

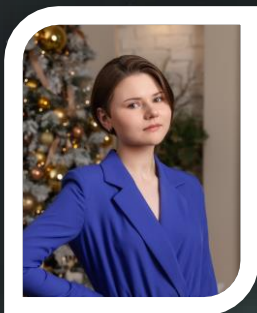


Венера – 7

inВАРКТ

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

Команда inBAPKT



**Надежда
Соловьева**

Тимлид
Программист Python



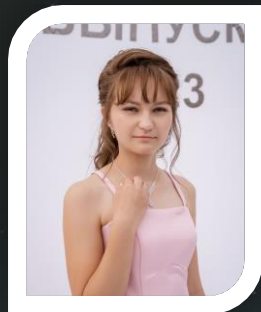
**Никита
Радион**

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

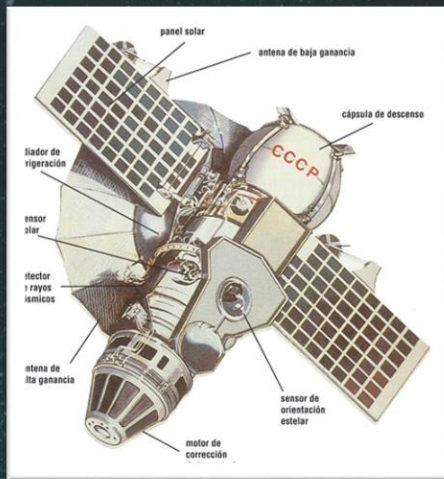
Задачи:

- 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.

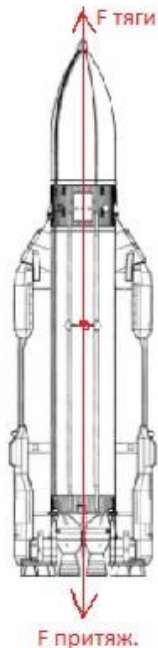
Состав научной аппаратуры спускаемого аппарата:

- 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

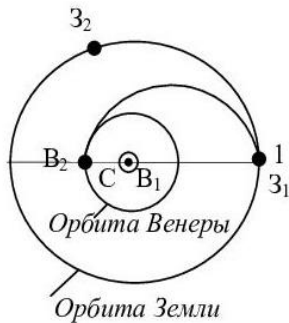
Этап 2: Выход на орбиту Земли и Гомановский переход

1. На данном этапе, чтобы перейти с орбиты Земли в свободное космическое пространство (Гомановский переход), аппарату необходимо набрать *III* 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 обращаемого тела до центрального,

φ - угол наклона траектории.



Физическая модель

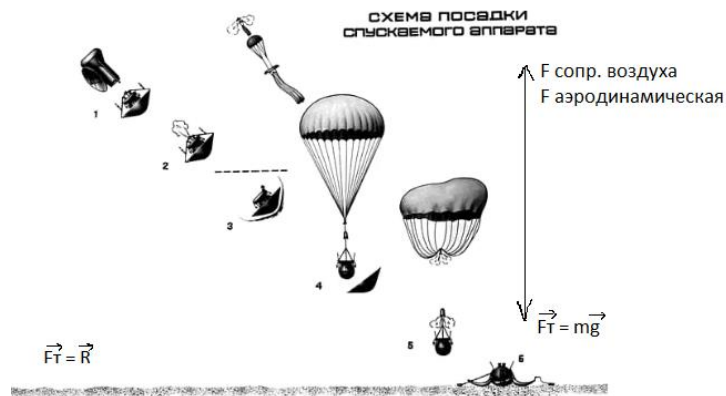
Этап 3: Посадка на Венеру

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 $\vec{R} \Rightarrow$

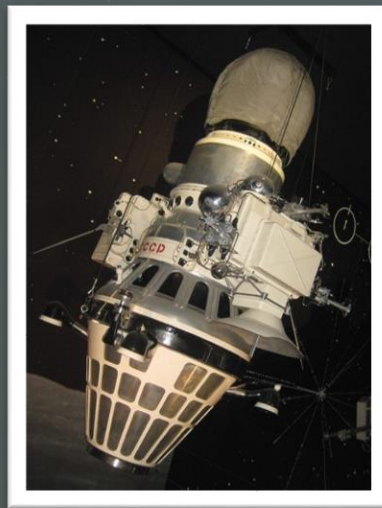
$$\Rightarrow \vec{R} = F_{\text{сопр.возд.}}^{\rightarrow} + F_{\text{подъемная}}^{\rightarrow}$$



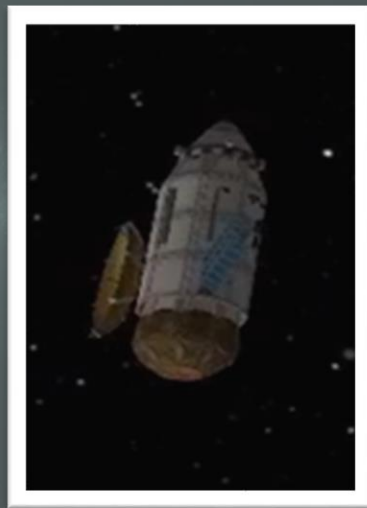
Реализация в **Kerbal Space Programm**



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:

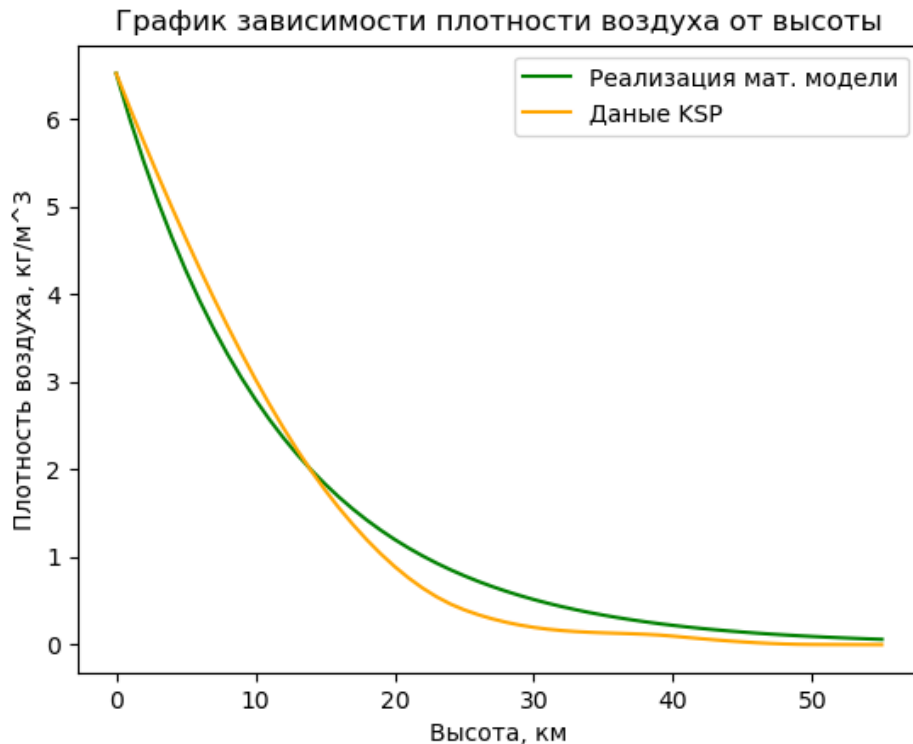
- »» Плотности атмосферы от высоты при посадке
- »» Атмосферного давления от высоты при посадке

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.



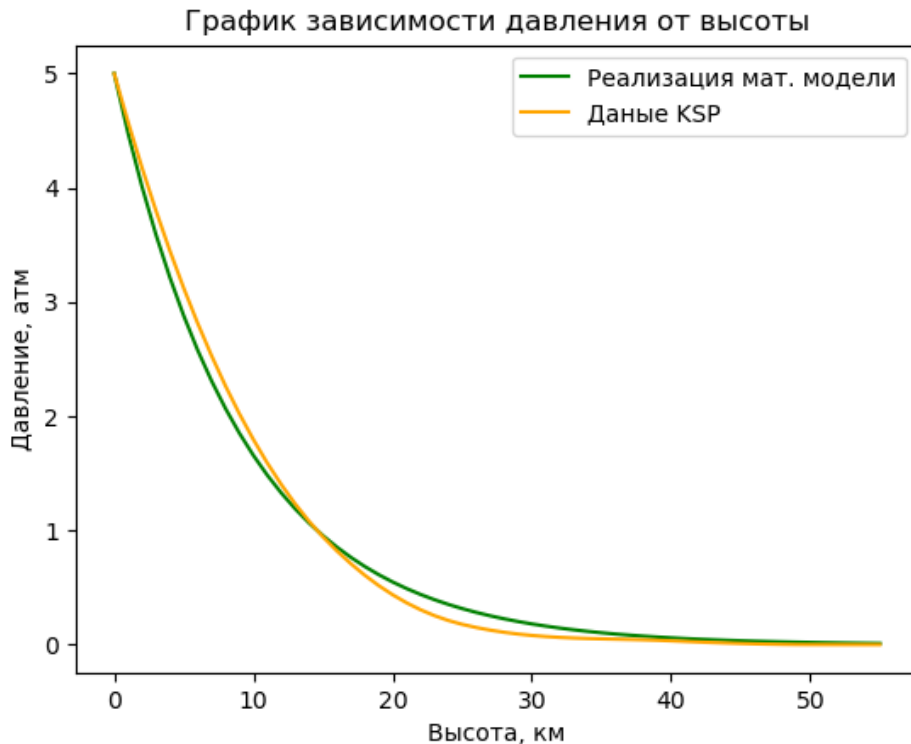
Программная реализация



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



Программная реализация



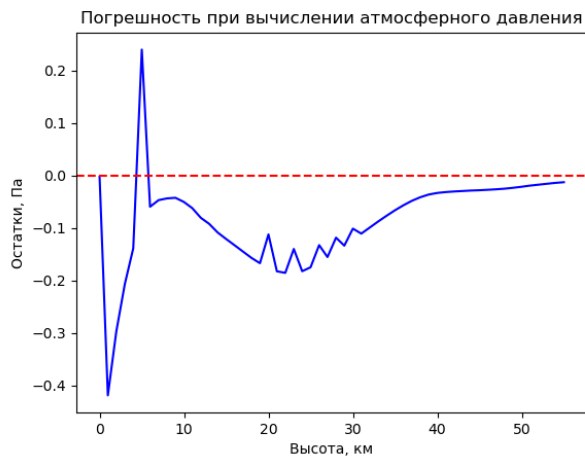
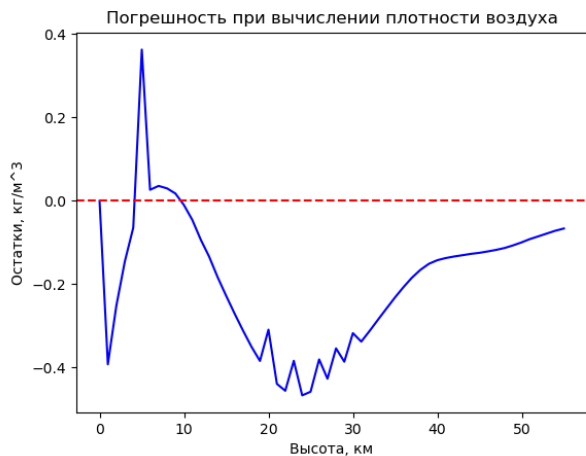
**Реализация
математической модели с
помощью языка
программирования Python
с использованием
библиотек math, json,
matplotlib.**



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