55 ЛЕТ ЭВОЛЮЦИИ ТОКАМАКОВ. ВИДИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

1,2Мирнов С.В.

1Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия  
2Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,  
 г. Москва, Россия

Пятьдесят пять лет назад, зимой 1961 – 62гг в Отделе плазменных исследований (ОПИ) Курчатовского института на токамаке ТМ-2 (токамак малый-2) Е.П. Горбуновым и К.А. Разумовой был впервые получен [1] небывалый доселе макроскопически устойчивый плазменный разряд длительностью несколько миллисекунд с электронной температурой более чем 100 эВ, что вызвало поначалу законные сомнения — не является ли это случайностью, либо результатом развития кольцевого релятивистского пучка. Оказалось, что нет. Через год подобный же разряд был получен Л.А. Арцимовичем и др. на самом большом для того времени советском токамаке Т-3. Тем самым было положено начало освоению нового физического явления — квазистационарного горячего плазменного образования, стабилизированного сильным тороидальным магнитным полем с текущим вдоль него электрическим током — процесс, охвативший более тридцати технологически развитых стран мира и растянувшийся теперь уже на более полувека.

Промежуточным результатом его стало создание в конце прошлого века лабораторных устройств, способных вырабатывать в режиме DT-горения уже секундной длительности до10 – 20 МВт термоядерной мощности. Этот прогресс стал, в свою очередь, исходной точкой для создания токамака следующего поколения с термоядерной мощностью масштаба сотен МВт и длительностью импульса масштаба тысячи секунд – ИТЭР. Между тем уже DT-устройства промежуточной мощности в виде источников быстрых термоядерных нейтронов могли бы найти промышленное применение для нужд существующей ядерной энергетики как в качестве трансмутаторов («сжигателей») ядерных отходов, так и для производства ядерного топлива (Pu239 и U233). Жестким технологическим ограничением использования таких устройств в индустриальных целях представляется сегодня импульсный характер работы современных токамаков.

В докладе анализируются препятствия, которые предстоит преодолеть для перевода токамаков в режим стационарного либо квазистационарного (не менее 80% рабочего времени) термоядерного DT-горения. Показано, что наиболее сложная проблема состоит в необходимости непрерывного (либо дискретного во времени) удаления из вакуумной камеры реактора продуктов эрозии ее стенок и захваченного ими «лишнего» DT-горючего. Эта проблема является общей для всех магнитных ловушек, в частности, она стоит и перед стеллараторами. Обсуждается использование для ее решения жидких металлов (Li, Ga, Sn). Предпочтение среди них отдается сегодня литию. В связи с этим обсуждаются последние эксперименты с литием, выполненные как на отечественных, так и на зарубежных токамаках.

Работа поддержана грантом РНФ 15-12-30027

Литература

1. Е.П. Горбунов, К.А. Разумова «Влияние сильного магнитного поля на магнитогидродинамическую устойчивость и удержание заряженных частиц в установке Токамак» 1963 *Атомная энергия* **15** №5 363-370.