

Действительно ли будущее принадлежит термоядерному синтезу?

В проекте ИТЭР делается на это ставка. В размере 10 миллиардов евро.

Марк Вестра

Термоядерный синтез — процесс, в ходе которого два легких атомных ядра сливаются в одно, более тяжелое — является источником энергии для солнца и звезд. Долгосрочная цель исследований в области термоядерного синтеза состоит в том, чтобы сделать этот процесс управляемым и использовать его для удовлетворения будущих потребностей человечества в энергии. Он потенциально может стать крупномасштабным, экологически чистым и безопасным источником энергии, ресурсы которой неисчерпаемы и широко доступны.

За последние десятилетия в исследованиях по термоядерному синтезу учеными всего мира достигнут огромный прогресс. Специалисты, работающие в области УТС (управляемого термоядерного синтеза), теперь готовы сделать следующий шаг, и ими был разработан международный эксперимент ИТЭР. Цель ИТЭР — показать, что УТС может быть использован для производства энергии, и получить данные, необходимые для разработки и эксплуатации первой производящей электроэнергию станции. Участниками проекта — сторонами ИТЭР — являются Европейский союз (включая Швейцарию и представленный Евратомом), Индия, Китай, Республика Корея, Российская Федерация, США и Япония.

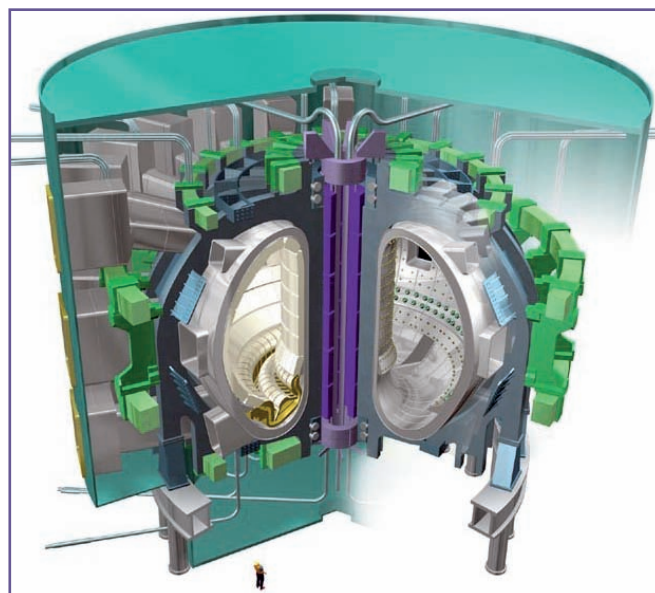
Строительство и эксплуатация ИТЭР являются важным шагом к определению, может ли УТС эффективно использоваться человечеством для крупномасштабного производства энергии.

Ранний старт

Хотя во всем мире был достигнут значительный прогресс в области крупных экспериментальных термоядерных установок, большая часть которых была построена в 1980-х годах, уже на ранней стадии стало ясно, что для получения условий, ожидаемых в термоядерном реакторе, и демонстрации его научно-технической осуществимости потребуется более крупное и более мощное устройство. Поэтому в начале 1980-х годов в рамках каждой из программ по УТС во всем мире была инициирована разработка своей собственной конструкции.

Идея ИТЭР была впервые высказана на Женевской встрече лидеров основных мировых держав на высшем уровне в ноябре 1985 года, где руководитель СССР Горбачев после обсуждения с президентом Франции Миттераном предложил президенту Рейгану организовать международный проект по развитию использования термоядерной энергии в мирных целях. Впоследствии проект ИТЭР начал осуществляться в рамках сотрудничества между бывшим Советским Союзом, США, Европейским союзом и Японией.

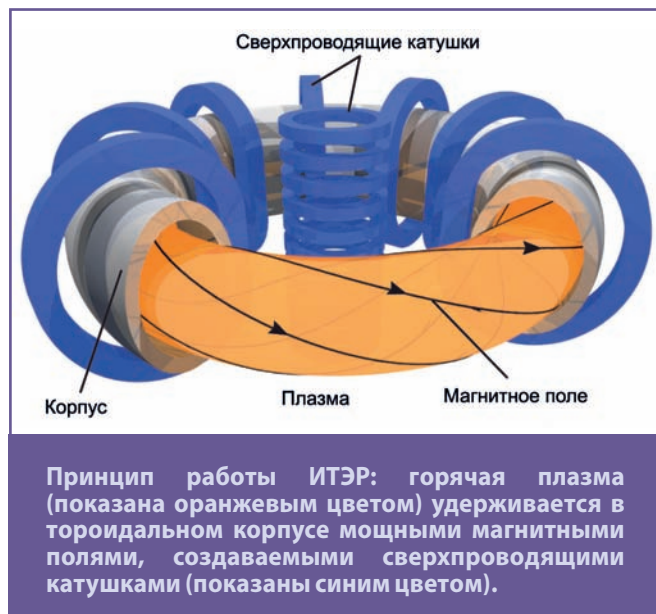
С самых ранних этапов развитие ИТЭР происходило под эгидой МАГАТЭ, которое теперь является депозитарием Соглашения о совместной реализации проекта ИТЭР. МАГАТЭ всегда обеспечивало активную поддержку этому проекту, например, организуя проводимую раз в два года Конференцию по энергии термоядерного



С тех пор, как в 1998 году было начато концептуальное проектирование установки ИТЭР, был выполнен ряд этапов проектных работ, приведших к созданию в 2001 году конструкции, изображенной на рисунке.

Для сравнения в нижней части рисунка показана фигура человека.

(любезно предоставлено Эриком Вердалтом, www.kennisinbeeld.nl).



синтеза и технические координационные совещания с сессиями по ИТЭР, и публикацию документации по проекту ИТЭР и ежемесячного Информационного бюллетеня.

Расширенное производство энергии

Цель ИТЭР состоит в том, чтобы «продемонстрировать научно-техническую осуществимость использования термоядерной энергии в мирных целях». С этой целью ИТЭР продемонстрирует расширенное производство энергии, функционирование важнейших термоядерных технологий в рамках интегрированной системы и обеспечит тестирование ключевых элементов, необходимых для использования УТС в качестве практического источника энергии.

Ученые изучают плазмы в условиях, аналогичных тем, которые ожидаются в производящей электроэнергию термоядерной электростанции. ИТЭР будет в течение продолжительных периодов времени поддерживать термоядерную мощность 500 МВт, что в десять раз больше мощности, требуемой для сохранения рабочей температуры плазмы. Поэтому он будет первым экспериментальным термоядерным устройством, вырабатывающим полезную мощность. На нем будет отработан ряд ключевых технологий, включая технологии разогрева, контроля, диагностики и дистанционного технического обслуживания, которые потребуются для реальной термоядерной станции. На ИТЭР будут также проверяться и разрабатываться концепции бридинга трития из лития в blanketе, окружающем плазму.

По сравнению с нынешними концептуальными проектами будущих термоядерных электростанций, ИТЭР будет включать большую часть необходимой технологии. Он будет иметь немного меньшие размеры и будет работать на приблизительно одной шестой уровня выходной мощности этих конструкций.

Устройство ИТЭР

ИТЭР базируется на концепции “токамака” — баранкообразного корпуса, окруженного катушками,

создающими мощное магнитное поле — в котором создаются и поддерживаются условия, необходимые для термоядерного синтеза. В ИТЭР все магнитные катушки являются сверхпроводящими.

Топливная смесь двух изотопов водорода, трития и дейтерия, разогревается до температуры свыше 100 млн. градусов. При столь высоких температурах в некоторых из топливных частиц происходят реакции термоядерного синтеза с образованием атомов гелия и нейтронов. Большая часть энергии, выделяющейся в ходе реакций синтеза, переносится к стенке нейтронами. В стенке нейтроны взаимодействуют с “blankетным” слоем, содержащим атомы лития, в результате чего образуется топливный тритий. Тепловая энергия, выделяющаяся при замедлении нейтронов в результате столкновений, отводится охлаждающей жидкостью.

Для того чтобы получать от удерживаемой плазмы больше энергии, чем та, которая требуется для ее нагрева, необходимо продолжительное время поддерживать температуру и плотность плазмы и удерживать ее в требуемом объеме. С целью выполнения поставленных задач ИТЭР по размерам будет вдвое превышать самый большой существующий токамак, установку Joint European Torus (JET, расположенную в Соединенном Королевстве), и, согласно прогнозам, в разы превзойдет ее по термоядерным характеристикам. С этой экстраполяцией размеров и физических характеристик связаны основные неопределенности при проектировании ИТЭР.

Организация ИТЭР

Проект ИТЭР будет осуществляться новой международной организацией: Организацией ИТЭР, базирующейся в Кадараше, на юге Франции. Организация ИТЭР будет нести ответственность за все аспекты проекта, такие, как процедура лицензирования, закупки аппаратуры, ввод в эксплуатацию и эксплуатация и, в конечном счете, за дезактивацию ИТЭР в конце его жизненного цикла.

Эта Организация была создана в соответствии с Соглашением о совместной реализации ИТЭР, которое было подписано сторонами ИТЭР 21 ноября 2006 года и которое будет ратифицировано парламентами участвующих сторон (если это требуется согласно местному законодательству) в течение 2007 года.

Расходы по проекту ИТЭР несут члены Организации. Сметные расходы по строительству ИТЭР составляют 5 миллиардов евро за приблизительно десятилетний период. Аналогичная сумма предусмотрена на двадцатилетний этап эксплуатации ИТЭР, который последует за этапом строительства. В ходе строительства устройства ИТЭР 90% элементов по стоимости будут предоставлены Сторонами натурой, и это означает, что Стороны будут предоставлять сами элементы, а не оплачивать их. Европа, как принимающая сторона, профинансирует до половины затрат на строительство, а другие шесть Сторон внесут вклады до 10% каждая, обеспечивая таким образом 10%-ный запас на случай непредвиденных обстоятельств в пределах существующего финансирования.

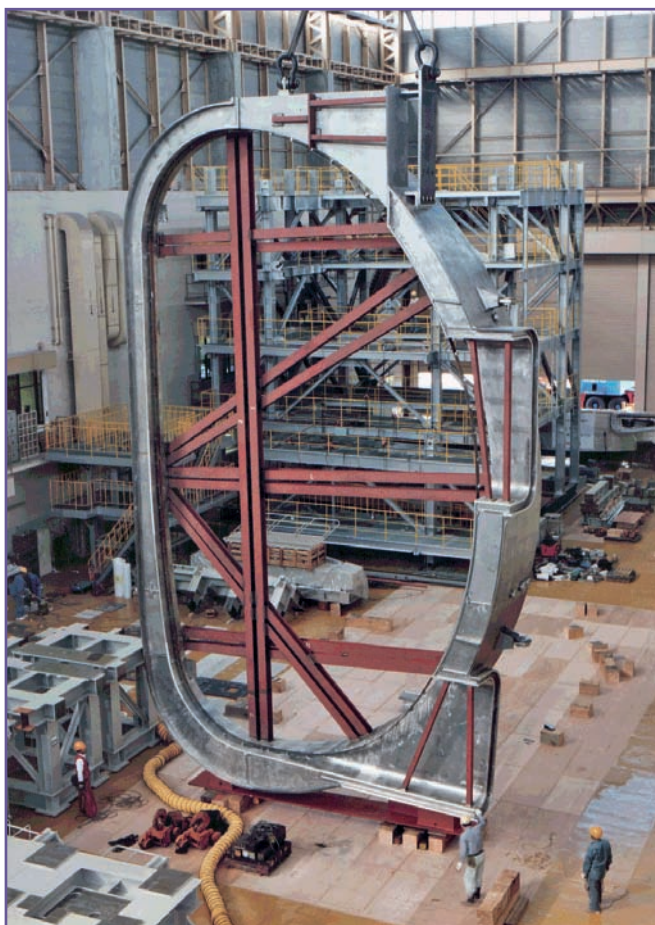
Для предоставления вкладов в проект ИТЭР и управления ими каждая из Сторон создает свое собственное внутригосударственное агентство, которое несет ответственность за поставку данной Стороной элементов ИТЭР.

Процесс выбора места нахождения для ИТЭР занял много времени и был наконец успешно завершен в 2005 году. 28 июня 2005 года было официально объявлено, что ИТЭР будет построен в Европейском союзе, на площадке в Кадараше, недалеко от Экс-ан-Прованса на юге Франции. Общая территория строительной площадки в Кадараше составляет приблизительно 180 гектаров.

В состав группы старших руководителей ИТЭР входит в качестве Генерального директора проекта Канаме Икеда, бывший посол Японии в Хорватии и директор Национального агентства по космическому развитию Японии. Руководителем строительства по проекту является Норберт Хольткамп, немец по национальности и бывший директор по ускорительным системам на установке Spallation Neutron Source в Окридже, США. Группа старшего административного руководства департаментов сформирована, и быстрыми темпами создается коллектив специалистов на площадке в Кадараше. Другие совместные площадки, где проводились работы по ИТЭР — в Гархинге, Германия и Нака, Япония — были закрыты в конце 2006 года.

График выполнения: 2016 год - первая плазма

После этапов со все большей степенью детализации конструкция ИТЭР была в 2001 году достаточно завершена



Многие элементы и методы, требуемые для ИТЭР, были уже протестированы промышленностью, как, например, эта секция корпуса токамака, изготовленная в Японии.

(Фотография любезно предоставлена JAERI).

для того, чтобы потенциальные будущие стороны могли обсудить вопросы разделения расходов по строительству аппаратных объектов. Проводится окончательная детальная проработка конструкции, с тем чтобы можно было по возможности скорее приступить к закупкам аппаратных средств теперь, когда Организация ИТЭР (которая будет являться владельцем и строить ИТЭР для сторон) начала работать на временной основе. Этот процесс рассмотрения конструкции, как предполагается, приведет к разработке в этом году новой базовой конструкции ИТЭР.

После создания Организации ИТЭР к концу 2006 года и применения на временной основе соглашения в период до его ратификации, в 2007 году начнутся расчистка и выравнивание площадки, а заявка на выдачу лицензии на строительство будет подана в конце 2007 года. В 2008 году будет проведен общественный опрос, с тем чтобы получить лицензию на строительство в конце 2008 года. В случае выполнения этого графика процесс строительства может реально начаться в 2009 году, а первая плазма будет получена в 2016 году. Затем последуют этап ввода в эксплуатацию и эксплуатации продолжительностью приблизительно 20 лет и этап снятия с эксплуатации в течение пяти лет.

На пути к термоядерной энергетике

ИТЭР — это не замкнутый проект: он служит мостом к первой станции, которая продемонстрирует возможность крупномасштабного производства электроэнергии. Долгосрочная цель исследований и разработок в области УТС заключается в создании прототипов электростанций, демонстрирующих эксплуатационную безопасность, соответствие требованиям охраны окружающей среды и экономическую жизнеспособность. Стратегия достижения этой долгосрочной цели включает ряд различных элементов: прежде всего строительство ИТЭР, а в последующем — демонстрационного реактора ДЕМО.

Для того, чтобы построить коммерческий производящий электроэнергию реактор, необходимо параллельно с реализацией ИТЭР вести дальнейшую разработку технологий и совершенствование концепции. Технический прогресс требуется особенно в области аттестации для ядерного применения слабо активируемых высокотемпературных конструкционных материалов, с тем чтобы иметь возможность повторного использования радиоактивных отходов от термоядерного реактора в пределах разумных временных рамок. Это планируется осуществить в рамках “расширенного подхода” с несколькими элементами, включающими ИТЭР, так чтобы обеспечить максимально быстрое развитие УТС как источника энергии.

Этап ДЕМО должен продемонстрировать крупномасштабное производство электроэнергии и самообеспеченность тритиевым топливом. Реактор ДЕМО должен быть введен в эксплуатацию через 30-35 лет после начала строительства ИТЭР. Он откроет промышленную эру УТС и расчистит путь к первым коммерческим термоядерным станциям.

Марк Вестра — исполняющий обязанности руководителя отдела связи с общественностью ИТЭР в Кадараше, Франция.

Эл. почта: mark.westra@iter.org.

Для получения дополнительной информации об ИТЭР, см.: www.iter.org