

Поиск новых решений

По направлению «Физика высокотемпературной плазмы» за последние пять лет в Институте ядерной физики были проведены интересные эксперименты и получены важные результаты.



А.А. Иванов
д.ф.-м.н.

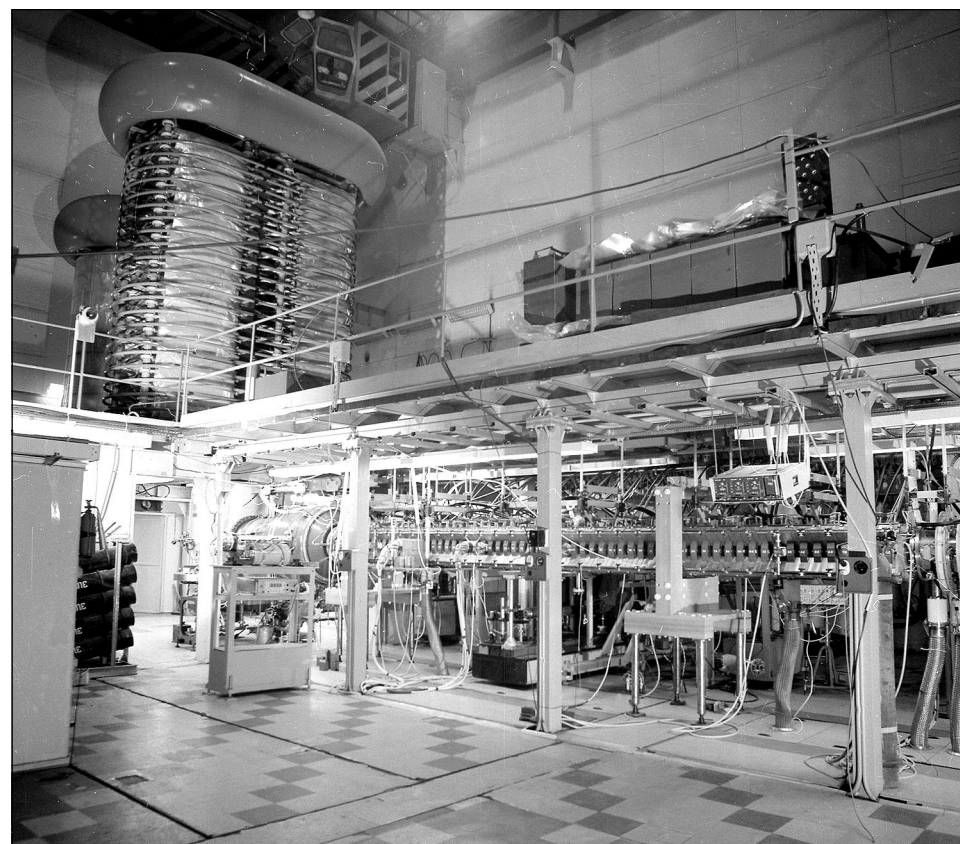
По исследованиям на газодинамической ловушке (ГДЛ), наиболее значимый результат — получение плазмы предельно большого давления. Оно сейчас достигает примерно 60 % от давления, удерживающего плазму магнитного поля, что достигнуто впервые в мире на установках с осесимметричной конфигурацией. Это достижение стало возможным в результате существенной модернизации, а лучше сказать, создания новой системы инжекции атомарных пучков на установке. Сделано это было усилениями большого коллектива специалистов, создававших новые ионные источники, принципиально отличные от использовавшихся ранее, системы электропитания и управления. Это наш общий большой успех на пути создания нейтронного генератора на основе ГДЛ и вклад в физику высокотемпературной плазмы вообще.

Еще один очень важный результат, полученный на установке ГДЛ после модернизации инжекционной системы — это повышение температуры электронов в ловушке до величины, превышающей 200 эВ. Значение этого достижения трудно переоценить. Многие годы считалось, что открытые ловушки, которыми мы занимаемся, в силу своей специфики обречены иметь очень низкую температуру плазмы. Основной аргумент, которым пользуются наши оппоненты: плазма находится в контакте с материальной стенкой и, соответственно, должна сильно охлаждаться. На самом деле простые рассуждения показывают, что поток тепла на стенку вдоль магнитного поля может быть сильно подавлен, что подтверждается многочисленными экспериментами при более низких температурах. Наш эксперимент также показал ошибочность такого представления и подтвердил большие термоядерные перспективы открытых ловушек. Фактически в текущем эксперименте достигнута температура плазмы, которую предполагалось достичь в установке гораздо большего масштаба — водородном прототипе нейтронного генератора. Много лет назад эта установка была спроектирована, и даже начато ее строительство, которое так и не завершилось в результате известных событий в стране в 90-х годах. Напомню, что в ней должны были быть продемонстрированы параметры плазмы, близкие к требуемым в нейтронном генераторе. Электронная температура — один из важнейших параметров, определяющий эффективность нейтронного генератора, и ее существенное повышение в последних экспериментах на ГДЛ придает нам уверенность в успешной реализации и проекта прототипа, и самого нейтронного генератора.

Значимые эксперименты были также поставлены на многопробочной ловушке ГОЛ-3. Очень давно идея этой ловушки была высказана в нашем институте А.М. Будкером, В.В. Мирновым и Д.Д. Рютовым. Физическая идея очень красивая, но технические проблемы в ее реализации столь велики, что в чистом виде вряд ли можно было рассчитывать

на создание на ее основе реально работающего термоядерного реактора. Однако в последние годы на установке ГОЛ-3 были поставлены эксперименты, которые показали, что потенциал этой блестящей идеи не был до конца реализован. Сейчас открылись совсем новые возможности, которые меняют это представление и показывают, что на основе этой системы действительно может быть создан компактный и достаточно простой термоядерный реактор. Один из таких экспериментов продемонстрировал, что во время инжекции релятивистского пучка электронов продольная теплопроводность плазмы уменьшается во много раз, то есть практически исчезает. Это позволило достичь на уже существующей установке чрезвычайно высокой, приближающейся к ста миллионам градусов температуры плазмы. Таким образом, температура плазмы на установке ГОЛ-3 близка к температуре плазмы на современных токамаках, но при заметно большей плотности. Давление плазмы достигает нескольких десятков процентов от давления магнитного поля — по этому параметру ГОЛ-3, как и ГДЛ, вне конкуренции. Это безусловное инженерное преимущество открытых ловушек, которое позволяет создавать очень компактные нейтронные генераторы и термоядерные реакторы на их основе.

На установке ГОЛ-3 было также показано, что хорошее продольное удерживание плазмы может быть обеспечено



в более широком диапазоне плотностей плазмы, чем это предполагалось изначально.

Сейчас мы рассматриваем возможность сооружения в здании ДОЛ установки почти реакторного масштаба: длиной около 60 метров, в которой параметры плазмы будут фактически такими, которые потребуются для термоядерного реактора. Плазма там будет не тритий-дейтериевая, которая испускает нейтроны, поэтому это не будет представлять опасности для окружающих. На этой установке предполагается использовать все знания и достижения, полученные как на ГОЛ-3, так и на ГДЛ. Мы связываем с этой новой установкой большие надежды, поскольку известно, что все сколько-нибудь важные физические результаты есть следствие модернизации существующей установки и в особенности сооружения новой. Однако модернизация должна быть хорошо продумана, чтобы максимально эффективно использовать все возможности. Модернизация системы инжекции установки ГДЛ — хороший тому пример. Эта работа ве-

лась в течение трех-четырех лет. В результате была получена система инжекции, у которой длительность инжекционного импульса увеличена в пять раз, мощность, которую можно инжектировать, выросла почти в два раза. Все это привело к качественному изменению параметров плазмы в установке и наблюдению абсолютно новой физики. Удалось продемонстрировать рекорд, о котором речь шла выше. Это мировой рекорд, и трудно ожидать, что он будет побит, потому что достигнут теоретический предел по давлению плазмы. Сейчас мы занимаемся изучением явлений, которые возникают вблизи этого порога. Это новая, очень интересная физика, которая недоступна для исследований на других установках. Мы надеемся в ближайшее время получить значимые результаты в этом направлении.

Кроме этих работ, плазменные лаборатории ИЯФ активно занимаются контрактной деятельностью, и здесь уже существует даже своя история, которая началась для нас в 1992 году. Тяжелое это было время, когда институт был вынужден зарабатывать самостоятельно деньги, чтобы платить зарплату сотрудникам. В это самое время в ИЯФ приехал доктор Б. Швейер из Института плазмы в Юлихе (Германия). Он предложил нашей лаборатории первый контракт, с которого и началось как наше дальнейшее многолетнее сотрудничество, так

ны в нашем институте. Этот опыт не только позволил внести существенный вклад в улучшение финансового положения института и, конечно, плазменных лабораторий, но и создать довольно многочисленную группу людей, которые успешно совмещают научную работу с контрактной деятельностью. Это, разумеется, очень и очень непросто. Если обычно можно себе позволить какие-то поправки, оставить что-то на потом, допустить задержки, то при выполнении контрактных работ нужно точно соблюсти указанные параметры и продемонстрировать их вовремя все в совокупности, все должно работать безукоризненно. Мы научились это делать, и этот опыт не оценим. Теперь мы даже можем себе позволить заключать контракты с крупными коммерческими фирмами, что еще неизмеримо сложнее. Примером может служить контракт, заключенный с фирмой «Шлюмбергер» в начале 2009 года. Сейчас уже спроектировано необходимое оборудование, изготовлены прототипы и проведены некоторые испытания. Нет никаких сомнений в том, что этот контракт будет успешно выполнен.

За последние годы несколько работ, выполненных по направлению «Физика высокотемпературной термоядерной плазмы», были отмечены наградами высокого уровня. Это группа молодых ученых, которые получили очень престижную премию «Энергия молодежи-2009» — В.В. Приходько, Р.В. Воскобойников, А.В. Сорокин, И.В. Тимофеев, Ю.А. Трунев. Лауреатами конкурса Совета по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых — докторов и кандидатов наук — в прошлом году стали К.В. Лотов и С.С. Попов.

Эти награды еще раз подтвердили, что и в институте, и в плазменных лабораториях выросло новое поколение молодых физиков, которые демонстрируют высокий профессионализм и глубокое понимание предмета исследований.

Поиск новых источников энергии — одна из важнейших задач, которую уже сейчас вынуждено решать человечество, и термоядерная энергия — один из перспективных путей решения этой проблемы. Активно ведутся работы по созданию на базе токамака термоядерного экспериментального реактора — ИТЭР. Это международный проект, цель которого — продемонстрировать физическое горение плазмы.

Что будет построено в качестве первой термоядерной электростанции, пока сказать сложно. Мы считаем, что реакторы, созданные на основе установок типа ГДЛ или ГОЛ-3, могут быть гораздо более компактными, дешевыми и обеспечивать выработку мощности модулями с единичной мощностью от единиц мегаватт до десятков гигаватт, что очень сложно сделать, например, в реакторах на основе токамака. Открытые ловушки остаются конкурентами токамаков, и есть надежда, что их физические и инженерные преимущества в какой-то момент станут решающими, и мы сможем сделать свой вклад в термояд.

Чтобы в следующие двадцать лет получить действительно значимые результаты, в институте необходимо строительство новой плазменной установки следующего поколения, иначе ИЯФ рискует очень быстро оказаться на обочине основного направления физики высокотемпературной плазмы. В разработке этого проекта должны принять участие в первую очередь молодые физики нашего сообщества. Это будет установка на пределе наших технических возможностей, которые мы совершенствовали, в том числе выполняя контрактные работы для зарубежных лабораторий. Решить проблему финансирования этого строительства непросто, но энтузиазм, с которым идет обсуждение нового проекта, не оставляет выбора. Несмотря на все сложности сегодняшней жизни, поиск новых решений продолжается.

На снимке: — установка ГОЛ-3.