Новые результаты термоядерных исследований в Европе и планы на будущее

Дж. Онгена

Лаборатория физики плазмы, ERM-KMS, г. Брюссель, Бельгия

На установке JET ведется интенсивная подготовка экспериментов в смеси дейтерия трития (Д-Т). Планируется тестирование Д-Т смесей различного состава. В настоящее время плазма с высокими термоядерными параметрами может быть получена (I) в обычном H-режиме с эльмами при токах плазмы ~4 МА и магнитном поле ~4 T (так называемом улучшенном H-режиме), или ( II) в гибридном режиме работы, когда высокое нормированное давление плазмы при несколько сниженном токе приводит к повышению энергетического времени жизни. Оба этих режима будут опробованы, причем конструкция первой стенки вакуумной камеры JET из пластин вольфрама и бериллия будет подобна стенке реактора ИТЭР. Предыдущие эксперименты привели к значительному прогрессу в оптимизации сценариев при эксплуатации токамака с первой стенкой, подобной стенке реактора ИТЭР, при нормализованном давлении плазмы, необходимом для ИТЕРа. Параллельно с решением физических проблем, ведется обширная техническая подготовка к эксплуатации JET с тритием в составе рабочего вещества. Программа экспериментов на JET состоит из трех этапов. На первом этапе, завершенном в 2011 – 2012, была продемонстрирована возможность осуществления на JET с новой первой стенкой сценариев разрядов подобных запланированным для ИТЭРа, и ожидаемое уменьшение накопления трития в стенке - ключевой вопрос безопасности для ИТЭР - было доказано. В 2015 – 2016 годах, планируется работа с дейтерием, которая будет посвящена дальнейшему моделированию ИТЭРовских сценариев получения плазмы при дополнительном нагреве 40 МВт и при высоких токах и полях, IP /Bt (≥3,5 MA / 3,85 Т). Особое внимание будет уделено диверторной плазме и контролю ее тепловыделения (посредством, например, контроля излучения). Традиционный Н-режим с эльмами, так же как и гибридный сценарий, должны быть отработаны в дейтериевой плазме так, чтобы впоследствии обеспечить в D-Т эксперименте выделение свыше ≈15 МВт термоядерной мощности в стационарных условиях (≈5 с). Начало заключительного этапа экспериментов на JET планируется на 2017 год. Это будут эксперименты с дейтерий-тритиевой плазмой, в которых несколько мегаватт термоядерной мощности будут произведены в режимах работы, подобных планируемым для ИТЭРа.

Стелларатор W7-X был успешно введен в эксплуатацию. В последние месяцы: 1) была получена требуемая для сверхпроводимости низкая температура в 4 K, 2) была успешно протестирована магнитная система и 3) магнитное поле, создаваемое с помощью сложных катушек, совпало с расчетным с высокой точностью. Операционная лицензия на W7-X доставлена. Первая плазма, была получена 10 декабря 2015 года.

Все дорожные карты развития термоядерной энергетики предполагают мегаваттный уровень энергии, поставляемой в электросети к 40-м годам этого столетия. Для того, чтобы это произошло за несколько оставшихся десятков лет, должны быть решены остающиеся открытыми вопросы о структурном поведении материалов при облучении их дейтериво-тритиевыми нейтронами. В противном случае, любой следующий шаг после создания ИТЭР невозможен. Значительный прогресс в этом направлении был достигнут в контексте более широкого взаимодействия между Европой и Японией по проверке концепций облучения объектов. Эти результаты также будет рассмотрены в докладе.