ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. 60 ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЧТО ДАЛЬШЕ?

Стрелков В.С.

Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва, Россия

60 лет тому назад (1955 г.) в Институте атомной энергии были начаты эксперименты на тороидальной установке с сильным магнитным полем (ТМП), построенной на основе идей изложенных в работах И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова. Три основные идеи составляли содержание этих работ: 1) термоядерные реакции синтеза в плазме, 2) магнитная термоизоляция горячей плазмы магнитным полем 3) нагрев плазмы током и создание магнитной конфигурации с вращательным преобразованием. За первые 15 лет исследований на нескольких установках токамак было установлено, что: аномально большие потери тепла из плазмы обусловлены радиационными потерями; плазменный шнур устойчив при q > 1; термоизоляция плазмы растет с ростом температуры; в опытах на дейтерии на токамаке Т-3а были зарегистрированы первые термоядерные нейтроны. К началу 70-х годов стало ясно, что в токамаке экспериментально получена наибольшая степень термоизоляции плазмы. Исследования на токамаках стали основным направлением программ во всех странах термоядерного сообщества, которое на основании анализа результатов многочисленных экспериментов постепенно стало склонятся к выводу, что: в токамаке можно получить термоядерную энергию превышающую энергию затраченную на поддержание высокой температуры D – T плазмы. А в дальнейшем получить и зажигание.

Анализ экспериментов по удержанию энергии в плазме в разных токамаках позволяет найти эмпирический закон (скейлинг) зависимости времени удержания от параметров установок. Экстраполяция этого скейлинга на необходимые ИТЕРу 4 – 6 сек времени удержания позволяет определить параметры установки ИТЕР.

В 1992 году соглашение по инженерному проектированию ИТЕРа было подписано. ИТЕР должен продемонстрировать достижение величины Q в пределах 5 – 10. Q – это отношение ядерной мощности(Pnucl) к мощности вводимой в плазму извне (Pheat + Pcur. drive). При зажигании Q стремится к бесконечности. Сегодняшний опыт проектирования и сооружения ИТЕР, а также результаты последних экспериментов не дают основания для сомнений в том, что, заявленная программная цель ИТЕРа достижение Q = 5 – 10 будет выполнена. Если не касаться вопросов экономической рентабельности термоядерной энергетики, то после демонстрации на ИТЕРе достижения Q = 5 – 10, остаётся не решенной со стороны плазмы только одна, по существу инженерно технологическая проблема, стационарной (т.е. не прерывной в течение месяцев) работы реактора. Без развития методов создания постоянного тока в плазме длительностью в 3 – 10 тысяч часов и надежной работы первой стенки в течение этого или большего времени, говорить о создании термоядерного реактора на базе токамака бессмысленно.

Итак, актуальными задачами исследований параллельных работе ИТЕРа являются: 1) Разработка методов эффективной генерации тока в течение тысяч часов. 2) Проблема первой стенки. Решение следует искать не столько в выборе подходящего материала, сколько в создании такого режима работы токамака, когда достигается максимальное усреднение во времени и пространстве потоков энергии из плазмы. В среднем в термоядерном реакторе потоки тепла на первую стенку не велики. 3) Вопрос о нагреве плазмы торможением альфа частиц экспериментально совершено не изучен. Эти данные могут появиться лишь на стадии тритиевого эксперимента на ИТЕР.