IN ABLATIVELY ACCELERATED THIN LAYER

*V.E. Neuvazhaev, V.A. Lykov, E.A. Lyagina, V.A. Murashkina, A.F. Podkorytova,
V.D. Frolov, A.N. Shushlebin*

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Two-dimensional calculations of TIGR code verified the basic result of theoretical investigations related to the limitation of perturbation growth at the evaporation front which occurs in the foil exposed to a laser flow in the mode of accelerated movement of ablation front. Calculations show that increment γ



characterizing perturbation growth reaches its maximum value γ_m for some value of wave number k_m which is determined by problem initial parameters — acceleration on evaporation front g and evaporation velocity u_a . This is in good qualitative and quantitative agreement with theoretical results obtained earlier by a number of authors. Calculations show that for $k > k_m$ increment decrease down to zero takes place as it follows from the theory. Simulation of turbulent mixing on the basis of KE-model was accomplished. While exposing a plane plate, it was ascertained that account for Takabe formula in turbulent mixing model affects substantially mixing process, reducing effectively coefficient α_0 in the formula of mixing $L = \alpha_0 g t^2$ by a factor of 25. Theoretical and numerical investigations were pursued related to turbulent mixing influence upon the state of compressed part of the plate.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУЭМПЕРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В.Е. Неуважаев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Рассматриваются течения невязкой сжимаемой теплопроводной жидкости, описываемые уравнениями газовой динамики с нелинейной теплопроводностью. Имеются границы раздела с резко изменяющимися физическими свойствами, такие как ударные волны, фронты испарения, контактные границы. Эти границы могут служить источником неустойчивости, приводящим к разрушению и размытию. Задачи подобного рода возникают, например, в проблеме ЛТС при сжатии слоистых мишеней, а также в астрофизике.

Прямое численное моделирование наталкивается на трудности, связанные с описанием всего спектра возмущений, особенно его коротковолновой части, которая может играть существенную роль в формировании основного течения. В этих случаях, когда степень неустойчивости движения определяется коротковолновыми возмущениями, основные уравнения движения дополняются новыми диссипативными процессами, полученными путем осреднения исходных уравнений. Эти процессы аналогичны вязкости, теплопроводности и диффузии с коэффициентами, для определения которых выводятся специальные уравнения, основанные на законах сохранения для турбулентного течения — KE уравнения. В докладе на ряде тестовых задач изучаются особенности предлагаемой модели, тем самым устанавливаются границы ее применимости.



ПРОГРАММЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО НЕПОЛНОМУ НАБОРУ ПРОЕКЦИОННЫХ ДАННЫХ МЕТОДАМИ МАКСИМУМА ЭНТРОПИИ И СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОПЕРАТОРА РАДОНА

П.Л. Волегов, С.В. Новицкий

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Представляются два алгоритма и соответствующие программы восстановления томографического изображения по неполному набору проекционных данных.

Обсуждается сфера приложения данных алгоритмов. Рассматривается схема сканирования объекта для получения проекционных данных и понятие полноты набора проекционных данных, влияющее на качество восстанавливаемого изображения.

Кратко описывается алгоритм сингулярного разложения оператора Радона [2], дается конечная формула восстановления изображения, обсуждаются достоинства и недостатки данного метода по сравнению с другими алгоритмами.

Описывается алгоритм максимума энтропии, содержащий мультипликативный алгоритм алгебраической реконструкции (МААР) [1].

Приводятся сравнительные результаты тестирования программ, реализующие данные алгоритмы, реальными проекционными данными с применением соответствующих восстановленных изображений. Делаются выводы о качестве полученных изображений (уровень артефактов, разрешение, высокочастотные шумы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Я.Цензор "Методы реконструкции изображений, основанные на разложении в конечные ряды". ТИИЭР, т.71, № 3, март 1983.
2. Ю.Е.Воскобойников "Устойчивый алгоритм восстановления изображения по неполному набору проекционных данных". Автометрия. 1995. № 1.



TWO PROGRAMS FOR TOMOGRAPHY IMAGES RECONSTRUCTION BY MAXIMUM ENTROPY AND RADON'S OPERATOR SINGULAR DECOMPOSITION TECHNIQUES FOR NOT COMPLETE SET OF PROJECTION DATA

P.Volegov, S.Novitsky

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

We present two techniques and corresponding tomography image reconstruction programs for not complete set of projection data.

The scope of application of the techniques is discussed. We take a look at object scanning scheme for projection data reception, and concept of complete set of projection data, that affect to image reconstruction quality.

The Radon's operator singular decomposition technique [2] is briefly discussed. There is image reconstruction eventual formula. Quality and demerits of the technique with comparison another ones are discussed.

Maximum entropy technique, based on Multiplicative Algebraic Reconstruction Technique (MART) is described [1].

Comparative results of tests of the programs, which realiz the described techniques, by real projection data, with corresponding reconstruction's images are given. There were made conclusions about reconstruction's images quality (level of artefacts, resolution, high-frequency noises).

REFERENCES

1. Y.Censor. "Finite Series-Expansion Reconstruction Methods". Proceedings Of The IEEE, Volume 71, Num. 3, March 1983.
2. Y.Voskoboynikov. "Image reconstruction persistent technique for not complete collection of projection data". "Avtometrija". 1995. №.1.



ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МНОГОДИАГОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СПЕКТРАЛЬНОЙ КВАЗИДИФФУЗИОННОЙ ПОСТАНОВКЕ

Н. Г. Карлыханов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Рассматриваются некоторые подходы к построению итерационных методов решения задач переноса излучения в спектральной квазидиффузионной постановке.

В данной работе проведена как практическая, так и теоретическая оценка скорости сходимости предлагаемых итерационных процессов, исследованы области их применимости и даны практические рекомендации. Для минимизации времени счета всей задачи в целом предлагается и обосновывается алгоритм автоматического выбора оптимального количества диагоналей для расчета конкретного варианта.

DEVELOPMENT OF OPTIMAL MULTIDIAGONAL TECHNIQUES FOR SOLVING THE PROBLEMS OF RADIATION TRANSFER IN SPECTRAL QUASI-DIFFUSION CONFIGURATION

N.G. Karlykhanov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Some approaches are considered related to development of iterative techniques for solving the problems of radiation transfer in spectral quasi-diffusion configuration. The paper presents both theoretical and practical estimates of convergence velocity of the proposed iterative processes. Areas of their application are examined, practical recommendations are given. To minimize time required for calculation of the whole problem, algorithm for automated selection of the optimal number of diagonals for calculation of a particular variant is proposed and validated.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАМКАХ МЕТОДИКИ РДСМ

В.Ф. Куропатенко, Л.П. Брезгина

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Явная численная методика РДСМ создана для расчета одномерных неустановившихся течений в многослойных системах, где в качестве слоев допускаются либо однородные вещества, либо смеси двух веществ [1]. В рамках указанной методики реализована модель турбулентного перемешивания веществ с индивидуальными характеристиками для каждой компоненты [2].

В докладе приводятся основные уравнения математической модели, проводится сравнение их с известными уравнениями Д. Янга. Указывается на близость рассматриваемых моделей и отличие подходов в описании силового и энергетического взаимодействия компонент.

Построено численное решение задачи гравитационного перемешивания несжимаемых жидкостей на автомодельной стадии. Показано преимущество локальной функции, характеризующей интенсивность силового взаимодействия компонент, использование которой позволяет с хорошей точностью описать автомодельный профиль объемной концентрации тяжелой компоненты.

Излагаются результаты численного расчета задач перемешивания веществ в условиях Рейлей-Тейлоровской неустойчивости в постановке экспериментов Ю.А. Кучеренко. Показано, что имеет место удовлетворительное согласие результатов расчетов и данных экспериментов по важнейшим интегральным характеристикам.

Обсуждаются проблемы описания в рамках рассматриваемой модели перемешивания веществ в условиях неустойчивости Рихтмайера-Менкова.

Приводятся результаты численных экспериментов по моделированию перемешивания газов при совместном действии импульсного и постоянного ускорений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куропатенко В.Ф., Буряков О.В., Мустафин В.К., Брезгина Л.П., Додонова М.В. Методика расчета нестационарных течений в многослойных неравновесных смесях веществ. Математическое моделирование, 1992 г. т. 4, № 9.
2. Куропатенко В.Ф. Неустановившиеся течения многокомпонентных сред. Математическое моделирование, 1989 г., т. 1, № 2.



MATHEMATICAL SIMULATION OF MATTER TURBULENT MIXING PROCESSES WITHIN THE FRAMEWORK OF RDSM TECHNIQUE

V.F.Kuropatenko, L.P.Brezgina

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

The explicit numerical technique RDSM has been created for calculating 1D non-steady flows in multi-layered systems where either homogeneous matters or mixtures of two substances serve as the layers [1]. Within the framework of this technique the model of turbulent mixing of substances with individual characteristics for each component is implemented [2].

The paper presents major equations of the mathematical model and compares them with the known equations of D.Youngs. Similarity of the models under consideration is pointed out, as well as difference in approaches in describing force and energy interaction of the components.

Numerical solution of the problem of gravitational mixing of non-compressible liquids at self similar phase is constructed. Advantage of the local function characterizing intensity of component force interaction is shown. Its use enables to describe the self-similar profile of heavy component bulk concentration with high accuracy.

Results are described of numerical calculation of problems of matter mixing under conditions of Rayleigh-Taylor instability for configuration of experiments performed by Yu.A.Kucherenko. It is shown that the calculation results agree well with the experimentation data for the most important integral characteristics.

Problems are discussed of describing the matter mixing under Richtmyer-Meshkov instability within the framework of this model. Results of numerical experiments are given on simulating gas mixing under joint impact of impulse and constant accelerations.

REFERENCES

1. V.F.Kuropatenko, O.V.Buryakov, V.K.Mustafin, L.P.Brezgina, M.V.Dodonova. Method of Calculating Non-Steady Flows in Multi-Layered Disbalance Mixtures of Substances. *Matematicheskoye Modelirovanie*, 1992, v.4, №9.
2. V.F.Kuropatenko. Non-Steady Flows of Multi-component Media. *Matematicheskoye Modelirovanie*. 1989, v.1, №2.



ЧИСЛЕННАЯ МЕТОДИКА МУСТАНГ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНЫХ НЕЙТРОННО-ЯДЕРНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ УСТАНОВЛЕНИЯ

С.Б. Серов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Одной из актуальных задач является расчет критических параметров трехмерных нейтронно-ядерных систем. В докладе предложена численная методика МУСТАНГ, которая предназначена для нахождения временной постоянной размножения нейтронов λ методом установления. В основе методики лежит численное решение трехмерного нестационарного кинетического уравнения в криволинейной эйлерово-лагранжевой системе координат типа ТИГР.

Метод установления реализован в программе МУСТАНГ в двух видах: традиционном и базирующемся на решении уравнения переноса в квазирегулярном режиме. Нахождение критического параметра λ на основе решения кинетического уравнения в квазирегулярном режиме оказывается более экономично, чем расчет λ стандартным методом установления.

THE MUSTANG NUMERICAL TECHNIQUE FOR CALCULATION OF 3-D NEUTRON-NUCLEAR SYSTEM CRITICAL PARAMETERS WITH STABILIZATION METHOD

S.B. Serov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Calculation of critical parameters of the 3-D neutron-nuclear systems is one of the actual problem. The report presents the MUSTANG numerical technique calculating the λ neutron multiplication time constant with the stabilization method. The technique is based on solution of 3-D nonstationary kinetic equation in the TIGR-type curvilinear Eulerian-Lagrangian coordinates.

The stabilization method was realized in the MUSTANG code in two manners — traditional and that based on solution of transport equation in quasiregular mode. Calculation of the λ critical parameter through solution of kinetic equation in quasiregular mode turned more efficient than that with the traditional stabilization.



DD-СХЕМА С КОРРЕКЦИЕЙ ПОТОКА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА

О.С. Широковская, Л.В. Соколов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

На основе DS_n-метода построена неявная консервативная монотонная схема для численного решения уравнения переноса. Схема имеет второй порядок аппроксимации на гладком решении, при коррекции решения в окрестностях экстремумов, разрывов и больших градиентов порядок аппроксимации снижается до первого. Расчеты тестовых задач показывают, что результаты, полученные по предлагаемой схеме, находятся на уровне результатов известных явных монотонных схем второго порядка с коррекцией потока (Э.Оран, Дж.Борис, Численное моделирование реагирующих потоков, "Мир", 1990, стр 332-336). Преимущество предложенной схемы состоит в том, что она является неявной и позволяет вести расчеты с числом Куранта больше единицы.

DD-SCHEME WITH FLOW CORRECTION FOR NUMERICAL SOLUTION OF TRANSPORT EQUATION

O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

On the basis of DS_n-method an implicit conservative monotonous scheme was constructed for numerical solution of transport equation. The scheme is of the second order of approximation on a smooth solution. In the case of the solution correction in the vicinity of the extremums, discontinuities and large gradients the approximation order decreases down to the first one. Calculations of test problems show that the results obtained with the scheme proposed are at the level of those for known explicit monotonous schemes of the second order with flow correction (E.Oran, J.Boris, Numerical Simulation of Reacting Flows, "Mir", 1990, p.332-336). Advantage of the proposed scheme is that it is implicit and enables to perform calculations with Courant's number more than one.



НЕЯВНЫЕ КОНСЕРВАТИВНЫЕ МОНОТОННЫЕ СХЕМЫ ПОВЫШЕННОГО ПОРЯДКА С КОРРЕКЦИЕЙ ПОТОКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА

О.С. Широковская, Л.В. Соколов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Построены неявные консервативные монотонные схемы третьего и четвертого порядка точности для решения уравнения переноса. Повышение порядка аппроксимации достигается тем, что при конструировании решения в рассматриваемой ячейке привлекаются значения решения в двух смежных ячейках слева и справа. Повышенный порядок точности достигается только на гладком решении.

Определены границы изменения искомого решения. Это позволяет проводить корректировку решения повышенного порядка в окрестностях экстремумов, разрывов и больших градиентов; при корректировке порядок аппроксимации снижается до первого, но решение обладает свойством монотонности.

Приводятся результаты тестовых задач.

IMPLICIT CONSERVATIVE MONOTONOUS SCHEMES OF HIGHER ORDER WITH FLOW CORRECTION FOR SOLVING TRANSPORT EQUATION

O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Implicit conservative monotonous schemes of the 3rd and 4th order of accuracy are constructed to solve the transport equation. Elevation of the approximation order is achieved by the following: while configuring the solution in a cell under consideration we enlist values of the solution in two adjacent cells: left-hand and right-hand. The higher accuracy order is achieved only for the smooth solution.

Bounds of the solution are determined. This enables to carry out correction of solution of higher order in the vicinities of extremums, discontinuities and large gradients; during the correction the approximation order decreases down to the first one, but the solution possesses the property of monotony.

Results of test problems are given.



ДВУМЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ СЖАТИЯ И ГОРЕНИЯ МИШЕНЕЙ ДЛЯ ЛТС С НЕПРЯМЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПО КОМПЛЕКСАМ ТИГР-3Т И ТИГР-ОМЕГА-3Т

*А.Н. Шущлебин, К.А. Мустафин, В.А. Лыков, А.Ю. Бисярин, Р.Т. Дылдина,
И.А. Кузнеценкова, Е.Л. Лягина, В.Р. Надточий, С.Я. Сенников,
К.И. Смирнова, Л.В. Соколов, В.Д. Фролов*

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

По программам ТИГР-3Т и ТИГР-ОМЕГА-3Т проведены двумерные расчеты, в которых моделировались процессы динамики сжатия и термоядерного горения с непрямым воздействием в мишенях для ЛТС. В расчетах численно моделировалась несимметрия сжатия путем задания неоднородности в плотности и геометрии DT-льда в виде второй гармоники. В численных экспериментах использовалась мишень, которая представляет собой следующую конструкцию: внешняя стеклянная оболочка, затем оболочка из DT-льда, внутри которой DT-газ.

TWO-DIMENSIONAL CALCULATIONS OF COMPRESSION AND IGNITION OF INDIRECTLY DRIVEN TARGETS FOR LTF BY TIGR-3T AND TIGR-OMEGA-3T COMPLEXES

*A.N. Shushlebin, K.A. Mustafin, V.A. Lykov, A.Yu. Bisyarin, R.T. Dyldina,
I.A. Kuznechenkova, E.L. Lyagina, V.R. Nadtochiy, S.Ya. Sennikov,
K.I. Smirnova, L.V. Sokolov, V.D. Frolov*

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Two-dimensional calculations of simulating processes of dynamics of compression and thermonuclear ignition in indirectly driven targets for LTF have been conducted by TIGR-3T and TIGR-OMEGA-3T codes. Nonsymmetry of compression was simulated numerically in the calculations by the representation of nonuniformity in density and geometry in DT-ice in the form of second harmonics. In the numerical experiments the target of the following design was used: outer glass shell, then DT-ice shell filled with DT-gas.



НЕЛИНЕЙНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

В.Е.Неуважаев, И.Э.Паршуков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Задача о развитии возмущений границы раздела после прохождения через нее ударной волны рассматривается в приближении воздействия импульсного ускорения на поверхность раздела идеальных несжимаемых жидкостей. Для численного изучения задачи используется вихревой метод [1].

На основании расчетов установлены закономерности развития границы раздела на нелинейной стадии, определяемые числом Атвуда A и амплитудой начального возмущения.

В данной работе обсуждаются результаты работы [2], где по утверждению авторов впервые достигнуто количественное согласие расчетных и экспериментальных результатов.

Отмечается, что для более точного определения момента отхода от линейной теории эксперимент, расчет и теорию следует сравнивать по амплитудам пика и пузыря, а не только по полной амплитуде, особенно при значениях числа Атвуда близких к 1. Дана количественная оценка границы применимости линейной теории.

1. Неуважаев В.Е., Паршуков И.Э., Моделирование в механике т 5, № 2, 81-100 (1991).
2. Grove J.W. et al., Phys.Rev.Lett.71, 3473-3476 (1993).

NON-LINEAR PHASE OF INTERFACE PERTURBATION EVOLUTION UNDER SHOCK WAVE

V.E. Neuvazhaev, I.E. Parshukov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Problem of interface perturbation evolution after a shock wave propagates through an interface is considered in approximation of pulse acceleration effect on the interface of ideal incompressible liquids. Vortex method is applied for numerical studying of the problem.

On the basis of calculations, regularities of interface evolution determined by the Atwood number and initial perturbation amplitude were ascertained for non-linear phase.



This paper also discusses results presented in paper by J.W. Grove, et al. (Phys. Rev. Lett. 71, 3473 (1993)) where, according to the authors' statement, quantitative agreement between calculated and experimental results was achieved for the first time.

It is noted that to determine more precisely the moment of deviation from linear theory, experiment, calculations, and theory should be compared with respect to not only total amplitude but to peak and bubble amplitude, especially when Atwood number is close to 1.

РАСЧЕТЫ СВЕРХСЖАТИЯ ГАЗА ПО КОМПЛЕКСУ ПРОГРАММ ГРАД

А.Ю.Ададуров, А.А.Брагин, В.А.Сучков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Задачи неограниченного безударного сжатия газа (НБСГ) имеют большое значение при изучении обжатия мишеней в ЛТС [1]. В работах [2] Сидоров А.Ф. построил автомодельные решения НБСГ в двумерном и трехмерном случаях: это точные решения задач о сжатии газа поршнем в призме и тетраэдре с неподвижными стенками и приближенные решения для осесимметричного сжатия газа в коническом объеме и в замкнутом объеме специальной формы. Точные решения для призмы и тетраэдра выражаются простыми аналитическими формулами. Для осесимметричного случая построены приближенные законы движения поршня, исследованы особенности конических течений газа, найдены степени кумуляции плотности и энергии.

В докладе рассматриваются постановки и результаты расчета этих задач по методике ГРАД [3]. Расчет всех задач проводился в одинаковой манере для идеального газа с коэффициентом политропы $5/3$. Результаты численных решений сравниваются с обобщенными точными решениями на различные моменты времени. Особое внимание при сравнении уделяется изучению поведения энтропийной функции для численных расчетов. В автомодельных решениях она постоянна.

Основная цель проведенной работы — выработка оптимальной по точности и экономичности технологии счета многомерных задач о сверхсжатии мишеней по комплексу программ ГРАД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забабахин Е.И., Забабахин И.Е. Явления неограниченной кумуляции. М.:Наука, 1988
2. Сидоров А.Ф. ДАН, 1991, т.318, №3, с.548–552.; ДАН, 1993, т.329, №4, с.444–448.; ДАН, 1994, т.335, №6, с.732–735.
3. Брагин А.А., Сучков В.А., Шнитко А.С. Методика и комплекс программ ГРАД для расчета трехмерных газодинамических течений в лагранжево-эйлеровых переменных. В кн. Забабахинские научные чтения. Челябинск-70, Кыштым, ВНИИТФ, 1992. с.40, 41.



GAS SUPERCOMPRESSION CALCULATIONS USING GRAD PROGRAM COMPLEX

A.Yu.Adadurov, A.A.Bragin, V.A.Suchkov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

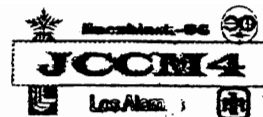
Problems of unlimited shock-free gas compression (USFGC) are of great importance for studying target compression in LTF [1]. In Ref. 2 A.F.Sidorov developed self-similar solutions of USFGC for 2- and 3-dimensional cases and these are precise solutions of the problems of gas compression with a piston in a prism or tetrahedron with motionless walls and approximate solutions for axisymmetrical gas compression in a conical tank and a closed tank of a specific shape. The precise solutions for prism and tetrahedron are in the form of simple analytical formulas. For the axisymmetrical case approximate laws of piston motion were developed, peculiarities of conical gas flows were examined, and degrees of density and energy cumulation were determined.

This paper describes these problems and results calculated according to GRAD procedures [3]. All problems were calculated in the similar manner for ideal gas with polytropic exponent equal to $5/3$. The results of numerical solutions are compared with generalized accurate solutions at different moments of time. Special attention in comparison was paid to studying behavior of entropic function for numerical calculations. It is constant in self-similar solutions.

The main goal of the work done was to develop technology optimal in accuracy and efficiency for calculating multi-dimensional problems of target supercompression using GRAD program complex.

REFERENCES

1. E.I. Zababakhin, I.E.Zababakhin. Phenomena of Unbounded Cumulation. M.:Nauka, 1988 (in Russian)
2. A.F. Sidorov. DAN, 1991, v.318, №3, pp. 548-552.; DAN, 1993, v.329, №4, pp. 444-448.; DAN, 1994, v.335, №6, pp.732-735.
3. A.A.Bragin, B.A.Suchkov, A.S.Shnitko. GRAD Methods and Program Complex for Calculating Three-dimensional Gasdynamic Flows in Lagrangian-Eulerian Variables. "Zababakhins' Scientific Talks" Proceedings. Chelyabinsk-70, Kyshtym, VNIITF, 1992, p.40,41.



О ВОЗМОЖНОСТЯХ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ СУПЕР-ЭВМ (SPP-1000, С-4, CRAY-T3D, J-916, SP-2) МЕТОДА ЧАСТИЦ ПРИ РАСЧЕТЕ САМОСОГЛАСОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

А.В. Адеев, Г.В. Байдин, В.А.Ротько

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Приводятся результаты тестирования названных супер-ЭВМ, на которых проводились расчеты самосогласованных электромагнитных полей методом частиц.

В тестируемой задаче рассчитывается движение заряженных частиц в электромагнитном поле. При движении частицы образуют токи. Суммарный ток подается в уравнение Максвелла, откуда получаем новые магнитные поля, т.е. новые условия движения частиц. Метод решения — метод частиц в ячейке с пошаговой временной дискретизацией.

Львиная доля расчетов (~97%) приходится здесь на моделирование частиц, которые можно считать независимо друг от друга. Все поколение частиц делится на группы, на каждом процессорном элементе (ПЭ) при счете шага обесчичивается одна группа частиц. В конце шага от всех ПЭ собираются токи. Число моделируемых частиц постоянно (~100000), так что время счета частиц должно уменьшаться (теоретически) пропорционально количеству ПЭ, т.к. обмена данными между ПЭ нет.

Отсечки времени счета проводились при моделировании частиц т.о., что в этом тесте выявлялись чисто накладные, "машинные" расходы на распараллеливание.

Операторы параллельного счета вставлялись при инсталляции теста на конкретной ЭВМ, алгоритмы моделирования частиц не менялись.

Приводятся производительность всех ЭВМ по отношению к одному ПЭ системы CRAY Y-MP и эффективность их распараллеливания вплоть до 512 ПЭ на CRAY-T3D.



**ON CAPABILITIES OF PARALLELING THE PARTICLE-IN-CELL
METHOD FOR CALCULATING SELF-SIMILAR ELECTROMAGNETIC
FIELDS ON MODERN SUPERCOMPUTERS
(SPP-1000, C-4, CRAY-T3D, J-916, SP-2)**

A.V. Adeev, G.V. Baidin, V.A. Rot'ko

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

This paper presents results of testing the above mentioned supercomputers used for calculation of self-similar electromagnetic fields using the particle method.

The test problem calculates motion of charged particles in electromagnetic field. Moving particles generate currents. Total current is introduced in the Maxwell equation, thus, new magnetic fields are calculated defining new conditions of particle movement. Particle-in-cell method with stepwise time quantization is used for solving.

In this method major calculations ($\approx 97\%$) are associated with particles modeling which can be computed independently from each other. The whole generation of particles is divided into groups, every processor unit (PU) calculating one group of particles at every step. At the end of the step calculated currents are gathered from all PUs. Since the number of modeled particles is constant ($\approx 100,000$), and there is no data exchange between PUs, time required for particle calculation should decrease (theoretically) proportionally to the number of PUs.

While modeling the particles, time cuts-off were performed so that only overhead "computer" expenses (losses) on paralleling were revealed.

Operators of parallel calculations were inserted in the course of test installation on the specific computer, algorithms of particle modeling were not changed.

This paper presents performance of every computer in comparison to one CRAY Y MP PU and effectiveness of paralleling for every computer, even for 512 PUs of CRAY-T3D.



ПРОБЛЕМА КОНСЕРВАТИВНОСТИ РАЗНОСТНЫХ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ

В.Ф. Куропатенко

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Разностные уравнения газовой динамики приближенно удовлетворяют требованиям локальной консервативности, вследствие чего с течением времени происходит необратимое изменение величин, которые должны быть неизменными.

Предлагается способ исследования диссипативных свойств разностных уравнений газовой динамики, используются понятия M - и S -консервативности, сильной и слабой диссипативности. Необходимость исследования свойств схем на конечной сетке привела к введению понятий дивергентности, консервативности и полной консервативности. Получили широкое распространение попытки связать свойства разностных уравнений с их формой (дивергентность безусловно или условно отождествляется с консервативностью). Анализ работ, посвященных исследованию свойств разностных законов сохранения, указывает на незавершенность теории априорного исследования консервативности схем и противоречивость оценок, ибо большинство авторов для уравнения энергии считает предпочтительной дивергентную форму, а для уравнения сохранения массы — недивергентную (плотность равна массе, деленной на объем). Применен метод исследования локальной консервативности разностных схем для определения диссипативных свойств некоторых известных условно или безусловно устойчивых схем. Рассмотрены дифференциальные уравнения механики сплошных сред, возможные следствия из них, разностные уравнения в дифференциальной форме, их преобразуемость. Доказаны теоремы и исследованы диссипативные свойства некоторых разностных схем.

PROBLEM OF CONSERVATISM OF DIFFERENCE LAWS OF CONSERVATION

V.F. Kuropatenko

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Gasdynamic difference equations meet approximately the requirements of local conservatism, and this causes irreversible changes of values which should be constant in time. The way of studying dissipative properties of gasdynamic difference equations is proposed and the notions of M - and S -conservatism,



strong and weak dissipativity are used. Necessity of studying scheme properties on finite grid led to introduction of divergence, conservatism and total conservatism notions. Attempts to combine properties of difference equations with their forms became widespread (divergence is identified with conservatism conditionally or unconditionally). Analysis of papers devoted to studying the properties of difference law of conservation indicates incomplete state of the theory of a priori study of scheme conservatism and indicates contradictions in estimations since most of authors prefer divergent form for energy equation and non-divergent form for the equation of mass conservation (i.e., density is equal to mass divided by volume). Method of studying local conservatism of difference schemes was applied to determine dissipative properties of some known conditionally or unconditionally stable schemes. Differential equations of continuum mechanics and their possible consequences were considered as well as difference equations in differential form and their transformability. Theorems were proved and dissipative properties of some difference schemes were examined.

НЕЯВНЫЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД "РОМБ" ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ НА ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЛАНГРАНЖЕВО-ЭЙЛЕРОВЫХ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ СЕТКАХ

А.Д. Гаджиев, С.Ю. Кузьмин, С.И. Лебедев, В.Н. Писарев, А.А. Шестаков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Неявные конечно — разностные методы решения двумерных уравнений математической физики, основанные на аппроксимации "ромбического" типа и их применение при математическом моделировании механики сплошной среды и кинетических процессов.

При совместном моделировании лагранжевой гидродинамики и других физических процессов, разностная сетка становится сильно неортогональной. Эффективность численных методов решения подобного рода задач зависит от точности используемых разностных алгоритмов на неортогональных сетках, от способности этих алгоритмов обеспечивать приемлемую точность на сетках с большими деформациями.

В настоящее время достаточно хорошо изучены недостатки традиционной девятигочечной разностной схемы для решения уравнений диффузионного типа. Для этих методик происходит быстрая потеря точности по мере нарастания неортогональности сетки. Это следствие того, что из двух операторов дивергенции и градиента плохо аппроксимируется оператор градиента.

К настоящему времени предложено несколько подходов построения разностных схем, обеспечивающих удовлетворительную точность решения диффузионных уравнений на неортогональных сетках. Наш подход, основанный на аппроксимации "ромбического" типа, применим



к широкому классу уравнений математической физики. В методиках этого типа оба оператора дивергенции и градиента аппроксимируются в рамках данной ячейки, используя значения скорости и давления на гранях. Методики "РОМБ", основанные на таком подходе просты в конструировании, экономичны и обладают удовлетворительной точностью на неортогональных сетках.

В обзоре рассматривается метод "РОМБ" для решения уравнения теплопроводности, системы уравнений энергии в трехтемпературной модели, уравнений газодинамики, гиперболических систем уравнений общего вида, уравнения переноса в диффузионном и P1 - приближениях, уравнения переноса в самосопряженном виде.

В обзоре приводятся результаты численных экспериментов.

IMPLICIT FINITE DIFFERENCE TECHNIQUES FOR SOLUTION OF TWO-DIMENSIONAL EQUATIONS OF MATHEMATICAL PHYSICS BASED ON DIAMOND-TYPE APPROXIMATION AND THEIR APPLICATION IN MATHEMATICAL SIMULATION OF CONTINUOUS MEDIA MECHANICS AND KINETIC PROCESSES

A.D.Gadzhiev, S.Yu.Kuzmin, S.N.Lebedev, S.N.Pisarev, A.A.Shestakov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk

When couple simulation of the Lagrangian hydrodynamics with other physical processes, the difference grid becomes significantly nonorthogonal. The efficiency of numerical techniques solving such problems depends on the accuracy of the nonorthogonal difference algorithms applied and on their ability to ensure adequate accuracy on the grids with strong deformations.

The limitations of traditional nine-dot difference scheme for solving the diffusion-type equations are rather well known at present. The accuracy rapidly decreases when nonorthogonality of a grid increases. This follows from the fact that from among two operators — divergence and gradient — the gradient operator is poorly approximated.

By now some approaches have been proposed for designing difference schemes ensuring adequate accuracy when solving difference equations on nonorthogonal grids. Our approach based on the diamond-type approximation is applicable to a wide class of equations of mathematical physics. In these techniques both divergence and gradient operators are approximated within a preset grid cell, the face values of velocity and pressure being used. Based on the above approach the ROMB-type techniques are easily designed, efficient, and ensure adequate accuracy on nonorthogonal grids.

The review considers applications of the ROMB technique to: heat conductivity equation, system of equations for energies in the three-temperature model, gas dynamics equations, hyperbolic systems of



general equations, transport equation in both diffusion and P1-approximations, selfadjoint transport equation.

Results of numerical experiments are presented.

НОВЫЙ МОНОТОНИЗАТОР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ, АППРОКСИМИРУЮЩИХ УРАВНЕНИЕ ПЕРЕНОСА С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

В.Ю. Гусев, М.Ю. Козманов, Н.Я. Моисеев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики. г. Снежинск, Россия

Рассмотрен один из вариантов нового монотонизатора, основанного на принципе максимума. Применяется для монотонизации решения разностных уравнений, порождаемых явными схемами высокого порядка точности (второго и выше), аппроксимирующими уравнение переноса с постоянным коэффициентом.

В [1] монотонными разностными схемами для уравнения теплопроводности были названы схемы, удовлетворяющие принципу максимума. Аналогичное определение было использовано в [2], [3] для системы из уравнения переноса излучения и уравнения энергии. Настоящая работа является дальнейшим развитием подхода из [4] к монотонизации решения.

Суть предлагаемого подхода заключается в том, чтобы потоки, вычисленные на этапе предиктора для схемы высокого порядка точности, обеспечивали выполнение принципа максимума, а именно: $u_{\min} \leq u^j \leq u_{\max}$. Здесь u_{\min} и u_{\max} — это локальные минимум и максимум численного решения на момент времени t_n в окрестности точки x_j , u^j — численное решение в момент времени $t_n + \tau$ в точке x_j . Если это неравенство нарушается, то потоки вычисляются из уравнения, записанного на основе этого неравенства для левой или правой границы с заменой u^j выражением из исходного разностного уравнения.

С помощью монотонизатора на основе схем из [5,6] получены монотонные схемы второго, третьего и четвертого порядков точности, имеющие в целом порядок выше первого и дающие численные решения с весьма малой диффузией по сравнению с явной монотонной схемой первого порядка точности, что подтверждается результатами численного решения различных модельных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарский А. А. Теория разностных схем, М.: Наука, 1977.



2. Андреев Е. С., Козманов М. Ю., Рачилов Е. Б. Принцип максимума для системы уравнений энергии и нестационарного уравнения переноса излучения. Журнал вычисл. мат. и мат. физ., 1983, т. 23, вып. 1.
3. Козманов М. Ю. Монотонные схемы для системы уравнений переноса излучения. ВАНТ. Сер. "Математическое моделирование физических процессов." 1989, вып. 2, стр. 51–54.
4. Гусев В. Ю., Козманов М. Ю. Консервативные схемы с использованием характеристик и антидиффузионных скоростей для решения уравнения переноса. (Направлена в ВАНТ).
5. Моисеев Н. Я. Об одной модификации разностной схемы С. К. Годунова. ВАНТ, сер. "Методики и программы численного решения задач математической физики." 1983, вып. 3, стр. 35–43.
6. Моисеев Н. Я. Об одном подходе построения гибридных схем с повышенным порядком аппроксимации. ВАНТ, сер. "Методики и программы численного решения задач математической физики." 1988, вып. 2, стр. 11–17.

СОГЛАСОВАННАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В РАЗНОСТНЫХ СХЕМАХ ТИПА ГОДУНОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ

Н. Я. Моисеев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Рассмотрена аппроксимация уравнений внутренней энергии и движения в разностных схемах типа Годунова [1], построенных на основе законов сохранения массы, импульса и полной энергии, с одной пространственной переменной для случаев цилиндрической и сферической симметрии. Показано, что точность численных расчетов кинетической и внутренней энергий зависит от аппроксимации давления в правой части уравнения импульса. Если аппроксимация давления несогласованна с аппроксимацией производных по пространству, то погрешность численного решения зависит от расстояния центров ячеек до оси (центра) симметрии. Эта зависимость устраняется при согласованной аппроксимации, согласно которой давление в правой части уравнения импульса полагается равным полусумме давлений, найденных на этапе предиктора методом Годунова [2] или другим каким-либо методом на ребрах ячеек.

На примерах расчетов модельных задач по модифицированной схеме с согласованной аппроксимацией показано, что точность расчетов кинетической и внутренней энергий по сравнению со схемой Годунова повысилась, не зависит от радиусов центров ячеек, в численном решении практически отсутствует "эффект" перекачки части кинетической энергии во внутреннюю и решения, полученные по схеме Годунова, сходятся к решению по модифицированной схеме.



ЛИТЕРАТУРА

1. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М., Наука, 1976.
2. Годунов С.К. Разностный метод численного расчета решений гидродинамики. Матем. сб., 1959, т.3, N 47, с. 271–306.
3. Моисеев Н.Я. К вопросу аппроксимации объемных интегралов в разностной схеме, построенной в произвольных криволинейных координатах, на основе метода Годунова для решения двумерных задач газовой динамики. ВАНТ, сер.: “Методики и программы численного решения задач математической физики”, 1989, вып. 3, с. 71–74.

НЕЯВНЫЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД "РОМБ" ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ НА ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЛАГРАНЖЕВО-ЭЙЛЕРОВЫХ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ СЕТКАХ

А.Д. Гаджиев, С.Ю. Кузьмин, С.Н. Лебедев, В.Н. Писарев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В докладе мы рассматриваем неявную конечно-разностную методику "РОМБ" для решения системы уравнений газовой динамики. Перечислим основные особенности этой методики.

- 1) Используются произвольные лагранжево-эйлеровы сетки из четырехугольников.
- 2) Разностная схема является неявной, безусловно устойчивой и позволяет моделировать течения как слабосжимаемых, так и сильносжимаемых сред. Заметим, что не всякая неявная методика позволяет моделировать течения слабосжимаемых сред.
- 3) Для сильно сжимаемых течений, когда разностная сетка становится неортогональной, очень актуальной становится задача об удовлетворительной точности разностных аппроксимаций. Как известно, основной причиной низкой точности традиционных девятигочечных схем состоит в не удовлетворительной аппроксимации оператора градиента в уравнении движения при относительно хорошей аппроксимации оператора дивергенции.

В методе "РОМБ" оба оператора градиента и дивергенция аппроксимируются в центрах ячеек по значениям скорости и давления на гранях и это обеспечивает удовлетворительную точность на неортогональных сетках.

- 4) Для решения системы двумерных разностных уравнений применяется итерационный метод стабилизирующей поправки (ИМСП), который сводит двумерную задачу к серии одномерных



задач, решаемых прогонами по каналам. ИМСП является экономичным методом, а погрешность решения при сходимости метода стремится к нулю.

5) Исходная схема "РОМБ" строится интегро - интерполяционным методом на основе интегрирования по данной ячейке системы уравнений газовой динамики, записанной в форме интегральных законов сохранения. Полученная таким образом схема является консервативной, но, как оказалось, не удовлетворяет требованию инвариантности (обеспечение в двумерном расчете сферической симметрии для одномерных сферически - симметричных задач). Для достижения инвариантности в исходную схему "РОМБ" вносится поправка второго порядка малости. Подправленный таким образом метод "РОМБ" не является консервативным по уравнению импульса для осесимметричных движений, но сохраняет консервативность по уравнению неразрывности и уравнению энергии. Для рассматриваемой схемы можно добиться и полной консервативности по уравнению энергии, такой вариант схемы приведен в докладе.

В докладе приводятся результаты численных расчетов модельных задач.

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПЮРИСТОЙ СРЕДЕ

К.И. Симонова, А.А. Шестаков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В данной работе рассматривается одномерная численная методика для решения системы уравнений, описывающих фильтрацию и миграцию примесей в водоносных пластах. Основной особенностью при решении совместной системы уравнений фильтрации и миграции, во многом определяющей выбор метода их решения на моделях, является наличие конвективной составляющей переноса, которая к тому же нередко значительно превосходит диффузионную компоненту. При достаточно малых значениях параметра Пекле для задач миграции применимы практически те же методы моделирования, что и для задач фильтрации. Однако в противном случае такой подход наталкивается на ряд принципиальных трудностей, обусловленных в общем случае необходимостью аппроксимации на реальной разностной сетке конвективной составляющей переноса. Эти трудности связаны с наличием разрывов при "чисто" конвективном переносе ($D=0$) или с высокими её градиентами в задачах с диффузионным членом. Для устранения нежелательных численных эффектов (осцилляций в решении) при одновременном сохранении однородности разностной схемы иногда обращаются к алгоритмам с искусственной вязкостью.



В данной работе построены однородные монотонные разностные схемы для решения уравнения миграции без введения искусственной вязкости, обладающие первым порядком аппроксимации по времени и вторым порядком по пространству.

ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РГД С УЧЕТОМ СПЕКТРАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

А.А.Шестаков

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

В последние годы в связи с развитием вычислительной техники все большее значение приобретает новый класс уравнений математической физики – интегро-дифференциальные уравнения радиационной газовой динамики (РГД). Сложность этой задачи прежде всего определяется необходимостью учета большого количества физических процессов. Изучение этой проблемы началось в начале настоящего столетия и продолжается до сих пор. Полное решение системы РГД еще не найдено до конца, хотя использование современных ЭВМ позволяет находить приближенные решения упрощенных вариантов этой задачи.

В данной работе рассмотрены некоторые точные решения задач РГД в многомерном нестационарном случае. Предполагается, что интенсивность излучения можно представить в виде произведения функции Планка на некоторую функцию распределения, зависящую только от пространственных координат и направления полета фотонов. Индикатриса рассеяния также представляется в виде произведения двух функций, одна из которых является функцией, обратной к функции распределения и зависит от радиус-вектора и направления полета фотонов до столкновения с частицами вещества, а вторая – представляет довольно сложное выражение, содержащее коэффициенты рассеяния, поглощения, функцию Планка и ее производные. Такой сложный вид индикатрисы рассеяния упрощает решение уравнения переноса излучения, превращая его в тождество и позволяет выбирать различные формулы для построения коэффициента поглощения и функции распределения. В уравнениях газодинамики учитывается импульс излучения, а давление представляется в виде произведения плотности и температуры, возведенных в соответствующие степени.



МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В МНОГОГРУППОВОМ P1-ПРИБЛИЖЕНИИ

А.Д. Гаджиев, А.А. Шестаков

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Работа посвящена разработке и созданию новой численной методики решения спектральных уравнений переноса лучистой энергии в многогрупповом диффузионном и P1-приближениях на сложных неортогональных разностных сетках.

Решению уравнения переноса энергии излучением посвящено достаточно большое число работ, однако разработка новых методик, обладающих высокой точностью и большой скоростью сходимости итерационных процессов в широком диапазоне изменения оптической плотности вещества по-прежнему является актуальной задачей.

Актуальность задачи также определяется тем, что рассмотренная методика ориентирована на движущую среду с использованием неортогональных сеток, претерпевающих со временем сильные деформации. При создании таких методик трудности возникают как при построении разностной аппроксимации из-за существенной неортогональности сетки, так и при совместном решении нелинейной системы разностных уравнений энергии и переноса излучения.

В основу разностной методики положена двухточечная схема "Ромб", хорошо зарекомендовавшая себя при решении двумерных задач теплопроводности на сетках с большими деформациями. В работе построена новая разностная схема из параметрического семейства схем "Ромб" для решения системы переноса лучистой энергии в диффузионном и P1-приближениях. Схема устойчива, обеспечивает второй порядок точности и монотонность.

Для совместного решения нелинейной системы разностных уравнений энергии и переноса излучения предложен новый итерационный метод, основанный на методе выделения диагональных элементов.



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ С ПОКОМПОНЕНТНЫМ ОСТАНОВОМ

А.А. Малеев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

Использование на параллельной вычислительной системе (ПВС) итерационного процесса (ИП), для останова которого требуется регулярный обмен информацией между всеми процессорами ПВС, может значительно снизить эффективность его распараллеливания. Поэтому на ПВС может оказаться более выгодным использовать ИП, для останова которого требуется только локальная информация.

В работе вводится определение алгоритма последовательных приближений с покомпонентным остановом (АПО), построенного на базе нелинейного ИП, и определение нормального завершения его работы. Формулируется теорема, дающая достаточное условие для нормального завершения работы АПО в стационарном случае. Выводится оценка максимального количества итераций, необходимого для нормального завершения его работы.

Рассматривается АПО, для которого достаточное условие может не выполняться. Для АПО, построенного на базе сжимающего ИП, формулируется теорема, которая характеризует поведение АПО в этом случае.

Определение АПО, построенного на базе стационарного ИП, обобщается на случай нестационарного базового ИП. Показывается, что если базовый ИП является сжимающим и сжимающим, то на соответствующий АПО переносятся большинство результатов, доказанных для стационарного случая.

SUCCESSIVE APPROXIMATIONS UNDER COMPONENT-WISE STOP¹

A.A. Maleev

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Use of iterative process (IP) on parallel computer system (PCS) requiring regular information exchange between all PCS processors for stopping can reduce considerably the effectiveness of its paralleling. Therefore, it may be beneficial to apply on PCS the IP requiring only local information for stopping.



The paper introduces a definition of algorithm of successive approximations under component-wise stop (ACS) based on non-linear IP and a definition of ACS normal completion. Theorem is stated giving a sufficient condition for ACS normal completion for a stationary case. Estimate of a maximum number of iterations required for ACS normal completion is derived.

ACS is considered for which the sufficient condition can be not met. For ACS based on contractive IP, theorem is stated which characterizes ACS behavior in this case.

Definition of ACS based on stationary IP is generalized for the case of non-stationary IP. It is shown that if basic IP is consistent and contractive then most of results proved for stationary case are valid for the appropriate ACS.

this activity is partially supported by ISTC Project # 031-94.

2D И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.М.Крюков, Д.В.Могиленских, В.В.Федоров

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

С появлением высокопроизводительных ЭВМ происходит переход к массовым расчетам по трехмерным методикам. Объемы данных, получаемых в результате моделирования, огромны и традиционные методы анализа этих данных становятся малоэффективными. В связи с этим стала актуальна разработка систем научной визуализации.

Наличие технических средств с хорошими средствами визуализации дали толчок к разработке систем представления результатов математического моделирования в виде двумерных и трехмерных изображений.

Системы визуализации повышают производительность труда при анализе результатов и дают возможность своевременного обнаружения особенностей в ходе решения сложных дву- и трехмерных задач.

Предлагается система 2D и 3D визуализации, которая предоставляет удобный инструмент анализа процесса текущего счета и окончательных результатов счета в работе ученых.

Рассмотрены основные направления 3D визуализации:

- результатов моделирования, описанных двумерными и трехмерными сетками
- функций двух переменных
- трехпараметрических данных
- данных, область определения которых не разворачивается в плоскость
- трехмерных траекторий.

Предлагается широкий спектр областей применения систем научной визуализации.



Кратко изложены алгоритмы 3D визуализации:

- изображение трехмерных объектов в виде каркаса
- поверхность объекта или среды представляется в виде элементарных площадок
- алгоритмы 3D визуализации трехпараметрических данных.

Интеграция систем 2D и 3D визуализации придает полноту возможностей и органичную завершенность системе визуализации.

В докладе описаны назначение, основные функции, постановка задачи, алгоритмы решения, интерфейс, функциональные возможности, техническое обеспечение, перспективы развития систем научной 3D визуализации.

Имеется иллюстрационный материал.

2D AND 3D VISUALIZATION OF MATHEMATICAL MODELING RESULTS FOR COMPLEX PHYSICAL SYSTEMS

V.M.Kryukov, D.V.Mogilenskikh, V.V.Fyodorov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

With advent of high performance computers 3D techniques are being more and more used for simulations. Data amounts obtained as a result of modeling are immense and the conventional techniques of data analysis are becoming inefficient. Therefore, development of scientific visualization systems is of vital importance.

Availability of hardware and appropriate software gave impetus for development of systems presenting results of mathematical modeling in the form of 2D and 3D pictures. Visualization systems increase productivity of results analysis and enable timely detection of peculiarities in the course of solving complex 2D and 3D problems. 2D and 3D visualization system is proposed, which gives a convenient instrument for analyzing current calculations and final results of simulations.

Main directions of 3-D visualization are the following:

- simulation results described by 2D and 3D grids;
- functions of two arguments;
- 3-parameter data;
- data with definition area that cannot be transformed into a plane;
- 3-D trajectories.

A wide range of scientific fields is proposed where scientific visualization systems can be applied. 3D visualization algorithms are briefly described:

- plotting 3D objects as frames;
- presentation of an object or medium surfaces as a set of elemental platforms;
- algorithms of 3D visualization of 3-parameter data.



Integration of 2D- and 3D-visualization systems makes the visualization system complete and diverse. Purpose, main functions, problem description, calculation algorithms, interface, functionalities, technical maintenance, prospects of scientific 3D visualization system are described in the report.

Illustrations are presented.

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЁТЫ РАЗВИТИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ МГД-НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ В Z-ПИНЧАХ И ПЛАЗМЕННЫХ ЛАЙНЕРАХ

А.Д.Зубов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики, г. Снежинск, Россия

С помощью методики ТИГР-М, предназначенной для решения двумерных МГД задач, проведены численные расчеты по развитию осесимметричных возмущений границы (типа "перетяжки") плазменных пинчов и двойных плазменных лайнеров [1]. Для Z-пинча были рассмотрены различные формы задания начального возмущения границы в виде гармоник с $k=1, 2, 4$, а также коротковолновых ($k=30$). В численную модель введен учет различных физических процессов: электронной проводимости и теплопроводности плазмы, замагниченности транспортных коэффициентов, ионизации, эффекта Холла, лучистого теплообмена и т.д. Длинноволновые возмущения связаны с начальной конфигурацией плазмы до начала протекания по ней тока. По программе ТИГР-М проведены расчеты наблюдаемого в экспериментах с двухкаскадным плазменным лайнером "Zirring" эффекта, связанного с начальным неоднородным распределением плазмы, полученным в результате инжекции газа из газового сопла.

Заметим, что в расчете напуск газа из сопла и последующая контракция лайнера вследствие включения тока рассчитываются без прерывания счета.

Кроме того, с помощью расчетов по ТИГР-М показано стабилизирующее влияние внешнего аксиального магнитного поля на однородность сжатия лайнера и на развитие осесимметричных неустойчивостей. Рассматривается возможность осуществления реакции термоядерного синтеза при иницировании термоядерного горения вдоль пинча плотной плазмы от высокотемпературной ($2-10$ кэВ) области на оси ("горячей точки"), возникающей при развитии неустойчивости типа перетяжки.

1. A.D.Zubov, G.A.Adanakovich, I.V.Glazyrin. Numerical Simulation of Axisymmetric MHD instabilities Development in Z-pinch and Plasma Liners. IV Zababakhin Scientific Talks, (16-20 Oct. 1995, Snezhinsk, Chelyabinsk Region), pp.144-145.



NUMERICAL SIMULATION OF EVOLUTION OF AXISYMMETRICAL MHD-INSTABILITIES IN Z-PINCHES AND PLASMA LINERS

A.D. Zubov

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Technical
Physics, Snezhinsk, Russia

Using TIGR-M methods intended for solving two dimensional MHD-problems, numerical simulations were performed related to evolution of axisymmetrical perturbations at the boundaries of pinches and double plasma liners [1]. For Z pinch, different forms of specifying initial boundary perturbations were considered, namely in the form of harmonics with $k=1,2,4$ as well as short wave one ($k=30$). Numerical simulation takes into account different physical processes: electron conductivity and heat conduction of plasma, magnetization of transportation coefficients, ionization, Hall effect, radian heat transfer, etc. Long wavelength perturbations are associated with the initial plasma configuration before current propagation. Using TIGR-M program, zippering effect observed in experiments with two-cascade plasma liner was calculated. This effect is associated with initial non homogeneous distribution of plasma due to gas injection from the gas nozzle. Note, that gas injection from the nozzle and subsequent liner contraction caused by current were calculated in the course of simulation. Besides simulations performed by TIGR-M showed stabilizing effect of external axial magnetic field on homogeneity of liner contraction, and on evolution of axisymmetrical instabilities. Feasibility of thermonuclear fusion is considered when thermonuclear burning along a pinch of dense plasma is initiated by high-temperature (2...10 keV) region of the axis ("hot spot") arising in the course of evolution of instability of necking type.

1. A.D. Zubov, G.A. Adamkevich, I.V. Glazyrin. Numerical Simulation of Axisymmetric MHD Instability Development in Z-pinch and Plasma Liners. IV Zababakhins' Scientific Talks, (16-20 Oct 1995, Snezhinsk, Chelyabinsk Region), pp. 144-145.

ОГЛАВЛЕНИЕ

AN EXPONENTIAL DISCONTINUOUS SPATIAL DIFFERENCING SCHEME FOR THE DISCRETE-ORDINATE EQUATIONS	
Todd A. Warcing	3
PARALLEL ALGORITHM DEVELOPMENT	
Thomas F. Adams	3
TRANSITIONS, TURBULENCE, AND TRANSMUTATION	
Gary D. Doolen	4
AB INITIO CALCULATIONS FOR CONDENSED MATTER PROPERTIES	
B.I. Bennett and D.A. Liberman	4
A FAST METHOD FOR MAPPING INFORMATION FROM ONE 3-DIMENSIONAL GRID TO ANOTHER	
James M. Ferguson	5
A QUADRATIC FINITE ELEMENT METHOD FOR SOLVING THE LINEAR BOLTZMANN EQUATION	
James M. Ferguson	5
RECENT EXTENSIONS TO THE DYNAMIC ADI METHOD	
Dennis W. Hewett	6
THE EMBEDDED CURVED BOUNDARY TECHNIQUE IN MASSIVELY PARALLEL ADI	
Dennis W. Hewett	6
SOLUTION OF SN RADIATION TRANSPORT USING UNSTRUCTURED GRIDS ON PARALLEL COMPUTERS	
Niel K. Madsen, Bill Emc, Dale E. Nielsen, Jr.	7
HIGH END COMPUTING AND ITS ROLE IN STOCKPILE STEWARDSHIP	
David A. Nowak	8
THE MACRO RESPONSE MONTE CARLO (MRMC) METHOD FOR ELECTRON TRANSPORT	
M.M. Svatos, J.A. Rathkopf	8
PEREGRINE: AN ALL PARTICLE MONTE CARLO CODE FOR RADIATION TREATMENT DOSE CALCULATION	
J.A. Rathkopf, W.P. Chandler and C.L. Hartmann Siantar	9
COLLABORATIVE COMPUTING AT SANDIA NATIONAL LABS	
Joseph Durant	10
PARALLEL COMPUTING ON DISTRIBUTED NETWORKS OF COMPUTERS	
Joseph Durant	10
3D SIMULATION OF INTENSE CHARGED PARTICLE BEAMS AND MAGNETICALLY INSULATED	
Power Flow, Mark L. Kiefer	11
LOAD BALANCING AN ELECTROMAGNETIC PARTICLE-IN-CELL SIMULATION CODE ON A PARALLEL COMPUTER	
Mark L. Kiefer	11

USING HYBRID MESHES IN 3D ELECTROMAGNETIC PARTICLE IN CELL SIMULATION Mark L. Kiefer	12
SHOCK PHYSICS CODE RESEARCH AT SANDIA NATIONAL LABORATORIES; MASSIVELY PARALLEL COMPUTERS by Mike McGlaun and James Peery	12
SHOCK PHYSICS CODE RESEARCH AT SANDIA NATIONAL LABORATORIES; ADVANCED ALGORITHMS by Mike McGlaun and James Peery	13
КОНСТРУИРОВАНИЕ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА МНОГОМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ВЗАИМНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИЙ В.И. Делов, О.В. Сепилова, И.Д. Софронов	14
РАЗРАБОТКА МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С МАССОВЫМ ПАРАЛЛЕЛИЗМОМ НА ОСНОВЕ ГИПЕРКУБИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ В.А. Новочинин, А.В. Пастухов, В.А. Гусев, А.М. Лякинцев, Г.А. Поповиченко, А.А. Рунич, И.Д. Софронов, С.А. Степаненко, В.Н. Тимченко, А.А. Успенцов, А.А. Холодцов	15
МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО ОБЪЕМА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ШЕСТИГРАННИКОВ С НЕПЛОСКИМИ ГРЯНЯМИ В.И. Делов, Л.В. Дмитриев, В.В. Садчиков	16
УСТОЙЧИВЫЕ СХЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПООБЛАСТНОГО СЧЕТА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ Б.Л. Воронин, А.М. Ерофеев	17
РЕШЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ КОМПЛЕКСА МИМОЗА ЗАДАЧИ БЕЗУДАРНОГО НЕОГРАНИЧЕННОГО СЖАТИЯ ГАЗА В ПЛОСКОМ СЛУЧАЕ В.А. Сарасв	18
МЕТОДЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ (ВС) С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАМЯТЬЮ. РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ВС МП-3 И МЕКО И.Д. Софронов, Б.Л. Воронин, О.И. Бутнев, А.Н. Быков, С.И. Скрыпник D.Nielsen, Jr., D.Nowak, N.Medson, R.Evans	19
ПРОГРАММА РАТВЭЛ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙ НА ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ О.А. Воронова, Г.Г. Иванова, М.С. Самгулин, В.Н. Софронов, В.А. Устиняцкий	20
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ НЕЙТРОННО-ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ АКТИНИДОВ В ТОПЛИВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ С.Н. Абрамович, В.П. Горелов, А.Н. Гребенников, Б.Я. Гужовский, Г.Г. Фарафонов, В.И. Ильин	21
БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОСКОЛКОВ В ТОПЛИВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ С.Н. Абрамович, В.П. Горелов, А.А. Горюхиин, А.Н. Гребенников, Г.Г. Фарафонов, В.И. Ильин	22
АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙ-ТЕЙЛОРОВСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОГО ЖИДКОГО СЛОЯ С.М. Бахрах, Г.П. Симонов	23

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРОННЫХ РАСЧЕТОВ РБМК, ПРОВЕДЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДОВ ВНИИЭФ	
А.Н. Гребенников, А.К. Житник, О.А. Звятигородская, А.В. Кукушкин, А.П. Лагута, Ю.М. Матвеев, А.В. Никифорова, А.В. Певницкий, И.Е. Пономарев, В.А. Тарасов, Г.Г. Фарафонов, Л.П. Федотова, Р.М. Шагалис, В.А. Шумилин	24
ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ДИФФУЗИИ И ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ В КОМПЛЕКСЕ САТУРН НА МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ЭВМ	
А.В. Алексеев, И.Д. Софронов, Л.П. Федотова, Р.М. Шагалис	25
РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИШЕНИ С СИММЕТРИЗУЮЩИМИ ЭКРАНАМИ	
В. Ватулин, Г. Рэмизов, Р. Шагалис, Л. Вахлямова, О. Винокуров, Н. Рябкина	25
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ГРАНИЦЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПО ПРОЕКЦИОННЫМ ДАННЫМ	
П.Л. Волгов	27
DETERMINATION OF AUTO CORRELATION FUNCTION OF DISTRIBUTION OF MATTER DENSITY IN CROSS SECTION OF INTERFUSION BORDER ON PROJECTION DATA	
P.L. Volegov	28
СТАЦИОНАРНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СТРУКТУРЫ ХИМЗОНЫ ПЛОСКОЙ ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ	
Ю.А. Аминов, Н.С. Еськов, Ю.Р. Никитенко, Г.Н. Рыкованов	29
STATIONARY SOLUTION OF A REACTION ZONE STRUCTURE OF PLANE DETONATION WAVE	
Yu.A. Aminov, N.S. Es'kov, Yu.R. Nikitenko, G.N. Rykovanov	30
НЕКОТОРЫЕ СЛУЧАИ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ ИНВАРИАНТНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОДИНАМИКИ	
О.И. Морозов	31
SOME CASES OF INTEGRABILITY OF INVARIANT GASDYNAMIC EQUATIONS	
O.I. Morozov	31
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ С ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ	
Д.Н. Боков, Н.Н. Боков	32
APPLICATION OF METHOD OF CHARACTERISTIC DIRECTIONS WITH DISTINGUISHING FLOW PECULIARITIES TO CALCULATE EQUATIONS OF GAS DYNAMICS WITH HEAT CONDUCTIVITY	
D.N. Bokov, N.N. Bokov	33
О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА	
В.А. Бычешков, Н.С. Жилица, Г.З. Коваленко, И.И. Кузнецова, В.Ф. Куропатенко, А.В. Скворцов, Л.В. Хардина	34
ON REDUCTION AND IDENTIFICATION OF SEISMIC SIGNAL OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION	
V.A. Bycheskov, N.S. Zhilyaeva, G.V. Kovalenko, I.I. Kuznetsova, A.V. Skovtchen', L.V. Hardina	35
КОНЕЧНО-РАЗНОСТНАЯ МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ВЛАСОВА	
О.С. Широковская, Е.В. Диянкова	36

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЛАГГРАНЖЕВЫХ
КООРДИНАТАХ

С.К. Бурученко	37
ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТФИЗИКИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ	
А.М.Ананин, А.Ю. Бисярин, И.А. Горбатова, В.М. Грибов, А.В.Ким	37
EXPERIENCE OF CREATION OF THE PARALLEL CODE FOR THE SOLVING OF MATHEMATICAL PHYSICS PROBLEMS IN DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENT	
А.М. Anikin, A.Yu. Bisyarin, I.A. Gorbatova, V.M. Gribov, A.V.Kim	38
РАСЧЕТ КРИВЫХ ПЛАВЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ УДАРНОГО СЖАТИЯ ХЛОРПРОИЗВОДНЫХ МЕТАНА	
В.В. Дремов, Д.Г. Модестов	39
CALCULATION OF MELTING CURVES AND PARAMETERS OF SHOCK COMPRESSION OF METHANE CHLORINE DERIVATIVES	
V.V.Dryomov, D.G.Modestov	40
НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И ТУРБУЛЕНТНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ АБЛЯТИВНО УСКОРЯЕМОГО ТОНКОГО СЛОЯ	
Б.Е.Неуважасв, В.А.Льков, Е.А.Лягина, В.А.Мурашкина, А.Ф.Подкорытова, В.Д.Фролов, А.Н.Шушлебин	41
INSTABILITY AND TURBULENT MIXING IN ABLATIVELY ACCELERATED THIN LAYER	
V.E. Neuvazhaev, V.A. Lykov, E.A. Lyagina, V.A. Murashkina, A.F. Podkorytova, V.D. Frolov, A.N. Shushlebin	41
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУЭМПЕРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	
В.Е.Неуважасв	42
ПРОГРАММЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО НЕПОЛНОМУ НАБОРУ ПРОЕКЦИОННЫХ ДАННЫХ МЕТОДАМИ МАКСИМУМА ЭНТРОПИИ И СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОПЕРАТОРА РАДОНА	
П.Л. Вологов, С.В. Новицкий	43
TWO PROGRAMS FOR TOMOGRAPHY IMAGES RECONSTRUCTION BY MAXIMUM ENTHROPY AND RADON'S OPERATOR SINGULAR DECOMPOSITION TECHNIQUES FOR NOT COMPLETE SET OF PROJECTION DATA	
P.Volegov, S.Novitsky	44
ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МНОГОДИАГОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СПЕКТРАЛЬНОЙ КВАЗИДИФФУЗИОННОЙ ПОСТАНОВКЕ	
Н.Г. Карлыханов	45
DEVELOPMENT OF OPTIMAL MULTIDIAGONAL TECHNIQUES FOR SOLVING THE PROBLEMS OF RADIATION TRANSFER IN PECTRAL QUASI-DIFFUSION CONFIGURATION	
N.G. Karlykhanov	45
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАМКАХ МЕТОДИКИ РДСМ	
В.Ф. Куропатенко, Л.П.Брезгина	46

MATHEMATICAL SIMULATION OF MATTER TURBULENT MIXING PROCESSES WITHIN THE FRAMEWORK OF RDSM TECHNIQUE

V.F. Kuropatenko, L.P. Brezgina	47
ЧИСЛЕННАЯ МЕТОДИКА МУСТАНГ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНЫХ НЕЙТРОННО-ЯДЕРНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ УСТАНОВЛЕНИЯ	
S.B. Scrov	48
THE MUSTANG NUMERICAL TECHNIQUE FOR CALCULATION OF 3-D NEUTRON-NUCLEAR SYSTEM CRITICAL PARAMETERS WITH STABILIZATION METHOD	
S.B. Scrov	48
DD-СХЕМА С КОРРЕКЦИЕЙ ПОТОКА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА	
O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov	49
DD-SCHEME WITH FLOW CORRECTION FOR NUMERICAL SOLUTION OF TRANSPORT EQUATION	
O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov	49
НЕЯВНЫЕ КОНСЕРВАТИВНЫЕ МОНОТОННЫЕ СХЕМЫ ПОВЫШЕННОГО ПОРЯДКА С КОРРЕКЦИЕЙ ПОТОКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА	
O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov	50
IMPLICIT CONSERVATIVE MONOTONOUS SCHEMES OF HIGHER ORDER WITH FLOW CORRECTION FOR SOLVING TRANSPORT EQUATION	
O.S. Shirokovskaya, L.V. Sokolov	50
ДВУМЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ СЖАТИЯ И ГОРЕНИЯ МИШЕНЕЙ ДЛЯ ЛТС С НЕПРЯМЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПО КОМПЛЕКСАМ ТИГР-3Т И ТИГР-ОМЕГА-3Т	
A.N. Shushchbin, K.A. Mustafin, V.A. Lykov, A.Yu. Bisyarin, R.T. Dyldina, I.A. Kuznechenkova, E.L. Lyuzina, V.R. Nadtochiy, S.Ya. Sennikov, K.I. Smirnova, L.V. Sokolov, V.D. Frolov	51
TWO-DIMENSIONAL CALCULATIONS OF COMPRESSION AND IGNITION OF INDIRECTLY DRIVEN TARGETS FOR LTF BY TIGR-3T AND TIGR-OMEGA-3T COMPLEXES	
A.N. Shushchbin, K.A. Mustafin, V.A. Lykov, A.Yu. Bisyarin, R.T. Dyldina, I.A. Kuznechenkova, E.L. Lyuzina, V.R. Nadtochiy, S.Ya. Sennikov, K.I. Smirnova, L.V. Sokolov, V.D. Frolov	51
НЕЛИНЕЙНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ	
V.E. Nevazhaev, I.E. Parsnikov	52
NON-LINEAR PHASE OF INTERFACE PERTURBATION EVOLUTION UNDER SHOCK WAVE	
V.E. Nevazhaev, I.E. Parsnikov	52
РАСЧЕТЫ СВЕРХСЖАТИЯ ГАЗА ПО КОМПЛЕКСУ ПРОГРАММ ГРАД	
A.Yu. Adadurov, A.A. Bragin, V.A. Suchkov	53
GAS SUPERCOMPRESSION CALCULATIONS USING GRAD PROGRAM COMPLEX	
A.Yu. Adadurov, A.A. Bragin, V.A. Suchkov	54
О ВОЗМОЖНОСТЯХ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ СУПЕР-ЭВМ (SPP-1000, С-4, CRAY-T3D, J-916, SP-2) МЕТОДА ЧАСТИЦ ПРИ РАСЧЕТЕ САМОСОГЛАСОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	
A.V. Ados, G.V. Baylina, V.A. Rolyko	55

ON CAPABILITIES OF PARALLELING THE PARTICLE-IN-CELL METHOD FOR CALCULATING SELF-SIMILAR ELECTROMAGNETIC FIELDS ON MODERN SUPERCOMPUTERS (SPP-1000, C-4, CRAY-T3D, J-916, SP-2)	
A.V. Adeev, G.V. Baidin, V.A. Rot'ko	56
ПРОБЛЕМА КОНСЕРВАТИВНОСТИ РАЗНОСТНЫХ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ	
V.Ф. Куропатенко	57
PROBLEM OF CONSERVATISM OF DIFFERENCE LAWS OF CONSERVATION	
V.F. Kuropatenko	57
НЕЯВНЫЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД "РОМБ" ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ НА ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЛАНГРАНЖЕВО-ЭЙЛЕРОВЫХ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ СЕТКАХ	
A.Д. Гаджиев, С.Ю. Кузьмин, С.Н. Лебедев, В.Н. Писарев, А.А. Шестаков	58
IMPLICIT FINITE DIFFERENCE TECHNIQUES FOR SOLUTION OF TWO-DIMENSIONAL EQUATIONS OF MATHEMATICAL PHYSICS BASED ON DIAMOND-TYPE APPROXIMATION AND THEIR APPLICATION IN MATHEMATICAL SIMULATION OF CONTINUOUS MEDIA MECHANICS AND KINETIC PROCESSES	
A.D. Gadzhiev, S.Yu. Kuzmin, S.N. Lebedev, S.N. Pisarev, A.A. Shestakov	59
НОВЫЙ МОНОТОНИЗАТОР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ, АППРОКСИМИРУЮЩИХ УРАВНЕНИЕ ПЕРЕНОСА С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ	
В.Ю. Гусев, М.Ю. Козманов, Н.Я. Моисеев	60
СОГЛАСОВАННАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В РАЗНОСТНЫХ СХЕМАХ ТИПА ГОДУНОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ	
Н.Я. Моисеев	61
НЕЯВНЫЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД "РОМБ" ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ НА ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЛАНГРАНЖЕВО-ЭЙЛЕРОВЫХ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ СЕТКАХ	
A.Д. Гаджиев, С.Ю. Кузьмин, С.Н. Лебедев, В.Н. Писарев	62
МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ	
К.И. Симонова, А.А. Шестаков	63
ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РГД С УЧЕТОМ СПЕКТРАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ	
А.А. Шестаков	64
МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В МНОГОГРУППОВОМ P ₁ -ПРИБЛИЖЕНИИ	
A.Д. Гаджиев, А.А. Шестаков	6
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ С ПОКОМПОНЕНТНЫМ ОСТАНОВОМ	
А.А. Малеев	6
SUCCESSIVE APPROXIMATIONS UNDER COMPONENT-WISE STOP	
A.A. Maleev	6
2D И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
В.М. Крюков, Д.В. Могиленских, В.В. Федоров	6

2D AND 3D VISUALIZATION OF MATHEMATICAL MODELING RESULTS FOR COMPLEX PHYSICAL SYSTEMS

V.M.Kryukov, D.V.Mogilenskikh, V.V.Fyodorov 68

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЁТЫ РАЗВИТИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ МГД-НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ В Z-ПИНЧАХ И ПЛАЗМЕННЫХ ЛАЙНЕРАХ

А.Д.Зубов 59

NUMERICAL SIMULATION OF EVOLUTION OF AXISYMMETRICAL MHD-INSTABILITIES IN Z-PINCHES AND PLASMA LINERS

A.D. Zubov 70



Тезисы подготовлены при компьютерной
поддержке фирмы КЛОН,
тел. (351-72) 3-99-97

Тезисы подготовлены в ОНТИ РФЯЦ-ВНИИТФ
Ответственный за оригинал-макет
Верстка
Ответственный за тираж

Т.Н. Горбатова
Н.Н. Репьева
В.Н. Ильченко