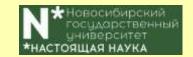


Измерение характеристик ионно-плазменного двигателя с азимутальным дрейфом электронов



Самойлова Алёна Витальевна, 10 класс Специализированный Учебно-Научный Центр Новосибирского Государственного Университета (Физико-Математическая Школа имени Лаврентьева)

О содержании нашего проекта:

Что известно о данной теме?

- Введение в проблему.
- Физические основы работы Движка.
- Конструкция Движка «Малыш ФМШ».
- Описание работы Движка. Как это работает?
- Методика измерений характеристик.
- Представление результатов измерений.
- Выводы
- Благодарности
- Список литературы

АННОТАЦИЯ

Предлагается провести измерения характеристик аналога ионно-плазменного двигателя «Малыш — ФМШ» типа СПД с азимутальным дрейфом электронов: 1 - вольамперные зависимости от расхода газа (Аргон) и 2 — тяги ионного потока с использованием весовых измерений В этом случае возможны неизвестные особенности, связанные с зарядкой поверхности. Предлагается сделать и применить фокусирующую систему анода. Внешний диаметр плазменного тора - примерно 30 мм.











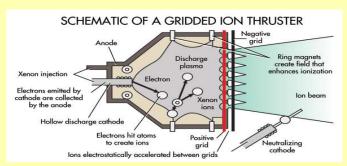


Алёна Самойлова. Измерение тяги ионно-плазменного двигателя с азимутальным дрейфом электронов. СУНЦ НГУ



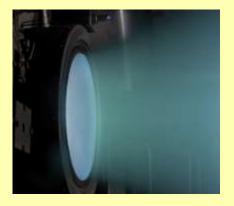
ЧТО ИЗВЕСТНО О ДАННОЙ ТЕМЕ? ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

- □ Наиболее известные движки: сеточные движки и движок типа СПД
- □ На этом слайде приводим схему и характеристики сеточного движка

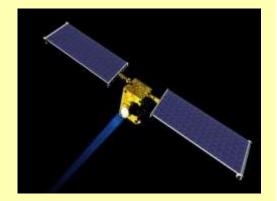


Двигатель 48000 часов, или 5,5 лет, в вакуумной камере в Исследовательском центре Гленна, США. Потребление 1918 фунтов НАСА (NEXT), рис.№1 и №2. Работа в течение ксенона. Тяга NEXT 236 мН, Для спутника в 1000-кг дополнительная скорость каждый день= 20,4 м/с.

Рис.№1. Двигатель HACA - NEXT



Сеточный двигатель в работе



Спутник с работающим движком. Картинка



Характеристики сеточного двигателя



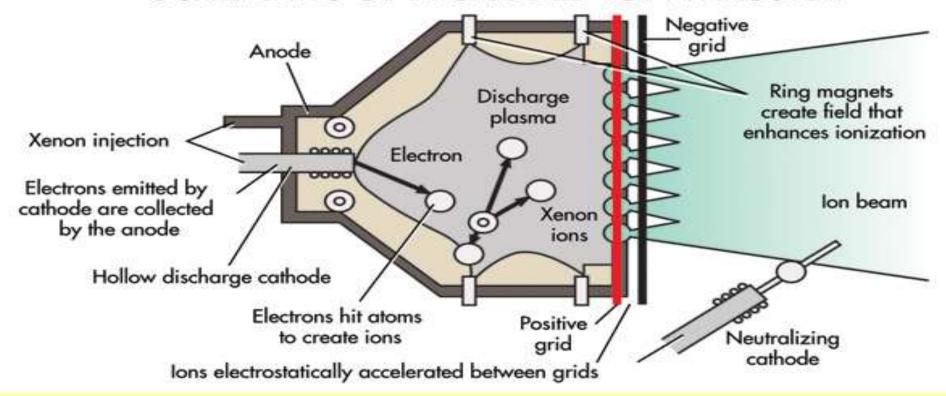


Алёна Самойлова. Измерение тяги ионно-плазменного двигателя с азимутальным дрейфом электронов. СУНЦ НГУ



Строение сеточного движка

SCHEMATIC OF A GRIDDED ION THRUSTER









ЧТО ИЗВЕСТНО О ДАННОЙ ТЕМЕ? ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

- Наиболее известные движки: сеточные движки и типа СПД
- На этом слайде приводим фото СПД движка



- 1. Кто занимается? Где? Близкие результаты.
- 2. Кто занимается теоретическими вопросами?
- 3. Измерение ВАХ вольтамперных характеристик
- 1. В России- Факел, Центр Келдыша, МАИ, МВТУ и др.,
- В США NASA, университеты. например: MIT Европейское космическое Агенство, Университеты Европы.
- 2. МАИ (Ким В.). NASA. Многие космические фирмы и университеты.
- 3. Самые важные характеристики. Смотри следующий слайд.

К Рис. 1. В 2017 году NASA была опубликована информация о том, что их ионный двигатель X3 поставил новый рекорд тяги (5.4 Ньютона). По расчётам такой двигатель способен доставить космический аппарат до Марса приблизительно за две недели при условии старта в момент когда расстояние между Марсом и Землёй становится наименьшим (56 млн км).



Рис.1. Маршевый ионный двигатель X3-NASA с анодным слоем



Двигатель типа СПД на испытательном стенде. Электронный компенсатор ионов находится в центре.







ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ

1. Актуальность проекта

Характеристики космического двигателя — основное, важное его свойство, которое зависит от цели и задач. Главное для Движка — его тяга. С развитием мини-спутников (cubesate) эта характеристика приобретает большое значение, так как в малом объёме необходимо создать систему с оптимальным конструктивом и энергетикой. Электро-физические параметры тоже важны. Они тесно связаны с тягой. Поэтому научиться методике их измерения — интересная, увлекательная и полезная задача.

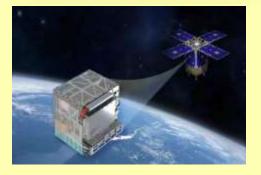
2. Что известно?

Известны различные способы измерения тяги: тензодатчики, пьезокристаллические элементы, электромеханические весы и др.

Проблемы существуют.... У нас есть предложение.

- **3.** Идея. Наша идея состоит в том, чтобы научиться измерять тягу новыми способами: основываясь на взаимодействии ионного потока с пластиной, а так же измеряя силу давления на весы. Это прямые измерения. В этом и заключается новизна проекта.
- **4. Перспектива.** Надеюсь, что предложенный мной проект является реальным и я строю планы по его реализации в нашей лаборатории.
- **6. Выводы.** В результате работы над проектом я получаю новые знания о перспективной области, связанной с космической тематикой. Убедилась в том, что направление проекта актуально, и имеет практическое значение. Уверена, что понимание физических процессов поможет мне при решении различных задач в будущем.











ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ДВИЖКА

Примерная схема СПД движка «Малыш 1, ФМШ-НГУ». Он состоит из ионизатора - плазменного канала (2), из которого вылетает плазменный поток (1) ионизированных атомов (i), например, ксенона или других газов; магнитопровода (6) -катода, анода (12), трубки, через которую подается газ в анод; компенсатора (13) ионного пучка.

Магнитное поле создаётся электрическими катушками (46) или постоянными магнитами. (Схема взята из Интернета). На рис.2. — схема нашего движка без фокусировки и на рис.3. — схема с фокусировкой на аноде, выталкивающим ионы из плазменного канала.

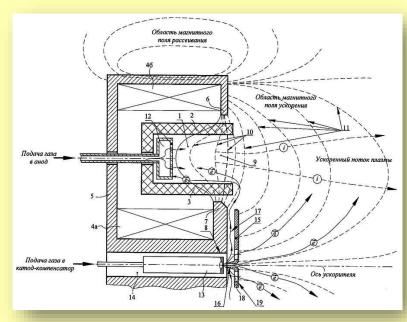


Рис.1. Схема Двигателя типа СПД

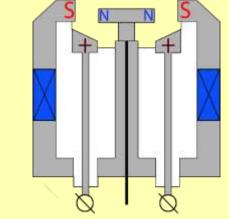
поток плазмы

магнитопровод
(магнитомагкий материал)

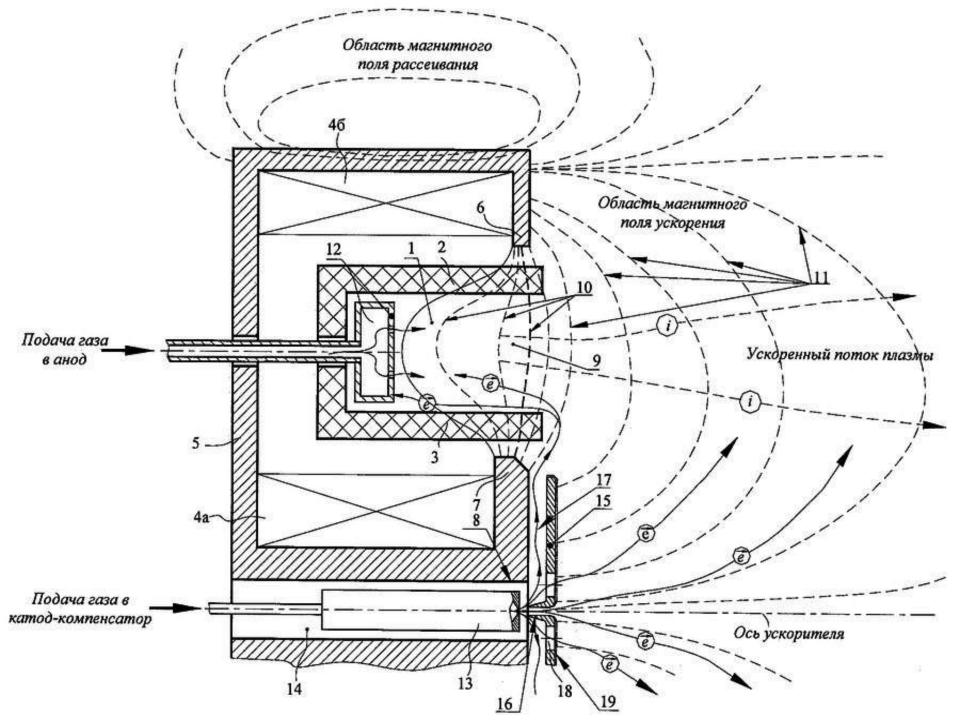
изолятор
магнит

Рис. 2. Схема Движка «Малыш-1, ФМШ-НГУ». Тип СПД

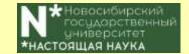
Рис.3. Схема Движка «Малыш-2, ФМШ-НГУ». Тип СПД. С фокусировкой на аноде.











ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ДВИЖКА. КАК ЭТО РАБОТАЕТ?

В этом устройстве электрические и магнитные поля устанавливаются перпендикулярно камере. Электричество посылается через эти поля, электроны начинают крутиться по спирали. Когда газ проникает в устройство, разогнанные полями электроны выбивают электроны из атомов в газе, создавая плазму, состоящую из свободных электронов и ионов Электроны образуются в следствие ионизации космическим излучением и/или от источника электронов: из компенсатора ионов. В результате, образующиеся ионы разгоняются электрическим полем и выбрасываются в пространство из двигателя. Эти ионы создают тягу. Оба эти процесса: ионизации и ускорения ионов происходят поэтапно, в одном и том же пространстве в двигателе. Электроны, из катодной трубки - компенсатора, выбрасываются из двигателя под небольшим углом к соплу и потоку ионов (его видно на рис. №2). Это делается, вопервых, для того, чтобы корпус корабля оставался нейтрально заряженным, а во-вторых, чтобы вновь образованные ионы, не притягивались обратно к кораблю. Здесь происходит компенсация заряда ионного пучка.

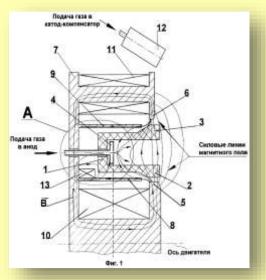


Рис №3. Схема движка

Радиус Лармора:
$$r = \frac{m oldsymbol{v}}{|e| oldsymbol{B}}$$









НАШЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ. СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ИОННОГО ПОТОКА ДВИГАТЕЛЯ

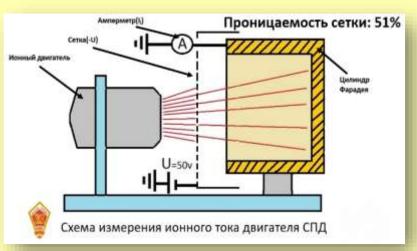
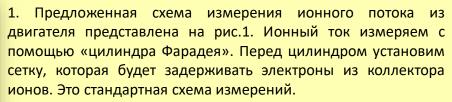


Рис.1. Схема измерения ионного потока



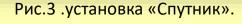
Рис.2. Система измерений. Слева видно установленный мини-двигатель в держатель. Справа - цилиндр Фарадея.



Для определения полного тока мы используем сетку с прозрачностью 51%.

2. Собранная система представлена на рис.2. Справа видно аналог мини-двигателя на постоянных магнитах. Слева — медный «цилиндр Фарадея» - коллектор ионного тока из движка. Система измерений с движком, или рабочий участок, будет помещён в установку «Спутник» в лаборатории физического факультета НГУ, рис.3.











измерения тяги ионно-плазменного двигателя.

Идея. Предлагаем измерить тягу весовым способом. Методика: струю плазменного потока направляем на электронные весы. Весы предварительно разобрали: электронику вынесли за пределы вакуумной установки. Платформу с устройством, с датчиком, разместили под двигателем, рис.1. Вверху, в держателе – движок, а внизу платформа с датчиком измерения. Он измеряет давление струи движка на платформу.

Перед измерением проверяем работу весов: метрология. Вакуумную камеру откачиваем и проверяем работоспособность весов: нули на месте? Правильно ли работает электроника? Криптона у нас нет. Будем работать на аргоне и других газах. Пробный запуск сделали на аргоне. Работает!

В настоящее время мы готовимся к измерениям. Дело это не простое: нужно получить точные данные. Надеемся это сделать позже. Возможно, получится. Результаты сообщим.



Рис. 4. Система измерений в установке «Спутник» лаборатории ФФ НГУ



Рис.3. Движок установлен.



Рис.1. Система измерения.



Рис.2. Движок в работе







измерения ионного потока движка.

Известно, что были проведены исследования... Самые предварительные измерения ионного тока, рис.1, были проведены учениками СУНЦ в рамках другого проекта. Полученные данные являются для нас ориентиром. В данном проекте будет усовершенствована система измерений с целью уменьшения погрешностей, повышения надёжности данных и расширен диапазон расхода аргона. Кроме того, мы проведём измерения используя другие газы. Например, спирт с аргоном или вода с аргоном.

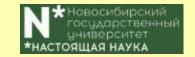


Рис.1. Самые предварительные измерения ионного тока из движка.





Алёна Самойлова. Измерение тяги ионно-плазменного двигателя с азимутальным дрейфом электронов. СУНЦ НГУ



выводы

- 1. Решена проблема измерения тяги. Предложена методика весовых измерений.
- 2. Рассмотрены физические основы работы Движка с анодным слоем.
- 3. Представлена конструкция Движка «Малыш 1- ФМШ НГУ».
- 4. Описана методика измерений характеристик и измерения тяги.
- 5. Понятны дальнейшие планы.



- 1. Научному руководителю, Золкину Александру Степановичу, за новые удивительные знания в перспективной области физики.
- 2. Специализированному Учебно-Научному Центру НГУ за организацию продвинутого спецкурса «Физические основы космических двигателей».
- 3. Физическому Факультету за возможность заниматься в замечательной лаборатории главного корпуса НГУ.
- 4. Российскому Движению Школьников за организацию перспективного проекта «Открытый космос».
- 5. Ученикам ФМШ, которые взяли на себя труд послушать и оценить проект.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ К МОЕМУ ПРОЕКТУ!







