

ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Национальный технический университет «ХПИ»

Кур. О.О.Зимников

Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон

Рост населения Земли, исчерпание природных ресурсов и загрязнение окружающей среды приводит к необходимости использовать альтернативные источники энергии. Физики связывают будущее энергетики с управляемым термоядерным синтезом. В термоядерных реакторах происходят реакции синтеза более тяжелых элементов из легких, в отличие от существующих (ядерных) реакторов, где инициируются процессы распада тяжелых ядер на более легкие. Топливом для термоядерного синтеза является вода, содержащая изотопы водорода — дейтерий и тритий. Калорийность термоядерного топлива в миллион раз выше любого из современных неядерных источников энергии. При этом окружающей среде будет нанесен минимальный вред, а топливо для термоядерной электростанции доступно всем без исключения странам. Известно, что ядерная реакция происходит, когда атомные ядра сближаются. На расстояниях порядка размера ядер величина сильного взаимодействия, которое стремится их связать, возрастает и становится больше величины кулоновского отталкивания. Чтобы вступить в реакцию дейтерий - тритий, ядра должны преодолеть потенциальный барьер 0,1 МэВ. Для этого необходима большая кинетическая энергия. Кинетическую энергию движущихся микрочастиц вещества (атомов, молекул или ионов) можно увеличить, нагревая вещество. Поэтому вещество, участвующее в термоядерной реакции, представляет собой ионизированную плазму, разогреваемую до температур свыше 10^7 К. Изоляция плазмы достигается магнитным полем. Сегодня в мире существуют два перспективных проекта термоядерных реакторов. Токамак - тороидальная камера с магнитными катушками и стелларатор - от латинского stella- звезда, так как функционирует при температуре звезд. В обеих установках плазма удерживается магнитным полем, в токамаке она имеет форму тороидального шнура, по которому пропускается электрический ток. Удержание плазмы происходит благодаря магнитному полю от вихревого электрического поля. Токамак может работать (без вспомогательных устройств) исключительно в импульсном режиме.

В стеллараторе магнитное поле, имеющее сложную конфигурацию, наводится внешними катушками. Магнитные поверхности, удерживающие плазму в состоянии равновесия, создаются сложной системой внешних проводников на вакуумной камере (внутри которой и находится топливо), из-за чего конечная форма плазменного шнура не имеет азимутальной симметрии. Магнитная поверхность имеет форму «мятого бублика». 10 декабря 2015 года в Германии в Институте физики плазмы имени Макса Планка успешно запущен термоядерный реактор Wendelstein 7-X (по названию горы Вендельштейн в баварских Альпах), в котором удержание плазмы происходит по принципу стелларатора. Главной деталью реактора служит тороид наружного диаметра 11 м. В нём вращающаяся плазма заключена в магнитном поле индукцией 3 тесла таким образом, чтобы не касаться стенок. При этом температура плазмы $6\text{--}13 \cdot 10^7$ градусов Цельсия (в несколько раз выше, чем температура в центре солнечного ядра). Магнитное поле производится пятьюдесятью 3,5-метровыми неподвижными магнитными ниобий-титановыми катушками. Другие 20 подвижных магнитов служат для целенаправленного воздействия на магнитное поле. Жидкий гелий при температуре близкой к абсолютному нулю охлаждает магнитные катушки. Вся конструкция окружена криостатом (прочной теплоизолирующей оболочкой) для поддержания температуры сверхпроводимости магнитных катушек. Высокоточные расчеты конфигурации магнитных полей были произведены на суперкомпьютере. Стелларатор способен в течение длительного времени работать в непрерывном (стационарном) режиме. 3 февраля 2016 года стелларатор выполнил первый простой эксперимент с водородом, сгенерировав водородную плазму с температурой около $8 \cdot 10^7$ градусов и сроком жизни в четверть секунды. После успешного завершения экспериментов ученые надеются удерживать водородную плазму в течение 10 секунд.

В 2019 году начнётся серия испытаний позволяющих удерживать плазму в реакторе до получаса. Если установка Wendelstein 7-X оправдает возлагаемые на нее надежды, физики сделают выводы о возможности использования стеллараторов в качестве термоядерных электростанций будущего.

Получение практически неисчерпаемого источника энергии требует не только взаимодействия международного сообщества ученых и государств мира и привлечения огромных финансовых средств, но и завидного терпения и уверенности в успешности проекта.