

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

*Л.Ю. Савинская, В.С. Сухорученко, студенты группы 17Г51,
научный руководитель: Теслева Е.П., к.ф.-м.н., доцент*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

В настоящее время, основная часть используемой человеком энергии получается при сжигании органических топлив – нефти, угля и природного газа. По прогнозам ученых из-за роста населения и увеличения потребления энергии, производство энергии к 2050 г возрастет примерно в три раза по сравнению с современным уровнем. По оценкам специалистов, запасы природных горючих ископаемых на исходе [1].

Во всем мире принимаются стратегические решения по освоению, развитию и добычи новых источников дешевой и экологически безопасной энергии. Будущая энергетика будет более широко использовать разнообразные и, в том числе, возобновляемые источники энергии, такие как: энергия солнца, ветра, гидроэлектроэнергия, выращивание и сжигание биомассы и ядерная энергия. При этом возобновляемые источники будут использоваться в основном в качестве дополнительных источников энергии. Основной кандидат для базовой энергетике – это ядерная энергия. В настоящее время, для получения энергии освоены лишь ядерные реакции деления, которые используются на современных атомных электростанциях. Но запасы ядерного топлива – урана и тория тоже конечны. Практически исчерпаемы запасы термоядерного топлива – водорода.

Термоядерный синтез – это реакция слияния легких атомных ядер в более тяжелые ядра, происходящая при сверхвысокой температуре и сопровождающаяся колоссальным энерговыделением на единицу массы реагирующих веществ (в миллионы раз большим, чем в химических реакциях). Поэтому представляет большой интерес овладеть этим процессом и на его основе создать экологически чистый и дешевый источник энергии. Термоядерный синтез – реакция, обратная делению атомов: в последней энергия выделяется за счет расщепления тяжелых ядер на более легкие. Согласно современным астрофизическим представлениям, основным источником энергии Солнца и других звезд является происходящий в их недрах термоядерный синтез. В земных условиях он осуществляется при взрыве водородной бомбы [2]. *Управляемый термоядерный синтез* – процесс слияния лёгких атомных ядер происходящий в регулируемых, управляемых условиях. Несмотря на то, что исследованиями управляемого термоядерного синтеза занято большое количество научно-технических коллективов во многих странах, предстоит решить еще много сложных проблем, прежде чем промышленное производство термоядерной энергии станет реальностью.

Для синтеза необходимы следующие условия:

- 1) высокие температуры, при которых преодолевается кулоновское отталкивание одинаково заряженных ядер и образуется смесь исходных составляющих – плазма. Считается, что для термоядерного синтеза необходима температура свыше 10 миллионов градусов;
- 2) удержание плазмы в течение достаточно большого времени, чтобы реакция синтеза успевала происходить.

Существует множество возможных реакций синтеза. На сегодняшний день установлено, что самая легко осуществимая реакция синтеза дейтерия (2H) и трития (3H). Образующуюся при высокой температуре плазму можно удерживать магнитным полем. Первая установка, предложенная для этих целей в 1950 г. А.Д. Сахаровым называлась токамак (**т**ороидальная **к**амера с **м**агнитными **к**атушками) (рис.1, а).

Основное магнитное поле в камере в виде тора, содержащей горячую плазму, создается тороидальными магнитными катушками. Главную роль в равновесии плазмы играет плазменный ток, который протекает вдоль тороидального плазменного шнура и создает полоидальное магнитное поле.

За прошедшие годы в мире было построено более 300 токамаков. Первый токамак был построен в России в Институте Атомной Энергии им И.В. Курчатова в 1956 г. Десять лет напряженных исследований и усовершенствований этого устройства привели к существенному прогрессу в плазменных параметрах токамаков. Токамак Т-3 получил к 1968 г температуру плазмы 0,5 КэВ и достиг параметров, существенно превосходящих достигнутых на других магнитных ловушках. С этого момента началось активное развитие этого направления и в других странах. В семидесятые года были по-

строены токамаки следующего за Т-3 поколения: Т-7, Т-10, Т-11 в СССР, PLT и DIII-D в США, ASDEX в Германии, TFR во Франции, JFT-2 в Японии и др.

В 2007 году во Франции началось строительство самого крупного экспериментального термоядерного реактора системы токамак ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), строительство которого будет закончено в 2025 году. В сооружении реактора принимают участие семь стран: Европейский Союз, Китай, Индия, Япония, Республика Корея, Россия, США. После 2040 года реактор станет производить электроэнергию (при условии успешных экспериментов). Полная стоимость сооружения реактора ИТЭР оценивается в 5 млрд. евро. Доля России в сооружении – до 10% от стоимости оборудования [3].

Другим устройством для поддержания управляемого термоядерного синтеза является стелларатор. Стелларатор, как и токамак – это магнитная ловушка с замкнутыми магнитными поверхностями, но, в отличие от токамака, магнитное поле, образующее магнитные поверхности, создается в нем с помощью внешних витков, а не током, протекающим по плазме. Эта магнитная ловушка была изобретена и построена в Принстонской лаборатории в США Л. Спитцером.

В 2015 году в Германии успешно запущен самый большой в мире термоядерный реактор-стелларатор Wendelstein 7-X, строительство которого продолжалось порядка 15 лет. Основная цель проекта стоимостью более миллиарда евро – проверка эффективности подобной конфигурации реакторов. В перспективе на базе технологии построят термоядерную электростанцию нового поколения, которая обеспечит мир дешевой и чистой энергией [4].

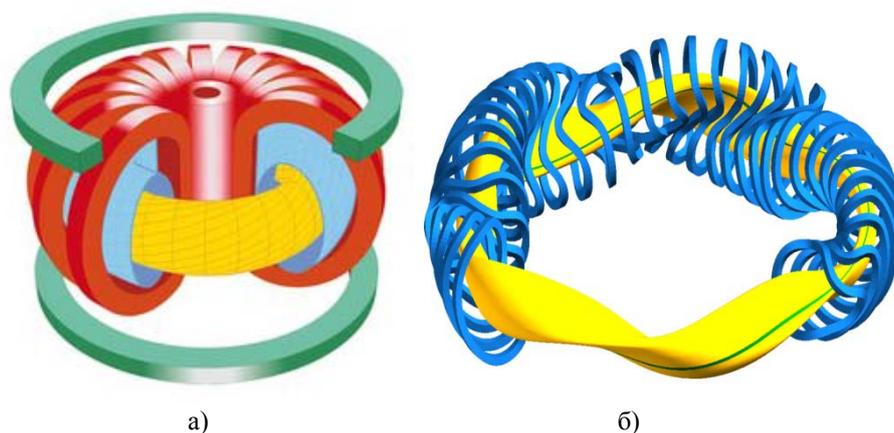


Рис.1. Принципиальная схема токамака (а) и стелларатора (б)

У токамаков есть проблема со стабильностью плазмы, которая прилипает к стенкам камеры. У стеллараторов другой недостаток – велики потери энергии плазмы. Из-за этого им трудно достичь необходимых температур и времени удержания, достаточных для запуска термоядерного синтеза.

Существует также лазерный термоядерный синтез – одно из направлений в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу, основанное на способности лазеров концентрировать энергию в малых объемах вещества за короткие промежутки времени и использующее инерциальное удержание плазмы. Предложение использовать лазеры для целей термоядерного синтеза впервые было высказано в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР в 1961 Н. Г. Басовыми О. Н. Крохиным.

В 2014 году специалистам Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли удалось получить от лазерного термоядерного синтеза больше энергии, чем было затрачено на его проведение, что позволило немного приблизиться к реализации экономически разумной термоядерной энергетики.

Сторонники термоядерного синтеза утверждают, что термоядерная энергия намного более экологически чистая, нежели энергия традиционных углеводородов, или даже атомная энергия. Ученые говорят, что термоядерные электростанции не наносят вреда окружающей среде, а топлива для них достаточно в любой стране мира. По сути, технология управляемого термоядерного синтеза предлагает человечеству неиссякаемый и достаточно безопасный источник энергии, работающий буквально на воде. Развитие управляемого термоядерного синтеза может стать началом новой энергетической эры, положить конец повторяющимся энергетическим кризисам.

Литература.

1. Велихов Е.П., Путвинский С.В. Термоядерная энергетика. Статус и роль в долгосрочной перспективе // [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // <http://scorcher.ru/art/science/termo/1.php>
2. Ядерный синтез // Энциклопедия кругосвет [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // <http://www.krugosvet.ru/node/41653>
3. Мегапроекты человечества: *термоядерный реактор ITER и энергия звезд на Земле* // T&P [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // http://theoryandpractice.ru/posts/7960-megaprojects_iter
4. Имитатор Солнца: запущен самый большой в мире термоядерный стеллатор // dsnews.ua [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // <http://www.dsnews.ua/future/imitator-solntsa-zapushchen-moshchneyshiy-termoyadernyy-reaktor-11122015150400>
5. Лазерный термоядерный синтез сделал шаг вперед // Компьюлента [электронный ресурс] – Режим доступа. –URL: // <http://compulenta.computerra.ru/veshstvo/fizika/10011470/>

ИНДУКЦИОННАЯ ЛАМПА КАК ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ИСТОЧНИК СВЕТА.

Д.В. Танков, А.Н. Хабаров, студент группы 10А51,

научный руководитель: Полицинский Е.В., к. пед. н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Целью моей работы было изучить историю развития безэлектродных ламп и область использования индукционных ламп. Тема является **актуальной**. Актуальность данного вопроса обусловлено тем, что в мире на освещение тратится в среднем пятая часть всей вырабатываемой электроэнергии, а в северных странах еще больше. Экономия энергии становится нормой технологической и экономической политики. Требуется новые технические решения в производстве новых типов световых ламп.

В конце тридцатых годов прошлого века талантливый русский электротехник Георгий Бабат занимался изучением высокочастотных безэлектродных разрядов, получаемых от ламповых СВЧ генераторов высокой мощности. Те годы были временем становления вакуумной радиоэлектроники. Были разработаны и успешно испытаны мощные (в сотни киловатт) генераторные лампы. На их основе генераторы с самовозбуждением обеспечивали устойчивую генерацию электромагнитных волн в диапазоне от нескольких килогерц до десятков мегагерц

В 1940—41 годах, осваивая технологию производства радиоламп на заводе «Светлана», Г. Бабат обратил внимание на вспыхивающий в колбе откачиваемой радиолампы газовый разряд. Сама колба радиолампы и ее внутренняя металлическая арматура в этот момент обезгаживались в индукционной высокочастотной печи при непрерывной откачке. Колба отпаивалась от установки при достижении необходимого уровня вакуума. Свечение при этом прекращалось.

Г. Бабат применял мощные стационарные генераторы частотой от 3 до 100 МГц и мощностью до 100 кВт, что позволяло получить светящиеся разряды в кварцевых колбах диаметром до 400 мм при давлениях от нескольких мм рт. ст. до атмосферного. Подводимая мощность была такова, что кварцевый баллон мог расплавиться за несколько секунд. Возможность регулирования уровня отдаваемой в разряд мощности позволило проследить за особенностями развития безэлектродного разряда.

Сам Г.Бабат в своей работе сообщает следующее: «При частоте 62 МГц в баллоне диаметром 350 мм переход от одного цвета свечения газа к другому с повышением давления происходит более плавно, чем при частоте 3 МГц. Можно наблюдать целую гамму цветовых переходов, представляющих редкое и красочное зрелище».

При давлении в баллоне 0,1-5 мм рт.ст. свечение постепенно переходит в темно-лиловое. Затем появляются изумрудные тона, разряд стягивается в шар, который парит чуть выше уровня индуктора. При продувании воздуха шар колеблется из стороны в сторону, с поверхности его отделяются огненные языки – протуберанцы. При давлении свыше 400 мм рт.ст. шар вытягивается в аксиальном направлении, цвет становится желтовато-белым.

Цвета в разряде зависят не только от давления, но и от мощности, подводимой к разряду». Таким образом, впервые был получен безэлектродный разряд при атмосферном давлении и осуществ-