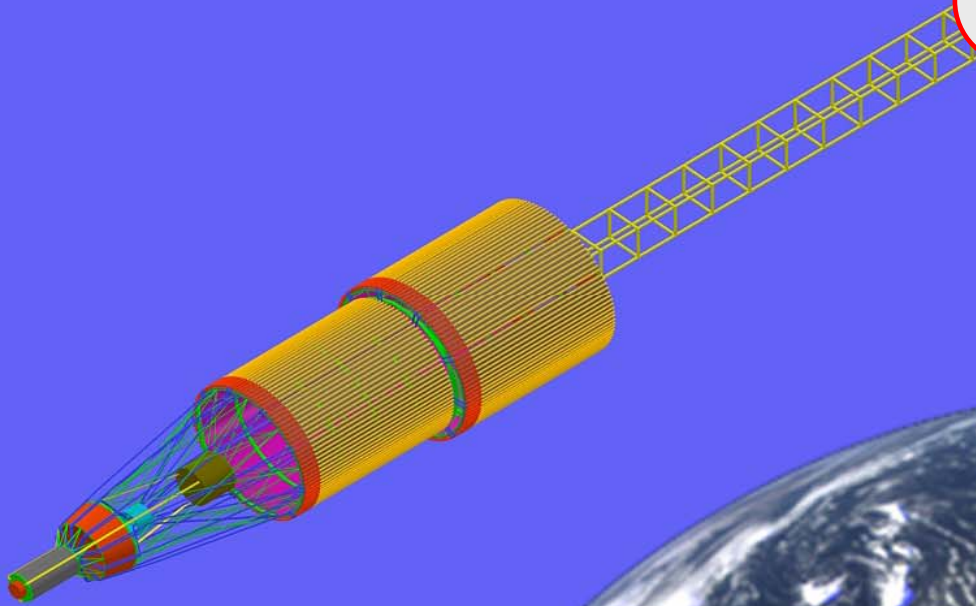




**Высокоэффективные  
космические средства  
на базе ядерных  
энергетических установок**



**Перспективные космические средства  
для освоения космического  
пространства на ближайшие  
десятилетия могут быть созданы  
только на базе ядерной энергетики**



## Перспективные космические средства и уровни их энергопотребления

Задачи	Космические средства	Уровень мощности, киловатт
<ul style="list-style-type: none"><li>- Мониторинг природных ресурсов;</li><li>- Контроль территорий, границ, морского промысла;</li><li>- Система предупреждения о стихийных бедствиях и техногенных катастрофах.</li></ul>	Космические аппараты дистанционного зондирования Земли	150 - 500
<ul style="list-style-type: none"><li>- Обеспечение высокоскоростной глобальной связи по низкой стоимости.</li></ul>	Космические аппараты глобальной связи	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Энергоснабжение лунной и марсианской баз.</li></ul>	Лунные и планетные электростанции	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Новый этап в исследовании тел Солнечной системы.</li></ul>	Межпланетные автоматические станции нового поколения	500
<ul style="list-style-type: none"><li>- Энергоснабжение лунной и марсианской промышленной инфраструктуры.</li></ul>	Лунные и планетные электростанции большой мощности	1500
<ul style="list-style-type: none"><li>- Доставка космических аппаратов на высокие околоземные орбиты, включая геостационарную, по стоимости в 2 -3 меньшей, чем у существующих средств;</li><li>- Очистка околоземного пространства от космического мусора.</li></ul>	Многоразовые межорбитальные буксиры	500 - 6000
<ul style="list-style-type: none"><li>- Доставка грузов на окололунную орбиту.</li></ul>	Многоразовые лунные буксиры	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Доставка грузов на орбиту Марса.</li></ul>	Многоразовые марсианские буксиры	1500 - 6000
<ul style="list-style-type: none"><li>- Обеспечение пилотируемой экспедиции на Марс.</li></ul>	Энергодвигательный комплекс марсианской экспедиции	24000 (4×6000)



# Инновационная транспортная система на базе межорбитального буксира с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ), питаемой от ядерной энергетической установки (ЯЭУ) для доставки грузов на геостационарную орбиту



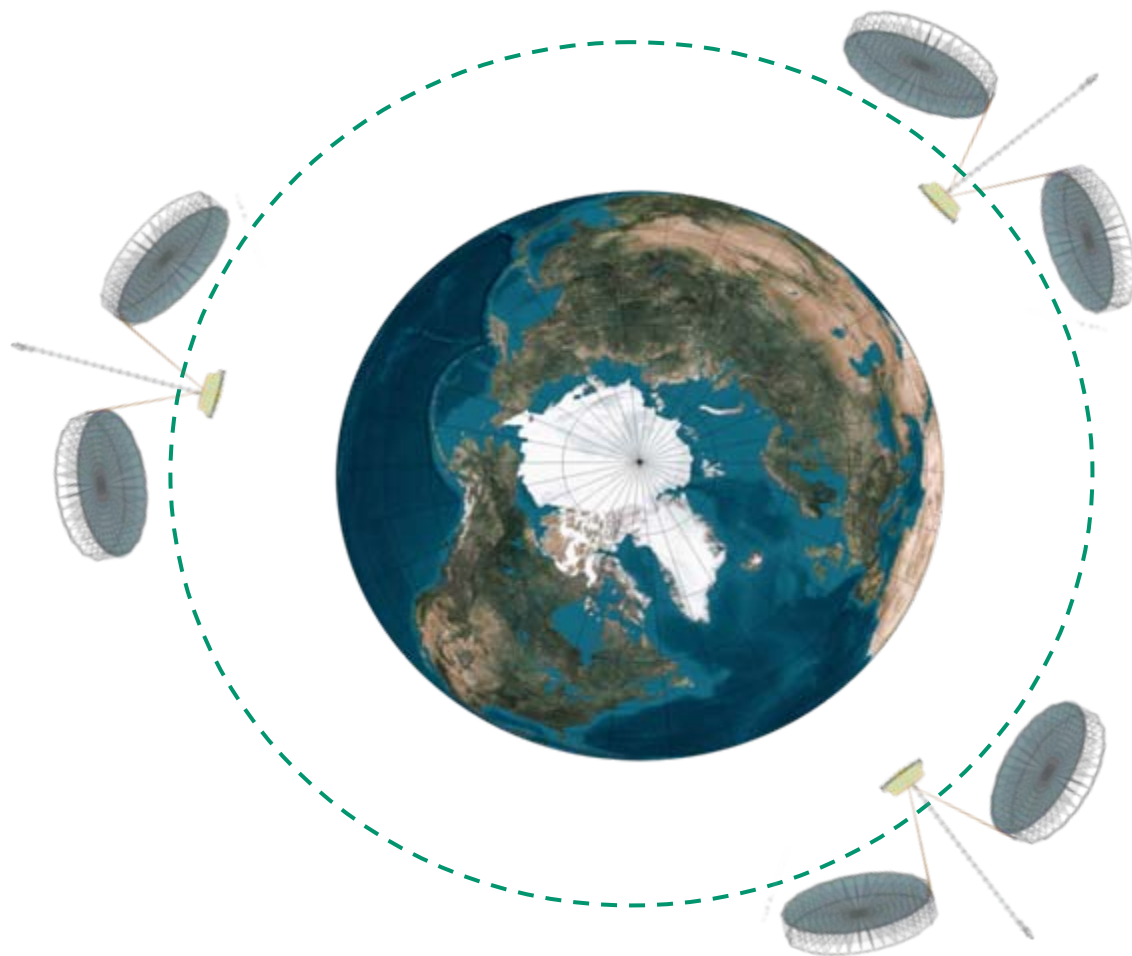
## Назначение:

Доставка космических аппаратов на геостационарную орбиту:

- Снижение удельной стоимости доставки на геостационарную орбиту в 2 - 3 раза по сравнению с современными средствами доставки;
- Увеличение в 3-5 раз массы грузов, доставляемых на геостационарную орбиту.

- **Масса (без рабочего тела ЭРДУ) – от 10 до 40 тонн;**
- **Ресурс – 10 лет;**
- **Электрическая мощность ЯЭУ – от 500 до 6000 кВт;**
- **Оптимальный удельный импульс ЭРДУ - до 50 км/с;**
- **Стартовая орбита – околоземная радиационно-безопасная, высотой 800-1000 км.**

# Глобальная система космической связи



## Назначение:

- Дешевая связь по принципу «каждый с каждым», в том числе с подвижными объектами;
- Цифровое телевидение;
- Высокоскоростной интернет.

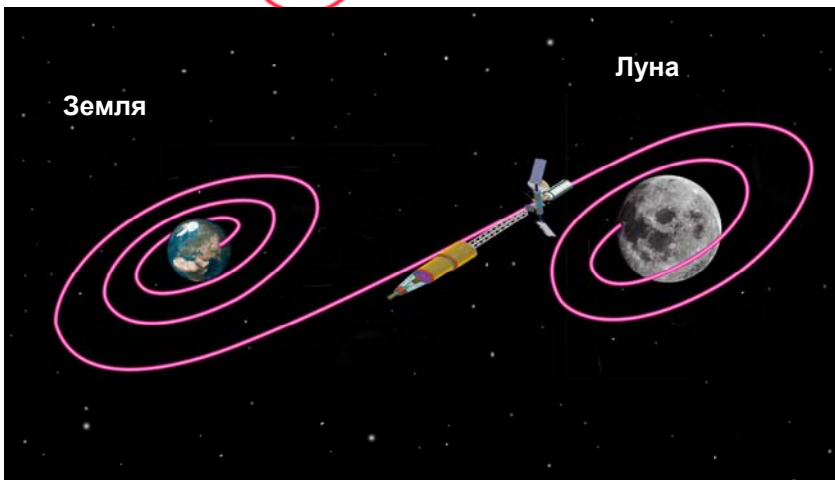
- **Масса** - 20 тонн;
- **Ресурс** – 10-15 лет;
- **Электрическая мощность ЯЭУ** – от 150 до 500 кВт;
- **Орбита функционирования** – геостационарная.

## Конкурентные преимущества на рынке:

- Увеличение пропускной способности каналов связи для L-диапазона – в 50 раз;  
для C-диапазона – в 15 раз;  
для Ku-диапазона – в 15 раз.
- Глобальность покрытия



# Многоцелевой лунный буксир



Электроракетные двигатели

Контейнер с полезной нагрузкой

## Назначение:

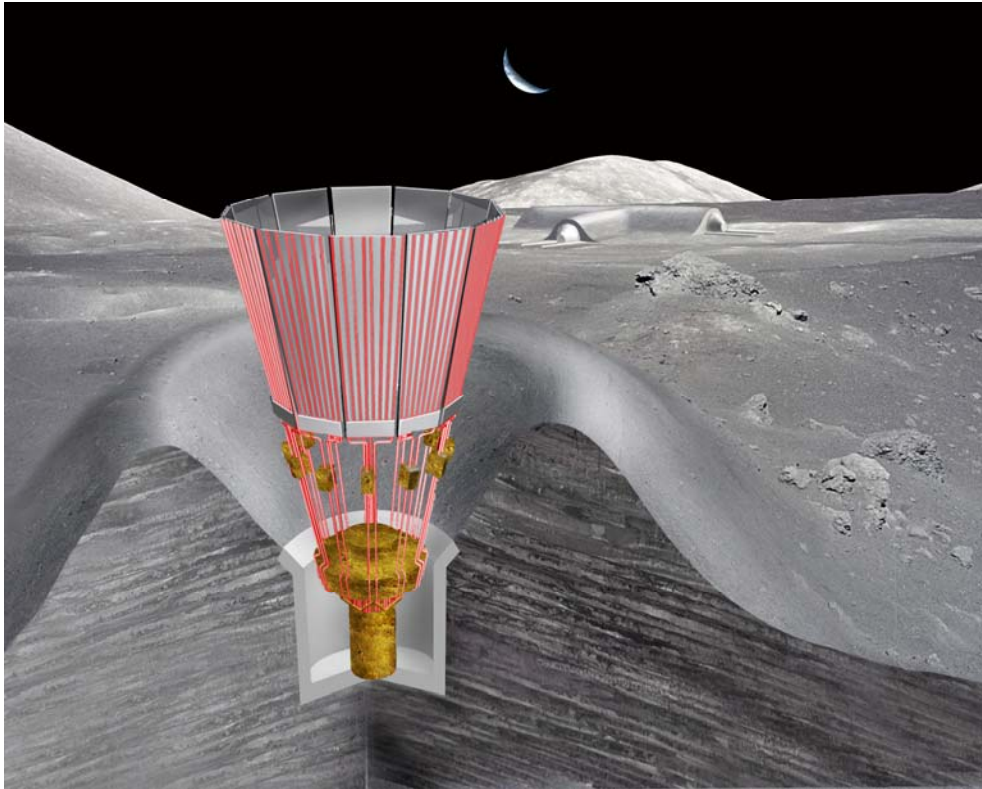
Обеспечение грузопотока 100-300 т/год с низкой околоземной на окололунную орбиту на первом этапе промышленного освоения Луны (время транспортировки на орбиту Луны – 3÷4 месяца):

- для реализации отечественной программы освоения Луны.
- предоставления платных услуг по доставке грузов в рамках международных, национальных и коммерческих проектов.

- **Масса** (без рабочего тела) – от 10 до 40 тонн;
- **Ресурс** - 10 лет
- **Электрическая мощность ЯЭУ** – от 500 до 6000 кВт
- **Оптимальный удельный импульс ЭРДУ** – до 50 км/с;
- **Стартовая орбита** – околоземная радиационно-безопасная, высотой 800-1000 км.

Ядерная энергетическая установка

## Атомная электростанция лунной базы 1-го этапа освоения Луны



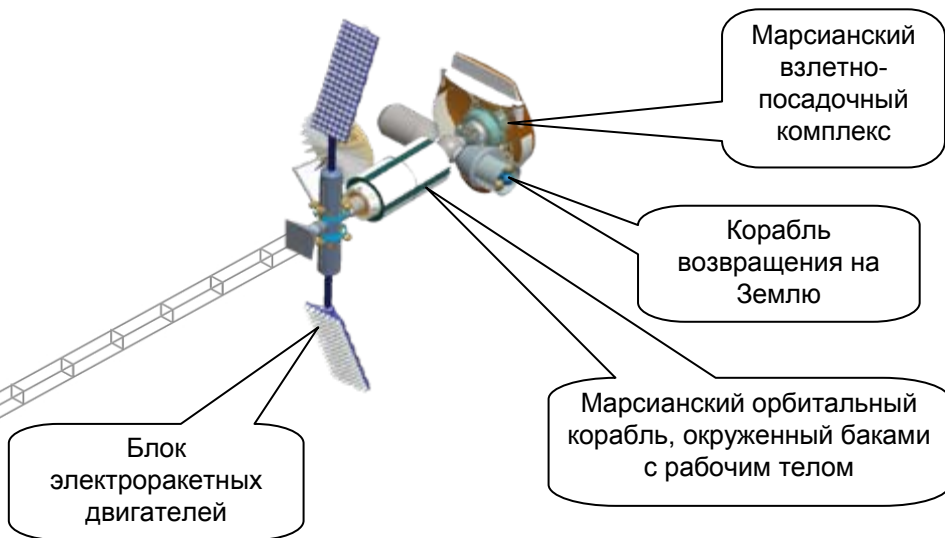
### Назначение:

- Обеспечение электроэнергией отечественной лунной базы;
- Коммерческая поставка лунной атомной электростанции национальным лунным базам.

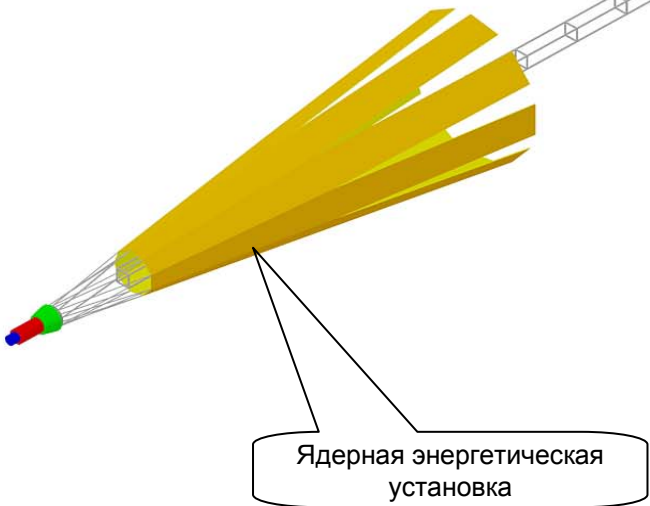
- **Масса** – 7-11 тонн;
- **Ресурс** - 10 лет;
- **Электрическая мощность** – 150 - 500 кВт
- **Расстояние от обитаемой базы** – 1 км;
- **Радиационная защита** – вал из лунного грунта.



Траектория полёта к Марсу



Блок электроракетных двигателей



Ядерная энергетическая установка

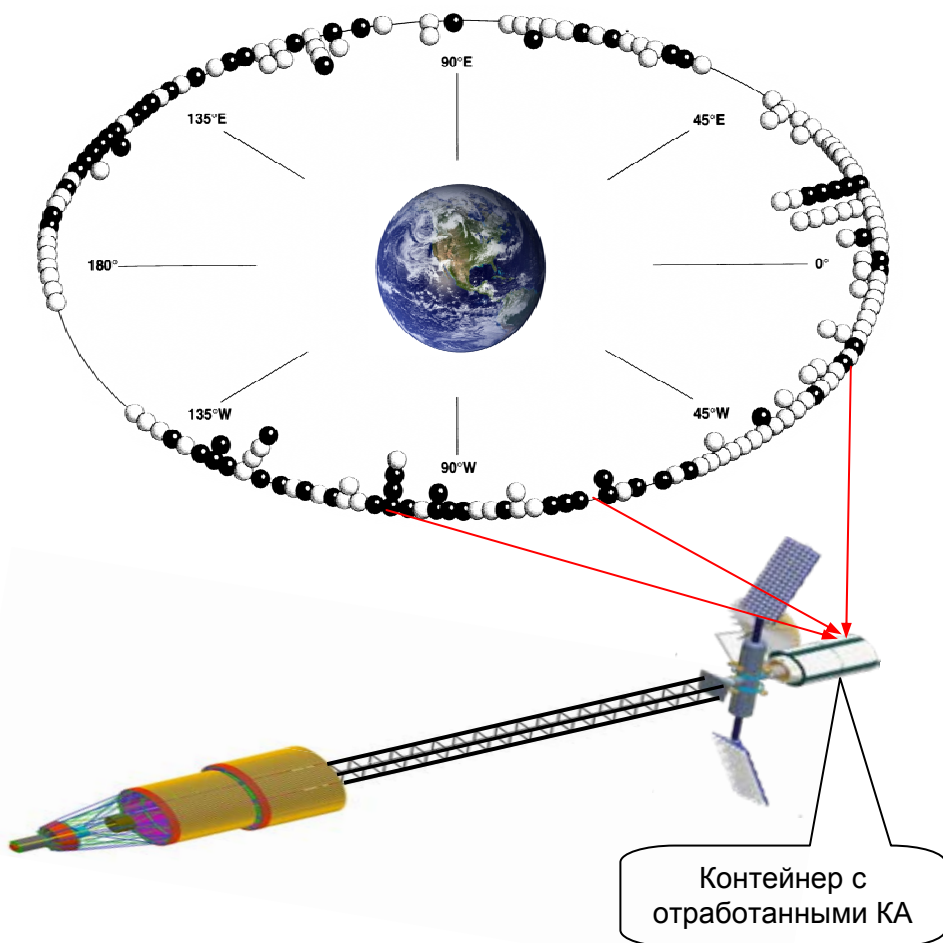
**Назначение:**  
Обеспечение марсианской пилотируемой экспедиции

- **Масса (без рабочего тела) – 120 тонн;**
- **Ресурс – 10 лет;**
- **Мощность ядерной энергодвигательной установки - 24 МВт (4X6 МВт);**
- **Удельный импульс ЭРДУ – до 90 км/с (в зависимости от схемы полета и типа электроракетных двигателей).**



# Система многоразовых буксиров для очистки геостационарной орбиты от отработавших космических аппаратов

Степень заселенности геостационарной орбиты наглядно иллюстрирует необходимость ее очистки от выработавших свой ресурс космических аппаратов



## Назначение:

Решение коммерческой задачи по очистке геостационарной орбиты от мусора - более 600 пассивных космических аппаратов массой до 2.5 тонн.

## Коммерческий эффект:

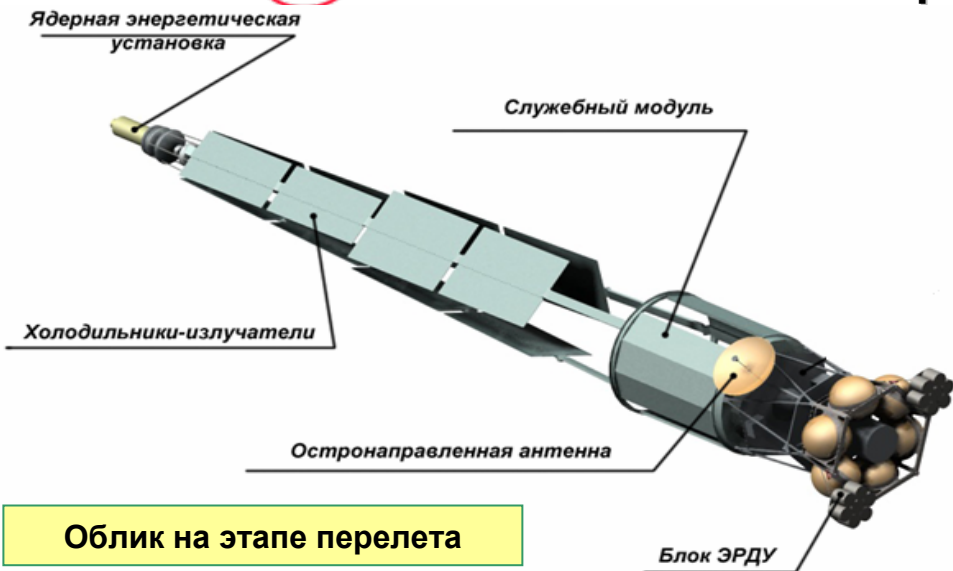
Стоимость одной точки на ГСО – 20-50 млн. долл.

## Состав системы:

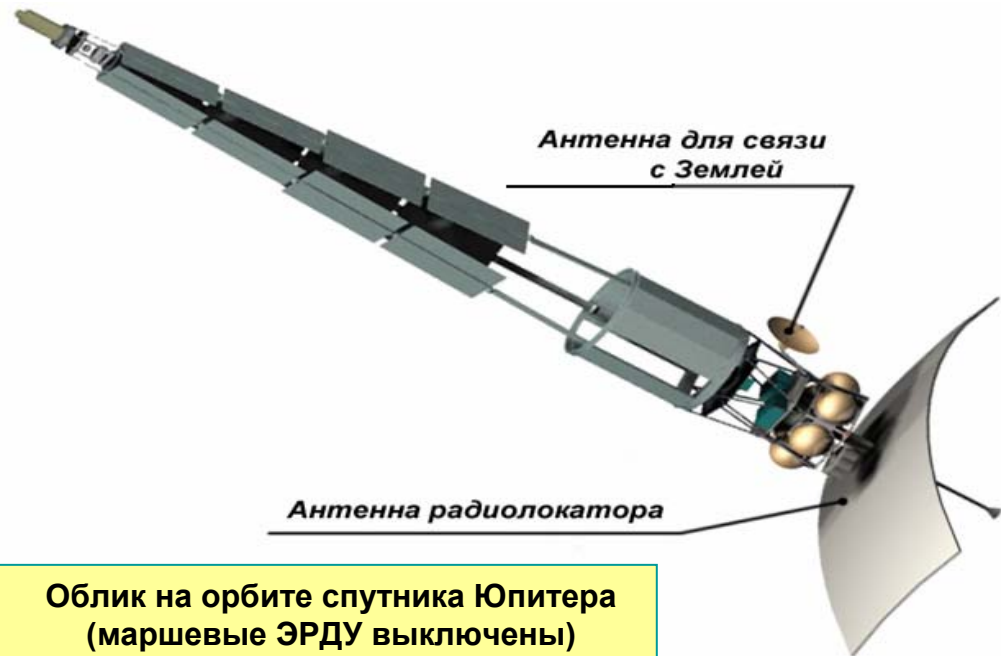
- Буксир для сбора мусора;
- Межорбитальные буксиры для доставки грузовых платформ на геостационарную орбиту, их спуска на низкую орбиту после загрузки мусором и затопления в океане.

- **Масса** – 7-10 тонн;
- **Ресурс** – 10 лет;
- **Электрическая мощность ЯЭУ** – от 150 до 500 кВт.

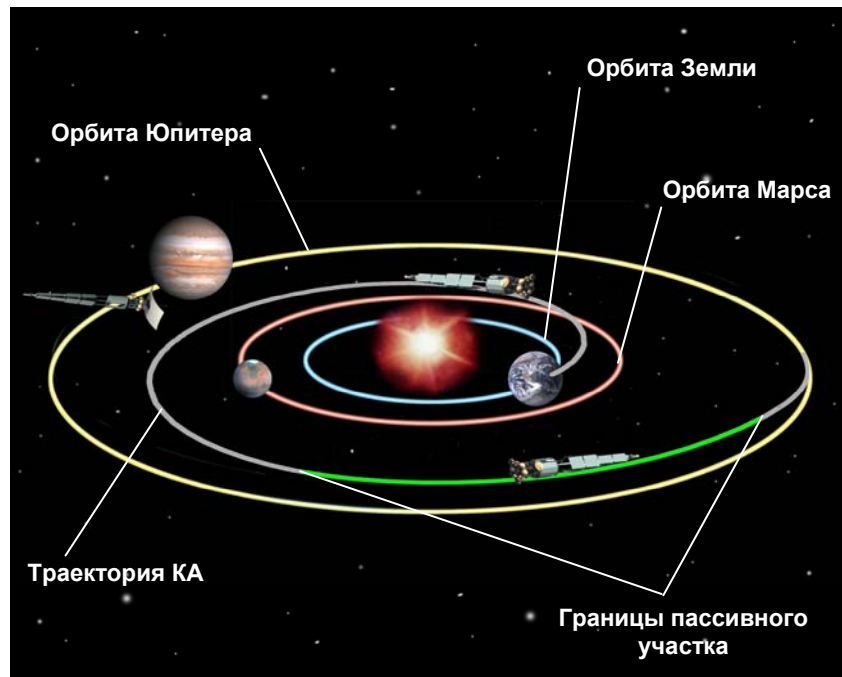
# Доставка исследовательских космических аппаратов к дальним планетам



Облик на этапе перелета



Облик на орбите спутника Юпитера  
(маршевые ЭРДУ выключены)



## Назначение буксира:

- Доставка исследовательского космического аппарата с радиолокатором к спутникам Юпитера с целью поиска условий существования жизни под их поверхностями.
- Доставка исследовательских космических аппаратов к астероидам и дальним планетам с возможностью высадки зондов и забора грунта их спутников с последующей доставкой к Земле.

- **Масса** (без рабочего тела) – 7-8 тонн;
- Ресурс – 10 лет;
- **Электрическая мощность ЯЭУ** – 150 ÷ 500 кВт.



# Космические средства с ядерными энергетическими установками в комплексной программе освоение космического пространства

Геостационарная орбита

Глобальная система космической связи

Марс

Марсианская база

Межпланетный экспедиционный комплекс

Взлётно-посадочный комплекс

Межпланетный корабль

Взлётно-посадочный комплекс

Пилотируемый транспортный корабль нового поколения

Лунная орбитальная станция

Корабль доставки и возвращения экипажа

Межпланетный буксир с ядерной энергоустановкой

Лунный корабль

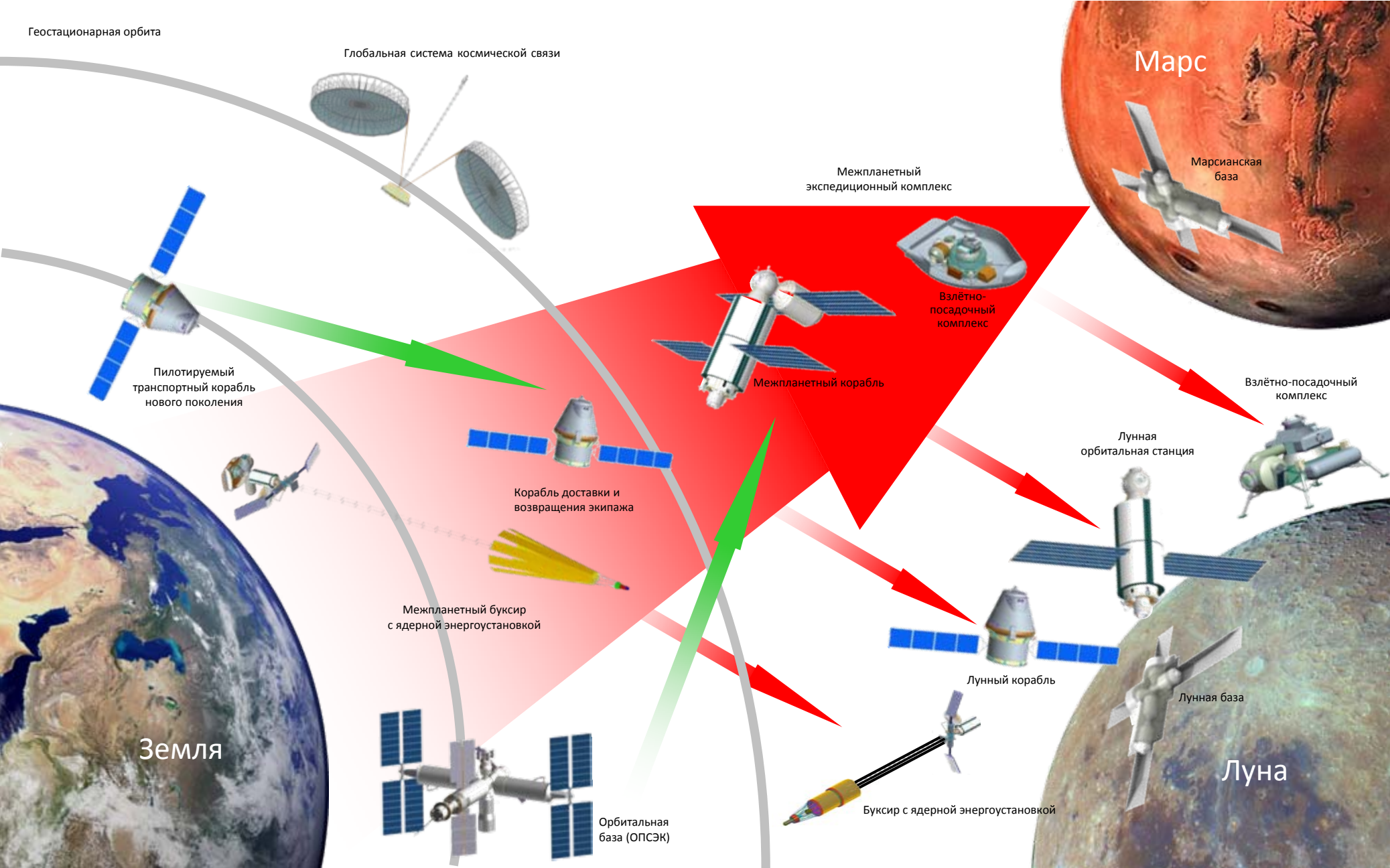
Лунная база

Земля

Орбитальная база (ОПСЭК)

Буксир с ядерной энергоустановкой

Луна



## Участники проекта

ОАО «РКК Энергия»  
ФГУП «Центр Келдыша»

РНЦ «Курчатовский институт»  
ГНЦ РФ «ФЭИ»  
ФГУП «Красная звезда»  
ФГУП НПО «Луч»



# ПРИЛОЖЕНИЯ





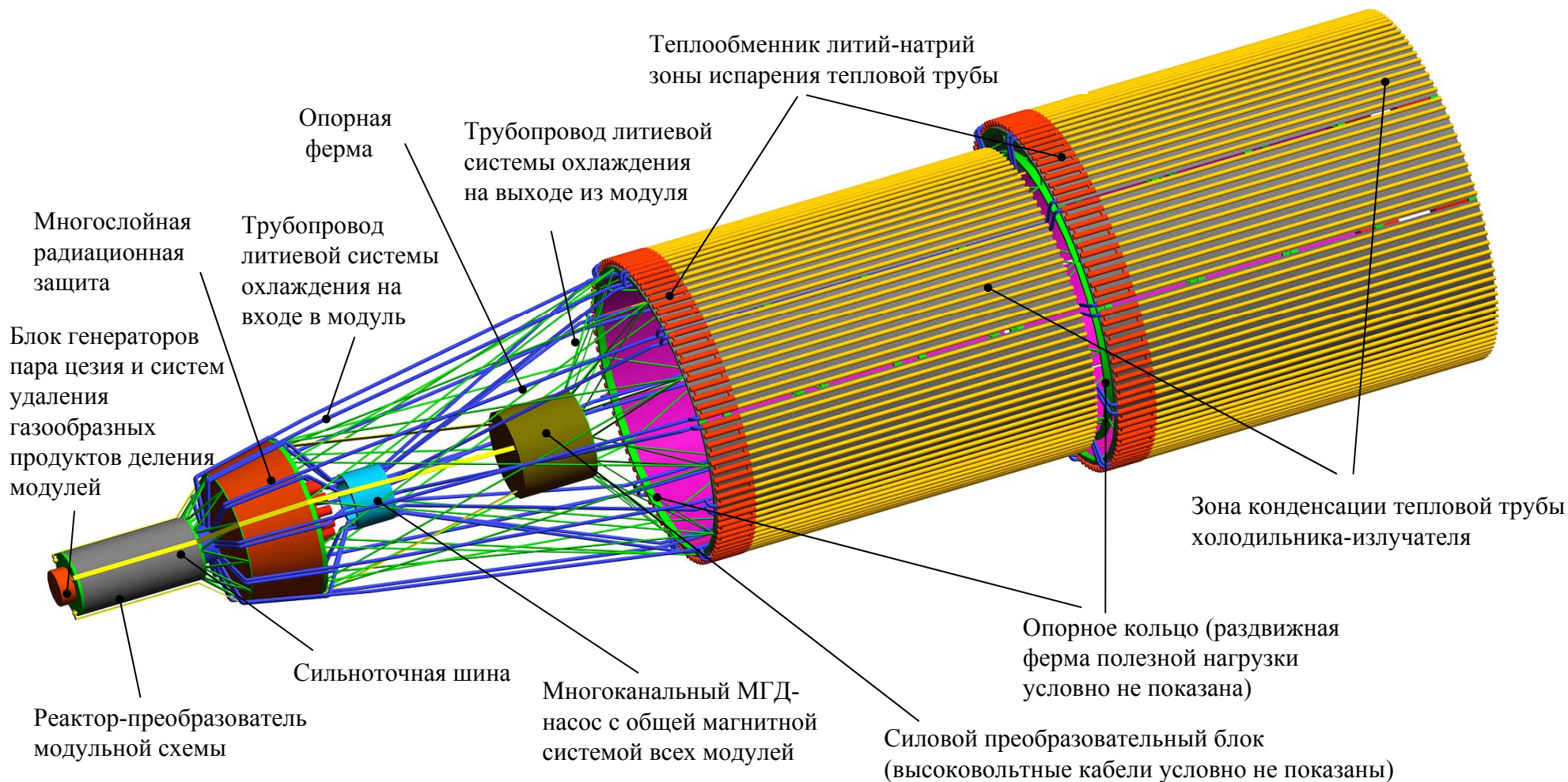
## Проектные параметры высокотемпературных космических ядерных энергетических установок большой мощности

Электрическая мощность ЯЭУ, кВт	Масса ЯЭУ, тонн	Удельная масса, кг/кВт	Габариты		Ресурс, лет	
			Длина, м	Мах. диаметр, м		
150	4,5 ÷ 5,2	30 – 35	7,0	3,7	10	
500	6,9	13,8	14,6	3,8		
1500	10,5	7,0	21,2	4,0		
6000	31,6	5,26	33,3	5,5 (9,8)*		

\* - в сложенном и рабочем положении



# Космическая ядерная энергетическая установка межорбитального буксира «Геркулес» мощностью 600 кВт

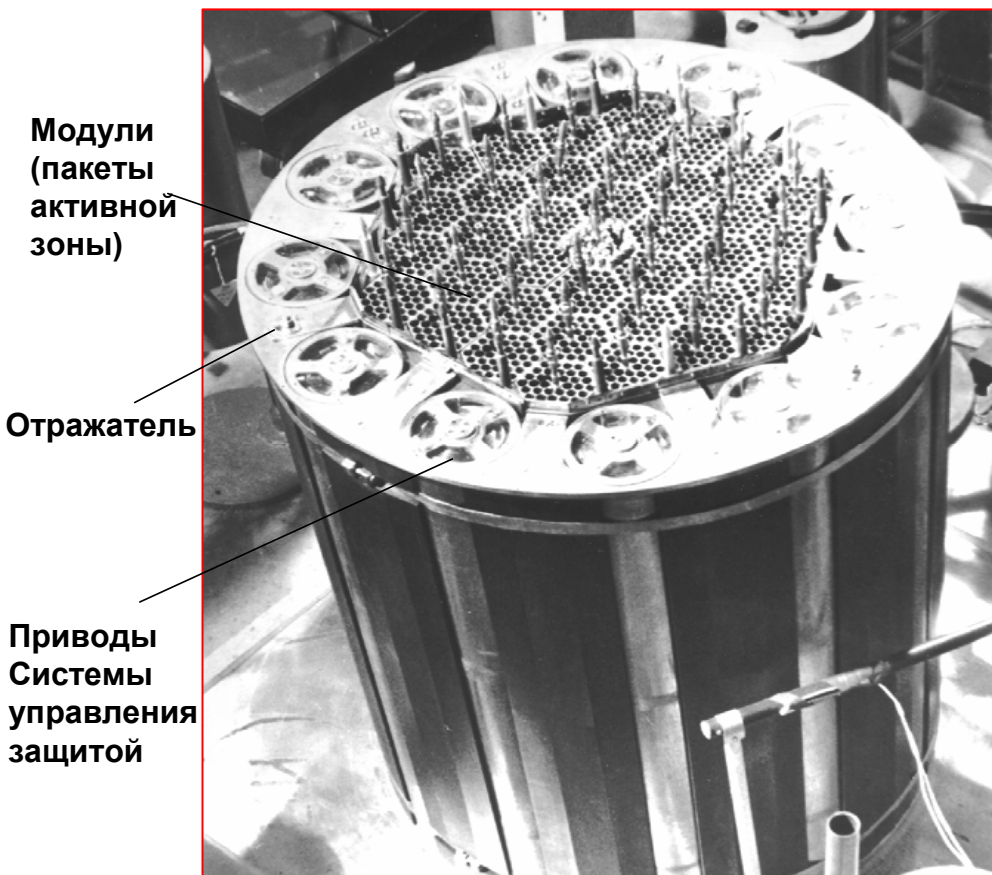


**Масса ЯЭУ – 6900 кг; длина – 14,6 м; максимальный диаметр – 3,8 м.**



## Научно-технический задел по высокотемпературным космическим ядерным энергетическим установкам

### СОСТОЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ



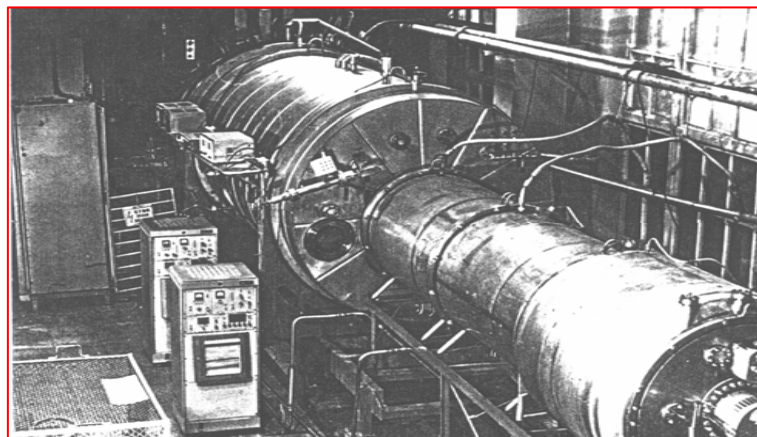
- Совместная разработка, изготовление и испытания РКК «Энергия» и ГНЦ «Физико-энергетический институт».
- Исследовано 8 реакторов с числом модулей от 19 до 37.
- Исследована физика реактора и вопросы обеспечения ядерной безопасности.
- Обоснована возможность создания на базе единого модуля реакторов-преобразователей на быстрых нейтронах, способных генерировать от 150 до 600 кВт- эл.

Общий вид полномасштабного реактора для физических исследований ФС-14 ( ГНЦ РФ ФЭИ )



## Научно-технический задел по высокотемпературным космическим ядерным энергетическим установкам

### СОСТОЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ



**Высоковакуумный стенд ЭУ-305 для испытаний модулей ЯЭУ**

- Освоено изготовление из ниобиевого сплава агрегатов литиевой системы охлаждения и натриевых тепловых труб ( $T=800\dots 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Испытаны (с электронагревом) макеты модулей ЯЭУ с полным составом агрегатов.
- Создана элементная база высокотемпературной электротехники.

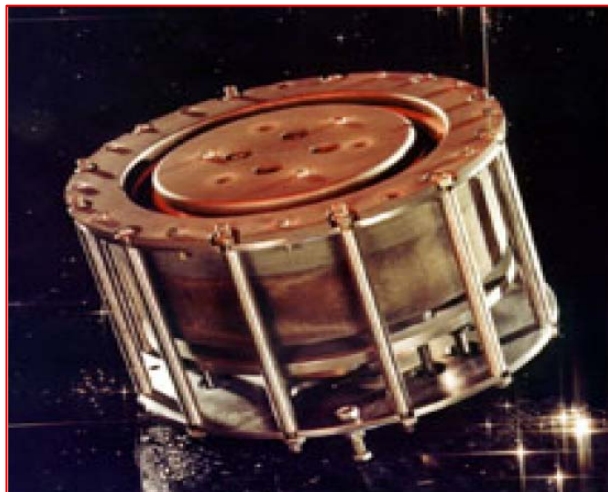




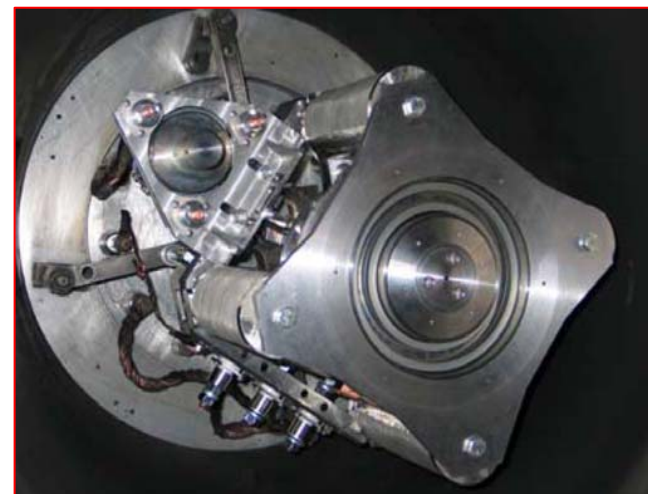
## Научно-технический задел по электроракетным двигателям большой мощности

Для межорбитальных буксиров и энергодвигательного блока  
марсианского экспедиционного комплекса:

- созданы и испытаны двигатели с анодным слоем электрической мощностью до 30 кВт на различных рабочих телах (литии, висмуте, ксеноне);
- создан и испытан магнитоплазмодинамический двигатель мощностью 450-500 кВт на литии в течении 500 ч (при удельном импульсе 5000 с и КПД 60%);
- магнитоплазмодинамический двигатель электрической мощностью 17 кВт испытан в космосе.



Электроракетный двигатель с анодным слоем Д-200  
мощностью до 36 кВт и с удельным импульсом до 52 км/с



Электроракетный двигатель с анодным слоем VHITAL  
мощностью до 35 кВт и с удельным импульсом до 80 км/с