

The background of the slide is a dark space scene. In the lower half, the curved horizon of the Earth is visible, showing some cloud detail. Scattered throughout the dark space are numerous small, bright stars. In the bottom right corner, there is a large, detailed asteroid with a rough, cratered surface. In the top left corner, there are thin white lines representing orbital paths, with a small purple dot marking a point on one of these paths.

Венера – 7

inВАРКТ

Московский Авиационный Институт
Проект по дисциплине:
Введение в авиационную и ракетно-космическую
технику
Группа: М8О-108Б-23

Команда inBARKT



**Надежда
Соловьева**

Тимлид
Программист Python



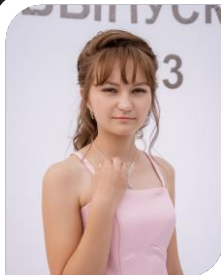
**Никита
Радион**

Физик
Математик



**Даниэль
Нургалиев**

Программист
Тестировщик KSP



**Екатерина
Федорова**

Математик
Редактор



Кратко о проекте

Цель исследования: Выявить зависимости физических характеристик с помощью математической модели, реализовать её с помощью программного кода и проанализировать правильность вычислений

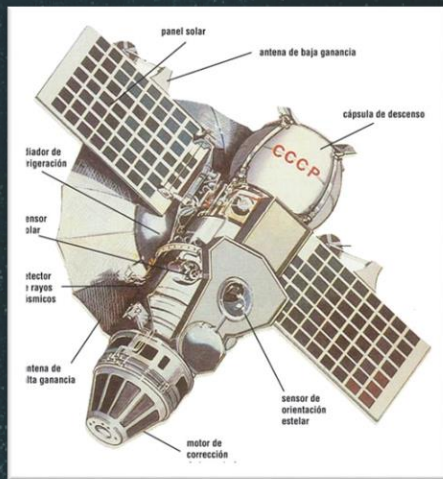
Задачи:

- Сбор необходимой информации о миссии "Венеры-7"
- Составление плана полёта
- Создание физической модели
- Создание математической модели путём преобразования физических формул
- Моделирование графиков выведенных математических законов
- Выполнение работы в KSP: конструирование и запуск ракеты "Венера 7", выведение её на орбиту; полёт до планеты и посадка на неё с целью сбора данных
- Анализ данных о полёте в KSP и сравнение их с рассчитанными
- Съёмка видео-ролика, создание презентации
- Анализ проделанной работы, составление отчета



Реальная миссия и аппаратура

17 августа 1970 года зонд "Венера-7" был успешно запущен в 8 часов 38 минут 21,745 секунд московского времени с космодрома Байконур, используя ракету-носитель «Молния-М» с разгонным блоком НВЛ. На основе данных, полученных со спускаемого аппарата станции «Венера-7», были рассчитаны значения давления и температуры на поверхности планеты Венера.



Состав научной аппаратуры орбитального аппарата:

- прибор КС-18-4М для изучения потоков космических частиц.

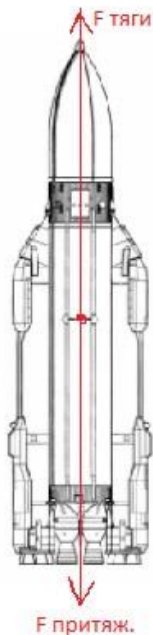
Состав научной аппаратуры спускаемого аппарата:

- гамма-спектрометр ГС-4 для определения типа поверхностных пород планеты;
- комплект ИТД для определения температуры и давления атмосферы;
- прибор ДОУ-1М для измерения максимального ускорения на участке торможения СА.



Физическая модель

Этап 1: Взлёт



Глобальные константы Венеры:

$G = 6,67 * 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} * \text{с}^2}$ — универсальная гравитационная постоянная

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{градус} * \text{моль}}$ — универсальная газовая постоянная

$M = 4,87 * 10^{24} \text{ кг}$ — масса Венеры

$\rho_0 = 67 \text{ кг/м}^3$ — плотность атмосферы Венеры

$P_0 = 506625 \text{ бар}$ — среднее атмосферное давление на поверхности Венеры

$g = 16,7 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения

Согласно II Закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$.

$F_{\text{тяги}} = P/v$, где P - полезная мощность, а v - скорость ракеты

$$F_{\text{прит.}} = G \frac{m_1 * m_2}{R^2}$$



Физическая модель

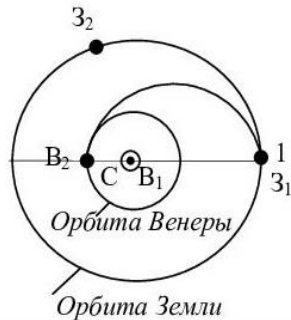
Этап 2: Выход на орбиту Земли и Гомановский переход

1. На данном этапе, чтобы перейти с орбиты Земли в свободное космическое пространство (Гомановский переход) аппарату необходимо набрать II Космическую Скорость. Следовательно, рассчитать орбитальную v :

$$v_{\text{орб.}} = \sqrt{\mu * \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \text{ которая из-за движения по эллиптической орбите принимает вид } v_{\text{орб.}} = \sqrt{\frac{\mu}{r}}$$

Также необходимо определить угол начальной конфигурации: $V = 180^\circ - \alpha$,

Также нужно рассчитать расход топлива по формуле Циолковского: $\Delta m = (1 - e - \frac{\Delta v_s}{t})$



2. Орбитальный переход:

$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$, где a - длина большой полуоси, μ - гравитационный параметр

Угол наклона траектории: $h = r v \cos \varphi$, где h - угловой момент для данной орбиты,

v - орбитальная скорость тела,

r - расстояние от обрабатываемого тела до центрального,

φ - угол наклона траектории.



Физическая модель

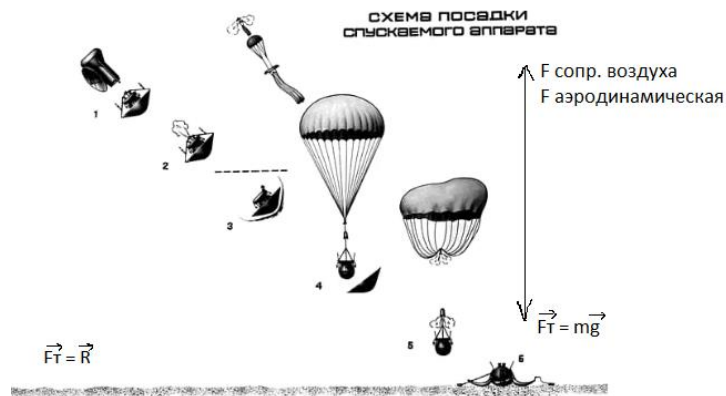
Этап 3: Посадка на Венеру

Прежде всего необходимо понимать, что посадка на поверхность Венеры осуществлялась при помощи парашюта, как тормозного средства, а не тормозной системы, как у ракет. Следовательно, посадка будет совершена за счет:

- $F_{\text{сопр.возд.}} = \rho * l x * S \frac{v^2}{2}$, где ρ - плотность воздуха, $l x = 0,7$ - аэродинамический коэффициент, S - площадь парашюта, $v = \frac{S}{t} = \frac{55000\text{м}}{1980\text{с}} = 26,6$ м/с - скорость парашюта
- $F_{\text{подъемная}} = \rho * l y * S \frac{v^2}{2}$

Сложив эти две силы мы получим полную аэродинамическую силу, обозначим её как $\vec{R} \Rightarrow$

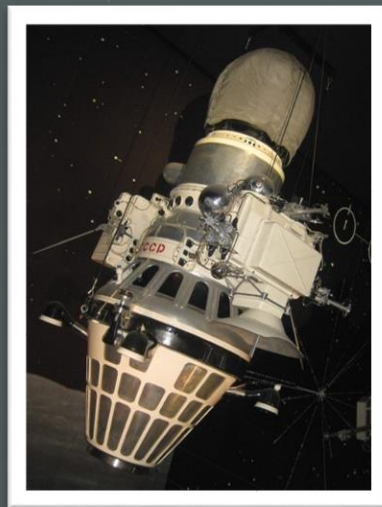
$$\Rightarrow \vec{R} = F_{\text{сопр.возд.}}^{\rightarrow} + F_{\text{подъемная}}^{\rightarrow}$$



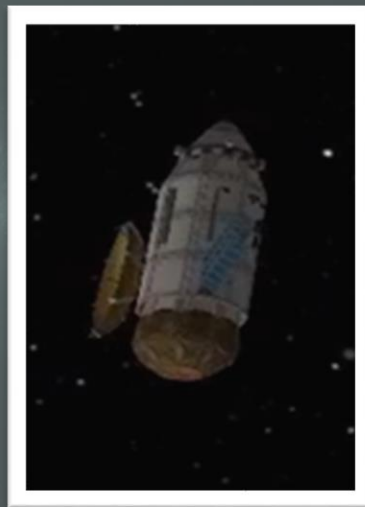
Реализация в **Kerbal Space Programm**



Ракета-носитель «Молния-М»



Автоматическая межпланетная станция
«Венера-7»





Математическая модель

$$\begin{cases} \rho(h) = \rho_0 * \exp(-h/H) \\ P(h) = P_0 * \exp(-h/H) \\ H = (h_2 - h_1) / \ln(P_1/P_2) \end{cases}$$

Учитывая специфику нашей миссии, было принято решение о рассмотрении зависимостей:

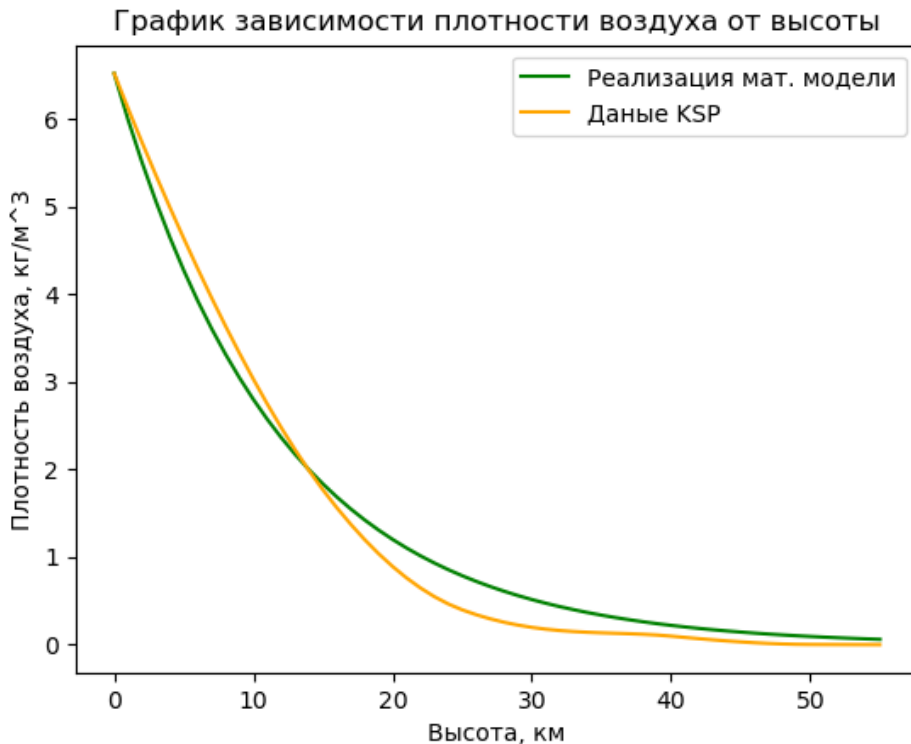
- »» Плотности атмосферы от высоты при посадке
- »» Атмосферного давления от высоты при посадке

Ознакомившись со всеми процессами во время полёта ракеты, можем составить данную математическую модель и сделать вывод:

С уменьшением высоты во время посадки на Венеру плотность атмосферы и атмосферное давление будут экспоненциально расти.



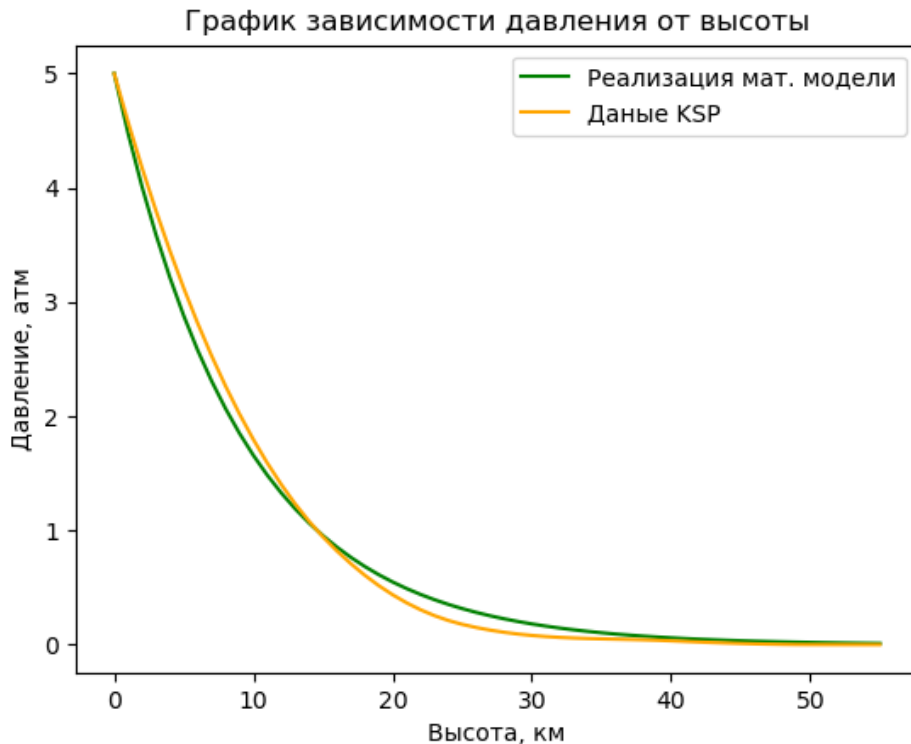
Программная реализация



**Реализация
математической модели с
помощью языка
программирования Python
с использованием
библиотек math, json,
matplotlib.**



Программная реализация



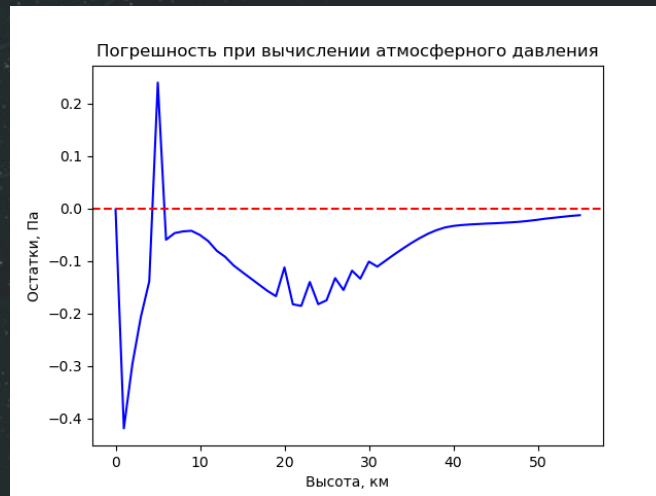
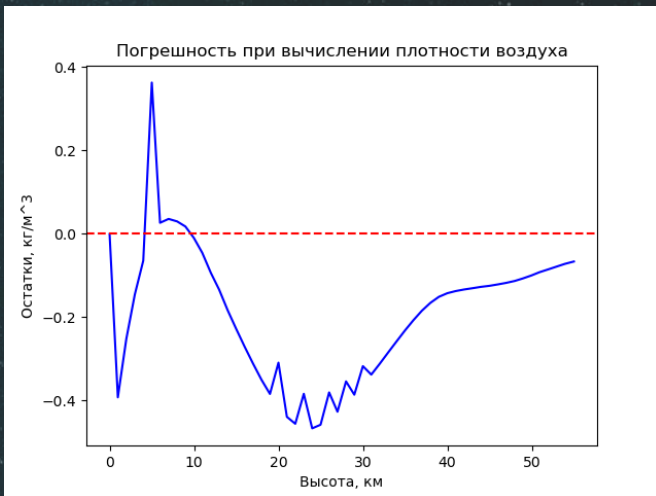
**Реализация
математической модели с
помощью языка
программирования Python
с использованием
библиотек math, json,
matplotlib.**



Анализ и выводы

Сводные графики с данными, полученными с помощью программной реализации мат. модели для рассматриваемых зависимостей, и показаниями симуляции данной миссии в KSP наглядно показывают, что наши предположения об экспоненциальном росте плотности атмосферы и атмосферного давления с уменьшением высоты подтвердились. Заметны небольшие отклонения, возникновение которых можно объяснить несколькими факторами:

- Возможны, малейшие отклонения в процессе симуляции посадки в KSP;
- Некоторые константы, значения которых не получилось найти в характеристиках KSP, были взяты из сети Интернет, вследствие чего они могут отличаться от используемых в симуляторе.





Итоги

В процессе выполнения работы были выявлены зависимости физических характеристик с помощью математической модели, которая была реализована с помощью программного кода, а также проанализирована путём сравнения полученных данных с показаниями из симулятора KSP.

Все поставленные задачи были выполнены.

Приобретенные навыки:

- Программирование автопилота и реализация симуляции полёта в KSP
- Работа с библиотекой matplotlib в Python
- Знания физики на этапах полёта
- Съёмка и монтаж видео
- Работа с форматом ГОСТ
- Командная работа
- Тайм-менеджмент



Для подробного ознакомления
с артефактами исследования
отсканируйте код