

Великобритания планирует построить новый ТОКАМАК

В Великобритании приступили к работе над проектом STEP (Spherical Tokamak for Energy Production), – сферического токамака для производства энергии (см. Рис. 1). STEP – это концепция, предложенная Управлением по атомной энергии Соединенного Королевства (УКАЕА) и финансируемая правительством Великобритании. Проект направлен на производство чистой электроэнергии из термоядерного синтеза в период до 2040 года. В сентябре 2019 года Великобритания объявила о запланированных инвестициях в размере 222 миллионов фунтов стерлингов (248 миллионов долларов США) в разработку проекта термоядерной установки под названием Сферический токамак для производства энергии (STEP). Финансирование покрывает начальную пятилетнюю фазу разработки концепции. Как только этот этап будет завершен, второй этап рабочего проектирования будет предшествовать строительству устройства, которое должно быть введено в эксплуатацию к началу 2040-х годов.



Рис. 1. Концепция британского токамака STEP

В настоящее время работа над первым этапом концепции уже идет полным ходом. Летом этого года была проведена полная разработка плана установки, и планируется, что полный концептуальный проект будет готов к концу первого этапа, в марте 2024 года. Прежде чем проект окончательно подойдет к стадии строительства, должно закончиться его детальное проектирование. Руководитель проекта Пол Метвен заявил, что создать прототип термоядерной электростанции к 2040 году очень сложная, и существует множество проблем, которые необходимо преодолеть.

Десятилетия попыток использовать энергию, которая выделяется при слиянии ядер легких элементов, объясняются двумя преимуществами этого источника: легкодоступным и дешевым топливом — водородом — и значительным выходом энергии. Но создать необходимые для начала синтеза условия очень трудно. Чтобы два атомных ядра слились в одно более тяжелое, они должны сблизиться на достаточное расстояние. Этому препятствует электрическое отталкивание,

ведь ядра имеют одинаковый (положительный) электрический заряд. В результате синтез наступает в очень сильно разогретом веществе, где тепловая энергия частиц достаточно велика, чтобы преодолеть это отталкивание. Поэтому специалистам по термоядерному синтезу приходится иметь дело с разогретой плазмой, которая постоянно стремится расшириться и остыть. Облако плазмы удерживают мощными магнитами. Название самого известного типа термоядерных реакторов "токамак" означает "Тороидальная Камера с МАгнитными Катушками".

Программе STEP предшествовала программа разработки и строительства реактора термоядерного синтеза MAST (MegaAmpereSphericalTokamak), расположенного в Центре термоядерной энергии в Калеме (CulhamCentreforFusionEnergy). Строительство реактора MAST в Калеме началось в 1997 году, в декабре 1999 года реактор заработал. MAST представляет собой сферический токамак. В отличие от обычных токамаков, где удерживаемая магнитными катушками плазма имеет форму тора, где этот тор выглядит смятым, в сферических токамаках внутренний радиус тора значительно уменьшен, поэтому облако плазмы в нем по форме близко к шару. Его обычно сравнивают с яблоком, из которого вырезана сердцевина. По замыслу конструкторов, это делает плазму стабильнее и позволяет снизить необходимую для удержания плазмы величину индукции магнитного поля. В установке MAST восемь кубических метров плазмы удерживались магнитным полем в 0,55 тесла. Хотя это очень сильное поле, оно слабее, чем у обычных токамаков. Например, российский токамак Т-15 в Курчатовском институте использует магнитное поле индукцией 3,6 тесла. В России имеется и свой сферический токамак — Глобус-М (Рис. 2) в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе в Санкт-Петербурге (0,4 тесла).



Рис. 2. Сферический токамак Глобус-М.

Что касается главного международного проекта термоядерного синтеза ИТЭР (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor), то летом этого года состоялась торжественная церемония в честь начала сборки установки. В ней приняли участие президент Франции Эммануэль Макрон, а также представители Китая, Европы, Индии, Японии, Кореи, России и США – стран-участниц проекта ИТЭР. Общая схема реактора ИТЭР представлена на Рис. 3.

Мероприятие проходило в онлайн формате и транслировалось на YouTube. Россия разрабатывает и поставляет высокотехнологичное оборудование для основных систем реактора ИТЭР.

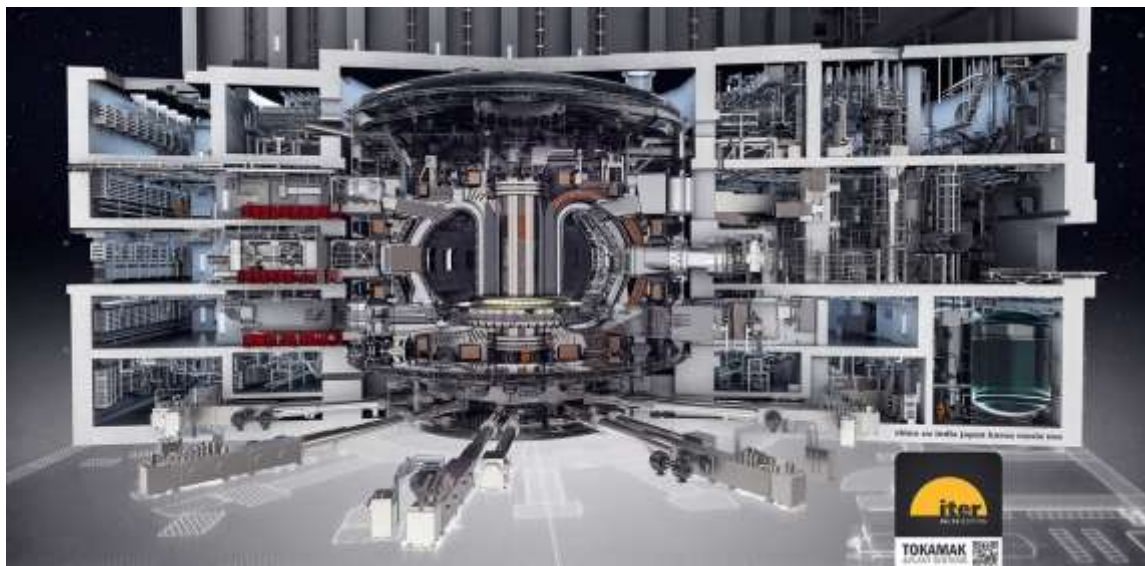


Рис. 3. Общая схема реактора ИТЭР

Задача международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР, строительство которого ведется во Франции, заключается в демонстрации возможности использования термоядерной энергии. На 2025 г. запланирован запуск реактора и получение первой плазмы.

Основой термоядерного реактора является магнитная ловушка закрытого типа – токамак (тороидальная камера с магнитными катушками). В этой закрытой системе силовые линии магнитного поля как бы навиваются на «бублик». Именно благодаря данному виду магнитной системы возможно удержание плазмы, в которой происходят термоядерные реакции. Токамак ИТЭР будет состоять более чем из миллиона деталей и весить 23 тысячи тонн при высоте 30 метров. На данный момент все необходимые детали для начала сборки токамака изготовлены и доставлены на строительную площадку ИТЭР.

Источники:

1. <https://www.neimagazine.com>
2. <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/07/29/105875>
3. <https://www.iter.org/>

Подготовил А. Саликов