



АО «ВПК «НПО машиностроения»

Учебный курс
«ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА»

Клёнов И.Л.

Занятия в «Изобретариуме»



Чему я вас научил?

- **Галактики, звёзды, планеты, чёрные дыры** – как они устроены?
- **Законы движения** звёзд и планет – почему так?
- Как **устроены ракеты** и космические аппараты?
- Что делает космические корабли **супер-надёжными**?
- ... но почему они всё равно **ломаются**?
- Как **спроектировать свой космический корабль**?
- Как **летают ракеты**? Почему на нас **не падают** спутники?
- Как аккуратно управлять чем-то **за миллион километров** от нас?



Космос – это интересно!



Наша Солнечная система



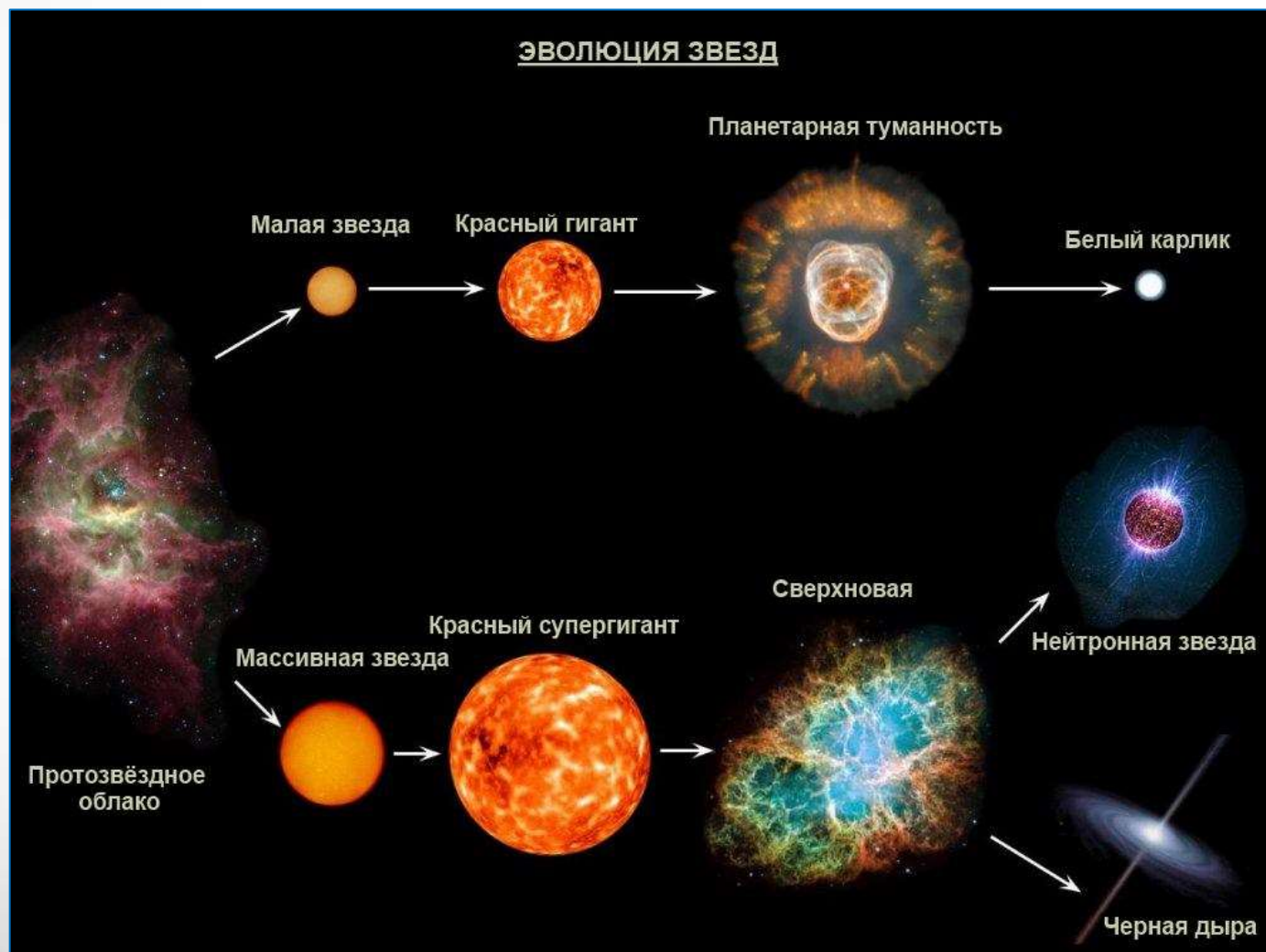
Как зародилась Вселенная?



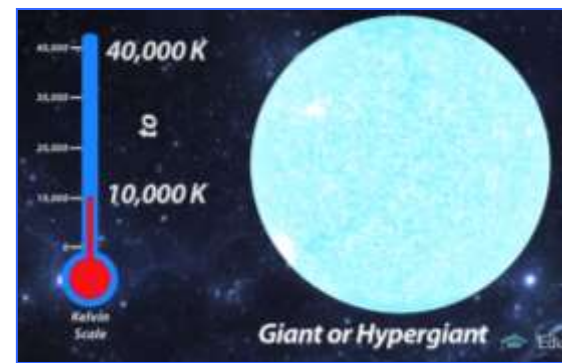
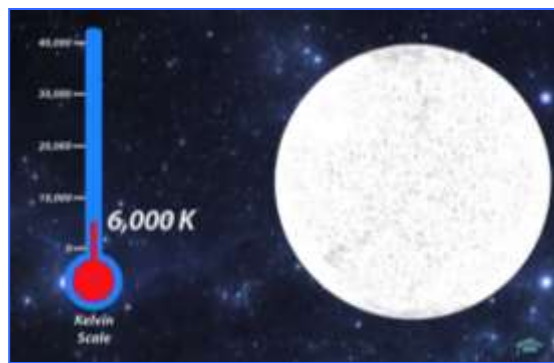
Гравитация на простом примере



Этапы эволюции звёзд



Классы звёзд



Температура поверхности



Размер

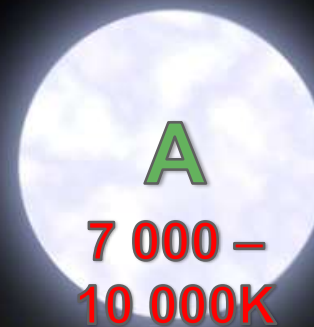
Спектральная классификация



SPECTRAL CLASS O
Dark Blue
28,000 - 50,000 K
Ionized atoms, especially helium
Example: Mintaka (O1-3III)



SPECTRAL CLASS B
Blue
10,000 - 28,000 K
Neutral helium, some hydrogen
Alpha Eridani A (B3V-IV)



SPECTRAL CLASS A
Light Blue
7,500 - 10,000 K
Strong hydrogen, some ionized metals
Sirius A (A0-IV)



SPECTRAL CLASS F
White
6,000 - 7,500 K
Hydrogen and ionized metals, calcium and iron
Procyon A (F5V-IV)

Yellow
5,000 - 6,000 K
Ionized calcium, both neutral and ionized metals
Example: Sol (G2V)

SPECTRAL CLASS G



Orange
3,500 - 5,000 K
Neutral Metals
Alpha Centauri B (K0-3V)

SPECTRAL CLASS K



Red
2,500 - 3,500 K
Ionized atoms, especially helium
Wolf 359 (M5-8V)

SPECTRAL CLASS M



Non-Main Sequence Types

Class W: Wolf-Rayet Star

Up to 70,000 K
Carbon, nitrogen, or oxygen
Gamma Velorum A (WC)

Class L: Dwarf Star

1,300 - 2,000 K
Metal hydrides and alkali metals
VW Hyi

Class T: Methane Dwarf

700 - 1,000 K
Methane
Epsilon Indi Ba

Class Y: Ammonia Dwarf

<700 K
Ammonia
Not yet observed

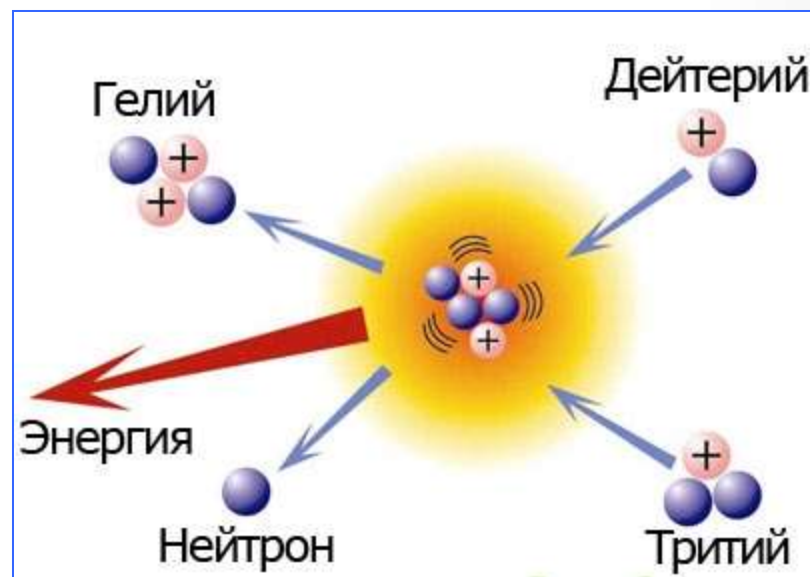
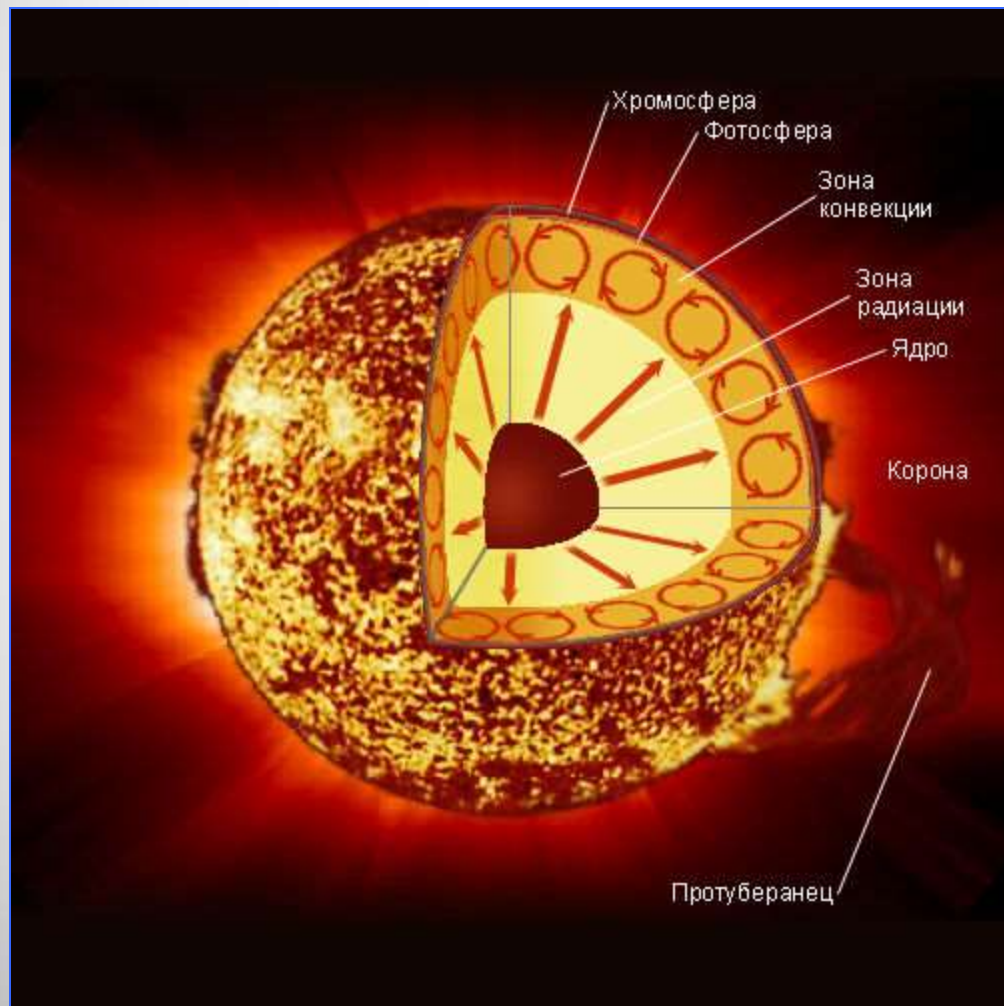
Class C: Carbon

Class S: Zirconium Oxide

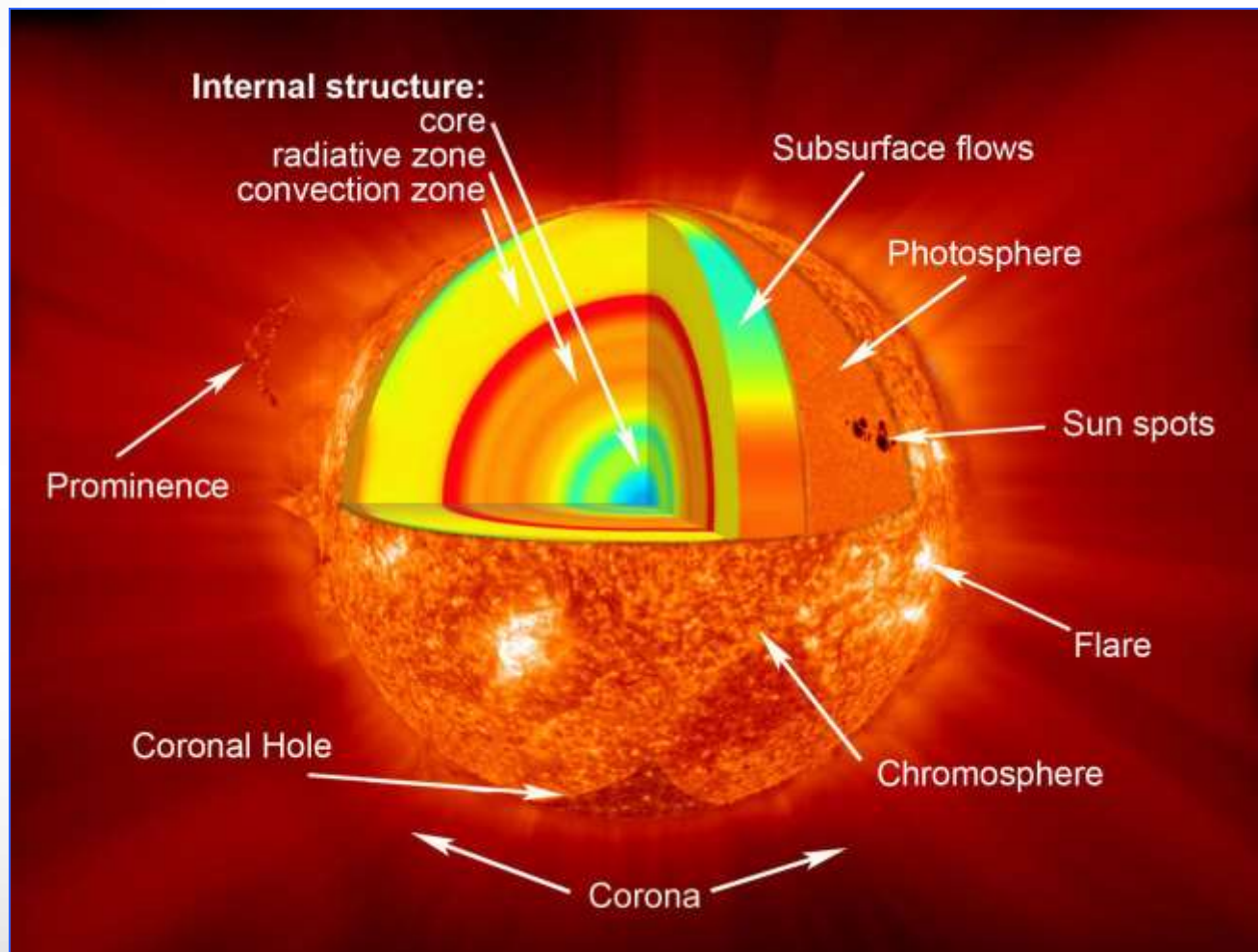
Classes MS and SC

Class D: Dwarf

Что же происходит в звезде?



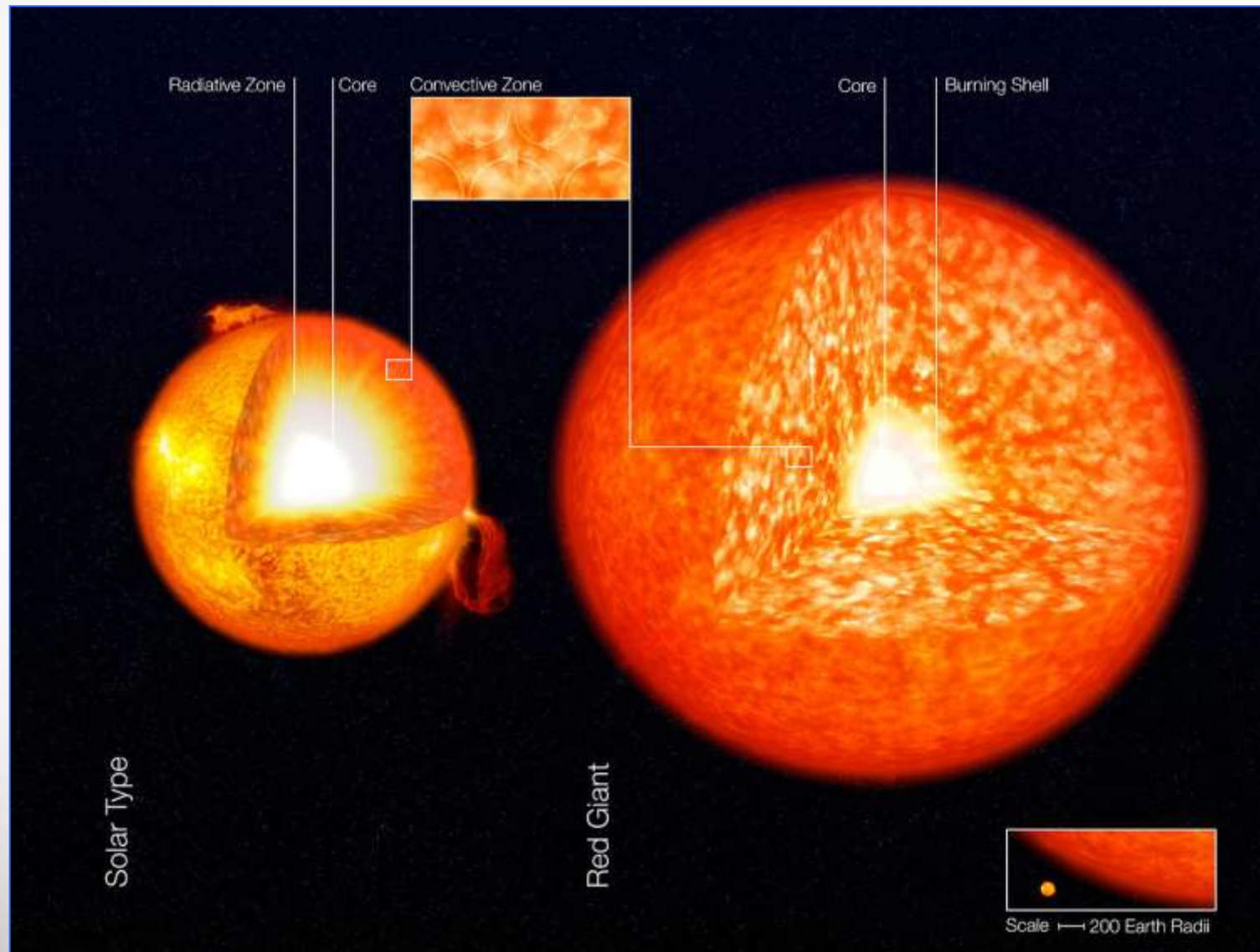
Что же происходит в звезде?



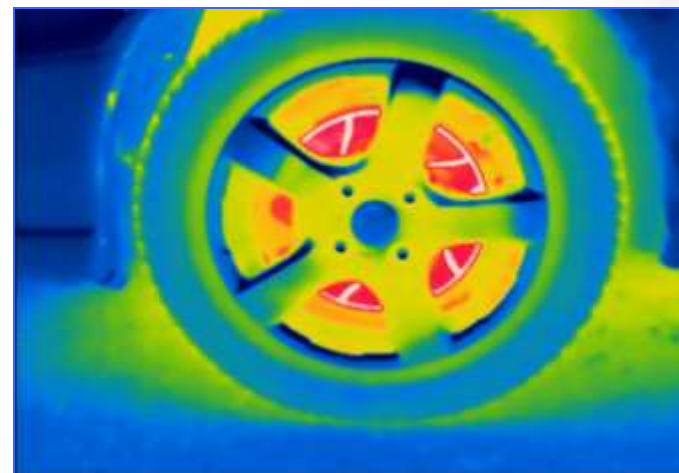
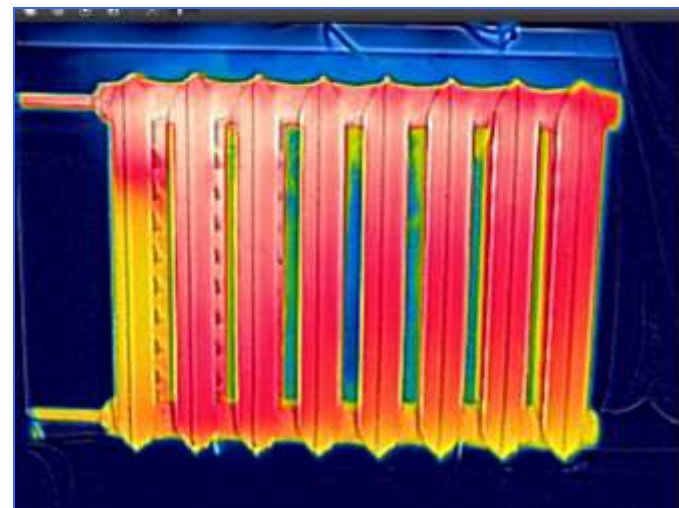
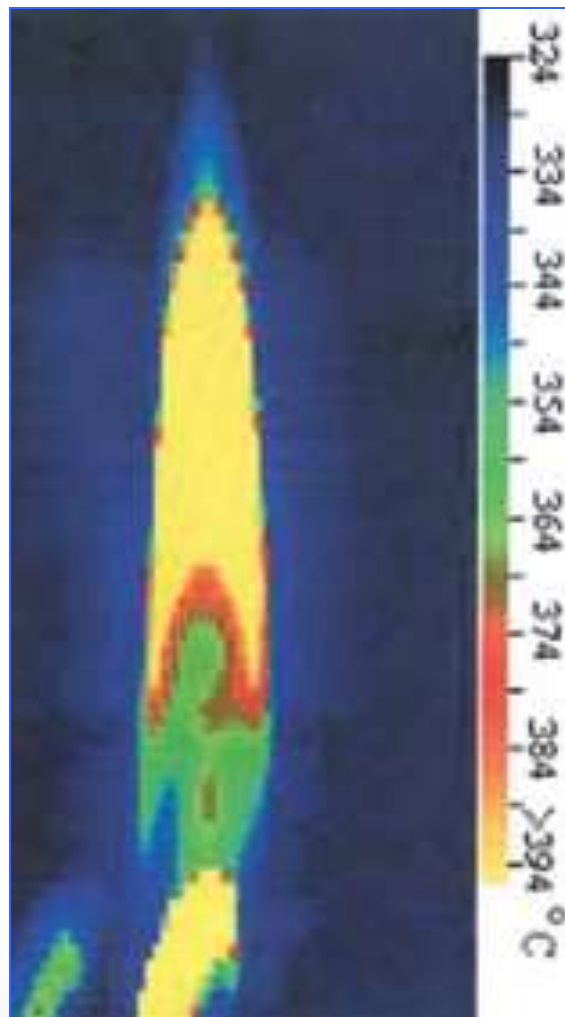
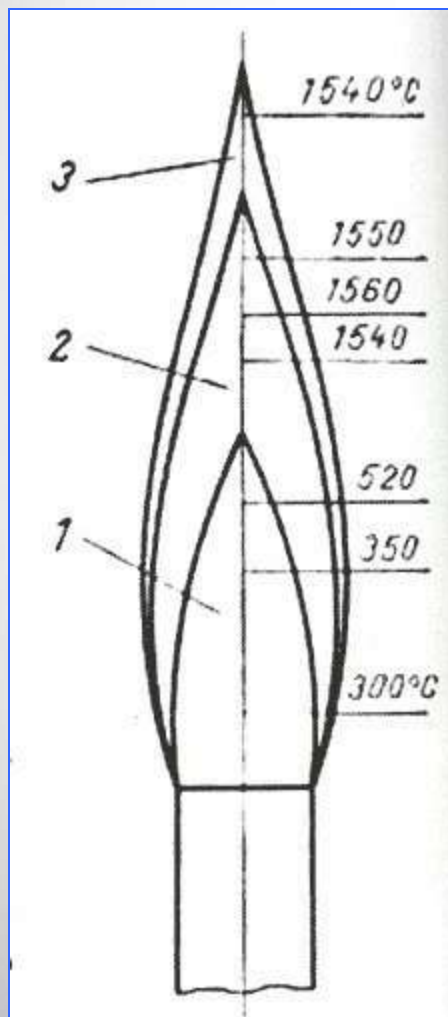
Что же происходит в звезде?



Красный гигант



От чего зависит цвет пламени?

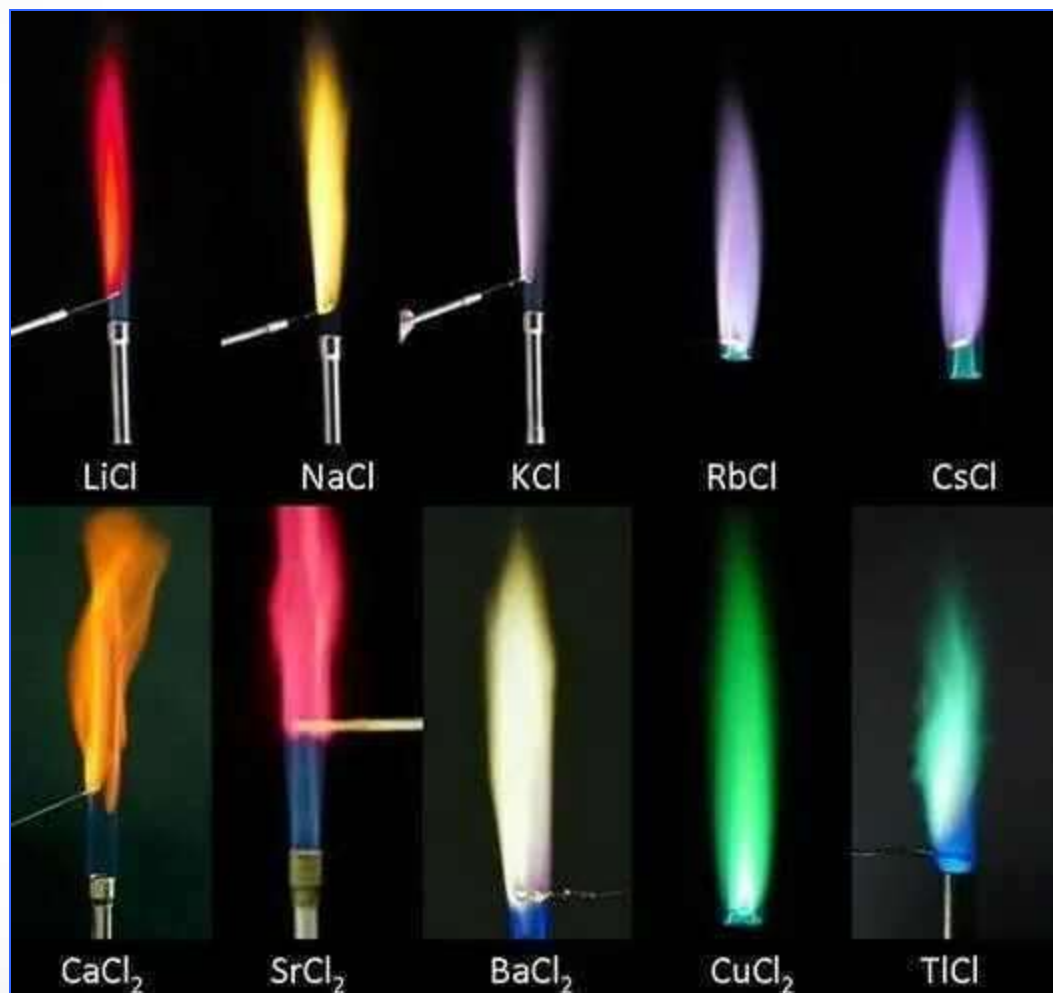


- Температура

Тепловизор



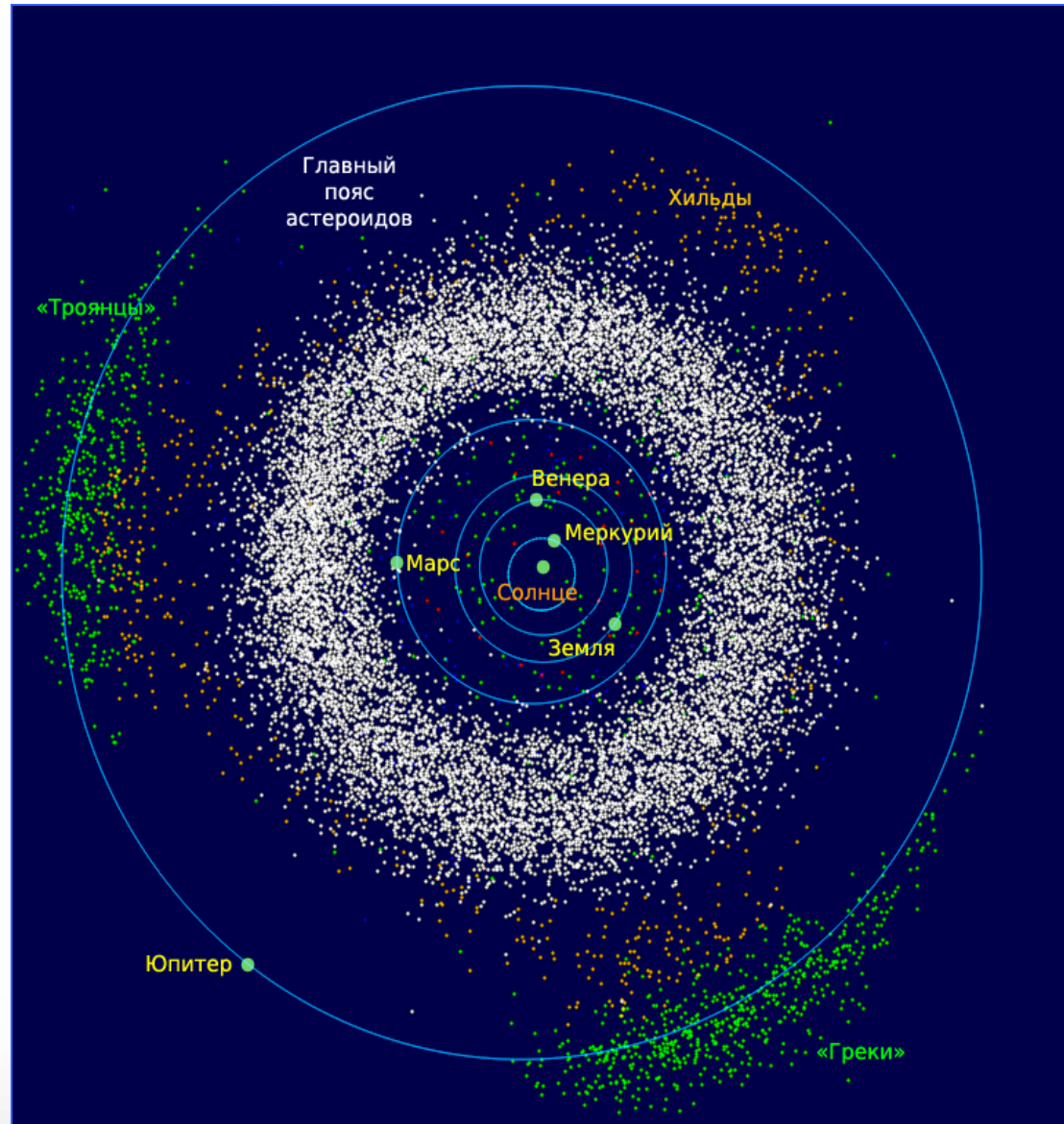
От чего зависит цвет пламени?



- Химический состав горящего вещества и атмосферы

Астероиды

- **Астероид** - небольшое небесное тело, движущееся по орбите вокруг Солнца.
- Астероиды сильно уступают по массе и размерам планетам, неправильной формы, без атмосферы, но могут иметь спутники.
- *Известно 729 626 штук.*
- *По составу:*
 - 75% астероидов – углеродные;
 - 17% астероидов – силикаты;
 - <8% астероидов – металлы.

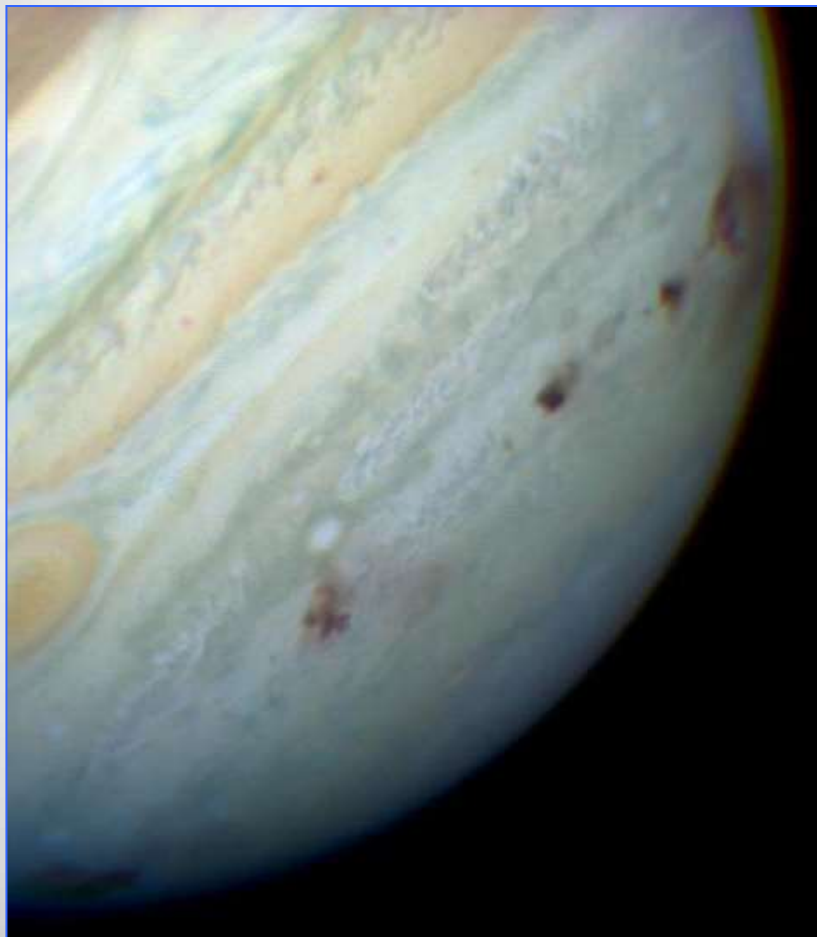


Столкновение с Землёй



- Результат столкновения с Землёй **50-метрового** астероида, летевшего со скоростью 45 000 - 60 000 км/ч (**~ 150 Мегатонн**).
- **«Челябинский метеорит»** - это взорвавшийся в атмосфере болид, диаметром в **17 м**.
- На Землю в сутки падает **5-6 тонн** метеоритов.
- Самые необычные метеориты оцениваются в **1000\$/грамм**.

Комета Шумейкеров-Леви (1994 г.)



Оценённое энергосвыделение - 6 млн мегатонн
(в 750 раз больше всего ядерного оружия Земли)

Метеоры? Метеориты? Болиды?



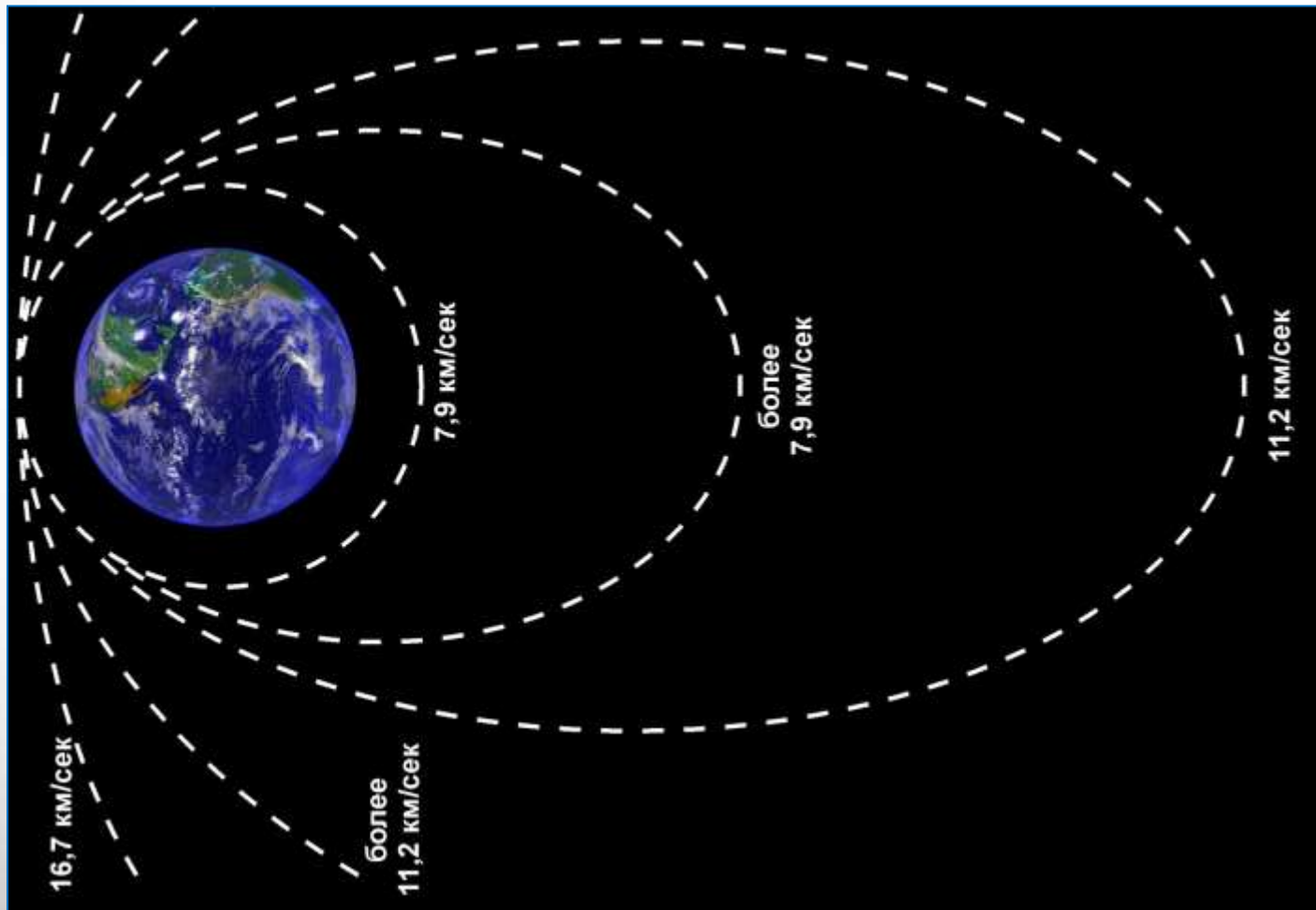
- Когда **астероид** входит в атмосферу Земли, это явление называют... **метеором**.
- **Сверх-яркий метеор** (*ярче, чем Венера на ночном небе*) называют... **болидом**.
- Если метеор **долетает** до поверхности Земли – находку называют... **метеоритом**.

Задание: Терраформирование Марса



Что такое орбита?

- **Орбита** – это траектория движения небесного тела в сфере действия притягивающих масс.



Баллистическая траектория?

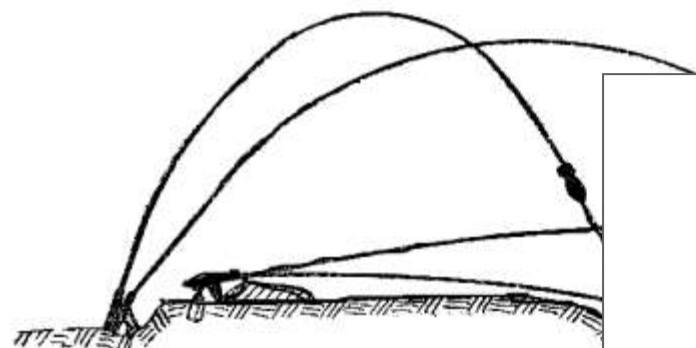
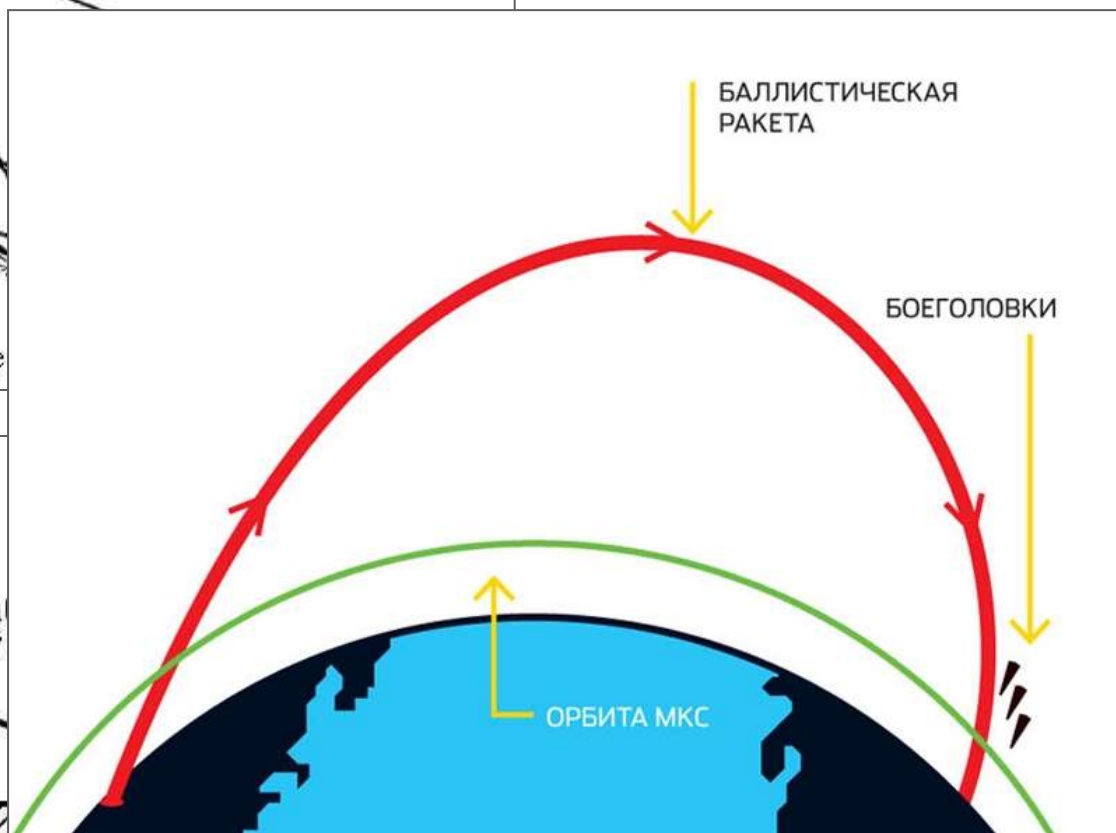
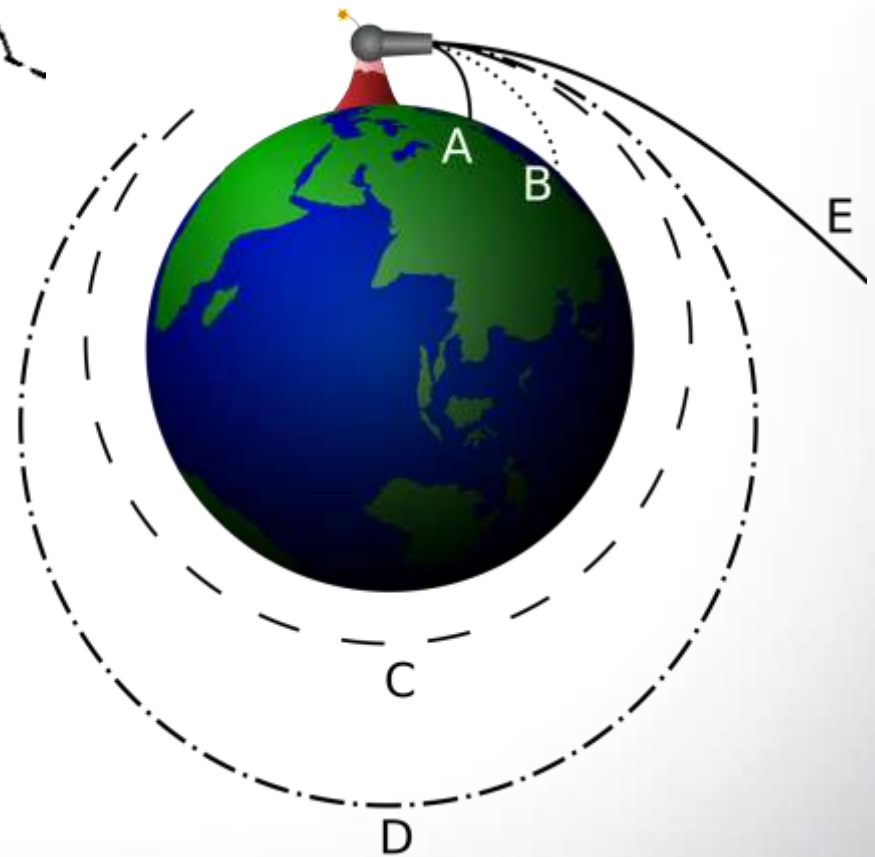
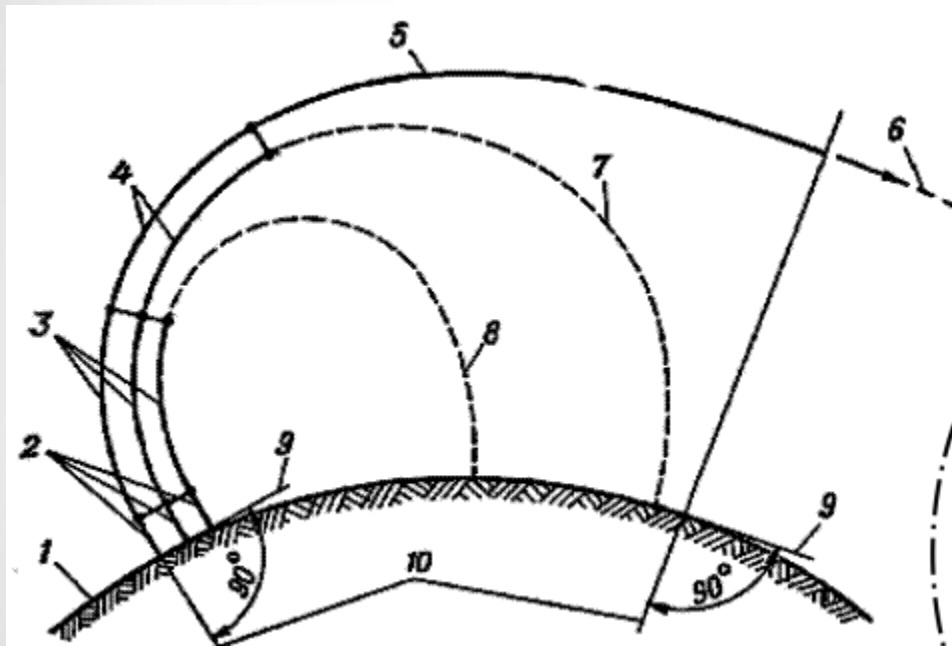


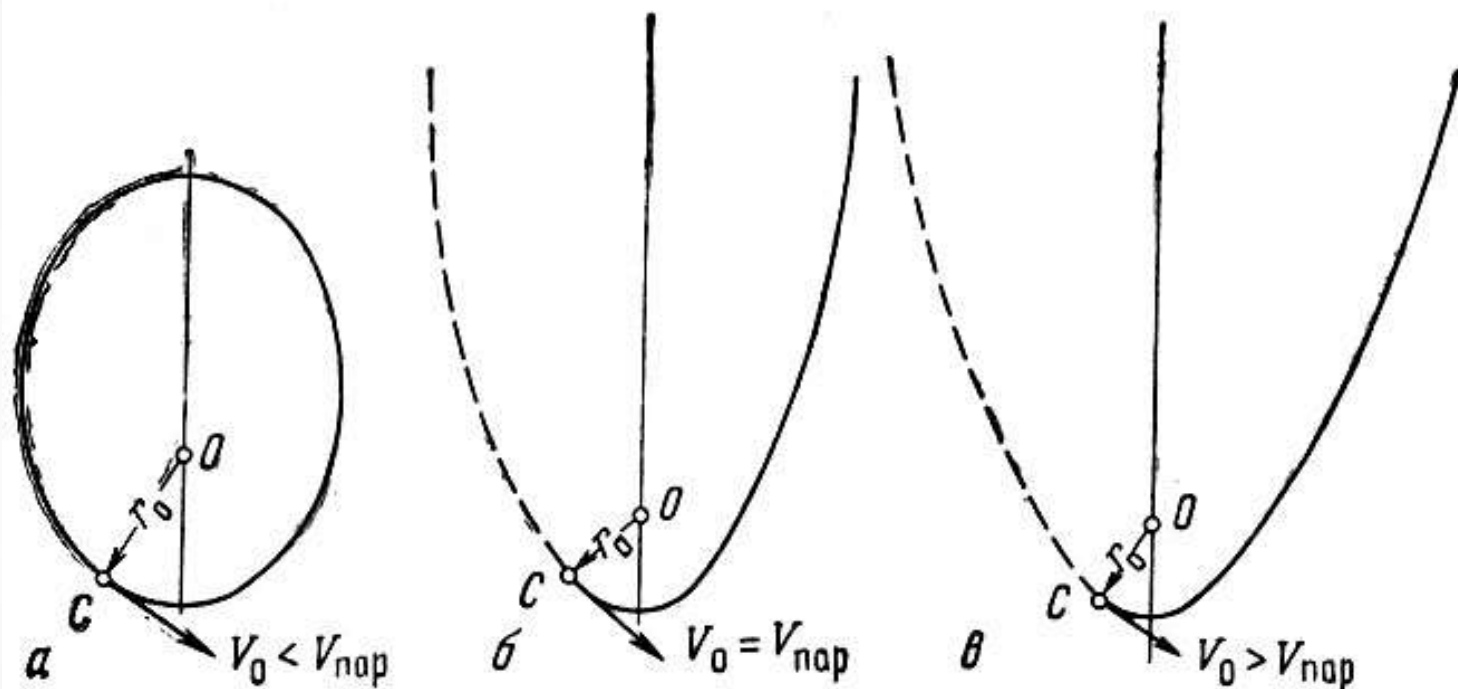
Рис. 52. Применение наве



Баллистическая траектория?



Виды орбит



*а - эллиптическая орбита;
б - параболическая орбита;
в - гиперболическая орбита.*

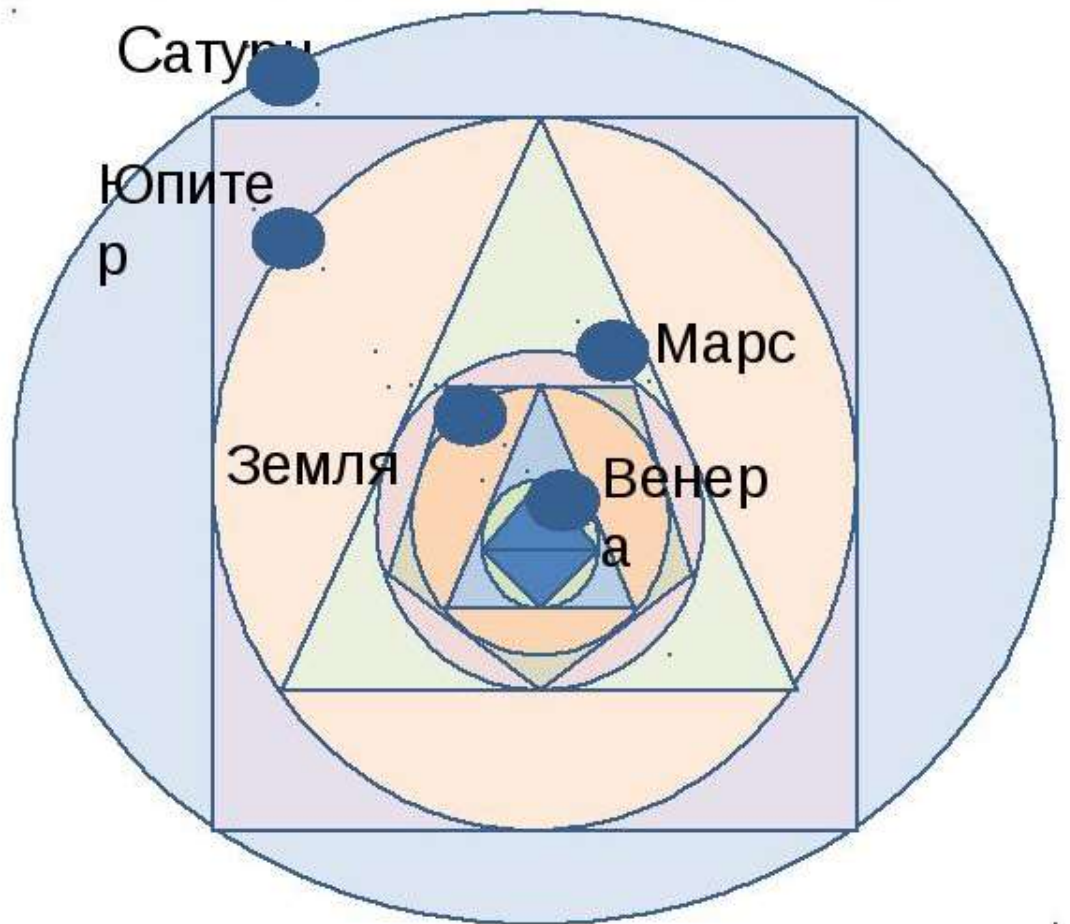
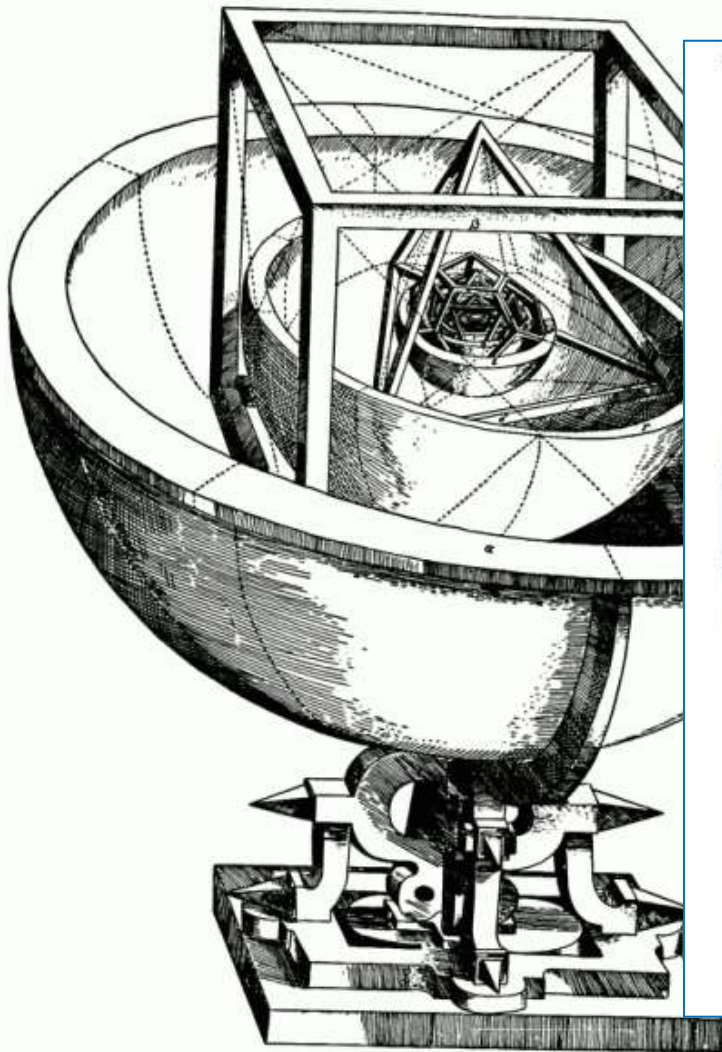
Апоцентр и перицентр орбиты

- **Апоцентр** – самая дальняя точка орбиты.
- **Перицентр** – самая ближняя точка орбиты.

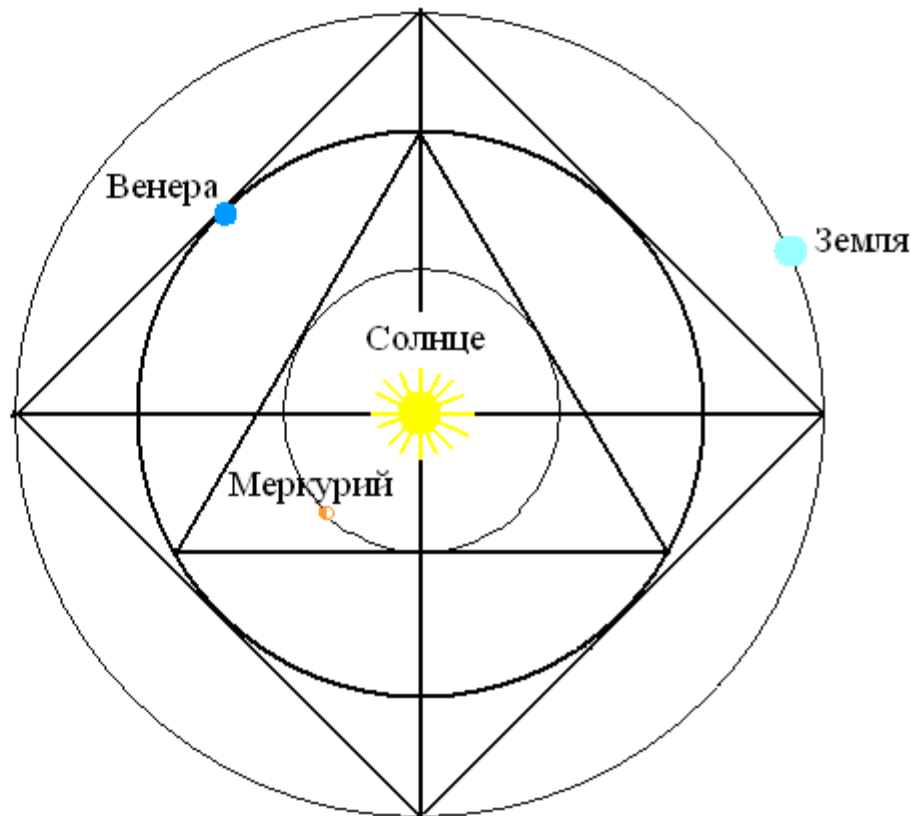
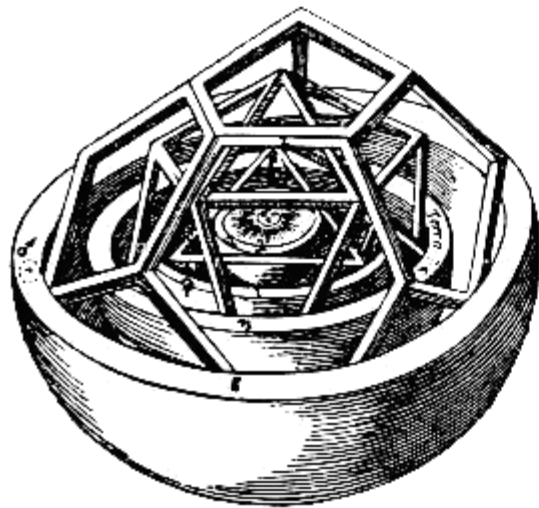
Перигей и апогей Луны



«Кубок Кеплера»



«Кубок Кеплера»



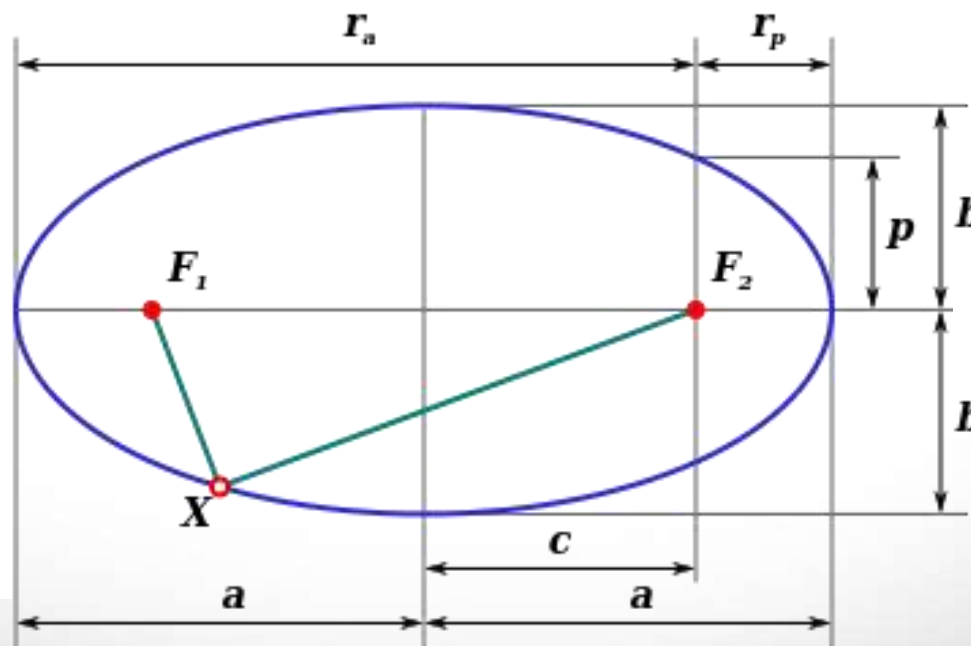
«Кубок Кеплера»



Уточнения модели

- Более поздние наблюдения Кеплера показали, что орбиты небесных тел не **столь идеальны...**
- ...однако, тела определённо **движутся по окружностям...**
- ...или (когда Кеплер и Тихо Браге провели более точные наблюдения) – **по эллипсам!**

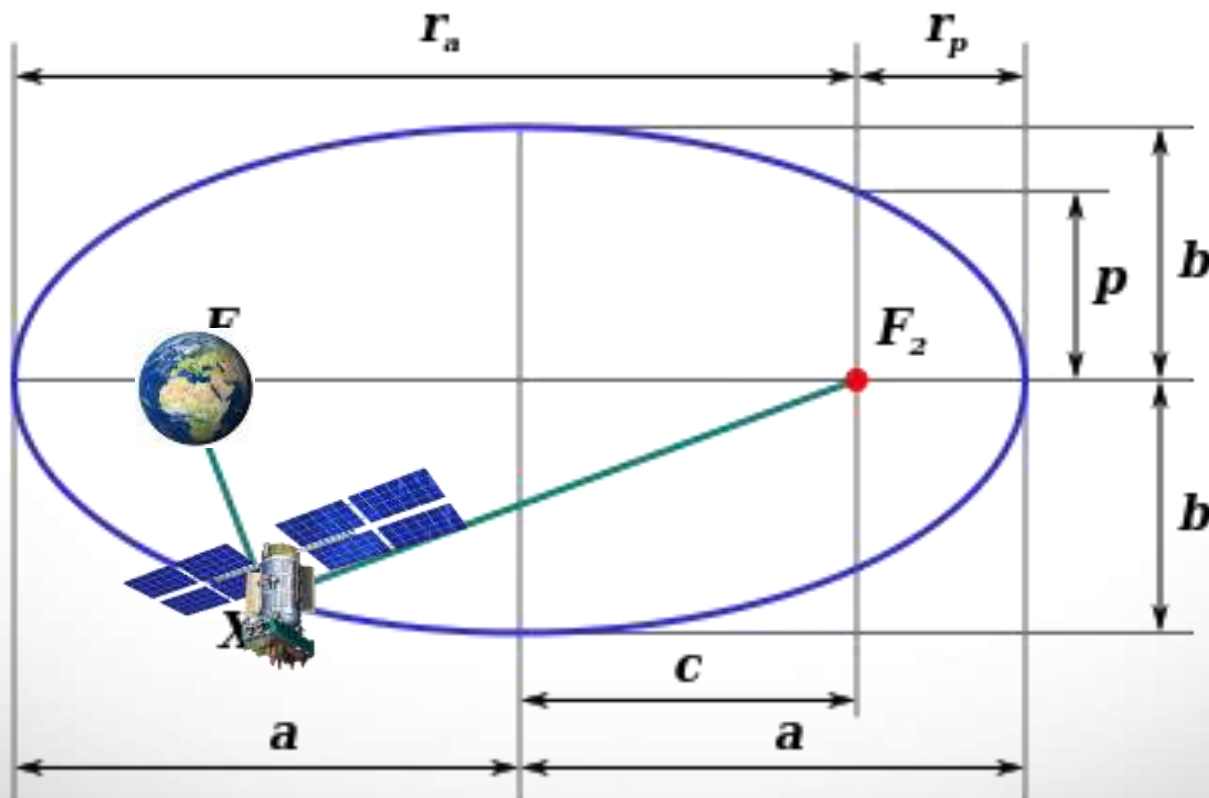
- a — большая полуось;
- b — малая полуось;
- c — фокальное расстояние (полурастояние между фокусами);
- p — фокальный параметр;
- r_p — перифокусное расстояние (минимальное расстояние от фокуса до точки на эллипсе);
- r_a — апофокусное расстояние (максимальное расстояние от фокуса до точки на эллипсе);



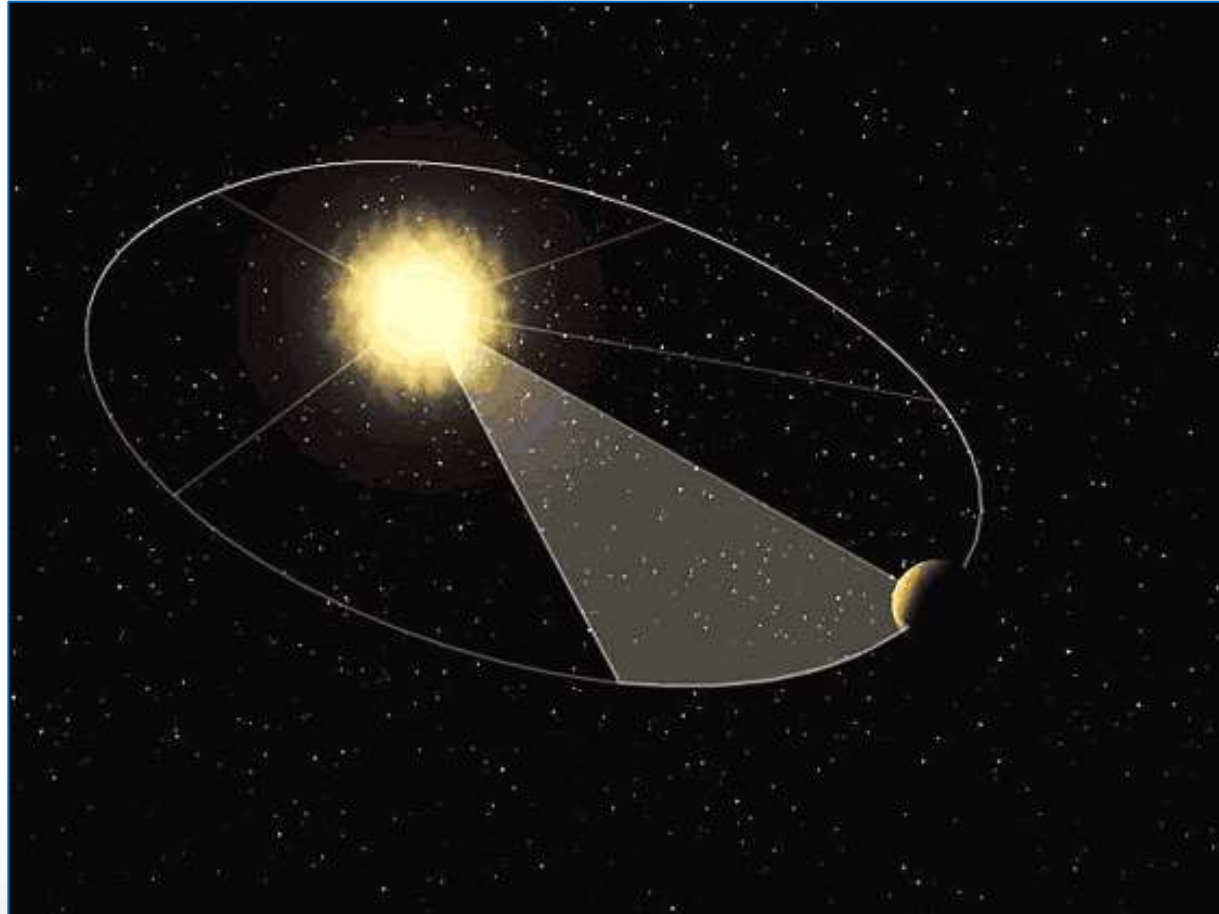
$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

Первый закон Кеплера

- Любое **небесное тело**, когда его **притягивает второе тело**, будет двигаться **вокруг второго тела по эллипсу**.
- Причём **второе тело** будет находиться в **фокусе эллипса**.

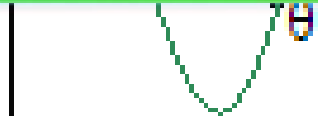


Второй закон Кеплера



Скорость в апоцентре и перицентре

- **Скорость в апоцентре** – минимальна.
- **Скорость в перицентре** – максимальна.



A



v_p —

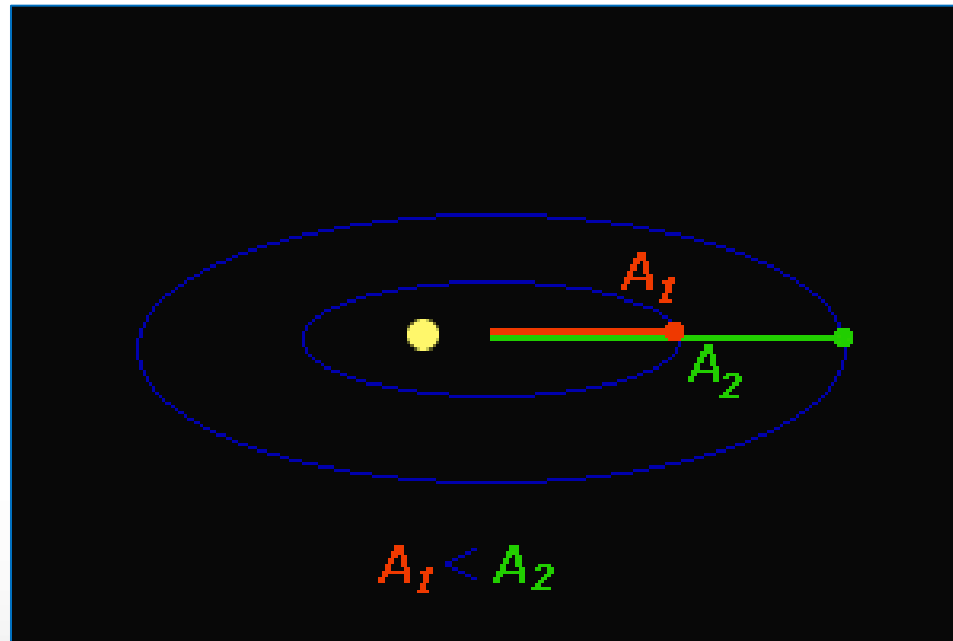
v_a —



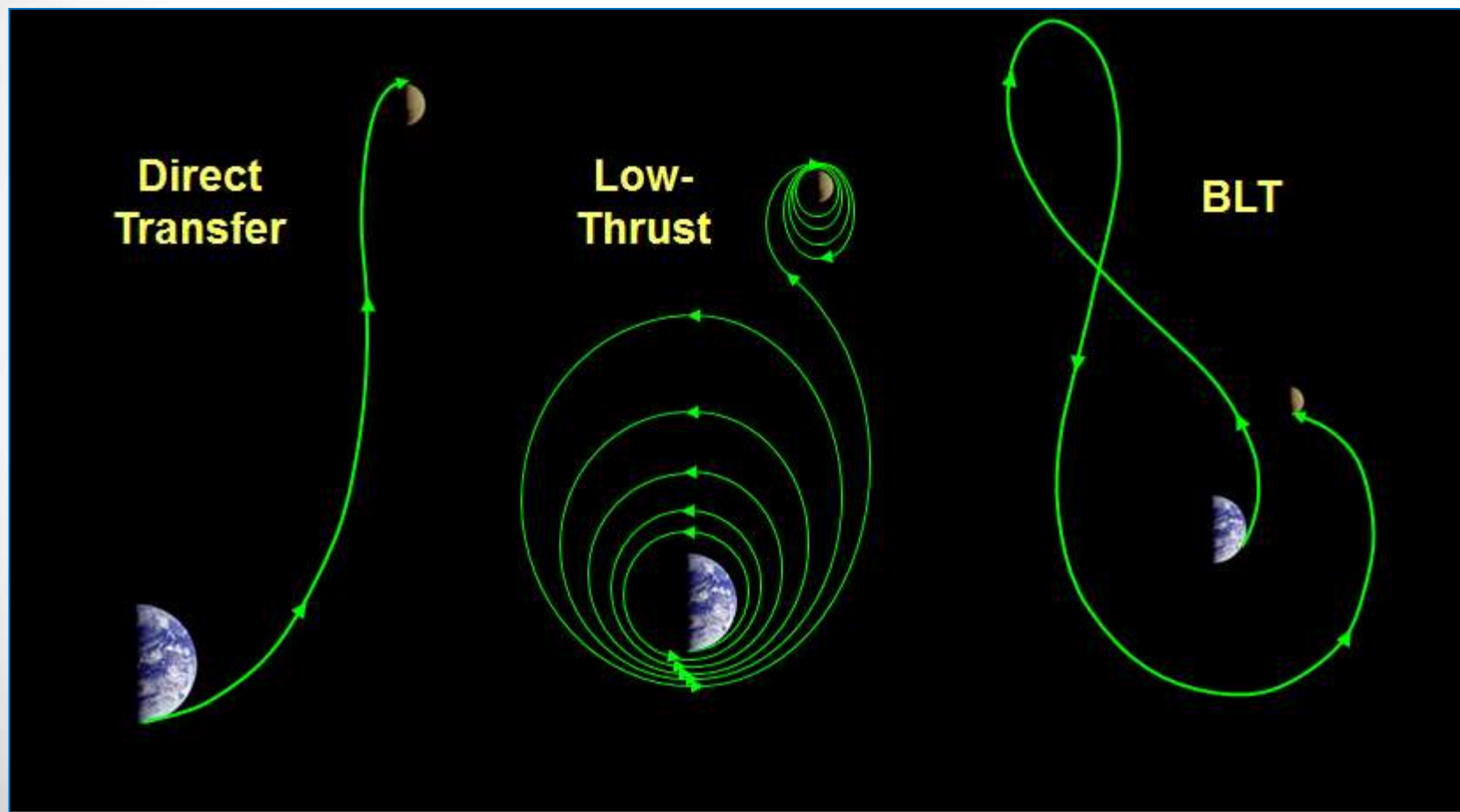
Третий закон Кеплера

- Квадраты **периодов обращений** «планет» вокруг «Солнца» пропорциональны кубам **больших полуосей** их орбит.
- Иными словами, **чем дальше** «планета» от «Солнца», тем **больше времени** требуется для совершения **полного оборота**.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$



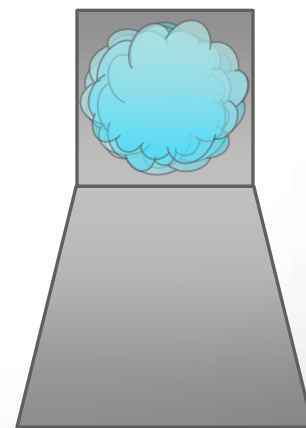
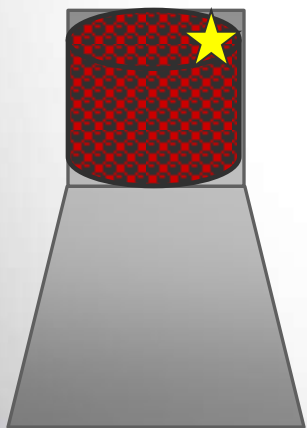
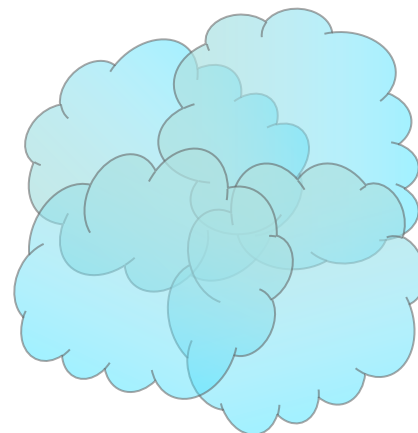
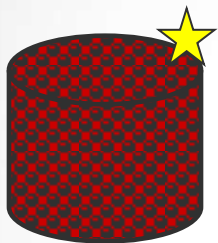
Полёт на Луну



Реактивное движение

- **Закон сохранения импульса:** *если внешних сил нет, то количество движения остаётся неизменным.*
(в расчёте на кг)
- Для того, чтобы **ускориться**, нужно от чего-то **отталкиваться** – от Земли, от воздуха... от других предметов...
- Чтобы двинуться **самим**, надо что-то **оттолкнуть в другую сторону**.
- Мы будем двигаться в одну сторону, предмет в другую, количество движения **в сумме** не изменится.
- Для одного и того же количества движения, мы можем **отталкивать**:
 - Что-то **тяжёлое** – очень медленно;
 - Что-то **лёгкое** – быстро;
 - Что-то **очень лёгкое** – очень быстро.

Реактивное движение?

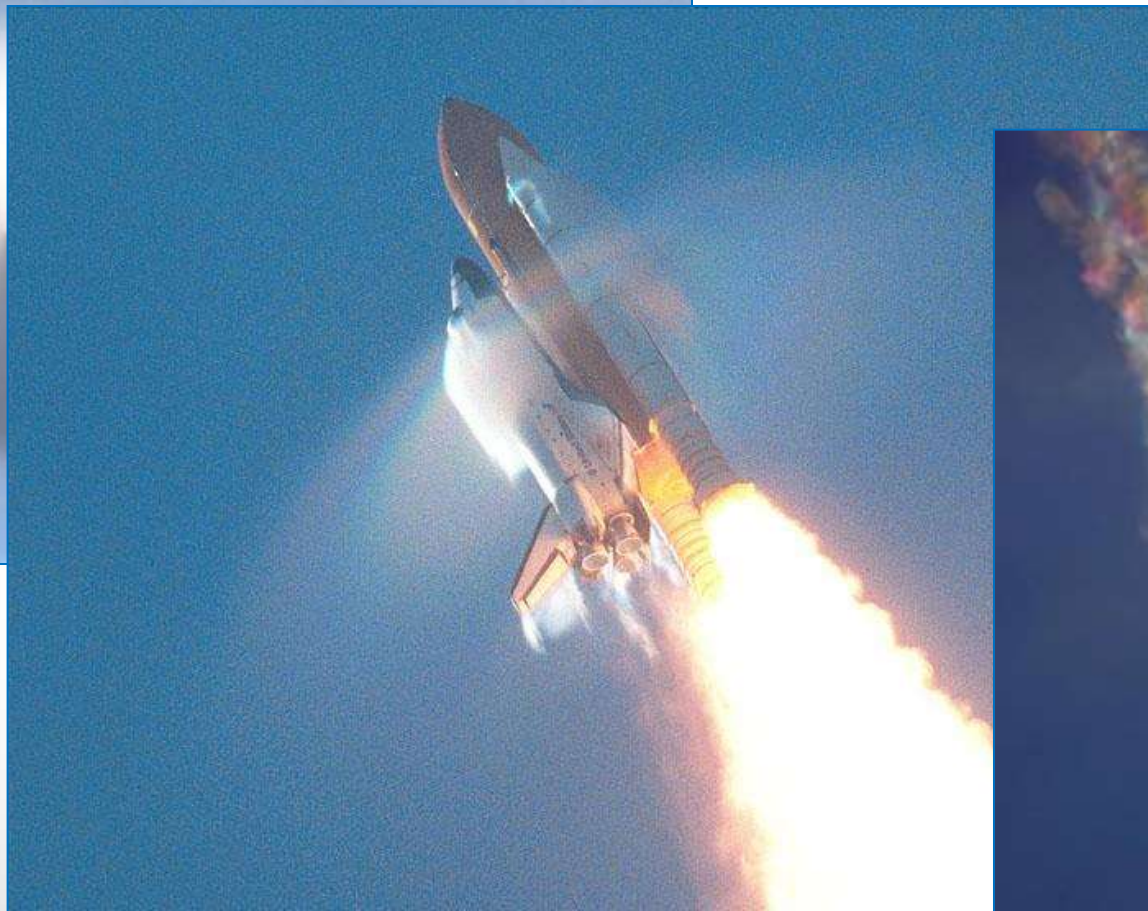


2500-4500 м/с

Что такое взрыв?

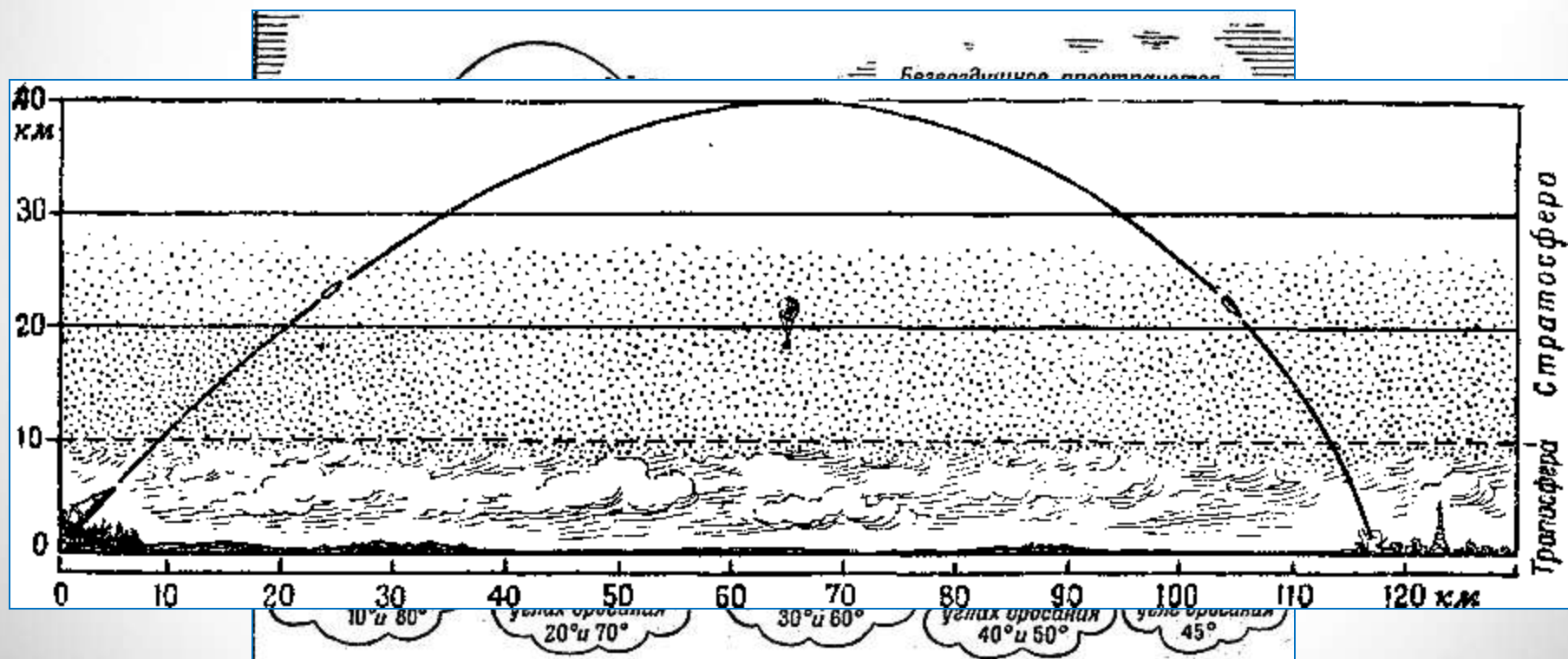


Звуковой барьер



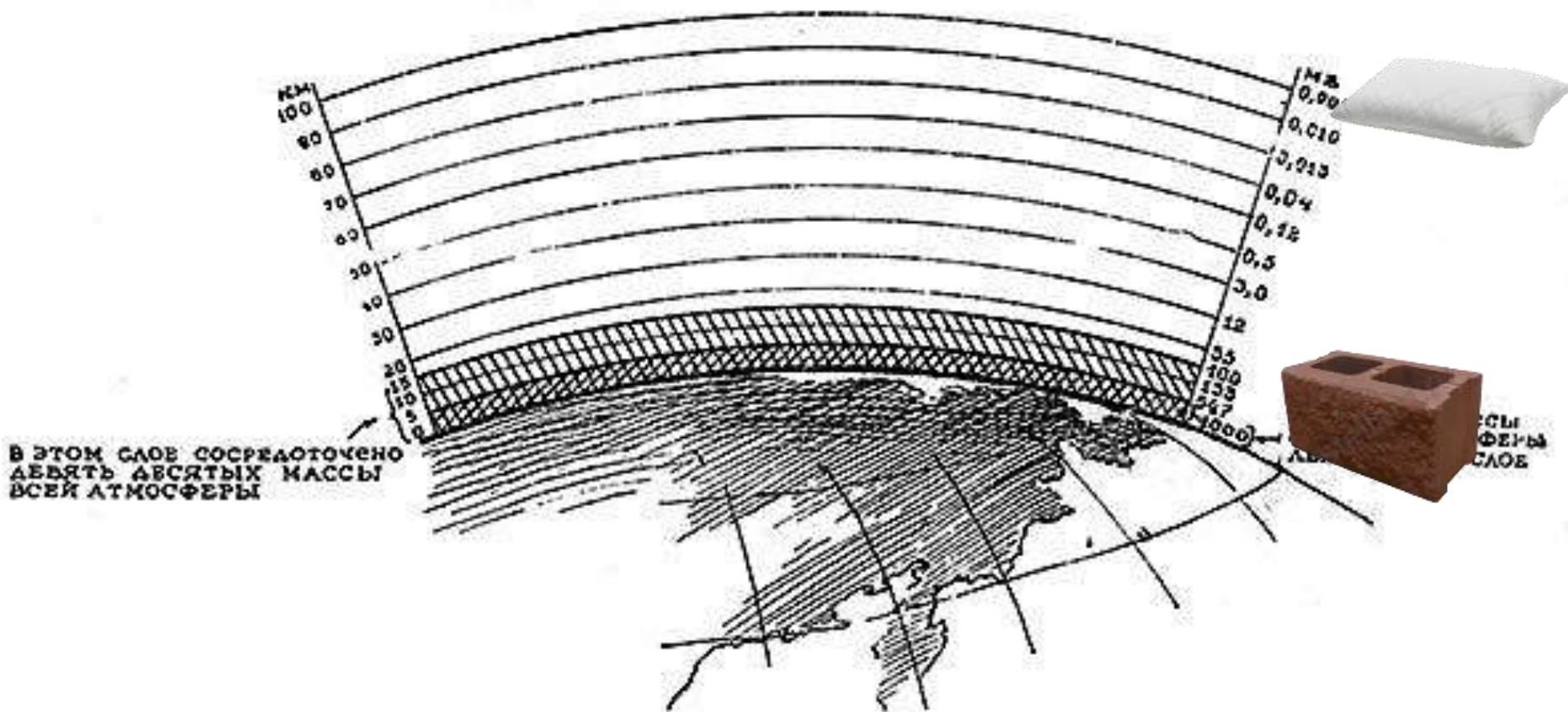
Наблюдение артиллеристов

- Обычно, для максимальной дальности, стреляют под углами **30-45 гр.** к горизонту

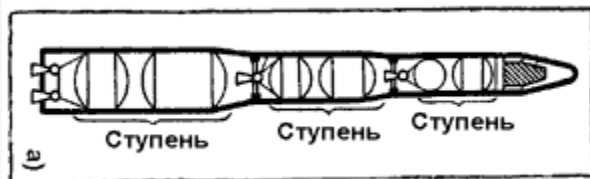


- Если увеличить **мощность выстрела**, то снаряды почему-то летят заметно дальше именно если стрелять под **большим углом**...

Толщина атмосферы

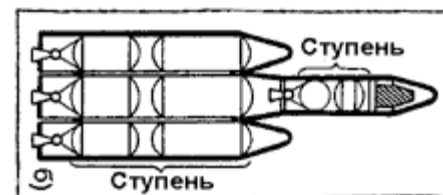


Схемы компоновки ступеней



- Продольная

- Низкое аэродинамическое сопротивление.
- Возможно более безопасное разделение ступеней.
- Вытянутая конструкция – требует более тщательной балансировки и управления.
- На элементы ракеты действуют большие вертикальные нагрузки.



- Поперечная

- Повышенное сопротивление воздуха.
- Можно использовать много двигателей одновременно.
- Допустимо сбрасывать отдельные баки.
- Более приземистая и легко управляемая.
- Для отделения ступеней требуются доп. меры.

Не хочу отстреливать ступени!

- Первая ступень отрывает от Земли:

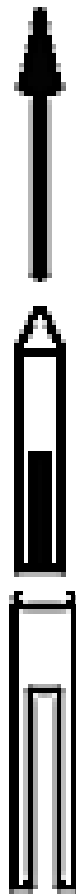
$$M_0 = M_{\text{КА}} + M_{\text{баков+двиг. 1 ступ.}} + M_{\text{топл. 1. ступ}} \\ + M_{\text{баков+двиг. 2 ступ.}} + M_{\text{топл. 2. ступ}}$$

- Первую ступень **не отбросили**, вторая тянет вверх:

$$M_A = M_{\text{КА}} + M_{\text{баков+двиг. 1 ступ.}} + \cancel{M_{\text{топл. 1. ступ}}} \\ + M_{\text{баков+двиг. 2 ступ.}} + M_{\text{топл. 2. ступ}}$$

- Первую ступень **отбросили**, вторая тянет вверх:

$$M_A = M_{\text{КА}} + \cancel{M_{\text{баков+двиг. 1 ступ.}}} + \cancel{M_{\text{топл. 1. ступ}}} \\ + M_{\text{баков+двиг. 2 ступ.}} + M_{\text{топл. 2. ступ}}$$



Формула Циолковского (1897 г.)

$$V = I \cdot \ln \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\ln(x) = \log_{2.72}(x)$$

- **V** – конечная скорость ракеты после сжигания всего топлива
- **I** – удельный импульс – кол-во движения (**мощность толчка**) от **сжигания 1 кг топлива**.
- **M₁** – стартовая масса ракеты
- **M₂** – конечная масса ракеты

Чем меньше M₂ – тем больше скорость!

Расчёт параметров ракеты

- Соотношение «тяга/вес»:
 - < 1 – ракета не взлетит;
 - $= 1$ – ракета зависает в воздухе;
 - > 1 – ракета взлетит (*больше – быстрее*).
- ΔV [м/с]:
 - какую скорость ракета **могла бы развить**, находясь она **вдалеке** от любых притягивающих масс – планет, звёзд и т.п.
 - имеет смысл **запаса возможностей** по ускорению/торможению
- Скорость прогорания топлива [с]:
 - *эффект Оберта* – чем **быстрее** двигатель **потратит своё топливо**, тем **эффективнее** оно будет израсходовано

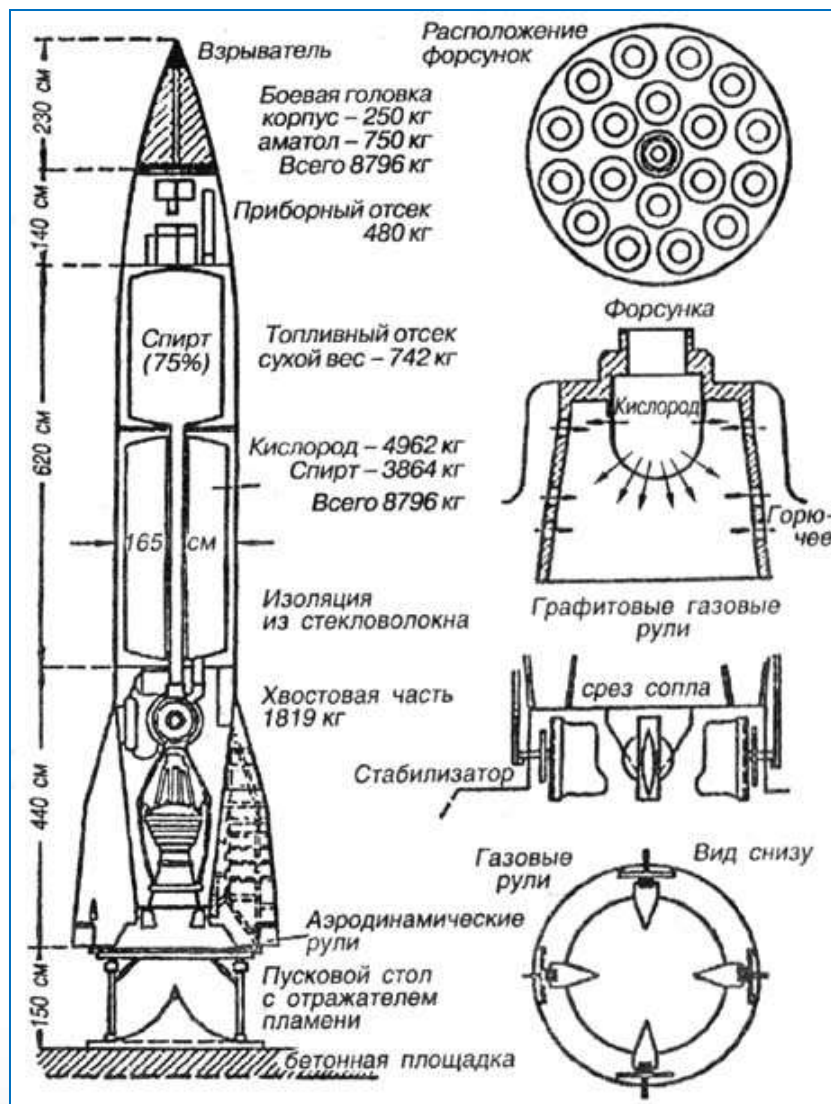
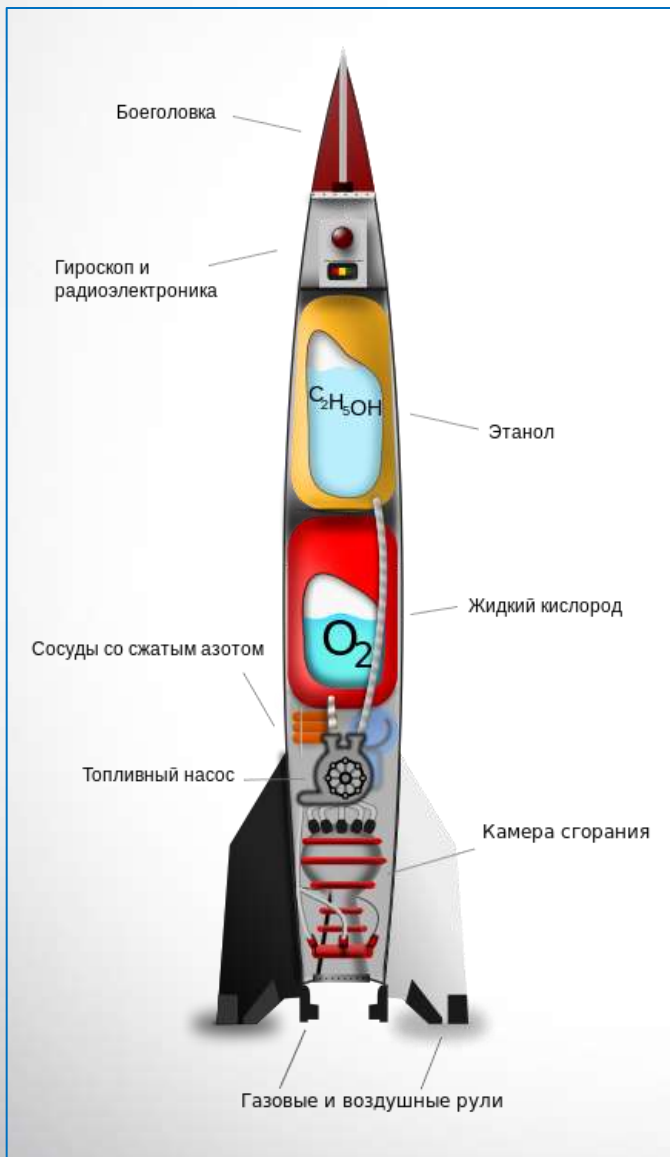


Первая баллистическая ракета (1942 г.)

- Первой баллистической ракетой в истории была **Фау-2 (V-2)**.
- **Германия**, ограниченная в военных технологиях после поражения Первой мировой, начала эксперименты в **30-х**.
- Параметры V-2:
 - Дальность стрельбы ~ **320 км**
 - Система управления – **инерциальная**
 - Длина – **14 м**
 - Вес заправленный – **12.5 тонн**
 - Масса БЧ – **1000 кг**
 - **H_{max}** траектории ~**70 км**
 - Скорость в конце работы двигателя ~**1.4 км/с**
- V-2 является предшественником современных баллистических ракет.



Устройство V-2

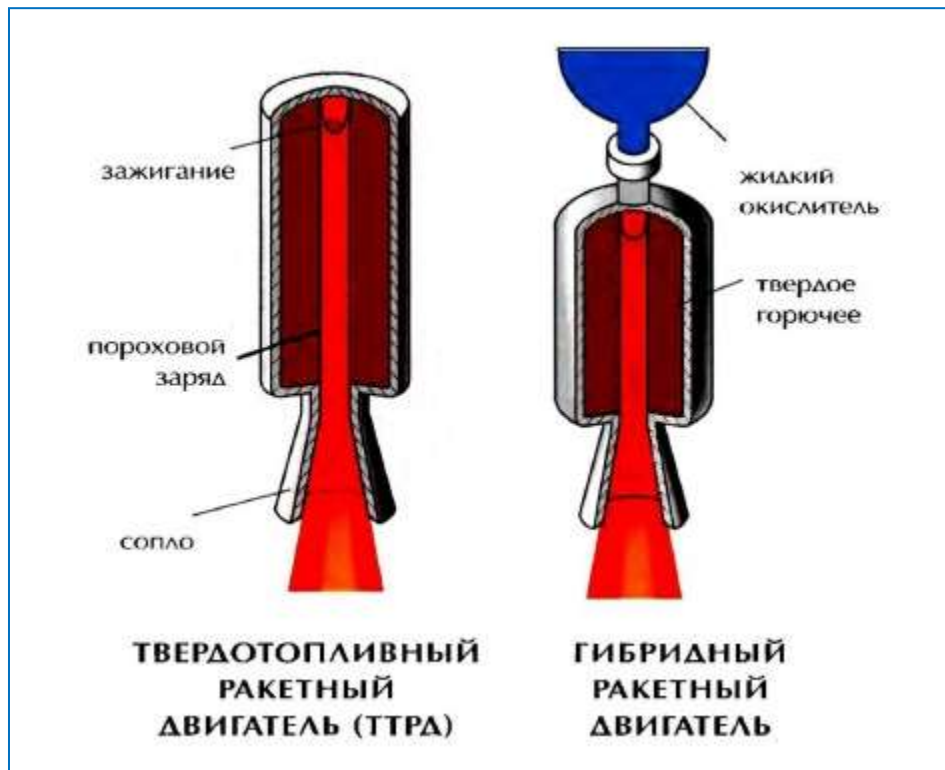
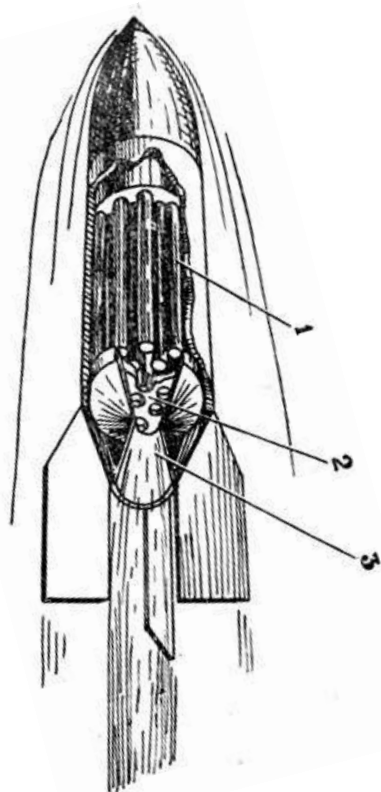


Навигационная система V-2



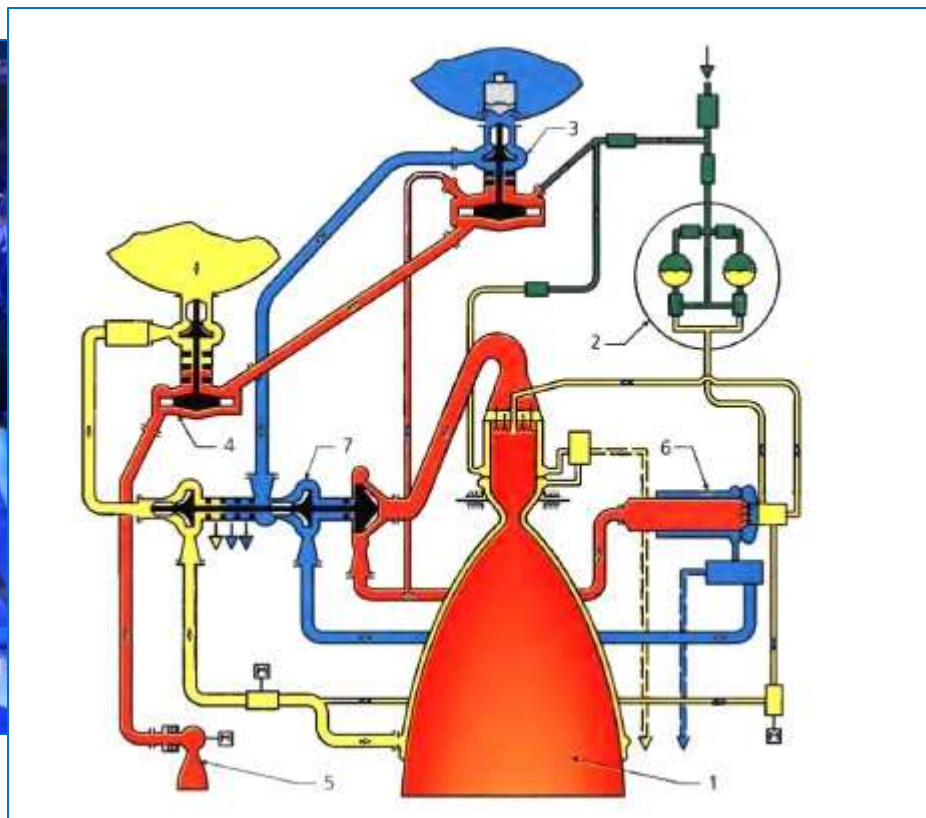
- Точность ~ 10 км

Твердотопливные двигатели (ТТРД)



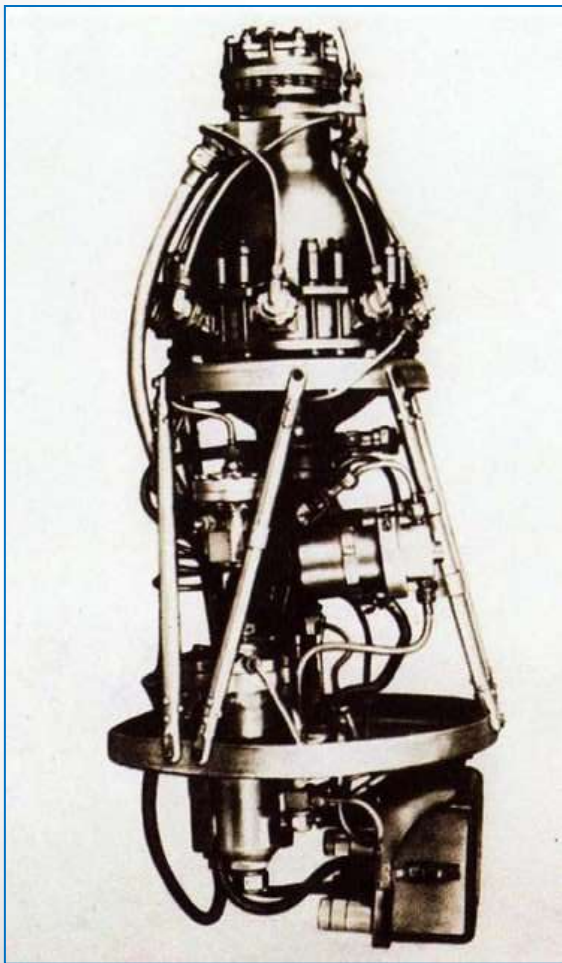
- Известны с ~900 г. н.э.

Жидкостные двигатели (ЖРД)



- Активно используются с начала XX века

Виды конструкции ЖРД

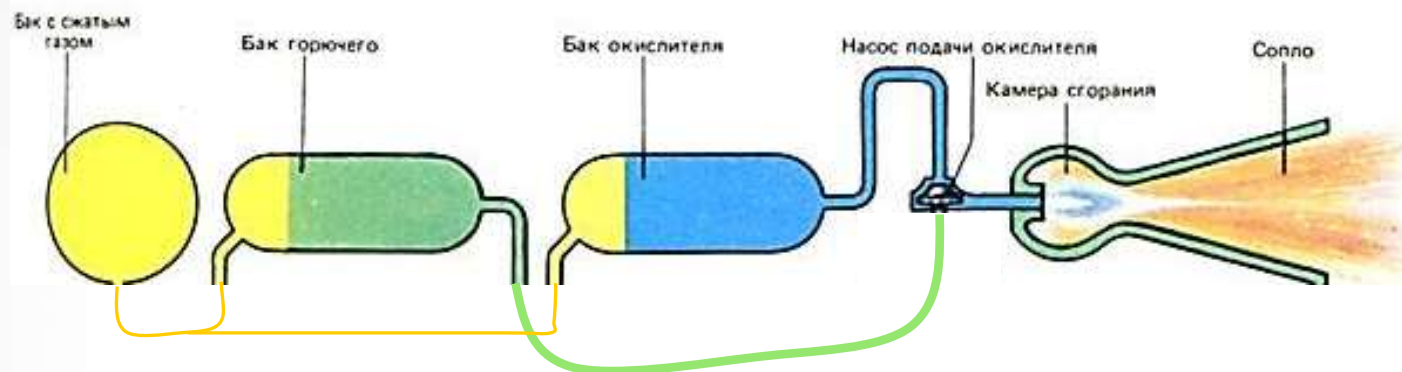


- Вытеснительная



- (Турбо)насосная

Вытеснительные ЖРД



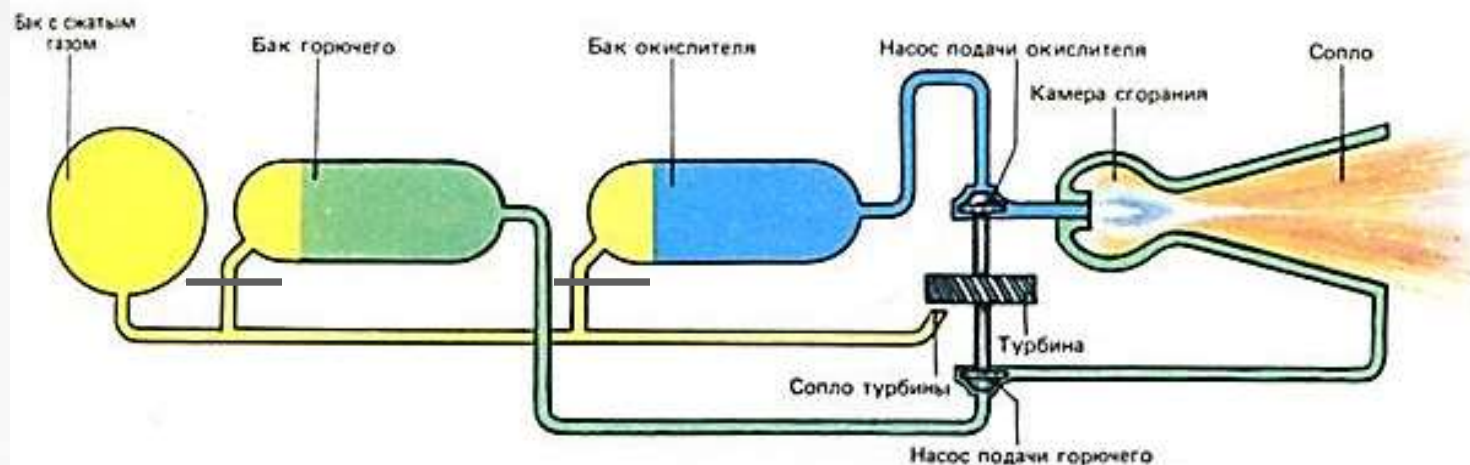
«+»:

- **Надёжная** схема – давление газа из баллона **превозмогает** небольшие трудности
- Минимум деталей, **простота**
- Не зависит от **режима работы** двигателя

«-»:

- **Большое давление** в системе – нужны более прочные трубопроводы
- Газ (и его баллон) – **лишний вес**, и он летит с ракетой до конца
- В баках должны быть **мембраны**, чтобы газ не пузырился и не смешивался с топливом / окислителем

(Турбо)насосные ЖРД



«+»:

«-»:

- Более **лёгкая конструкция** – насос создаёт разницу давлений, которая **высасывает** топливо и окислитель
- Очень прочные баки **не нужны**
- На валу турбины можно поставить **генератор** и получать дополнительное **электричество**

- **Усложнение конструкции** – больше частей, вероятнее отказ
- **Насос и турбина** содержат движущиеся части, могут забиться и заклинить
- На вращение турбины **тратится энергия двигателя**

Характеристики топлива

Окислитель	Горючее	Плотность, кг/м ³	Удельный импульс тяги, м/с	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
Азотная кислота	Керосин	1400	2900	6100
Жидкий кислород	Керосин	1036	3283	9200
Жидкий кислород	Жидкий водород	345	4164	13400
Жидкий кислород	НДМГ	1000	3381	9200
Жидкий фтор	НДМГ	1312	4275	9350



Что получалось?

- **Р-1** (1948 г.) – первая баллистическая ракета Королёва. Копия «Фау-2» с доработками.
- **Р-2** (1950 г.) – улучшенная версия Р-1 с существенными доработками, принята на вооружение. Дальность – 600 км.
- **Р-5** (1953-1955 г.) – улучшенная версия Р-2. Дальность – 1200 км. Впервые в мире несла ядерный заряд. Была принята на вооружение.
- **Р-7** (1948(54)-1957 г.) – первая отечественная полноценная космическая ракета. Используется до сих пор. Единственная ракета СССР/России для пилотируемых запусков.

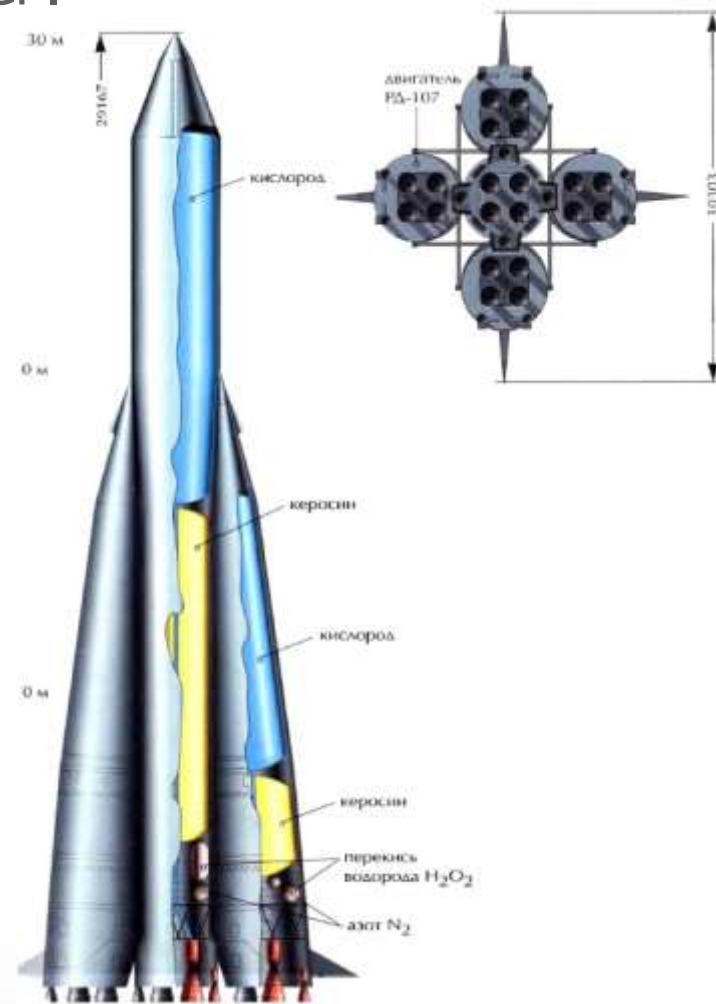
Ракета Р-7 (1957 г.)

- Первая межконтинентальная баллистическая ракета СССР – Р-7.
- Ракета существовала в двух вариантах – «космическом» (вывод спутников) и «военном» - для забрасывания ядерных зарядов.
- Параметры Р-7:
 - Дальность стрельбы ~ **8240 км**
 - Система управления – **смешанная**
 - Длина ~ **34.2 м**
 - Вес заправленный ~ **275 тонн**
 - Из них топлива ~ **253 тонн**
 - Масса БЧ – **5400 кг**
 - Топливо: керосин + жидкий кислород
- На 2011 год было совершено 1783 запуска ракет семейства Р-7, из них 96% – успешно.

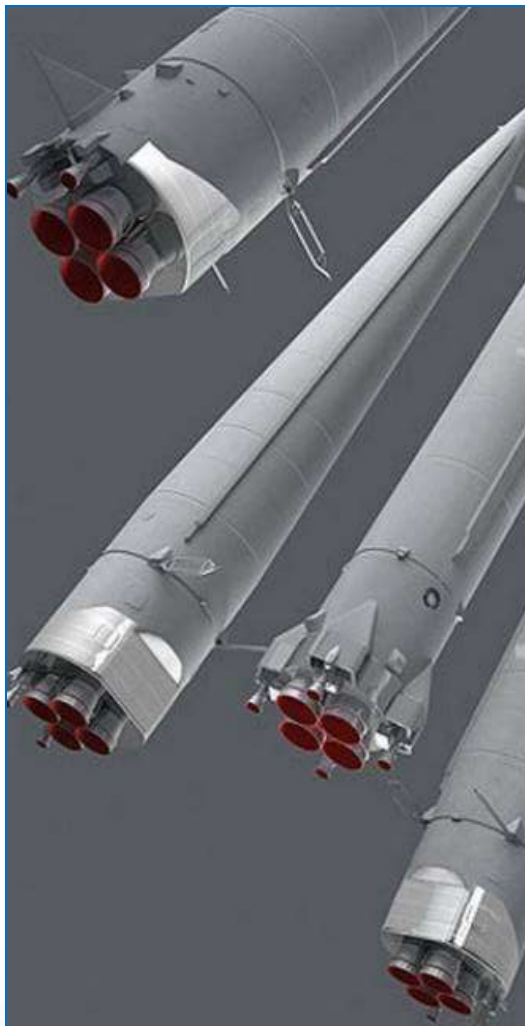


Особенности Р-7

- **Р-7** – первая **двухступенчатая** МБР СССР.
- Первая ступень – это **4 боковых блока**.
- Вторая ступень – **центральный блок**.
- Для боковых блоков использовался двигатель **РД-107**, для центрального – его модификация, **РД-108**.
- Все двигатели включаются **одновременно и на Земле**.
- Органы управления – **воздушные рули** и **отклоняемые рулевые камеры**.



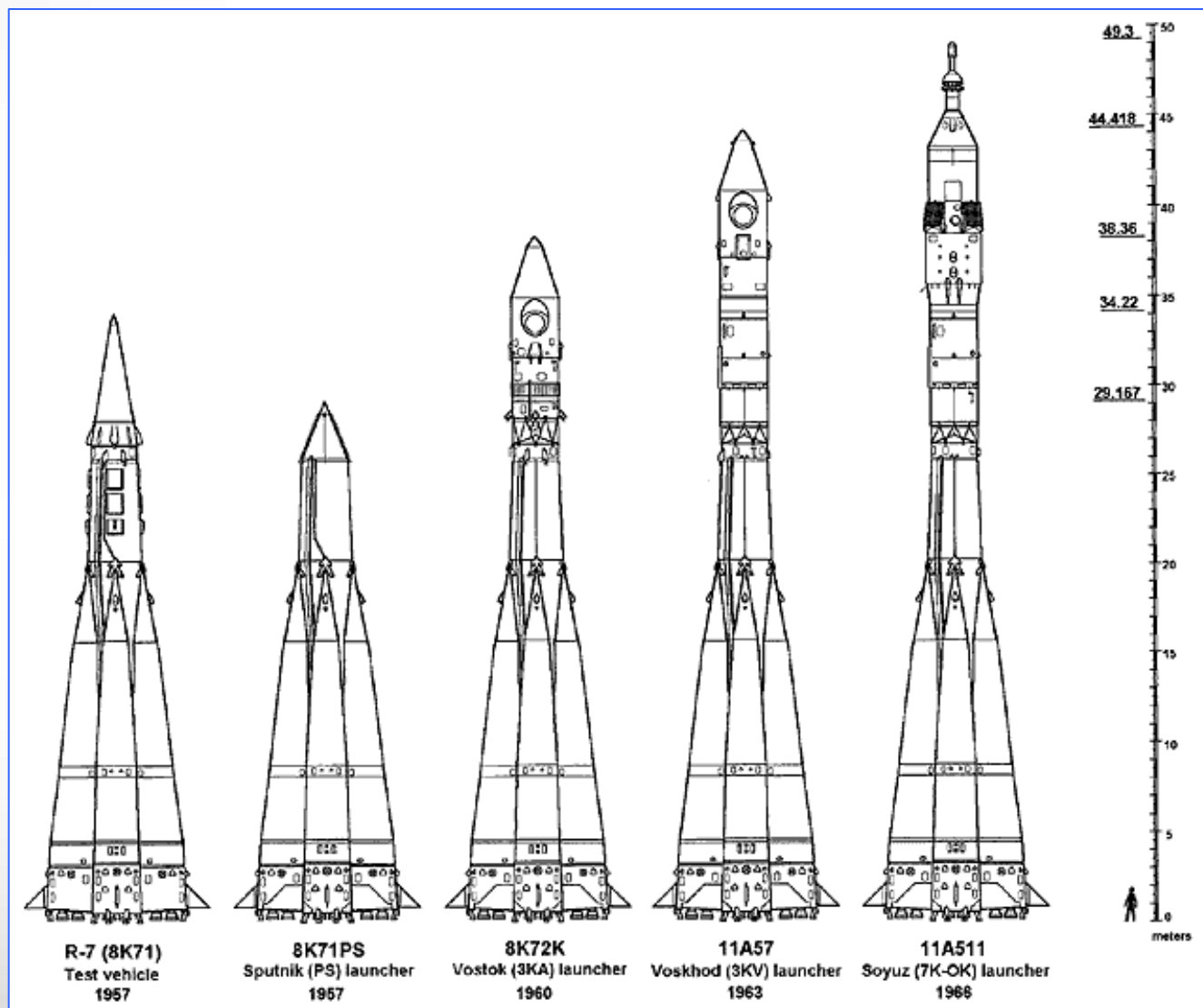
Связи между ступенями



Стяжки!



Эволюция Р-7





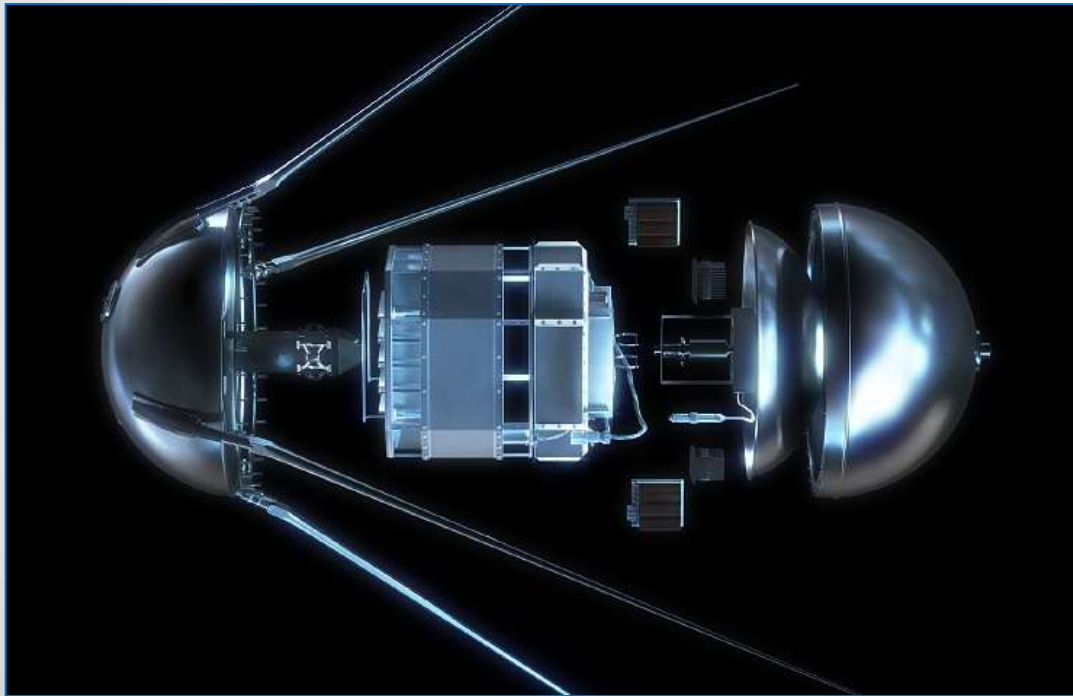
12

АПРЕЛЯ

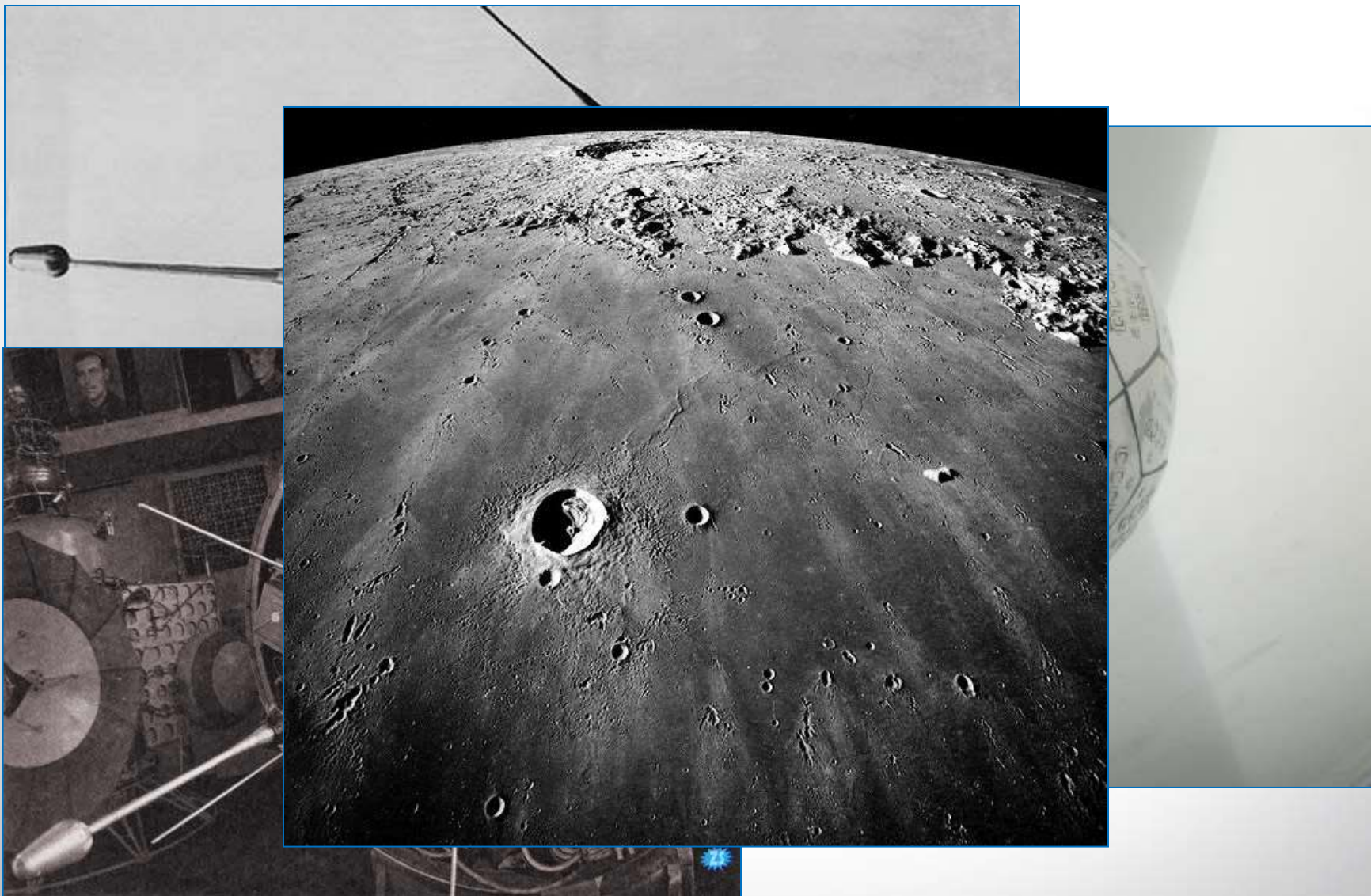
СКАЗКА СТАЛА БЫЛЬЮ

Первые шаги в космосе

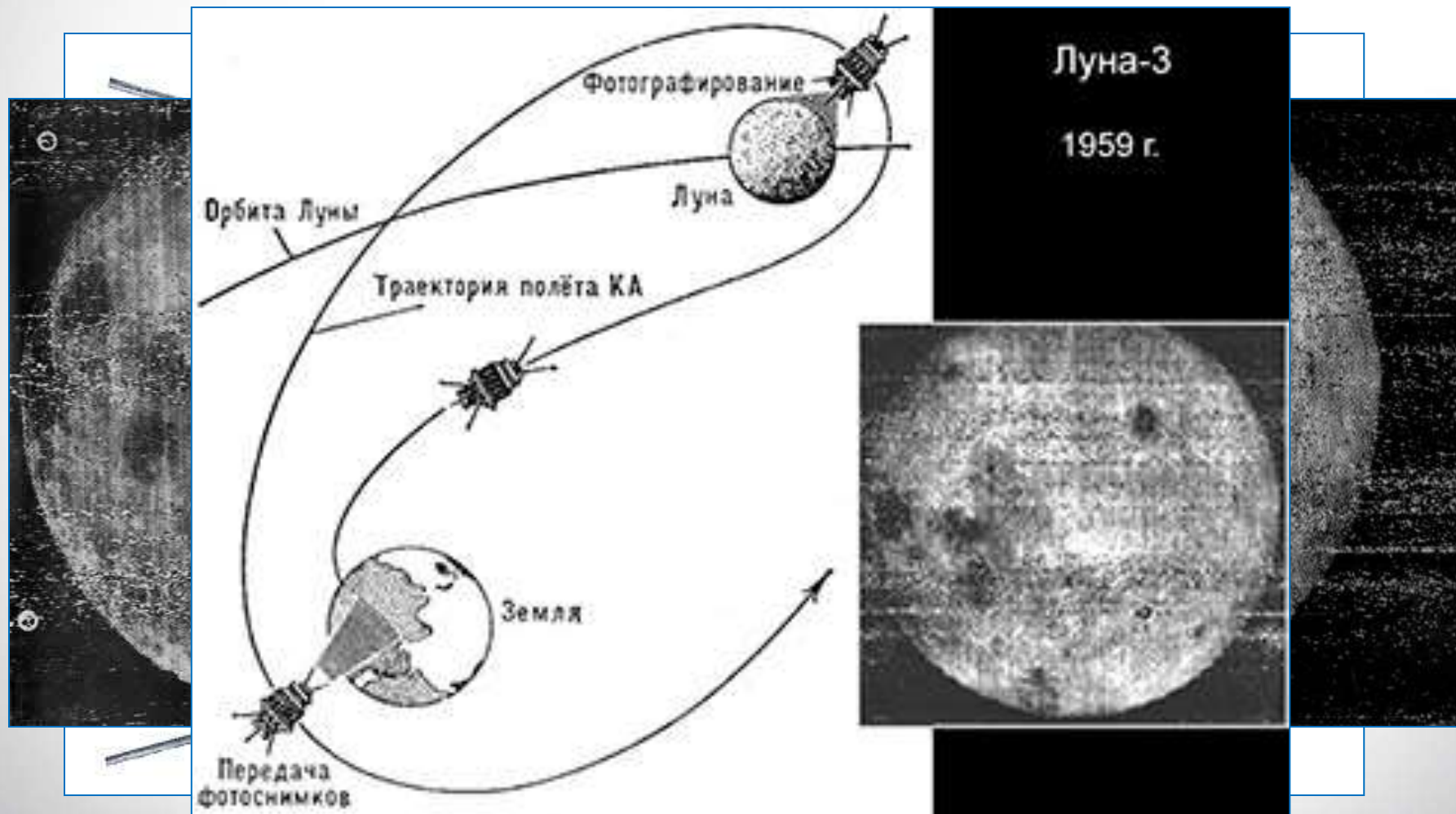
«ПС-1»



Луна-2 – 14 сентября 1959 г.



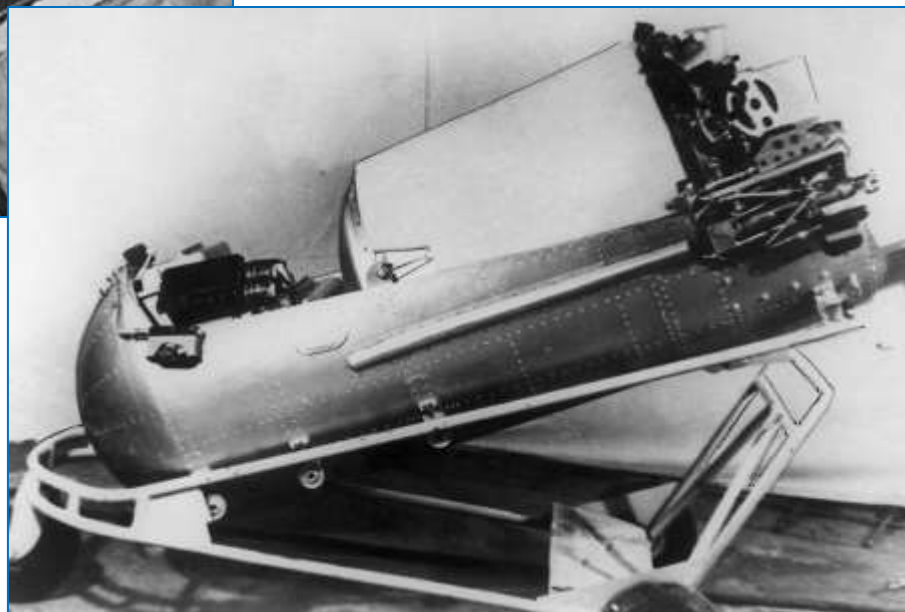
Луна-3 – 4 октября 1959 г.



Спутник-5 – 19 августа 1960 г.



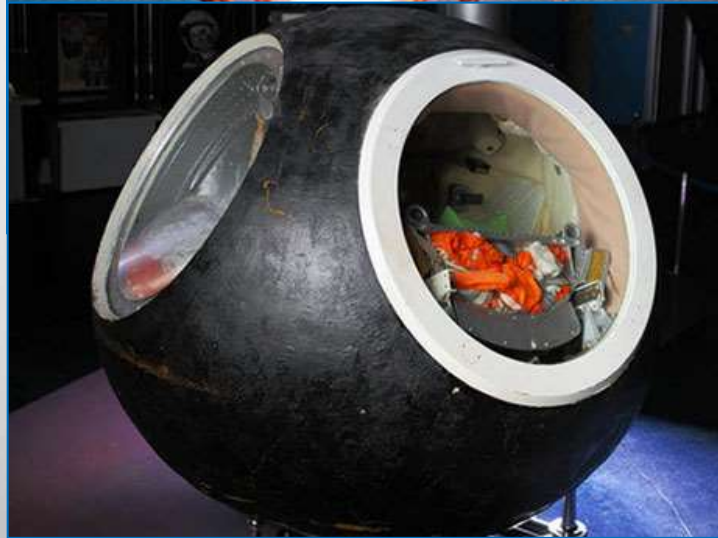
- Белка и Стрелка



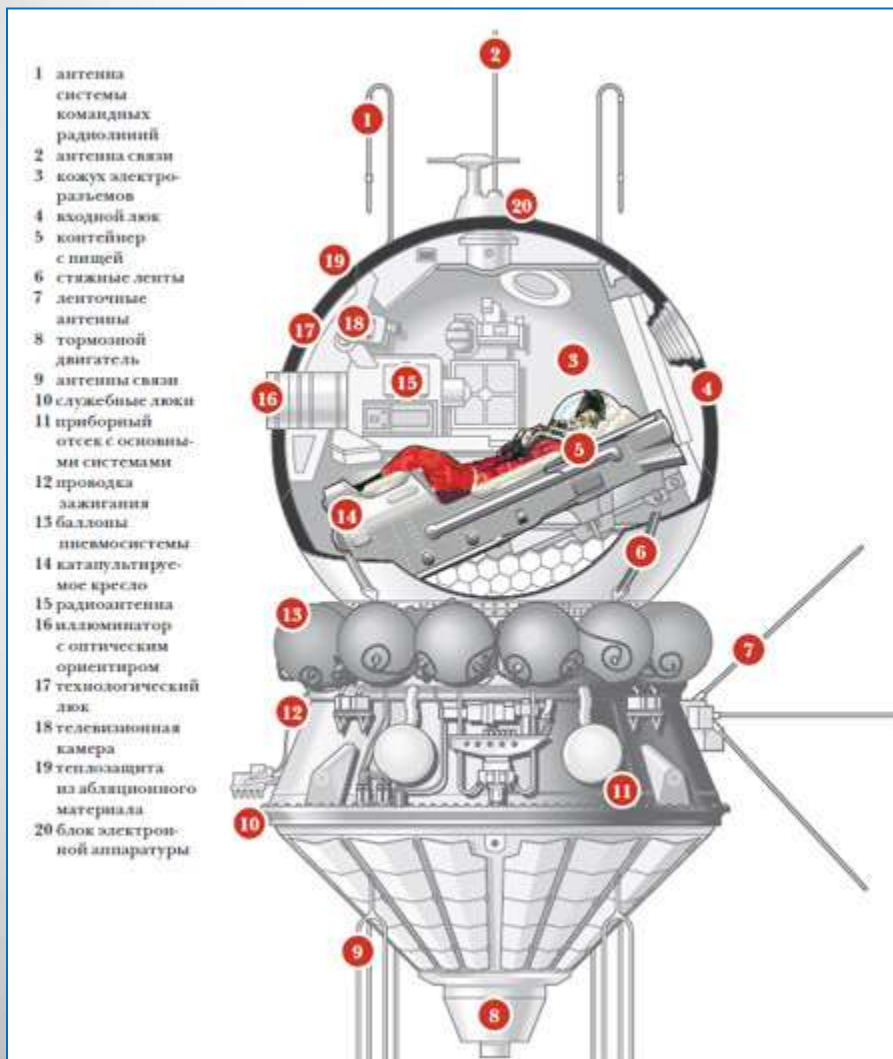
Спутник-5 – 19 августа 1960 г.



Восток-1 – 12 апреля 1961 г.



Восток-1 – 12 апреля 1961 г.



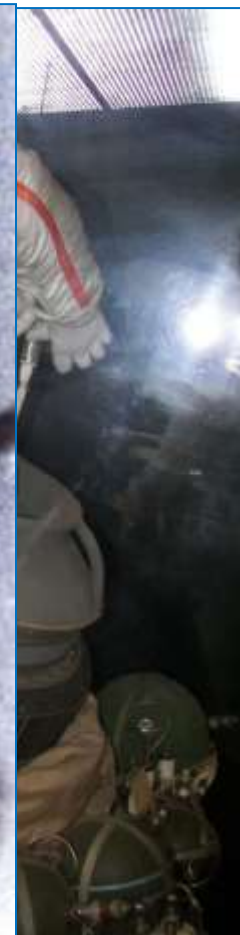
Восток-1 – 12 апреля 1961 г.



Восток-1 – 12 апреля 1961 г.



Восход-2 (1965 г.)



- **Алексей Леонов**

Луна-9 (1966 г.)



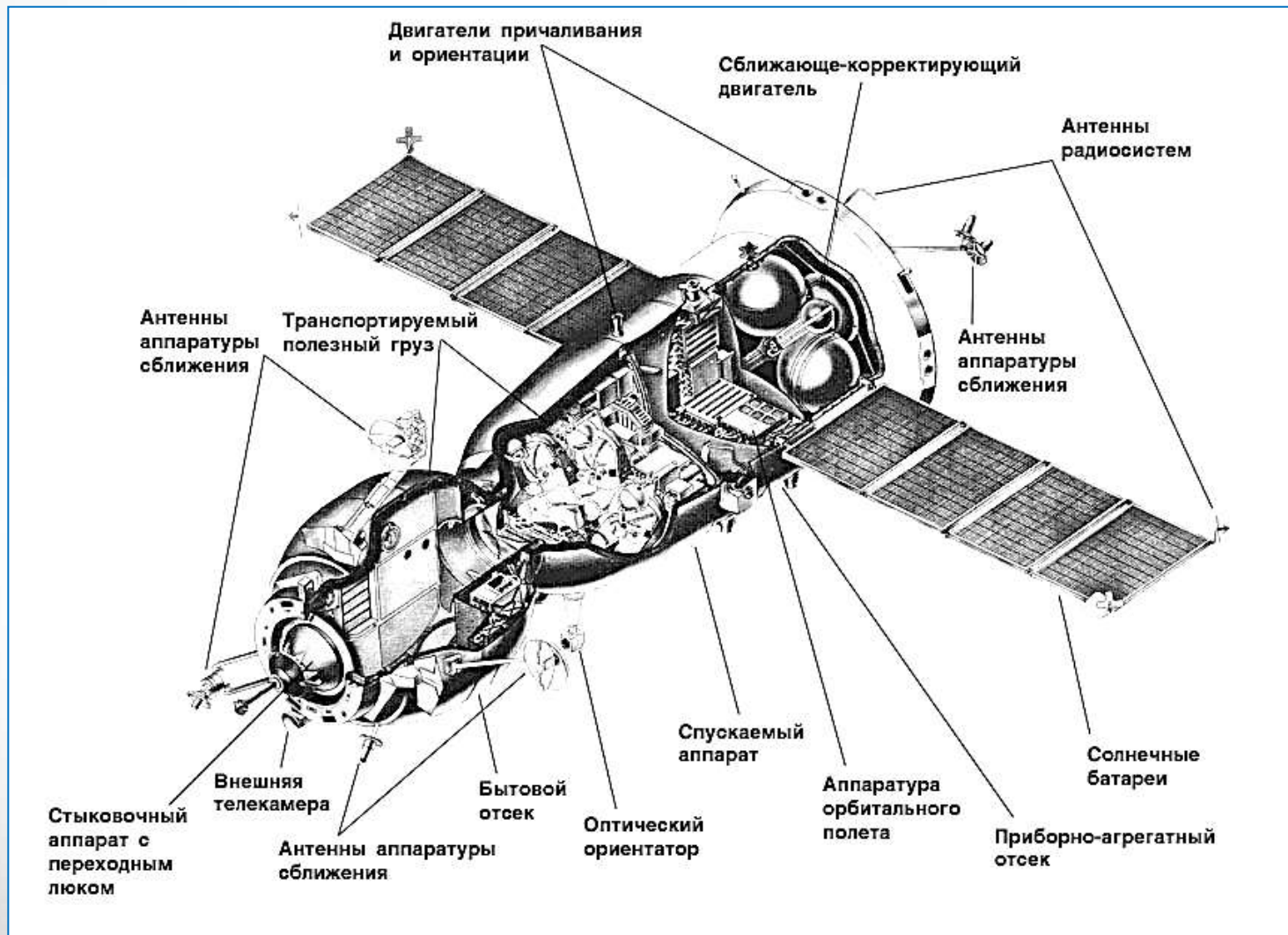
- Автоматическая лунная станция.
- Первая в мире **мягкая посадка** на поверхность Луны.
- Выводилась к Луне ракетой **Р-7**.
- Масса всей станции – **1.5 т**.
- Спускаемый аппарат – **100 кг**.
- Позволила получить первые близкие **снимки лунной поверхности**.
- Собрала научные данные о лунном **рельефе** и уровнях **опасных излучений** на поверхности Луны.

Союз (1967 г.)



- **Многоцелевой** космический корабль.
- Первоначально проектировался для **облёта Луны** (без посадки).
- Изначально **пилотируемый** корабль.
- В 1969 г. был спроектирован вариант для **доставки космонавтов** на орбитальные станции.
- Масса ~ **7 т**.
- Масса доставляемого груза ~ **300 кг**.
- Произвели более **130 полётов**, из них **2 катастрофы, 2 аварии** без последствий.
- Единственное **средство доставки** космонавтов на МКС (пока что).

КА «Союз»



Стыковочный узел

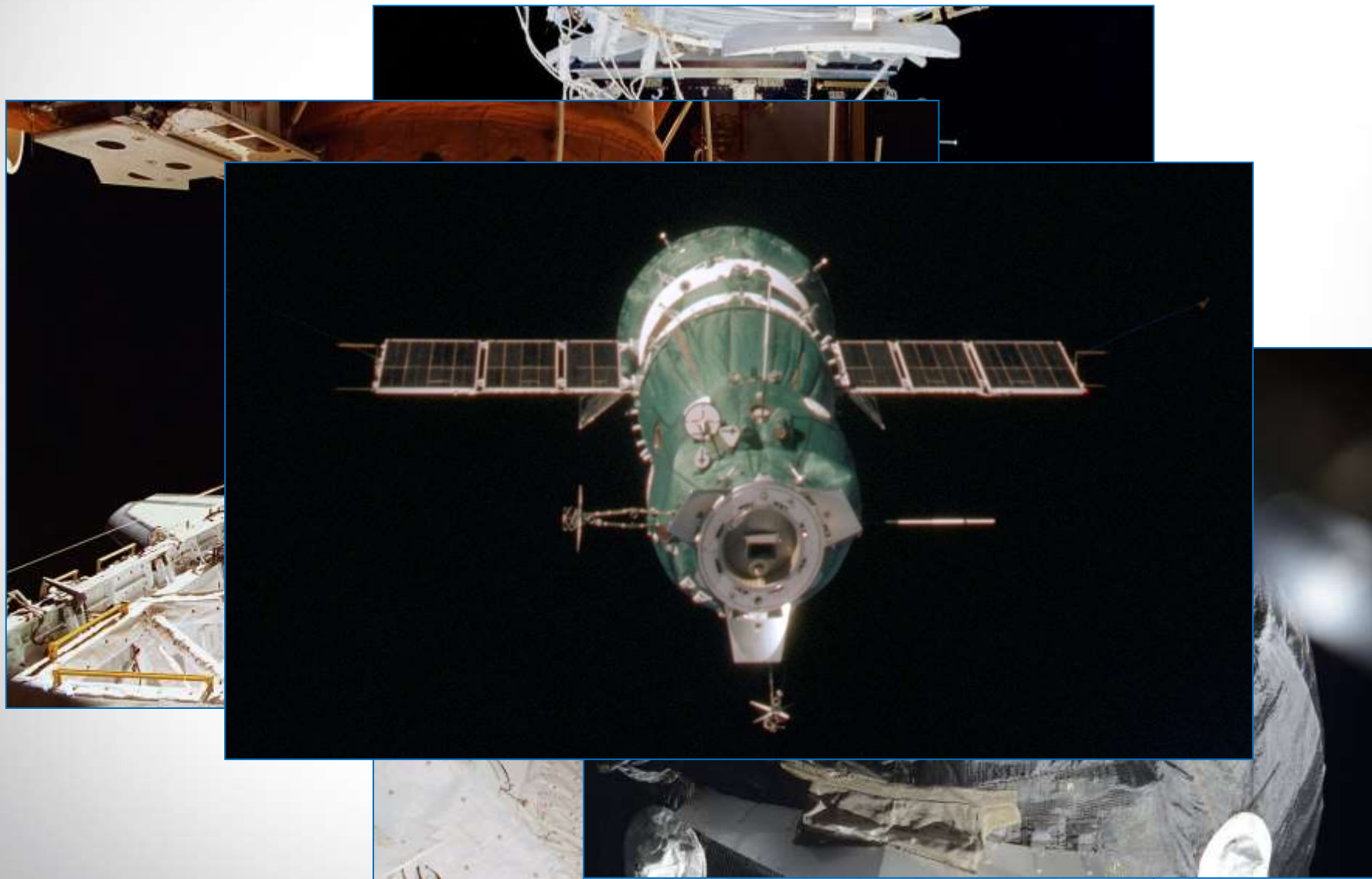


Схема «штырь-конус»

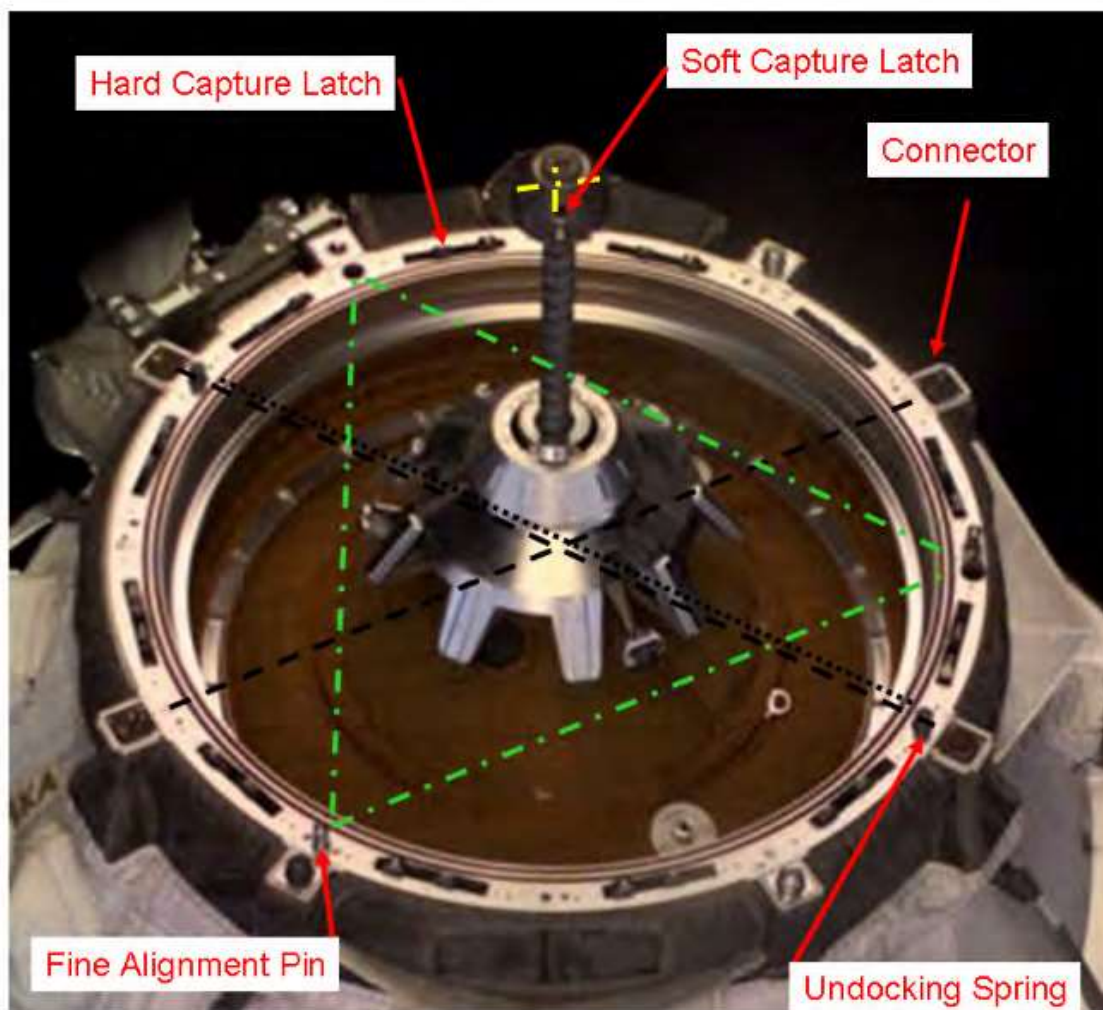
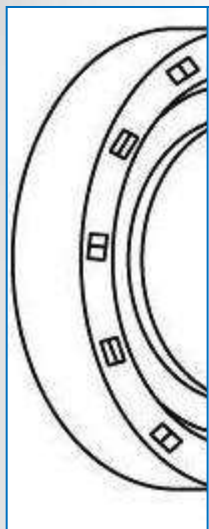
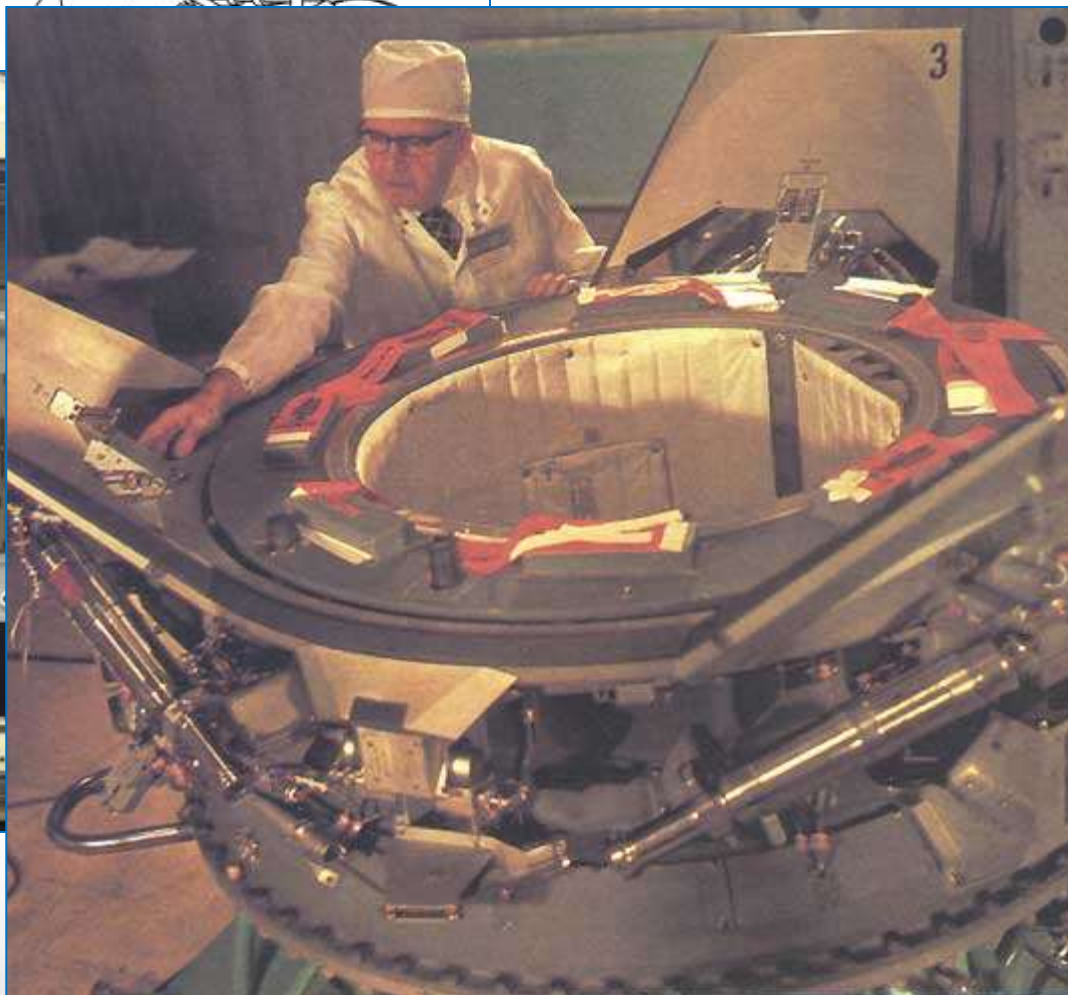


Fig. 15 View Showing Probe half of Hybrid Interface [17]



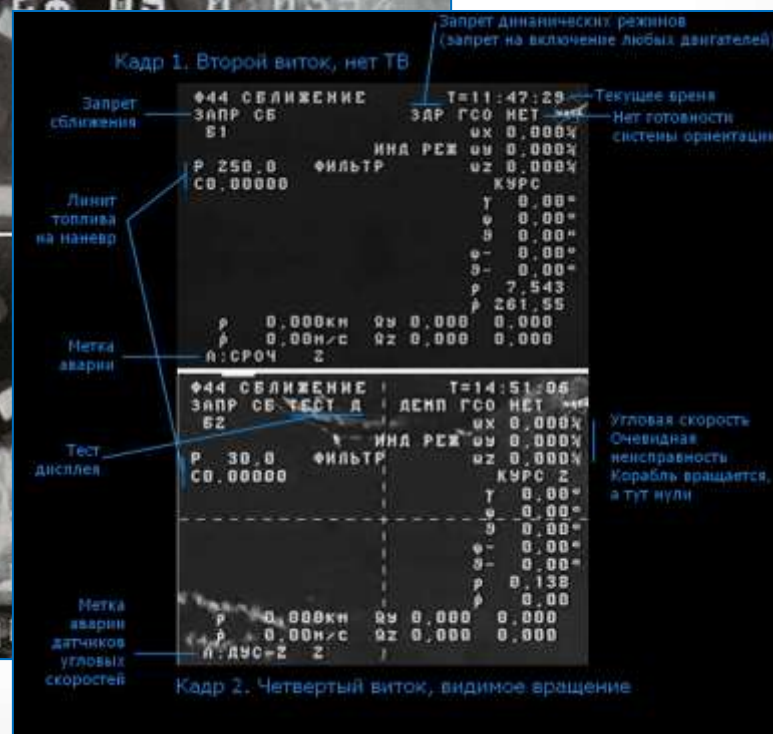
Андрогинная схема



Антенны?



Стыковочный компьютер



Стыковочно-маневровые двигатели



«Союз-Аполлон» (1975 г.)





Начало работ



- Под руководством **Владимира Николаевича Челомея**, наше НПО проводило разработки межконтинентальных баллистических ракет.
- *Было поручено разработать новую ракету, способную доставить на орбиту бомбу мощностью в **150 мегатонн!***
- Начало разработки – **1961 г.**

УР-100 (1963-1966 г.)



- **Длина:** 16.8 м.



- **Полезная нагрузка:** 1.5 тонны
- **Стартовая масса:** 42 тонны



УР-200 (1962-1965 г.)



- **Полезная нагрузка:** 3.9 тонны
- **Стартовая масса:** 138 тонн

Ракета УР-500 «Протон» (1961-1965 г.)

- Главная **тяжёлая космическая ракета СССР**.
- От военного варианта применения отказались в 1965 г.
- Название «**Протон**» – по названию первого выведенного спутника.
- Параметры УР-500:
 - Система управления – **инерциальная с коррекцией**
 - Длина ~ **58.2 м**
 - Вес заправленный ~ **705 тонн**
 - Из них топлива ~ **660 тонн**
 - Полезная нагрузка – **22 тонны**, или **4 на ГСО**
 - Топливо: **НДМГ** + тетраоксид азота
- На 2017 год совершено 414 запусков ракет семейства «Протон», из них 89% – успешно.



Особенности «Протона»

- «Протон» содержит, в зависимости от модификации, **до четырёх ступеней**:



- Четвёртая ступень – **разгонный блок** с полезной нагрузкой.



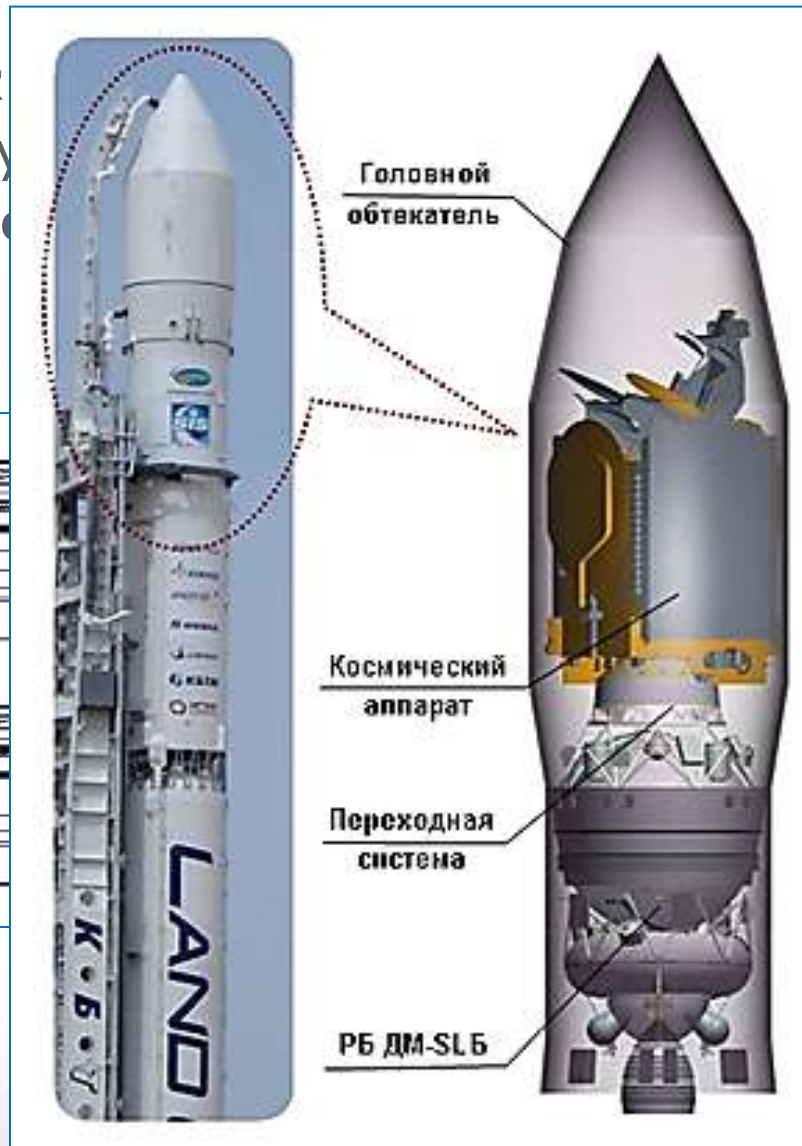
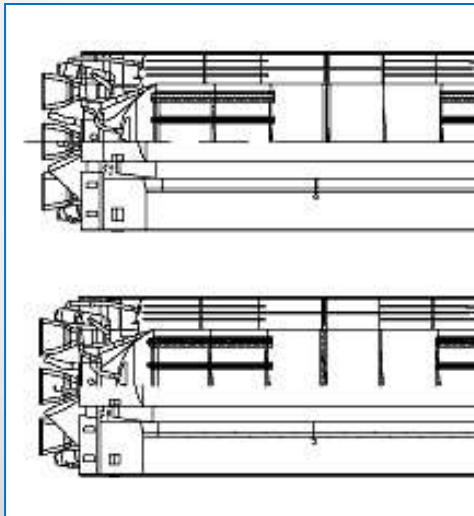
Двигатели «Протона»

- Двигатели выполнены по турбо-насосной схеме с **дожиганием вытеснительного газа**.
 - Смесь топлива и окислителя **воспламеняется сама**.
 - НДМГ позволил сделать **крупные и мощные** двигатели – однако, очень **опасен в обращении!**
-
- На ряде ступеней используются **качающиеся двигатели и поворотные рулевые камеры**.
 - Двигатели **верхней ступени** включаются при **работающих двигателях нижней** – это позволяет **«встряхнуть» топливо** и заставить его начать течь.

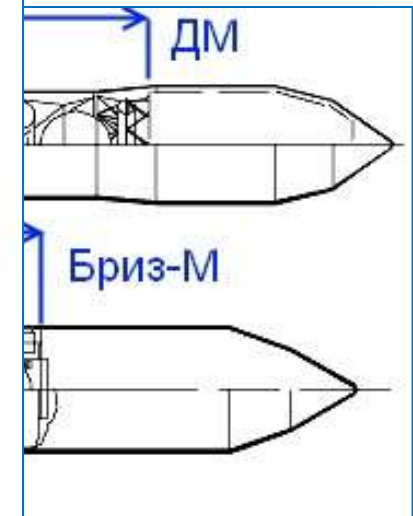


Разгонный блок

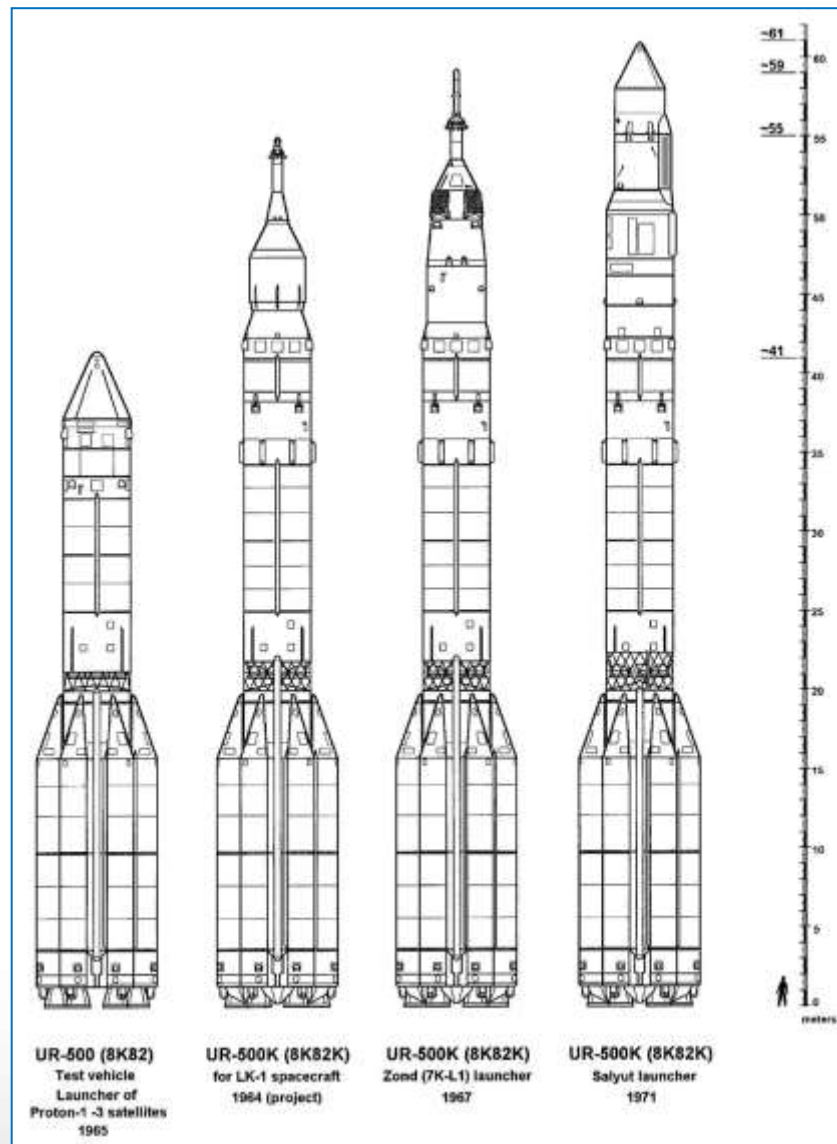
- Разгонный блок переводит полезную нагрузку с орбиты на орбиту, которая требуется для выполнения задачи.



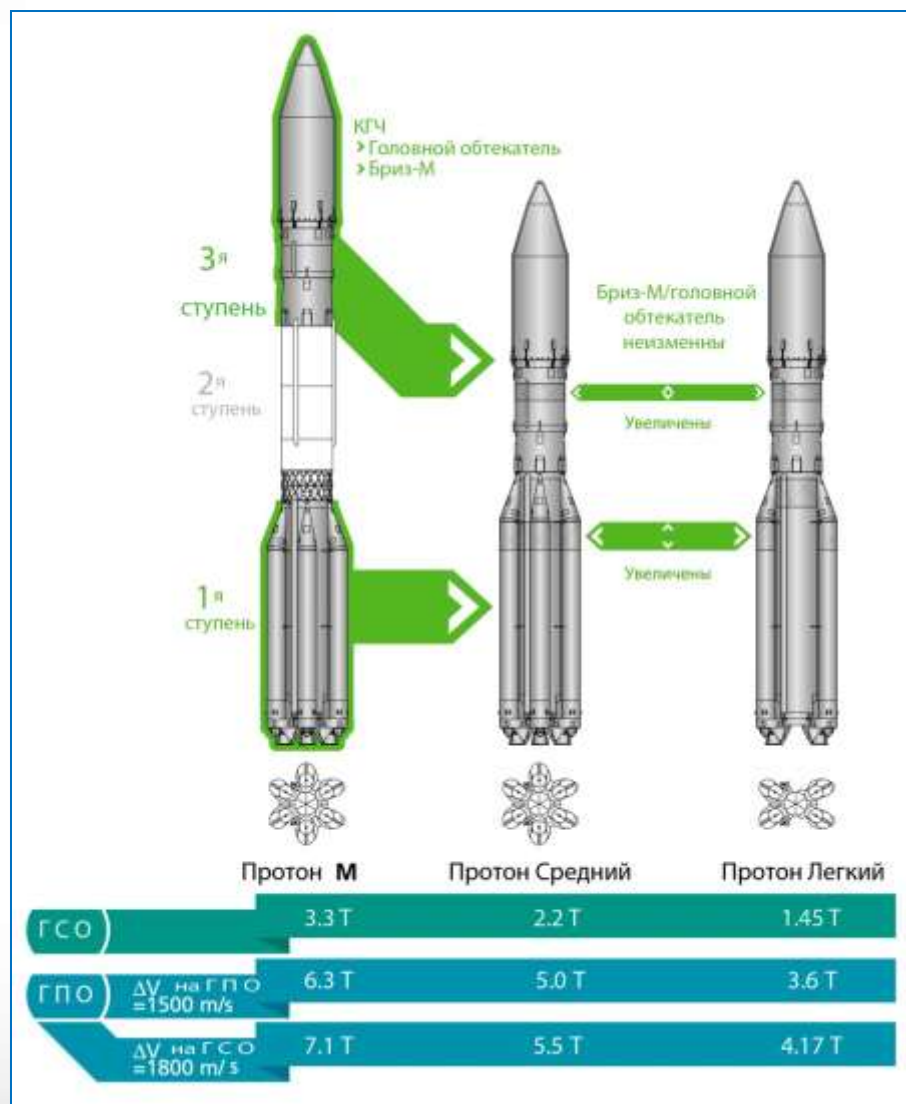
группу, которая переводит полезную нагрузку с орбиты на орбиту, которая требуется для выполнения задачи.



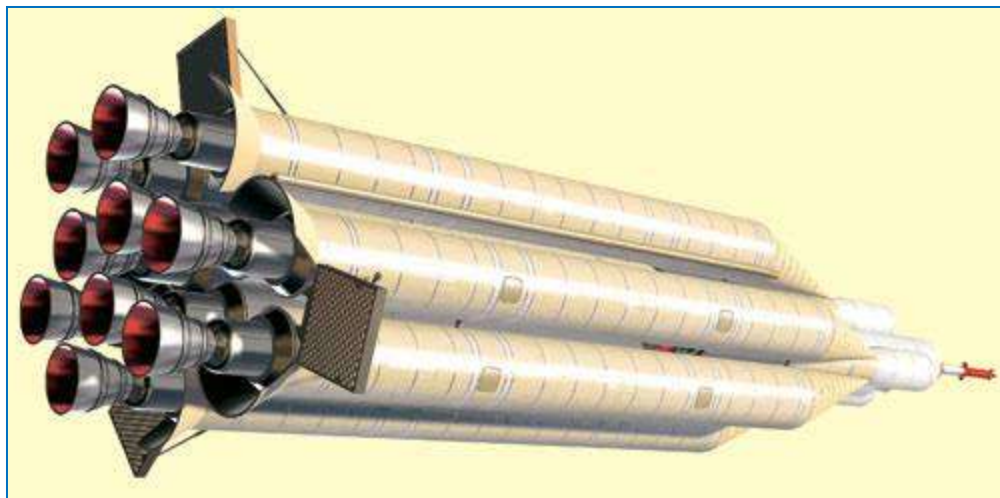
Эволюция «Протона»



Эволюция «Протона»



УР-700 (1962-1964 г.)



- **Полезная нагрузка:** 150-225 тонн
- **Стартовая масса:** 4500-5000 тонн

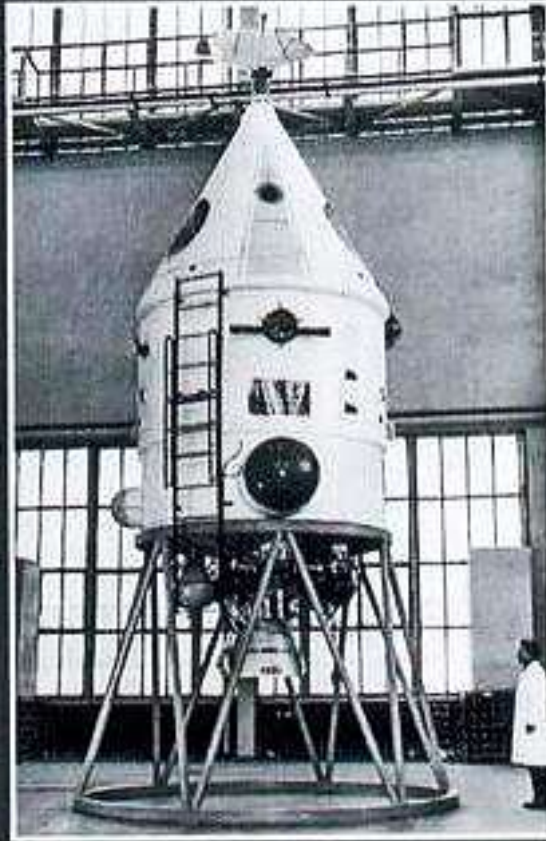
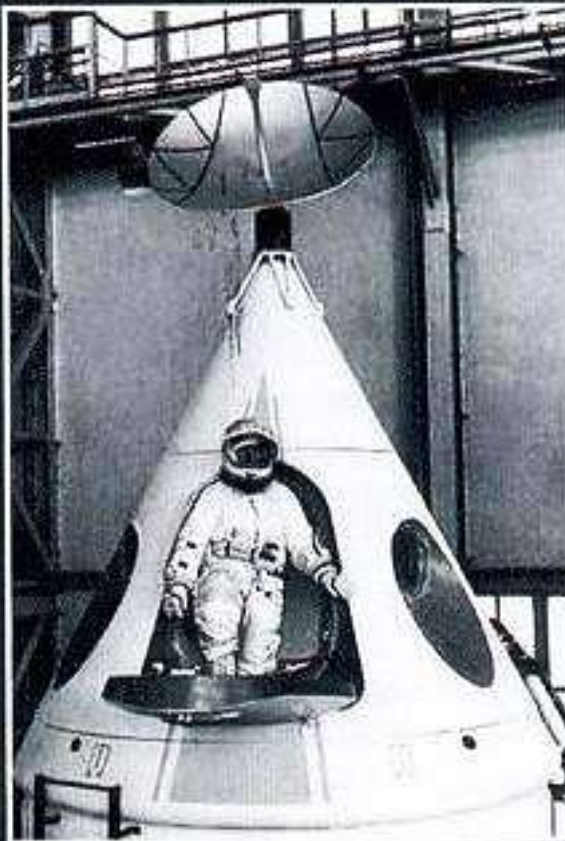
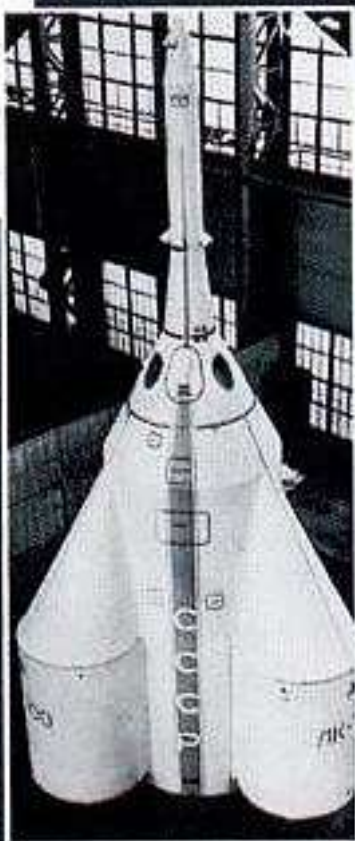
Для Сатурна-5:

- **Полезная нагрузка:** 140 тонн
- **Стартовая масса:** 2965 тонн
- **Модуль МКС** весит **~20 тонн**
- **Аполлон-11** весил **~44 тонны**

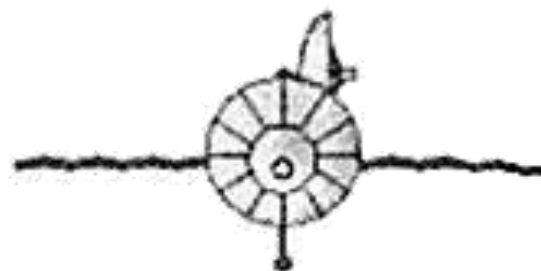
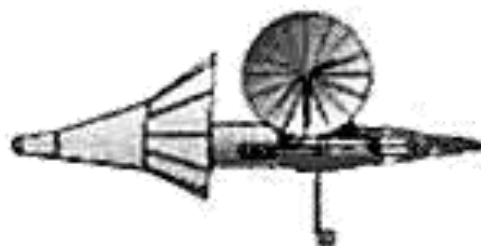
ЛК-700 (1962-1974 г.)

ЛК 700

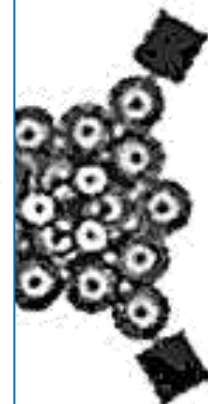
На снимках
справа – ар-
хивные фото
полнораз-
мерного ма-
кета корабля
в стартовой
комплектации
и вариан-
те лунной
посадки



ЛК-700 (1962-1974 г.)



у
Челомея



Беспилотный «космоплан» для полета на Марс
конструкции Владимира Челомея

ASTN LAB

S-IC STAGE STATIC TEST STAND



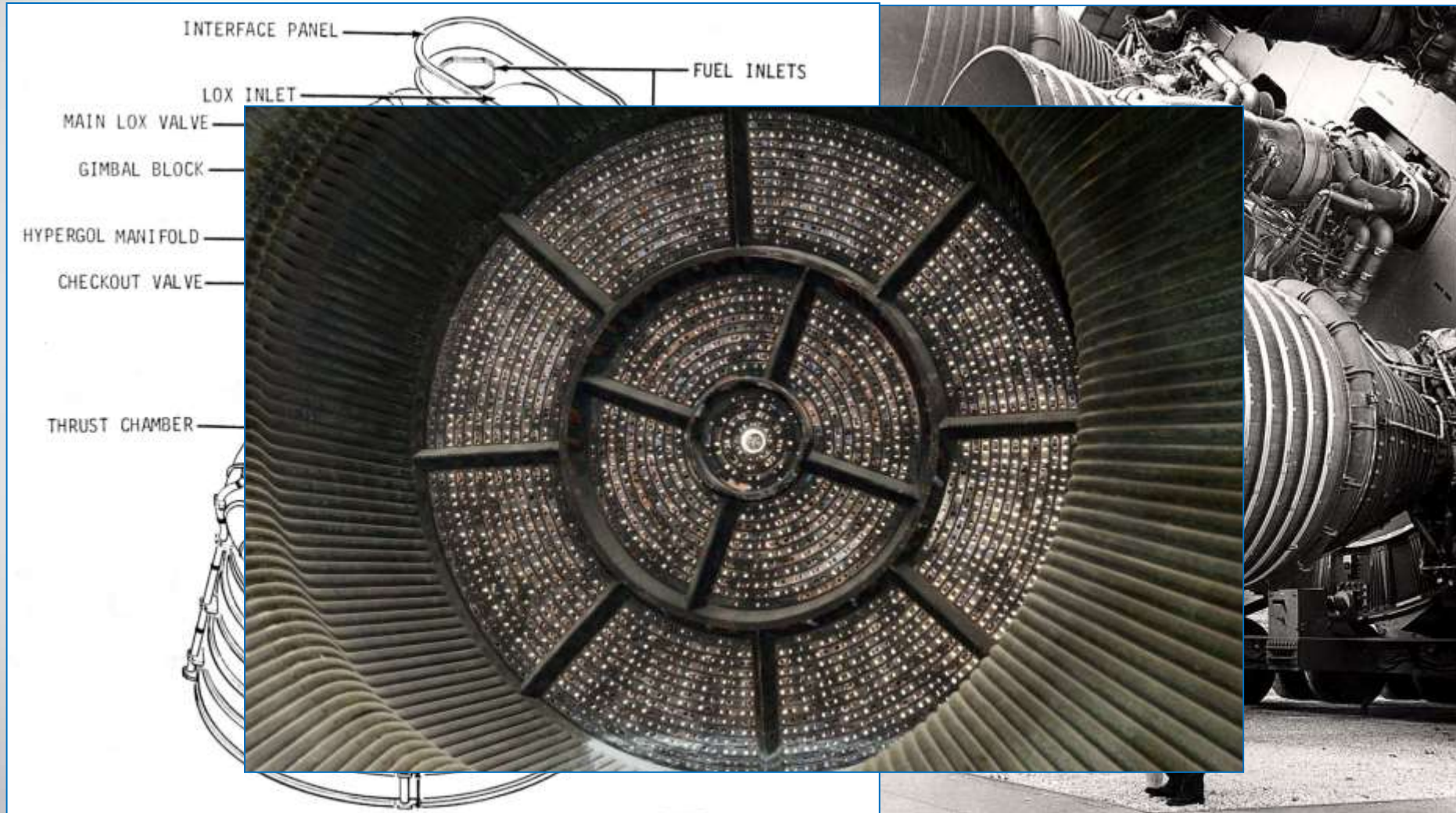
RDO-D8719A

Сатурн V (1967 г.)

- **Самая тяжёлая** из построенных **человечеством** ракет.
- Разработкой руководил немецкий конструктор **Вернер Фон Браун**.
- В разработке участвовали **20 000 фирм**.
- Параметры Сатурна V:
 - Система управления – **инерц. с коррекцией**.
 - Длина ~ **110 м**
 - Вес заправленный ~ **2965 тонн**
 - Из них топлива ~ **2757 тонн**
 - Полезная нагрузка– **140 т**, или **65.5 т к Луне**
 - Топливо: керосин / водород + жидкий кислород
- На 1973 год было совершено всего **13 запусков**, все из них успешные.

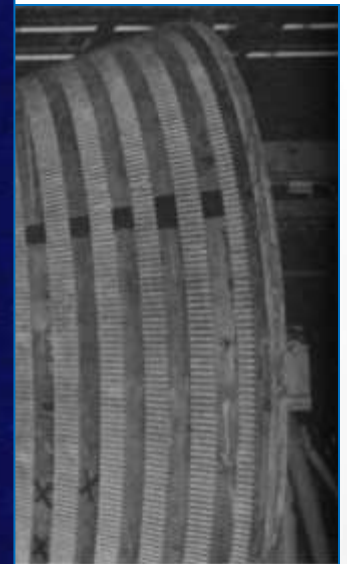
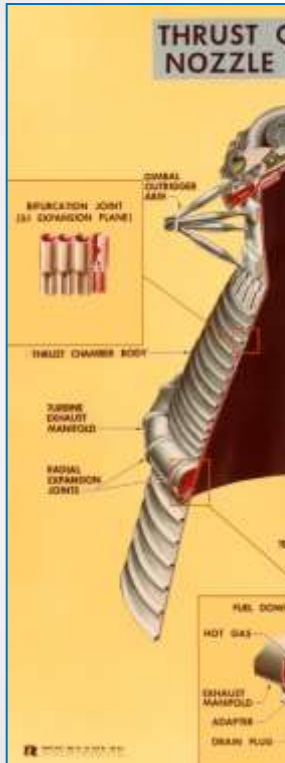


Двигатель F-1



- 2600 форсунок окислителя, 3700 форсунок горючего.

Двигатель F-1



the F-1 engine's thrust

- Охлаждение... рубкам,
- В трубках ц... род.
- Испарившиеся в процессе гелий и кислород «наддувают» баки.

Двигатель F-1



F-1
Engine



Thrust
Chamber



LOX
Dome



Heat
Exchanger

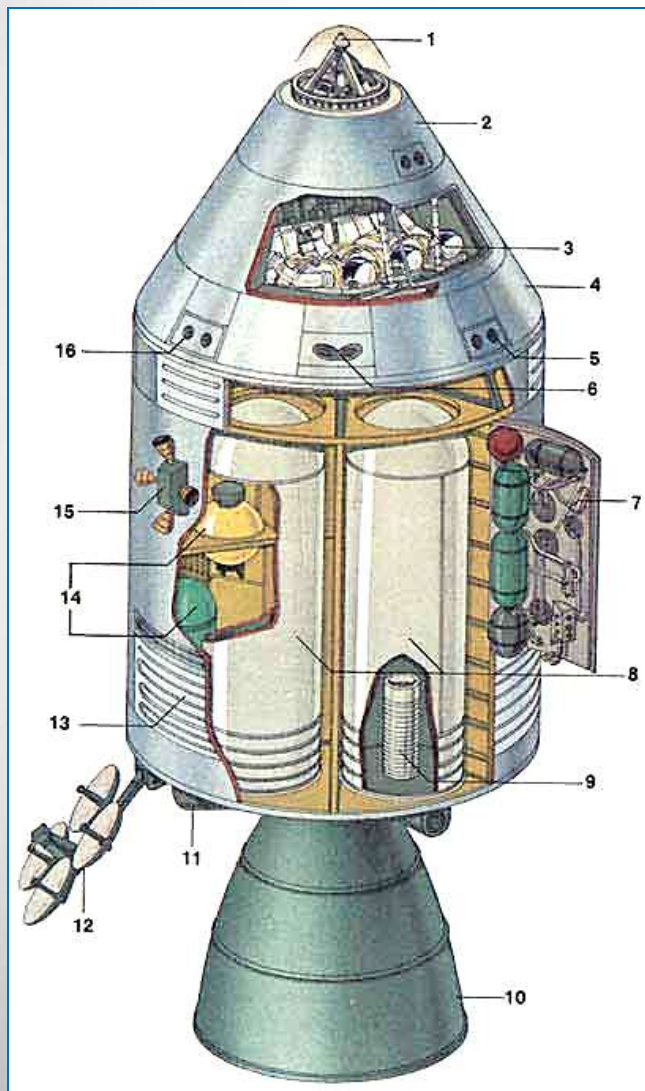


Gas
Generator



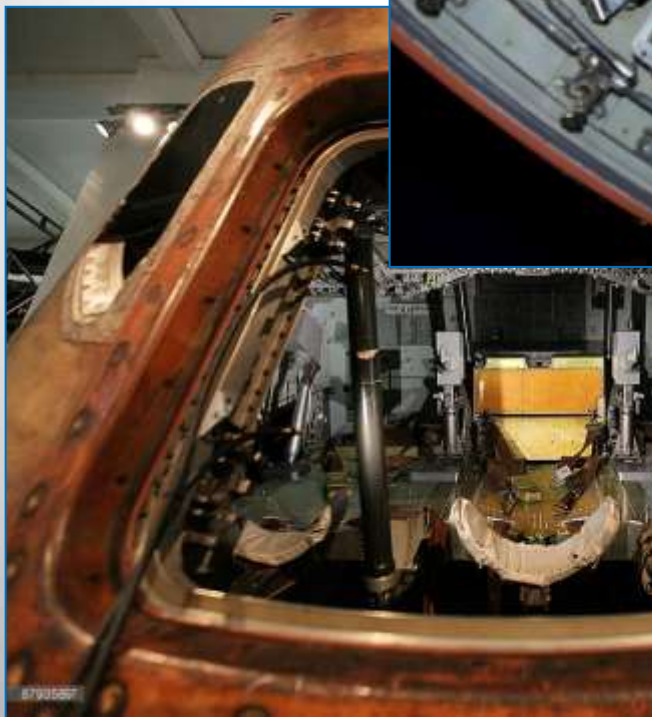
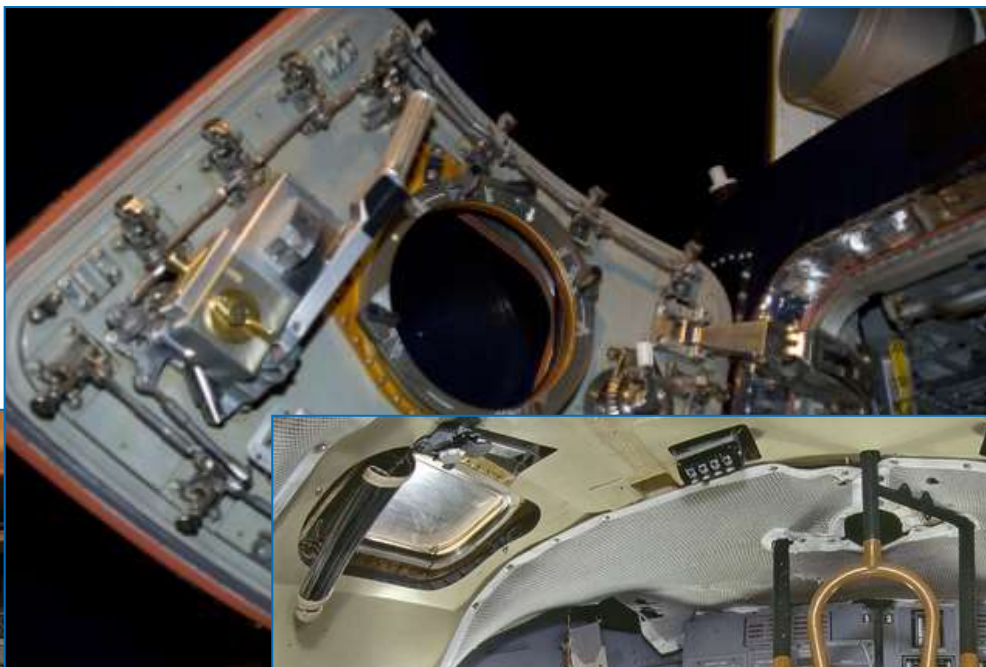
Turbine

КА «Аполлон»



- 1 – Штырь стыковочного узла.
- 3 – Герметизированная кабина.
- 5 – Двигатели ориентации по тангажу.
- 6 – Двигатели ориентации по крену.
- 8 – Баки для маршевого двигателя.
- 9 – Успокоитель и расходомер.
- 10 – Сопло маршевого двигателя.
- 11 – Задний теплозащитный экран.
- 12 – Остронаправленная антенна диапазона S.
- 13 – Радиатор системы терморегулирования.
- 14 – Баки с жидким кислородом и водородом.
- 15 – Блок вспомогательных двигателей.
- 16 – Двигатели ориентации по рысканию.

Командный отсек (отсек экипажа)



Командный отсек (отсек экипажа)

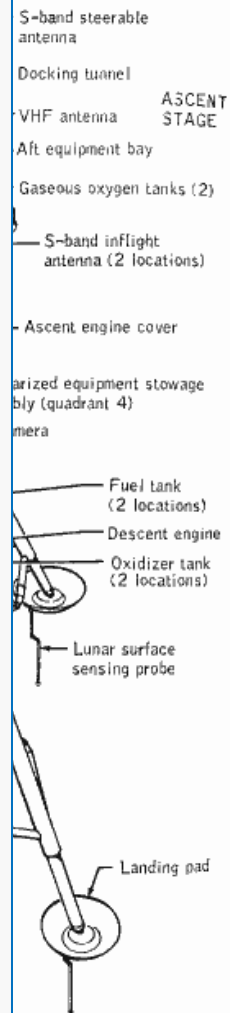


Лунный модуль

- Масса ~
- Состоит из посадочной и взлетной ступеней



MSFC 69-M5-G-1300-27



Посадочная ступень

- Обеспечивает **прилунение** модуля.

- Остаётся на Луне **навсегда**.

- В состав ступени входят:

- посадочный гидразин

- топливные баки

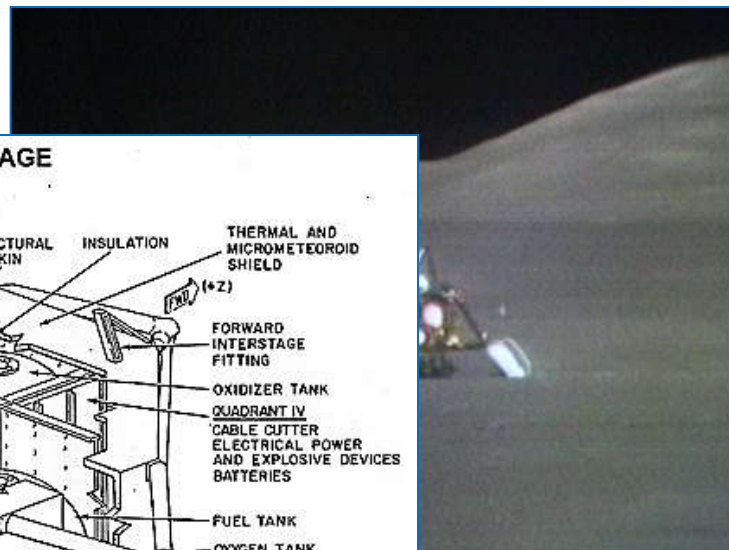
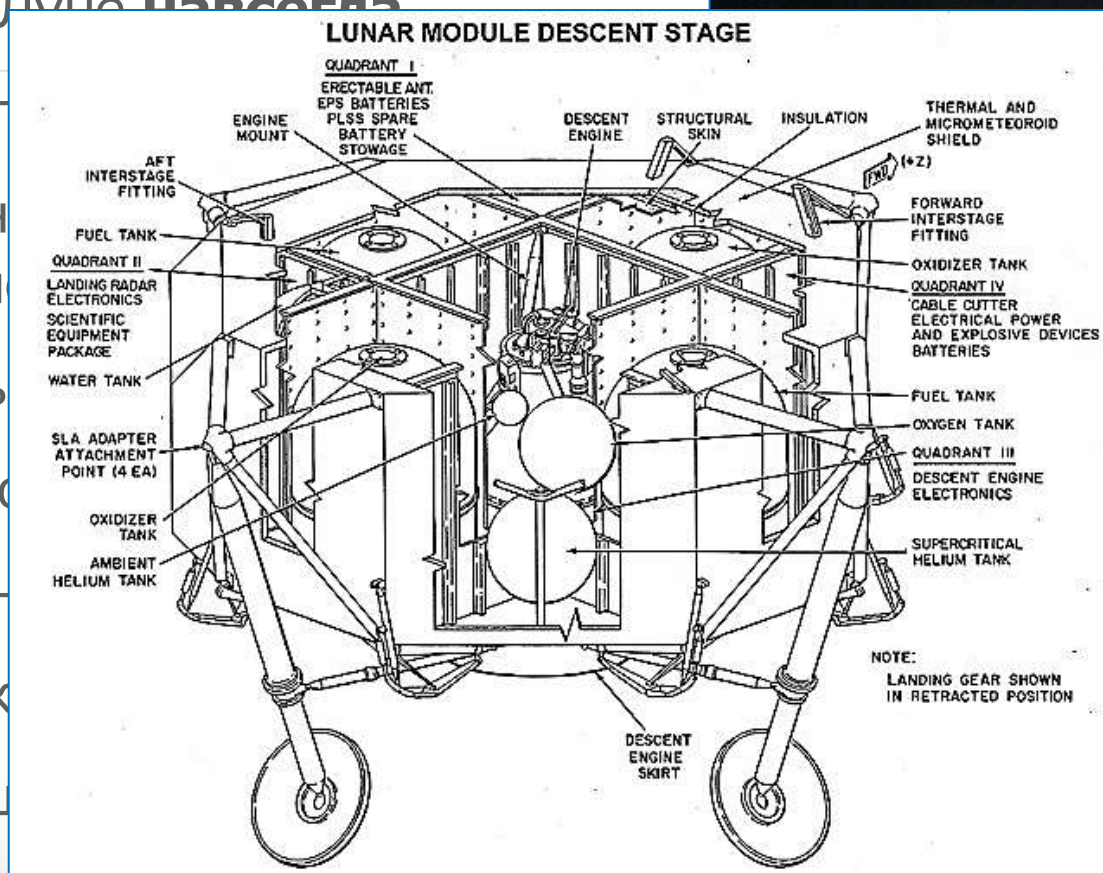
- шасси (по

- система на

- радиолока

- теплозащ

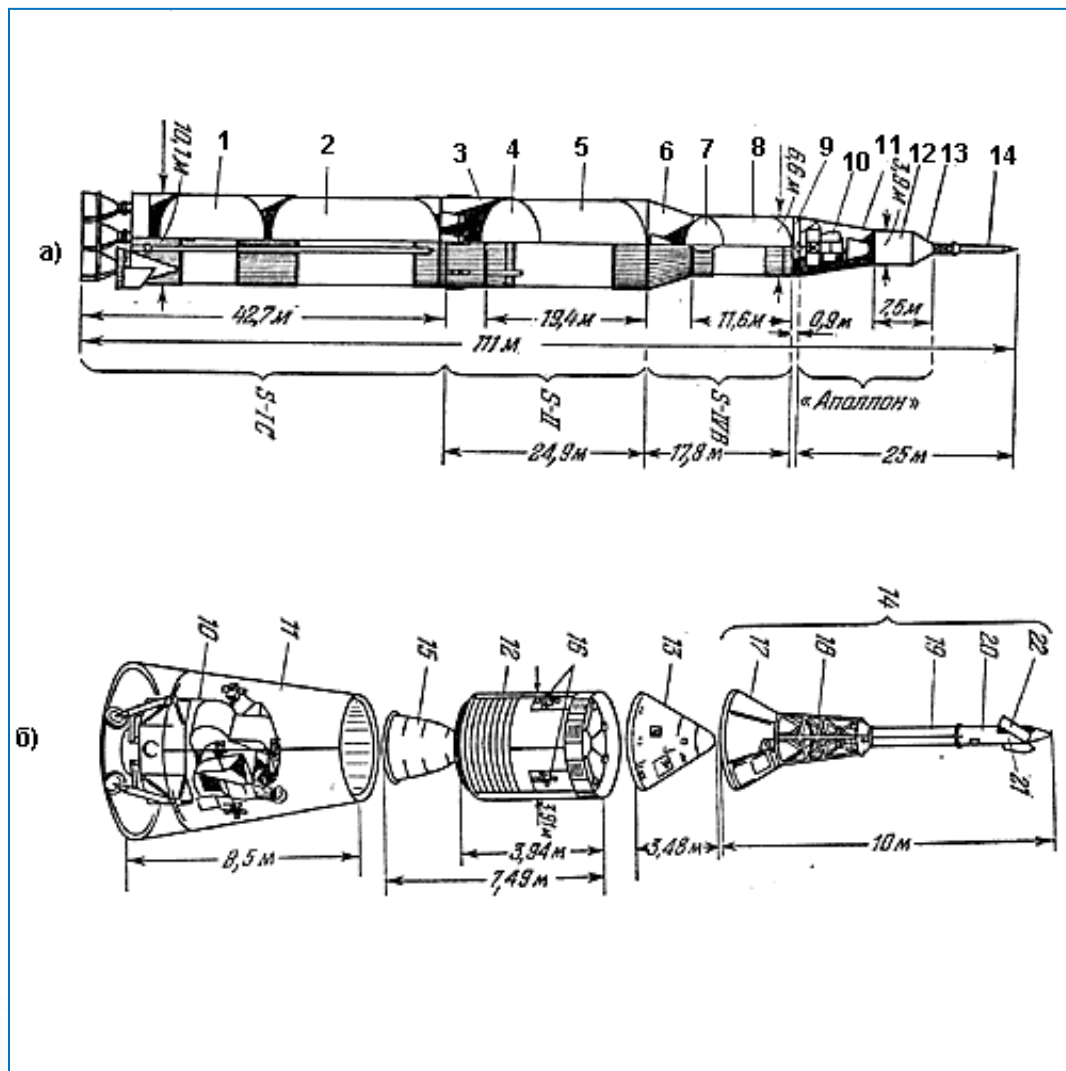
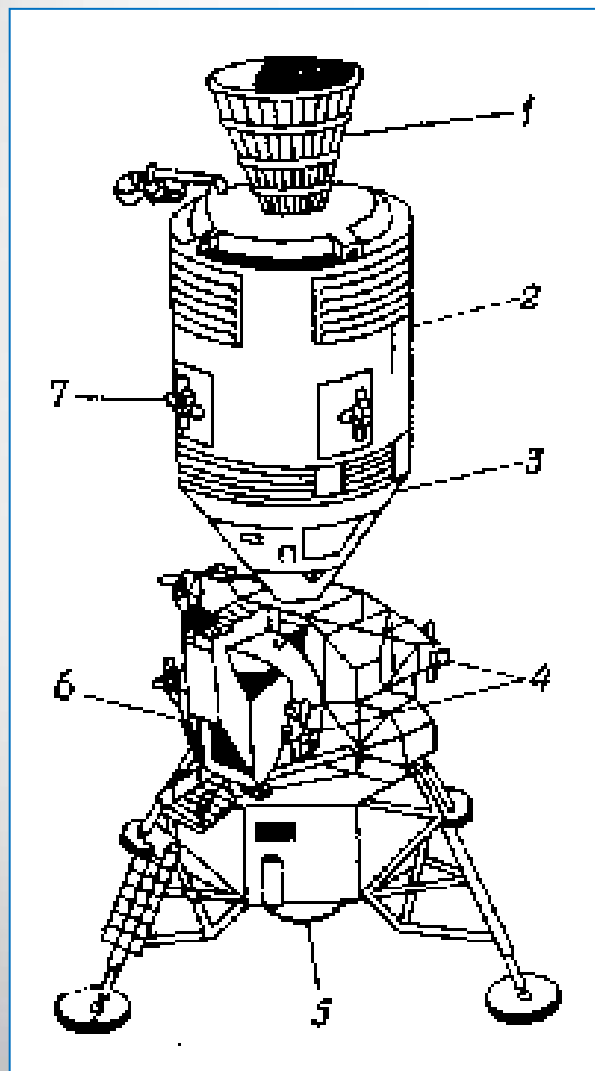
- аккумуляторы.



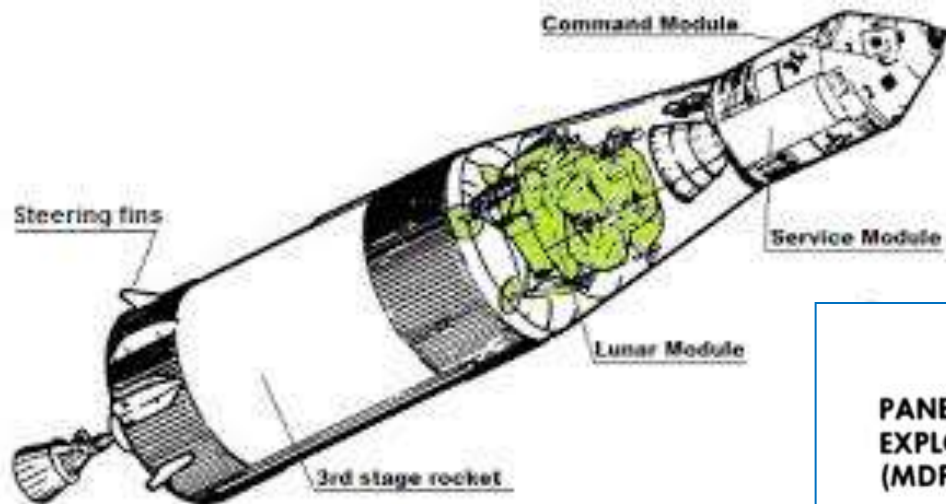
Взлётная ступень



Но как...?

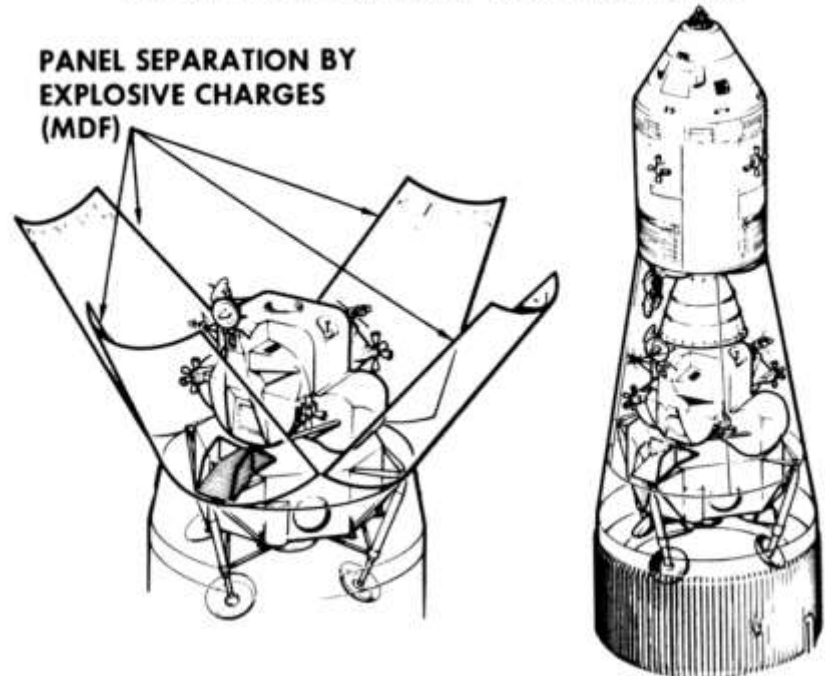


Вот так!



APOLLO SPACECRAFT/LM ADAPTER

PANEL SEPARATION BY
EXPLOSIVE CHARGES
(MDF)

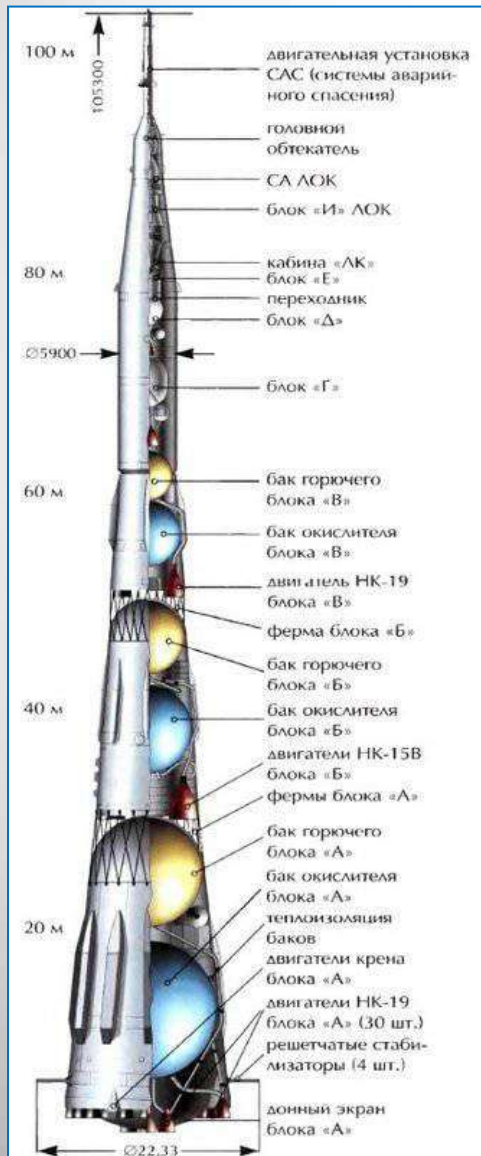


Н-1 (1961-1974 г.)

- Многоцелевая **сверхтяжёлая советская** космическая **ракета**.
- Изначально разрабатывалась для доставки на орбиту Земли **тяжёлой орбитальной станции** массой 75 т. **«одним куском»**.
- Оказалась **слишком сложной** для того, чтобы быть надёжной.
- Параметры Н-1:
 - Система управления – **инерц. с коррекцией**.
 - Длина ~ **105 м**
 - Вес заправленный ~ **2950 тонн**
 - Из них топлива ~ **2735 тонн**
 - Полезная нагрузка– **100 т**, или **40 т к Луне**
 - Топливо: керосин + жидкий кислород
- Совершено **4** запуска, все – **неудачные**.

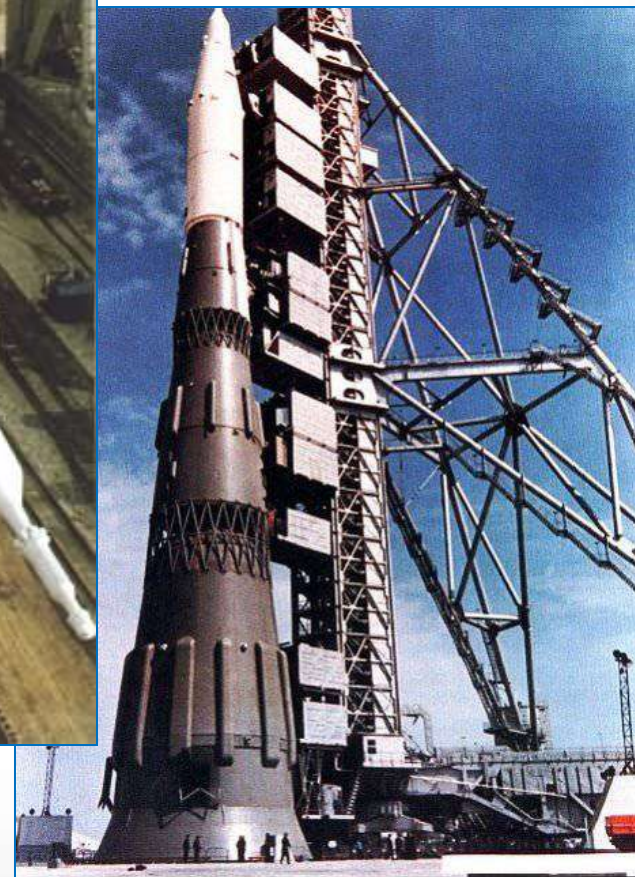
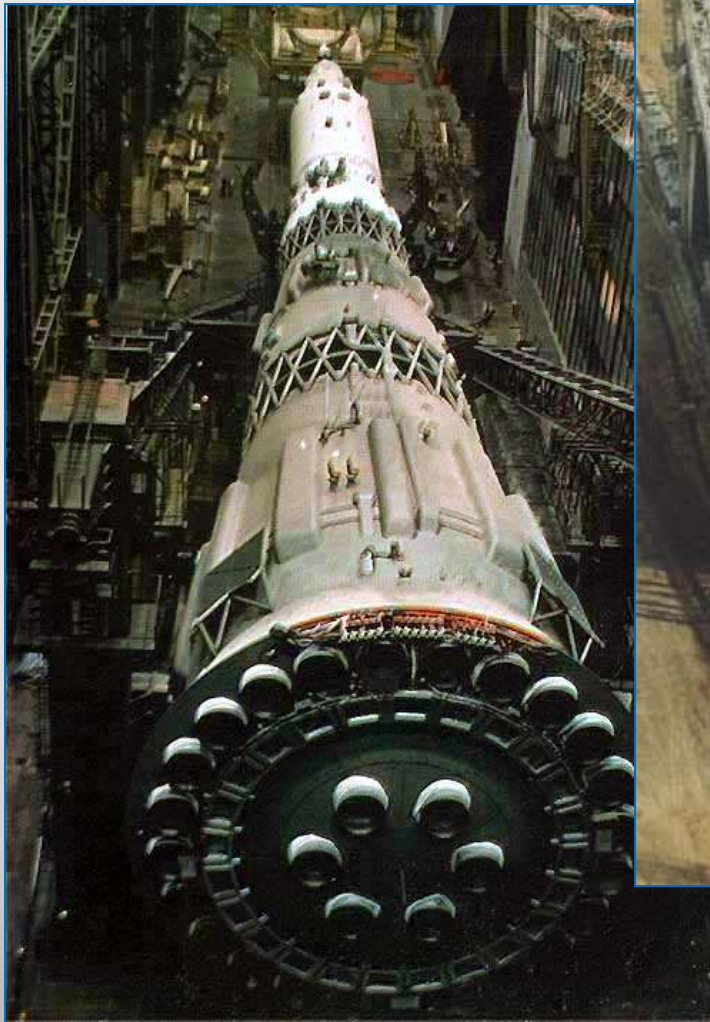


Н-1 (1961-1976 г.)



- Не удавалось разработать **достаточно мощных двигателей** для первой ступени.
- Потому **на первой ступени** были применены **30 ЖРД** – сложно было избежать отказа хотя бы одного из них.
- Двигатели располагались **«кольцом»**, что должно было создавать области повышенного давления и генерировать **дополнительную подъёмную силу**.
- Для поворотов использовались **миниатюрные маневровые двигатели**.
- **Наклон ракеты** мог создаваться путём **отключения двигателей** с одной из сторон.
- Лётные испытания начались **в 1969 г.**

H-1 (1961-1976 г.)

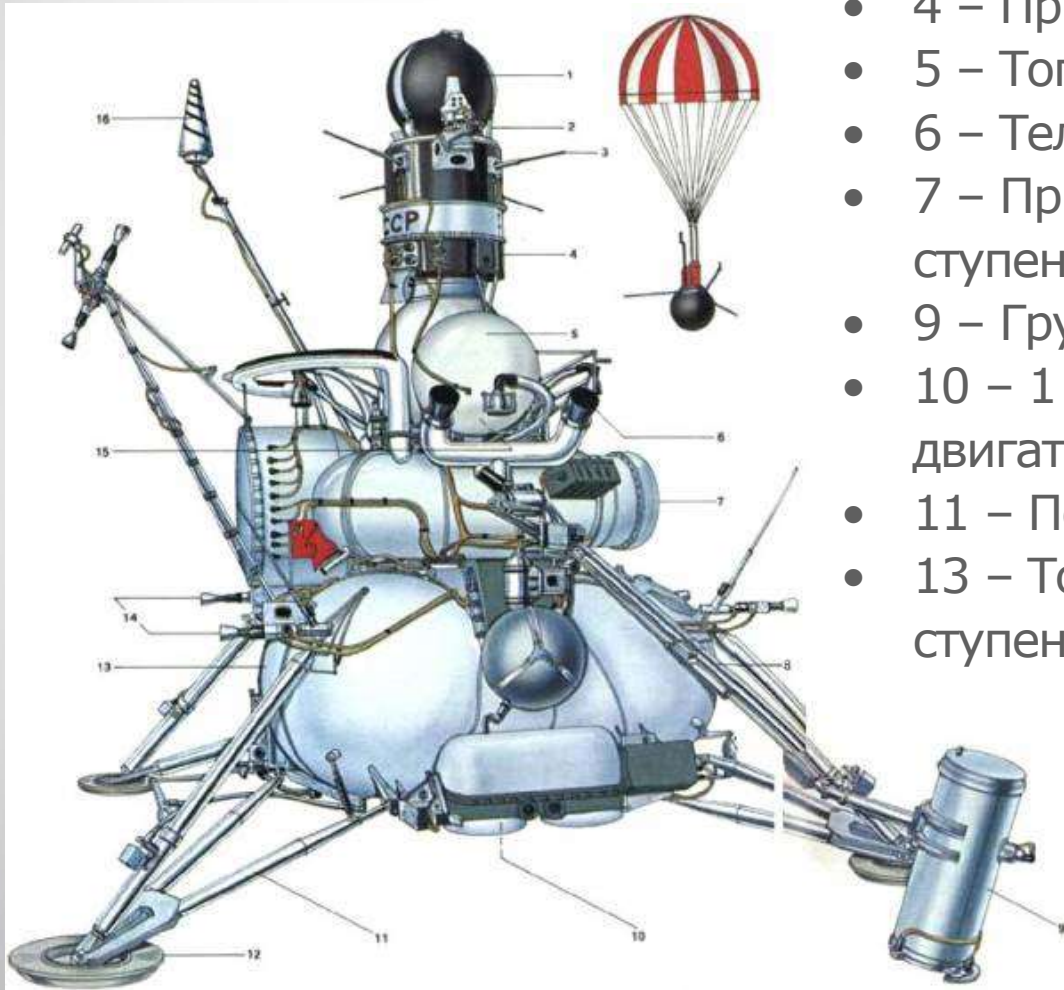


Луна-16 (12 сентября 1970г.)

- Слетала на Луну и вернулась обратно, доставив **101 г лунного грунта**.
- Высокая степень **автоматизации** – многие операции проводились **без участия человека**.
- Выводилась к Луне ракетой «Протон».
- С высокой точностью осуществила **посадку в заданный район**.
- Масса всей станции – **5.6 т**.
- Спускаемый аппарат – **1.88 т**.
- Возвращаемый аппарат – **35 кг**.
- Доставленный грунт помог понять больше о **геологии Луны**.
- Выяснилось, что **Луна – слоистая**.



Луна-16 (12 сентября 1970г.)

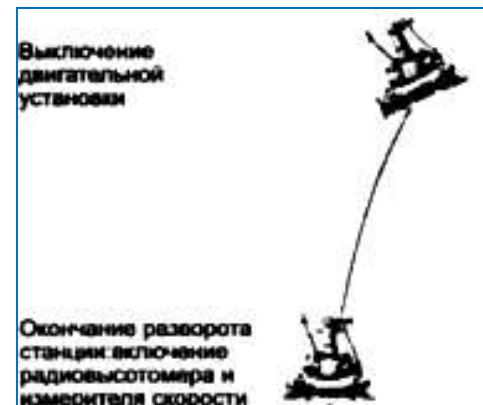
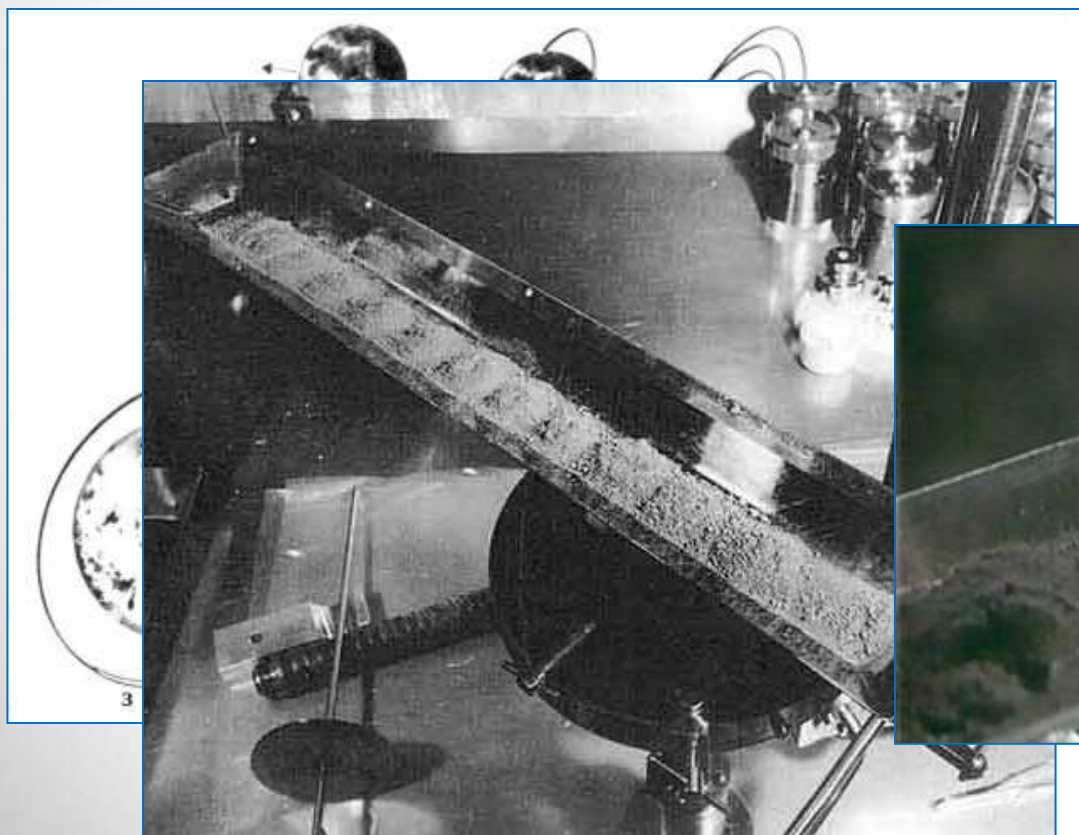


- 1 – Возвращаемый аппарат.
- 4 – Приборный отсек взлётной ступени.
- 5 – Топливные баки взлётной ступени.
- 6 – Телефотометр.
- 7 – Приборный отсек посадочной ступени.
- 9 – Грунтозаборное устройство.
- 10 – 1 основной и 2 управляющих двигателя посадочной ступени.
- 11 – Посадочные стойки.
- 13 – Топливные баки посадочной ступени.
- 14 – Ракетные двигатели малой тяги (для управления в полёте.)
- 15 – Ракетный двигатель взлётной ступени.
- 16 – Спецантенна посадочной ступени.

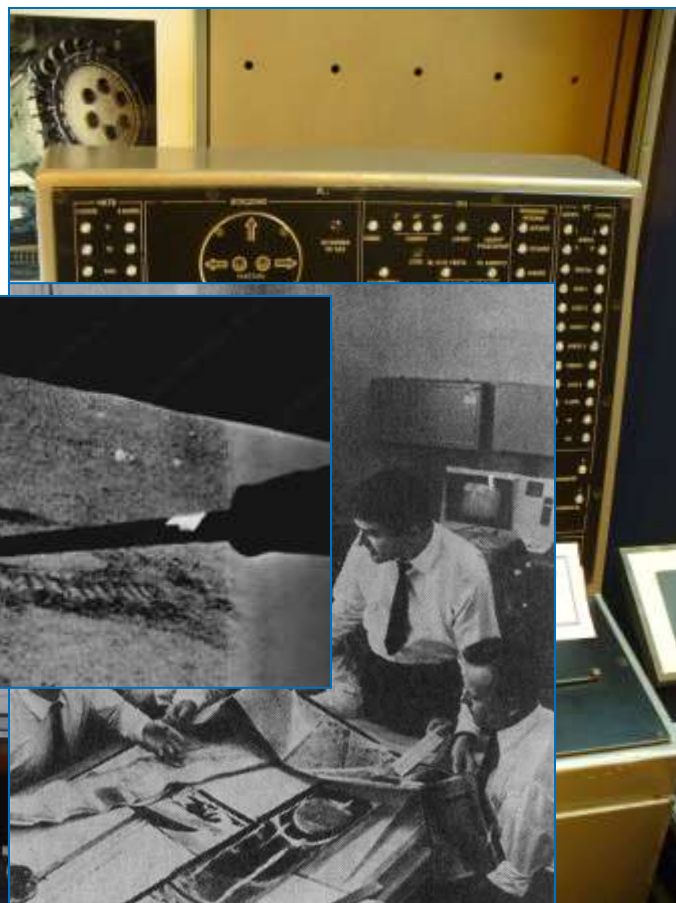
Луна-16 (12 сентября 1970г.)



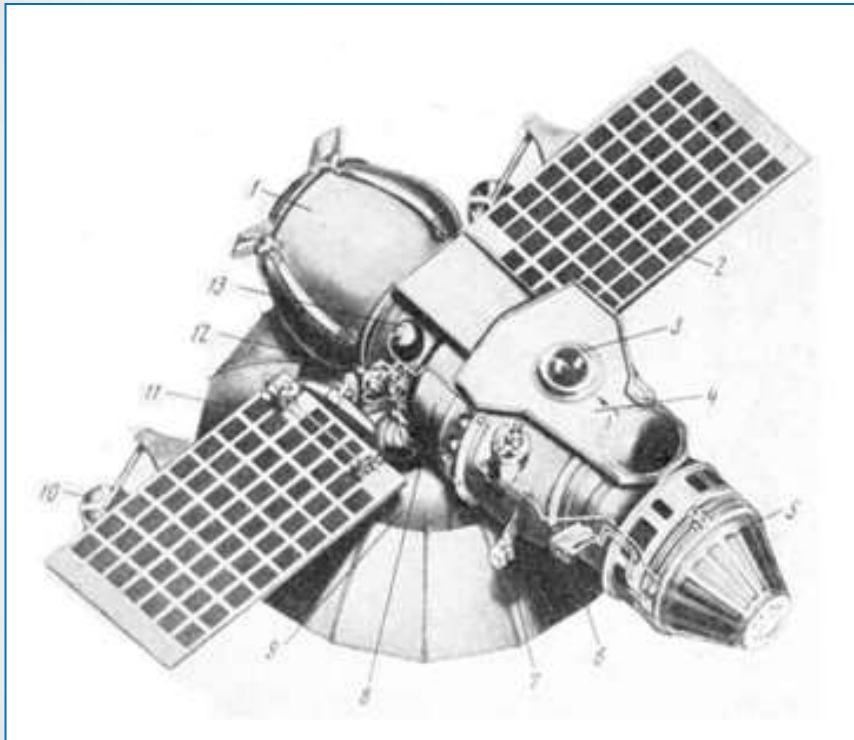
Луна-16 (12 сентября 1970г.)



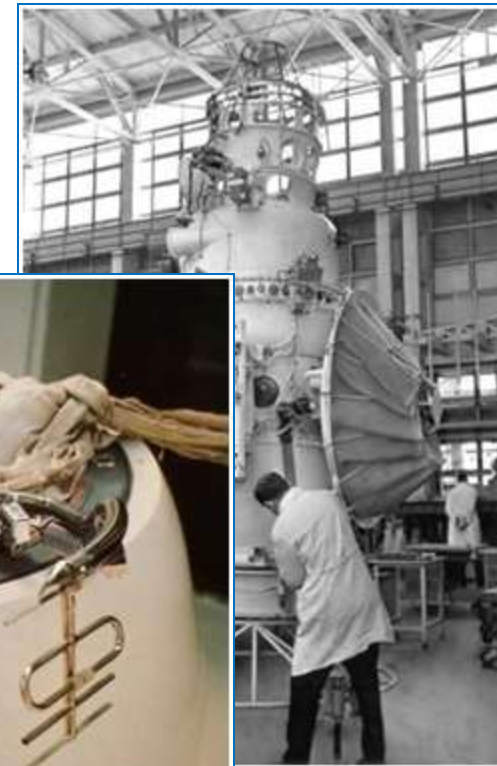
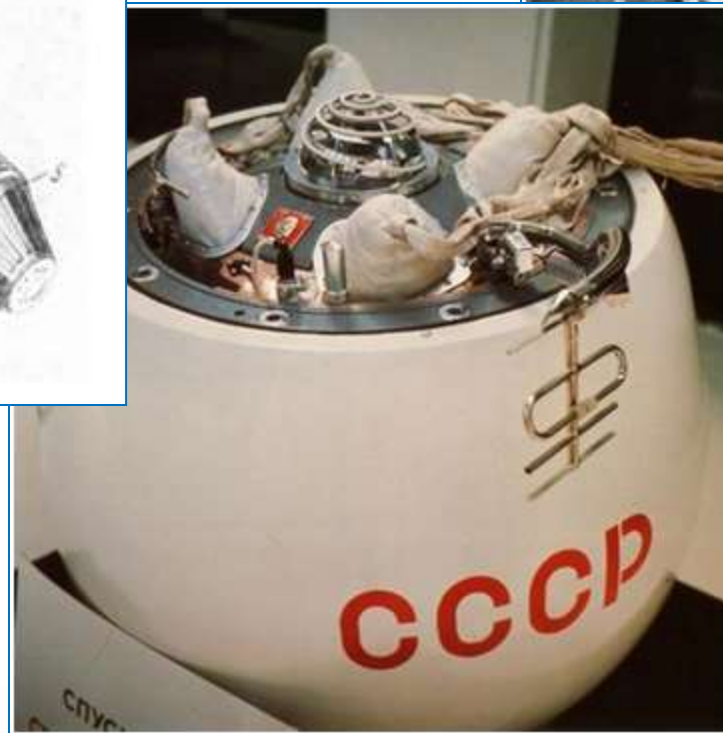
Луноход-1 (17 ноября 1970г.)



Венера-7 (15 декабря 1970г.)



- Несмотря на множество аварий, совершила **мягкую посадку** на поверхность **Венеры**.
- Проработала в чудовищных условиях около **20 минут**.

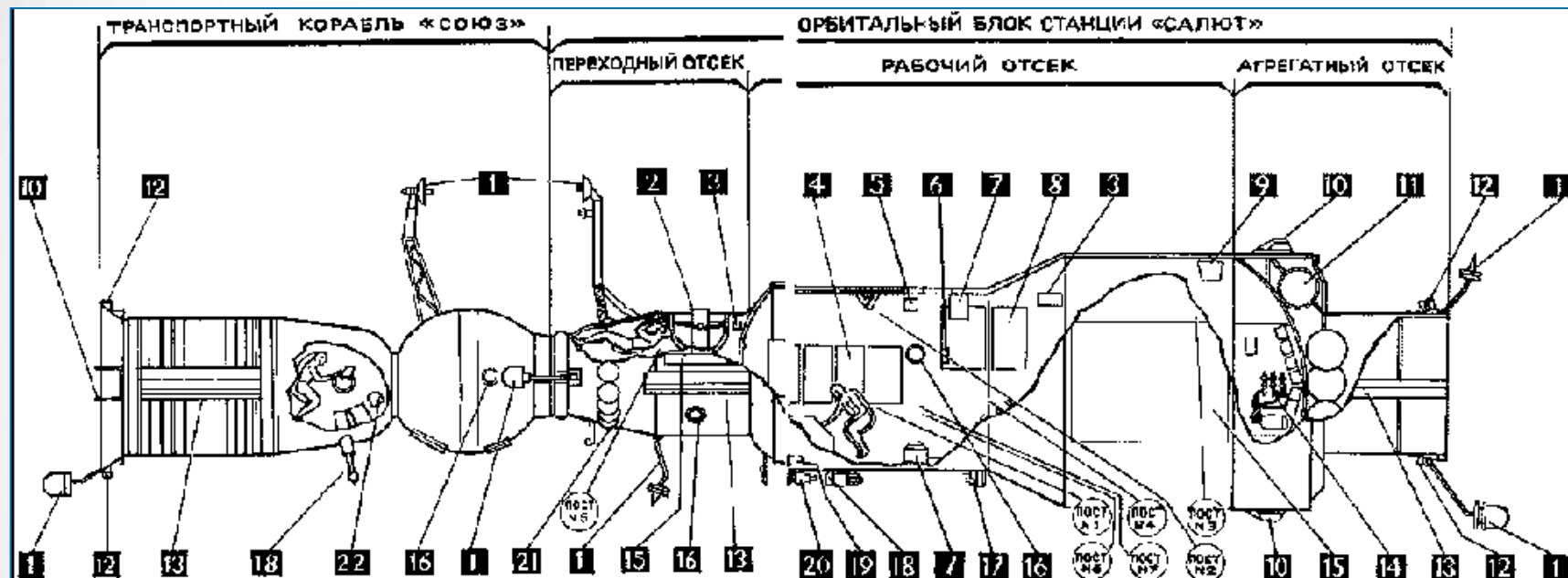


Салют-1 (1971г.)



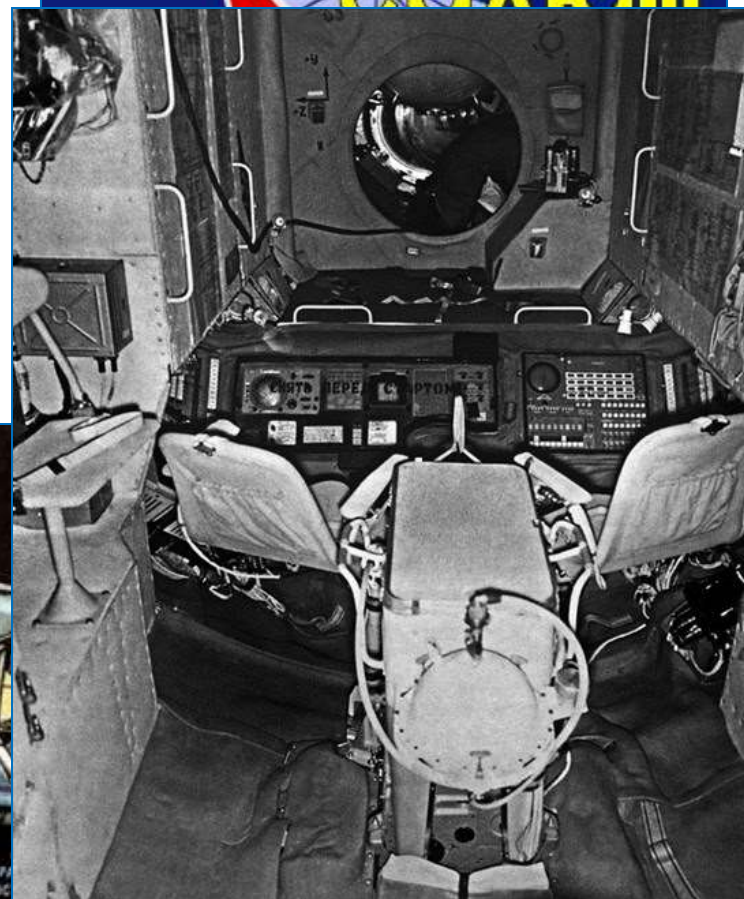
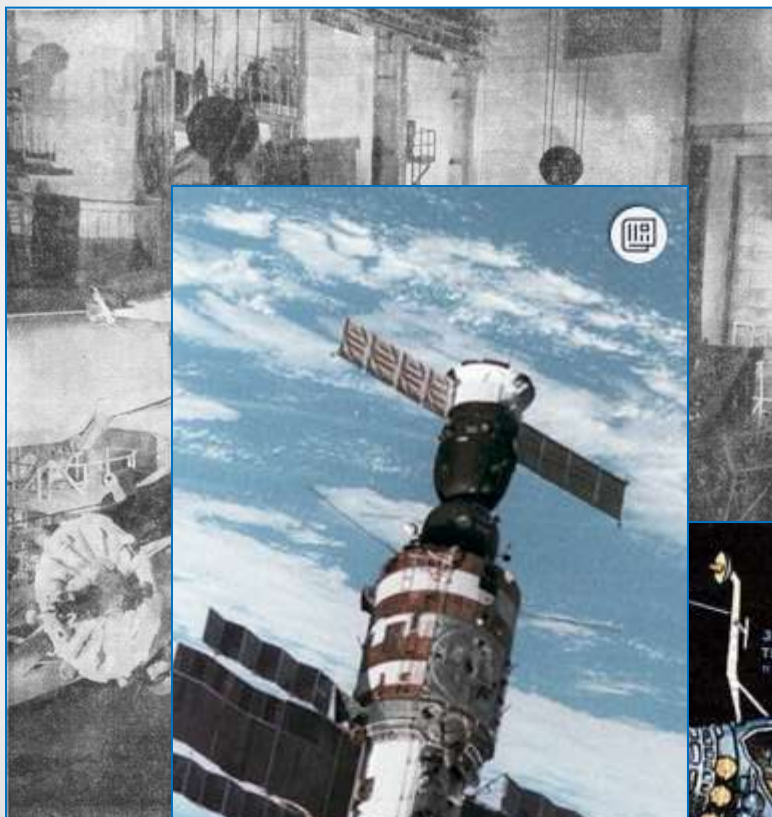
- Первая в мире **долговременная орбитальная станция**.
- Вмещала до **3 космонавтов**.
- Разработана для **длительной** (180 дней) работы на орбите.
- Создавалась с целью **обогнать США** в освоении космического пространства.
- Создана на основе **отнятых у Челомея** корпусов будущей орбитальной станции **«Алмаз»**.
- Управляющая аппаратура – доработанный для станции **вариант аппаратной начинки КА «Союз»**.

Салют-1 (1971г.)



1. Антенны системы сближения; 2. Звездный телескоп "Орион";
3. Аппаратура для биологических исследований; 4, 21. Воздушная установка;
7. Звездный фотоаппарат; 8. Медотсек; 9, 10. Антенны радиосистем;
11. Баки с топливом; 12. Двигатели ориентации; 13. Солнечные батареи;
14. Туалет; 15. Датчик микрометеоритов; 17. Радиационные датчики;
19. Бортовая вычислительная машина; 20. Солнечный датчик;

Салют-1 (1971г.)



САНКТУАРИЙНЫЙ УЗЕЛ

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ

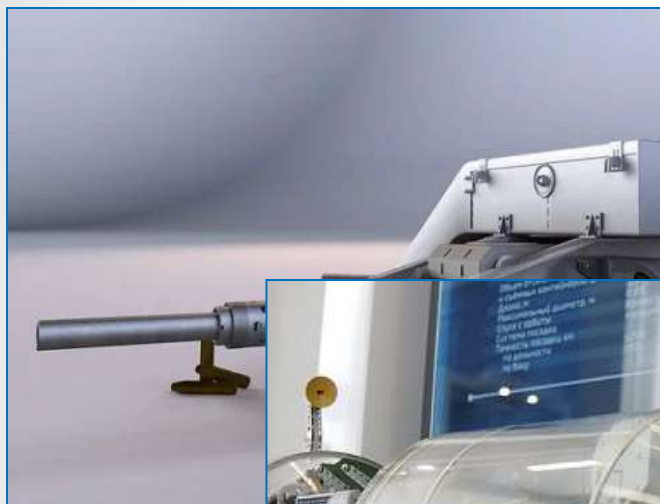
Программа «Алмаз» (1973-1977 г.)



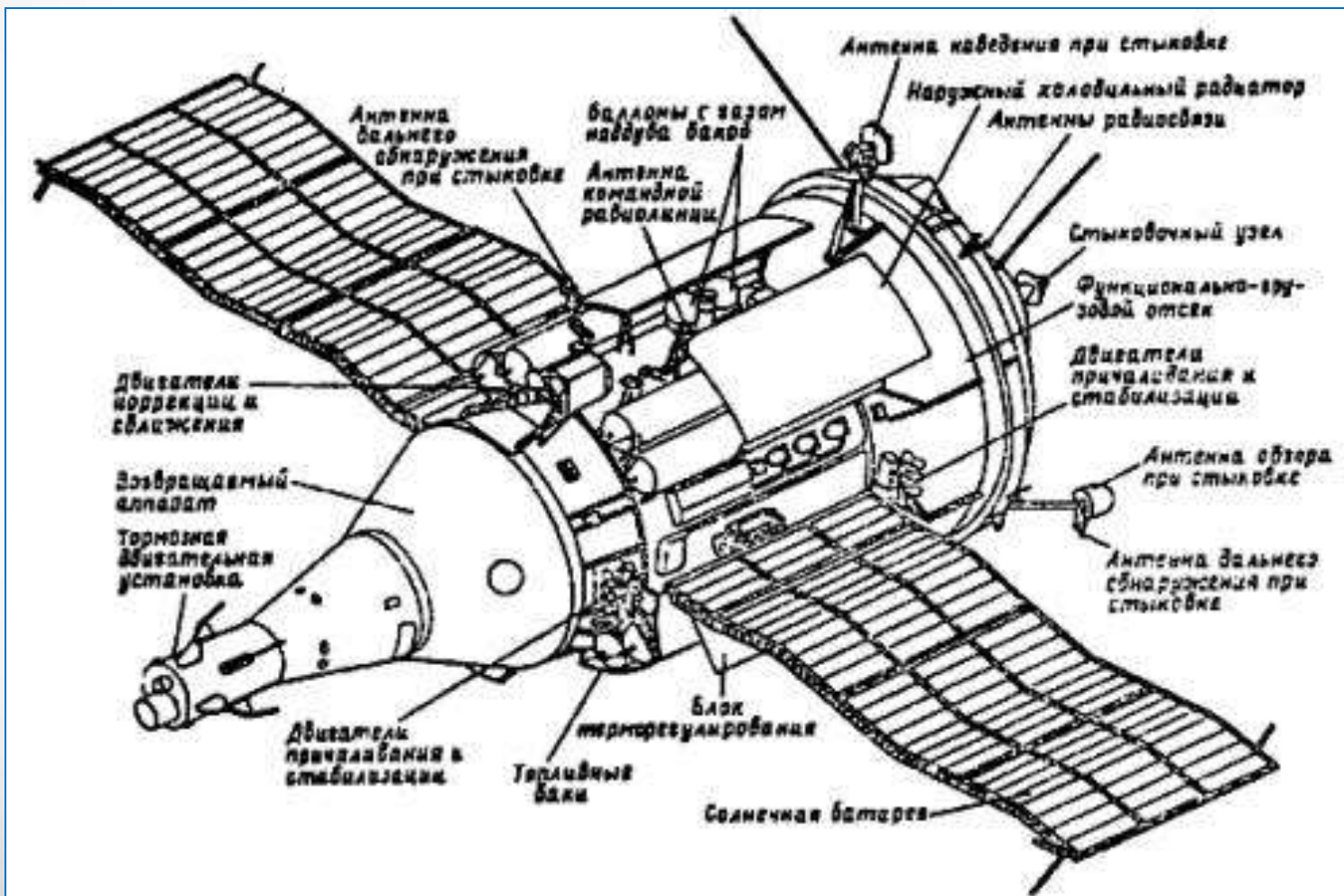
- «Салют» - гражданские станции, «Алмаз» - военные станции.
- Станции **проекта «Алмаз»** совершенно секретно разрабатывались «НПО машиностроения».
- Запускались под тем же именем «Салют», но **внутри сильно отличались.**



Станции «Алмаз»



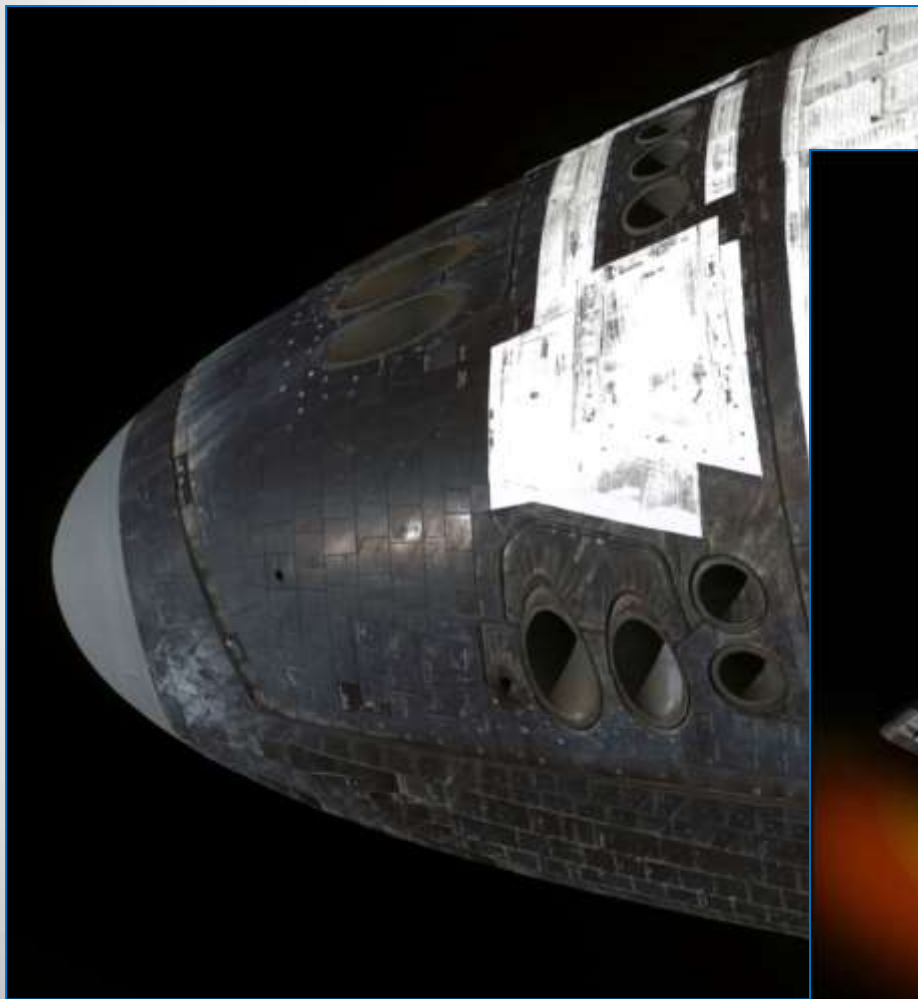
«ТКС»



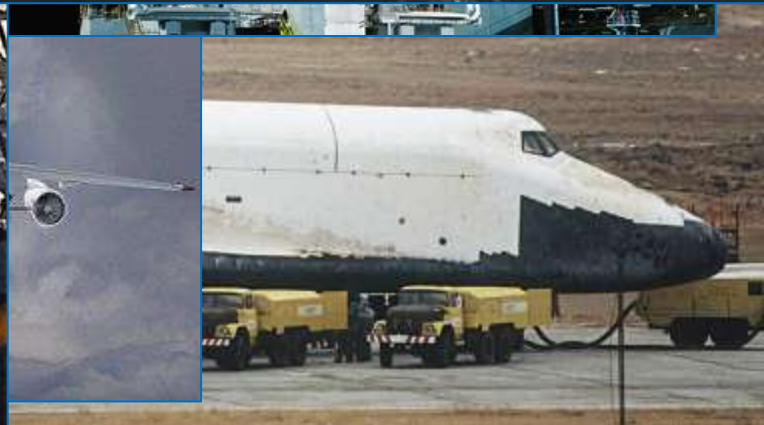
«Space Shuttle» (1981-2011)



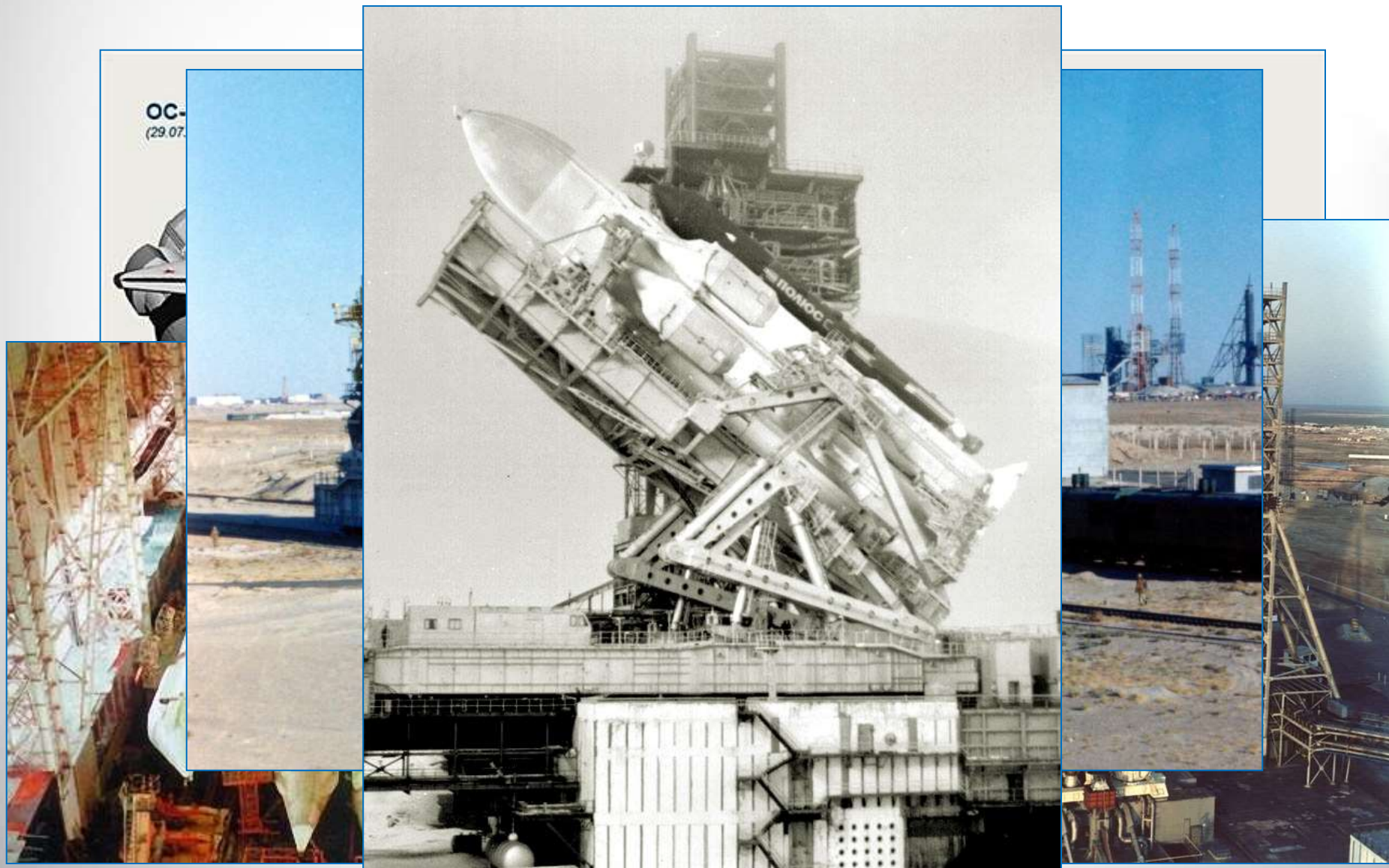
Теплозащита «Шаттла»



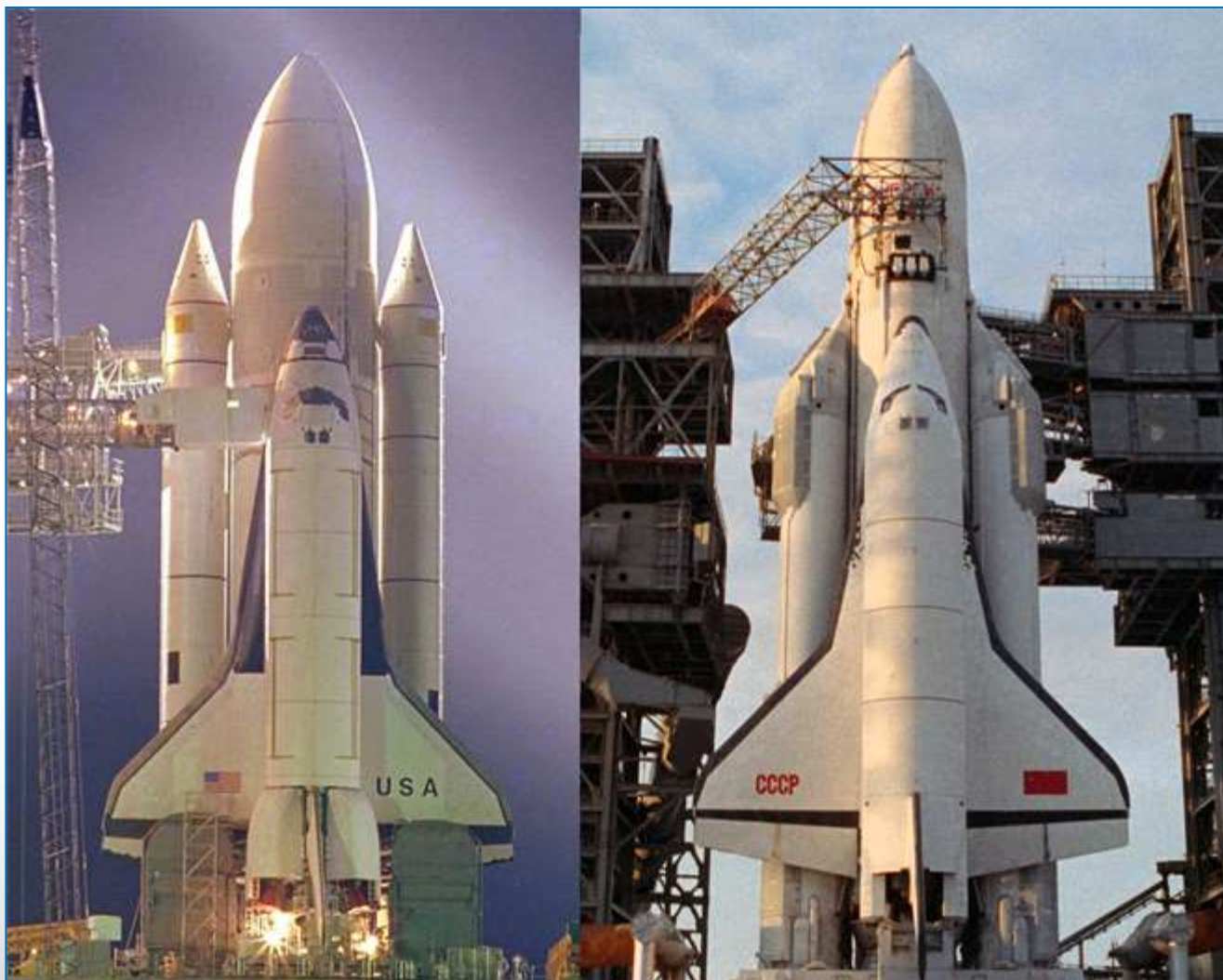
«Буран-Энергия» (1988 г.)



«Энергия» (1987 г.)



«Буран-Энергия» и «Шаттл»

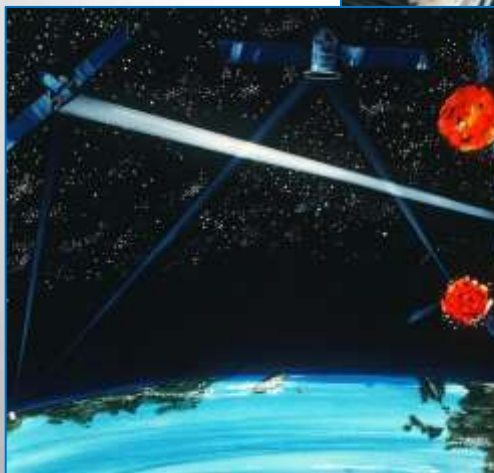
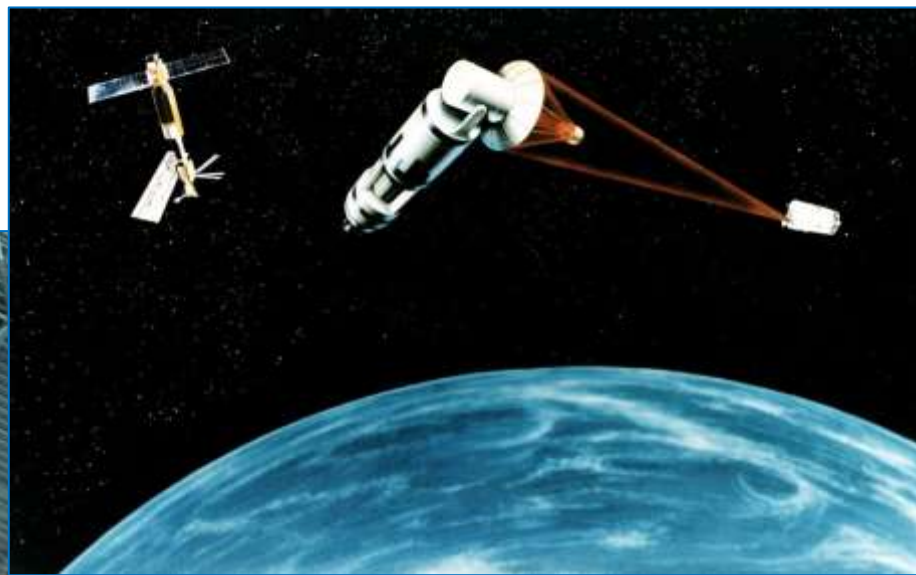
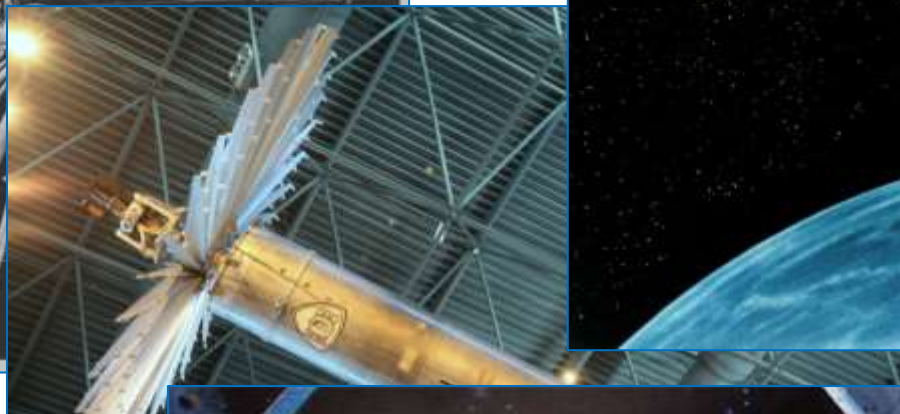
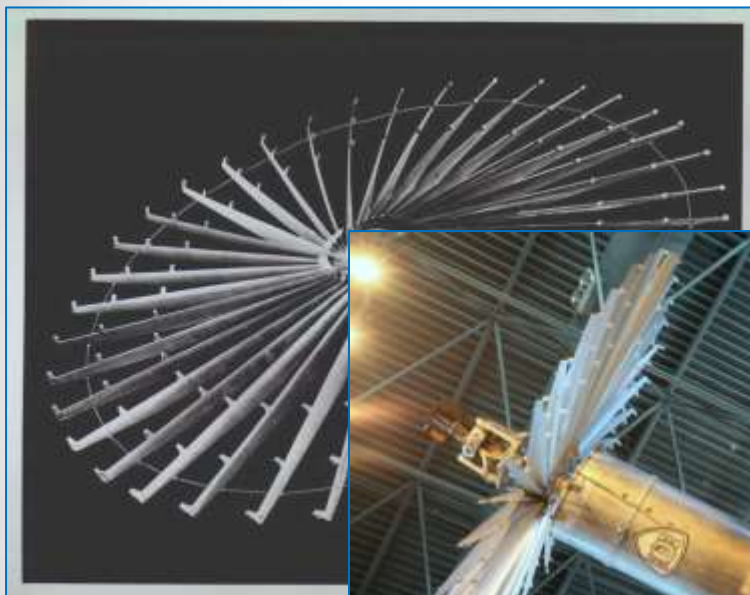


«Звёздные войны»?

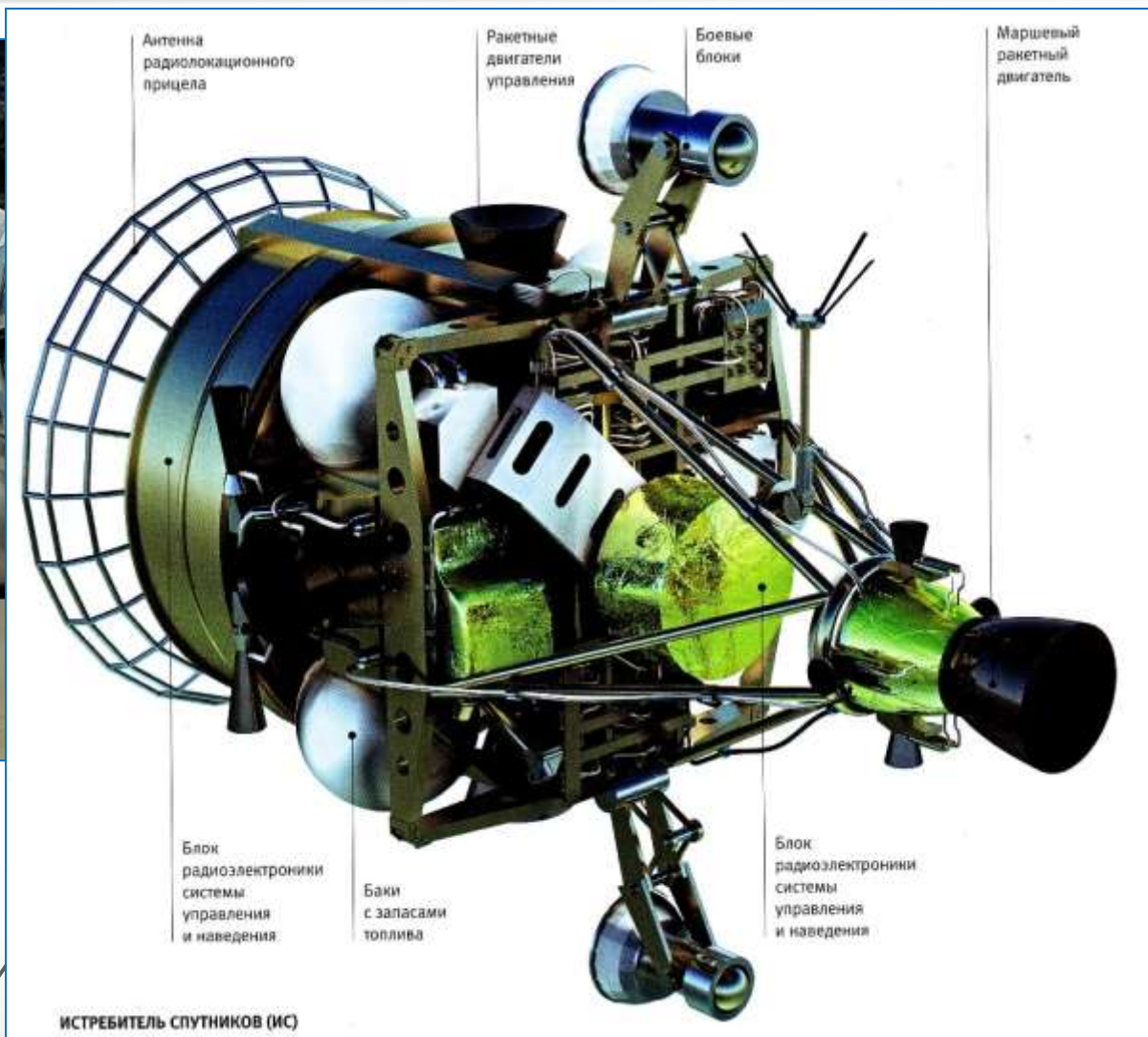
- В **1983 г.** президент США Рейган объявил о начале программы по размещению в космосе **вооружённых** космических аппаратов.
- Задача - создание **способов противодействия** советскому ядерному оружию **в космосе**.
- **Задумка** – разместить в космосе **лазерные, электромагнитные, СВЧ**, а также **ракетные средства перехвата** советских ракет и спутников.
- Программа тут же была окрещена «**Звёздными войнами**».



«Звёздные войны»?

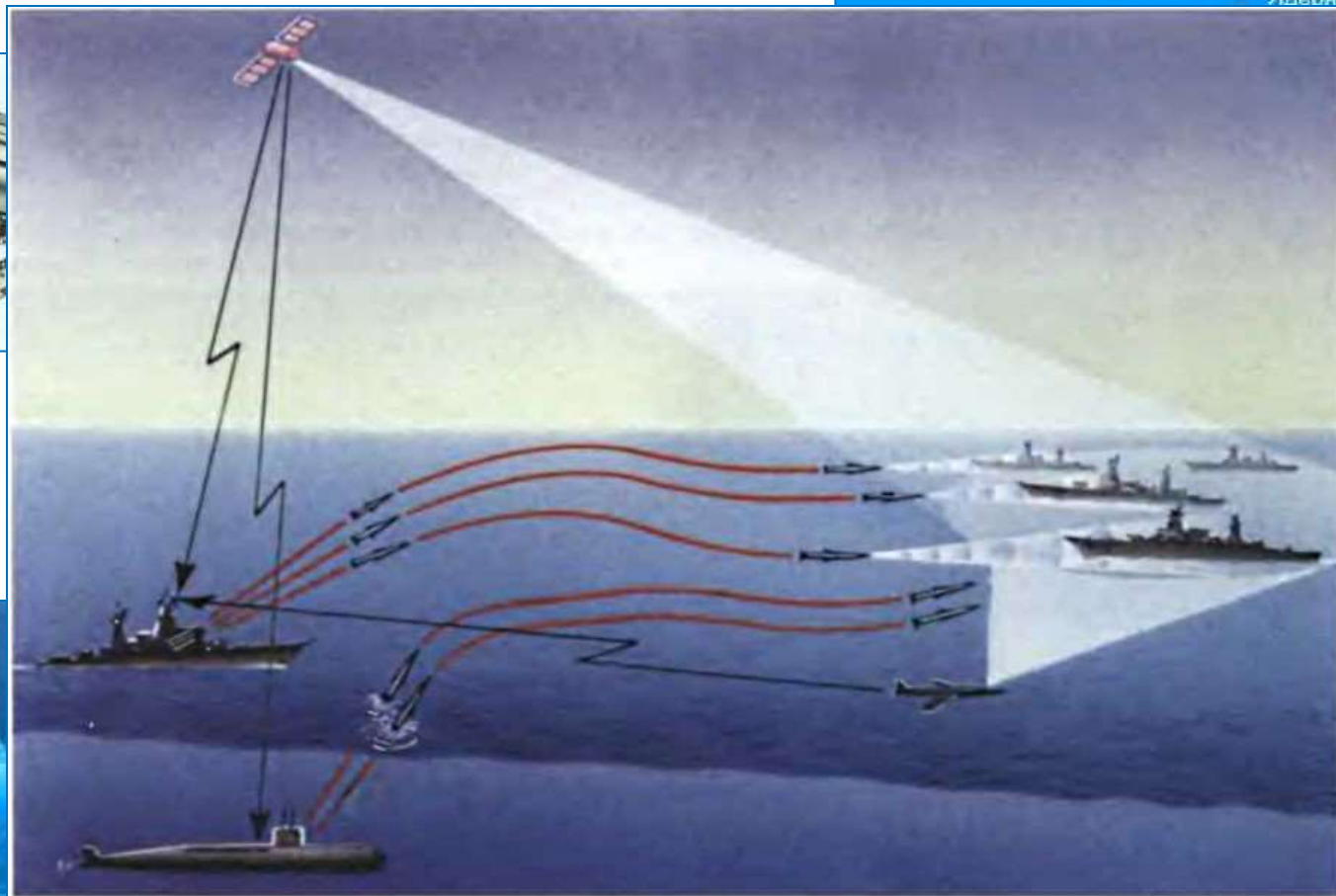


«Истребитель спутников» (1963-1968 г)



- Разработка «Истребителя спутников»
- На вооружении ВВС СССР
- До сих пор подробности – **под грифом секретности.**

Советские «Звёздные войны»



Ядерный реактор

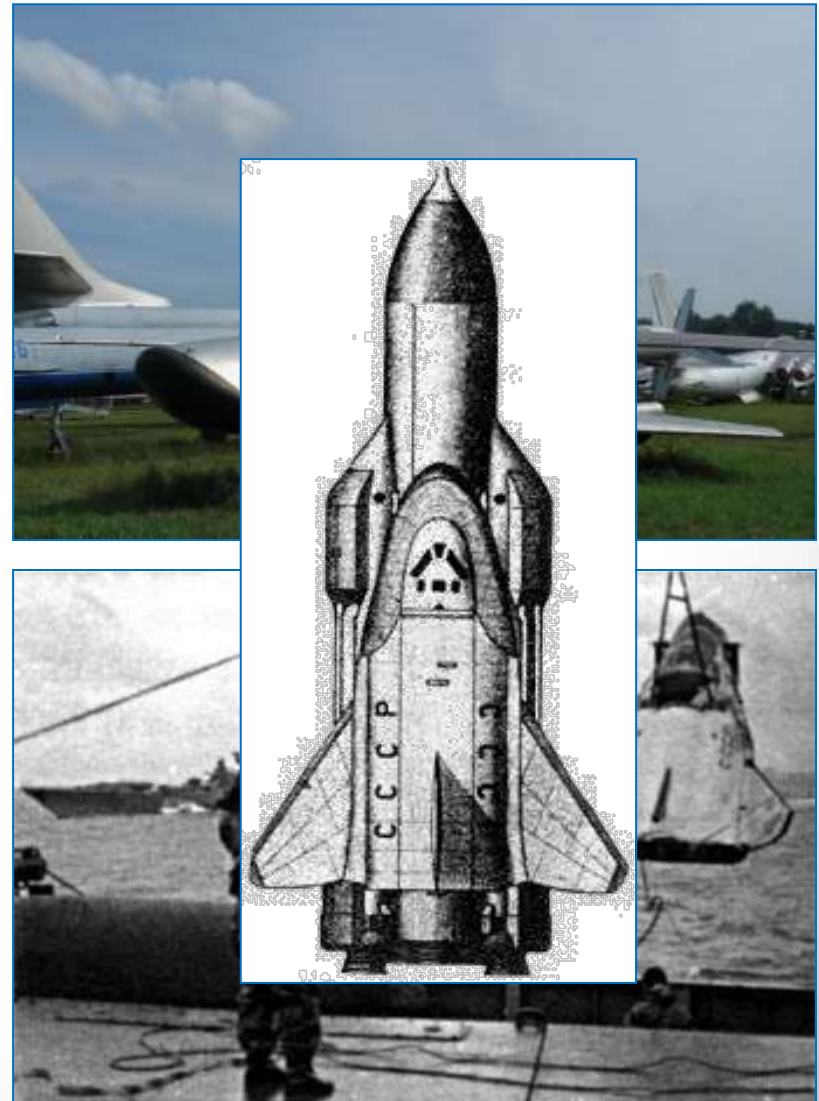
Активная
зона
ядерного
реактора

Система
датчиков
датчики

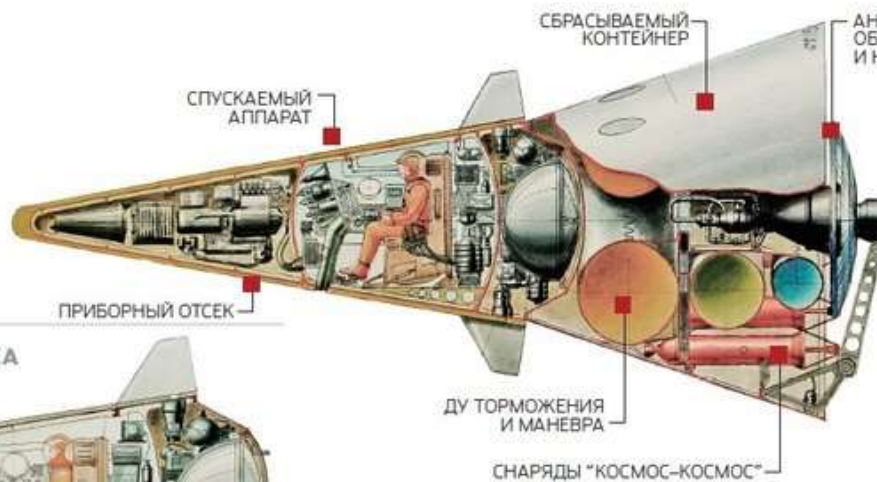
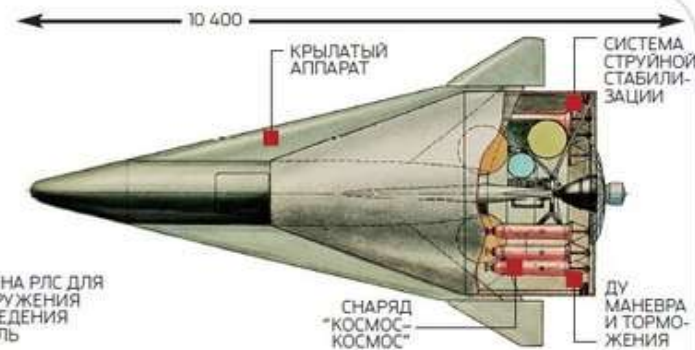
ВОЕННО - ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Самолёт «Спираль» (1965-1974)

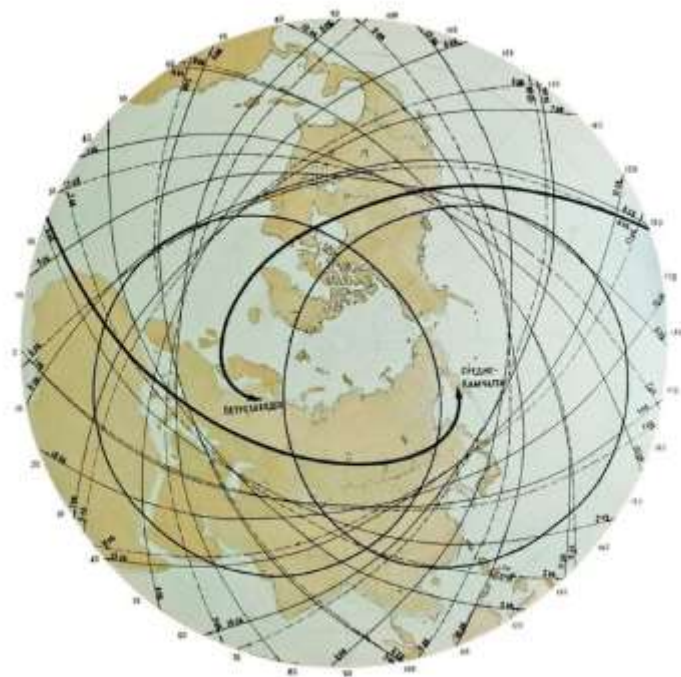
- **Двухступенчатая система** – самолёт-разгонщик и орбитальный самолёт.
- Самолёт-разгонщик весил **52 т** и достигал скорости **~ 1.8 км/с** на высоте **30 км**.
- Вес орбитального самолёта – **8.8 т**, из них 0.5-2 т. – вооружение.
- Производилось **7 космических** и **7 лётных испытаний** различных аналогов орбитального самолёта.



Ракетопланы НПО Машиностроения



КОМПОНОВКА КАБИНЫ



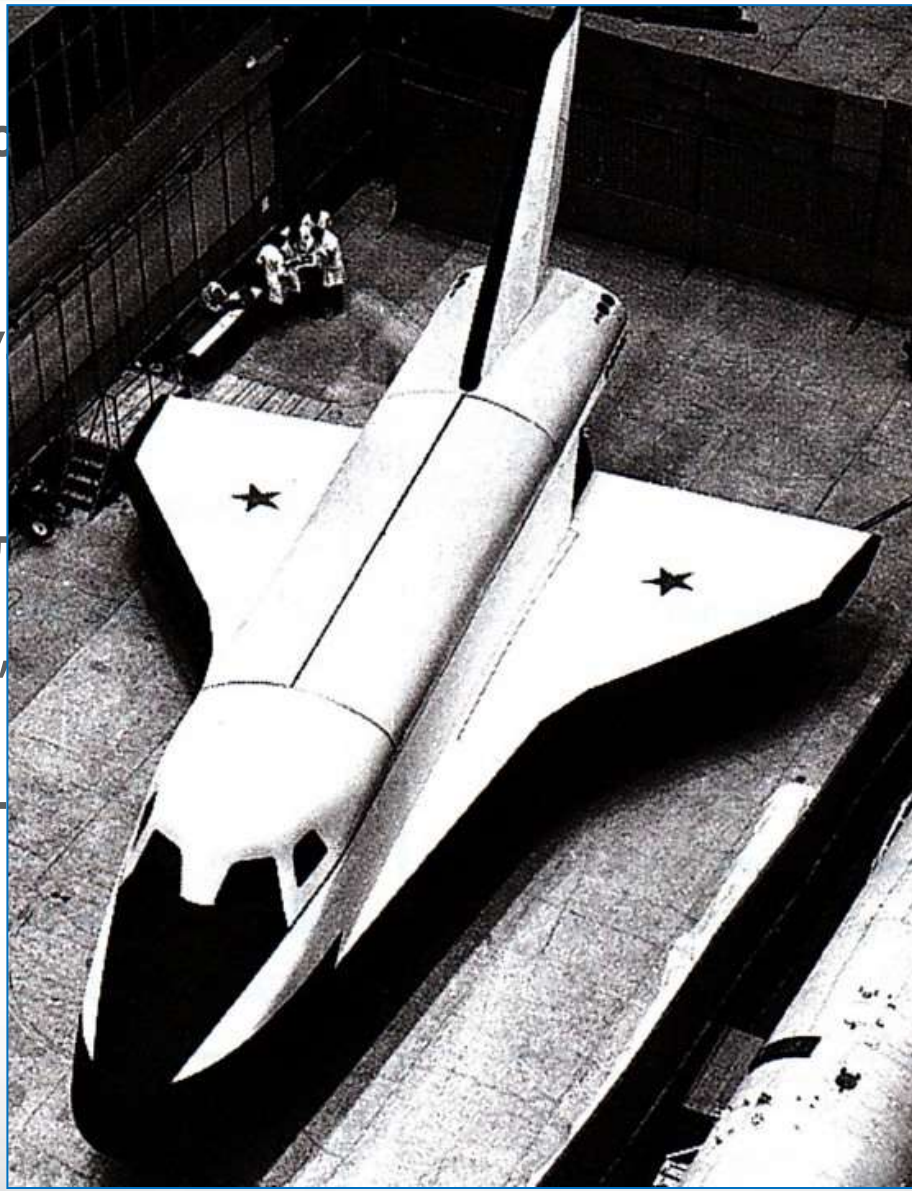
Ракетопланы НПО Машиностроения



- 1960-1965 г.

«ЛКС» (1975-1981 г.)

- Разработка «НПО машино
- Масса: **19.5 т.**
- Полезная нагрузка
- Запас топлива:
- Экипаж – **2 чел**
- Длина **18.55 м**,
высота **6.7 м**,
размах крыла **1**



«ЛКС» (1975-1981 г.)



- Стоимость **в 100 раз ниже** программы «Буран».

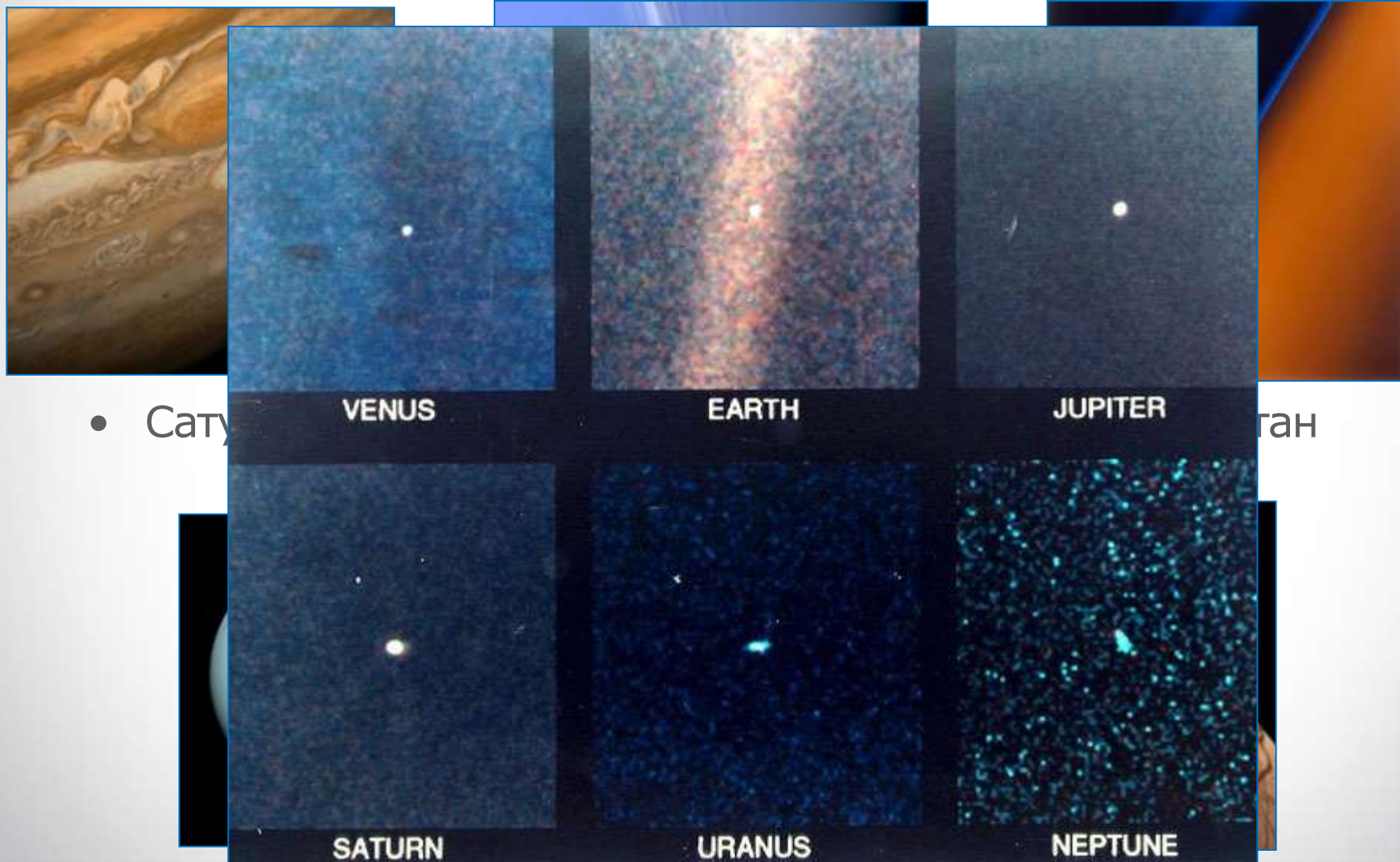


- «Буран», «ЛКС», «Союз»

Программа «Вояджер» (1977 г.)



Программа «Вояджер»



- Сатурн

тан

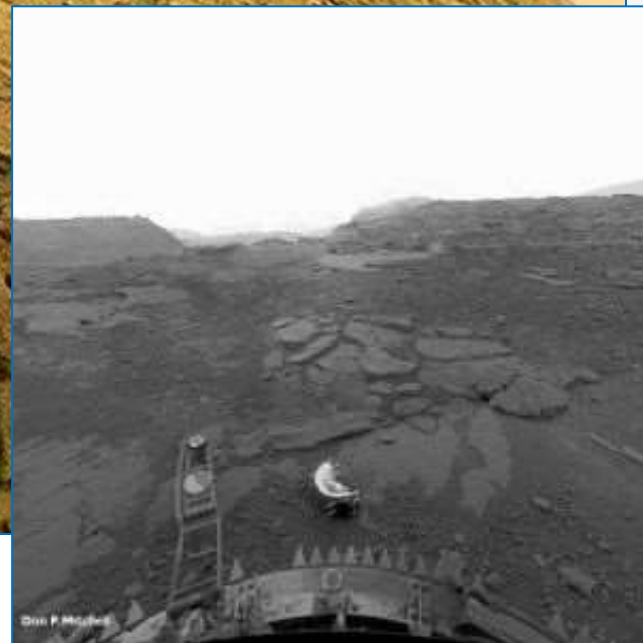
- Уран

- Европа

Планетоходы, станции, телескопы



- Кассини, 1997 г.



- Венера-14, 1982 г.

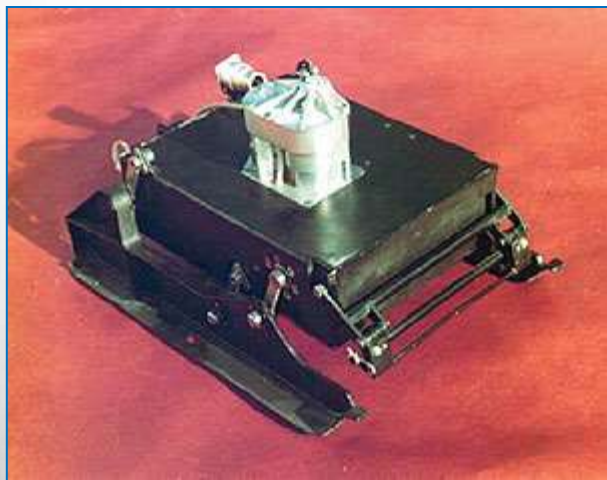
Планетоходы, станции, телескопы



- Spirit, 2004 г



- Радиоастрон, 2011 г.

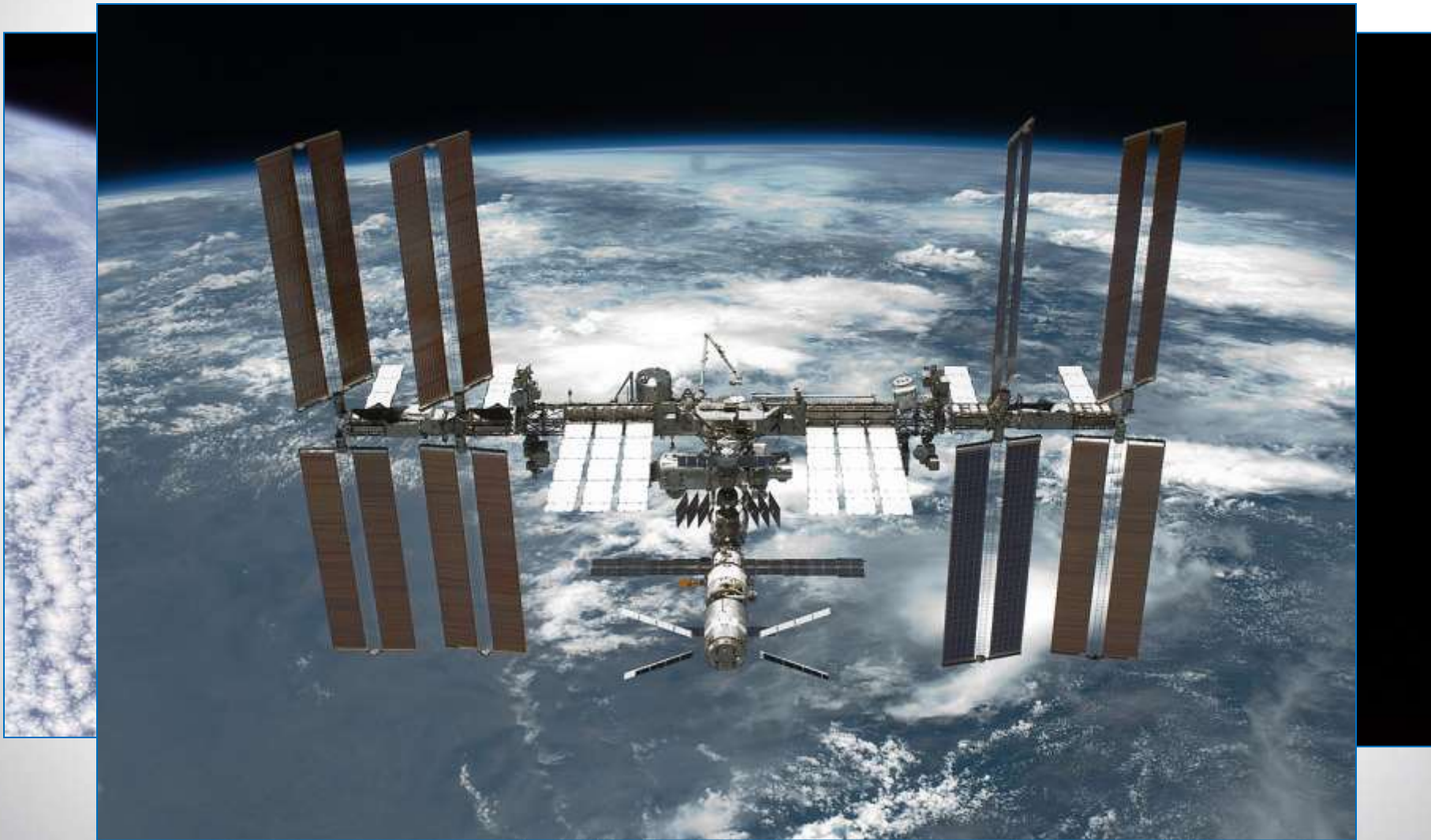


- ПрОП-М, 1971 г.



- Хаббл, 1990 г.

Орбитальные станции



- МКС, с 1998 г.

Космос – это интересно!

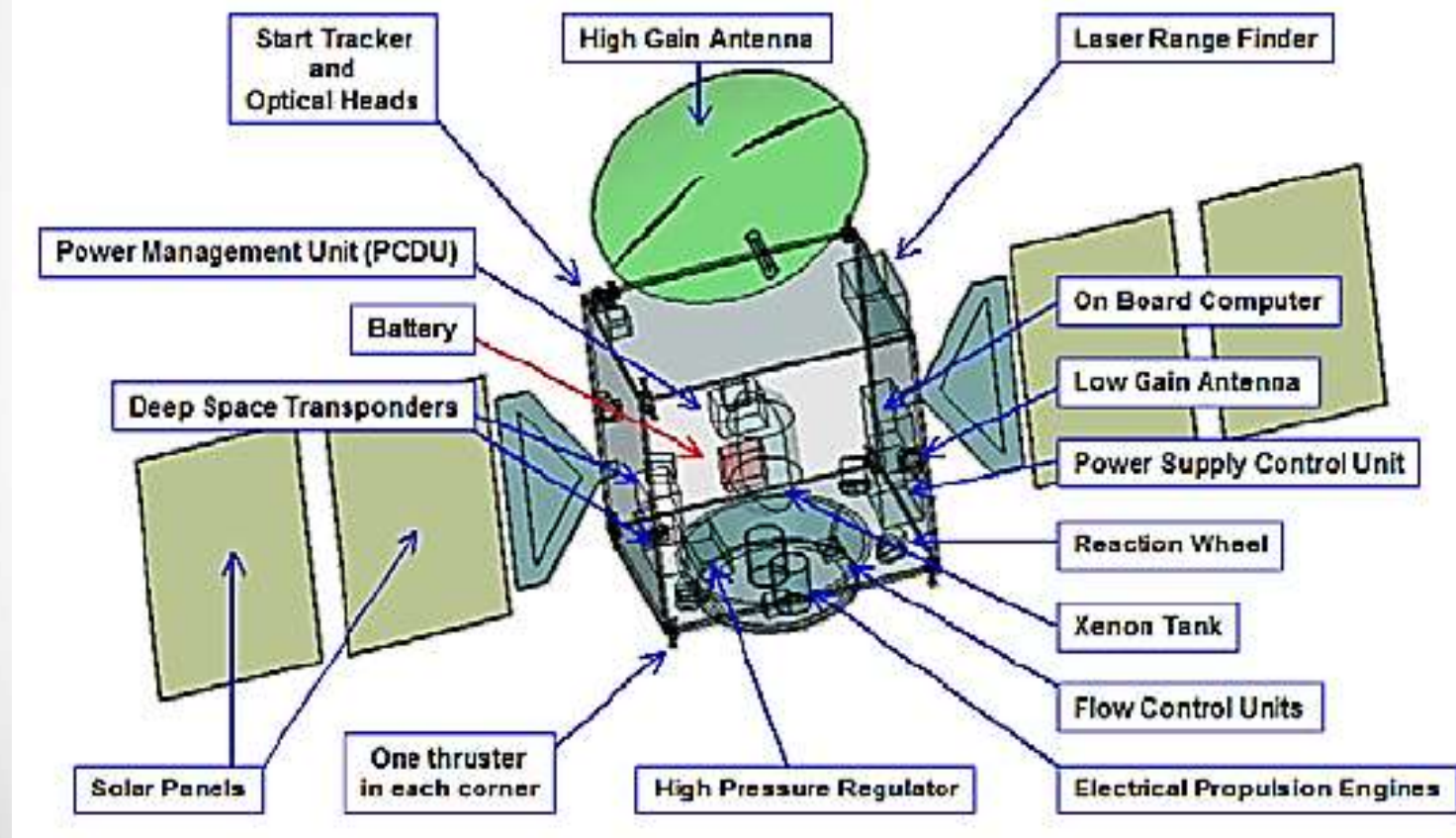
- Космический аппарат «Хаябуса»
- **Тип:** исследовательский зонд
- **Миссия:** первое в истории человечества взятие образцов грунта с поверхности астероида
- **Масса зонда:** 510 кг (380 кг без топлива)
- **Размер зонда:** 1 x 1.6 x 2 метра
- **Двигатели:** 4 маршевых (ксенон), 12 маневровых (гидразин)
- **Время жизни:** до 4 лет
- **Дата запуска:** 9 мая 2003 года.
- **Завершение миссии:** 13 июня 2010 года.



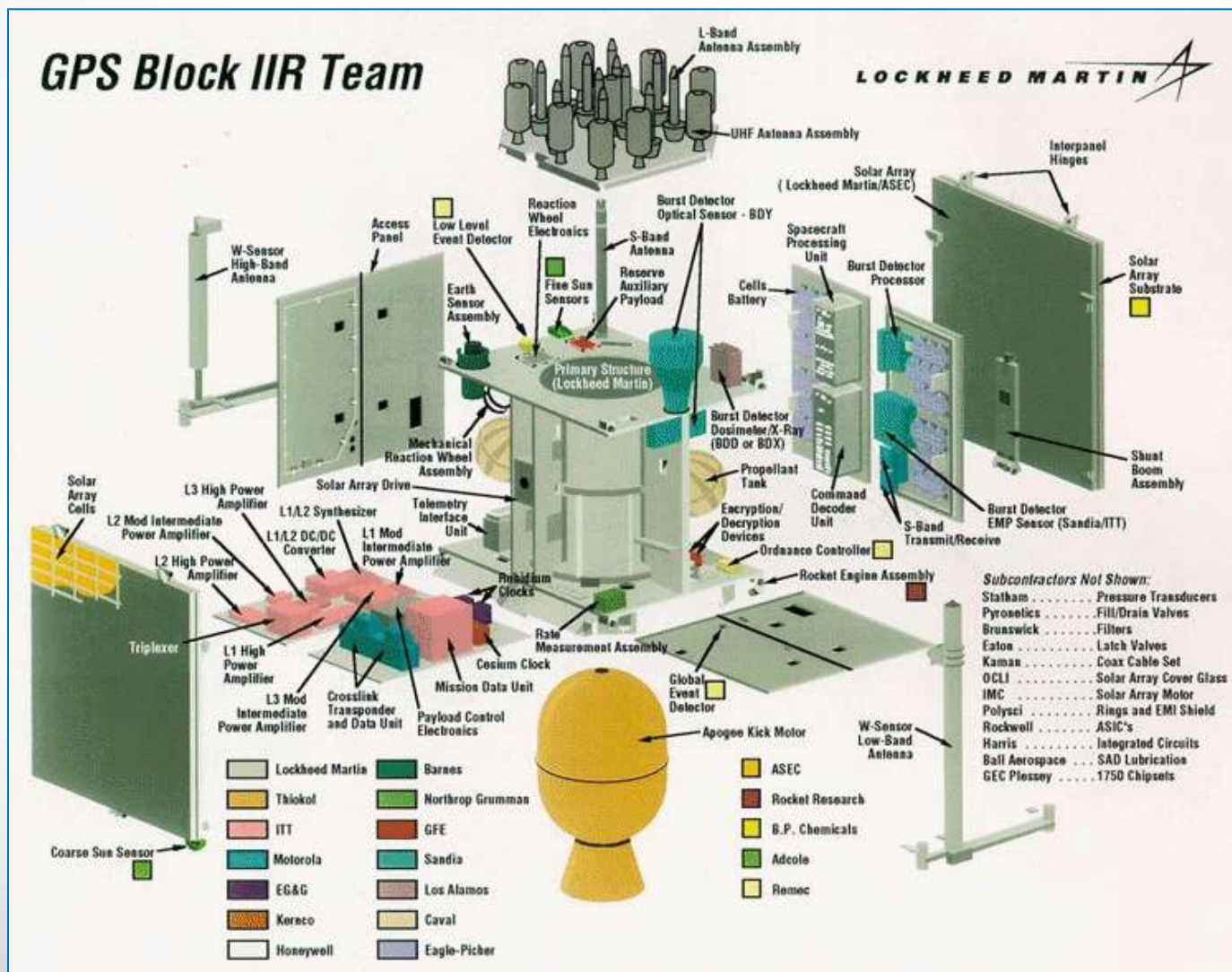
Как выглядел «Сокол»



Устройство космического корабля



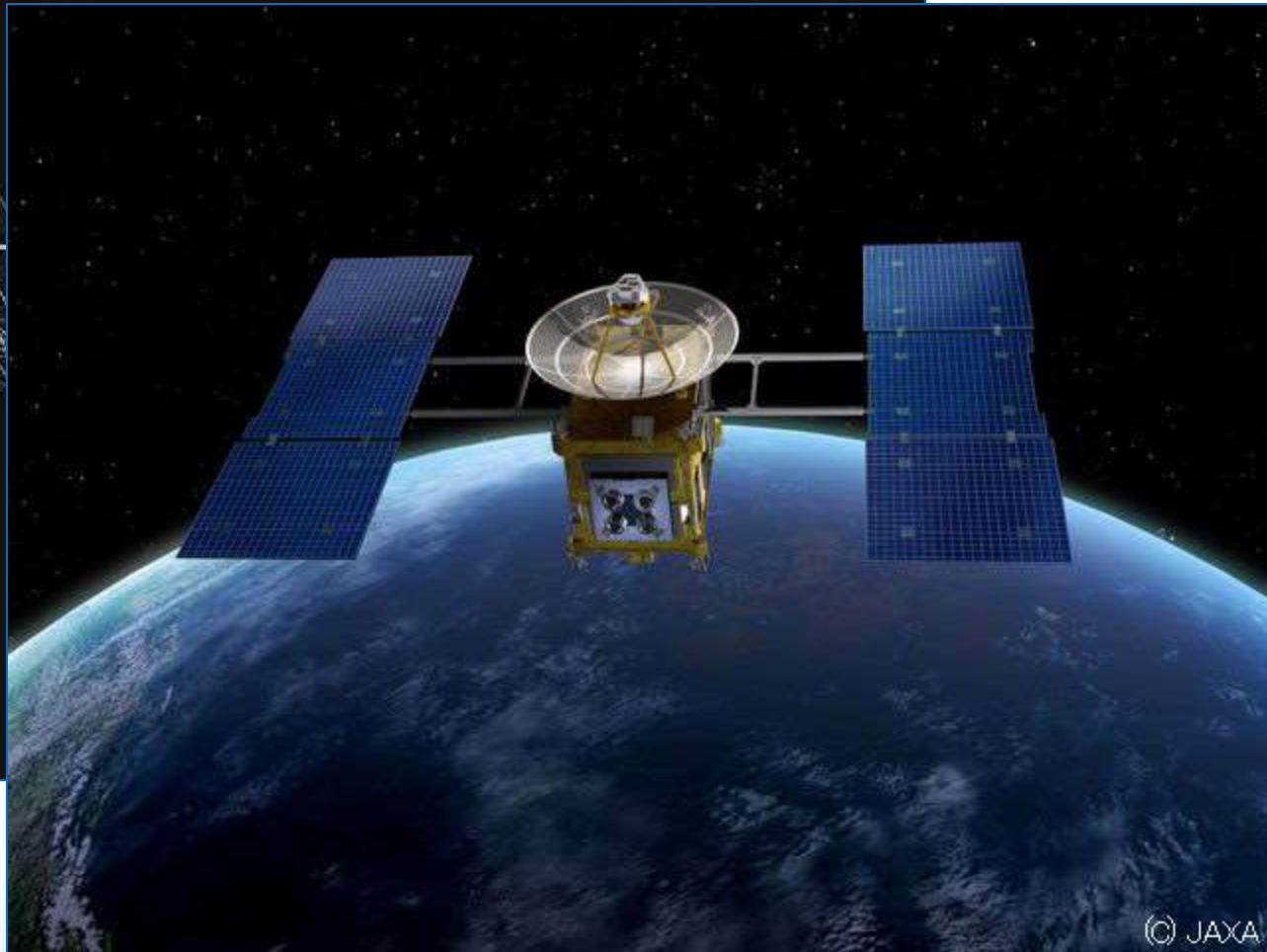
Устройство космического корабля



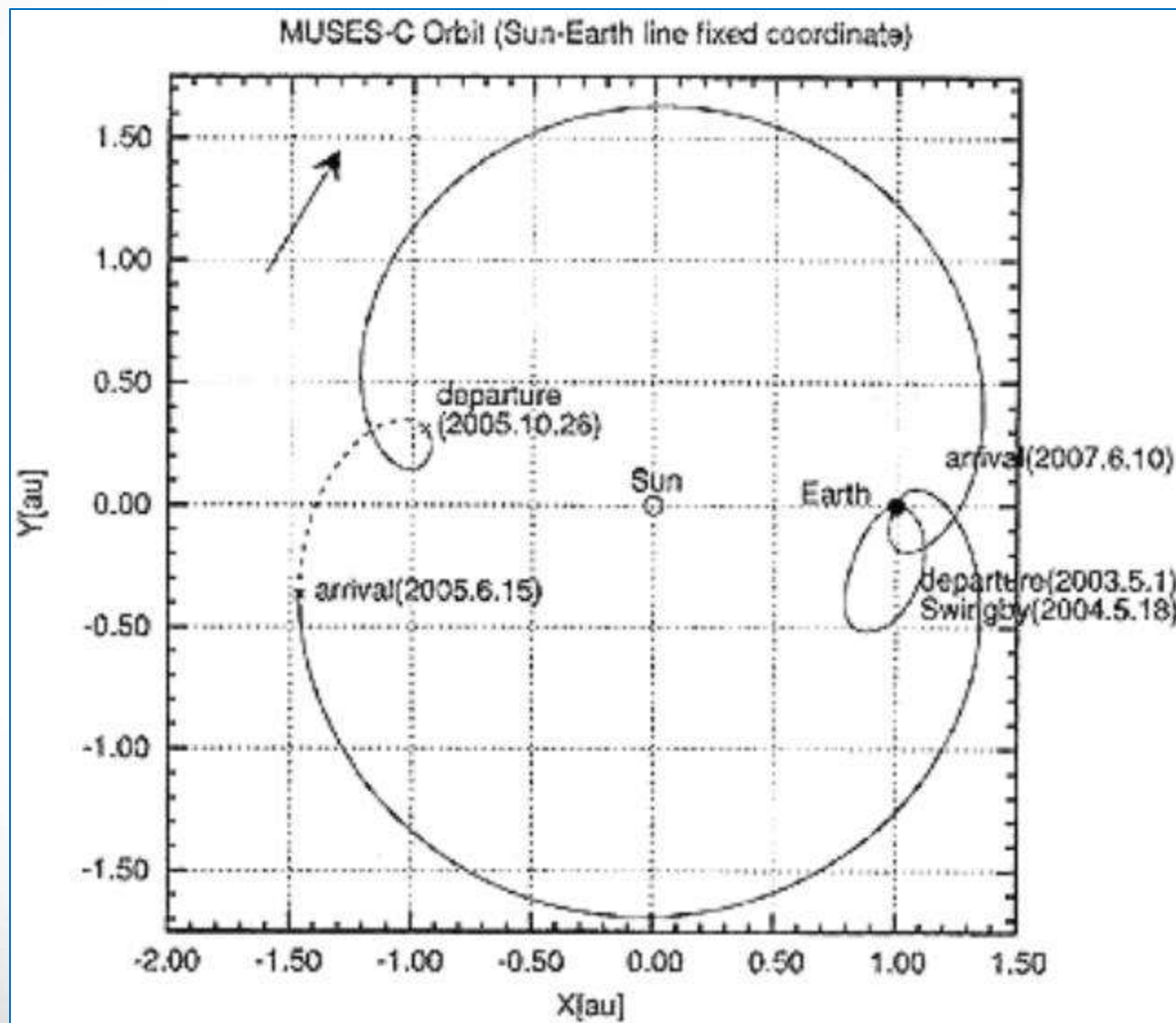
Путь «Хаябусы»



Путь «Хаябусы»



Путь «Хаябусы»

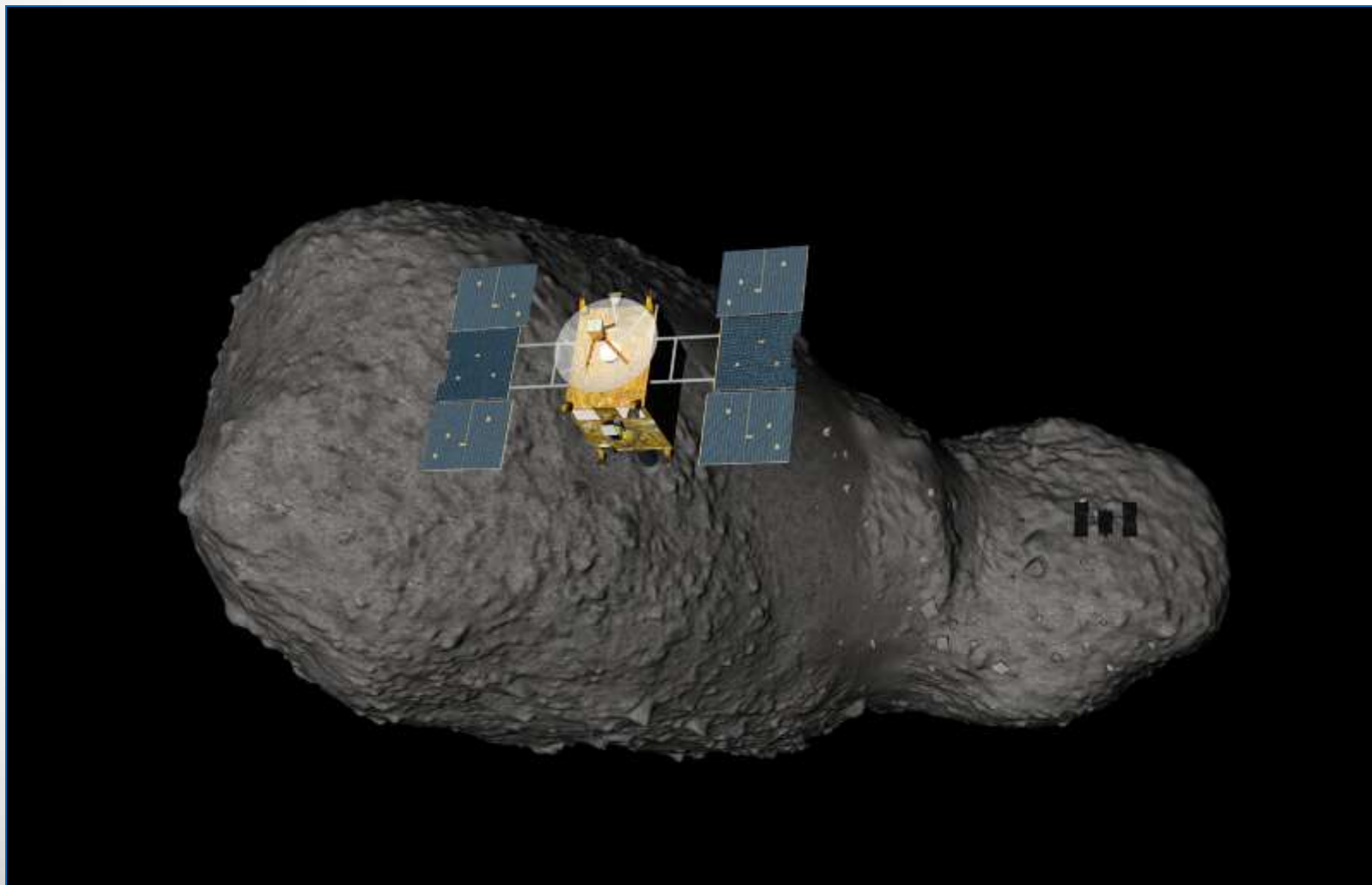


Маховики (супер-кратко)



- Солнечные батареи – должны быть повернуты к свету,
 - Антенна – к Земле,
 - Научная аппаратура – к астероиду

«Хаябуса» на орбите

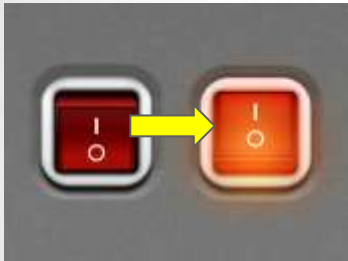


Сброс «Минервы»



Алгоритм забора грунта – реальность

1

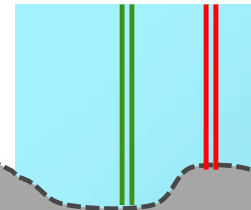
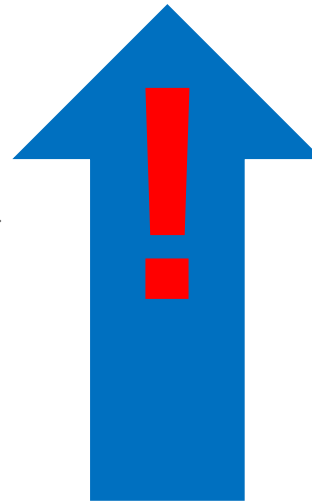
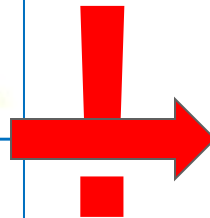


2



3

(...)



Астероид

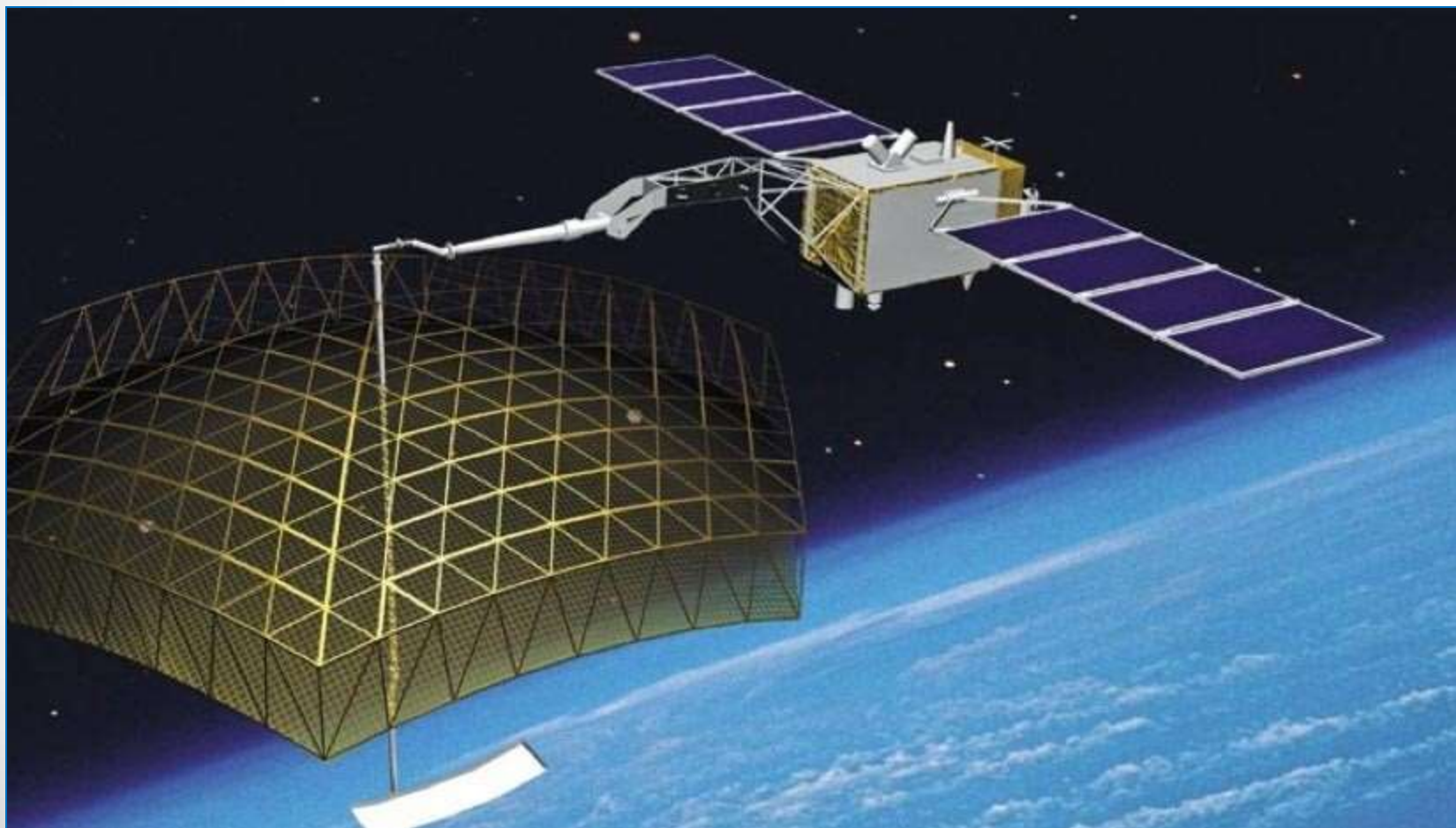
Наследие «Хаябусы»?



Наше будущее



Наше предприятие



— «Кондор»

Космос – это интересно!



Спасибо за внимание!