

Инновационный проект «Ускоритель- электрореактивный двигатель»

Категория проекта: ядерная энергетика

- ***«Ядерные разработки будут активно применяться ... для создания двигательной установки, способной обеспечить космические полёты даже на другие планеты».***

- из послания президента РФ Д.А.Медведева Федеральному собранию 12 ноября 2009 года

Зачем нужны электрореактивные двигатели (ЭРД)

- Жидкостные двигатели – это вчерашний день.
- «Создатели зонда Dawn из лаборатории реактивной тяги НАСА выбрали плазменный двигатель, поскольку для достижения пояса астероидов ему потребуется в 10 раз меньше рабочего вещества, чем двигателю на химическом топливе. Традиционный ракетный двигатель позволил бы зонду Dawn достичь либо Весты, либо Цереры, но не обеих». Другие примеры, ставшие возможным только благодаря использованию ЭРД: зонд НАСА Deep Space к комете, японский Hayabusa к астероиду, европейский аппарат SMART-1 к Луне.
- «В обычных ракетах на химическом топливе скорость истечения продуктов сгорания невелика (3-4 км/с). Уже одно это обстоятельство ставит под сомнение возможность их применения для дальних полётов». (<http://physics03.narod.ru/Interes/Doclad/plazma3.htm>)
- -- Карел, на моем корабле жидкостные ракетные двигатели. Ты ведь знаешь, что это такое?
- -- Дрянь, -- безжалостно сказал счетчик.
- (С.Лукияненко, «Звёзды – холодные игрушки»)

Преимущества и недостатки ЭРД по сравнению с ЖРД

- «Сегодня самые передовые плазменные двигатели способны обеспечить DV до 100 км/с. Этого вполне достаточно для совершения полётов к внешним планетам за разумное время. Один из самых впечатляющих проектов в области исследования дальнего космоса предусматривает доставку на Землю образцов грунта с Титана – самого крупного спутника Сатурна, имеющего, по предположениям учёных, атмосферу, очень похожую на ту, которая окутывала Землю миллиарды лет назад. Образец с поверхности Титана предоставит учёным редкую возможность поиска признаков химических предшественников жизни. Ракетные двигатели на химическом топливе делают такую экспедицию неосуществимой. Использование гравитационных рогаток увеличило бы время полёта более чем на 3 года. А зонд с плазменным двигателем сможет совершить такое путешествие значительно быстрее».
- (журнал «В мире науки», №5 за 2009 год,
- <http://physics03.narod.ru/Interes/Doclad/plazma3.htm>)
- Комментарий: а у нас у Роскосмоса предел амбиций – это грунт с Фобоса, да и тот никак довести не могут, постоянно откладывают сроки запуска: то 2005, до 2009, до 2011, далее везде.

Параметры электрореактивных двигателей

Тип двигателя (столбцы)/параметр (строки)	Наилучший из упоминавшихся вариантов	Электротермический		Электромагнитный	Avco (CUSA)		Marquardt	Примечание
		min	max		Вариант 1	Вариант 2		
Мощность/тяга	1 кВт/Н	100 кВт/Н	10 кВт/Н	100 кВт/Н	15 кВт/Н	150 кВт/Н	≈ 5 кВт/Н	
Тяга/площадь сопла	100 кН/м ²			1 кН/м ²	9000 кН/м ²	900 кН/м ²	нет данных	
Какая должна быть мощность в случае стандартного проекта: a=10g, m=10 тонн, F=1000 кН	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁸	1,5·10 ⁷	1,5·10 ⁸	5·10 ⁶	кВт
	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹¹	1,5·10 ¹⁰	1,5·10 ¹¹	5·10 ⁹	Вт
	1	100	10	100	15	150	5	ГВт (доля от мощности промышленного ядерного реактора)
Затраты ядерного материала за 1 сек (из расчёта 10 ⁻³ мс ²)	0,01 мг/сек	1 мг/сек	0,1 мг/сек	1 мг/сек	0,15 мг/сек	1,5 мг/сек	0,05 мг/сек	
Затраты ядерного материала на полёт к Луне с постоянным ускорением/замедлением	0,7 г	70 г	7 г	70 г	≈ 10 г	≈ 100 г	≈ 1 г	1) при a=1g и при a=10g результат получается одинаковый 2) туда и обратно – в 2 раза больше
Затраты ядерного материала при полёте на характерное расстояние Солнечной системы (1 млрд км) при a=10g	1,5 г	150 г	15 г	150 г	20 г	200 г	2 г	туда и обратно – в 2 раза больше
То же при a=1g	5 г	500 г	50 г	500 г	60 г	600 г	6 г	
Площадь сопла	a=10g	10 м ²		1000 м ²	0,1 м ²	1 м ²	Нет данных	
	a=1g	1 м ²		100 м ²	0,01 м ²	0,1 м ²		
Соответствующий диаметр	a=10g	≈ 4 м		≈ 40 м	≈ 40 см	1,3 м		
	a=1g	1,3 м		13 м	13 см	≈ 40 см		

Вывод: необходимы ядерные источники

Какой именно ядерный источник энергии нужен?

- Для классических материалов ядерной энергетики и атомного оружия – урана и плутония – критическая масса исчисляется килограммами, а соответствующая энергия – мегатоннами в тротиловом эквиваленте. Не меньше. Это удобно, когда нужно создать устрашающую супербомбу типа «кузькина мать» или построить мощную экономически эффективную электростанцию. Но вот для создания тактического ядерного оружия или транспортной установки на ядерной энергии уран и плутоний будут слишком громоздкими и избыточными. Поставить ядерный реактор на подлодку ещё можно, а вот на самолёт, локомотив и тем более на автомобиль – уже проблематично. Никому не нужен автомобиль или даже самолёт или поезд, у которого будет мощность двигателя величиной с крупную электростанцию. А меньше нельзя по фундаментальным причинам.
- Чем тяжелее элемент – тем меньше его критическая масса. У элемента калифорний, искусственно полученного в реакторах, критическая масса составляет уже несколько граммов. В фантастических произведениях описываются «калифорниевые пули», каждая из которых производит разрушительный эффект как у хорошей авиабомбы. Один боец с винтовкой с калифорниевыми пулями сможет остановить и обратить в бегство целую армию! Но на практике эта идея утопична. И даже не только потому, что каждая такая пуля будет стоить миллионы долларов (в конце концов, цена – это вопрос развития технологии, а для защиты Родины и миллионов не жалко). А в первую очередь потому, что каждую такую пулю пришлось бы хранить в свинцовом сейфе. И как только вы достанете пулю, чтобы зарядить ствол – как мгновенно получите смертельную дозу облучения.
- А вот у сверхтяжёлых элементов (того же 298-го изотопа 114-го элемента) критическая масса будет составлять миллиграммы, а соответствующая энергия – килограммы тротилового эквивалента.

В чём проблема с синтезом сверхтяжёлых элементов?

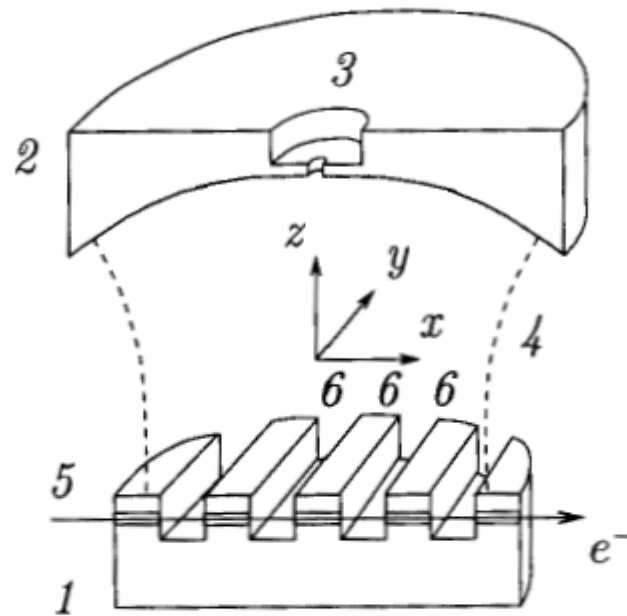
- 1) их получают в виде единичных атомов. Надо – в весовых количествах. Но не хватает интенсивности потока ускорителей
- 2) с помощью применяемых ныне атомных реакций можно получить лишь лёгкие изотопы 114-го элемента. С атомной массой не больше 289. А нужно 298. Девяти нейтронов не хватает.
- Вариант решения проблемы - реакция U+U (то есть бомбардировать урановую мишень разогнанными ионами урана). Проблема – не хватает мощности ускорителей.

- Задачи: 1) создание ускорителя с более высокой интенсивностью потока и мощностью ускоряемых частиц с целью синтеза сверхтяжёлых элементов
- 2) использование энергии сверхтяжёлых элементов для создания электрореактивного двигателя с наибольшей силой тяги

Содержание инновационного предложения – объединить ускоритель и двигатель в одном устройстве.

Вариант такого устройства разрабатывался автором в ходе дипломной работы в МГУ (1998-2000 гг)

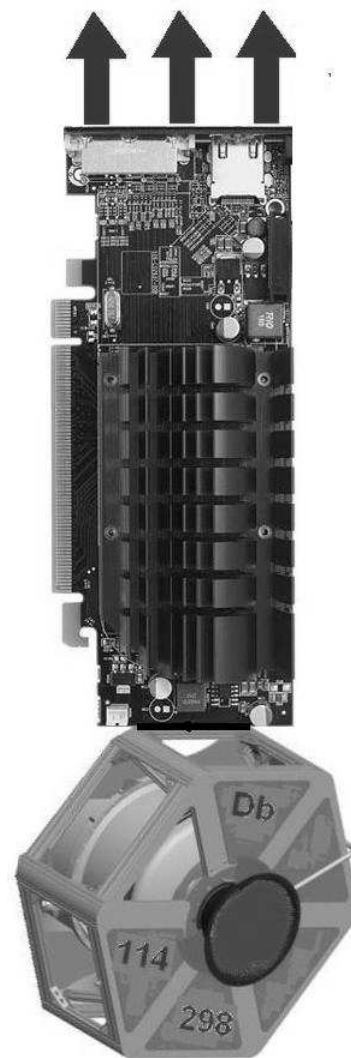
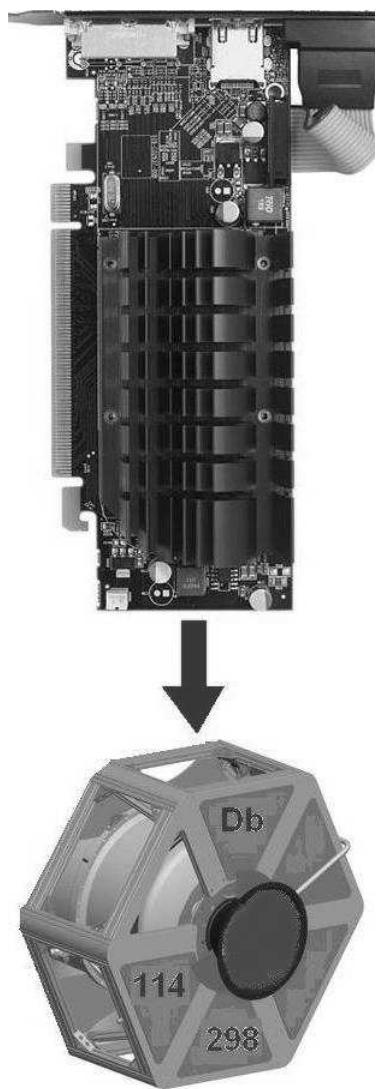
Смысл устройства



Открытый резонатор для группировки и ускорения заряженных частиц.

Резонатор состоит из плоского 1 и сферического 2 зеркал. На верхнем зеркале присутствует отверстие связи 3, через которое в объеме резонатора возбуждается параксиальная стоячая волна, ограниченная каустической поверхностью 4. Поток заряженных частиц 5 попадает в последовательность диафрагм 6, разделённых зазорами с полем. Высота диафрагм равна половине длины волны, в диафрагмах выполнены отверстия для пропускания потока частиц. Толщины диафрагм и их месторасположение оптимизируются в ходе численного эксперимента.

Устройство может работать в прямом направлении как ускоритель, в обратном направлении как двигатель



Необходимое финансирование - 100 млн руб:

- Оплата – занято 10 чел, срок работы – 1 год, оплата – 50 тыс. руб. в месяц, итого 6 млн руб, фонд оплаты труда (с учётом удержания 13% налога) – 7 млн руб
- Сборка окончательного образца – 2 млн у.е. (называемые суммы стоимости ускорителя – в интервале от 2,7 до 5 млн у.е., за счёт более эффективных технологий предполагается удешевление конструкции). Исходя из курса 40 руб за евро – 80 млн. руб
- Модельные работы – 13 млн руб