Последние результаты исследований в области управляемого термоядерного синтеза в Европе и будущие планы [[1]](#endnote-1)\*)

Дж. Онгена

Лаборатория физики плазмы, Королевская военная академия, Брюссель, Бельгия

В 2020 г. EUROfusion планирует провести дейтерий-тритиевую (D-T) экспериментальную кампанию на токамаке JET с ITER-подобной стенкой. В докладе обсуждаются ключевые вопросы подготовки JET к DTE2 кампании, включая разработку операционных сценариев и моделирование термоядерной мощности из первых принципов, изучение изотопных эффектов, и улучшение технологического оборудования, которое используется для работы с D-T плазмой. Целью DTE2 кампании на JET является получение стационарного режима работы с термоядерной мощностью *P*fus = 15 МВт длительностью 5 с. Разрабатываются два сценария получения такого стационарного режима удержания D-T плазмы в JET. В обоих сценариях используется режим улучшенного удержания плазмы (H-mode) и требуется высокая мощность нагрева плазмы. Первый сценарий (характерные нормализированные параметры *β*N~1.8 и *H*98~1.0), предназначен для достижения режимов работы плазмы с большим выходом нейтронов при большом токе плазменного шнура. Второй базовый сценарий (*β*N~2-3 и *H*98>1.0), предполагает работу при более высоком *β*N и специальном радиальном профиле тока плазменного шнура, чтобы коэффициент запаса устойчивости в центре плазмы *q*(0) был порядка или немного больше единицы. Другим важным результатом работы JET в 2019 г. стало тестирование системы инжекции пеллет Shattered Pellet Injector, которая будет использована в ITER для подавления и контроля срывов плазмы. Будут также обсуждаться новые интересные результаты, полученные на JET в экспериментах по высокочастотному нагреву плазмы с использованием трех различных ионных компонентов (3‑ion ICRF scheme), который использовался для создания альфа-частиц и проверки диагностик для их измерения.

Будет представлен обзор результатов, полученных на стеллараторе Wendelstein 7-X. Этот крупнейший в мире стелларатор был разработан для демонстрации хорошего качества удержания в плазме энергии и быстрых ионов, которые должны быть получены при достижении номинальных параметров плазмы: *T*i = *T*e ~ 6 кэВ, *n*e > 1020 м-3 и <*β*> ~ 5%. В экспериментах использовалась система ЭЦР нагрева на второй гармонике ЭЦ резонанса с помощью волн с необыкновенной поляризацией. Демонстрация режима работы с divertor detachment при достаточно высокой плотности плазмы стала важным результатом последней кампании Wendelstein 7-X. Этот результат дает надежду на возможность реализации в будущем интегрированного сценария, позволяющего совместить высокий уровень мощности нагрева плазмы и приемлемые тепловые нагрузки на компоненты установки. Будет проведено сравнение трех различных сценариев работы Wendelstein 7-X при высоких плотностях плазмы: (a) плазма с ЭЦР нагревом и периферийным газонапуском; (б) ЭЦР разряды с использованием пеллет для ввода топлива в плазму; (в) плазма с NBI нагревом вместо ЭЦР нагрева. Режимы работы (а) характеризуются плоским профилем плотности плазмы, ионной температурой ниже 2 кэВ и качеством удержания энергии в плазме сравнимым, но ниже, чем предсказания ISS04-скейлинга для стеллараторов. Данные результаты объясняются высоким уровнем турбулентности плазмы, которая генерируется ITG-модами при использовании ЭЦР нагрева, что приводит к ограничению достижимых ионных температур в этой установке. Использование пеллет для доставки топлива в плазму или NBI нагрева позволяет избежать получения плоского профиля плотности плазмы и уменьшить уровень ITG турбулентности. Кратковременная фаза с более высоким качеством энергетического удержания плазмы и ионной температурой 3.5 кэВ была получена в разрядах, в которых использовалась инжекция пеллет.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/R/en/LB-Ongena_e.docx) [↑](#endnote-ref-1)