

ИТЭР

Хроника объявленного провала

Жан-Пьер Пети

**Постоянный руководитель Национального
научно-исследовательского центра, физик, работающий
в области плазмы, специалист по МГД**

ИТЭР является первым этапом «наполеоновского» проекта в 16 миллиардов евро, который ждёт не дожждётся финансирования для того, чтобы проект стронулся с места.

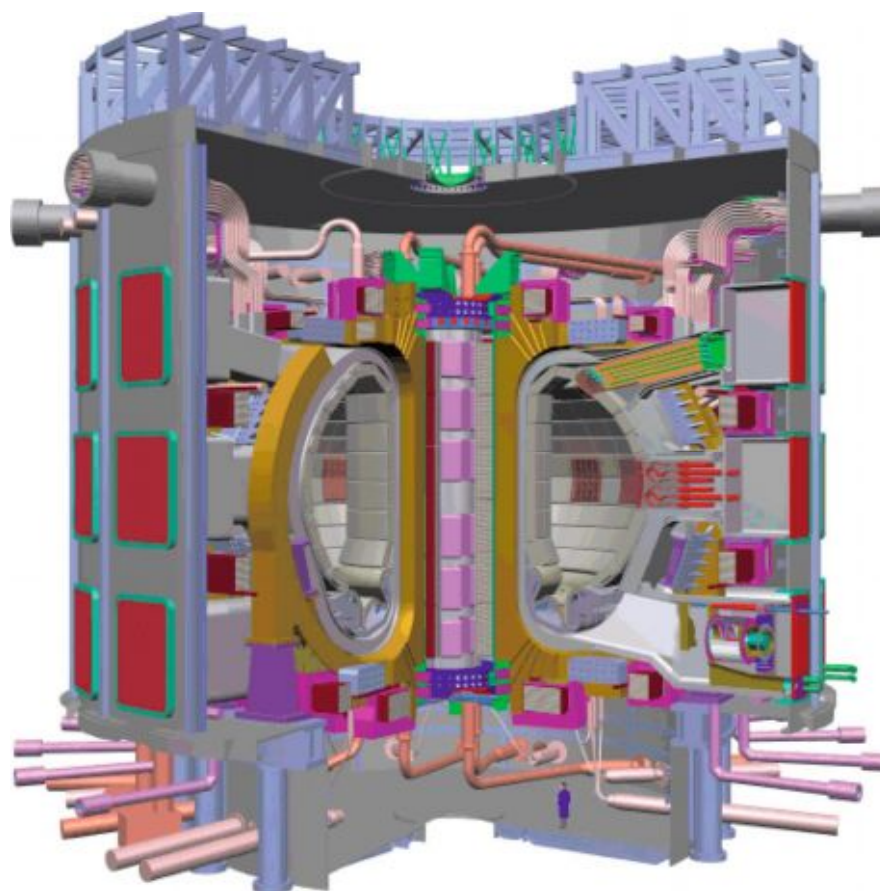
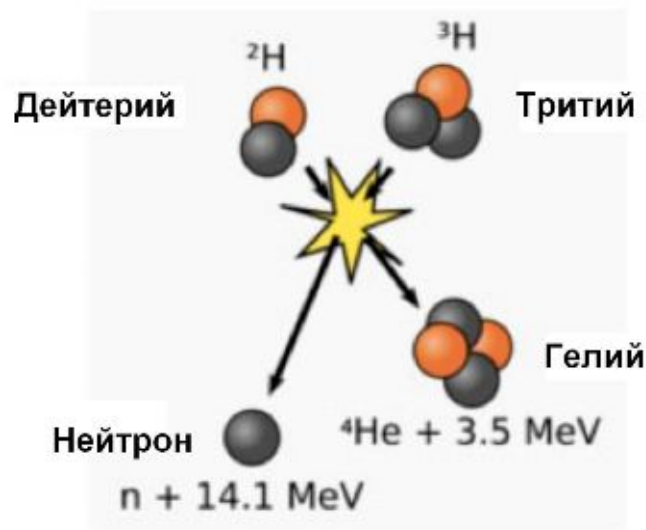


Рисунок 1.14 – Схема ИТЭР в разрезе (Источник : Организация ИТЭР)

Очень немногие люди знакомы с основными принципами установок, которые, начиная с этой первой установки ИТЭР, предположительно приводят к электрическим генераторам, использующим синтез в качестве источника энергии.

Верхнее изображение представляет этот генератор тепловой энергии, который должен за срок более 50 лет «Исследования и Развития» привести к электрическому ядерному реактору, использующему энергию, высвобождаемую синтезом двух изотопов водорода: дейтерия и трития. Схема этого синтеза выглядит следующим образом:

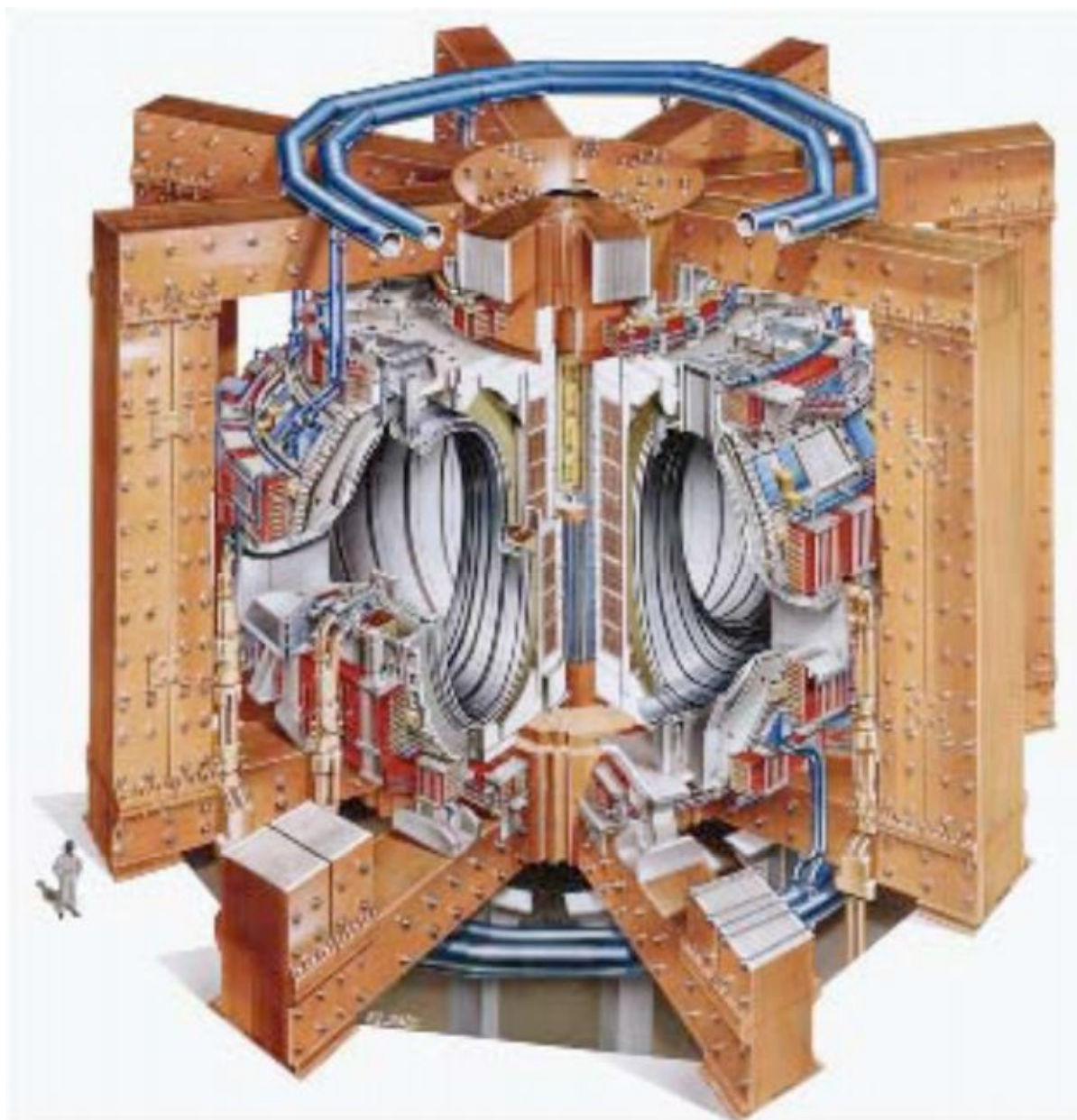


Для того, чтобы пошла эта ядерная реакция, нужно, чтобы температура достигла 100 миллионов градусов, что равносильно скорости теплового движения этих ядер изотопов водорода около 1000 км/сек. Среда с такой температурой не могла бы содержаться в материальной оболочке. Таким образом, начиная с пятидесятых годов, предполагали подобную плазму, полностью ионизированную, то есть, являющуюся смесью свободных электронов и ионов водорода, *ограничить с помощью магнитного поля.*

«Магнитная бутылка», которая содержит эту синтезированную плазму, была изобретена в 1950 году русским Андреем Сахаровым и называется токамак. Эта установка состоит из камеры в форме тора, которую заполняют смесью дейтерия и трития под низким давлением. Дейтерий безопасен и находится в величинах,

неограниченных в природе, в воде. Тритий радиотоксичен и распадается с бета-излучением за 12,3 лет. Количественные величины, создаваемые в высокой атмосфере космическими лучами, воздействующими на ядра азота, так незначительны, что можно сказать, что «его не существует в естественном состоянии»: представленный на Земле тритий, созданный таким образом, насчитывает до 3,6 кг.

Это именно в 1997 году англичане собрались получить производство энергии посредством синтеза, при помощи этой реакции, за секунду, на установке ДЖЭТ (Общий Европейский Тор).



Английская установка ДЖЭТ. Небольшое изображение даёт в масштабе.

Различают восемь огромных стальных поперечных балок, сжимающих установку. Почему такие огромные секции? Потому что создаваемое установкой магнитное поле в 3,85 Тесла, производит значительные силы, стремящиеся привести к взрыву создающие их соленоиды, и которые, таким образом, должны быть основательно ограничены.

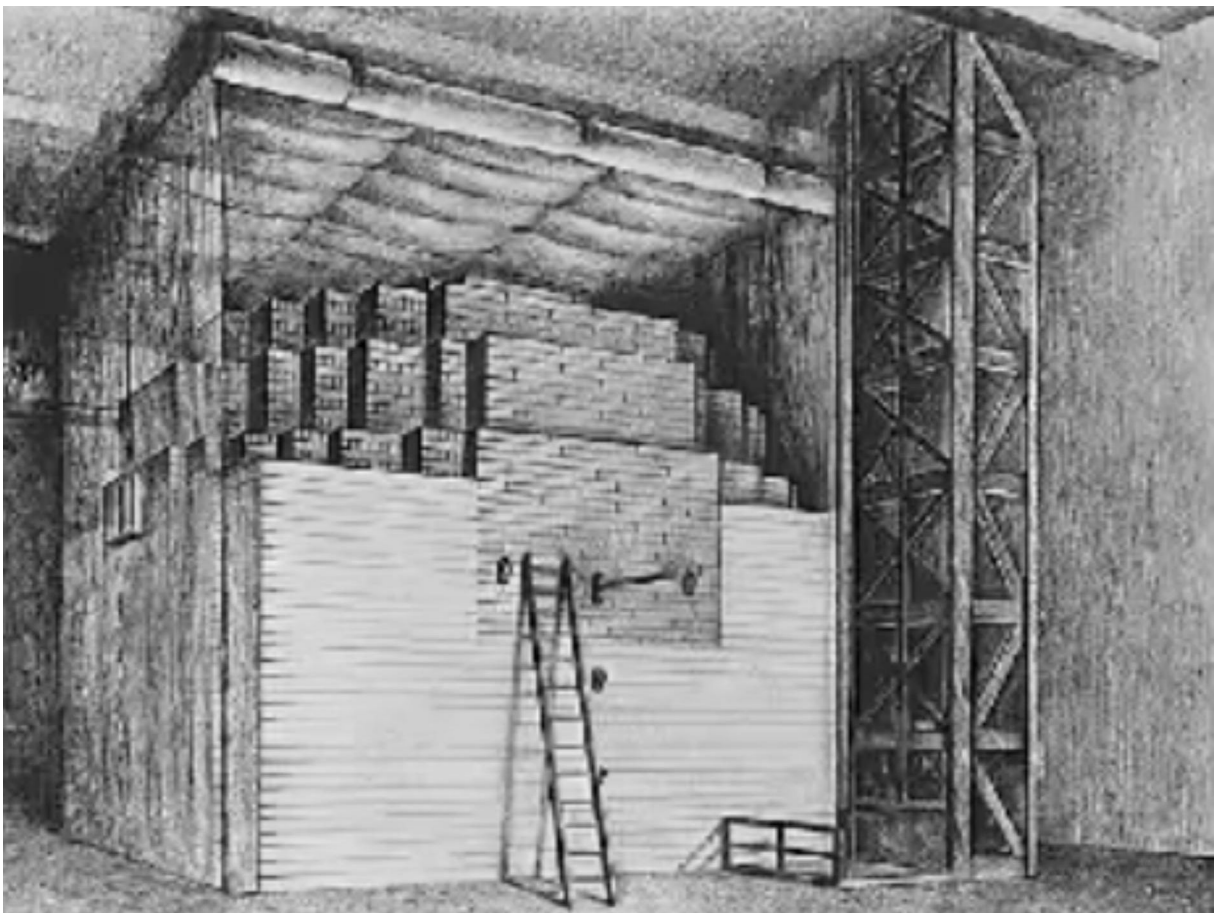
Далее будет видно, как работают эти установки. В ДЖЭТ магнитное поле создаётся соленоидами, а не сверхпроводниками. Значит, оно и не сможет продержаться в течение более чем нескольких десятков секунд по причине интенсивного выделения тепловой энергии, обусловленной эффектом Джоуля.

Французы сконструировали подобную установку, где магнитное поле достигает такого же значения, но может поддерживаться без ограничения времени, будучи производимым сверхпроводниковыми катушками. Для того, чтобы это сделать, достаточно их охладить до очень низкой температуры жидким гелием. Как и ДЖЭТ, эта установка Tore-Supra также должна быть мощно сжата системой из поперечных стальных балок. Общий внешний вид Tore Supra похож на внешний вид ДЖЭТ, только немного поменьше. Далее будет её изображение.

От деления к синтезу

Интересно, что перед тем, как развернуть тему производства энергии посредством синтеза, хочется представить несколько изображений, достаточных для иллюстрации огромной пропасти, которая разделяет технологию деления от технологии синтеза, называемому «контролируемым». Перед войной 39-45гг. учёные открыли возможность проведения цепной реакции из атомов урана 235. В дальнейшем оказалось в равной степени возможно осуществить эту операцию (совершенно очевидно, с целью создания бомб из плутония 239, который не существовал в природе, имея слишком незначительную продолжительность жизни: 24.000 лет, по сравнению с 4,5 миллиардами лет урана 235).

Таким образом, в 1942 г. итальянец Энрико Ферми закончил создание первого ядерного реактора в старом зале для игры в сквош, расположенном под ступеньками стадиона университета Чикаго. Установка была очень простой. Достаточно было поместить бруски, содержащие уран, внутри массы из графитовых блоков, выполняющих роль регулятора, замедлителя нейтронов. На самом деле, при замедлении излучаемых нейтронов в ходе реакций деления, увеличивались шансы запуска новых реакций деления в соседних атомах урана ^{235}U .



Первый ядерный реактор, сконструированный Ферми в Чикаго в 1942 году

Можно найти полную презентацию этих научно-технических данных по ядерной технике в научном альбоме-комиксе, представленном на сайте ассоциации «Знание без границ» (<http://www.savoir-sans-frontieres.com>), и названном:

Энергетически Ваш

Загружаемый с адреса:

http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/Francais/energetiquement_votre.htm

Так же, как и объясняется в этом альбоме, ядерный реактор заполняется брусками из кадмия, абсорбера нейтронов, позволяющего контролировать ритм делений, видеть остановку реактора. Ниже, управляющие стержни первого реактора, сконструированного Ферми:



Контроль реактора стержнями из кадмия

Создавая эти « атомные реакторы », как их называли в то время, учёные стремились к производству энергии не тепловой, а из плутония 239, бомбардируя

уран ^{238}U нейтронами, имея постоянную цель – создание бомб. Смотрите ещё по этой теме альбом, процитированный выше.

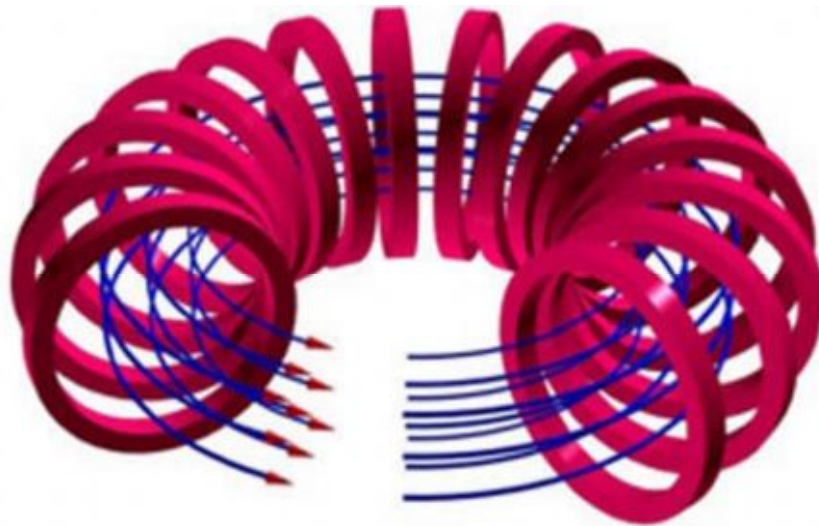
У этого первого реактора не было необходимости в системе охлаждения, так как он выделял только 240 ватт тепловой энергии. Тем не менее, все процессы в эту эпоху были достаточно поняты и держались под контролем для того, чтобы можно было в местности г. Хэнфорд перейти к реактору, выделяющему *в миллион раз больше энергии*. 240 мегаватт тепла на этот раз были выброшены наружу циркуляцией воды, выливающейся в реку Колумбия.

И только намного позже задумались об использовании ядерных реакторов для производства энергии, преобразуемой в электричество при помощи комплекса: паровая турбина + генератор переменного тока. Но видно, что если это было первой преследуемой целью, было бы достаточно нескольких месяцев для того, чтобы проложить дорогу к электростанции, производящей сотни мегаватт электричества.

Синтез намного сложнее и проблематичнее. На самом деле, потребовалось бы полвека для того, чтобы реактор, английский ДЖЭТ, произвёл за секунду энергию.

Как работает токамак?

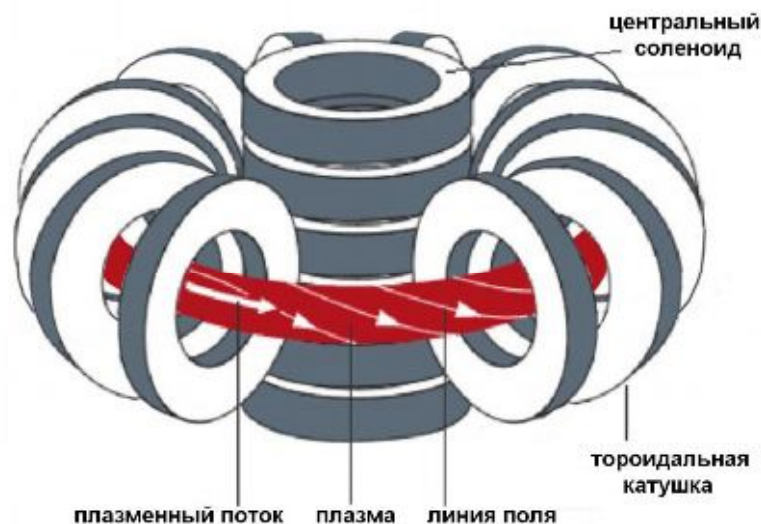
В тороидальную камеру под низким давлением помещают смесь синтеза. С помощью первой установки катушек создают магнитное поле, называемое «тороидальным». С производственной целью эти катушки в реакторе состоят из сверхпроводниковых элементов.



В красном цвете: сверхпроводниковые катушки.

В синем цвете: линии «тороидального» магнитного поля

Потом ионизируют содержимое камеры в форме тора при помощи сверхвысокой частоты. Наконец, *индукцией* создают *плазменный поток*, увеличивая магнитное поле, созданное соленоидом, расположенном по оси механизма:



Плазма обозначена красным цветом. Этот плазменный поток создаёт своё собственное магнитное поле, называемое «полоидальным», которое составляет с магнитным полем,

созданным катушками, линии поля, расположенные по спиральям.

Когда температура плазмы достигает 10 миллионов градусов, электроны продвигаются так быстро в эту немного плотную среду, что они проходят в стороне от ионов без взаимодействия. Эффект Джоуля, который происходит от столкновений электронов и ионов, исчезает. Тогда можно было бы предположить, что среда становится сверхпроводником. На самом деле, необходимо поддерживать этот плазменный поток с помощью бегущих волн, аналогичных тем, которые используются в ускорителях частиц. Эти импульсы, передаваемые электронам, компенсируют потери, которые при отсутствии этого *прохода потока* привели бы к падению величины плазменного потока до нуля за миллисекунду.

Деталь: эти потери не умеют моделировать.

Дополнительная система из соленоидов, в которой поток ведётся компьютером, позволяет контролировать положение плазмы в направлении сверху-вниз. Тогда полная схема токамака соответствует расположенному ниже изображению:

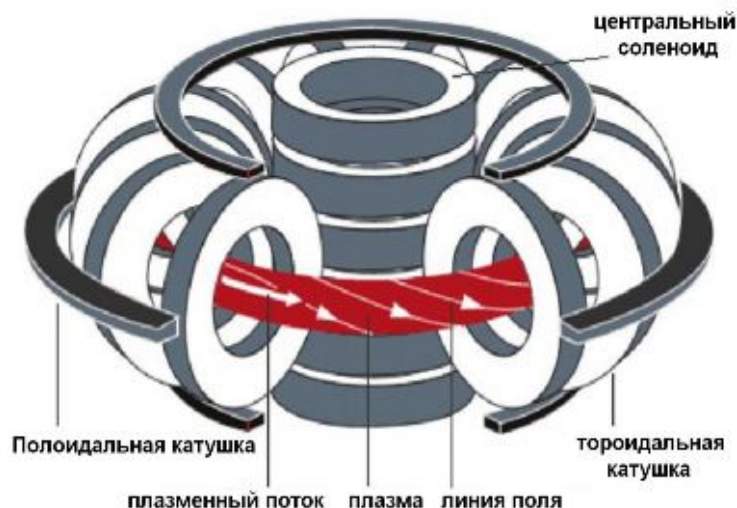


Схема токамака

Эта система не позволяет получить минимальную температуру в 100 миллионов градусов, которая вызывает установку самоподдерживающихся реакций синтеза. Тогда прибегают к дополнительным средствам нагрева: сверхвысоким частотам и введению нейтральных частиц. Благодаря именно этому реакции синтеза смогли быть получены за секунду на установке ДЖЭТ. Сначала задействовали смесь дейтерий-дейтерий, пропуская температуру в 150 миллионов градусов. Несколько экспериментов было проделано со смесью дейтерий-тритий, но совсем немного. На самом деле, радиотоксичный тритий имеет особенность просачиваться всюду, и это сделало бы невозможным осмотр камеры техниками, так как они были бы подвергнуты радиации.

Экспериментальные данные.

Эксперименты, проводимые на ДЖЭТ, будучи очень короткими по продолжительности (секунда), не позволяли получить данные, касающиеся состояния материалов, составляющих первую перегородку, ту, которая напротив плазмы. На французской установке Tore-Supra испытали углеродное покрытие, аналогом которому служит оболочка воздушно-космического самолёта.

Углерод был на первый взгляд удачным кандидатом. Он испаряется при 2500°C и даёт хорошую удельную теплопроводность. Предприняли испытание систем с водой под давлением, которые, располагаясь по другую сторону от элементов покрытия, набирали калории.

Произошёл непредвиденный процесс, который называется *напыление*. Сотрясения оболочек ионов водорода и фото-шлифовка привели к тому, что многочисленные атомы углерода заполнили экспериментальную камеру.

Сочетаясь с водородом, они образовали карбиды, которые затем переотложились на покрытие, мешая его удельной теплопроводности. Но, хуже того, этот процесс, в случае, если установка

смогла бы работать на тритии, очень быстро преобразовала бы пласты из углерода в радиоактивные отходы. *Значит, от углерода нужно отказаться.*

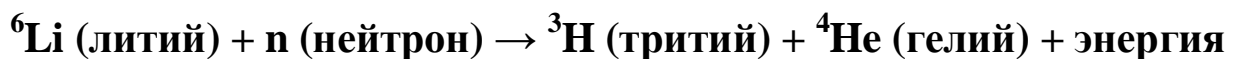
Тритигенные клетки

Тритий существует в природе только в ничтожных количествах, было предусмотрено использовать запасы, находящиеся на хранении у канадцев, которые производят его в специальном виде ядерных реакторов, реакторах CANDU. Но таким образом он исключался от подачи на ИТЭР (и её последователей). В таком случае, предположили поступить таким образом, чтобы установка воссоздавала своё собственное топливо из лития в реакции:



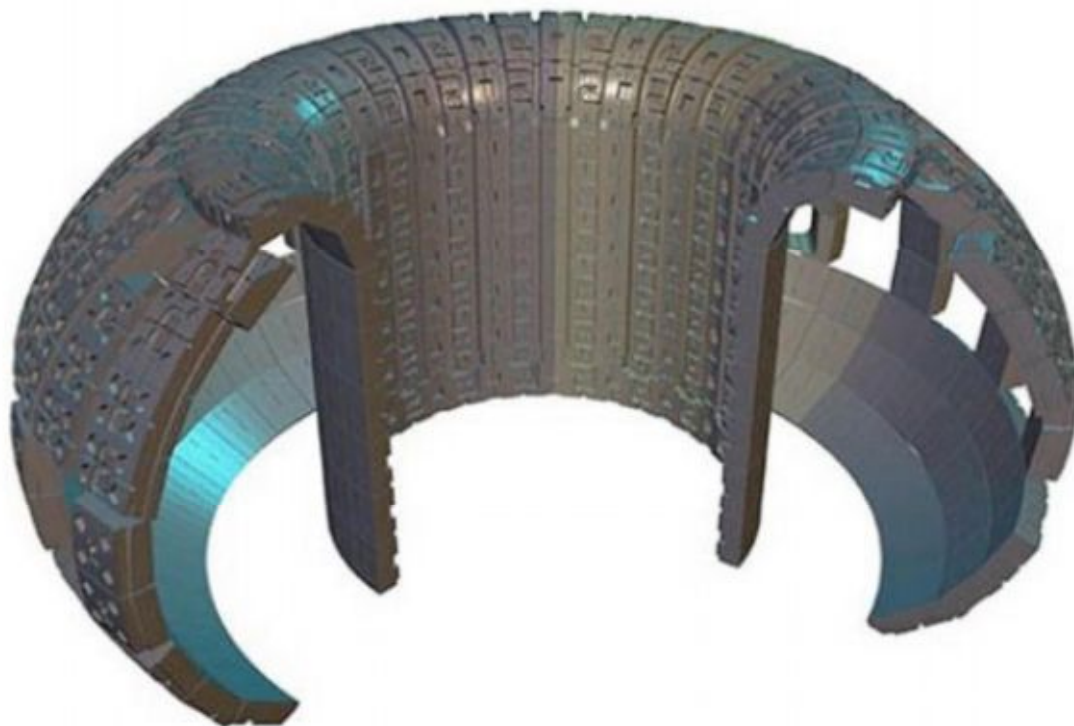
Реакция, дающая возможность воспроизводства трития

Заметим, что для воссоздания атома трития, который затем был бы выделен и подан в камеру, нужно располагать нейтроном, полученном в результате реакции синтеза, представленной ранее. В целом, работа реактора равносильна:



Для того, чтобы реактор работал, нужно было бы, чтобы эти тритигенные модули (воссоздающие тритий), которые покрывают целиком оболочку, были бы в состоянии захватывать

100% излучаемых нейтронов, что невозможно. Эти тритиговые клетки не покрывают всю оболочку:



Расположение элементов-регенераторов трития на оболочке ИТЭР.

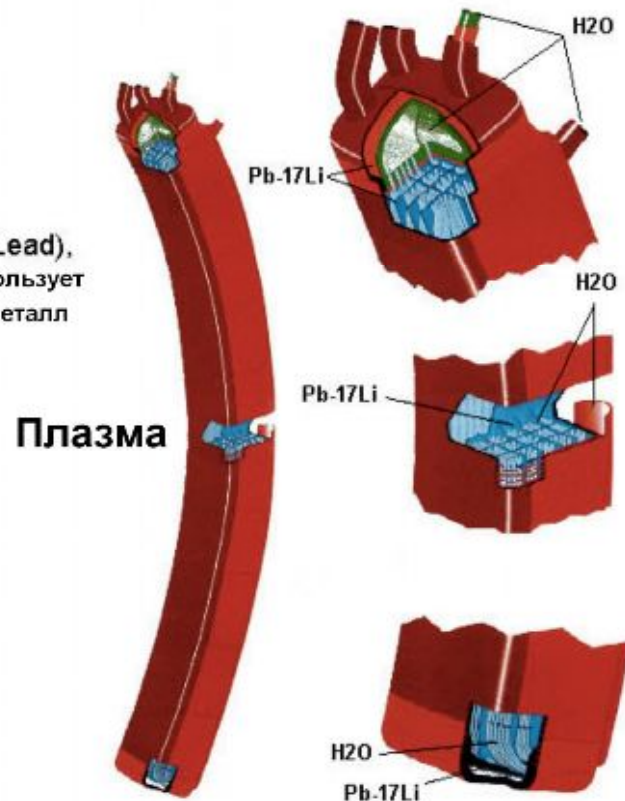
Нижняя часть соответствует расположению *дивертора* или системы накачки с различными окнами с отверстиями, через которые нагнетается энергия, или производятся измерения.

Итак, многочисленные нейтроны поступят на перегородку, доставляя радиоактивные вещества через наведённую радиоактивность, « активацию », производя таким образом *отходы*.

Чтобы обеспечить воспроизводство трития, нужно прибегнуть к веществу, которое играет роль *множителя нейтронов*. Свинец может выполнять эту функцию. Затем рассмотрели тритиговые модули в форме бананов, где циркулирует смесь лития и свинца в жидком состоянии (300°C) в тубусах, соседствуя со вторым

контуром, набирающем калории, где циркулирует вода под давлением 75 бар.

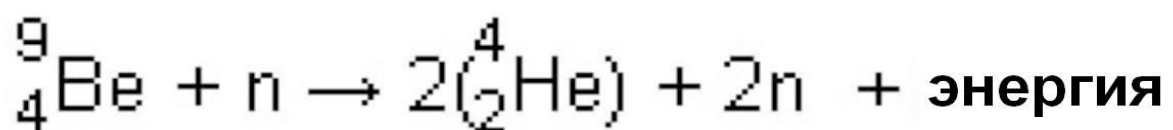
Концепция WCLL (Water Cooled Lithium Lead), развёрнута под ответственность СЕА, использует в качестве тритигенного вещества жидкий металл (LiPb) и в качестве охладителя воду



Тритигенные модули, проработанные Комитетом по атомной энергии

Как будет видно далее, применение этой формулы в высшей степени опасно, в случае серьёзной неполадки литий взрывается при контакте с водой (как натрий).

Следующая формула заключается в соединении лития с керамикой. Затем нужно вновь покрыть модули корпуса, выполняющего функцию *удвоителя нейтронов*, в данном случае бериллием, который выполняет роль первой перегородки и плавится при 1280°C. Реакция увеличения числа нейтронов следующая:



Нейтрон, ударяя атом бериллия, даёт два нейтрона, два ядра гелия и энергию. Гелий не может соединиться ни с каким веществом.

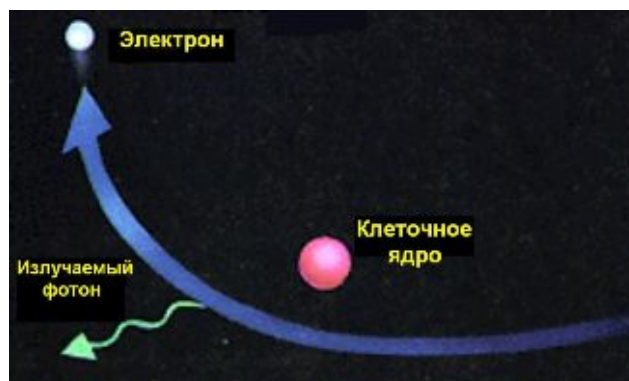
Эти атомы гелия ведут так себя везде, где через преобразование они стали примесями, которые в конце концов делают структуры хрупкими. В ИТЭР выбор направлен на первую перегородку из бериллия, в сантиметр толщиной.

Проблема загрязнения плазмы.

Из-за отрывов атомов она постоянно загрязняется. Плазма теряет энергию, потому что происходит *тормозное излучение* (по-немецки *bremstrahlung*).

Когда электрон проходит вблизи иона, заряженного положительно, его траектория отклоняется, и он излучает фотон, то есть, квант излучения. Эта потеря пропорциональна квадрату электрического заряда Z , приносимому ионом. Для ионов водорода, $Z = 1$.

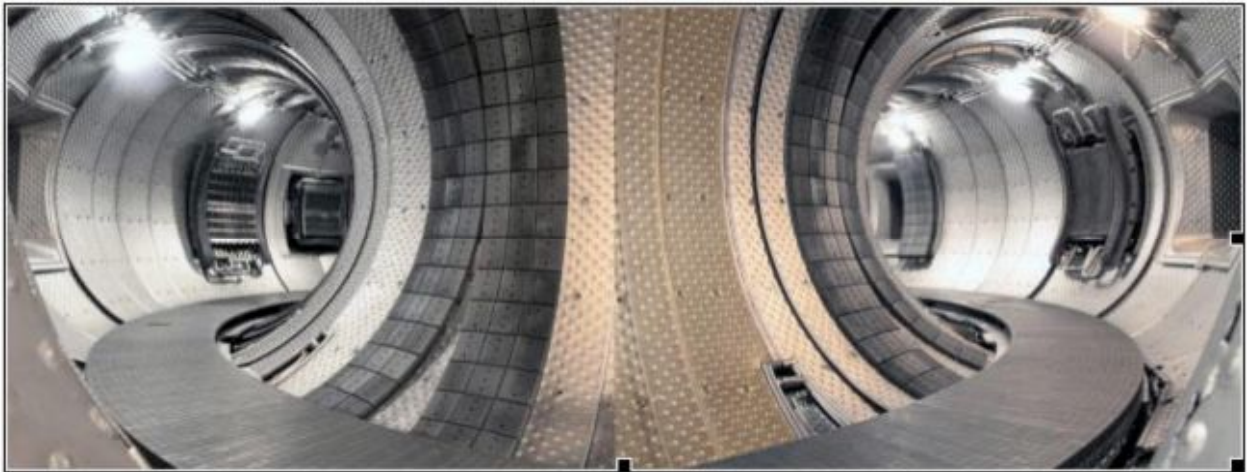
Ионизированный углерод был интересен тем, что он несёт только четыре электрических заряда. При таком положении все элементы при контакте с плазмой способны быть причиной загрязнения из-за сильно заряженных ионов, вызывающих радиационные потери, которые способны вызвать угасание реактора.



Потеря от тормозного излучения

Чтобы обеспечить работу токамака, где предполагается непрерывно проводить реакции синтеза, нужно уметь удалять «золу»,

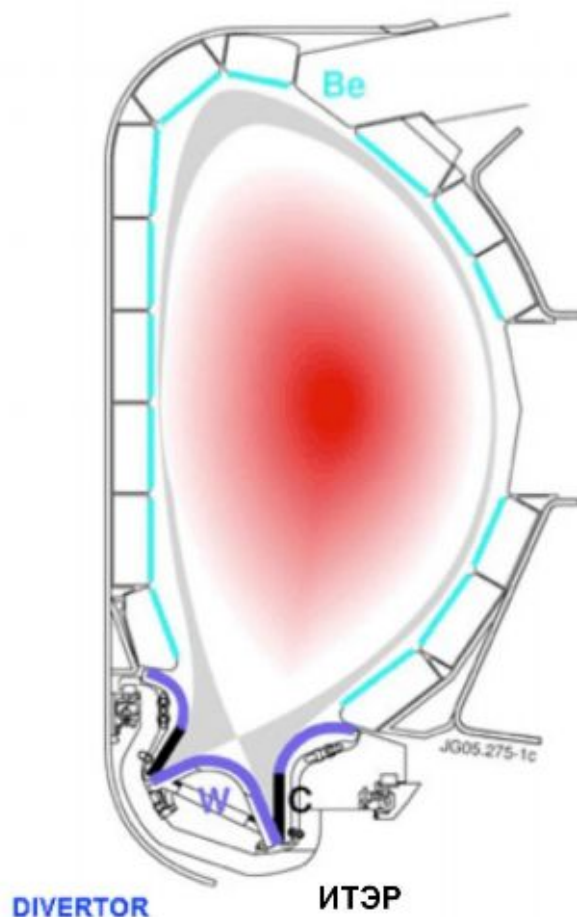
то есть гелий, что составляет неразрешимую проблему. В Tore Supra установили устройство, названное « ограничитель », внизу которого была приведена в действие подача насосом. Это устройство, образуя выступ в камере, было более всего подвержено ударам частиц.



Ограничитель Tore-Supra, покрытый углеродными пластинами

В ДЖЭТ и в проекте ИТЭР разработчики высказались за систему, названную « divertor » (по-английски: направлять в другую сторону: отклонять). Эта система работает с локальным изменением магнитной геометрии, облегчая захват тяжёлых ионов.

Но в таком случае эта часть камеры находится под воздействием весьма значительного потока тепловой энергии. Значит, было предусмотрено покрыть её, как в ДЖЭТ, вольфрамом, который имеет температуру плавления 3000°C . Это именно из него делают нити накала в лампочках.



Разрез камеры ИТЭР. В фиолетовом цвете – вольфрамовое покрытие. В чёрном – углеродные пластины.

Это наличие вольфрама в покрытии сомнительно. На самом деле, ионы вольфрама, соединённые со стенкой, могут нести 60 электрических зарядов. Таким образом, ион вольфрама через тормозное излучение произведёт потерю почти 3600 ионов водорода. В Японии было предусмотрено создать опытную установку, названную IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility), позволяющую подвергать вещества облучению нейтронами, обладающими энергией, приближённой к энергии нейтронов термоядерного синтеза (14 MeV). На самом деле, не существует даже планов подобной установки, где бы облучали плёнку из жидкого лития ионами дейтерия, ускоренными в двух линейных ускорителях. Художественные изображения, которыми располагают, показывают установку длиной в 240 метров, и определяют её стоимость в треть стоимости ИТЭР и её реализацию

за 5 лет. По логике, перед тем, как чертить планы установки ИТЭР, как это делалось 20 лет, надо было бы произвести поиск материалов, способных сопротивляться облучению нейтронами, обладающими энергией, в семь раз превышающей энергию нейтронов, излучаемых при реакции деления (2 MeV). Это не было сделано. Но Мотожима, действительный директор проекта, сказал:

- *Проект не удаётся запустить не из-за того, что не располагают этим магическим веществом.*

Добавим, что не располагают никакими данными, касающимися сопротивления бериллия при фото-износе и истирании от ударов. Ответ разработчиков ИТЭР:

- *Это реактор, который послужит испытательным стендом для материалов (...)*

Состояние теоретических знаний о токамаках

Докторская диссертация (PhD) была защищена во Франции, исследователем Cédric Reux, 4 ноября 2010 года в l'IRFM, Институте исследований ядерного синтеза методом магнитного удержания плазмы, находящемся в ведении Комиссариата по атомной энергии во Франции (CEA). Элементы, которые представлены в этой диссертации, стало быть, пользуются гарантией французских учреждений, таких, как ОРГАНИЗАЦИЯ ИТЭР, которые принимают участие в управлении проектом ИТЭР, расположенном в Кадараше, на юге Франции. Ссылка на загрузку диссертации:

<http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00599210/en/>

Докторская диссертация была защищена англичанином Andrew Thornton в январе 2011 года. Её можно загрузить с:

http://etheses.whiterose.ac.uk/1509/1/AT_thesis_FINAL.pdf

Мы разместили эти две диссертации в прямом доступе на сайте «Знание без границ». В этих диссертациях найдут точку зрения о теоретических знаниях по контролируемому синтезу. С начала этих исследований (1950) известно, что плазма при высокой температуре, которую пытаются содержать в замкнутом пространстве при помощи магнитного поля, проявляет себя чрезвычайно неустойчиво, что является причиной *МГД-нестабильностей*. Это на самом деле *диссипативные* механизмы, через которые система старается выбросить наружу энергию, которую содержит, упростить её *перемещение*. Конвективные потоки воды в кастрюле с нагретой водой, образование восходящих воздушных потоков, облака, ветры, циклоны, потоки, концевые вихри по краям крыльев самолётов, турбулентность подчиняются одной и той же логике Природы.

С плазмой проблемы становятся чрезвычайно сложными, фактически, отдалённые области оказываются мгновенно связанными электромагнитным полем. В механике текучих сред, когда турбулентный поток зарождается вблизи части самолёта, он не распространяется автоматически на систему газообразной среды аппарата. Глобальный характер процессов, которые свирепствуют в токамаках, ведёт к тому, что необходимо принять и всю массу плазмы, которая представляет собой от 10^{20} до 10^{22} частиц, согласно размеру установки. Более того, нужно бы принять во внимание для каждой частицы шесть параметров, три – положения и три – скорости. Таким образом, эти частицы «живут в шестимерном пространстве». И поэтому эта система должна быть описана системой интегро-дифференциальных уравнений Больцмана, связанных электромагнитным полем. Действительный ужас в математическом плане, с которым я хорошо знаком, о которых я внёс свой вклад в своей докторской диссертации в 1972 году. В то же время подумывают об использовании *цифрового моделирования*. Но непосредственно видят, что было бы совершенно нереально представить, что можно заставить взаимодействовать частицы друг с другом в таком большом количестве. Тогда теоретики сделали попытку представить среду схематически. Все эти действия завершились полным провалом. Когда экспериментаторы являются свидетелями процессов в ходе проводимых трудных измерений, теоретики не могут их истолковать.

Не существует никакой надёжной теоретической модели работы токамака, которая позволяет, в частности, делать обобщения.

В итоге, проведение экспериментов в токамаках восходит к полнейшему эмпиризму.

Чтобы убедиться в этом, все, говорящие на французском языке, могут обратиться к приведённому ниже адресу:

http://www-fusion-magnetique.cea.fr/fusion/physique/une_journee_ordinaire.htm

Как был задуман проект ИТЭР?

Для большинства людей это остаётся загадкой. Вдобавок, ещё теперь ИТЭР не является истинно научным направлением. *Это туловище без головы.* Служба средств связи чрезвычайно активна и выдаёт на всех городских площадях:

- *Солнце в пробирке*
- *Неограниченная энергия*
- *«Исключительный механизм»*
- *И т.д.*

Сравнение с Солнцем не совсем лишено смысла.

- *Температура, полученная в токамаках (150 миллионов градусов в ДЖЭТ), превышает в десять раз по температурному коэффициенту ту, которая царит в небольшом центральном реакторе звезды*
- *Мощности в ваттах на квадратный метр, излучаемые то ли на поверхности солнца, то ли собранные на внутренней стороне оболочки ИТЭР, - величины одного порядка*

- *Две составляющие « топлива, полученного в результате синтеза », дейтерий и литий (который служит для получения трития, участвующего в термоядерной реакции) в действительности, весьма избыточны в природе.*

На бесчисленных сайтах Интернета, изображения синтеза показывают розоватую плазму, основательно зажатую магнитным полем аппарата. Это *полнейший обман*. Прочитайте отчёт, полученный об эксперименте, проведённом на Tore-Supra, по вышеуказанной ссылке и без обращения к этой странице на ссылке, которая покажет вам воспроизведение колебаний плазмы в ДЖЭТ, как раз перед тем, как произойти *разрыву*.

<http://www-fusion-magnetique.cea.fr/fusion/physique/equilibremagnetique.htm#disruption>

Всё началось со встречи Горбачёва с Рейганом в 1985 году, которые искали тему для развёртывания исследования, где атом стал бы носителем мира. Эти блестящие <<физики>> решили, что исследование энергии при помощи управляемой реакции синтеза даёт ответ на их вопрос.



Рейган и Горбачёв в Женеве в 1985 году

Физики-атомщики принялись за работу, чтобы придать содержание этой зрительной галлюцинации вопреки тому, что начиная с их эксплуатации в 1950 году, токамаки всегда были капризными и проблематичными установками. Продвижение вперёд представляет с одной стороны получение энергии синтеза за секунду, а с другой - доказательство, пат французам, возможность создавать магнитное поле в несколько тесла при объёме 25 кубических метров, маскирует бесконечный перечень неразрешимых научно-технических проблем. Кто подбросил идею, что дела могут уладиться чудесным образом при возведении установки самого большого размера?

Эта мысль подводит к новому фантазму: производить больше энергии, чем её поступает. Ибо нагрев плазмы – дорогостоящая энергия. В ДЖЭТ англичане собрались производить под видом тепловой энергии, грубо говоря, 65 % нагнетаемой энергии. Называют такое отношение произведённой тепловой мощности к вводимой мощности буквой Q. Таким образом, для ДЖЭТ:

$$Q = 0,65$$

Очень схематично можно бы сказать, что установка такого рода производит энергию пропорционально своему объёму, тогда как её потери, которые передаются через её поверхность, возрастают пропорционально этой энергии.

Производя соотношение: объём/поверхность, получают коэффициент пропорциональности. Таким образом, удваивая размер установки, можно надеяться удвоить значение Q. Разработчики ИТЭР сообщают о значении между 5 и 10.

Примечание:

В токамаке распределение температурного поля в камере обеспечивается дополнительно оборудованными обогревателями. Когда при работе будет достигнут коэффициент пропорциональности Q выше единицы – это значит, что начнётся производство энергии синтеза. Тогда плазма будет « доставляться самой себе », *термически неуправляемой*.

Англо-саксы называют такую среду « burning plasma » - «горящая плазма». *Никому неизвестно, как поведёт себя плазма в установке, где созданы подобные условия.*

Рассмотрим процесс горения в цилиндре дизельного мотора. Поршень сжимает смесь углеводорода и воздуха. Это сжатие заставляет подниматься температуру. Когда достигается режим воспламенения, возникает горение. Но давно известно, что это горение совершенно не однородно. Это *турбулентное горение*. Расчеты с помощью компьютерного моделирования показывают, что реакции горения проходят мгновенно, однородно в небольших горячих областях, а не в середине среды.

Все процессы горения в газовой фазе в высшей степени турбулентны. Что насчёт «турбулентного синтеза» в токамаке, где плазма стала бы «доставляться самой себе»? Если в области повышается температура, это сразу же увеличит скорость синтеза. Невозможно сказать, что затем произойдёт, по причине наличия магнитного поля, что осложняет процессы, представив их неуправляемыми для теоретика.

Если сделать обобщение этой второй проблемы, предположить, что ИТЭР возведена, и что на ней произошли испытания, сравнимые с испытаниями, осуществлёнными на установке ДЖЭТ.

- *Произойдёт синтез дейтерий-третий*

- *Установка произведёт больше энергии, чем потребит.*

В чём же дело?

Представление, что проблема степени устойчивости материалов смогла бы найти своё решение, исходит от просто чистого догмата. Но существует намного более серьёзная проблема, которую описывают Cédric Reux и Andrew Thirnton в своих диссертациях. Проблема, в которой нет ничего нового, потому что токамаки проявили себя чрезвычайно нестабильными, начиная с первых испытаний в 1950 году.

Серьёзная проблема разрывов.

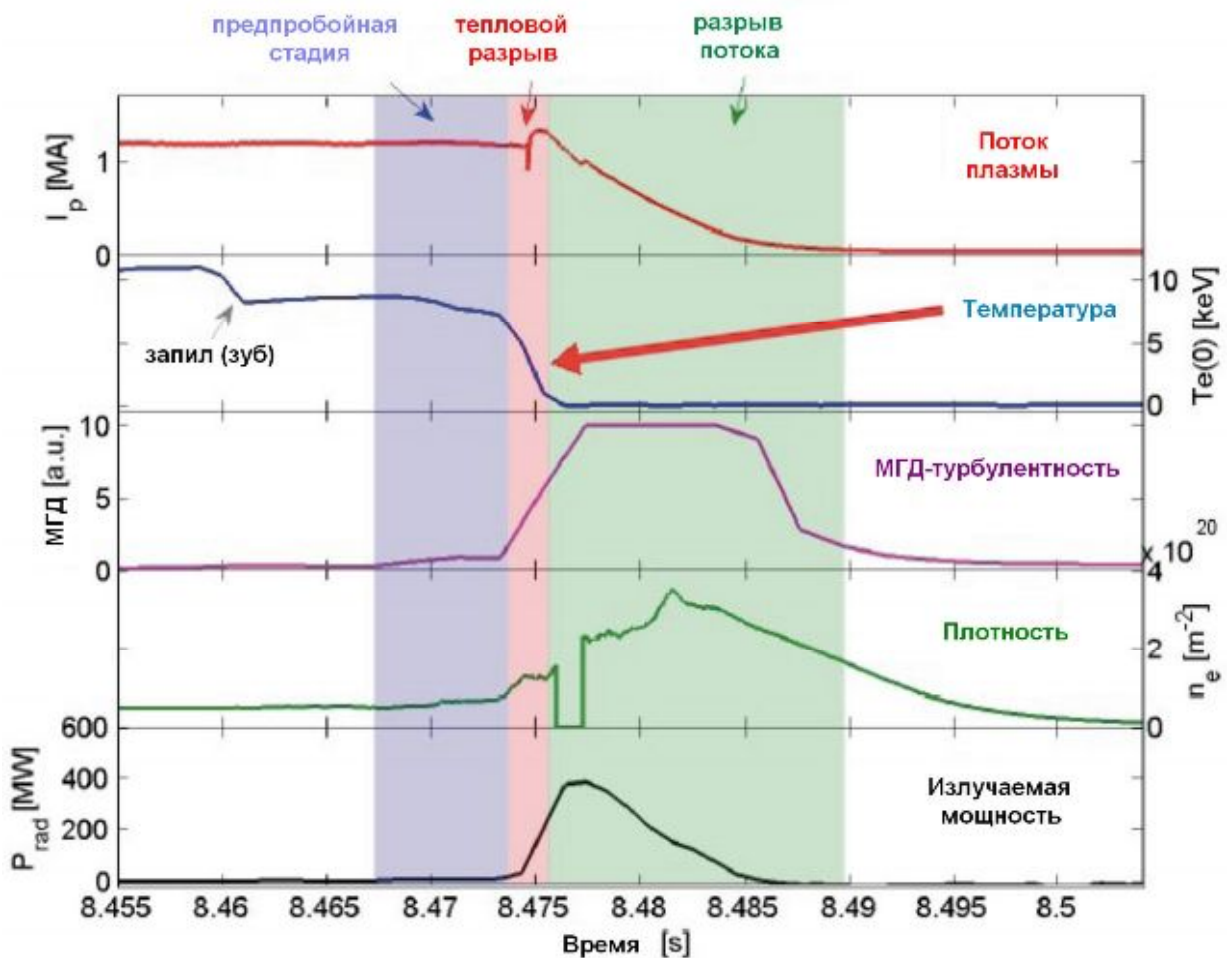
Вы *никогда* не найдёте это слово, упоминающееся в документах, описывающих проект, которые есть не что иное, как чистая пропаганда, *тогда как эти проблемы известны всем специалистам по токамакам.* Во всех токамаках известны процессы, которые называют разрывами.

О чём идёт речь?

Когда токамак ввели в свой режим работы, поток плазмы (порядка миллиона ампер в Tore-Supra и в ДЖЭТ) замыкается на себе, линии потока располагаются по окружностям, осью симметрии служит ось своего механизма.

Когда происходит разрыв, *температура плазмы резко опускается, за несколько тысячных долей секунды, с коэффициента пропорциональности 10.000, переходя от 100 миллионов градусов к несколько десяткам тысяч градусов.* Энергия рассеивается через турбулентную теплопроводность и излучение на стенку *согласно принципа действия, который не может объяснить ни один теоретик.*

Далее - диаграммы из диссертации Cédric Reux, которые иллюстрируют неистовую силу процесса:



Ход разрыва

Напоминание Cédric Reux в его диссертации: **Никому сегодня не дано непосредственно объяснить этот процесс, предсказать его с достоверностью и держать его под контролем (...).** Никто не понимает механизма этого теплового «разрыва».

Этот процесс приводит к радикальному изменению режима. Тогда как за несколько миллисекунд до этого геометрия установки представляла самую безукоризненную равномерность, линии магнитного поля формировали гармоничные спиральные линии, плазма была заключена в объёме, имеющем форму тора, совершенно ровного, поддерживающего на расстоянии перегородки

мощным магнитным полем, весь этот порядок мгновенно разрушается. Это поле более не способно содержать в замкнутом пространстве, ограничивать плазму, структура плазмы становится *полностью хаотической*. Поток плазмы, резко опускаясь, становится источником мощных *индуктированных токов*, циркулирующих во всех структурах установок, которые в сочетании с окружающим магнитным полем порождают силы, исчисляемые сотнями тонн, которые в современных установках способны скручивать и деформировать парietальные структуры как соломинки.

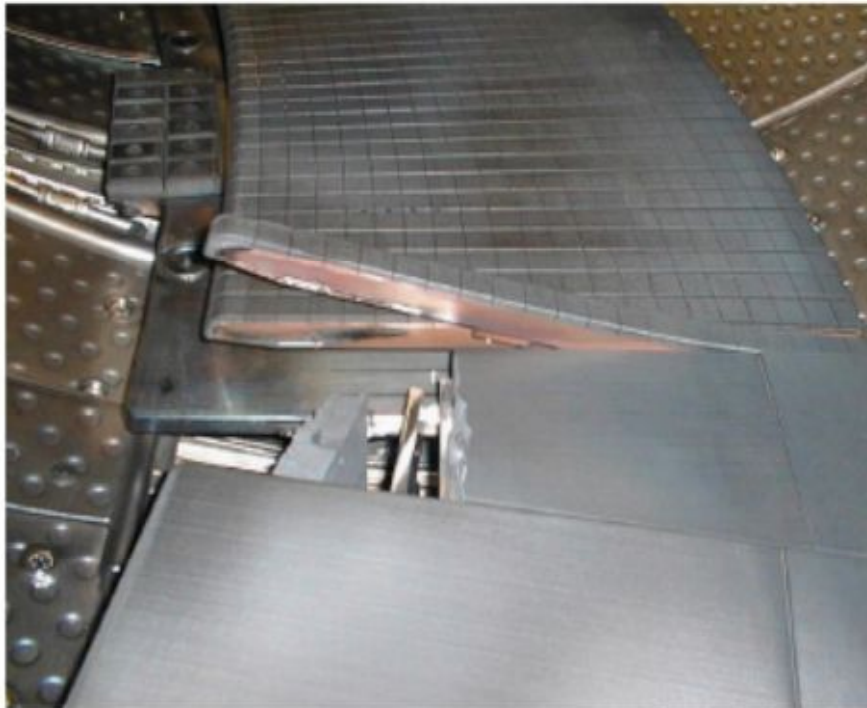
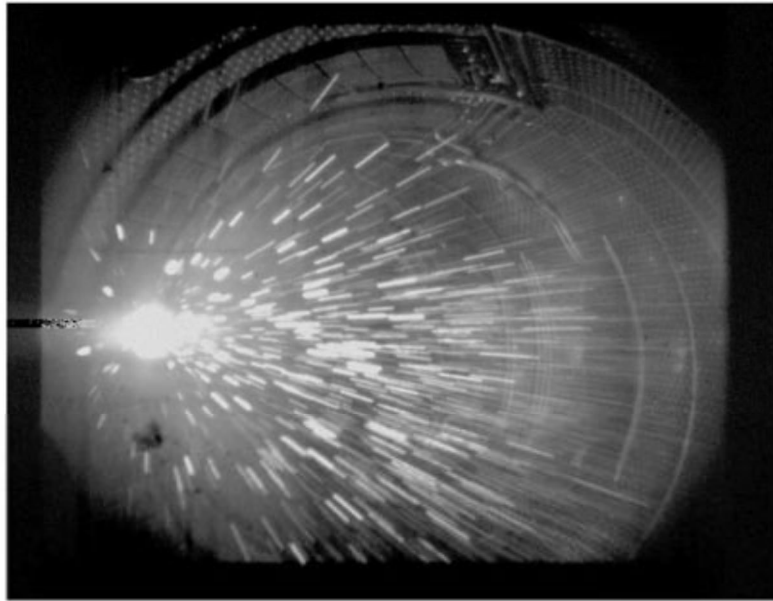


Рис. 2.18 - Пример деформации, производимой индуктированными токами: искажённый указатель ограничителя Tore-Supra, разбитая фреоновая плита

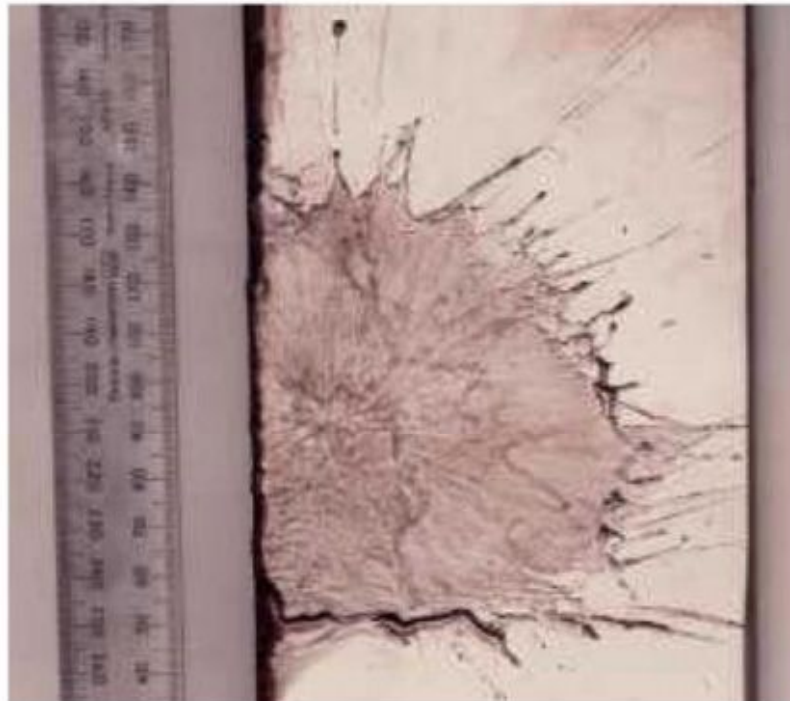
Силы Лапласа исказили это звено ограничителя Tore Supra и вырвали углеродное покрытие

Происходит выброс *релятивистских* электронных пучков с высокой энергией (от 10 до 30 MeV), интенсивность которых – порядка интенсивности потока плазмы, эквивалент поражения молнией, которая ударит неизвестно в какую область внутренней поверхности вакуумной камеры, рассеивая вещество в прилегающей области, доказательство тому – эти фотографии

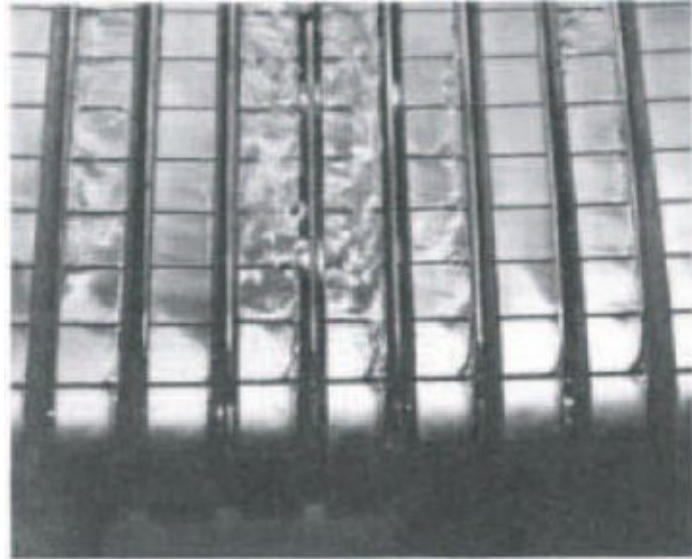
из диссертации Reux, относящиеся к установке Tore Supra и к английской установке ДЖЭТ.



**Рисунок 2.22 - Лёгкие электроны:
столкновение с углеродным ограничителем
в Tore Supra**



**Рисунок 2.23 - Внутренний ограничитель ДЖЭТ,
расплавленный пучком лёгких электронов**



Покрытие из бериллия, повреждённое разрывом на английской установке ДЖЭТ

Как отмечает Cédric Reux, и мы придерживаемся его мнения, то, что было до сих пор управляемым в таких токамаках, как **Tore-Supra** и **ДЖЭТ**, будет проблематичным на такой установке, как **ИТЭР**, которая будет содержать в тысячу раз больше энергии (и тем более в последующих установках). Сами разработчики установки предвидят, что «удары молнии», которые произойдут здесь непременно, достигнут **15 миллионов ампер (150 миллионов ампер на её последователе - ДЕМО)**. Удары такой мощности пробурят вакуумную камеру. Слой бериллия в сантиметр толщиной, составляющий первую перегородку, ту, которая «лицом к плазме» будет рассеян и распылит вещество, из которого состоит, высокотоксичное и канцерогенное загрязняющее вещество, в то время, как радиотоксичный тритий содержится в камере.

Если тритигенные модули (регенераторы трития), расположенные непосредственно позади первой перегородки из бериллия, задуманы на основе циркуляции смеси лития-свинца в жидком состоянии, охлаждаемой водой (решение СЕА - Комиссариата по атомной энергии), произойдёт выброс токсичных паров свинца и лития. Литий воспламеняющийся, взрывчатый при контакте с водой; эти вещества смогут добавиться к распылению

вышеупомянутых загрязняющих веществ, и горение лития, невозможное погасить, сможет повлечь просто настоящее разрушение установки.

Силы Лапласа, исчисляемые в тысячах тонн, смогут деформировать структуры установки, заставив принять их замещение, *и даже полную реконструкцию установки.*

Самое серьёзное последствие касается будущей коммерческой эксплуатации этого типа установки. Никто не смог бы предположить основать производство электричества на генераторах, которые неминуемо и непредвиденно могут быть выведены из строя на долгие месяцы, даже годы.

Проблемы управления токамаком

Очевидно, о таком состоянии можно прочитать в отчёте по Toge Supra, доступном на представленной на странице 19 ссылке, отсылающей к странице официального сайта Комиссариата по атомной энергии (СЕА).

Как никто не понимает, как работает токамак, так никто не способен надёжно расположить его зону действия в совершенной безопасности, эмпирическим явилось решение записать в память управляющего компьютера изменение значений параметров, которые привели к разрыву. В то же время эти звенья составляют *базу данных*, позволяющих управлять установкой.

Когда при испытании проходит этот тип сценария, компьютер автоматически останавливает ход эксперимента. Остановка эксперимента заключается не в простом отключении питания. На самом деле, слишком резкое падение потока плазмы привело бы к воздействиям индукции, что эквивалентно разрыву.

Характеристики токамака контролируются определённым числом измерительных приборов, у которых слишком часто долгое время срабатывания, и, как это отмечает Reux, когда решают вмешаться (или же компьютер принимает это решение остановки), уже слишком поздно. В настоящее время рекомендуемое решение заключается в обводнении камеры при подаче туда под высоким давлением холодного газа с помощью сопел (решение, принимаемое за основу с 1990 года, повторяется в диссертациях Cédric Reux и Andrew Thotnton). Но это применение «огнетушителя» может оказаться не слишком скорым. Другое решение заключается в стрельбе кубиками льда при помощи сарбакана (что тоже является классически рассматриваемым решением подавать заново в аппарат прохладное горючее), но это другое «решение» вызывает создание электронов с высокой энергией, разрушителей.

По изображению можно сказать, что плазма токамака может быть сравнима с извивающимся драконом, который передвигается с высокой скоростью, прочно удерживая кончик хвоста своими челюстями. Если он ослабляет хватку, то становится вроде безумца, мечется во все стороны и вопьётся в первую же деталь преграды, которая предстанет перед его пастью. Как все драконы, он испускает горячее дыхание. Форма его пасти, широко открытая, напоминает градиент напряжённости магнитного поля, который ускоряет электроны пробойным разрядом со скоростью, достигающей 99 % скорости света. Эти электроны, снабжённые подобной энергией, могут затем повредить не только внутреннюю сторону своей темницы, но и то, что находится вне её.

Что касается управления токамаком, представьте машиниста, который находится лицом к топке своей машины. Трудно удалить золу и загрязняющие вещества. Чтобы загрузить эту топку он располагает сарбаканом, которым он может стрелять кубиками из льда миллиметрового размера. Он наблюдает за различными циферблатами, сигнализирующими о происходящем в его котле. Если параметры идут в красном цвете, он старается как можно быстрее залить топку из брандспойта.

Надеются, что именно этот вид установок сможет однажды проложить дорогу к электрическим генераторам, вырабатывающим термоядерную энергию.

Добавим, что проблемы возрастут с размером установки. Следующее изображение позволяет вам сравнить размеры от Tore Supra до DEMO.

ITER is the Next Step Toward a Solution based on Tokamaks



**Громадный DEMO поставил бы только 700 мегаватт
электроэнергии**

Неуправляемый производственный риск

ИТЭР не является установкой для фундаментальных исследований. Он претендует стать прообразом серии устройств, всё более громоздких, последний из которых, PROTO, воспроизводил бы модель будущих генераторов, «вырабатывая эту неограниченную энергию, поместив солнце в коробку».

Видно, что при небольших размерах (Tore-Supra, ДЖЭТ и их различные «родственники», размещённые в разных странах) контроль за этими установками в высшей степени проблематичен. При таких масштабах неполадки выражаются небольшими разломами, материальными повреждениями, которые оставляют аппарат неисправным на целые месяцы. При большем масштабе, в пределах ИТЭР, непредвиденные и неконтролируемые большие разрывы могут привести к необходимости полной реконструкции установки. Как не знакомы с установками, так и не знают их описание, а значит, всякая экстраполяция, любое «масштабирование» невозможны. Ниже приводится выдержка из заключения диссертации Reux:

Заключение

Для того, чтобы будущие токамаки заработали в хороших условиях безотказности, надёжности, безопасности и производительности, становится всё более необходимым держать под контролем разрывы плазмы. Эти мощные процессы, соответствующие утрате удержания плазмы, происходят от трёх видов роковых причин. Электромагнитные явления, включающие индуктированные токи, гало-потоки и силы Лапласа в результате могут повредить вакуумную камеру токамака и структурные элементы. Тепловые эффекты, вызванные потерей энергии, содержащейся в плазме, способны вызвать необратимые повреждения элементов оболочки при контакте с плазмой. Наконец, пучки релятивистских электронов, ускоряемые во время разрыва, могут перфорировать вакуумную камеру.

Даже изучая разрывы со времён первых токамаков, с пятидесятых годов, они являлись до недавнего периода не чем иным, как геном-модификатором в работе установок. Только с приходом токамаков большого размера их опасность стала более реальной. **По энергосодержанию будущие токамаки и реакторы на несколько порядков выше величины энергосодержания современных установок, так и последствия разрывов будут намного значительней.** Значит, становится обязательной необходимостью в их устранении и содержании под контролем, **но избежать их не всегда возможно.**

Чем мощнее будут установки, тем они будут неустойчивей, и тем более быстры, неуправляемы, неудержимы и разрушительны будут эти процессы.

Что касается этого, Andrew Thornton пишет в своей диссертации, на стр. 14:

Разрывы создадут в будущих токамаках (значит, и в ИТЭР) серьёзные неполадки. В токамаках эта мощность будет катастрофической.

Почему эти проблемы неразрешимы?

Токамаки – установки, работающие *против природы*, где пытаются заставить работать аппарат, использующий текучую среду, плазму, находятся в поисках по преодолению любого диссипативного процесса. Неустойчивость, которая берёт своё начало в плазме токамаков, есть не что иное, как процессы *МГД-турбулентности*.

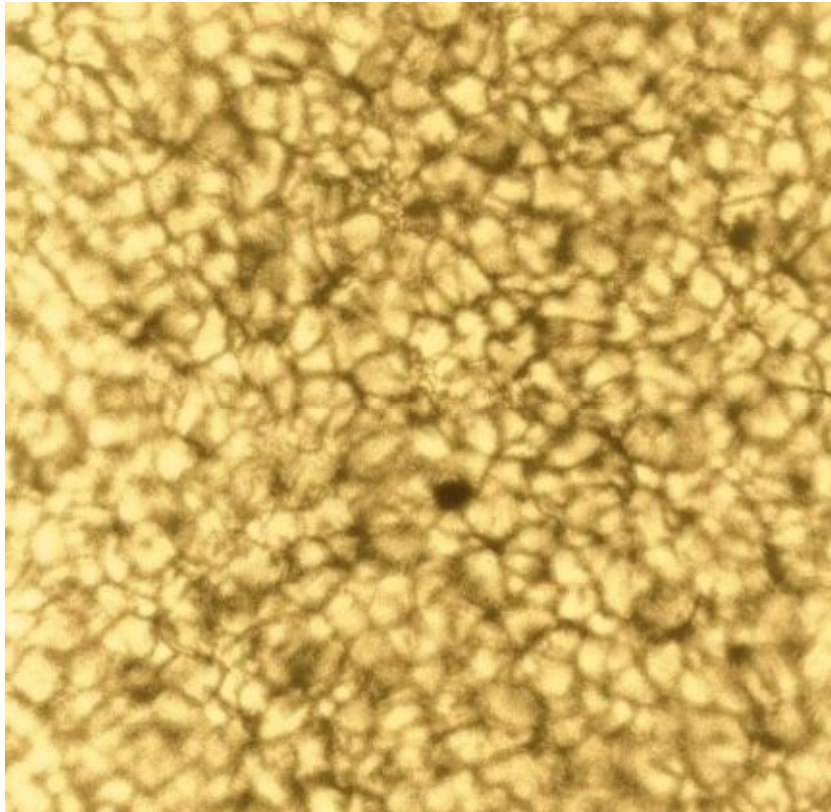
Турбулентность в природе повсюду. Это она приводит в движение нашу метеорологию. Это она обеспечивает горение в цилиндрах наших автомобилей, варку продуктов в наших кастрюлях. Захотеть заставить работать токамак без турбулентности равносильно попытке заставить испариться воду из сосуда через его свободную поверхность, подогревая его снизу и прилагая все усилия для сопротивления любому началу восходящего потока, синонима конвекции.

Чтобы достичь этого, возвели бы софистические системы измерения скорости элементарных объёмов жидкости, с введением отрицательной обратной связи, под видом снижения нагрева в той точке, где мог бы зародиться восходящий поток.

Устойчивый токамак - это атмосфера без восходящих воздушных потоков, без ветров, без облаков.

Инициаторы ИТЭР неустанно сравнивают свою установку с «солнцем в пробирке». Мы увидели, что подобное представление не лишено

основания. Солнце – это «кастрюля со сферической симметрией». Энергия производится в его центре, в маленьком реакторе, где царят всего-то пятнадцать миллионов градусов. Эта энергия, эта теплота поднимается к поверхности. Происходят процессы, способствующие этому возрастанию тепловой энергии. Эта турбулентность видима на поверхности солнца, на которой до 6000°C , и на фотографиях предстаёт «в виде рисовых зёрнышек».

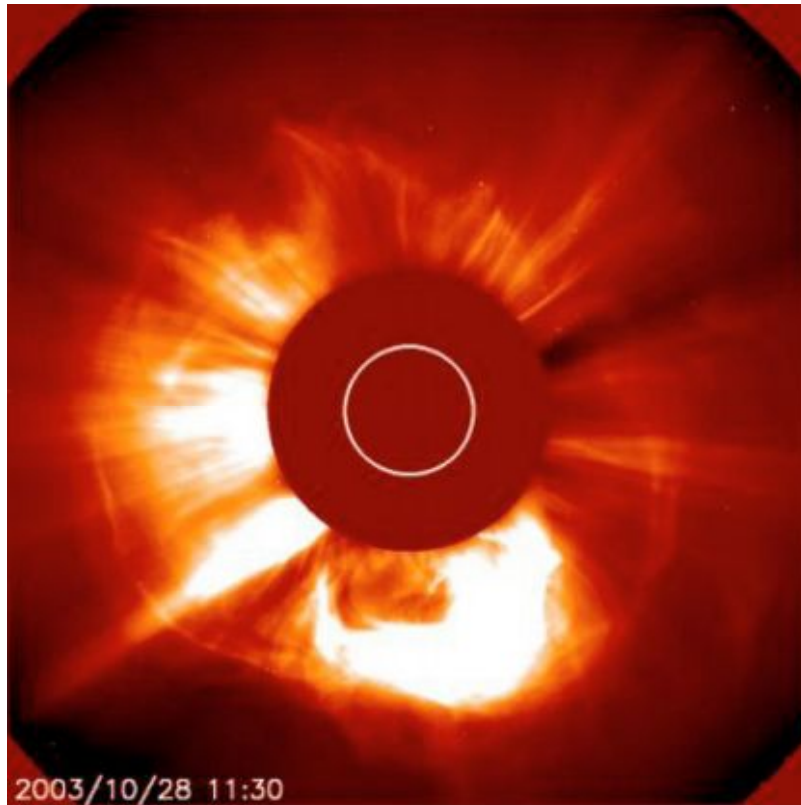


«Рисовые зёрнышки» на поверхности Солнца

На данной стадии это проявление турбулентности, помогающее этой энергии достигнуть поверхности, похоже, не вызывает сильного беспокойства. Бог, располагающий неограниченными средствами, решил по-демократически снабдить теплотой все планеты Солнечной системы, вместо того, чтобы предоставить обитателям Меркурия зажариться на месте, а несчастных обитателей Плутона заморозить, мог бы решиться заключить солнце в оболочку, расположенную на разумной дистанции от поверхности звезды, которая больше не излучает энергию в квадратных метрах, как установка, подобная ДЖЭТ.

Затем, ему было бы достаточно разместить трубочки, заполненные водой под давлением, приводимой в движение насосами ... астрономического размера, для распределения этих калорий по всей Солнечной системе. Это стало бы хорошей темой для упражнения студентов в термодинамике.

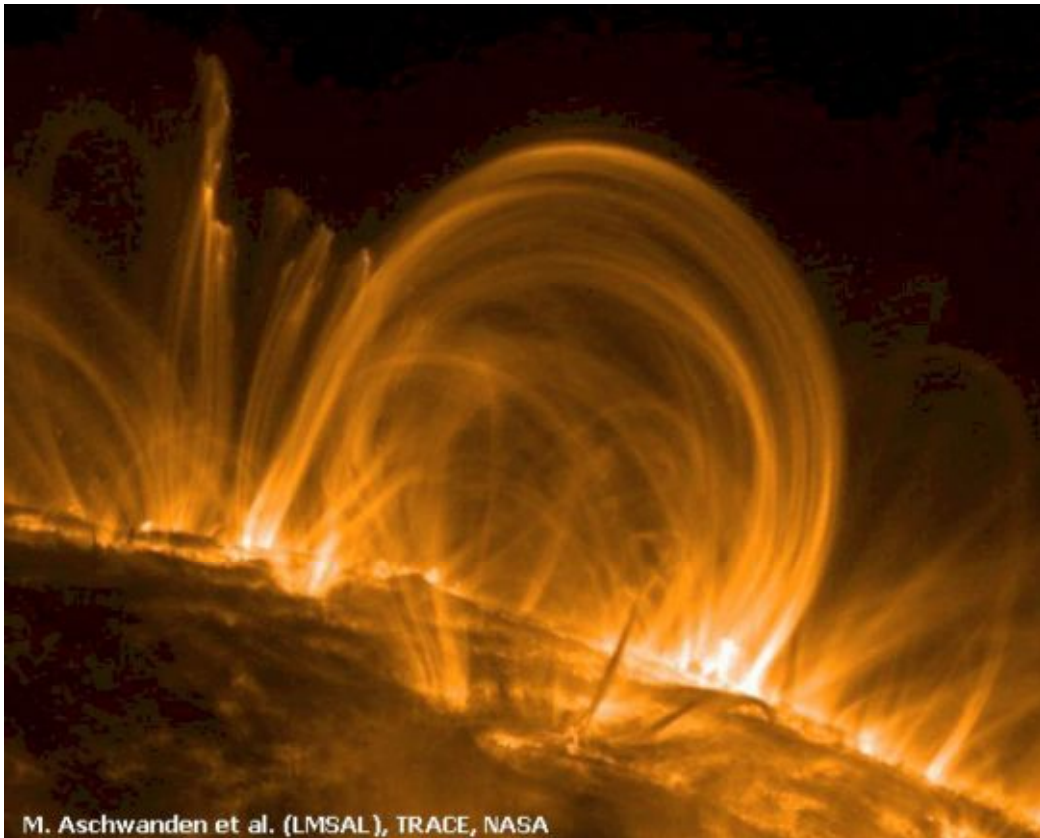
Но при первой же *солнечной вспышке* эта оболочка разлетелась бы на части.



**Солнечная среда, которая
скрыта диском коронографа**

Солнечные вспышки являются проявлением МГД-нестабильностей, по всем параметрам сравнимы с разрывами токамаков, что отмечалось с 2007 года в докладе на 254 страницах, опубликованном Парижской Академией Наук. Они, как и разрывы, начинаются со своего рода «грыж». Это области, близкие к поверхности Солнца, где магнитное давление больше не в состоянии уравновешивать давление плазмы.

Вы ведь заполняли велосипедную камеру воздухом? Если вы слегка перегибёте палку на участке камеры, каучук, из которого она сделана, не сможет больше сдерживать давление. Образуется пузырь, и если вы настойчиво продолжаете, она разорвётся.



Солнечная вспышка

Когда разрываются эти плазменные арки, они действуют как природные ускорители заряженных частиц и посылают далеко от Солнца раскалённые плазменные сгустки, которые составляют *солнечный ветер*. Это значит не что иное, как другую форму диссипативного процесса, который стремится отправить энергию дальше, *рассеять* её.

Подобные процессы порождают разрывы в токамаках, которые выражаются выбросом пучков энергии

исключительной мощности. Намереваться стабилизировать токамак, это всё равно, что иметь намерения однажды наблюдать Солнце, свободное от солнечных вспышек.

Предположение относительно теплового коллапса.

Это начальная точка разрывов, и никому неизвестна причина этого. Я позволю себе гипотезу. В 2006 году мой коллега и друг Malcom Haines объяснил явление необычного удельного сопротивления в плазменных нитях Z-установок.



Malcom Haines, Имперский колледж, Лондон

Полученные температуры были слишком высоки. Было невозможно сослаться на эффект Джоуля, чтобы доказать этот приток энергии, электроны слишком быстро циркулировали в этом плотном плазменном шнуре.

Выше говорилось о том, что когда скорость электронов достигала определённого порога, эти электроны проходили рядом с ионами так быстро, что больше не взаимодействовали с этими электрическими заряженными «мишенями». Это то, что происходит, когда температура плазмы в токамаке превышает десять миллионов градусов. Эффект Джоуля становится незначительным.

Затем Haines показал, что МГД-турбулентность могла создать выходы сгустков, объединяющих ионы, составляя то, что называют «самоудержанием сгустка плазмы» (своим собственным магнитным полем), то, что русские называют *сферомаками*. Эти объекты, диаметром в микрон, наблюдались «щепоточными выбросами», и их называют «горячими точками». В нити Z-установки, «мишени», встречаемые электронами, - больше не изолированные ионы, а конгломераты ионов, снабжённые большим электрическим зарядом. Отсюда – увеличение взаимодействия между «электронным газом» с «ионизированным газом» и проявление *необычного удельного сопротивления*.

Аналогичный процесс мог бы происходить и в токамаках. При таких условиях началось бы проявление эффекта Джоуля намного выше, чем считывались показания температурной кривой. Но интенсивное радиационное охлаждение тормозным излучением повлекло бы падение температуры плазмы за несколько миллисекунд. Всё просто потому, что рассеиваемая мощность возрастает как квадрат электрического заряда.

Форма температурной кривой соответствовала бы развитию процесса.

- *В первое время начало образования этих ионных кластеров дало бы через эффект Джоуля увеличение температуры в ионизированном газе.*
- *Но по мере того, как эти конгломераты ионов увеличивались, доминирующим явлением стала бы утечка энергии через тормозное излучение.*

Заключение: если эти микро МГД-нестабильности позволяют поднять температуру плотной плазмы, они обрекают использование токамаков только в качестве генераторов энергии.

Счастье одних составляет несчастье других

Но в таком случае, существует ли решение?

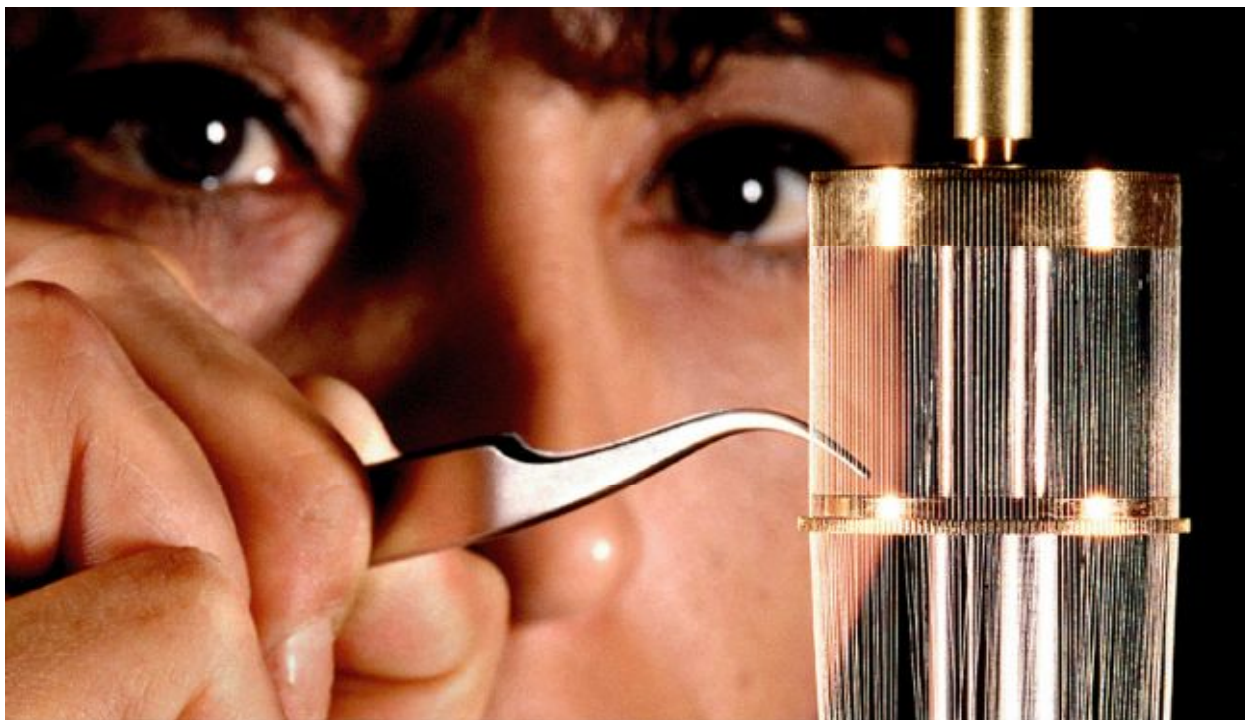
Для токамаков я их практически не вижу. Думаю, что проект ИТЭР завершится полным провалом, и может быть, из-за пожара на аппарате может стать причиной огромной экологической катастрофы.

В 2006 году Z-механизм, установленный в Сандии, позволил получить в этом МГД-компрессоре температуру более трёх миллиардов градусов, в плотном плазменном шнуре диаметром в размере грифеля карандаша. Это было достигнуто при поступлении в камеру, составленную из 240 металлических проволок размером в один волосок тока в 18 миллионов ампер. Равномерность этого сжатия могла быть достигнута благодаря непродолжительности разряда в 100 наносекунд, что является существенной деталью эксперимента. Действительно, электрический разряд, у которого время вхождения в режим (почти линейное) - 100 наносекунд, равносильно импульсу в 10 мегагерц.

А ведь известно, что высокочастотные токи не проникают *внутрь* проводников, а только на определённую глубину. Благодаря этому, провода, пропускающие каждый по 70.000 ампер, не улетучиваются мгновенно, сохраняя осевую симметрию и мешая развернуться МГД-нестабильностям и полностью искривить то, что стало бы плазменным щитом.

В 2009 году ток установки в Сандии подавался при 26 миллионах градусов, а теория (хорошо усвоенная) предусматривает, что получаемая температура должна быть около 7 миллиардов градусов.

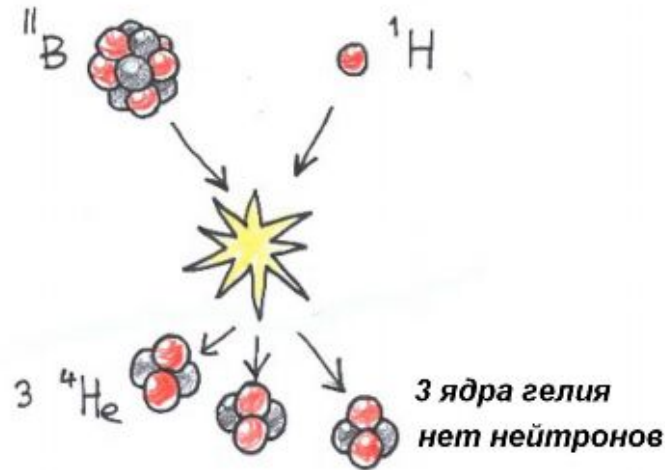
В России Смирнов (изобретатель этой «проволочной камеры») управляет созданием Z-установки, способной производить 50 миллионов ампер, при времени вхождения в режим, равном 150 наносекунд.



Проволочный «лайнер» в Сандии

Изобретением Сахарова, коллеги Смирнова, были увеличены рабочие характеристики «лайнера», где провода «выстраиваются» по меридианам сферы, производя самую высокую концентрацию кинетической энергии в геометрическом центре системы.

Позади эти эксперименты по достижению синтеза через МГД-сжатие. Так как температура намного превышает миллиард градусов (то, что совершенно невозможно в токамаке), тогда становится возможным *анейтронный синтез*:



Если «критерии Лоусона» собраны в такой сверхплотной среде, тогда синтез произведёт энергию, передаваемую исключительно электрически заряженными ядрами гелия, но не нейтронами. Тогда возможно выделять эту энергию «прямой конверсией», действуя таким образом, что расширение этой плазмы происходит в магнитном поле. Тогда в витках спирали, создающих это поле, появляется индуктированный ток, позволяющий выделить эту энергию с коэффициентом полезного действия 70 %.

Это было давно. Начиная с пятидесятых годов, под руководством Андрея Сахарова, вызвали детонацию взрывного заряда с введением цезия, самого легко ионизируемого вещества во всей таблице Менделеева. Выполнив это расширение в катушке, создающей магнитное поле, индуктированный ток произвёл искомую прямую конверсию с таким коэффициентом полезного действия.

Здесь намечается тема «двухступенчатого синтеза». Остаётся делать запасы части энергии в «маховике», который стал бы тогда ... конденсатором, не таким сложным, как могло показаться, поскольку эта энергия хранится в его диэлектрике.

С жидким диэлектриком (таким, как вода в Z-установке в Сандии) достигают очень быстрой по длительности нагрузки/выгрузки.

Но как говорил Киплинг, это уже совсем другая история, которую я вам расскажу в другом документальном материале о МГД-установках.

НЛО в токамаках!

В конце диссертации Reux находят сюрреалистическую таблицу, в которой затронуты все возможные причины разрывов. Они ... бесчисленны.

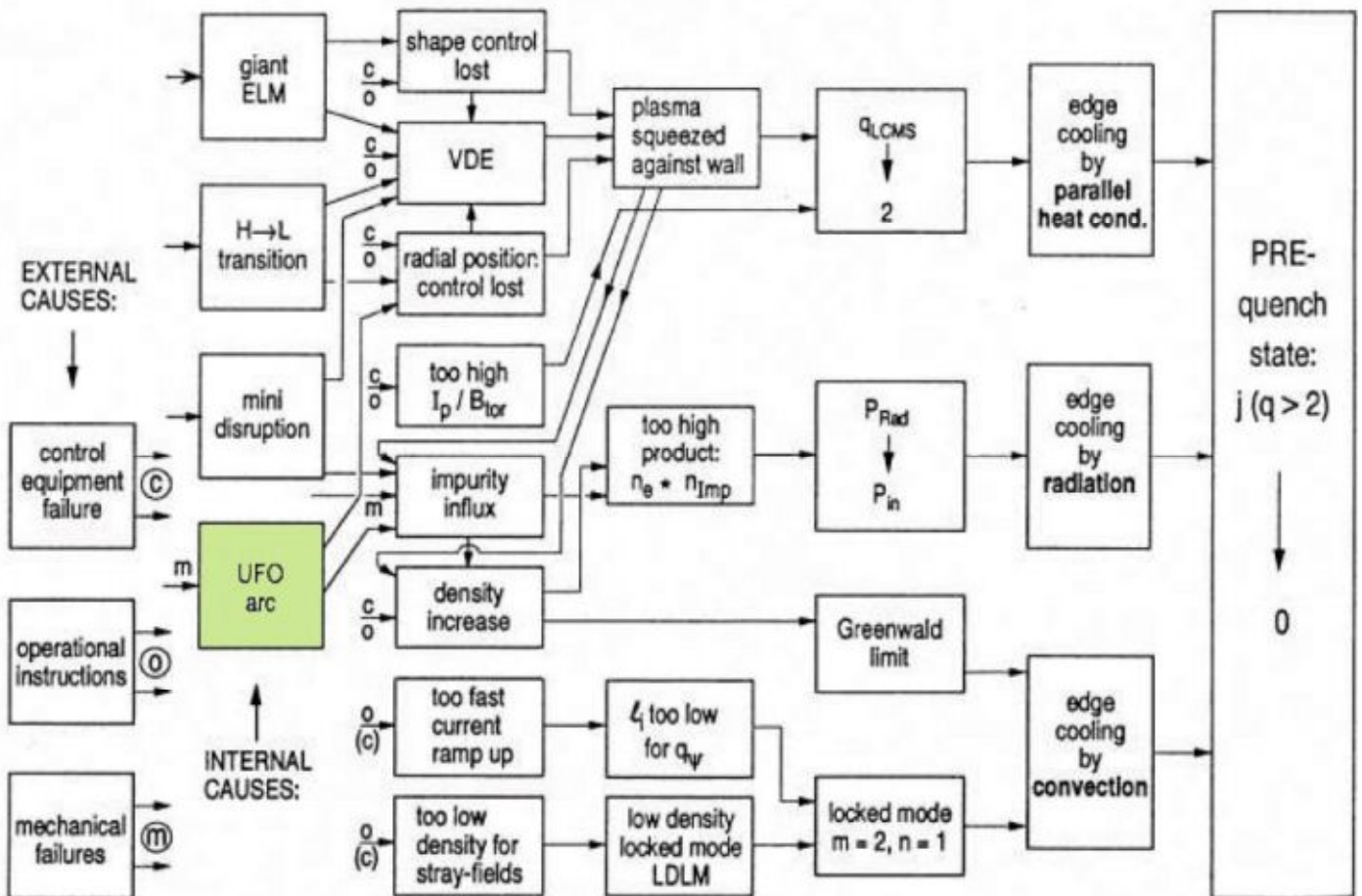
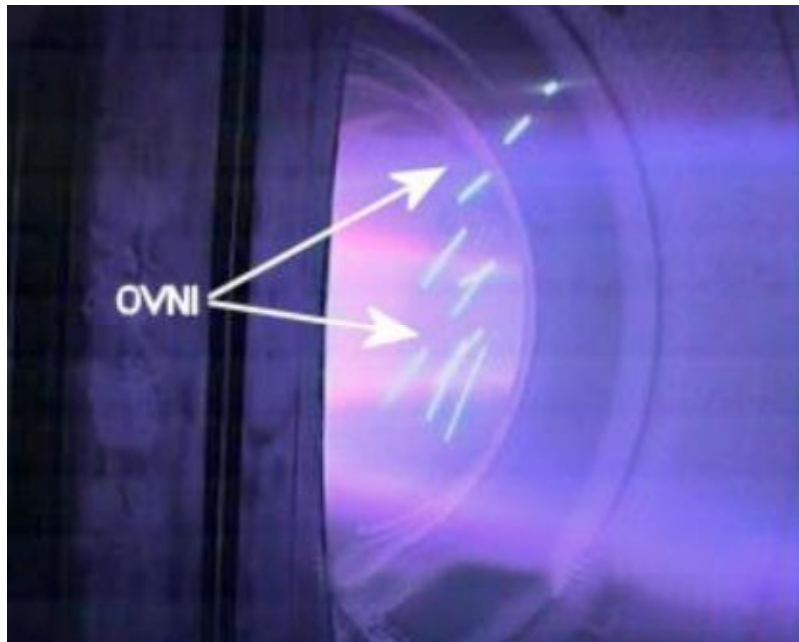


Схема возможных причин разрывов

В этом блоке-схеме находят странную ячейку, отмеченную «Уфология». Это термин, используемый для обозначения неопознанных объектов, циркулирующих в камере токамаков и соответствующих различным осколкам, извлекаемым с оболочки при неуправляемых контактах этой оболочки с плазмой. Об этом существует отзыв в отчёте по исследованию на странице 18, отсылающий на страницу сайта Комиссариата по атомной энергии.

Вот *идентичное* изображение, извлечённое со страницы сайта Комиссариата по атомной энергии:



и комментарий к нему:

При следующем ударе при высоте подъёма примесей за 16 секунд: происходит разрыв. НЛО, как их называют на жаргоне Tore Supra, прошёл на виду у камер. Спектроскописты обнаружили в плазме железо, никель, медь ... Вот недобрый знак! Вероятно, перегрет компонент, контактирующий с плазмой. В подтверждение, плазма – на первой внутренней перегородке: инфракрасная камера не обнаружила никаких проблем в слоях углерода, но она не видит камеру в полном объёме. Экранированные антенны также хорошо задействованы, но здесь опять инфракрасные

камеры, которые за ними следят, не обнаружили ничего аномального. Достигнуто соглашение по продолжению программы. Тем временем, прилагают усилия, чтобы вычистить и восстановить всё после разрыва. В конечном итоге, с согласия руководителя, начинают заново, это выход с полным набором гадальных карт: чтобы сберечь антенны FCI, их используют 2 вместо 3, и с гимнастической вольтижировкой чередуют все 4 последующие ... Более того, меняют положение плазмы на вертикальное, чтобы перенести точку удара плазмы о стенку и избежать перегрева.