



Bauman Moscow State  
Technical University

# Электронагревный двигатель для микро и наноспутников

Павлов А.М.  
студент каф. СМ-1

15 октября 2014  
г. Москва

# Содержание

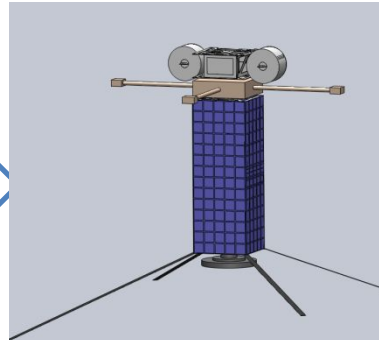
---

- Начало и предпосылки разработки
- Принцип работы и конструктивно-компоновочная схема
- Основные характеристики и результаты расчетов
- Экспериментальная отработка
- Текущие работы и перспективы

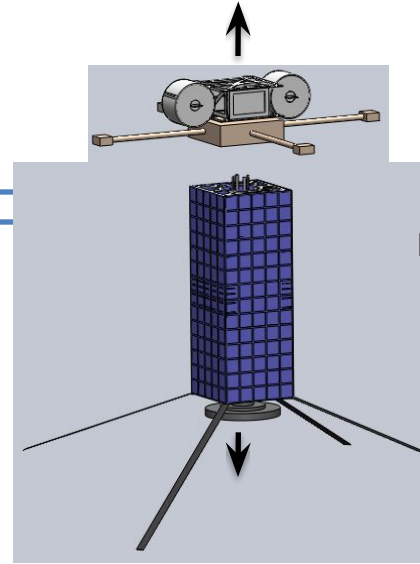
# Проект «Парус - МГТУ»



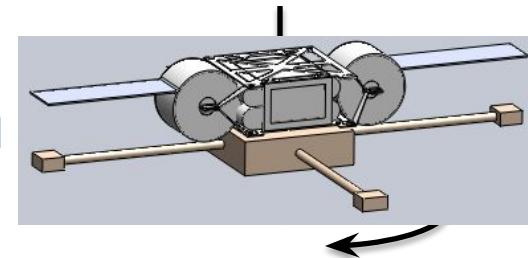
Доставка КА на МКС



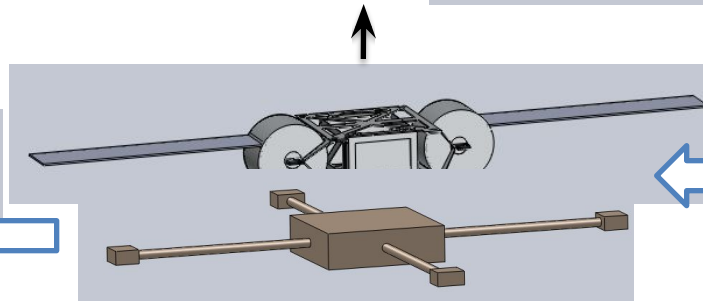
Проверка систем КА  
Подготовка к проведению  
эксперимента



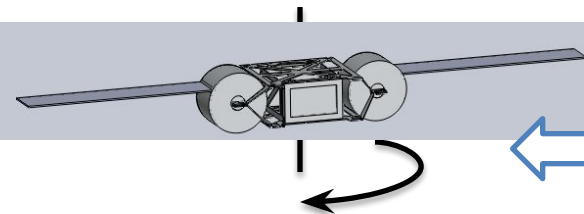
Разделение базового  
КА и КА с солнечным  
парусом с системой  
развёртывания



Развёртывание  
солнечного паруса



Разделение КА с солнечным  
парусом и системы его  
развёртывания



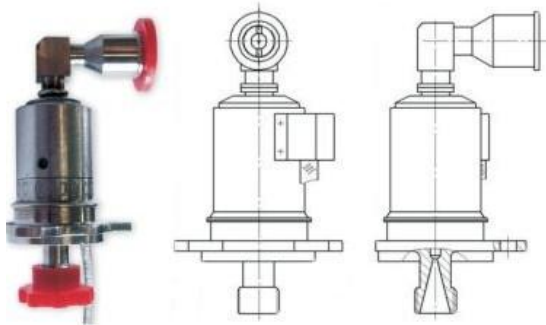
Полёт КА  
с солнечным  
парусом



# Выбор типа ДУ

- Удовлетворение требованиям безопасности МКС
- Тяга, обеспечивающая подъем орбиты сверхмалого аппарата
- Высокая технологичность
- Достаточная эффективность
- Низкая стоимость разработки и изготовления

Газоструйный двигатель  
НИИМАШ



Рабочее тело: азот/гелий  
Тяга: ок. 0.8 Н  
Удельный импульс:  
- азот 716 м/с  
- гелий 1657 м/с  
Масса двигателя: 0,066 кг  
Масса шар-баллона: ок. 15 кг

ДУ для наноспутников ISIS



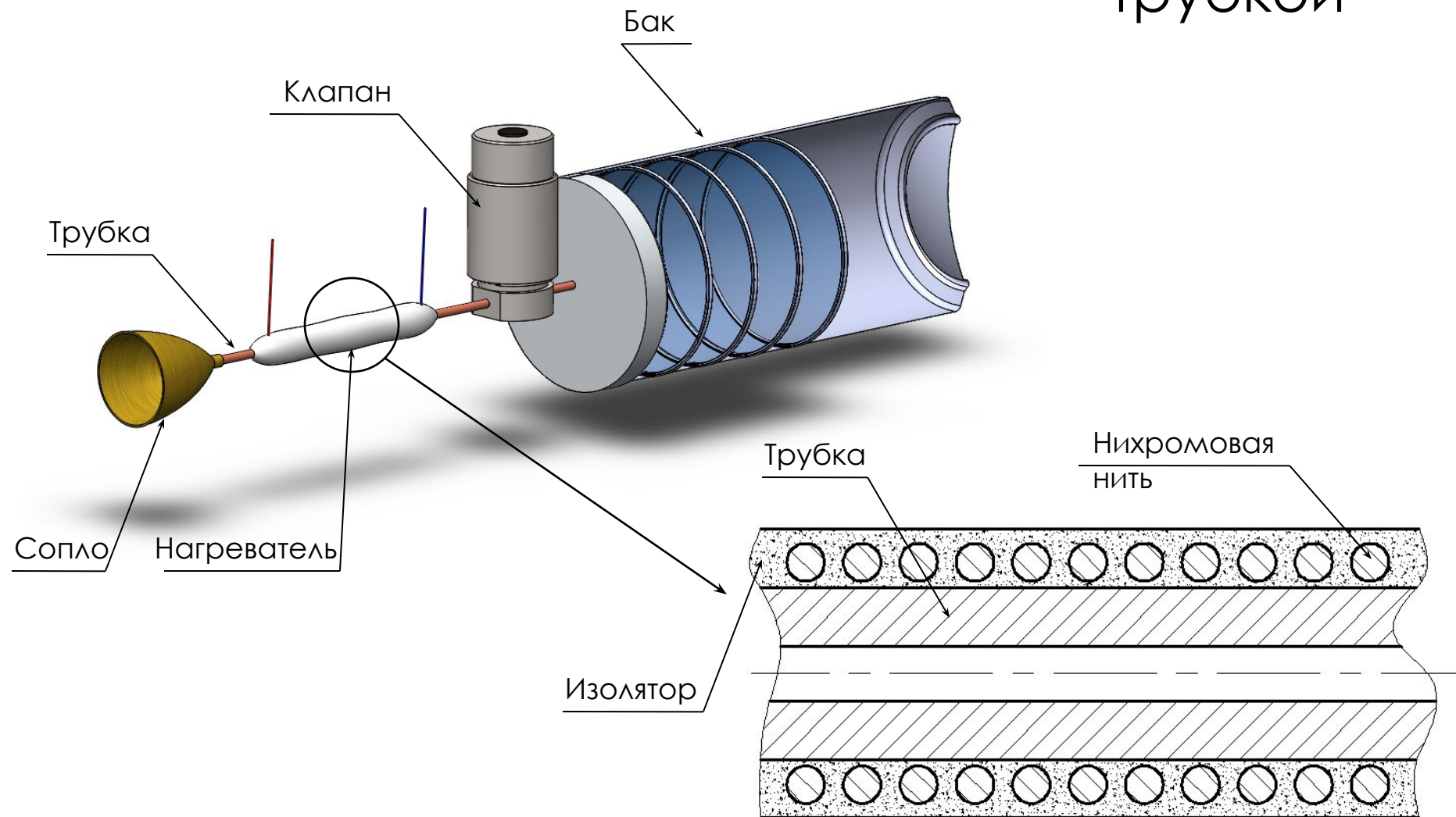
Тяга: 100 мкН...10мН  
Удельный импульс: 50...100 с  
Масса ДУ: 0,3 кг  
Энергопотребление: 2 Вт  
Стоимость: 81 000 €

Резистоджет  
SSTL

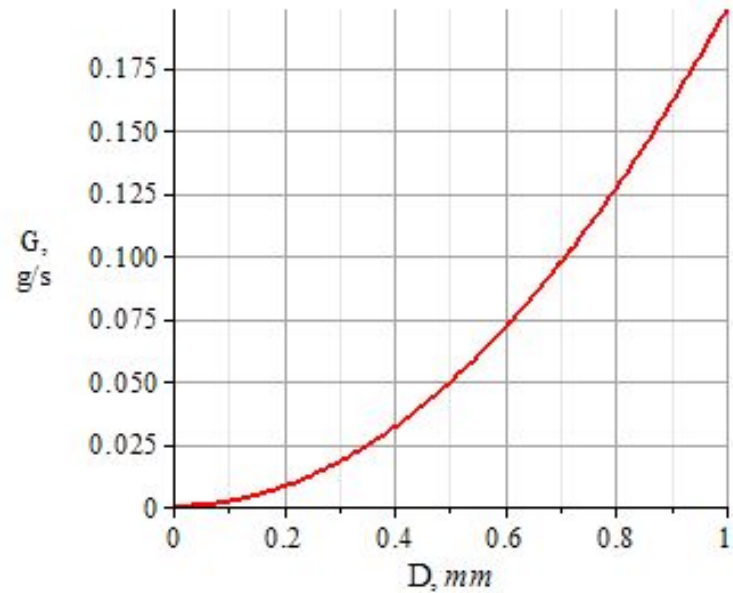
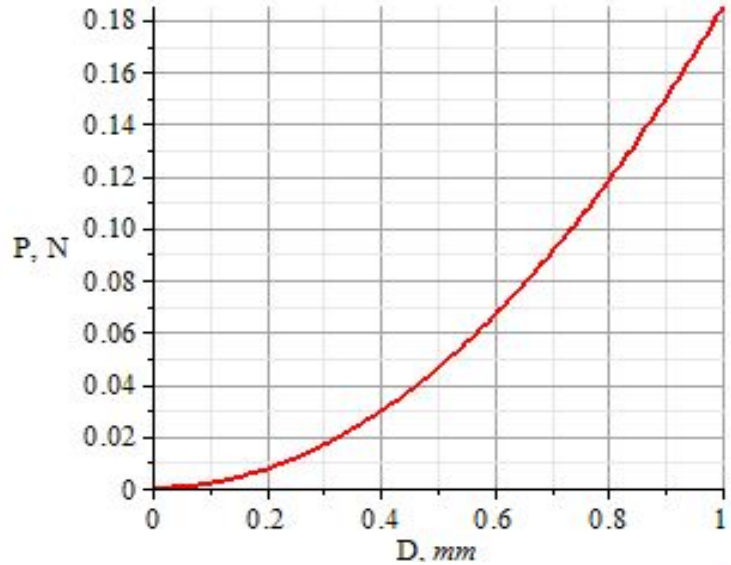


Тяга: 45 мН  
Удельный импульс: 152 с  
Давление в камере: 10 атм  
Энергопотребление: 100...600 Вт  
Рабочее тело: Вода

# Электронагревный двигатель с капиллярной трубкой



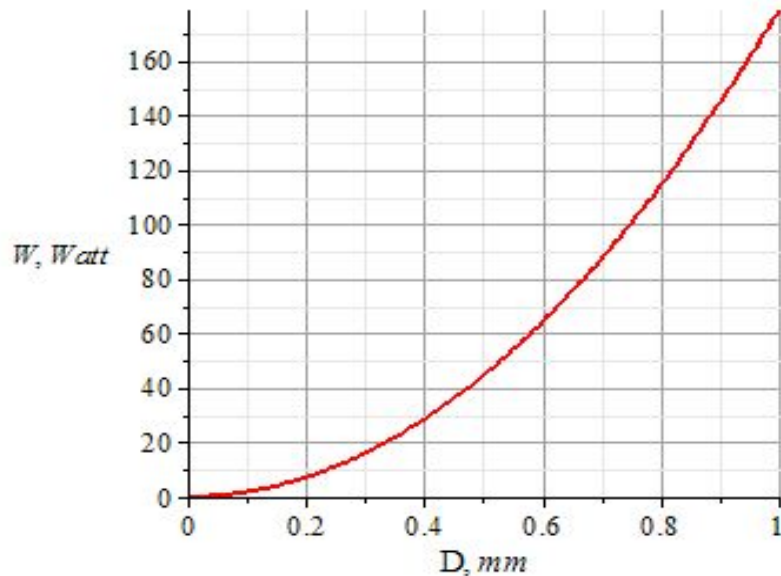
# Теоретические характеристики ДУ



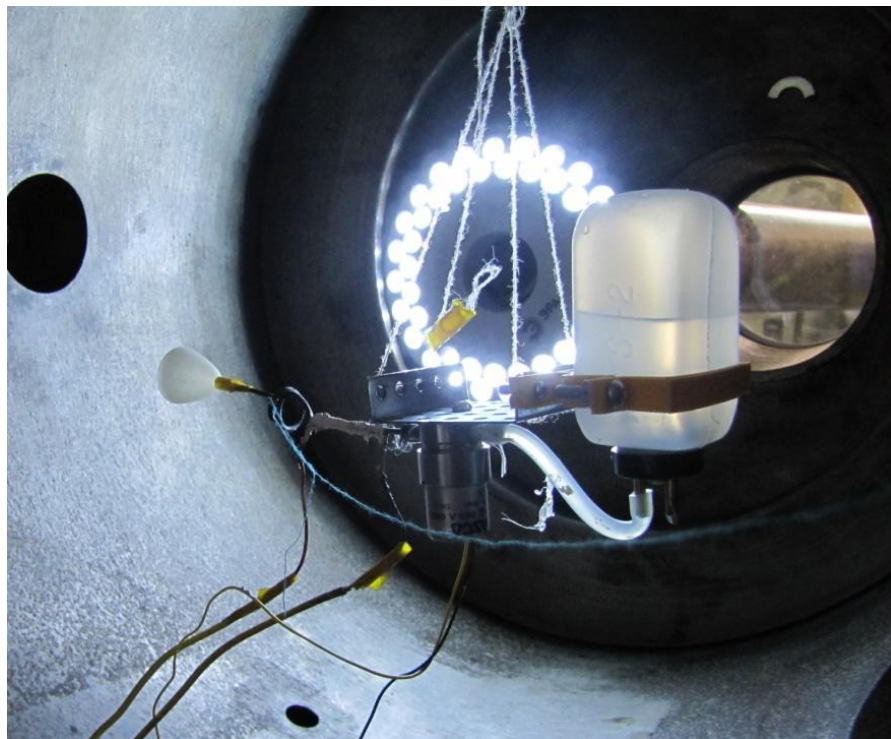
Графики для  $P_0=1$  атм,  $UИ=930$  м/с, рабочее тело – этиловый спирт

Рекомендуемые характеристики для CubeSat

Тяга	0.02...0.1 N
Расход жидкости	0.02...0.1 g/s
Диаметр трубки (внутр)	0.3...0.8 mm
Подводимая мощность	20...110 W

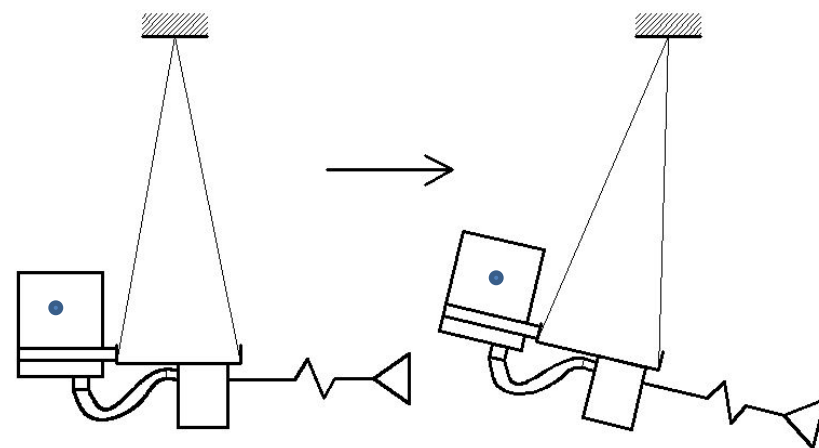


# Экспериментальная отработка

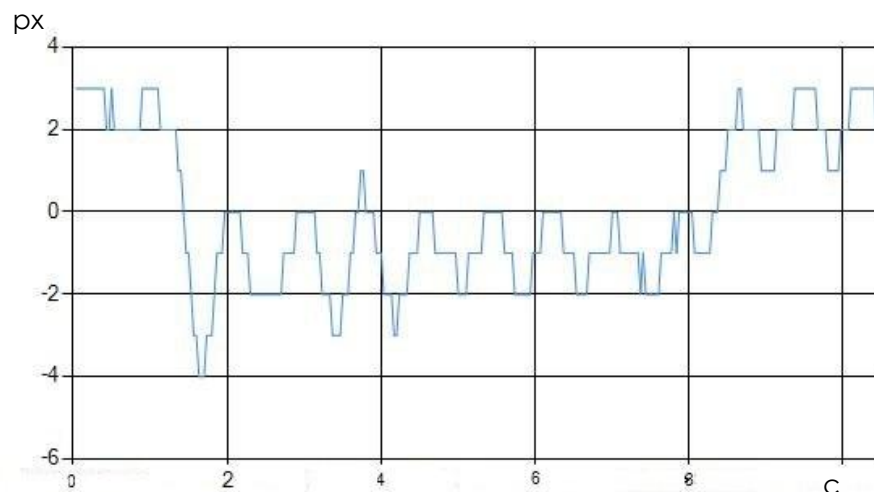


Экспериментальный образец,  
расположенный в вакуумной камере

	Theory	Experiment
Thrust, mN	68,8	~65
Consumption, g/s	0.074	—
Specific pulse, m/s	930	~880



Измерение тяги (маятниковая схема)



# Текущая работа и перспективы

---

- Доработка нагревательного элемента и системы подачи топлива
- Разработка испытательного стенда и проведение уточняющих экспериментов
- Стратосферный и суборбитальный экспериментальные запуски
- Разработка серийного изделия
- Летные испытания (космический пуск)



Спасибо за внимание!