САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Институт ракетно-космической техники
Межвузовская кафедра космических исследований

Выпускная квалификационная работа на тему:

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В ТЕРМОВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ

Обучающаяся группы 1415-240301D: Доружинский Дмитрий Владимирович
Руководитель: доцент, к.т.н. Ивлиев Александр Владимирович

Самара 2020

Предмет исследования – электротермическая двигательная установка.

Объект исследования - исследовательский стенд для экспериментальной отработки двигательной установки наноспутника типа CubeSat.

Цель - разработать стенд для измерения тяги двигательной установки наноспутника в условиях вакуума.

Задачи:

1. Сделать обзор методов измерения тяги двигательных установок;
2. Изучить работу термовакуумной камеры и ознакомиться с принципом работы двигательной установки;
3. Разработать и изготовить несущую конструкцию для двигательной установки;
4. Разработать и изготовить стенд для измерения тяги двигательной установки в условиях вакуума;
5. Провести апробацию стенда для опытного образца ДУ;

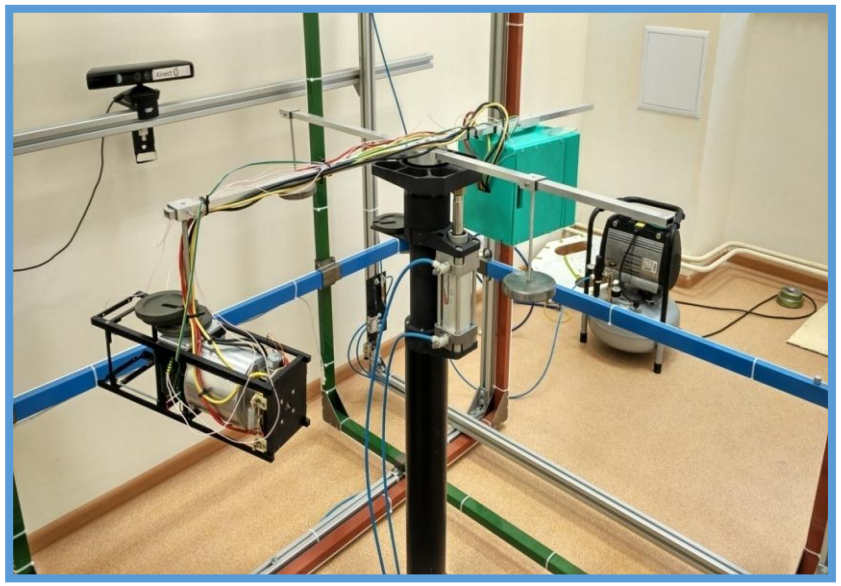


Рис. 1 Общий вид опытного блока маневрирования НС, установленного на пневматическом подвесе для измерения тяги

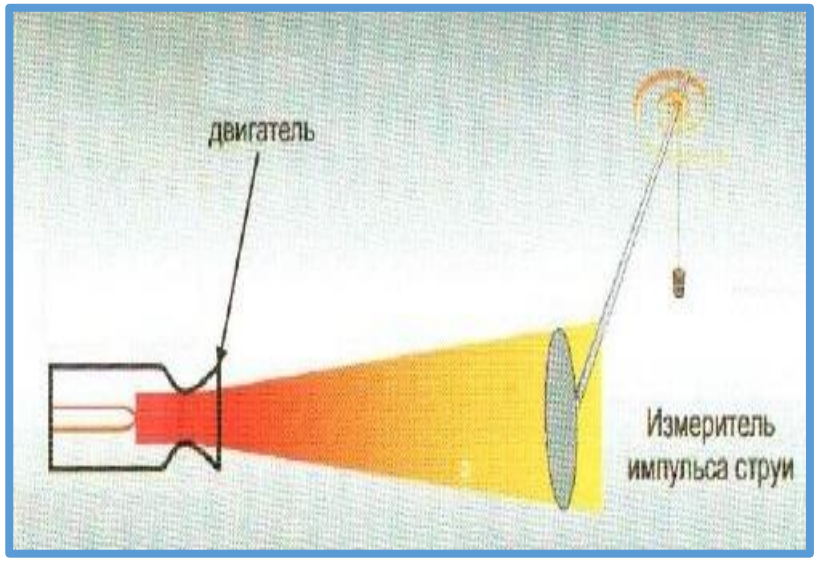


Рис. 2 Измерение импульса реактивной струи двигателя

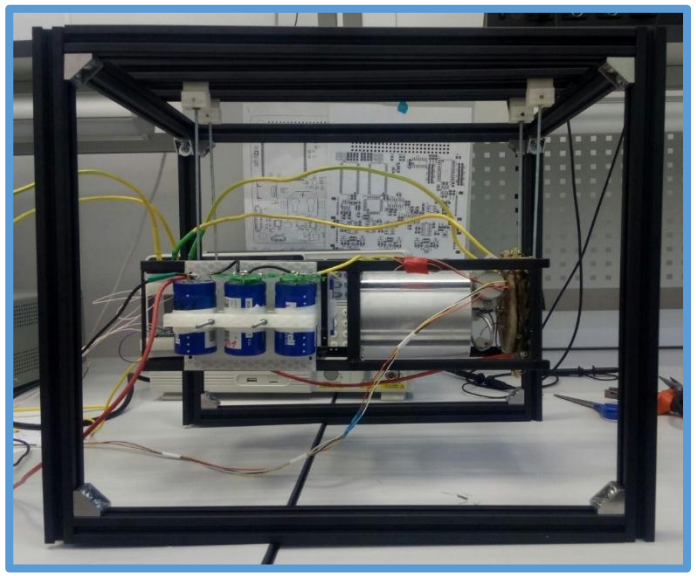


Рис. 3 Платформа подвешенная на гибких металлических полосках

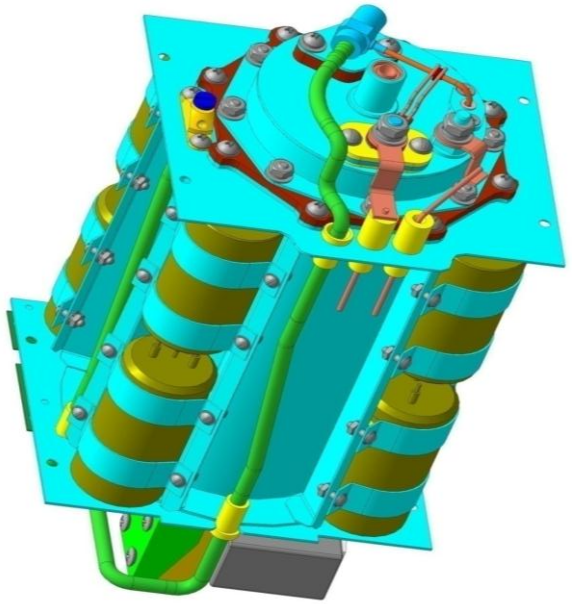


Рис. 4 3D модель ДУ

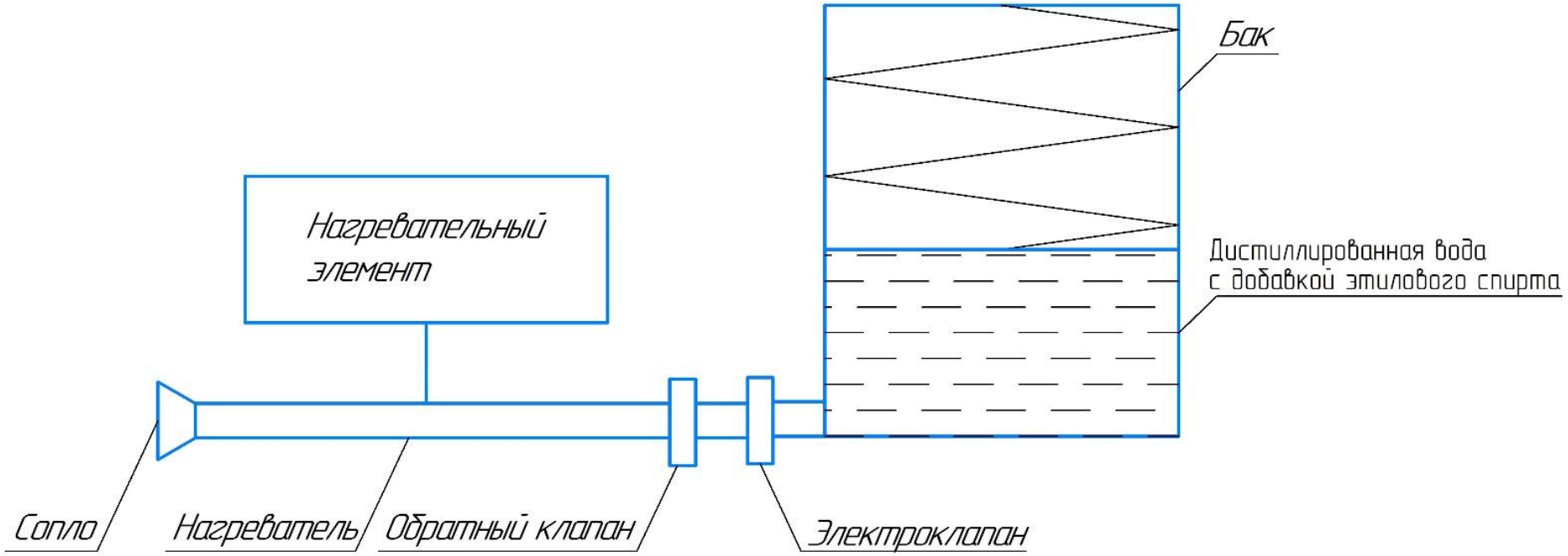


Рис. 5 Общая схема работы ЭТДУ

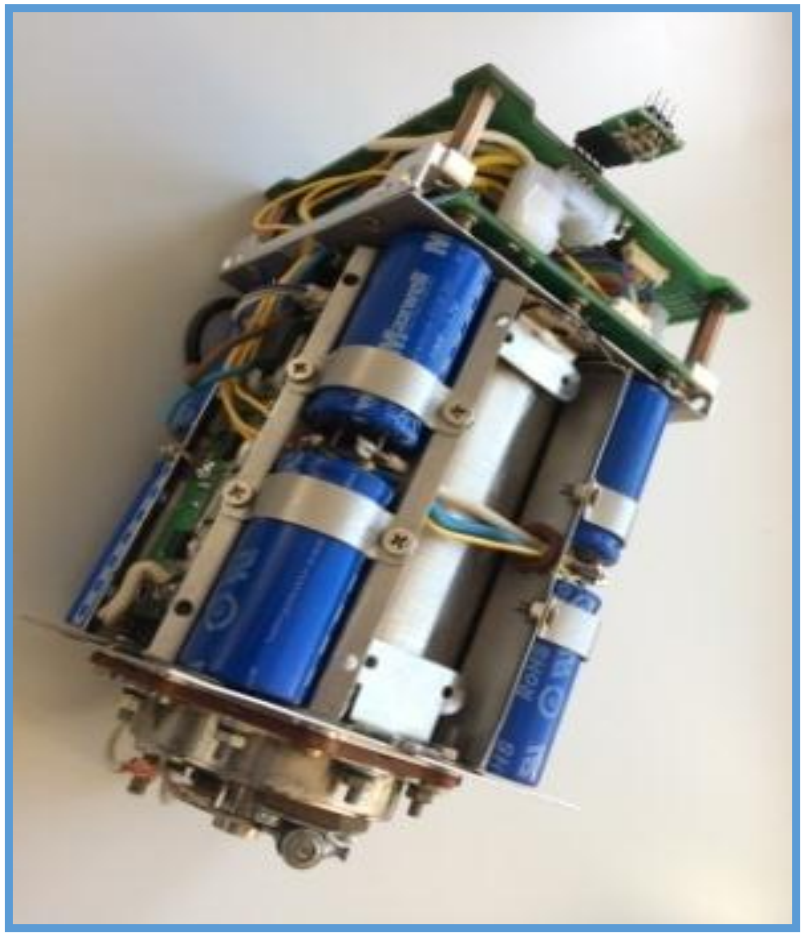
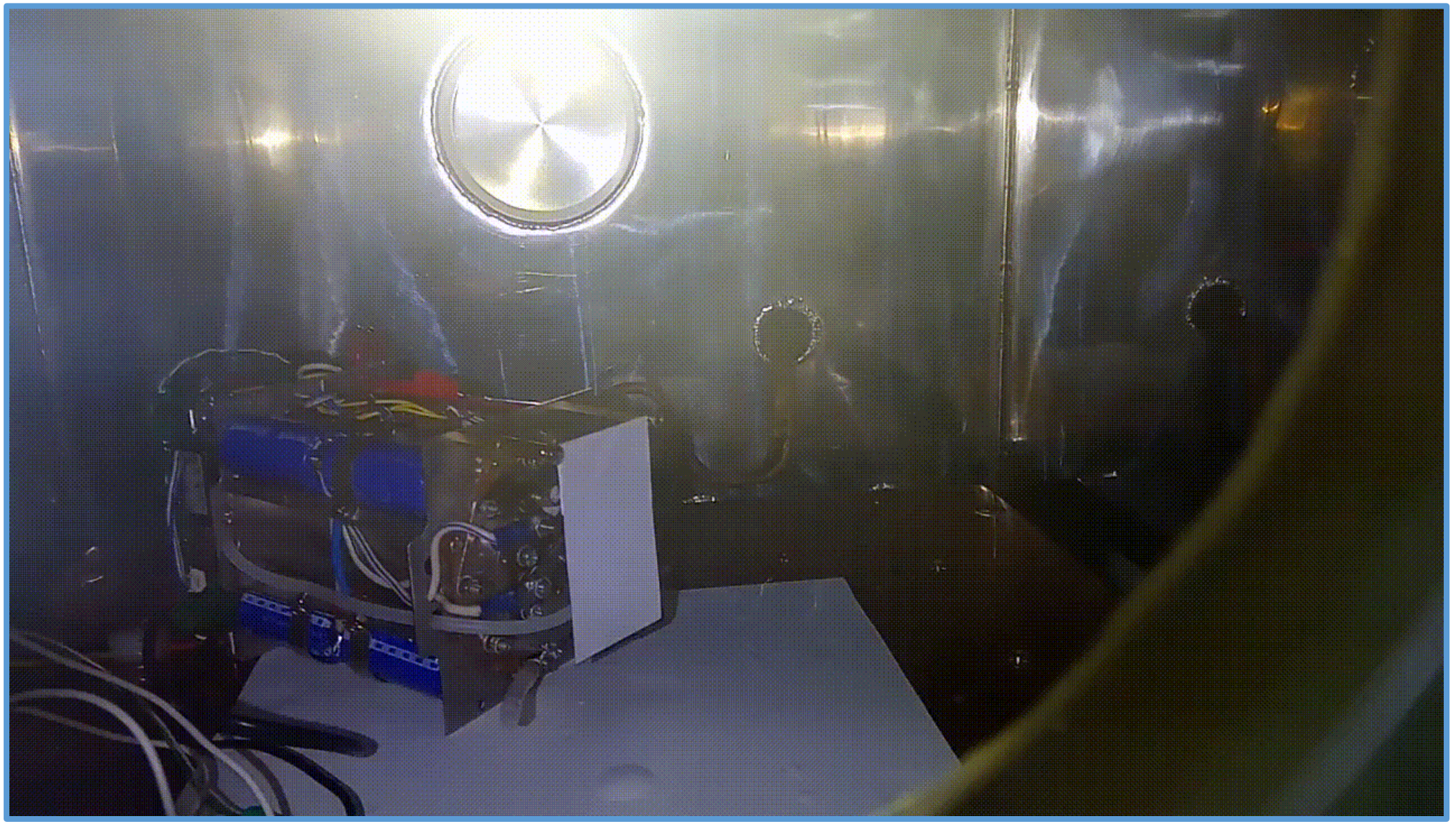


Рис. 6- Двигательная установка

Параметры ДУ	Значения
Занимаемый размер	1.5 U
Масса рабочего тела	160 г
Кол-во выдаваемых импульсов	400
Изменение характеристической скорости за 1 импульс коррекции	0,1 м/с
Расход РТ на 1 импульс	0,4 г
Достигаема характеристическая скорость	40 м/с
Скорость истечения	1500 м/с

Испытание ДУ



Перечень компонентов стенда:

- (ТВК) термовакуумная камера;
- (ИП) источник питания;
- (ДУ) двигательная установка;
- (ПК) персональный компьютер для обработки измерений;
- тензодатчик для измерения тяги;
- блок обработки сигнала тензодатчика;
- несущая конструкция для ДУ.

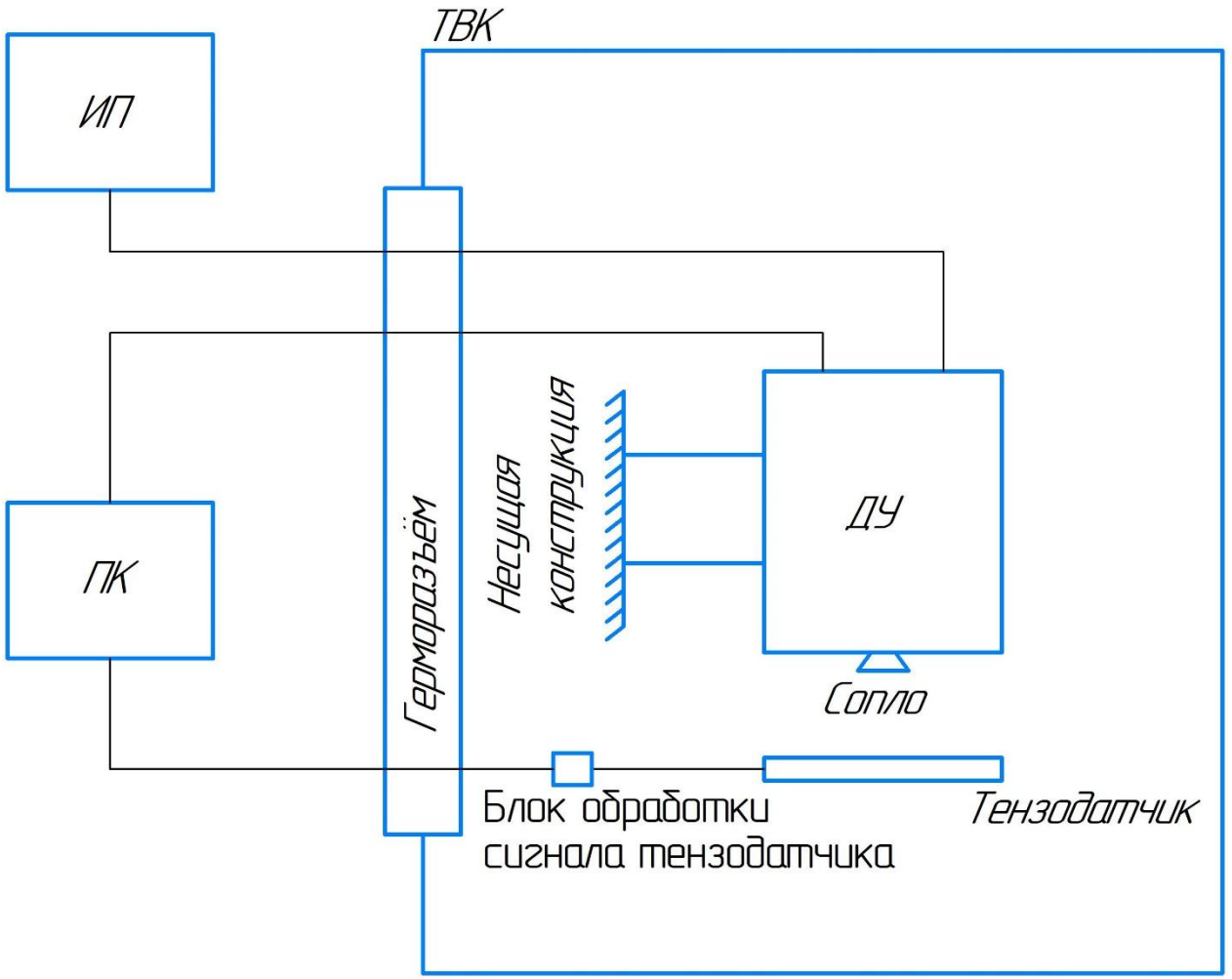


Рис. 7 Общая схема исследовательского стенда для определения тяги ДУ

Рис. 8 Панель управления ТВК

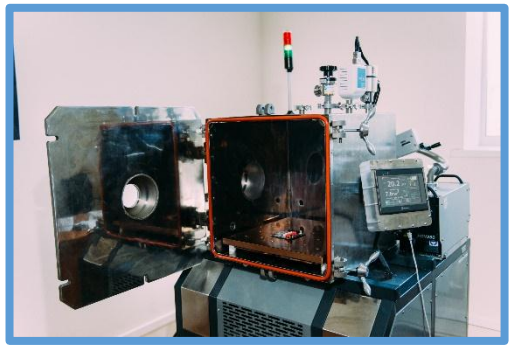


Рис. 9 ТВК УП-125ТХД

НАИМЕНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ
Объем рабочей камеры, л	125
Диапазон регулирования температуры термоплиты, °С	-70…200
Точность поддержания температуры, ˚С	±0,5
Минимальное остаточное давление, мм. рт. ст.	$1x10^{-6}$
Интерфейс	Ethernet, USB
Габаритные размеры ШхДхВ, мм	810×1100×1360
Электропитание	380 В, 50Гц
Максимальная потребляемая мощность, кВт	5
Масса, не более кг	450

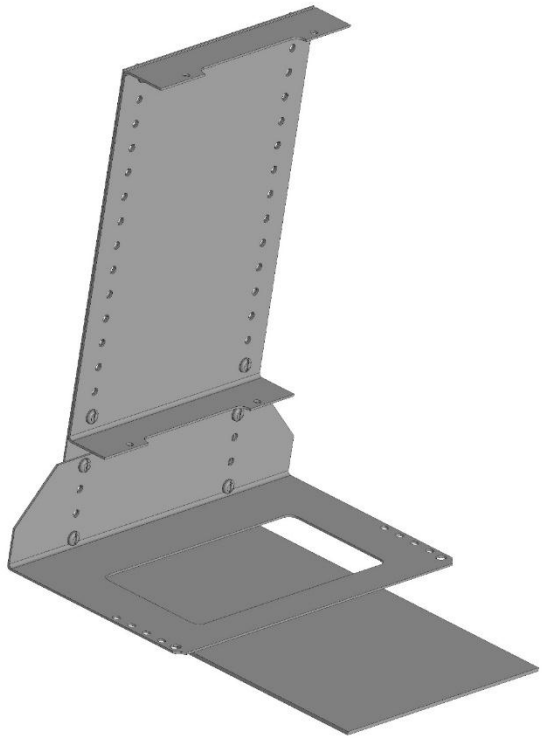


Рис. 10 3D модель несущей конструкции для испытания ДУ

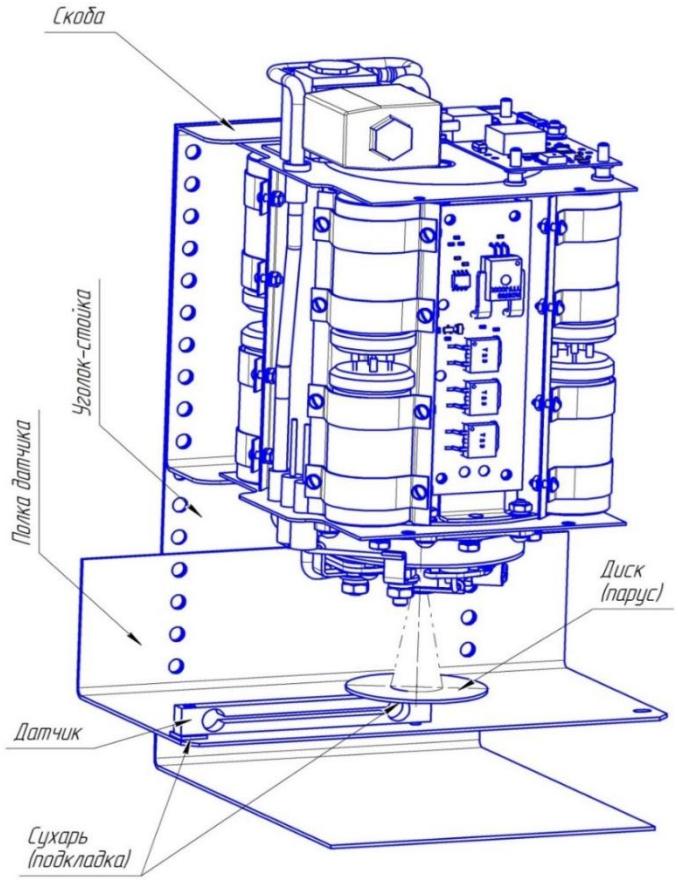


Рис. 11 Схема закрепления ДУ на несущей конструкции

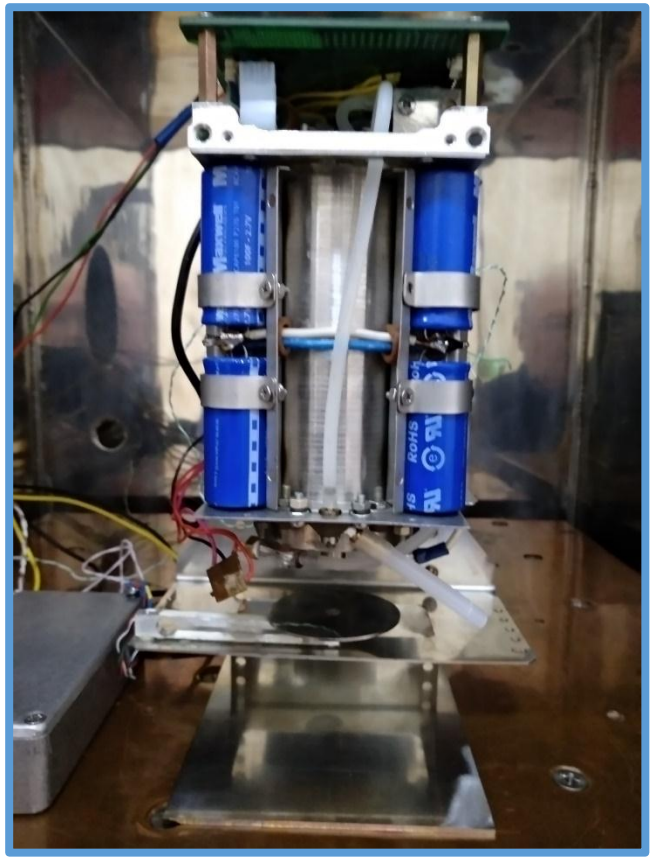


Рис. 12 Закрепленная ДУ на несущей конструкции

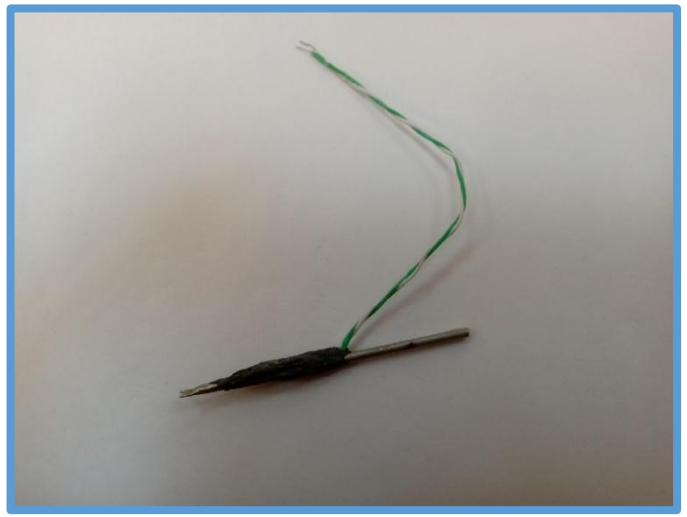


Рис. 13 Изолированная термопара

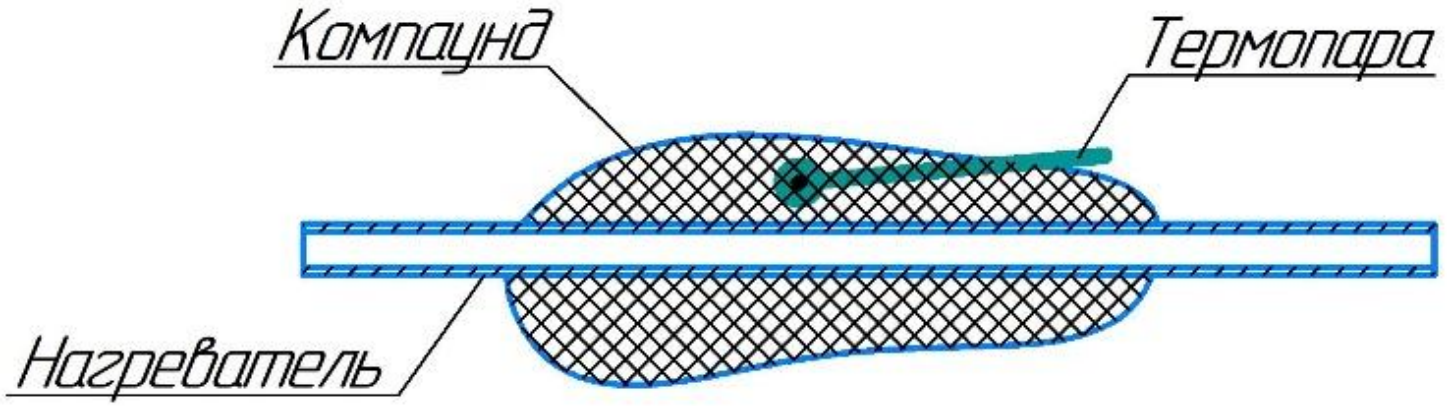


Рис. 14 Разрез нагревателя в месте крепления изолированной термопары

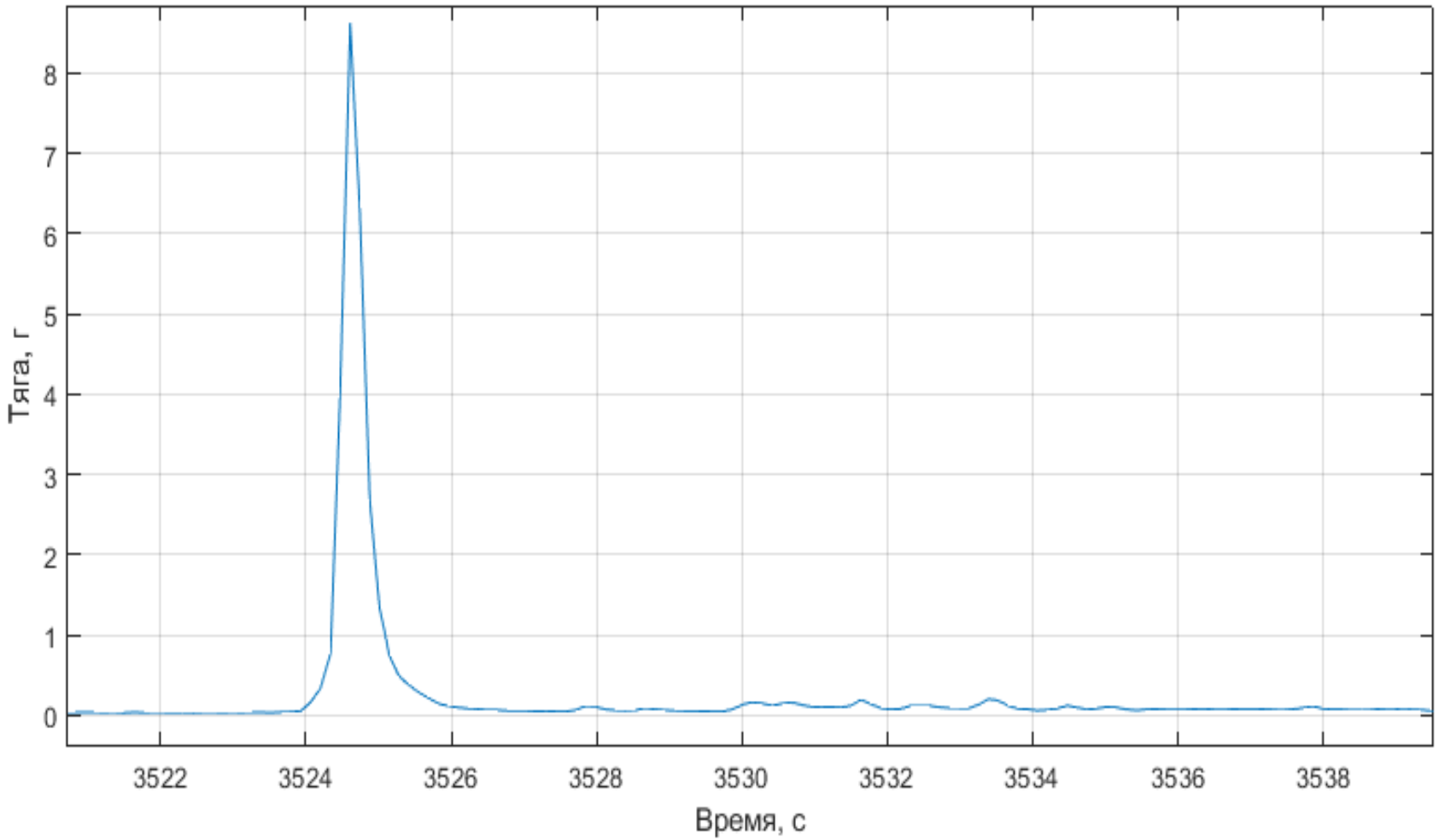


Рис. 15 Результат измерения тензодатчика

Заключение

По итогу выполнения работы были решены следующие задачи:

1. Сделан обзор методов измерения тяги двигательных установок и выбран метод измерения импульса реактивной струи двигателя;
2. Изучен принцип работы электротермической двигательной установки и термовакуумной камеры;
3. Предложен состав экспериментального стенда ;
4. Спроектирована и изготовлена несущая конструкция крепления двигательной установки;
5. Выбран датчик для измерения импульса тяги электротермической двигательной установки;
6. Предложен способ контроля теплового состояния нагревателя
7. Собран стенд для измерения тяги электротермической двигательной установки;
8. Проведена апробация стенда на примере опытного образца ДУ
9. Впервые на кафедре проведено измерение тяги двигательной установки в вакууме.
10. Проработано применение стенда для измерения тяги двигательной установки в вакууме для проведения лабораторных занятий по дисциплине “Технология испытания наноспутников и их систем”.

САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ