

Оригинальный плазменный фокус — «гипоциклоидальный пинч» — изучается в Вандербилдском университете (шт. Теннесси) совместно с НАСА. Эксперимент подробно описан в докладе Дж. Ли и Д. Макфарленда. При «трехмерном» сжатии плазмы в системе, которую можно назвать «двойным плазменным фокусом», получена плотность $n_p > 10^{18}$ см⁻³ и температура ~1 кэВ. Плазма с такими параметрами живет более 5 мкс. Удержание сопровождается излучением нейтронов и мягкого рентгена. Интересно, что плазменная конфигурация оказывается весьма долгоживущей. Об этом свидетельствуют имеющиеся самостоятельный интерес результаты изучения взаимодействия излучения CO₂ лазера (50 Дж в свете, длительность импульса $\tau = 150$ нс, диаметр луча 5 мм) с плазмой: излучение лазера практически полностью поглощается на протяжении 70 мкс плазмой гипоциклоидального пинча.

На конференции были рассмотрены проекты реакторов на базе «Сциллак», пинча с обратным полем, скрюпича, прямого θ -пинча, а также проекты устройств для материаловедческих исследований. Это были рабочие обсуждения без каких-либо революционизирующих новостей, очень полезные для понимания наиболее перспективных путей дальнейшего развития.

Несмотря на насыщенность программы конференции, ее участники и гости находили время для полезных бесед и обсуждений. Следует отметить уверенность большинства участников конференции в необходимости дальнейшей разработки и изучения систем с $\beta > 1$ как в аспекте термоядерного реактора, так и в аспекте их использования в прикладных задачах.

ЦЕРЕВИТИНОВ С. С.

Советско-американский проект дивертера для реактора-токамака

В октябре 1975 г. группа советских и американских физиков и инженеров завершила начальный этап совместной разработки концепционного проекта дивертера для реактора-токамака. Необходимость подобной работы остро ощущается в связи с планируемым строительством крупных токамаков. Еще недавно дивертеры рассматривались как один из возможных методов борьбы с примесями в токамаках. Однако для двухкомпонентных токамаков, работающих с малым n_t , дивертеры могут оказаться единственным средством откачки водорода, инжектируемого в разрядную камеру.

терные камеры большого объема, что в свою очередь дает возможность использовать наиболее эффективные встроенные откачные системы. Характерной особенностью дивертерных обмоток является то, что их суммарный ток внутри тороидальных катушек равен нулю (токи в обмотках DF-1 и DF-2 равны и обратны по направлению) и, следовательно, они могут быть сделаны в виде двойных полуколец; это обеспечивает возможность демонтажа всей системы на два полутора. Эффективность использования объема и расположения нейтронной защиты ясны из рисунка.

Проектируемый дивертер базируется на таких параметрах ($R = 6,25$ м; $a = 2$ м; $B_T = 50$ кЭ, $I_p = 7$ МА), которые позволяют использовать его в реакторах T-20, ORNL EPR и ANL EPR.

Основные физические и инженерные требования к дивертерным системам можно сформулировать следующим образом. Во-первых, обеспечение надежной изоляции плазмы от стенок в разрядной камере и образование экранирующего дивертерного слоя. Во-вторых, создание условий, при которых можно обеспечить высокие скорости откачки и малые обратные потоки нейтральных атомов водорода в разрядную камеру. В-третьих, максимальное уменьшение удельных тепловых нагрузок на контактные пластины и облегчение условий теплосъема с них. В-четвертых, выбор оптимального расположения и конструкции дивертерных катушек, которые позволили бы иметь надежную защиту от нейтронных потоков, разбирать ее и создавать необходимую магнитную конфигурацию самым простым и экономичным способом с наиболее эффективным использованием объема тороидальных катушек.

В разработанном проекте дивертера (см. схему) все эти проблемы решаются достаточно удовлетворительно. Благодаря длинному дивертерному каналу удается использовать так называемые «плазменные затворы» — значительную ионизацию нейтральных частиц внутри канала и повысить давление в дивертерных камерах до $(2-3) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., при котором только и возможно обеспечить необходимую скорость откачки, определяемую диффузией плазмы из токового шнура. Вывод плазменных потоков к внешней периферии тороидальной системы снижает удельные тепловые нагрузки на контактные (нейтрализующие) пластины и облегчает проблемы теплосъема, а также позволяет иметь дивер-

Проблемы изоляции плазмы от стенок и создания экранирующего дивертерного слоя в предлагаемом проекте, как и в других дивертерных системах, требуют дальнейшего изучения, главным образом с помощью специальных экспериментов.

Завершенная часть работы над проектом определила, естественно, лишь основные особенности разрабаты-

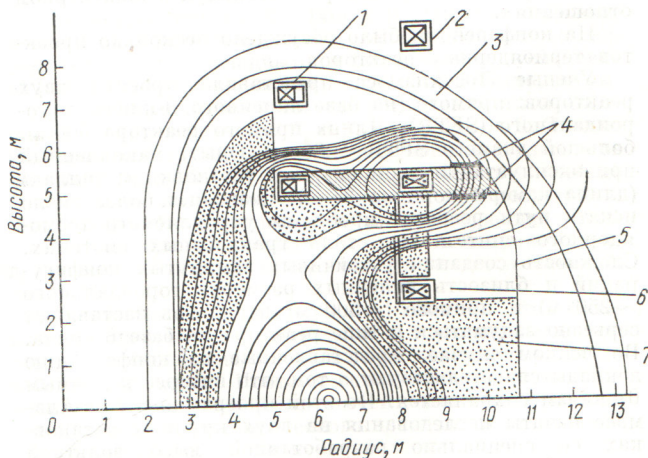


Схема проекта дивертера для реактора-токамака:

1 — обмотка DF-1; 2 — EF-1; 3 — катушка TF; 4 — контактные (нейтрализующие) пластины; 5 — разрядная камера; 6 — обмотка DF-2; 7 — бланкет и нейтронная защита

ваемой дивертерной системы. И хотя многие ее детали нуждаются в дальнейшей разработке и оптимизации, а некоторые и в экспериментальной проверке, основные идеи проекта представляются весьма целесообразными и перспективными.

В работе над проектом участвовали С. Гралник, Д. Джессби, Д. Мид, Ф. Тенни, А. Георгиевский, Г. Саксаганский и автор этой заметки.

СТЕФАНОВСКИЙ А. М.

Совещание по ядерным данным для трансактиноидных элементов

3—7 ноября 1975 г. в ФРГ проходило совещание по ядерным данным для трансактиноидных элементов, созванное МАГАТЭ. В совещании участвовали специалисты различных прикладных направлений, в которых используются ядерно-физические константы трансактиноидных изотопов, а также специалисты, занимающиеся измерением этих констант. Одна из целей совещания состояла в том, чтобы установить больший контакт между деятельностью этих двух групп специалистов. Всего было 47 участников из разных стран: Бельгии, Великобритании, Голландии, Израиля, Италии, Польши, СССР, США, Филиппин, Франции, ФРГ, Швеции, Японии, а также представители Евратома и МАГАТЭ. Заседания проходили на территории ядерно-физического центра, расположенного недалеко от г. Карлсруэ.

Это было первое международное совещание, на котором рассматривались все трансактиноидные изотопы как с точки зрения потребностей в их ядерно-физических данных для прикладных направлений, так и с точки зрения измерений данных и координации работ национальных центров по их сбору и оценке. В соответствии с этим на совещании были заслушаны обзорные доклады по проблемам использования и утилизации трансактиноидных изотопов. В докладах рассматривались: роль трансактиноидных изотопов при конструировании реакторов, влияние этих изотопов на их работу, вопросы накопления трансактиноидных изотопов в реакторном топливе и т. д. Отдельный доклад был посвящен применению трансактиноидных изотопов в медицине, сельском хозяйстве и промышленности.

Предметом серьезного обсуждения была проблема, связанная с опасностью накапливаемых трансактиноидных изотопов в отходах ядерного топлива. Как было указано делегацией США, к 2000-му году реакторами Америки будет произведено до 1300 т трансактиноидных изотопов. Что делать с отходами, которые будут содержать такое огромное количество высокотоксичных трансактиноидных изотопов, представляющих большую опасность для земной биосферы? Одно из решений этой проблемы специалисты США видят в том, чтобы трансактиноидные изотопы после их химического выделения из отходов снова направлять в реакторы для «сжигания». Возможно, что для этой цели необходимо будет создать специальные реакторы-сжигатели. В связи с этим в США намечена большая программа по измерению ядерно-физических констант трансактиноидных изотопов. Представители европейских государств отметили, что проблема вторичного использования транс-

актиноидных изотопов в реакторах слишком сложна и вряд ли она будет решена в этом столетии. В настоящее время, в частности, нет даже разработанной химической технологии по сепарации больших количеств трансактиноидных изотопов из отходов. Для осуществления программы вторичного использования трансактиноидных изотопов в реакторах потребуются очень большие средства. В ходе дискуссии было отмечено, что из всех вариантов захоронения отходов с трансактиноидными изотопами (в космосе, на дне океанов, в скальных породах) наиболее разумным, по-видимому, является захоронение в скальных породах. При этом значительные количества не должны захороняться в одном месте, так как в противном случае может возникнуть ненамеренная критичность. Захоронение следует осуществлять так, чтобы имелась возможность извлекать небольшие порции отходов для исследования.

Последующие заседания были посвящены обзору современных методов измерения и оценки ядерных данных. Было изложено состояние данных по нейтронным сечениям в тепловой, резонансной и быстрой областях энергий, состоянии данных по α -, β -, γ -распадам. Можно отметить дискуссию, которая возникла в связи с предложением американской делегации о дальнейшем использовании подземных ядерных взрывов для измерения нейтронных констант у трансактиноидных изотопов. В ходе дискуссии было отмечено, что методика измерений с помощью ядерных взрывов имеет ряд существенных недостатков, включая ее большую стоимость, и поэтому это предложение нуждается в детальном изучении. Была отмечена необходимость более тесного сотрудничества заинтересованных стран в сборе и оценке ядерно-физических констант для трансактиноидных изотопов. В частности, для большей мобильности обмена экспериментальной информацией делегация США предложила издавать в Америке специальный журнал по трансактиноидным изотопам.

В конце совещания были проведены заседания трех рабочих групп, на которых для различных областей использования трансактиноидных изотопов были сопоставлены достигнутые точности в ядерных данных с точностями, требуемыми в настоящее время.

На последнем пленарном заседании рассматривались рекомендации рабочих групп и предложения, внесенные отдельными участниками. На основании этих материалов были сформулированы окончательные рекомендации совещания.

КАЛЕБИН С. М.