Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. И. Аптекарев, А. Л. Афендилов, В. М. Бухштабер, С. К. Годунов, А. Б. Жижченко, В. В. Козлов, А. И. Маслов, В. П. Платонов, В. Ф. Тишкин, Л. Д. Фаддеев, Борис Николаевич Четверушкин (к семидесятилетию со дня рождения), *УМН*, 2014, том 69, выпуск 2, 203–207

DOI: <https://doi.org/10.4213/rm9585>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.237.206.68

26 апреля 2023 г., 08:28:45

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ

Борис Николаевич Четверушкин

(к семидесятилетию со дня рождения)

26 января 2014 г. исполнилось 70 лет Борису Николаевичу Четверушкину – крупному ученому, специалисту в области прикладной математики, академику, члену Президиума РАН, директору Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН.

Борис Николаевич Четверушкин – автор фундаментальных результатов в области прикладной математики, параллельных вычислений и математического моделирования, которые получили международную известность и признание. Он является председателем Национального комитета по индустриальной и прикладной математике (российского представителя в SIAM) и членом Европейской ассоциации по вычислительным методам в прикладных науках (ECCOMAS). Борис Николаевич выступал с почетными приглашенными докладами на многих всемирных и европейских конгрессах и конференциях по вычислительным методам (ECCM), вычислительной гидродинамике (ECCFD), вычислительной механике (SEECM), вычислительной аэроакустике и др.

Борис Николаевич Четверушкин вырос в Москве в семье медиков. В 1960 г. он поступил в Московский физико-технический институт, который окончил в 1966 г. Руководителем его дипломной работы (1963–1966), а затем и кандидатской диссертации в аспирантуре МФТИ стал один из пионеров отечественной вычислительной математики, активный участник Атомного проекта В. Я. Гольдин. Основное направление их тогдашних научных исследований – актуальные задачи радиационной газовой динамики, включая и оборонную тематику.

В 1968 г. Б. Н. Четверушкин поступил на работу в Институт прикладной математики АН СССР и в 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему “Методы численного решения и исследование некоторых задач радиационной газовой динамики”.

В это время сформировался научный стиль Бориса Николаевича, характеризующийся многосторонним и глубоким пониманием сущности изучаемых процессов и явлений. Его выделяло искусство формулировки адекватных математических моделей, допускающих подробное исследование методами современной науки, умение предложить

соответствующие им вычислительные модели и алгоритмы с учетом возможностей и специфики существующих технических средств.

В 1981 г. Борис Николаевич защитил докторскую диссертацию по спецтематике, некоторые фрагменты которой отражены в его монографии [6]. Он – профессор (1988), заслуженный деятель науки Российской Федерации (2000) и лауреат премии им. А. Н. Крылова РАН (2001). В 2000 г. он был избран членом-корреспондентом РАН, а в 2011 г. – действительным членом РАН.

Результаты Бориса Николаевича отражены более чем в 350 научных публикациях, в том числе в 4 монографиях. Центральное место в его научном творчестве занимает математическое моделирование.

Он получил основополагающие результаты в области численного решения кинетических уравнений радиационной газовой динамики, основанные на идее лебеговского осреднения характеристик среды. Задача для спектрального уравнения переноса излучения была сведена к решению задачи в приближении “серой материи” (без зависимости от энергии фотонов) [1], [2], [6]. Эта работа молодого ученого была высоко оценена Я. Б. Зельдовичем.

Одним из центральных достижений Бориса Николаевича является теория квазигазодинамических (КГД) уравнений. Эти уравнения впервые возникли в 1980-е годы как дифференциальные приближения к кинетически согласованным разностным схемам, где была явно сохранена связь с исходными кинетическими уравнениями динамики газа. При выводе схемы предполагалось, что в некоторый момент времени функция распределения является локально максвелловской и слабо меняется на расстояниях порядка длины свободного пробега молекул. В течение интервала времени между столкновениями молекул происходит их бесстолкновительный разлет, а затем происходит мгновенная максвеллизация функции распределения [5]. Позднее в трудах Б. Н. Четверушкина и его школы это направление превратилось в теорию кинетически согласованных разностных схем и оказалось весьма эффективным в вычислительной гидродинамике, аэроакустике, при моделировании процессов горения и для ряда других актуальных проблем [7]–[9], [11], [12], [14].

Теоретические исследования явных схем, построенных на основе КГД системы уравнений, показали, что при численном моделировании течений невязкого газа (когда все диссипативные слагаемые в системе носят искусственный характер и являются регуляризаторами), а также сверх- и трансзвуковых течений вязкого газа условие устойчивости имеет курантовский вид. Позднее был предложен и гиперболизированный вариант КГД системы уравнений. Эта модифицированная система имеет гиперболический тип и более слабое условие устойчивости для разностной схемы, что оказалось крайне важным при проведении массовых расчетов. Кинетические, или больцмановские, схемы в настоящее время широко применяются в вычислительной газовой динамике и являются эффективным подходом к моделированию задач механики сплошной среды на многопроцессорных вычислительных системах [13], [15].

В задачах моделирования в микро- и наноэлектронике Б. Н. Четверушкиным с сотрудниками была разработана квазигидродинамическая модель для полупроводниковой электронно-дырочной плазмы (ЭДП), а применение кинетически согласованных разностных схем к задачам полупроводниковой микроэлектроники и внедрение параллельных вычислений в процесс моделирования нелинейных процессов в перспективных электронных приборах позволили в численных экспериментах подтвердить новые физические эффекты, предсказанные теоретически и подтвердившиеся позднее в натурных экспериментах. Им с сотрудниками проведено моделирование неравновесных процессов в ЭДП полупроводниковых гетероструктур. В пространственно одномерном и двумерном случаях были изучены процессы формирования нелинейных структур в ЭДП, разогреваемой электрическим током, исследовано влияние начальных условий и длины образца на формирование стационарных доменных структур ЭДП. В результате была подтверждена важность учета фактора разогрева ЭДП, а на

основе проведенных расчетов предложена схема полупроводникового инжекционного гетеролазера.

В 2000-х годах Борис Николаевич внес существенный вклад в вычислительную геофизику. По аналогии с кинетически согласованными разностными схемами для решения задач газовой динамики им была предложена гиперболическая модель фильтрации и трехслойная разностная схема для ее моделирования. Аппроксимация уравнения неразрывности явной схемой второго порядка по пространству и времени и динамические адаптивные сетки для моделирования нефтедобычи в неоднородной среде легли в основу пакета программ для геологического моделирования, где построена 3D-модель месторождения с учетом скважин и разломов и производится автоматическая классификация литотипов с последующей интерполяцией и стохастическим моделированием. В пакете имеется гидродинамический симулятор пластовой фильтрации, в котором реализованы как модель черной нефти, так и композиционная модель.

В области вычислительной аэроакустики под руководством Б. Н. Четверушкина были проведены численные исследования звукопоглощающих конструкций авиадвигателей, моделирование механизмов генерации аэродинамического шума в турбулентном следе при обтекании шасси самолета и поиск путей воздействия на шум, при этом использовались сетки, включающие до 100 млн тетраэдров, и было задействовано до 12 800 процессоров.

Б. Н. Четверушкин является пионером в использовании многопроцессорных суперкомпьютеров в России. Еще в 1988 г. им были проведены расчеты задач газовой динамики на 40 процессорах Т-114. Эти работы послужили основой для принятия решения о создании российского суперкомпьютера. Он был одним из инициаторов и непосредственным участником создания гибридного суперкомпьютера К-100 (ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, НИИ “Квант”) производительностью 107 Tflops (2010). Для работы на таких вычислительных комплексах потребовалась работа на больших сетках с рациональной декомпозицией и динамической балансировкой. Было создано программное обеспечение для суперкомпьютера на основе новых численных методик: кинетически согласованных разностных схем магнитной гидродинамики, методики 3D-расчетов задач радиационной магнитогидродинамики в двухжидкостном приближении, модели кинетики населенностей уровней ионов, включая неравновесное распределение электронов и радиационные процессы, модели динамики многокомпонентной плазмы, модели нестационарных процессов в плазме на основе кинетического уравнения Больцмана, многогрупповых по спектру моделей переноса энергии излучением, статистических квантово-механических моделей вещества [8], [10], [16], [21].

Вклад Бориса Николаевича в развитие высокопроизводительных вычислений получил международное признание. Международный проект “Эксафлопсная инициатива” (NuFuSE – Nuclear Fusion Simulations at Exascale), в котором он возглавлял российских участников, был поддержан сообществом фондов фундаментальных исследований стран “Большой восьмерки”. Этот проект посвящен моделированию задач управляемого термоядерного синтеза на ЭВМ эксафлопсной производительности. В нем решалась проблема полномасштабного по времени и пространству моделирования плазмы в установках управляемого термоядерного синтеза на основе кинетических и радиационно-магнитогидродинамических моделей неравновесной плазмы высокой плотности энергии. Российские участники отвечали за разработку математических моделей неравновесной плазмы для анализа пристеночных процессов в экспериментальных термоядерных устройствах. Еще одна задача посвящена исследованию турбулентного тепломассопереноса в диверторе ITER. В расчетах использовались созданные в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН таблицы уравнений состояния и оптических свойств неравновесной плазмы. Расчеты выполнялись на суперкомпьютерах К-100 и Helios (IFERC, Роккашю, Япония).

С 1998 г. по 2010 г. Борис Николаевич – директор Института математического моделирования РАН. В 2010 г. в связи с укрупнением научных организаций РАН коллектив ИММ РАН переходит в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, и вскоре Борис Николаевич становится его директором.

Б. Н. Четверушкин активно занимается подготовкой научных кадров. Он является заведующим кафедрой Московского физико-технического института и профессором факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М. В. Ломоносова. Среди его учеников 30 кандидатов и 6 докторов наук. Созданная им научная школа соединяет лучшие традиции математического моделирования в естествознании с современными суперкомпьютерными технологиями.

Б. Н. Четверушкин – главный редактор журнала “Математическое моделирование” и член редколлегии “Журнала вычислительной математики и математической физики”.

От всей души поздравляем Бориса Николаевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и новых научных успехов.

А. И. Аптекарев, А. Л. Афендииков, В. М. Бухштабер,
С. К. Годунов, А. Б. Жижченко, В. В. Козлов, А. И. Маслов,
В. П. Платонов, В. Ф. Тишкин, Л. Д. Фаддеев

Избранные научные труды Б. Н. Четверушкина

- [1] “Об одном методе совместного решения уравнения энергии и уравнения переноса излучения”, *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.*, **10:5** (1970), 1290–1292; англ. пер.: “A method for simultaneously solving the energy equation and the radiation transfer equation”, *U.S.S.R. Comput. Math. Math. Phys.*, **10:5** (1970), 280–283.
- [2] “Эффективный метод решения уравнения переноса излучения в низкотемпературной плазме”, *Докл. АН СССР*, **195:2** (1970), 315–317 (совм. с В. Я. Гольдиным).
- [3] “Оптический пробой молекулярного азота в широком диапазоне давлений вблизи твердой мишени”, *Квантовая электроника*, **9:2** (1982), 906–917 (совм. с В. И. Мажукиным, А. А. Угловым).
- [4] “Об одной схеме интегрирования уравнений газовой динамики”, *Препринты ИПМ*, 1983, 113, 12 с. (совм. с М. И. Волчинской, А. Н. Павловым).
- [5] “Применение кинетического алгоритма для расчета газодинамических течений”, *Дифференц. уравнения*, **21:7** (1985), 1179–1190 (совм. с Т. Г. Елизаровой, А. Н. Павловым); англ. пер.: “Application of a kinetic algorithm for calculating gas dynamic flows”, *Differential Equations*, **21:7** (1985), 798–803 (with T. G. Elizarova, A. N. Pavlov).
- [6] *Математическое моделирование задач динамики излучающего газа*, Наука, М., 1985, 304 с.
- [7] “Метод расчета двумерных полупроводниковых структур в квазигидродинамическом приближении”, *Докл. АН СССР*, **298:6** (1988), 1367–1371 (совм. с В. А. Николаевой, В. И. Рыжим).
- [8] “Применение многопроцессорных транспьютерных систем для решения задач математической физики”, *Матем. моделирование*, **4:11** (1992), 75–100 (совм. с Т. Г. Елизаровой).
- [9] “К теории кинетически согласованных разностных схем”, *Матем. моделирование*, **7:11** (1995), 109–125 (совм. с А. В. Лукшиным).
- [10] “Проблемы эффективного использования многопроцессорных вычислительных систем”, *Информационные технологии и вычислительные системы*, 2000, №2, 22–34.

- [11] *Кинетические схемы и квазигазодинамическая система уравнений*, МАКС Пресс, М., 2004, 328 с.; англ. пер.: *Kinetic schemes and quasi-gas dynamic system of equations*, CIMNE, Barcelona, 2008, 298 pp.
- [12] “Двумерная модель автомобильных потоков”, *Матем. моделирование*, **18**:6 (2006), 85–95 (совм. с Ю. Н. Карамзиным, М. А. Трапезниковой, Н. Г. Чурбановой).
- [13] “Вычислительный и программный инструментарий для моделирования трехмерных течений вязкого газа на многопроцессорных системах”, *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.*, **48**:2 (2008), 309–320 (совм. с Е. В. Шильниковым); англ. пер.: “Software package for 3D viscous gas flow simulation on multiprocessor computer systems”, *Comput. Math. Math. Phys.*, **48**:2 (2008), 295–305 (with E. V. Shilnikov).
- [14] “Квазигидродинамическая модель и мелкомасштабная турбулентность”, *Матем. моделирование*, **20**:2 (2008), 13–20 (совм. с И. А. Ивахненко, С. В. Поляковым); англ. пер.: “Quasihydrodynamic model and small-scale turbulence”, *Math. Models Comput. Simul.*, **1**:1 (2009), 44–50 (with I. A. Ivakhnenko, S. V. Polyakov).
- [15] “О параболичности квазигазодинамической системы уравнений, ее гиперболической 2-го порядка модификации и устойчивости малых возмущений для них”, *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.*, **48**:3 (2008), 445–472 (совм. с А. А. Злотником); англ. пер.: “Parabolicity of the quasi-gasdynamic system of equations, its hyperbolic second-order modification, and the stability of small perturbations for them”, *Comput. Math. Math. Phys.*, **48**:3 (2008), 420–446 (with A. A. Zlotnik).
- [16] “High-performance computing: fundamental problems in industrial applications”, *Parallel, distributed and grid computing for engineering*, Chapter 17, Computational Science, Engineering & Technology Series CSETS, **21**, eds. B. H. V. Topping, P. Iványi, Saxe-Coburg Publications, Stirlingshire, UK, 2009, 369–388.
- [17] “Моделирование течений несжимаемой жидкости и слабосжимаемого газа на многоядерных гибридных вычислительных системах”, *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.*, **50**:12 (2010), 2275–2284 (совм. с А. А. Давыдовым, Е. В. Шильниковым); англ. пер.: “Simulating flows of incompressible and weakly compressible fluids on multicore hybrid computer systems”, *Comput. Math. Math. Phys.*, **50**:12 (2010), 2157–2165 (with A. A. Davydov, E. V. Shilnikov).
- [18] “Многопроцессорная вычислительная система гибридной архитектуры МВС-экспресс”, *Докл. РАН*, **434**:4 (2010), 459–463 (совм. с А. А. Давыдовым, А. О. Лацисом, А. Е. Луцким, Ю. П. Смольяновым, Е. В. Шильниковым); англ. пер.: “The hybrid supercomputer MVS-express”, *Dokl. Math.*, **82**:2, 816–819 (with A. A. Davydov, A. O. Latsis, A. E. Lutsky, Yu. P. Smol’yanov, E. V. Shil’nikov).
- [19] “Расширение DVM-модели параллельного программирования для кластеров с гетерогенными узлами”, *Докл. РАН*, **441**:6 (2011), 734–736 (совм. с В. А. Бахтиным, В. А. Крюковым, Е. В. Шильниковым); англ. пер.: “Extension of the DVM parallel programming model for clusters with heterogeneous nodes”, *Dokl. Math.*, **84**:3, 879–881 (with V. A. Bakhtin, V. A. Kryukov, E. V. Shil’nikov).
- [20] “Явные схемы и моделирование на вычислительных системах сверхвысокой производительности”, *Докл. РАН*, **446**:5 (2012), 501–503 (совм. с А. В. Гулиным); англ. пер.: “Explicit schemes and numerical simulation using ultrahigh-performance computer systems”, *Dokl. Math.*, **86**:2, 681–683 (with A. V. Gulin).
- [21] “Пределы детализации и формулировка моделей уравнений сплошных сред”, *Матем. моделирование*, **24**:11 (2012), 33–52; англ. пер.: “Resolution limits of continuous media mode and their mathematical formulations”, *Math. Models Comput. Simul.*, **5**:3 (2013), 266–279.