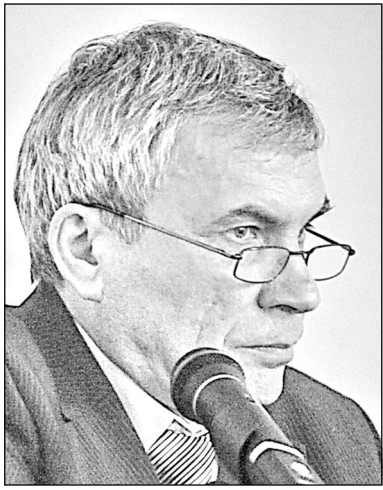


## ВЕСТИ



# В Президиуме СО РАН

На очередном заседании Президиума Сибирского отделения Российской академии наук 7 апреля с научным докладом «Новые перспективы моделирования сложных физических систем: от сверхскоростных телекоммуникационных линий связи до нанооптики» выступил заместитель директора ИВТ СО РАН д.ф.-м.н. **М.П. Федорук**.

очень эффективно развивается в рамках Сибирского отделения. Достаточно упомянуть институты Автоматики и электротехники, Лазерной физики, лабораторию лазерных систем НИЧ НГУ, которые имеют результаты мирового уровня.

В настоящее время волоконные лазеры, особенно непрерывные, составляют уже серьезную конкуренцию газовым и твердотельным лазерам и используются в различных технологиях: сварки, резки металлов, плавания вещества и т.п. А фемтосекундные волоконные лазеры начинают активно использоваться в микрообработке прозрачных материалов, в биологии, медицине. Если же говорить о бизнес-составляющей, то в 2007 году рынок волоконных лазеров в США составлял порядка 240 млн долларов.

Работы по математическому моделированию волоконных лазеров выполняются ИВТ в рамках двух совместных проектов с ИТПМ, ИАиЭ и рядом зарубежных институтов. Отличительной особенностью разрабатываемых моделей является подход, основанный на амплитудных нелинейных уравнениях Шредингера.

Теперь о некоторых новых технологиях, которые возможны с использованием лазерных систем. В рамках развития Национального исследовательского университета НГУ совместно с Центром волоконной оптики и автоматики создаётся практически един-

ственная численными расчётами.

Интереснейшее направление — моделирование задач нанофоники. Известно, что исследования в области наноструктурированных материалов ведутся во многих странах. На их основе можно создавать уникальные приборы. Например, сейчас серьезно говорят о создании линз с разрешением меньше дифракционного предела в оптическом диапазоне, всенаправленных оптических концентраторов, которые называют ещё «оптическими чёрными дырами», фотонных кристаллов, на основе которых можно управлять нелинейностью и дисперсионными свойствами.

Для целей моделирования наноструктурированных материалов разрабатываются эффективные алгоритмы численных решений нестационарных уравнений Максвелла с учётом дисперсии, анизотропии, нелинейности. Докладчик продемонстрировал принципиальную схему развитого в ИВТ конечно-объёмного метода и примеры расчётов некоторых наноструктурированных материалов: гиперлинзы, т.е. линзы с разрешением менее дифракционного предела, и так называемой оптической ловушки — концентратора световых импульсов, который может полностью поглотить световое излучение.

Наконец, сравнительно недавно стала развиваться тематика, связанная с матема-

ханике и процессам управления чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко.

Основные научные направления института — аэрогазодинамика, математическое моделирование в механике, физико-химическая механика, механика твёрдого тела, деформации и разрушения.

В институте работают 202 научных сотрудника, в том числе один академик, 63 доктора и 111 кандидатов наук. За отчётный период сотрудниками института защищены 11 докторских и 31 кандидатская диссертация. Средний возраст научных работников на конец проверяемого периода — 51,5 года. Работников в возрасте до 39 лет насчитывается 64 чел., т.е. 31,7%.

В институте активно работают три ведущие научные школы, имеющие государственную поддержку: «Моделирование ударно-волновых процессов в многокомпонентных и гетерогенных средах» (руководитель — ак. В.М. Фомин), «Динамические процессы в многофазных системах» (руководитель — ак. Р.И. Нигматулин) и «Экспериментальные и теоретические исследования гидродинамической неустойчивости и турбулентности течений гомогенных и гетерогенных жидкостей и газов» (руководители — доктора физико-математических наук В.В. Козлов и В.Я. Рудяк).

Уникальная аэрогазодинамическая база ИТПМ включает 11 аэродинамических труб, охватывающих практически весь диапазон скоростей современной авиации и ракетно-космической техники. Все они оснащены современной регистрирующей и измерительной аппаратурой, на каждой из них функционирует автоматизированная система сбора и обработки экспериментальной информации. Ведутся работы по созданию новой гиперзвуковой трубы АТ-304, которая по уровню реализуемых параметров (чисел Рейнольдса) будет превышать мировой уровень в этом диапазоне скоростей.

Наличие высококвалифицированного научного и научно-технического персонала и развитого комплекса оборудования позволяют институту успешно решать на мировом уровне многие фундаментальные и прикладные задачи. По ряду научных направлений институт занимает ведущие позиции в стране. Наиболее значимые достижения регулярно находят отражение в годовых отчётах РАН и СО РАН.

Охарактеризовать результаты института даже выборочно не позволяет скромный размер газетной публикации. Но невозможно не назвать блестящие исследования ламинарно-турбулентного перехода в пограничном слое и разработки методов подавления акустических возмущений на поверхности летательного аппарата. Так, например, экспериментально и теоретически показано, что в гиперзвуковом ударном слое возникающие на поверхности летящего тела пульсации могут быть подавлены искусственно вводимыми периодическими возмущениями (допустим, электрическим разрядом). С тем же явлением можно бороться и другими способами, к примеру, применением пористых материалов. А при движении с дозвуковыми скоростями, характерными для малых летательных аппаратов, установлено, что волнистое крыло даёт более высокие аэродинамические характеристики и обеспечивает устойчивость от срыва в штопор даже при широком диапазоне углов атаки.

Высокую оценку получили работы ИТПМ, направленные на создание наукоёмких технологий и доведение их до практической реализации. Широко известны разработки в области лазерной резки и лазерной сварки листовых материалов, технологии производства наноразмерных порошков, пневмоимпульсной очистки трубопроводов и т.д. А за создание технологии холодного газодинамического напыления группа сотрудников института во главе с ак. В.М. Фоминым удостоена премии Правительства РФ. Правда, эта награда уже вышла за рамки отчётного периода.

По результатам обсуждения докладов, в котором приняли участие академики В.Н. Пармон, Р.З. Сагдеев, М.И. Елов, А.Л. Асеев, В.М. Фомин, В.Ф. Шабанов, профессора С.Г. Псахье и Б.С. Елепов, деятельность ИТПМ СО РАН за отчётный период была признана хорошей. Отмечено, что по уровню научных исследований и научно-технических разработок в области аэрогазодинамики институт входит в число ведущих организаций РАН.

(Окончание на стр. 3)

Кратко охарактеризовав инфраструктуру высокопроизводительных вычислительных систем в масштабах Новосибирского научного центра, докладчик остановился на основных результатах, которые получены в Институте вычислительных технологий с их использованием.

Подробно были рассмотрены вопросы математического моделирования высокоскоростных волоконно-оптических линий связи.

Сегодня протяжённость только магистральных трансокеанических подводных линий связи составляет 600 тыс. км (нетрудно подсчитать, что этими линиями можно 15 раз обмотать Земной шар), а протяжённость всех наземных линий — более 1 млрд км. К 2015 году ожидается удвоение этой цифры. В настоящее время Интернетом пользуется примерно 1 млрд человек, причём 75% всего трафика осуществляется с помощью волоконных линий связи. По прогнозам, в 2015 году Интернетом будет пользоваться порядка 5 млрд человек, поэтому задача дальнейшего наращивания волоконно-оптических линий связи остаётся на повестке дня.

В настоящее время скорость передачи по магистральным волоконно-оптическим линиям связи составляет от 1 до 2 терабит в секунду. Такая высокая скорость обусловлена использованием технологии спектрального уплотнения каналов, когда информация одновременно передаётся на разных частотах, разделённых примерно на 100 ГГц.

Но уже сейчас на всех серьёзных международных научных конференциях, посвящённых волоконной оптике, активно обсуждаются вопросы о новых принципах передачи информации со скоростью 50–100 терабит в секунду по одному волоконному световоду. Начиная уже говорить о петабитных гиперскоростях передачи информации с использованием технологии спектрального уплотнения.

Чтобы показать, что означает 1 петабит в секунду, достаточно сказать, что при такой скорости за две минуты можно передать всю информацию, накопленную человечеством за всю его историю. Вследствие дороговизны натуральных экспериментов задачи математического моделирования волоконно-оптических линий связи являются весьма актуальными.

Вообще, современные волоконно-оптические линии связи представляют собой довольно сложные системы. Они состоят из множества устройств: передатчиков оптических сигналов, приёмников, самих каналов связи, коими являются волоконные световоды, различных фильтров, мультиплекторов, демультиплекторов, оптических усилителей и т.д. Все эти устройства описываются своими математическими моделями.

Только один из примеров. В волоконно-оптических линиях связи при увеличении скорости распространения существенное влияние начинают оказывать нелинейные эффекты, и основным параметром, характеризующим ту или иную линию связи, является коэффициент ошибки. В докладе показан пример прямого моделирования статистики ошибок, выполненный на кластере Информационно-вычислительного центра НГУ, когда пик и величина ошибки существенным образом зависят от вида битовой последовательности. Например, в случае амплитудно-модулированного формата наиболее опасным с точки зрения возникновения ошибок является сочетание 101, а для фазово-модулированного формата существуют два основных ошибочных триплета: 010 и 101. В настоящее время разработан адаптивный блочный код с ограничениями, предназначенный для удаления определённых битовых сочетаний из передаваемого потока данных, который позволяет существенным образом подавить коэффициент ошибки.

От линий связи докладчик плавно перешёл к математическому моделированию волоконных лазеров, работа над которыми



ственная в России установка, позволяющая записывать любые прозрачные трёхмерные структуры показателя преломления в прозрачных материалах (например, в стекле). Дело в том, что если интенсивность фемтосекундного лазерного излучения превышает примерно 10 тераватт на кв. см, то тогда в прозрачной структуре возможны необратимые изменения показателя преломления. Такие технологии начинают уже активно использоваться для записи брэгговских решёток, показателя преломления волоконных световодов и т.д.

Физика процесса до конца не понятна, поэтому очень важным является использование методов математического моделирования. Самый простая математическая модель, тем не менее, достаточно сложная в исполнении, представляет собой нелинейное уравнение Шредингера для амплитуды огибающей электрического поля и уравнение непрерывности для плотности плазмы, которая возникает в процессе записи.

Ещё одна технология, где собираются использовать волоконные и вообще лазерные системы — это технология сбора и конвертации солнечного излучения в лазерное излучение и его транспортировка на Землю. Сегодня это кажется фантастикой, однако японцы собираются к 2030 году построить орбитальную станцию, которая работала бы на этих принципах. В совместной работе ИВТ с Ливерморской лабораторией показана принципиальная возможность сжатия лазерного пучка по сравнению с дифракционным пределом без его филаментации и разрушения.

После того как была понята аналогия между распространением лазерного излучения с орбиты на земную поверхность и распространением оптического излучения в усиливающих средах, была построена точная теория развития модуляционной неустойчивости в лазерных и оптических усилителях, подтвер-

ждающим моделированием наноструктур с квантовыми точками (совместно с ИФП). Здесь также разрабатываются некоторые эффективные численные алгоритмы, как, например, алгоритм расчёта локальных упругих деформаций в системе германий — кремний.

В заключение М.П. Федорук констатировал, что в Сибирском отделении есть уникальные условия для эффективного сотрудничества в самых разных областях и реализации совместных проектов: интеграционных, федеральных и международных. Но для дальнейшей интеграции в области решения сложных вычислительных задач в СО РАН необходимо создать распределённый вычислительный кластер мирового уровня. Пока же суммарная мощность всех вычислительных кластеров ННЦ на одном уровне с суперкомпьютером, который находится в Топ-500 на последнем месте.

Важнейшей целью является также подготовка междисциплинарных специалистов, способных применять технологии высокопроизводительных вычислений для решения различных физических и инженерных задач.

В оживлённом обсуждении доклада приняли участие академики В.Н. Пармон, Э.П. Кругляков, Б.Г. Михайленко, В.Ф. Шабанов, А.Л. Асеев, профессора С.Г. Псахье и В.А. Собянин. Все выступавшие дали высокую оценку полученным результатам. Особо подчёркивалось, что данные натурных экспериментов и численных расчётов очень хорошо согласуются между собой, а все результаты имеют практическую направленность и могут быть использованы при создании принципиально новых устройств и технологий.

О результатах комплексной проверки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН отчитались чл.-корр. РАН А.Н. Павленко и заместитель председателя ОУС СО РАН по энергетике, машиностроению, ме-