

Импульсные термоядерные установки

Управляемый термоядерный синтез

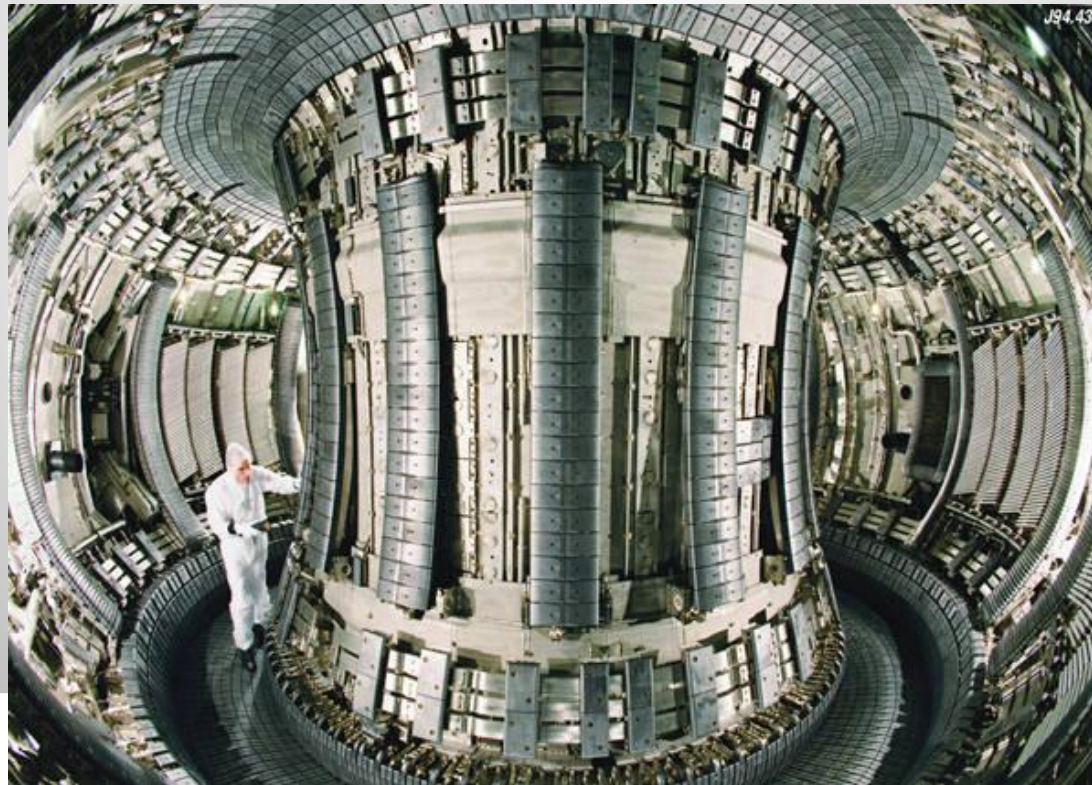
- Управляемый термоядерный синтез (УТС) — синтез более тяжёлых атомных ядер из более лёгких с целью получения энергии, который, в отличие от взрывного термоядерного синтеза (используемого в термоядерном оружии), носит управляемый характер. Управляемый термоядерный синтез отличается от традиционной ядерной энергетики тем, что в последней используется реакция распада, в ходе которой из тяжёлых ядер получаются более лёгкие ядра. В основных ядерных реакциях, которые планируется использовать в целях осуществления управляемого термоядерного синтеза, будут применяться дейтерий (${}^2\text{H}$) и тритий (${}^3\text{H}$), а в более отдалённой перспективе гелий-3 (${}^3\text{He}$) и бор-11 (${}^{11}\text{B}$).

Конструкции реакторов

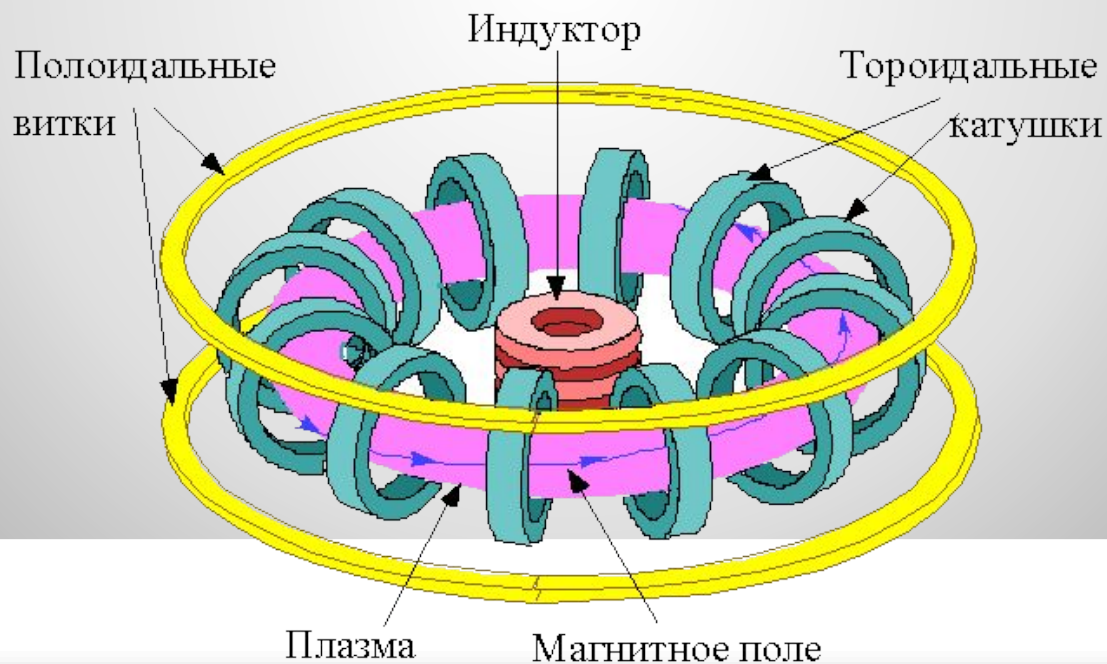
- Существуют две принципиальные схемы осуществления управляемого термоядерного синтеза, разработки которых продолжаются в настоящее время:
- Квазистационарные системы – это системы, в которых нагрев и удержание плазмы осуществляется магнитным полем при относительно низком давлении и высокой температуре. Для этого применяются реакторы в виде токамаков, стеллараторов (торсатронов) и зеркальных ловушек, которые отличаются конфигурацией магнитного поля. К квазистационарным реакторам относится реактор ITER, имеющий конфигурацию токамака.
- Импульсные системы – это системы, в которых управляемый термоядерный синтез осуществляется путем кратковременного нагрева небольших мишеней, содержащих дейтерий и тритий, сверхмощными лазерными или ионными импульсами. Такое облучение вызывает последовательность термоядерных микровзрывов

Квазистационарные системы

- Одной из основных квазистационарных систем является ТОКАМАК. ТОКАМАК - тороидальная вакуумная камера для магнитного удержания плазмы. Плазма удерживается магнитным полем, внутри которого плазменный «шнур» висит, не касаясь стенок камеры – «бублика».

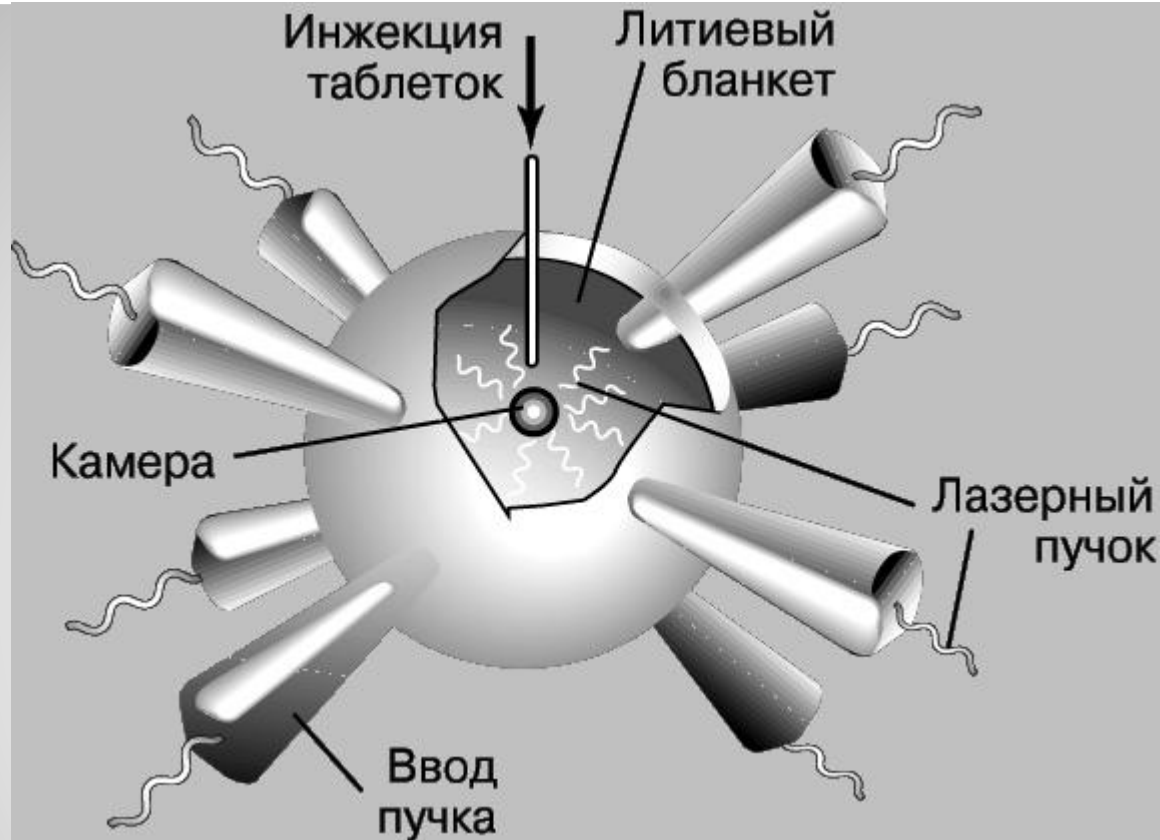


- На камеру намотаны катушки для создания магнитного поля. Из вакуумной камеры сначала откачивают воздух, а затем заполняют её смесью дейтерия и трития. Затем, с помощью индуктора, в камере создают вихревое электрическое поле. Индуктор представляет собой первичную обмотку большого трансформатора, в котором камера ТОКАМАКа является вторичной обмоткой. Вихревое электрическое поле вызывает протекание тока в плазме и её нагрев.



Импульсные системы

- В импульсных системах УТС осуществляется путем кратковременного сжатия и сверхбыстрого нагрева специально подготовленной мишени (шарика из дейтерия и трития радиусом около 1 мм) сверхмощными многоканальными лазерами до столь высоких плотностей, что термоядерная реакция успевает завершиться прежде, чем произойдет испарение топливной мишени.
- Такое облучение вызывает в центре мишени термоядерную реакцию. Главная идея - осуществление такого режима сжатия мишени, когда до температуры зажигания доводится лишь ее центральная часть, а основная масса топлива остается холодной. Затем волна горения распространяется к поверхностным слоям топлива.



- Сжатие и нагрев до термоядерных температур производится сверхмощными лазерными импульсами со всех сторон равномерно и одновременно облучающими топливный шарик. При мгновенном испарении его поверхностных слоев вылетающие частицы приобретают очень высокие скорости, и шарик оказывается под действием больших сжимающих сил.

- Они аналогичны движущим ракету реактивным силам, с той лишь разницей, что здесь эти силы направлены внутрь, к центру мишени. Этим методом можно создать давления порядка 10^{11} МПа и плотности, в 10 000 раз превышающие плотность воды. При такой плотности почти вся термоядерная энергия высвободится в виде небольшого взрыва за время $\sim 10^{-12}$ с. Происходящие микровзрывы, каждый из которых эквивалентен 1–2 кг тротила, не вызовут повреждения реактора, а осуществление последовательности таких микровзрывов через короткие промежутки времени позволило бы реализовать практически непрерывное получение полезной энергии.

- Для инерциального удержания очень важно устройство топливной мишени. Мишень в виде концентрических сфер из тяжелого и легкого материалов позволит добиться максимально эффективного испарения частиц и, следовательно, наибольшего сжатия.
- За счет бурного испарения частиц с его поверхности шарик сжимается, в результате чего температура и плотность внутри него повышаются до уровня, необходимого для термоядерной реакции.
- Расчеты показывают, что при энергии лазерного излучения порядка мегаджоуля (10^6 Дж) и КПД лазера не менее 10% производимая термоядерная энергия должна превышать энергию, израсходованную на накачку лазера. Термоядерные лазерные установки имеются в исследовательских лабораториях России, США, Западной Европы и Японии.

Трудности УТС в импульсных системах

- полезная энергия при таком способе сжигания может быть получена лишь при очень высокой плотности рабочего вещества. Чтобы избежать ситуации термоядерного взрыва большой мощности, нужно использовать очень малые порции горючего, исходное термоядерное топливо должно иметь вид небольших крупинок (диаметром 1–2 мм), приготовленных из смеси дейтерия и трития, впрыскиваемых в реактор перед каждым его рабочим тактом.

- Импульсная термоядерная установка подобна двигателю внутреннего сгорания, в котором происходят взрывы горючего, периодически подаваемого в рабочую камеру. Трудности УТС заключаются в проблеме мгновенно и равномерно нагреть смесь. Расчеты показывают, что если достичь плотности в 1000 раз выше плотности твердого водорода, то одного миллиона джоулей будет достаточно для поджига термоядерной реакции. Но пока в экспериментальных установках плотность возрастает лишь в 30—40 раз. Основное препятствие — недостаточная равномерность освещения мишени.

Спасибо за внимание!