

Из Архива Президента Российской Федерации

В последнее время в Архиве Президента Российской Федерации были найдены и рассекречены некоторые материалы и первоисточники, касающиеся истории работ по управляемому термоядерному синтезу.

В настоящем разделе¹ представлены документы из Архива Президента Российской Федерации, отобранные и подготовленные для публикации в сборнике *Атомный проект СССР. Документы и материалы*, издаваемом Министерством Российской Федерации по атомной энергии под редакцией первого заместителя Министра Российской Федерации по атомной энергии Л.Д. Рябева. Публикуются текст Постановления Совета Министров СССР от 5 мая 1951 г. "О проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ по выяснению возможности создания магнитного термоядерного реактора" (с сокращениями, без Приложений 3–7); текст первой работы О.А. Лаврентьева (июль, 1950 г.) и отзыв на эту работу А.Д. Сахарова (18 августа 1950 г.).

Хранить наравне
с шифром.
Сов. секретно
(Особая папка)

СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 5 мая 1951 г. № 1463-732сс/оп

Москва, Кремль

"О проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ по выяснению возможности осуществления магнитного термоядерного реактора"

Придавая важное значение предложению т. Сахарова А.Д. об использовании внутриядерной энергии легких элементов с помощью магнитного термоядерного реактора (установка "МТР"), Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Обязать Первое главное управление (т.т. Ванникова, Завенягина, Курчатова) организовать научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по выяснению возможности получения самоподдерживающейся термоядерной реакции с помощью магнитного термоядерного реактора и обеспечить выполнение следующих работ:

- а) разработки теории процесса газового разряда в магнитном поле;
- б) разработки теории магнитного термоядерного реактора;
- в) изучения процессов ионизации водорода и получения высокой ионной температуры на лабораторных установках;
- г) разработки методов расчета магнитных систем, схем электрического питания и регулирования, а также методов получения высокого вакуума.

¹ Включенные в настоящий раздел документы из Архива Президента Российской Федерации подготовлены для публикации Г.А. Гончаровым. (Сохранена орфография оригиналов.)



СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 5 мая 1951 г. № 1463-732сс/оп

Москва, Кремль

О проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ по выяснению возможности осуществления магнитного термоядерного реактора.

Придавая важное значение предложению т. Сахарова А.Д. об использовании внутриядерной энергии легких элементов с помощью магнитного термоядерного реактора (установка "МТР"), Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Обязать Первое главное управление (т.т. Ванникова, Завенягина, Курчатова) организовать научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по выяснению возможности получения самоподдерживающейся термоядерной реакции с помощью магнитного термоядерного реактора и обеспечить выполнение следующих работ:

- а) разработки теории процесса газового разряда в магнитном поле;
- б) разработки теории магнитного термоядерного реактора;
- в) изучения процессов ионизации водорода и получения высокой ионной температуры на лабораторных установках;
- г) разработки методов расчета магнитных систем, схем электрического питания и регулирования, а также методов получения высокого вакуума.

2. Сосредоточить основные научно-исследовательские работы по выяснению возможности создания магнитного термоядерного реактора в Лаборатории измерительных приборов АН СССР.

3. Считать необходимым сооружение в Лаборатории измерительных приборов АН СССР в 1952 году большой лабораторной модели магнитного термоядерного реактора, с потреблением мощности около 5000 киловатт, рассчитанной на получение нейтронного излучения.

Факсимильное воспроизведение первой страницы Постановления СМ СССР от 5 мая 1951 г. "О проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ по выяснению возможности осуществления магнитного термоядерного реактора".

2. Сосредоточить основные научно-исследовательские работы по выяснению возможности создания магнитного термоядерного реактора в Лаборатории измерительных приборов АН СССР.

3. Считать необходимым сооружение в Лаборатории измерительных приборов АН СССР в 1952 г. большой лабораторной модели магнитного термоядерного реактора с потреблением мощности около 5000 кВт, рассчитанной на получение нейтронного излучения.

4. Утвердить:

Члена-корреспондента АН СССР т. Арцимовича Л.А. научным руководителем работ по выяснению возможности создания "МТР";

Кандидата физико-математических наук Сахарова А.Д. — заместителем научного руководителя по теоретической части;

Профессора Ефремова Д.В. — заместителем научного руководителя по проектно-конструкторской части;

Академика Леонтовича М.А. — научным руководителем теоретических разработок по "МТР" в Лаборатории измерительных приборов АН СССР.

Обязать т. Арцимовича в 1951 г. не менее половины своего рабочего времени заниматься работами по магнитному термоядерному реактору.

Хранить наравне
с шифром
РАССЕКРЕТНО
(Особая папка)

5. Обязать Академию наук СССР (т. Несмеянова) и Физический институт им. Лебедева АН СССР (т. Скобельцына) откомандировать акад. Леонтовича М.А. для работы в Лаборатории измерительных приборов АН СССР сроком на 1,5 года.

Обязать Военное Министерство СССР (т. Василевского) освободить академика Леонтовича М.А. от работы в НИИ-108.

6. Разрешить Лаборатории измерительных приборов АН СССР (т. Головину, Арцимовичу) сосредоточить экспериментальные работы и теоретические исследования по установке "МТР" в отделах электроаппаратуры и оптических приборов, передав часть работ по гравитационному методу разделения на базу № 9², а все проектно-конструкторские и научно-исследовательские работы по агрегату "АМ"³ — Лаборатории "В" Первого главного управления при Совете Министров СССР⁴.

Поручить Первому главному управлению при Совете Министров СССР (т. Завенягину) и Лаборатории измерительных приборов АН СССР (т. Курчатову) разработать и внести на утверждение Совета Министров СССР в месячный срок предложения об откомандировании на базу № 9 и в Лабораторию "В" соответствующих специалистов, сроках демонтажа оборудования и порядке передачи специальных приборов и секретной документации.

7. Обязать Лабораторию измерительных приборов АН СССР (т. Головина, Арцимовича), Базу № 112⁵ (т. Харитона), Физико-технический институт АН СССР (т. Комара), Физико-технический институт АН УССР (т. Синельникова), Теплотехническую лабораторию АН СССР⁶ (т. Алиханова) и ОКБ МЭП (т. Ефремова) выполнить теоретические и экспериментальные исследования по выяснению возможности создания установки "МТР", согласно приложениям №№ 1, 2, 3.

8. Обязать Военное Министерство СССР (т. Василевского) и НИИ-108 (т. Кугушева) выполнить по техническим условиям Лаборатории измерительных приборов АН СССР теоретические и экспериментальные исследования на моделях для выяснения возможности ионизации водорода и нагрева его в магнитном поле до температуры выше миллиона градусов с помощью высокочастотных полей от 10^5 до 3×10^9 периодов в секунду.

9. Утвердить проф. Калашникова С.Г. научным руководителем работ по "МТР" в НИИ-108 Военного Министерства СССР.

10. Обязать Министерство высшего образования СССР (т. Столетова) освободить проф. Калашникова С.Г. от заведования кафедрой физики в Московском государственном университете.

11. Обязать Министерство электропромышленности и ОКБ МЭП (т. Ефремова) выполнить до 1 сентября 1952 г. совместно с Лабораторией измерительных при-

боров АН СССР (т. Арцимовичем и Головиным) научно-исследовательские работы и эскизный проект промышленной установки "МТР" для выяснения основных технических и экономических показателей установки.

12. Обязать Первое главное управление при Совете Министров СССР (т. Ванникова, Завенягина, Курчатова), Лабораторию измерительных приборов АН СССР (т. Арцимовича, Головина), Базу № 112 (т. Харитона, Сахарова, Тамма) и ОКБ МЭП (т. Ефремова) представить к 1 октября 1952 г. в Совет Министров СССР заключение о возможности осуществления установки "МТР" в промышленном масштабе с указанием основных характеристик установки.

13. Организовать при Лаборатории измерительных приборов АН СССР научно-техническую комиссию для обсуждения вопросов, связанных с разработкой проекта "МТР", в составе:

Академика	Курчатова И.В.	Председателя комиссии
Члена-корреспондента АН СССР	Арцимовича Л.А.	Зам. председателя комиссии
Кандидата физико-математических наук	Головина И.Н.	Зам. председателя комиссии
Кандидата физико-математических наук	Сахарова А.Д.	Члена комиссии
Члена-корреспондента АН СССР	Тамма И.Е.	Члена комиссии
Академика	Леонтовича М.А.	—
Кандидата физико-математических наук	Владимирского В.В.	—
Профессора	Ефремова Д.В.	—

14. Обязать Министерство электропромышленности и ОКБ МЭП (т. Ефремова) спроектировать по техническим условиям Лаборатории измерительных приборов АН СССР и построить к 1 мая 1952 г. большую лабораторную модель "МТР-Л2".

15. Обязать Лабораторию измерительных приборов АН СССР (т. Арцимовича, Головина) и ОКБ МЭП (т. Ефремова) представить до 1 ноября 1951 г. в Совет Министров СССР мероприятия по обеспечению постройки большой лабораторной модели "МТР-Л2".

16. Утвердить мероприятия по обеспечению работ, связанных с постройкой в Лаборатории измерительных приборов АН СССР установок "МТР-Л" и "МТР-Л2", согласно приложению № 4.

Председатель
Совета Министров Союза ССР И. Сталин
Управляющий Делами
Совета Министров СССР М. Помазнев

² База № 9 предприятие по разделению изотопов урана в Свердловской области — Уральский электромеханический комбинат.

³ Агрегат "АМ" — ядерный реактор первой атомной электростанции СССР, сооруженной в г. Обнинске.

⁴ Лаборатория "В" — в настоящее время Государственный научный центр "Физико-энергетический институт".

⁵ База № 112 — в настоящее время Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ — ВНИИЭФ).

⁶ Теплотехническая лаборатория — Государственный научный центр "Институт теоретической и экспериментальной физики".

Разослано: тт. Поскребышеву, Ванникову, Курчатову, Харитону, Махневу — полностью; выписки, согласно рассылке.

АП РФ. Ф. 93. Коллекция постановлений и распоряжений СМ СССР за 1951 г.

Сов. секретно
(Особая папка)

Приложение № 1
к Постановлению СМ СССР
от 5 мая 1951 г. № 1463-732сс/оп

П Л А Н

теоретических исследований по выяснению возможности осуществления магнитного термоядерного реактора

(Научные руководители: акад. Леонтович М.А.,
чл.-корреспондент АН СССР Тамм И.Е.,
кандидат физико-математических наук Сахаров А.Д.)

Наименование работ	Срок исполнения	Ответственный исполнитель
--------------------	-----------------	---------------------------

1. Статистическая теория плазмы в магнитном поле

- | | | |
|---|-------------------|---|
| а) Вывод кинетических уравнений плазмы с учетом флуктуаций и вибрационных процессов | 1 августа 1951 г. | База № 112
Боголюбов |
| б) Исследование устойчивости плазмы в магнитном поле при переменных по объему значениях напряженности магнитного поля, температуры и плотности. Теория устойчивости плазмы при прохождении в ней низкочастотного и высокочастотного тока. Теория процессов турбулентности | 1 января 1952 г. | База № 112
Боголюбов
Лаб. изм.
приборов
Давыдов |
| в) Расчет теплопередачи, степени ионизации, температуры и плотности частиц в неполностью ионизованной плазме в отсутствие теплового равновесия | 1 июля 1951 г. | Лаб. изм.
приборов
Давыдов |

2. Теория элементарных процессов

- | | | |
|---|--------------------|--|
| а) Расчеты передачи энергии в плазму при замедлении быстрых ядерных частиц | 1 сентября 1951 г. | Лаб. изм.
приборов
Мигдал
Полуектов |
| б) Расчет перезарядки нейтральных атомов, вероятности процессов ионизации водорода в интервале энергий от 1 эВ до 100 кэВ | 1 мая 1951 г. | |
| в) Уточненный расчет тормозного излучения электронов в плазме | 1 октября 1951 г. | |
| г) Расчет излучения электронов плазмы, движущихся в магнитном поле (спектральный состав излучения, уширение линий, обратное поглощение излучений) | 15 июля 1951 г. | |

3. Теория магнитного термоядерного реактора

- | | | |
|--|-------------------|--|
| а) Исследование возможных путей устранения магнитного дрейфа частиц плазмы | 1 октября 1951 г. | База № 112
Сахаров, Тамм
Лаб. изм.
приборов
Арцимович
Теплотехнич. лаб.
Владимирский |
| б) Исследования работы различных вариантов МТР при установленном режиме | 1 января 1952 г. | База № 112
Сахаров, Тамм
Теплотехнич. лаб.
Владимирский
Лаб. изм.
приборов
Мигдал |

Наименование работ	Срок исполнения	Ответственный исполнитель
в) Разработка теории зажигания газового разряда в магнитном поле	1 сентября 1951 г.	Лаб. изм. приборов Давыдов
г) Разработка теории разогрева МТР	1 июля 1951 г.	Лаб. изм. приборов Арцимович
д) Расчеты режимов работы лабораторной модели "МТР-Л"	1 мая 1951 г.	Лаб. изм. приборов Головин
Управляющий Делами СМ СССР		М. Помазнев

Сов. секретно
(Особая папка)

Приложение № 2
к Постановлению СМ СССР
от 5 мая 1951 г. № 1463-732сс/оп

П Л А Н

проведения экспериментальных работ по выяснению возможности осуществления магнитного термоядерного реактора

(Научные руководители:
Чл.-корреспондент АН СССР Арцимович Л.А.,
кандидат физико-математических наук Головин И.Н.)

Наименование работ	Срок исполнения	Ответственный исполнитель
1. Изучение ионизации водорода и получение высокой ионной температуры на лабораторных установках и большой лабораторной модели "МТР-Л" при помощи: а) безэлектродного разряда в магнитном поле и без магнитного поля в режиме непрерывного горения; б) безэлектродного разряда в магнитном поле и без магнитного поля при импульсном возбуждении разряда и поля	май 1952 г. —	Лаб. изм. приборов Головин Лаб. изм. приборов Андрианов
2. Изучение возможности ионизации и нагрева плазмы в магнитном поле высокочастотными колебаниями.	—	НИИ-108 Кутушев Калашников
3. Разработка методов и приборов для измерения температуры электронов и ионов в плазме МТР	декабрь 1951 г.	Лаб. изм. приборов Лукьянов
4. Разработка конструкции высокопроизводительного низкотемпературного водородного насоса на давление ниже 10^{-8} мм и исследование вакуумных свойств материалов в глубоком вакууме (ниже 10^{-8} мм)	—	ФТИ АН УССР Синельников Лазарев
5. Проверка основных выводов теории плазмы в магнитном поле (спектр колебаний, турбулизация, обмен энергией между ионами и электронами и др.)	май 1952 г.	ДФТИ Комар Дукельский
Печать протокольной части управления делами Совета Министров СССР		Управляющий Делами СМ СССР М. Помазнев

**Предложение О.А. Лаврентьева,
отправленное в ЦК ВКП(б)
29 июля 1950 г.**

Органы власти, органы управления
Всесоюзная коммунистическая партия (большевиков)
Городской Комитет ВКП(б)
29 июля 1950 г.
№ 21000
г. Пермь, Сахалинской обл.

ОСОБАЯ ПАПКА
Ц.Н.В.Н.Д. (1) секретно
6900
ЦК ВКП(б) - КОЛЛЕКТИВНО-МАШИНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОТДЕЛ Ц.Н.В.Н.Д.
ТЕКСТИЛЬНАЯ КОМ. № 1

По поручению секретаря Сахалинского обкома ВКП(б) тов. Мельник, в дополнение к полученному Записке от Лаврентьева за № 1, высылаю Вам биографическую справку и специальную работу, выполненную Лаврентьевым.

ПРИЛОЖЕНИЕ: Спецработа на 12 листах и биографическая справка.

Секретарь Горнозаводского горкома ВКП(б) / В.С.Сидоров / г.В.ОБУХОВ

Высылаемая работа состоит из трех отдельных предложений:

1. Методы использования энергии литиево-водородных ядерных реакций и преобразование ее в электрическую энергию.
2. Методы преобразования энергии урановых и транс-урановых ядерных реакций непосредственно в электрическую энергию.
3. Возможности применения энергии реакции ($Li_3^6 + H_1^2 - 2\alpha$) в военном деле (литиево-водородная бомба).

По содержанию работа разбита на четыре части:

- I. Основные идеи.
- II. Опытная установка по преобразованию энергии литиево-водородных реакций в электрическую энергию.
- III. Опытная установка по преобразованию энергии урановых и трансураниевых ядерных реакций в электрическую энергию.
- IV. Литиево-водородная бомба (конструкция).

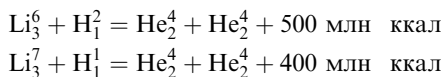
К сожалению, я не успел закончить II и III часть и высылаю лишь краткие конспекты. I часть написана также весьма поверхностно. Считаю целесообразным свое личное участие при обсуждении моего проекта.

Лаврентьев

Содержание:

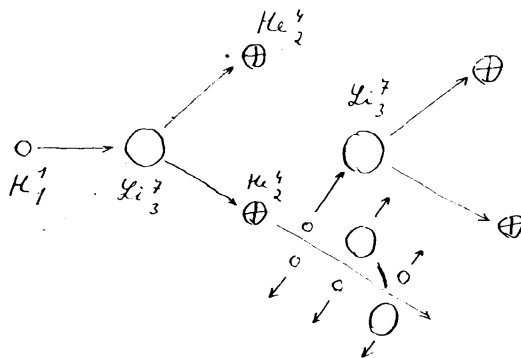
- I. Общие замечания, основные идеи.
 1. Метод свободных соударений ядер.
 2. Литиево-водородная бомба.
 3. Вопросы отбора мощности протонных ядерных реакций.
 4. Метод электростатического поглощения энергии быстрых заряженных частиц в замедляющем электрическом поле.
 5. Условия протекания протонных ядерных реакций.
- II. Опытная установка.
 1. Общие указания.
 2. Сетка, ее конструкция. Фокусировка ионного потока. Коэффициент потерь. Охлаждение сетки. Электроизоляция.
 3. Размеры установки. Факторы, влияющие на размеры.
 4. Каркас, строительные работы, вакуумная система.
 5. Пуск установки.
 6. Введение реагирующих веществ (водорода и лития).
 7. Очистка от продуктов реакции.
 8. Мощность, ее регулирование.
 9. Защита от перегрузок.
 10. Вопросы передачи энергии на расстояние. Высоковольтные линии передач постоянного тока. Преобразование постоянного тока высокого напряжения в переменный низкого напряжения.
- III. Возможности использования метода электростатического поглощения энергии быстрых заряженных частиц в урановых и транс-урановых ядерных реакциях.
- IV. Конструкция литиево-водородной бомбы.

I часть



1. Из всех способов использования энергии протонных ядерных реакций приведенного выше типа практически возможным является лишь один — метод свободных соударений ядер. Сущность его заключается в следующем:

В некотором, достаточно большом объеме свободно перемещаются ядра лития и водорода со скоростями порядка $10^6 - 10^7$ м/сек. При столкновении протона с ядром лития образуется сложное неустойчивое ядро, которое распадается на две α -частицы с общей энергией порядка 17 MeV. α -частицы, разлетаясь в разные стороны, передают путем столкновений свою энергию соседним ядрам, которые снова взаимодействуют друг с другом. Получается следующая цепная реакция:



Условием возможности протекания этой реакции является достаточно большое количество реагирующих веществ, которое, в свою очередь, зависит от объема установки, от ее прочности. Реакция будет иметь место, если на каждые 100 ядер, пролетающих от центра установки к ее поверхности, совершается одно-два ядерных превращения.

2. Для сообщения ядрам лития и водорода необходимой начальной скорости можно воспользоваться цепной реакцией между ядрами плутония. Проще всего это можно сделать, если подорвать атомную бомбу в среде, состоящей из 87,5% лития и 12,5% водорода. В этом отношении очень удобен гидрид лития, как вещество твердое. Образующиеся при взрыве атомной бомбы в большом количестве быстрые частицы передадут свою энергию ядрам лития и водорода, между которыми также произойдет ядерная реакция. Реакция будет иметь характер взрыва, более сильного, чем взрыв атомной бомбы.

Должен заметить, что первые слои, лежащие непосредственно у атомной бомбы, должны состоять из изотопов Li_3^6 и H_1^2 . Это потребует значительно большей затраты средств и времени, но гарантирует успех, так как, во-первых, ядерная реакция между ядрами Li_3^6 и H_1^2 имеет примерно в 30 раз больший выход (из английских источников), во-вторых, она более энергоемка, в-третьих, будет иметь место реакция между ядрами Li_3^6 и нейтронами (правда, эта реакция дает примерно в четыре раза меньше энергии, чем $(Li_3^6 - \alpha - 2\alpha)$.¹

3. Протонные ядерные реакции осуществимы, по-видимому, лишь в больших масштабах (в установках порядка сотен тысяч и миллионов кВт мощностью). Поэтому отбор мощности представляет собой одну из труднейших проблем. Можно, конечно, воспользоваться старыми, давно испытанными тепловыми методами. Например, можно стенки установки сделать трубчатыми, вдувать в трубы водород под давлением, который, поглощая быстро летящие частицы и нагреваясь, выходит через соседние трубы, после чего приводит в действие газовые турбины. Однако такая система отбора мощности потребует перестройки всей энергетической

¹ Так в документе. По смыслу следует читать $Li^6 + H^2 \rightarrow 2He^4$

базы, создания новых сверхмощных турбин, компрессоров, генераторов и, как следствие всего этого, больших денежных затрат.

4. Я предлагаю другой способ отбора мощности — метод электростатического поглощения энергии быстрых частиц в замедляющем электрическом поле. Этот метод позволит: во-первых, получать большую часть (ориентировочно 80–90 %) ядерной энергии в виде постоянного электрического тока высокого напряжения, во-вторых, сократить размеры установки.

Сущность этого метода заключается в том, что заряженные частицы, проходя сквозь замедляющее электрическое поле, отдают ему свою энергию. Если мы отделим некоторый объем, в котором протекают протонные ядерные процессы, двумя оболочками (внутренняя оболочка сетчатая) и подведем к ним высокое постоянное напряжение порядка 0,5–1 MV, плюс к внешней оболочке, то положительно заряженные ядра, пролетая сквозь сетку, попадут в замедляющее электрическое поле и или будут отброшены назад и примут снова участие в ядерных процессах, если их энергия меньше энергии замедляющего поля, или достигнут внешней оболочки и отдадут ей свой заряд, если их энергия больше энергии замедляющего поля.

Так как внутри полости сетки все время происходит выделение энергии за счет реакции между ядрами лития и водорода, то средняя скорость, несмотря на потери в сетке, а также передачу части энергии замедляющему полю, остается постоянной и реакция продолжается.

5. Реакция будет протекать, если энергия, поглощаемая сеткой, меньше энергии, выделяемой в результате ядерной реакции. Так как всегда можно выбрать размеры установки такими, что энергия, поглощаемая сеткой, будет меньше общей выделенной энергии (объем увеличивается в кубе, площадь — в квадрате), то вопрос о возможности данной ядерной реакции можно считать решенным. Остается открытым лишь вопрос о размерах установки. Я полагаю, что эти размеры не выходят из рамок возможностей строительной техники: во-первых, рациональной конструкцией мы можем до известных пределов уменьшить коэффициент потерь сетки, во-вторых, мы можем увеличить плотность потока ядер (также до известных пределов) за счет увеличения прочности конструкции (учитывается прочность как внешней оболочки, так и сетки), в-третьих, первая опытная установка будет работать на изотопах Li_3^6 и H_1^1 , т.е. в наиболее благоприятных условиях.

III. Метод электростатического поглощения энергии быстрых заряженных частиц в замедляющем электрическом поле с успехом может быть применен для преобразования ядерной энергии урановых и трансураниевых реакций непосредственно в электрическую.

Принципиально метод остается таким же, как и в случае литиево-водородных ядерных реакций. Так как расщепление ядер плутония происходит в результате нейтронных столкновений, то энергию замедляющего поля можно выбрать в довольно широких пределах, тем самым регулируя плотность ядерного потока.

Для начала реакции в установку вводится плутоний (в виде ионов). После начала реакция поддерживается введением урана-238 (природного), который под действием нейтронов превращается в плутоний и участвует в реакции. Для отвода мощности необходимо также вводить в виде ионов какое-либо инертное вещество с малым зарядом ядра (H_1^2 , H_1^1 , He_2^4).

Интересно отметить, что, по всей вероятности, столкновение перегруженных нейтронами осколков ядер с другими ядрами может сопровождаться выделением нейтронов. Если это так, то возможности моего метода возрастают в еще большей степени.

Этот метод не требует дополнительной очистки от продуктов реакции, так как осколки от деления ядер выбрасываются в первую очередь. Часть энергии превращается в тепловую энергию, и поэтому нужен корпус и сетку охлаждать.

Конструкция корпуса — цилиндр с закругленным верхом. Сетка состоит из отдельных труб, связанных снизу и сверху

соединительными трубчатыми кольцами (беличье колесо). Трубчатые кольца укреплены на изоляторах. Изоляторы имеют каналы для пропускания охлаждающей жидкости, с кольцами соединены герметически.

(Подробности изложу устно или в отдельной работе).

Черновые заметки к работе по II–IV частям Лаврентьева

О возможности литиево-водородных ядерных реакций.

Для успешного протекания ядерных реакций типа $(\text{Li}_3^6 - \text{H}_1^1 - 2x)$ и $(\text{Li}_3^7 - \text{H}_1^1 - 2x)$ требуются два условия:

1) Движение ядер со скоростями, обеспечивающими протекание ядерной реакции при взаимном столкновении.

2) Достаточно большое общее число столкновений ядер.

Необходимые начальные скорости ядер достигаются с помощью электрического поля высокого напряжения, а затем поддерживаются за счет ядерной реакции. Должен заметить, что между сеткой и ядрами, находящимися в ее полости, возникает вредное электрическое поле, направленное навстречу основному. Это поле замедляет скорости ядер, поэтому при выборе напряжения ускоряющего электрического поля между сеткой и корпусом нужно учитывать также и влияние на скорость ядер поля пространственного заряда.

Факторами, определяющими второе условие, являются плотность ядерного потока, его линейные размеры.

Плотность ядерного потока зависит от скорости ядер и от прочности установки (учитывается прочность как корпуса, так и сетки). Плотность можно значительно увеличить, применяя фокусировку ядерного потока в пространстве и по времени. Нетрудно доказать, что в идеальных условиях плотность ядерного потока будет увеличиваться от поверхности установки к ее центру в квадратной зависимости по сравнению с линейными размерами взятого объема.

Фокусировка ядерного потока в пространстве достигается рациональной конструкцией корпуса и сетки. Фокусировка по времени — применением высокочастотного поля.

II. Опытная установка

1. Конструирование опытной установки для использования ядерной энергии протонных реакций связано с решением многих больших и малых проблем, требующих привлечения квалифицированных специалистов из различных областей науки и техники, поэтому я не могу претендовать на фундаментальность и окончательность этой части моей работы. Безусловно, многие вопросы потребуют уточнения и даже переработки заново. В основном, я хочу лишь набросать план дальнейших работ, а также развить свои идеи в применении к конструктивному решению.

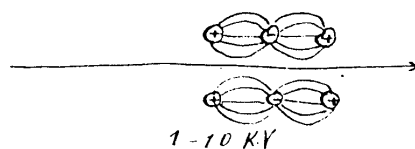
Установка состоит из каркаса, сетки, системы охлаждения, вакуумной установки, защитных приспособлений, пускового агрегата, фокусирующих устройств, аппаратуры очистки и введения новых продуктов реакции (высокочастотного генератора) и др. менее важных деталей.

2. Сетка.

К сетке предъявляются следующие требования:

- а) малый коэффициент поглощения быстрых частиц;
- б) прочность и закругленность конструкции;
- в) хорошая электроизоляция от корпуса;
- г) возможность интенсивного охлаждения;
- д) отсутствие термоэлектронной эмиссии.

Пути снижения коэффициента поглощения сетки возможны следующие: во-первых, можно до известных пределов увеличить полезную площадь "окон" сетки, во-вторых, применяя ядерную фокусировку, можно направлять ядра точно в окна + 0,5 MV (электростатическая линза).



Конструктивно сетка выполнена из связанных между собой труб. Для охлаждения по трубам пропускается какая-либо жидкость, не проводящая электрического тока. Внутри корпуса сетка укрепляется с помощью стеклянных или фарфоровых подпор, служащих в то же время для подведения и отведения охлаждающей жидкости. Термоэлектронная эмиссия может быть устранена с помощью специального покрытия.

3. Размеры установки должны быть выбраны такими, чтобы:

а) величина свободного пробега ядер укладывалась несколько раз от центра установки до сетки;

б) отсутствовала утечка зарядов с сетки из-за перенапряженности поля в отдельных узлах сетки.

4. Каркас имеет шарообразную форму. Так как лишь часть ядерной энергии выделяется на каркасе в виде тепла, то возможно воздушное охлаждение внешней оболочки. В случае строительства установки под землей нужно предусмотреть водяное охлаждение внешней оболочки.

Вакуумные насосы должны обеспечить вакуум внутри установки во время работы и также удаление продуктов реакции. Хороший вакуум не обязателен. Можно применять масляные насосы.

5. Пуск установки осуществляется массовым введением в нее ядер лития и водорода с энергией в пределах от 100 до 500 тысяч электрон-вольт.

Для пуска необходима посторонняя высоковольтная установка достаточной мощности (трансформатор с газовыми выпрямителями).

Перед пуском из установки удаляется воздух, к сетке и корпусу прикладывается соответствующее постоянное напряжение (плюсом к корпусу). В пространство между сеткой и корпусом вводится водород с распыленным в нем литием, которые расщепляются на ионы под действием высоковольтного поля. Электроны поглощаются положительно заряженным корпусом, ионы же устремляются к сетке и, пролетая ее, попадают внутрь полости.

6. Для поддержания постоянства состава реагирующих веществ нужно периодически вводить внутрь установки новые вещества. Эти вещества также должны быть введены в виде ионов. Для расщепления на ионы используются небольшим, но достаточным для расщепления напряжением (порядка сотен или тысяч вольт). Положительный электрод должен быть соединен с сеткой.

С количественной стороны реагирующие вещества вводятся из расчета 10–15 г лития-6 в час на 1 миллион кВт мощности. Дейтерия вводится в 50–100 раз больше (часть ядер дейтерия выбрасывается раньше, чем они успеют прореагировать).

7. Для очистки от продуктов реакции в установке предусмотрена еще одна сетка, которая находится на небольшом расстоянии от корпуса. Ядра, преодолевающие замедляющее поле, проскакивают через эту сетку и попадают в зону нулевого потенциала. Двигаясь по инерции дальше, они достигают корпуса, отдают ему свой заряд и превращаются в нейтральные атомы, которые затем удаляются вакуумными насосами. Целесообразно в трубы вакуумных насосов вводить изолированные от корпуса электроды, на которые подавать небольшое отрицательное напряжение (по отношению к корпусу). Такая система очистки хотя и связана с некоторой потерей полезной мощности, но обеспечивает лучшую очистку от продуктов реакции.

8. Максимальная мощность определяется:

а) размерами установки;

б) плотностью ядерного потока;

в) коэффициентом потерь сетки;

г) применением того или иного реагирующего вещества.

Изменение мощности может быть достигнуто изменением процентного состава реагирующих веществ. Так как такое изменение требует определенного промежутка времени, то изменение мощности не может производиться моментально, поэтому нагрузка должна быть постоянной в течение всего времени работы установки. При перегрузке

напряжение установки садится и она выходит из нормального режима работы. При недогрузке напряжение чрезмерно возрастает и возникает опасность пробоя изоляторов. Регулирование нагрузки осуществляется автоматически включением и выключением дополнительного сопротивления. Желательно, чтобы это сопротивление было также полезным (зарядка аккумуляторов, разложение воды и т.д.).

9. Защитные приспособления осуществляют включение и выключение дополнительных сопротивлений нагрузки. Сигнал для их работы — изменения напряжения установки.

10. В этой области уже велись работы советскими учеными-энергетиками. Как я могу заключить по журнальным статьям, работы успешны. Материалами работы не располагаю.

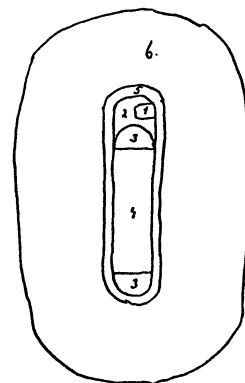
IV. Литиево-водородная бомба (конструкция)

Сущность устройства литиево-водородной бомбы уже описана в I части.

Ее конструкция довольно проста. Она состоит из детонатора (обычная атомная бомба), окруженного слоем дейтерия лития-6, т.е. соединением изотопов Li_3^6 и H_1^2 . Количество этого "взрывчатого вещества" определяется желательной силой взрыва.

Производство этой бомбы связано с значительными затратами средств (на отделение изотопов). Оба изотопа могут быть выделены из природных соединений путем длительного электролиза. (H_1^2 содержится в природном водороде 0,014 %, Li_3^6 содержится в природном литии 7,93 %).

1. Запал с часовым механизмом
2. Пороховый заряд
3. Полушария из плутония
4. Безвоздушное пространство
5. Слой лития-6
6. Дейтерид лития-6



1. Запал с часовым механизмом. 2. Пороховый заряд. 3. Полушария из плутония. 4. Безвоздушное пространство. 5. Слой лития-6. 6. Дейтерид лития-6.

Для окончательной разработки опытных установок предлагается создать научный коллектив в следующем составе: 2–3 специалиста в области ядерной и молекулярной физики; 1–2 специалиста в области электрорадиотехники; 1–2 специалиста по термодинамике; несколько инженеров-строителей (металлические и железобетонные конструкции); несколько инженеров-энергетиков (в частности, специалисты по высоковольтным линиям передач постоянного тока); прочий технический персонал.

Выделить в распоряжение коллектива:

— исследовательский институт;

— циклотрон на 1–2 MeV;

— установку для получения высоких напряжений от 100 до 500 kV;

— предприятие и оборудование для отделения изотопов Li_3^6 и H_1^2 (электролитическим путем).

Лаврентьев

Отзыв А.Д. Сахарова на работу О.А. Лаврентьева

Сов. секретно
(Особая папка)

В рассматриваемой работе намечены две идеи:

- 1) Использование ядерных реакций
 $Li^7 + H^1 \rightarrow 2He^4$ и $Li^6 + H^2 \rightarrow 2He^4$ (1)

в условиях теплового взрыва (под действием взрыва атомной бомбы) и в условиях управляемого медленного теплового горения.

2) Осуществление управляемой ядерной реакции в большом вакуумном сосуде, причем предполагается возможность отбирать энергию при помощи электростатического поля. Это же поле предназначено для того, чтобы удерживать ядра в зоне реакции.

По п.1) необходимо отметить, что реакции (1) не являются наиболее подходящими в условиях теплового взрыва, т.к. их эффективное сечение при тех температурах, которые осуществляются в условиях атомного взрыва, слишком малы.

По п.2) я считаю, что автор ставит весьма важную и не являющуюся безнадежной проблему. Речь идет о термоядерной реакции в газе высокой температуры (миллиарды градусов) и такой низкой плотности, что существующие материалы могут выдержать получающееся давление.

В такой системе газ должен поддерживаться сравнительно длительное время, не попадая на стенки. Это обстоятельство представляет наибольшие трудности для изобретательства в данном направлении. Автор предлагает отделить газ от стенки

сеткой, с помощью которой создать тормозящее поле, не дающее ядрам долетать до стенки. Предполагается, что электроны, ускоряясь в приложенном поле, уходят из сосуда, оставляя в центре сосуда одни ядра и, тем самым, объемный положительный заряд. Наиболее быстрые ядра, уходящие из сосуда во время ядерной реакции, совершают работу против поля, благодаря чему система может работать как генератор постоянного тока высокого напряжения. Высокая температура в центре сосуда поддерживается за счет энергии термоядерной реакции.

Отмечу ряд трудностей.

1) Применяемая плотность газа лимитируется возникновением объемных зарядов и электростатических сил, действующих на сетку.

2) Благодаря низкой плотности газа пробег ядер по отношению к ядерной реакции очень велик, в десятки и сотни раз превосходя размеры сосуда. Поэтому требуется очень хорошо отражающая сетка, с большими зазорами и тонкой токнесущей частью, которая должна отражать обратно в реактор почти все падающие на нее ядра. По всей вероятности это требование не может быть совмещено с требованиями прочности (механической и по отношению к электронной эмиссии).

Однако не исключены какие-либо изменения проекта, которые исправят эту трудность.

Я считаю необходимым детальное обсуждение проекта тов. Лаврентьева. Независимо от результатов обсуждения необходимо уже сейчас отметить творческую инициативу автора.

Сов. секретно
Особая папка
-85-

Отзыв о работе тов. Лаврентьева О.А.

В рассматриваемой работе намечены две идеи:

- 1) Использование ядерных реакций
 $Li^7 + H^1 \rightarrow 2He^4$ и $Li^6 + H^2 \rightarrow 2He^4$ (1)

в условиях теплового взрыва (под действием взрыва атомной бомбы) и в условиях управляемого медленного теплового горения.

2) Осуществление управляемой ядерной реакции в большом вакуумном сосуде, причем предполагается возможность отбирать энергию при помощи электростатического поля. Это же поле предназначено для того, чтобы удерживать ядра в реакторной зоне реакции.

По п.1) необходимо отметить, что реакции (1) не являются наиболее подходящими в условиях теплового взрыва, т.к. их эффективное сечение при тех температурах, которые осуществляются в условиях атомного взрыва, слишком малы.

По п.2) я считаю, что автор ставит весьма важную и не являющуюся безнадежной проблему. Речь идет о термоядерной реакции в газе высокой температуры (миллиарды градусов) и такой низкой плотности, что существующие материалы могут выдержать получающееся давление.

-2-

В такой системе газ должен поддерживаться сравнительно длительное время, не попадая на стенки. Это обстоятельство представляет наибольшие трудности для изобретательства в данном направлении. Автор предлагает отделить газ от сетки сеткой, с помощью которой создать ~~тормозящее~~ тормозящее поле, не дающее ядрам долетать до сетки. Предполагается, что электроны, ускоряясь в приложенном поле, уходят из сосуда, оставляя в центре сосуда ^{один заряд и тем самым} положительный заряд. Наиболее быстрые ядра, уходящие из сосуда во время ядерной реакции, совершают работу против поля, благодаря чему система может работать как генератор постоянного тока высокого напряжения. Высокая температура в центре сосуда поддерживается за счет энергии термоядерной реакции.

Отмечу ряд трудностей.

1) Применяемая плотность газа лимитируется возникновением объемных зарядов и электростатических сил, действующих на сетку.

2) Благодаря низкой плотности газа пробег ядер по отношению к ядерной реакции очень велик, в десятки и сотни раз превосходя размеры сосуда. Поэтому требуется очень хорошо отражающая сетка, с большими зазорами и тонкой токнесущей частью, которая должна отражать обратно в реактор почти все падающие на нее ядра. По всей вероятности это требование не может быть совмещено с требованиями прочности (механической и по отношению к электронной эмиссии). Однако не исключены какие-либо изменения проекта, которые исправят эту трудность.

Я считаю необходимым детальное обсуждение проекта тов. Лаврентьева. Независимо от результатов обсуждения необходимо уже сейчас отметить творческую инициативу автора.