

В плазменных лабораториях ИЯФа

Профессор Манфред Тумм возглавляет Институт импульсной мощности и микроволновых технологий в г. Карлсруэ (Германия), который является частью Института технологий, сформированного в октябре 2009 года на основе объединения Университета и Исследовательского центра Карлсруэ. В Исследовательском центре работает около 8 тыс. человек, а в Университете учится 21 тыс. студентов. Господин Тумм — профессор факультетов электротехники и информационных технологий с 1990 года. Он читает лекции по технике микроволновых измерений, по микроволновым интегрированным системам и линиям связи, а также по инженерным решениям в области мощных СВЧ-устройств. Аналогичная тематика его исследовательской работы в Институте импульсной мощности и микроволновых технологий, где он занимается созданием устройств для генерации мощного СВЧ излучения и поиском путей его перспективных приложений. Следует отметить, что господин Тумм ещё в студенческие годы занимался созданием нейтронного детектора и по окончании университета получил диплом по специальности «ядерная физика», что вполне созвучно названию крупнейшего из институтов СО РАН.

Осенью прошлого года Новосибирский госуниверситет вышел в победители конкурса, проводимого Минобрнауки с целью финансовой поддержки исследований, осуществляемых под руководством одного из ведущих учёных, имеющих мировую известность. В частности, одним из грантов, поддержанных министерством, стал проект по физике, цель которого — создание в НГУ Лаборатории перспективных исследований миллиметрового и терагерцевого излучения под руководством профессора Манфреда К.А. Тумма. Выделение средств на период 2010—2012 годы в сумме 125 млн рублей зафиксировано трехсторонним договором, который подписан министром А.А. Фурсенко, профессором Манфредом К.А. Туммом и ректором НГУ профессором В.А. Собяниным. Поскольку научно-исследовательская деятельность НГУ неразрывно связана с институтами Новосибирского научного центра, выполнение ряда задач указанного проекта немалым образом способствует участию сотрудников ИЯФ СО РАН, что и предусматривает соответствующее дополнительное соглашение между университетом и институтом.

Наш корреспондент повстречался с руководителями работ в создаваемой по гранту лаборатории профессором М.К.А. Туммом и профессором А.В. Аржанниковым.

— Господин Тумм, расскажите, пожалуйста, о тематике проекта.

— Я очень доволен тем, что сейчас могу сочетать работу в своем институте в Германии с руководством работ по нашему совместному гранту с НГУ, в котором Институт ядерной физики является полноправным участником. В рамках работ по гранту уже создана Лаборатория перспективных исследований по миллиметровому и терагерцевому излучению. Такое электромагнитное излучение имеет широкую сферу приложений и, в частности, находит применение в задаче получения и исследования термоядерной плазмы.

У всех на слуху недавняя катастрофа в Японии на атомной электростанции в Фукусиме. Этот случай наглядно продемонстрировал опасность ядерных реакторов. В отличие от них будущий термоядерный реактор будет гораздо более безопасным. Температуры, необходимые для осуществления термоядерной реакции, такие же, как и в



недрах Солнца, потому что на Солнце энергия производится как раз за счет этих реакций. Таким образом, нам необходимы температуры ионизованного газа порядка 100 млн градусов, чтобы такой газ назывался термоядерной плазмой. А то, что мы сейчас делаем, можно сравнить с процессом приготовления еды на кухне при помощи микроволновой печи. На кухне мы используем так называемый магнетрон с частотой излучения 2,4 ГГц, который позволяет получить 1800 кВт мощности. Для нагрева плазмы необходимы несравнимо большие мощности и частоты излучения. Это одно из применений миллиметровых волн.

Другое применение — это использование миллиметровых волн для обработки материалов, например, для синтеза нанокерамики, а также для создания полупроводниковых структур, которые используются для производства мобильных телефонов. Миллиметровое излучение используется также для проведения каталитических химических реакций.

В Институте прикладной физики в Нижнем Новгороде учёные пытаются вырастить искусственный алмаз при помощи СВЧ-излучения. Сейчас уже производятся целые диски из углерода с кристаллической решеткой алмаза. Я привел только ряд примеров из общей сферы применений миллиметрового излучения.

Длина волны в 1 мм соответствует частоте 300 ГГц. Более короткие волны уже соответствуют терагерцевым частотам, которые сегодня находят широкое применение, например, при решении проблем безопасности (сканирование почтовых отправлений на предмет обнаружения наркотиков и взрывчаток). Каждое вещество имеет свой особый резонансный спектр излучения и поглощения в терагерцевом диапазоне и поэтому может быть легко идентифицировано. Также терагерцевое излучение может быть успешно применено в медицине, например, при лечении рака кожи.

Что касается нашего проекта, то мы планируем изучать генерацию электромагнитного излучения высокой мощности в экспериментах по двум направлениям. Одно из них будет реализовано в ИЯФе на установке ГОЛ-3, где удерживается плазма, нагреваемая электронным пучком, который, в свою очередь, является причиной появления так называемой ленгмюровской турбулентности. Эта турбулентность приводит к образованию плазменных пучков, которые рассеиваются на флуктуациях плотности плазмы, что обеспечивает генерацию электромагнитного излучения с так называемой плазменной частотой. При слиянии двух плазменных пучков происходит генерация второй гармоники плазменной частоты, величина которой лежит в терагерцевом диапазоне.

Второй эксперимент, который планируется провести в рамках гранта, связан с лазером на свободных электронах, где также имеется высокоэнергетичный релятивист-

ский электронный пучок, который приводит к генерации колебаний с частотой 75 ГГц (что соответствует длине волны 4 мм). В экспериментах на установке ЭЛМИ генерируемое в лазере излучение рассеивается на втором электронном пучке, что позволяет переводить его частоту в терагерцовую область.

В рамках гранта работают ещё три группы исследователей. Первая из них занимается детектированием терагерцевого излучения и разработкой квазиоптических компонентов (фильтров, спектрометров и т.д.). Две другие группы используют СВЧ-излучение. Первая — установка ГДЛ, которая находится в ИЯФе. Это установка для удержания плазмы, температура которой мы хотим повысить при помощи нагрева СВЧ-излучением частотой 54,5 ГГц. Плазма высокого давления, получаемая в ГДЛ, может быть в будущем применена при использовании в разряде дейтерия и трития с целью получения нейтронов для тестирования материалов конструкции будущего термоядерного реактора на предмет стойкости к нейтронным потокам. Также нейтронный источник на основе ГДЛ мог бы быть очень полезен для дозирования и трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов атомных электростанций.

И последняя группа исследователей работает над изучением процессов обработки материалов СВЧ-излучением и его использованием для различных химических реакций.

Как вы видите, проект очень объёмный и интересный. Одним из его ключевых моментов является привлечение молодых учёных для участия в инновационных разработках, как прикладных, так и фундаментальных. В проекте участвует большое количество студентов и аспирантов.

— Профессор Аржанников курирует этот проект с российской стороны?

— Андрей Васильевич является куратором гранта в моё отсутствие и организует деятельность многочисленных исследовательских групп, участвующих в гранте. Он всегда здесь, а у меня возможность приезжать в Новосибирск — максимум на четыре месяца за весь период.

Программа исследований по гранту была составлена на основе многолетнего опыта профессора Аржанникова в этой области. Мы сотрудничаем уже много лет, и идея гранта была предложена российской стороной. Андрей Васильевич задействован в проекте не только как организатор, но и как учёный, который давно занимается СВЧ-излучением и имеет большой опыт.

— Андрей Васильевич, на какой период рассчитана эта программа?

— На 2010—2012 годы. Реальная финансовая поддержка со стороны министерства началась лишь осенью прошлого года, в случае успешного развития возможна поддержка ещё на один-два года. ИЯФ крайне заинтересован в развитии

тех исследований, которые положены в основу проекта, поскольку это ряд ключевых научных задач института. В то же время, это работа научного коллектива, который широко вовлекает молодёжь. Кроме того, институт получает дополнительные возможности как по приобретению нового оборудования, так и по зарплате.

— Профессор Тумм, какова тематика лекций, которые вы читаете нашим молодым учёным?

— Электродинамические и квазиоптические системы для генерации и транспортировки мощного СВЧ излучения при ЭЦР-нагреве плазмы. Эти знания необходимы в основном для команды установки ГДЛ, где планируется нагревать плазму СВЧ-излучением. Проблема в том, чтобы транспортировать излучение от гиротрона к установке. Так как длина волны 4 мм, то необходим волновод диаметром около 60 мм, а это значит, что возможна генерация множества мод, и с этим нужно бороться.

Я уже прочёл шесть лекций и планирую продолжить этот курс, включив в него именно тематику применения СВЧ-нагрева для плазменных установок. Наш институт в Германии разрабатывает систему СВЧ-нагрева для строящегося стелларатора W7-X (Грайфсвальд, Германия), где предусмотрена 10 МВт система нагрева.

— Профессор Аржанников, предполагается ли в рамках этого проекта чтение лекций нашими специалистами в Германии?

— По проекту предусмотрено, что сюда приезжает руководитель этой работы. Если у нас будут возможности каких-то совместных исследований либо образовательных программ, мы будем приглашать лекторов сюда. Профессор Тумм сконцентрировал своё внимание именно на этом цикле лекций потому, что на установке ГДЛ нет по-настоящему богатого опыта работы с мощным микроволновым излучением. Команда не готова к этому с позиций не только совместных решений, но и даже основ электрофизики, которые тоже нужно было дать. Цикл лекций профессора Тумма, а также комментарии, которые он уже дал по итогам этих лекций, позволяют ребятам, которые непосредственно вовлечены в эксперимент, связанный с нагревом плазмы СВЧ-излучением, восполнить этот пробел.

Профессор Тумм будет и в дальнейшем консультировать нас по той части эксперимента, которая связана с микроволновым излучением.

— Господин Тумм, это ваш первый визит в ИЯФ?

— В России я уже был много раз, так как тесно сотрудничаю с Институтом прикладной физики (г. Нижний Новгород), Институтом сильноточной техники (г. Екатеринбург), Политехническим университетом и Институтом им. Ефремова (г. Санкт-Петербург). Я люблю бывать в России, мне нравятся русские, их образ мыслей.

В ИЯФе до этого гранта я был дважды. У нашего института давнее сотрудничество с ИЯФом и НГУ, мы часто пересекаемся вне рамок этого гранта, со многими ИЯФовцами я знаком уже много лет. Участники нашего нынешнего проекта имеют высокую квалификацию и очень хорошую репутацию в научном мире. Для меня никогда не было вопроса, участвовать ли в этом большом гранте или нет. Я лишь боялся, что, совмещая эту работу с руководством институтом в Германии, где у меня множество обязанностей, столкнусь с дефицитом времени.

Беседовала и подготовила к публикации И. Онучина. Научное консультирование А.В. Аржанникова. Перевод Е. Солдаткиной.

Дело академика Яненко продолжается

(Окончание. Начало на стр. 1)

Развитие методов расщепления оказалось мощным инструментом решения по-настоящему сложных, практически значимых задач гидроаэродинамики, метеорологии и других разделов математической физики. Впоследствии идеи и методы расщепления для различных задач естествознания разрабатывались и применялись многими вычислителями во всем мире.

Н.Н. Яненко является одним из создателей новой научной дисциплины, названной им математической технологией. Он указывал, что развитие этого направления науки особенно важно с тремя факторами: системами автоматизированного проектирования инженерных конструкций, большими задачами и ЭВМ параллельного действия.

Введение технологической цепочки математического моделирования позволило взглянуть на проблему математического моделирования по-новому. Включив в цепочку структуру ЭВМ, он проанализировал её влияние и пришел к идее создания специализированных вычислительных устройств, ориентированных на решение определенного класса задач. Архитектура ЭВМ и численные алгоритмы становятся в таком случае взаимосогласованными. Идеи эти, к сожалению, реализованы только в зарубежных проектах.

Влияние Н.Н. Яненко на развитие исследований по математическому моделированию в различных научных центрах страны оказалось существованием благодаря «колыце» семинаров, организованных им и притягивающих исследователей разнообразием рассматриваемых вопросов, нетрадиционностью подходов, доброжелательностью и равноправием всех участников.

В 1964 году Н.Н. Яненко провел первый семинар в НГУ. В те годы он носил название «Численные методы механики сплошной среды». На семинары Николай Николаевич приглашал всех: студентов, аспирантов, сотрудников кафедры и институтов. На основе этого семинара возник круг всесоюзных семинаров: «Численные методы механики вязкой жидкости», «Модели механики сплошной среды» и ряд других.

Особо стоит остановиться на педагогической работе Н.Н. Яненко по подготовке новых поколений исследователей. Это не только профессиональная работа в Московском, Уральском и Новосибирском университетах, но и инициирование новых спецкурсов, семинаров, специальных курсов. Среди его прямых учеников около 20 докторов и свыше 50 кандидатов наук. За годы его руководства кафедрой вычислительных методов механики сплошной среды в НГУ подготовлено свыше 600 специалистов (математиков, механиков, прикладных математиков). Широкая эрудиция и интеллигентность позволили ему ненавязчиво вовлечь молодёжь в круг своих интересов, развивая ее инициативу, и личным примером своей деятельности воспитывать новые поколения научных сотрудников.

Одной из отличительных черт Николая Николаевича была незаурядная смелость брать на себя ответственность за решение вопросов, в которых он не являлся специалистом, но решать которые было необходимо. Так случилось, например, в начале его работы на Урале, так было и при переходе в Институт теоретической и прикладной механики. Каждый раз это приводило к всплеску идей, переосмыслению методов и методологий, взаимопроникновению методик из различных областей знаний и всегда, в конечном счете, к новым результатам в фундаментальной науке.