

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

533.9

**III МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ ПЛАЗМЫ  
И УПРАВЛЯЕМОМУ ЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ**

(Новосибирск, 1—7 августа 1968 г.)

III Международная конференция по физике плазмы и управляемому ядерному синтезу состоялась с 1 по 7 августа 1968 г. в Академгородке Сибирского отделения АН СССР. На конференции не было каких-либо сенсационных сообщений, и постороннему наблюдателю она, возможно, могла показаться неяркой. Однако для самих участников конференции — около 700 делегатов и гостей из 20 стран — это была не только благоприятная возможность представить себе общую картину развития термоядерных исследований, но и довольно впечатляющая демонстрация прогресса по всем направлениям и неослабевающего продвижения в область термоядерных параметров плазмы.

В самом деле, всего лишь десять лет тому назад на II Женевской конференции термоядерная плазма с температурой 10 *кэв*, плотностью  $10^{14}$  *см*<sup>-3</sup> и временем удержания  $\sim 1$  *сек* казалась далекой и почти несбыточной мечтой. В настоящее время к этим параметрам приближаются сразу по нескольким направлениям. Например, в адиабатической ловушке 2-X (Ливермор) получена плазма с температурой в несколько *кэв*, плотностью до  $5 \cdot 10^{13}$  *см*<sup>-3</sup> и временем жизни  $2 \cdot 10^{-4}$  *сек*; в тороидальной системе «Токамак» (ИАЭ) плазма имеет плотность до  $10^{14}$  *см*<sup>-3</sup>, температуру 0,3—0,5 *кэв* и время жизни  $\sim 10^{-2}$  *сек*, а в  $\theta$ -пинчах на сравнительно короткое время  $\sim 10^{-5}$  *сек* удается создать достаточно горячую (с температурой до 1—2 *кэв*) и весьма плотную плазму (с плотностью до  $10^{17}$  *см*<sup>-3</sup>).

Еще больше ошутим прогресс в понимании физических процессов в плазме. По-видимому, именно общефизическая часть конференции, посвященная главным образом не прикладным аспектам, а исследованию физических свойств разреженной высокотемпературной плазмы, и представляет наибольший интерес для читателей УФН.

Если начать с тороидальных систем, то к числу результатов, представляющих общефизический интерес, следует отнести полученные Гибсоном и др. (Англия) данные по экспериментальному исследованию удержания отдельных частиц в стеллараторе. Измерения показали, что  $\beta$ -частицы от распада трития могут совершать в стеллараторе более  $10^7$  оборотов вокруг ловушки до выхода на стенку. Тем самым доказываются существование тороидальных дрейфовых поверхностей с точностью, вполне достаточной для задач термоядерного синтеза. Вместе с тем этот результат свидетельствует о том, что аномальная диффузия имеет коллективную природу — отдельные частицы ей не подвержены.

Что касается вопроса об удержании плазмы в тороидальных ловушках, то он хотя и не получил окончательного разрешения на конференции, но был поставлен с некоторой новой точки зрения. Дело в том, что на целом ряде тороидальных ловушек было установлено несоответствие между измеренной утечкой плазмы и поперечными турбулентными потоками. Это означает, что утечка плазмы может быть связана не с раскачкой колебаний из-за неустойчивости, а с какими-то другими механизмами. Многие физики склоняются к тому, что аномальные потери могут быть связаны с некомпенсированными дрейфовыми потоками, принимающими вид своеобразных конвективных ячеек. Теоретически возможность образования таких крупномасштабных неоднородностей плазмы обсуждалась на конференции Фюртом и Розенблютом.

Надо сказать, что в последнее время вообще заметно возрос интерес к дрейфовым движениям отдельных частиц в плазме и к связанным с ними дополнительным потокам. В частности, недавно Галеевым, Сагдеевым и Фюртом, а затем Коврижных

был количественно рассмотрен эффект «перемешивания», много лет тому назад указанный Будкером. Этот эффект состоит в сильном увеличении классических коэффициентов переноса в разреженной плазме за счет больших дрейфовых смещений частиц с малой продольной скоростью, запертых между локальными магнитными пробками. Один лишь этот эффект настолько увеличивает коэффициенты теплопроводности и диффузии, что они оказываются, например, достаточными для объяснения утечки плазмы из «Токамаков» в режимах с большой плотностью. Появление в плазме за счет ее неоднородности электрических полей с эквипотенциалами, не совпадающими с магнитными поверхностями, могло бы еще больше усилить соответствующие эффекты.

В другом крупном направлении — в адиабатических ловушках — прогресс в понимании физики плазмы, пожалуй, еще более осязателен. Прежде всего следует отметить, что режимы с малой плотностью, до  $10^9$  см<sup>-3</sup>, можно сказать, обследованы полностью. Здесь имеется достаточно полная ясность в отношении как желобковой, так и циклотронной неустойчивостей плазмы. Чрезвычайно подробные исследования на установке «Феникс» (Англия), а также на «Огре-2» (СССР) и «Алисе» (США) дали полную информацию о поведении плазмы, создаваемой с помощью инъекции быстрых нейтральных атомов. Полученные на этих установках данные по раскачке циклотронных колебаний неравновесной плазмы находятся в хорошем согласии с теорией.

Из результатов, относящихся к более высоким плотностям, наиболее интересным является, по-видимому, отсутствие явного проявления конусно-дрейфовой неустойчивости, которая считалась последние годы одной из наиболее опасных. Является ли это следствием недостаточной точности теоретических критериев или недостаточной корректностью проведенных экспериментов, сказать пока трудно. Другим интересным результатом, полученным на адиабатических ловушках, является обнаружение нового типа неустойчивости плазмы типа «неустойчивости отрицательной массы». Известная в теории циклических ускорителей со слабой фокусировкой, эта неустойчивость весьма своеобразно проявляется и в пробочных ловушках. Интересно, что соответствующие эксперименты и их теоретическая интерпретация были совершенно независимо проведены в США (установка ДСХ-2) и СССР (ловушка ПР-5). Теоретические расчеты, проведенные в обоих случаях с учетом реальных параметров плазмы и геометрии магнитного поля, достаточно хорошо совпали с экспериментальными данными.

В связи с экспериментами на адиабатических ловушках следует упомянуть о весьма интересной и свежей работе Арсенина и Чуянова по стабилизации крупномасштабных неустойчивостей плазмы с помощью обратных связей. Идея стабилизации была проверена экспериментально на установке «Огре-2».

На конференции была также представлена весьма обширная и интересная информация по ударным волнам в разреженной плазме, по взаимодействию пучков заряженных частиц с плазмой, по распространению и нелинейному взаимодействию волн в плазме, по высокочастотному удержанию и стабилизации плазмы, по поведению плотной плазмы в  $\theta$ -пинчах и плазменном фокусе и т. д. Более подробный обзор докладов по этим вопросам опубликован в журнале «Атомная энергия».

В заключение следует отметить, что конференция прошла весьма успешно, чему во многом способствовала хорошая ее организация и приятная научная атмосфера Академгородка.

*Б. Б. Кадомцев*