



СТУДЕНЧЕСКАЯ
Научно-исследовательская работа

Девиз:
«Решатели»

Название:
Проблемы катода Плазменного Ионного Двигателя

2015

Содержани

е:

- 1) Введение.
- 2) Характеристики двигателя.
- 3) Рассмотрение проблемы: «отравление катода на воздухе».
- 4) Рассмотрение проблемы: «Термических расширений».
- 5) Решения проблемы отравления.
- 6) Решение проблемы термического расширения нагревателя.
- 7) Заключение.
- 8) Список использованной литературы.



Введение:

Рассмотрим несколько проблем связанные с Катодом ГРК и катодом-нейтрализатором:

- распыление диафрагмы эмиттера или самого эмиттера, вызванное бомбардировкой ионами из ГРК (для катода ГРК) или пучковой плазмы (для нейтрализатора). Необходимо отметить, что основную защитную функцию в данном случае исполняет поджигной электрод, который в первую очередь подвергается распылению. Результаты ресурсных испытаний показывают, что даже с полностью распыленной торцевой частью поджигного электрода катоды сохраняли работоспособность.

-отравление эмиттера, вызванное химическим взаимодействием примесей, содержащихся в подаваемом в катод газе, с веществом, снижающим работу выхода.

-Отравление катода при хранении на воздухе, вызвано использованием деталей из активного материала.



А так же в данной работе были рассматриваются изменение коэффициента эмиссии катода, которые возникают не только из-за проблем отравления, но и связанные с нагревателем . При рассмотрении проблемы нагревателя, были проведены исследования на базе экспериментов и расчетов, исходя из которых была выявлена проблема, касающаяся не только отравления , но и конструкционных особенностей нагревателя. Исследования выявили проблему связанную с термическими расширениями и изменением геометрических параметров нагревной спирали, в данной работе мы рассматриваем эти проблемы, пути их решения основываясь на исследовании результатов экспериментов и расчетах.

В работе приводятся конструкционное решение по решению данной проблемы.



Характеристики двигателя:



Характеристики двигателя:

Мощность, кВт

.....4,87

Тяга, мН

.....109

Удельный импульс, м/с

.....70000

КПД

.....0,78

Расход ксенона, мг/с

.....1,55

Газовая эффективность

.....0,88

Пот-л эмиссионного электрода,

В...4500

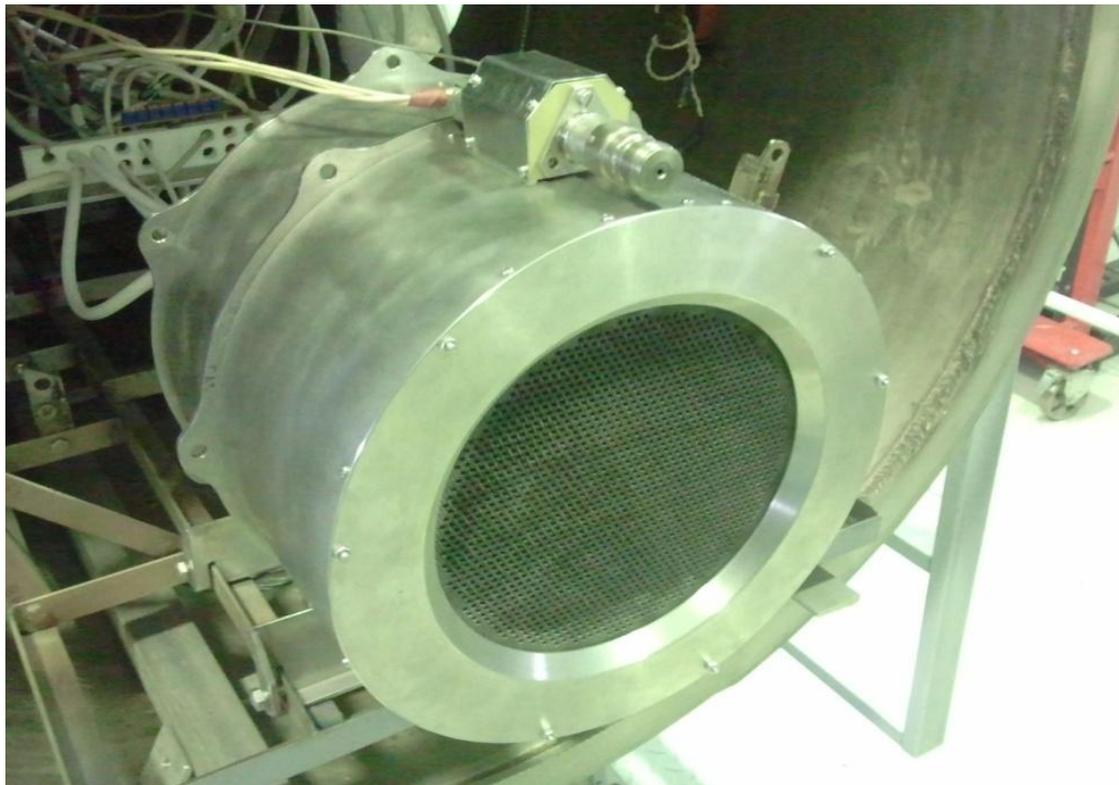
Ток пучка, А

.....1,0

Ресурс, ч.



ПВД с графитовой плоской ИОС. Основная проблема этой ИОС, это «волоски», волокна углерода которые остаются в отверстиях после обработки.





ПВД с выпуклой титановой ИОС.
Производство таких ИОС хорошо отработано и не
представляет ни каких трудностей в их производстве.





Рассмотрение проблемы: «отравление катода на воздухе»

Исследование воздействия окружающей среды на
Вольфрам-бариевые катоды на основании теоретической
оценки:

Проблема деградации Вольфрам-бариевых катодов связана с проникновением во внутреннюю полость катода химически активных веществ, например, кислорода воздуха. Что вызывает необходимость оценки степени деградации после того, как они подверглись тем или иным воздействиям. Теоретические методы оценки степени деградации вольфрам-бариевых эмиттеров направлены в большей степени на исследование явлений уноса бария из эмиттера в результате его испарения, ионной бомбардировки, взаимодействие бария с атмосферой. Эти исследования посвящены, как правило, отравлению катодов в процессе функционирования, а не в процессе климатического воздействия. Поэтому для оценки степени отравления катода после климатического воздействия обычно опираются на экспериментальные данные.



Принято считать, что деградация катодов, содержащих Вольфрам-бариевые эмиттеры, заключается в поверхностных изменениях эмиттера. Нахождение эмиттера при нормальных климатических условиях (т.е. на открытом воздухе) приводит к химическим реакциям на поверхности эмиттера с участием O_2 , CO_2 , H^+ , OH^- и др. компонентов, находящихся в воздухе. Оценки показывают, что если эмиттер хранится при нормальных климатических условиях, то количество кислорода, содержащегося во внутреннем объеме эмиттера, будет достаточно для того, что бы образовать поверхностные слои, химический состав которых будет заметно отличаться от исходного химического состава эмиттера. При работе катода имеет место так же эффект рециклинга, при котором отравляющие вещества, находящиеся на поверхности эмиттера могут неоднократно удаляться с этой поверхности и вновь возвращаются на него до образования стойких химических соединений, шлакующих эмиттер.



Все это приводит к его устойчивой деградации. Из этого следует, что процесс отравления является сложным, не поддающимся с легкостью теоретическому моделированию.

Теоретически, для того, чтобы качественно оценить характер деградации катода в результате различного рода воздействий, можно воспользоваться результатами работ по анализу состояния эмиттера в результате ресурсных испытаний.

Не исключается влияние соединений, содержащих атомы водорода ($\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$), которые могут участвовать в промежуточных химических реакциях, происходящих на поверхности эмиттера или образовывать соединения. Такие соединения могут не только затруднять стартовый поджиг катода, но и ухудшать рабочие характеристики катода.



Следует рассматривать три основных типа или следствия отравления катода:

- 1) Отравление, приводящее к невозможности обеспечить поджиг разряда катода в соответствии с номинальной процедурой его запуска,
- 2) Частичное отравление эмиттера, приводящая к повышению падения напряжения на катоде, к некоторому перегреву катоду при номинальном токе разряда и тп,
- 3) «Скрытое» отравление эмиттера, которое может сказаться только при длительной работе катода, т.е. сказаться на сокращении ресурса работы катода.

Наиболее опасное негативное климатическое воздействие будет происходить при повышении температуры эмиттера и нахождении его на открытом воздухе, при повышении относительной влажности при высаживании на поверхности эмиттера конденсата воды из воздуха в жидкой фазе, при длительном нахождении катода в отравляющей среде.



Оценка степени отравления Волфрам-бариевых катодов проводится после выполнения следующих мероприятий:

- 1) Проведение климатических испытаний катода
- 2) Выдержка катода перед испытаниями на функционирование в условиях глубокого вакуума $P \sim 0.01\text{Па}$ (имитация нахождения двигателя в космическом пространстве),
- 3) Проведение автономных огневых испытаний катода (имитация его работы при запуске двигателя на борту КА),
- 4) Сравнение характеристик, полученных при автономных и огневых испытаниях до и после проведение климатических испытаний.

Такой подход позволяет сравнительно быстро и без значительных затрат дать оценку степени деградации конкретного катода после конкретного воздействия.



Рассмотрение проблемы: «Термических расширений»

Исследования нагревателя катода ПИДа на термические расширения показало, что расширения керамики под воздействием нагрева влекут за собой необратимые изменения в геометрии нагревной спирали. При этом термическое расширение стакана, в котором находится керамика, также влияют на геометрию спирали не лучшим образом. Изменение геометрии керамики и концов заделки (в основном удлинение по оси эмиттера) приводят к необратимым потерям геометрии нагревной спирали, её «выходу» из направляющих каналов керамики, перерасширению (в некоторых местах выходу за пределы направляющей керамики и критическому приближению к стенкам стакана), сжатию (в некоторых местах витки спирали теряют в диаметре до $1/4$ исходного диаметра, что может привести к соприкосновению витков и дополнительной потере).



Все факторы изменения геометрии влекут за собой увеличение сопротивления спирали, неравномерный нагрев эмиттера и неконтролируемое изменение эмиссии, а следовательно и тяги.

Данная проблема была выявлена учеными, при проведении стендовых испытаний предшествующих двигателей. Было экспериментально получено, что потери витков спирали достигают 1,25 витка, а скачки сопротивления до 0,04..0,045 Ом, при заданном диапазоне $0,5 \pm 0,03$ Ом. Скачки превышают допусковые не на много, но это сильно сказывается на коэффициенте эмиссии, а следовательно на тяге. Учеными была поставлена задача – разработать конструкцию нагревателя, которая обеспечивала бы меньшие скачки.



Были проведены расчеты, которые показывали, что суммарное расширение керамики (по оси эмиттера) может достигать 0,72мм, расширение стакана и концов заделки спирали 0,76мм (также по оси эмиттера), при этом продольное расширение спирали не превышает 0,37мм. Моделирование данных расчетов показывает, что, в итоге, «теряются» до 0,75 витка спирали, что и приводит к вышеописанным проблемам. Данные расчеты не совпадали с экспериментальными данными и потребовалось разработать новую конструкцию.

В этой работе мы приведем один из предложенных конструктивных вариантов решения проблемы.



Решения проблемы отравления:

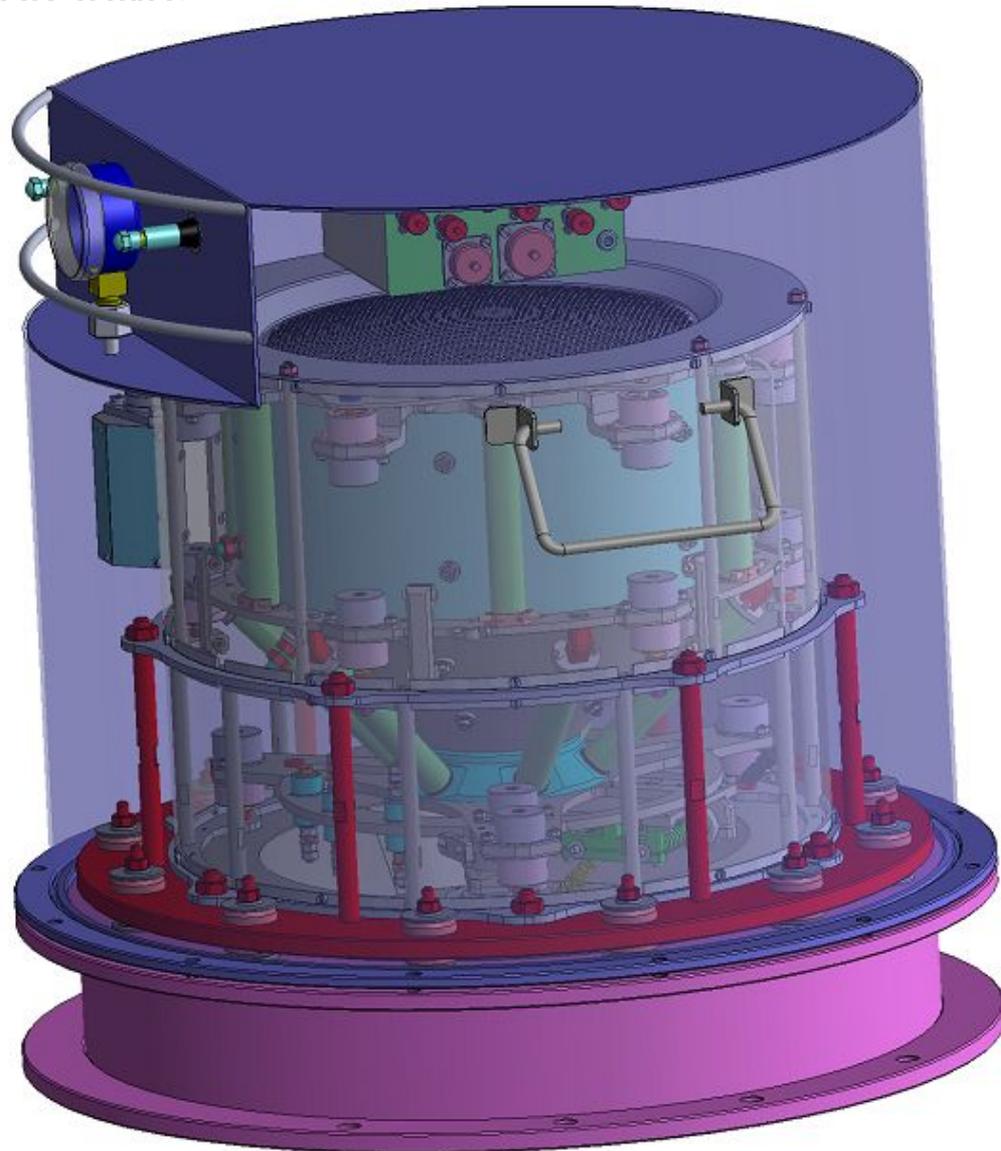
Были предложены следующие варианты:

- 1) Каждый раз после испытаний разбирать двигатель и убирать катоды в специальные емкости.
- 2) Рассматривалась система съема ИОС и закрытие катода ГРК специальной крышкой.
- 3) Разработать емкость, в которую двигатель помещался бы полностью, также эту же емкость можно было использовать в качестве межцеховой тары, для транспортировки двигателя и для наземных виброиспытаний.

Был выбран 3 вариант, как самый перспективный и способный решать несколько задач.

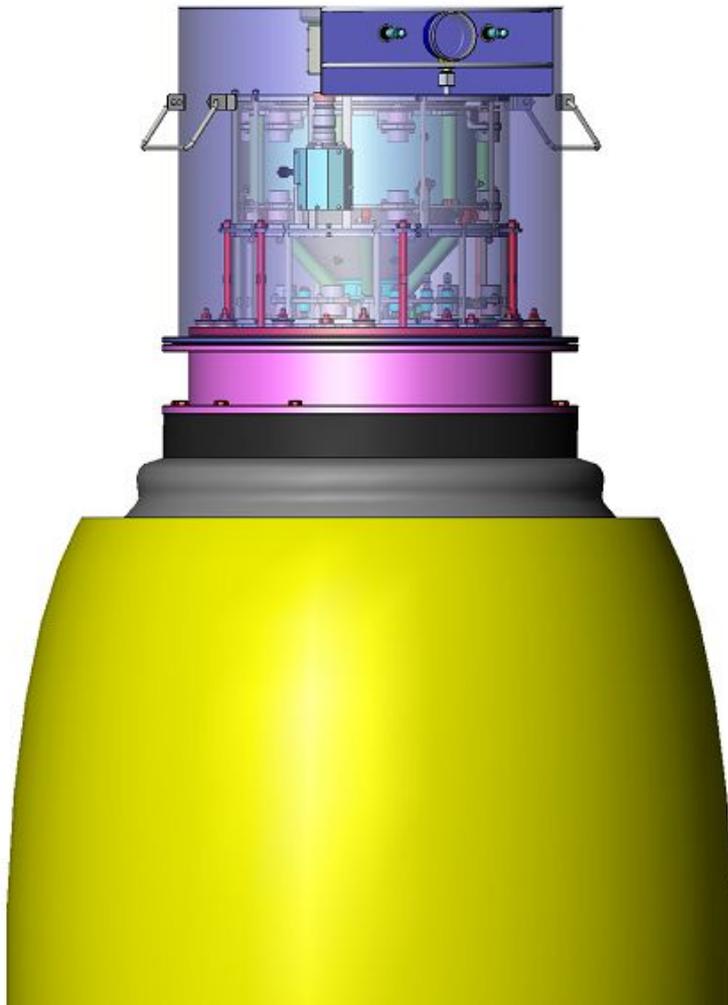


Воплощение решения в программе 3-х мерного моделирования.





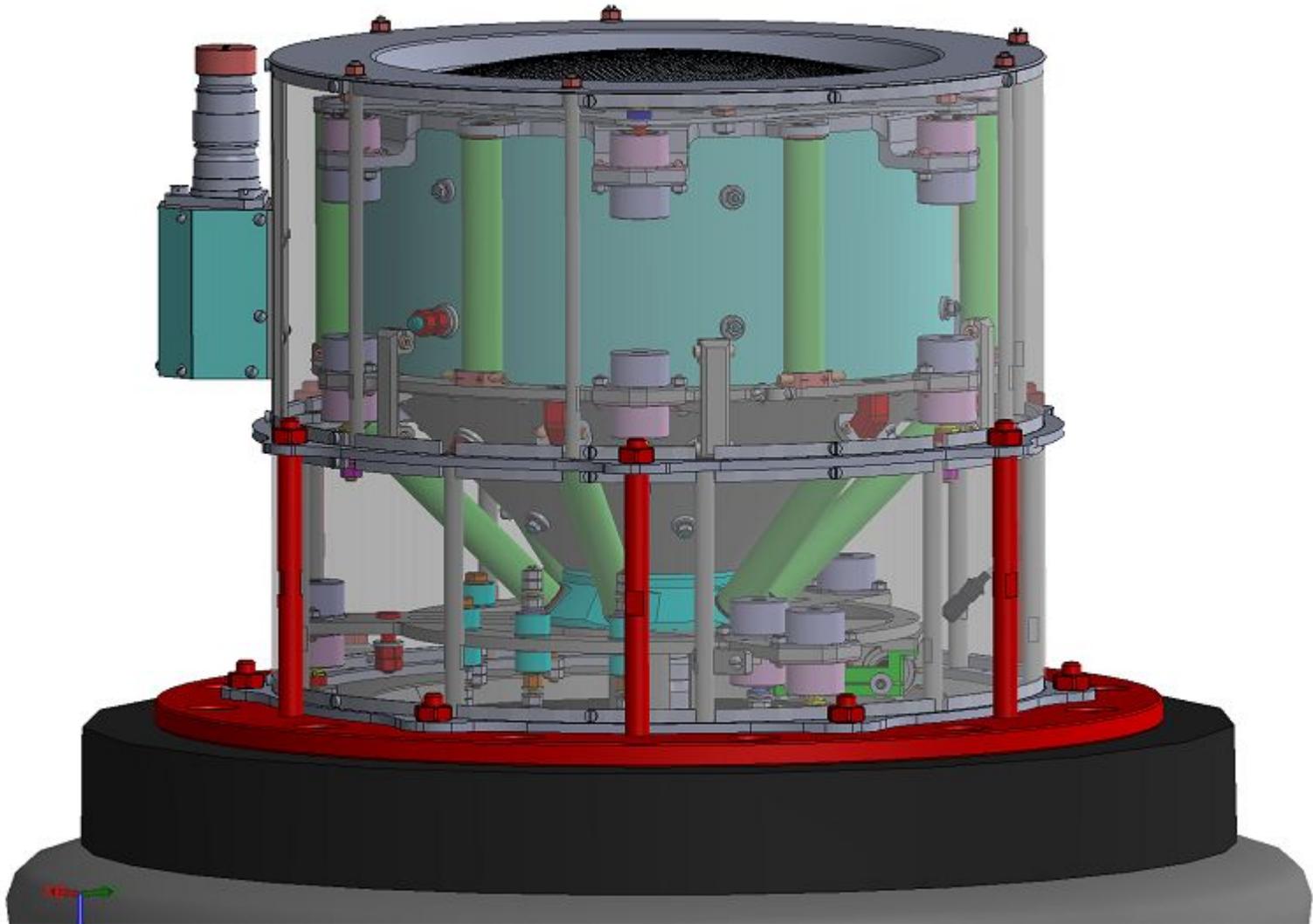
Тара вместе с двигателем должна будет пройти испытания на вибростенде. (Вибростенд изображен схематически)



Проводиться будут транспортные виброиспытания, после которых двигатель должен остаться невредим и не должна нарушиться герметичность тары.

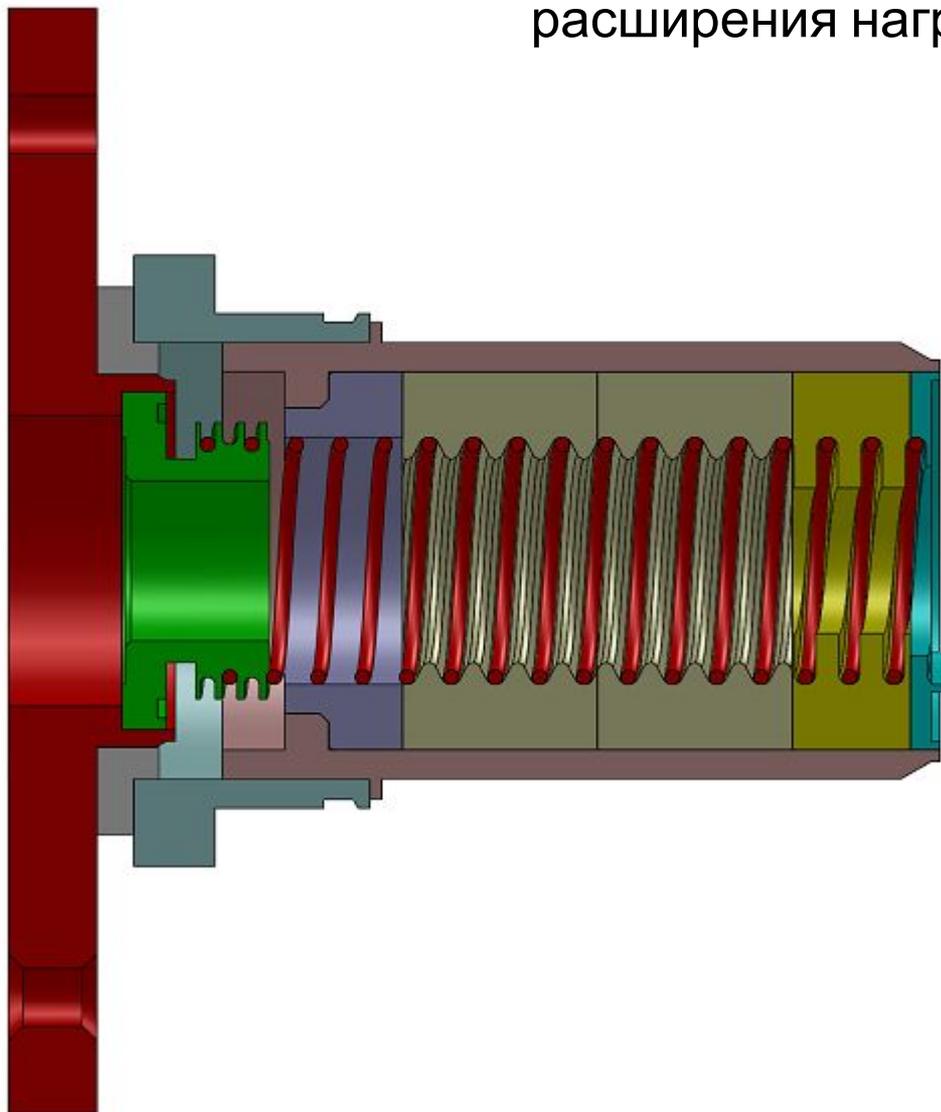


Испытания двигателя без тары на
вибростенде:





Решение проблемы термического расширения нагревателя:



На данном рисунке представлена разработанная конструкция нового нагревателя. Основные изменения связаны с местами заделки и подведения напряжения. Расчеты показывают что данная конструкция позволит уменьшить деформации спирали нагревателя, т.к. в конструкции наложены ограничения на радиальные расширения, что уменьшает скачки сопротивления.



Заключени

е:

В данной работе рассмотрены проблемы ПИД'а (Плазменного Ионного Двигателя) связанные с отравлением эмиттера и нагревателем катода.

Проведен теоретический анализ проблем, основываясь на предыдущих исследованиях.

Рассмотрены способы решения этих проблем. Из предложенных решений были выбраны наиболее оптимальные и удовлетворяющие поставленным задачам, решения которых воплощены в программах 3-х мерного моделирования, с перспективой на дальнейшее создание опытной модели для испытаний, с возможностью внедрения в основную конструкцию.



Список использованной литературы:

- 1) Гуров А.Ф., Севрук Д.Д., Сурнов Д.Н. Конструкция и проектирование двигательных установок. М. Машиностроение. 1980.
- 2) Зинчук А.А., Елизаров Л.И., Латышев Л.А. Энергофизические установки М.: МАИ. 2000 г.
- 3) Гаврюшин В.М., Григорьян В.Г., Латышев Л.А. Применение электростатических ускорителей в народном хозяйстве, МАИ, 1989.