

Что такое «токамак»? Термоядерный реактор откроет человечеству новую эру

00:10 27/05/2015

2 825

[Марина Набатникова](#) Статья из газеты: [Еженедельник "Аргументы и Факты" № 22 27/05/2015](#)



На стройплощадке по соседству с исследовательским центром Кадараш проект обретает реальные черты. © / Марина Набатникова / [АиФ](#)

Русская аббревиатура дала название многочисленным сооружённым по миру установкам, в которых плазма в процессе термоядерного синтеза удерживается магнитным полем.

Теги:

[ИТЭР](#)[термоядерная энергия](#)[научные разработки](#)[токамак](#)

Мы знаем, что русские слова «белуга», «водка», «самовар» вошли в иностранные языки без перевода. Но, кроме иронии, это ничего не вызывает. Другое дело такое «непереводимое» слово, как «спутник», показывающее высокий потенциал отечественной науки и техники. Но «спутник» уже в прошлом. Появился ли какой-то новый термин, который может вызывать гордость за страну?

Кстати

200 тыс. кВт-ч электроэнергии достаточно, чтобы обеспечить все потребности современного европейца в течение 30 лет. Для выработки такого количества электричества достаточно одной ванны воды (45 л) и столько лития, сколько его содержится в одной батарейке для компьютера. Но при нынешних технологиях получения энергии за счёт ископаемого топлива на это уходит 70 т угля.

Есть ещё одно слово, которое на всех языках произносится одинаково - «токамак». Русская аббревиатура дала название многочисленным сооружённым по миру установкам, в которых плазма в процессе термоядерного синтеза удерживается магнитным полем. Токамаком называют и будущий реактор международного проекта ИТЭР, который должен дать человечеству доступ к практически неисчерпаемому источнику энергии.

«Это русское слово, - говорит участникам пресс-тура в Международную организацию ИТЭР (Интернациональный термоядерный экспериментальный реактор. - *Авт.*) Роберт Арно из службы коммуникаций. - А что оно означает, скажет мой коллега из России».

И Александр Петров, представитель российского Проектного центра ИТЭР, охотно поясняет: «Тороидальная камера с магнитными катушками!» Потом ему ещё не раз пришлось повторять это в диктофоны и камеры журналистов стран Европы, Кореи, Китая, Канады...

Как происходит синтез?

Идею токамака предложил академик Лаврентьев, а доработали её **Андрей Сахаров** и **Игорь Тамм**. Если нынешние технологии ядерной энергетики основаны на реакции распада, когда из более тяжёлых ядер образуются более лёгкие, то при термоядерном синтезе, наоборот, лёгкие атомные ядра соединяются, образуя более тяжёлые.

В основном речь идёт об изотопах водорода - дейтерии и тритии. Ядро первого состоит из протона и нейтрона, а ядро второго - из протона и двух нейтронов. В обычных условиях одинаково заряженные ядра, конечно, отталкиваются друг от друга, но при сверхвысоких температурах, наоборот, соединяются. В результате образуется ядро гелия плюс один свободный нейтрон, но главное - при этом высвобождается огромное количество энергии, которую раньше атомы тратили на взаимодействие друг с другом. Дейтерий легко «достаётся» из воды, а тритий более нестабилен, поэтому нарабатывается внутри установки за счёт реакции с литием.

Один термоядерный реактор - Солнце - дал человечеству возможность жить на нашей планете, согревая своим теплом. В центре звезды, где под воздействием гравитации достигается очень высокая плотность плазмы, реакция протекает при температуре 15 млн°С. На Земле достигнуть такой плотности не получится - остаётся только повышать температуру. В реакторе проекта ИТЭР она должна достигать 150 млн°С - в 10 раз выше, чем в солнечном ядре!

Кто-нибудь, кроме физиков, может себе такую представить? А какой из возможных на Земле материалов может её выдержать? Нет такого. Поэтому и придуман токамак. Его вакуумная камера в форме пустотелого «бублика» окружается сверхпроводящими электромагнитами - они создают тороидальное и полоидальное магнитные поля, которые не позволяют раскалённой плазме касаться стенок камеры. Есть ещё и центральный электромагнит - индуктор. Изменение тока в нём вызывает в плазме движение частиц, необходимое для синтеза.

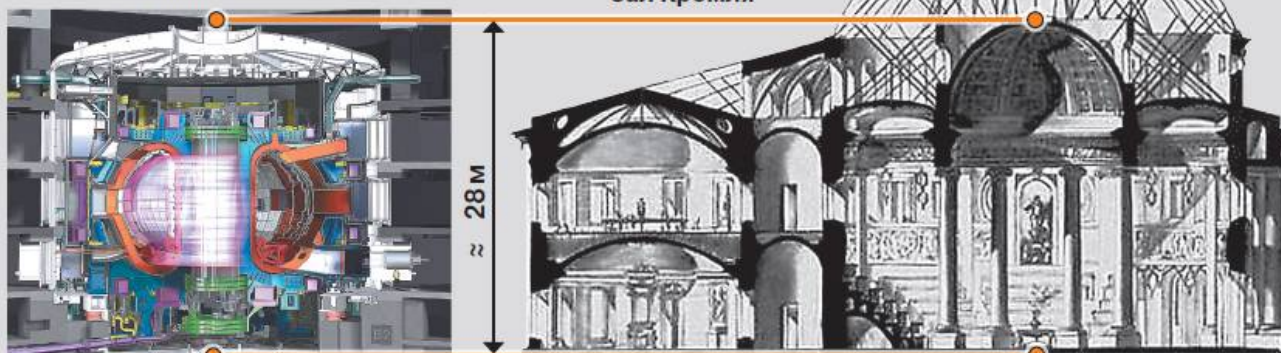
Топлива для термоядерного синтеза нужно минимум, а безопасность значительно выше, чем при нынешних технологиях. Ведь плотность плазмы очень мала (в миллион раз ниже плотности атмосферы!) - соответственно никакого взрыва быть не может. А при малейшем снижении температуры реакция прекращается - тогда плазма, как говорят физики, просто «осыпается», не нанося никакого вреда окружающей среде. Кроме того, загружаться топливо будет непрерывно, то есть работу реактора легко остановить в любой момент. Радиоактивных отходов он практически не производит.

МЕГАПРОЕКТ - ДЛЯ МЕГАЗАДАЧ

ПРОЕКТ В ЦИФРАХ...

токамак ИТЭР

Екатерининский
зал Кремля



ПРОЕКТНАЯ МОЩНОСТЬ: 0,5 ГВт

мощность самого большого
существующего токамака -
0,2 ГВт

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ: 10 ТЕСЛА

магнитное поле
Земли - 0,00005 Тесла

ТЕМПЕРАТУРА ПЛАЗМЫ: 150 МЛН°С

температура плазмы
в центре Солнца -
15 млн°С

... И ДЕНЬГАХ

ИТЭР	€ 15 млрд
Международная космическая станция	€ 53 млрд (за 28 лет)
Олимпиада в Сочи	€ 40 млрд
ЧМ по футболу в Катаре, 2022 г.	€ 120 млрд

АРГУМЕНТЫ
И ФАКТЫ aif.ru



/aif.ru



/aif_ru



/aifonline



/aifru

Сколь долг путь?

С конца 60-х, когда успех советских физиков в области управляемой термоядерной реакции стал очевиден, токамаки появились не только в России, но и в Казахстане, США, Европе, Японии, Китае. Они доказали, что создавать и удерживать высокотемпературную плазму, в которой идёт реакция, реально. Однако до сих пор удержание было коротким, исчисляясь секундами, а также затратным в смысле энергии, потраченной на разогрев. Для науки такие результаты были достаточными, а для того чтобы человечество могло шагнуть в новую энергетическую эру - нет.

И тогда родилась идея международного проекта, основная задача которого - построить реактор, способный вырабатывать энергию в объёмах, значительно больших, чем необходимо для поддержания термоядерной реакции. $Q \geq 10$ - так формулируют её физики.

Начало было положено в 1985 г. на встрече глав СССР и США. Проект назвали Интернациональным термоядерным экспериментальным реактором: ITER - в английской транскрипции, ИТЭР - в русской. Он решает общую для всего человечества задачу, да и масштаб таков, что одной стране не потянуть, потому и стал международным. Сегодня в нём участвуют страны ЕС, Китай, Индия, Япония, Республика Корея, Россия и США. Участие каждой стороны определено: Европа - 45%, остальные - по 9% с небольшим, но выражается это не валютой, а осязаемым вкладом - выполненными работами или изготовленным оборудованием.

Понадобились десятилетия, чтобы проект выстроился и «вычертился» - на бумаге, в 3D-моделях. И теперь уже его черты и линии наносятся на реальной площадке на юге Франции, по соседству с исследовательским центром Кадараш, в котором имеется свой токамак.

В чём наш вклад?

Запах прованских трав обволакивает холмистый пейзаж, в том числе и внушительных размеров площадку (42 га, или 60 футбольных полей) с пятью огромными башенными кранами, где полным ходом идёт строительство корпусов, которых будет здесь 39. К 2020 г. оно должно закончиться, но оборудование начнёт поступать раньше - по мере завершения определённых этапов.

Основные поставки из России приходятся по графику на 2016-2017 гг. Наша страна участвует в сооружении всех основных конструкций мегатокамака, изготавливает сверхпроводники, создаёт системы испытаний и диагностики. Более 30 российских предприятий и организаций задействованы в этом, большинство из них - дочерние предприятия Госкорпорации «Росатом». Ведь именно в атомной отрасли, несмотря на пережитые страной тяжёлые времена, удалось сохранить высокий научный и производственный потенциал.



«В рамках российских обязательств изготавливается 25 систем для ИТЭР. Это не эксперименты и не НИОКР - это оборудование, которое надо поставить в Кадараш в срок», - говорит **Анатолий Красильников, руководитель Проектного центра ИТЭР - российского агентства ИТЭР.**

Само оборудование это уникально - в большинстве случаев для его создания разрабатываются абсолютно новые технологии. К примеру, первая стенка blankets («одеяла») плазменной камеры, на которую придётся максимальная температурная нагрузка. Какие материалы смогут выдержать? Какие нюансы в конструкцию нужно заложить? На эти вопросы уже нашли ответы в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова (НИИЭФА). Стенка будет из бериллия, и не сплошная, а нарезанная маленькими квадратными пластинками - чтобы материалу легче было «дышать» и он не растрескался от высоких температур, как земля в летний зной.

Ещё одна серьёзная задача, которую уже решили росатомовские учёные и специалисты, - соединение друг с другом разных материалов: бериллия - бронзы, меди - нержавеющей стали, вольфрама - меди. Обычная сварка для условий проекта не подходит, поэтому медь наплавляют на вольфрам в вакуумной камере, сталь соединяют с медью методом «сварки взрывом» - тогда образуется единый металлический блок, который уже не разъединить даже сверхвысоким температурам.

Участие в проекте - серьёзный толчок не только для отечественной науки, но и для экономики страны, поскольку даёт возможность шагнуть на иной уровень технологий и производств, а иногда и прыгнуть. К примеру, на Чепецком механическом заводе за 4 года с нуля освоили производство продукции из титановых сплавов. В прошлом году наши атомщики уже завершили поставки сверхпроводящих стрендов для ИТЭР. Благодаря участию в проекте на заводе запущена новая - сложная и дорогостоящая - номенклатура изделий, что значительно повысило доходы предприятия.

Отчего пробуксовки?

Собственно, желанием овладеть технологиями во многом объясняется международная кооперация в проекте. Ведь независимо от того, кто занимался разработкой или производством конкретной детали или конструкции, созданные технологии становятся общим для всех стран-участниц интеллектуальным продуктом и могут использоваться ими в других целях.

Правда, демократичные условия участия и отсутствие общего бюджета проекта обернулись тем, что не все справляются со своими обязательствами в срок. Начались задержки и разногласия. И если к России никаких претензий нет, она - самая обязательная сторона в проекте, то в той же Европе наметилось заметное отставание.



Сдвинулись и намеченные поначалу сроки. Получить первую плазму к 2020 г., а первую энергию в сети - к 2027 г. уже нереально. Конечно, во многом это объясняется новаторством проекта - никто в мире ничего подобного прежде не делал. И естественно, что жизнь вносит в бумажные расчёты свои корректировки. Но, с другой стороны, есть и элементарная необязательность. Исключить её намерен новый **генеральный директор проекта Бернар Биго**. По его словам, к концу этого года должен быть утверждён скорректированный график и пересмотрена система управления проектом. Он не исключает, что какие-то работы могут быть перераспределены между участниками.

«Мы думали, что соблюдать поставленные сроки получится просто благодаря добросовестности и добрым намерениям. Теперь поняли, что без строгого менеджмента ничего не выйдет. Но речь не о том, кто кем будет управлять, - мы должны научиться работать сообща», - говорит Б. Биго.

Зачем мечтать?

Новый гендиректор - из тех учёных, которые не просто верят в проект, но убеждены в его успехе. «Нет «плана Б», нет альтернативы, - считает он. - Мы можем вносить корректировки. Но это уже - реальная история».

Реальностью называют проект и сотни наших учёных и специалистов. А как же ещё? Ведь в организации ИТЭР пока ничего, кроме офисного здания и стройплощадки, нет. Но в наших росатомовских НИИ и на его предприятиях, а также в других организациях и компаниях, задействованных в проекте, - есть. Уже сделали сверхпроводники, выпустили невиданные доселе кабели, где сотни скрученных проводов помещены в оболочку из меди и стали, приступили к намотке катушек. Недавно в питерском НИИЭФА прошли успешные испытания прототипа резисторов для быстрого вывода энергии из обмоток магнитной системы, а в Нижнем Новгороде в НПП «Гиком» - испытания прототипа гиротронного комплекса для генерации тока и нагрева плазмы. В институте ТРИНИТИ обрели реальные черты алмазные детекторы для вертикальной нейтронной камеры.

Однако реальность и мечта в ИТЭР неотделимы друг от друга. Учёным и специалистам, увлечённым своей работой, проект не просто открыл новые перспективы - он их одухотворил. **Евгений Вещев, специалист по диагностике, вспоминает, как, будучи студентом МИФИ,**

впервые увидел токамак и прослушал лекцию про перспективы термоядерной энергетики. Он был просто окрылён, узнав о проекте, и подумал: «Как это здорово - быть причастным к такому важному для человечества делу!» И теперь счастлив, потому что каждый день вносит в него свою лепту.

«Мечты могут быть затратными - как миссия «Аполлон» или программы NASA, - с воодушевлением говорит **Марк Хендерссон, руководитель секции электронного циклотрона.** - Но мы должны мечтать! В том числе о новом ядерном синтезе, который можно назвать Прометеем сегодняшнего дня».

Мнение эксперта:



Сергей Кириенко, генеральный директор Госкорпорации «Росатом»:

- Необходимо объединить усилия всех участников для того, чтобы обеспечить развитие нашей отрасли, сформировать новое поколение в ней, объединив при этом и деньги, и время, и главное - опыт.

Мы все должны объединить усилия для реализации таких международных проектов, как ИНПРО под эгидой МАГАТЭ или осуществляемый во Франции проект ИТЭР.