Исследования в области управляемого термоядерного синтеза проводимые на европейских токамаках и стеллараторах

Дж. Онгена

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

На токамаке JET идет подготовка к будущим экспериментальным кампаниям с тритиевой и дейтерий-тритиевой плазмой, целью которых будет приобретение опыта работы на токамак-реакторе и расширение научной базы данных в области управляемого термоядерного синтеза, что необходимо для подготовки работы токамака ITER. Перед началом запланированных на 2020 г. дейтерий-тритиевых экспериментов на JET планируется проведение ряда кампаний с дейтериевой (D), водородной (H), водород-тритиевой (H-T) и водород-дейтериевой (H-D) плазмой. Запланированная DTE2 кампания не ставит целью получение рекордной термоядерной мощности, а скорее ориентируется на демонстрацию интегрированных сценариев работы токамака в условиях, наиболее приближенных к экспериментальным условиям на ITER. Программа физических и технологических исследований в рамках DTE2 является более широкой, чем во время предыдущих D-T экспериментов на JET. Бюджет нейтронов с энергией 14 МэВ составляет 1.7x1021, что в семь раз превышает суммарный бюджет всех предыдущих D-T кампаний. Эксплуатационный запас трития будет увеличен до 60 г, что в три раза превышает количество трития доступного во время D-T экспериментов в 1997 г. JET является единственной термоядерной установкой, которая способна работать с тритиевой плазмой. Полученные результаты помогут изучить поведение плазмы в термоядерных условиях, что будет востребовано при подготовке работы токамака ITER с D-T плазмой.

Новый метод высокочастотного (ВЧ) нагрева плазмы, использующий ионы трех сортов, был успешно опробован на токамаках JET и Alcator C-Mod (MIT, Бостон, США). Метод основан на обеспечении условий, при которых область непрозрачности, в основном, определяемая двумя основными сортами ионов, находится вблизи циклотронного резонанса ионов третьего сорта. Проведенные эксперименты на токамаках JET и Alcator C-Mod показали эффективность нагрева плазмы с помощью данного метода, и результаты были опубликованы в статье в Nature Physics [1]. В дальнейшем метод был расширен таким образом, что для нагрева водород-дейтериевой смеси использовались быстрые ионы от инжектора нейтралов (NBI) в качестве третьего резонансного сорта ионов [2]. Этот метод будет использоваться в будущих D-T экспериментах на JET, поскольку позволяет ускорить ионы от инжектора нейтралов до энергий, оптимальных для протекания D-T термоядерных реакций. Подготовительные эксперименты включены в программу работы JET в течение следующих двух лет.

Первая экспериментальная кампания на стеллараторе Wendelstein 7-X была успешно завершена в марте 2016 г. Затем на W7-X прошла модернизация, включющая установку тестового дивертора и новых диагностических инструментов. В настоящий момент проходят эксперименты в рамках кампании OP1.2a, которые продлятся до декабря 2017 г. Начало следующей кампании запланировано на июнь 2018 г.

Литература

1. Ye.O. Kazakov, J. Ongena, J.C. Wright et al., Nature Physics 13, 973-978 (2017) <http://dx.doi.org/10.1038/nphys4167>
2. J. Ongena et al., EPJ Web of Conferences 157, 02006 (2017) <https://doi.org/10.1051/epjconf/201715702006>