

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  
**(национальный исследовательский университет)**

Институт №12 «Аэрокосмические наукоемкие технологии и производства»  
Кафедра «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных  
аппаратов»

# «Силы, действующие на ракету в плотных слоях атмосферы»

Студент: Васильев И.А.

Группа: Т120-308Б-19

## **Основные вопросы:**

- 1. Плотные слои атмосферы**
- 2. Силы и моменты, действующие на ракету в полете**
- 3. Дополнительные силы и моменты.**
- 4. Устойчивый и неустойчивый полет ракеты**

# Плотные слои атмосферы

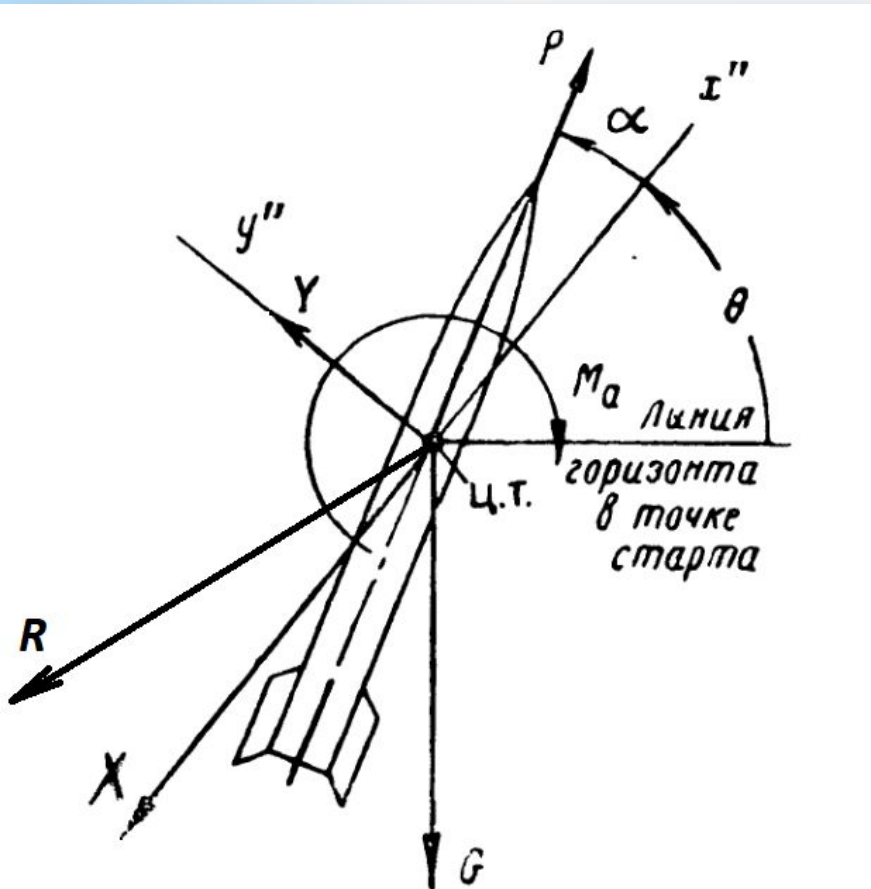
Плотными слоями атмосферы называют два ее самых нижних слоя - тропосферу (примерно на высоте 11-12 км) и стратосферу (на высоте примерно от 11-12 до 50 км).

Плотность тропосферы уменьшается от 1,2 - 1,4 кг/м<sup>3</sup> у земной поверхности до 0,4 кг/м<sup>3</sup> на высоте 11 км.

Плотность стратосферы уменьшается от 0,4 кг/м<sup>3</sup> на высоте 11 км до 0,001 кг/м<sup>3</sup> на высоте 50 км.



# Силы и моменты, действующие на ракету



Фиг. 7.5. Силы и момент, действующие на ракету (при приведении аэродинамических сил к центру тяжести).

Система координат  $Ox''y''$  - скоростная.

## Силы, действующие на ракету:

$P$  - тяга двигателя;

$G$  - сила тяжести;

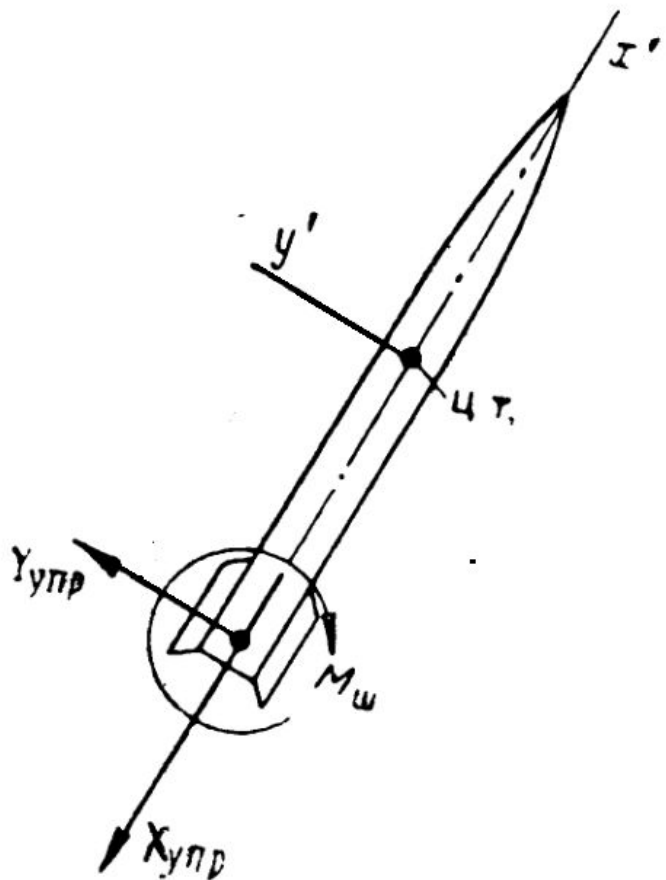
$R$  - полная аэродинамическая сила;

$X$  - сила лобового сопротивления;

$Y$  - подъемная сила;

$M_a$  - полный аэродинамический момент.

## Дополнительные силы и моменты



Фиг. 7.7. Управляющие усилия.

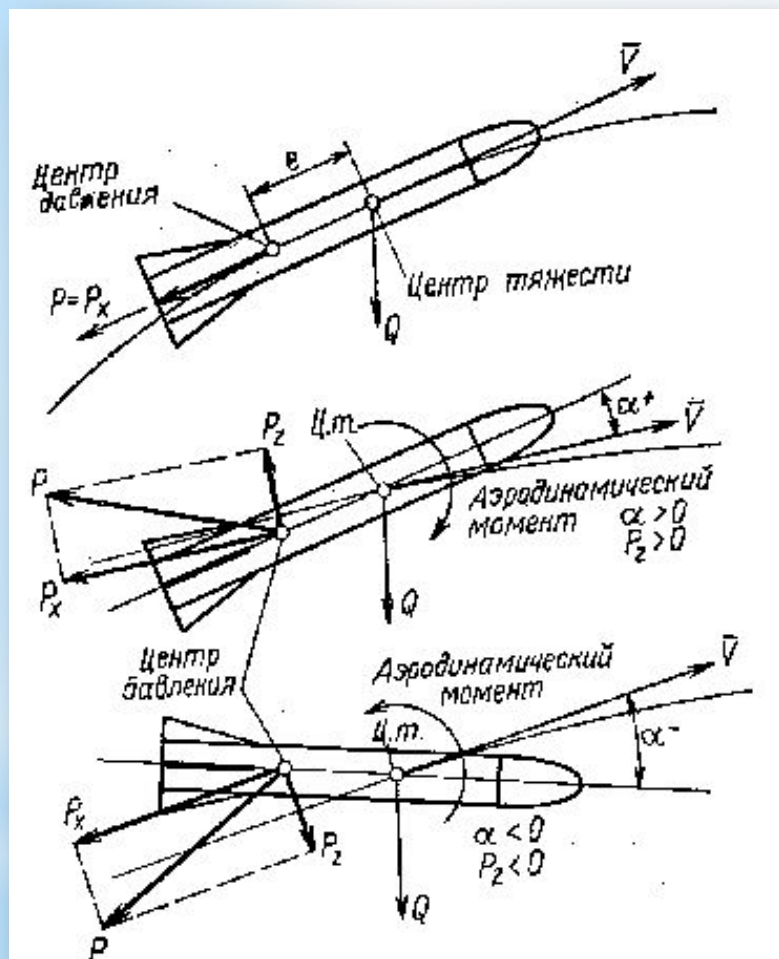
### Управляющие усилия:

$Y_{упр}$  - управляющая сила;

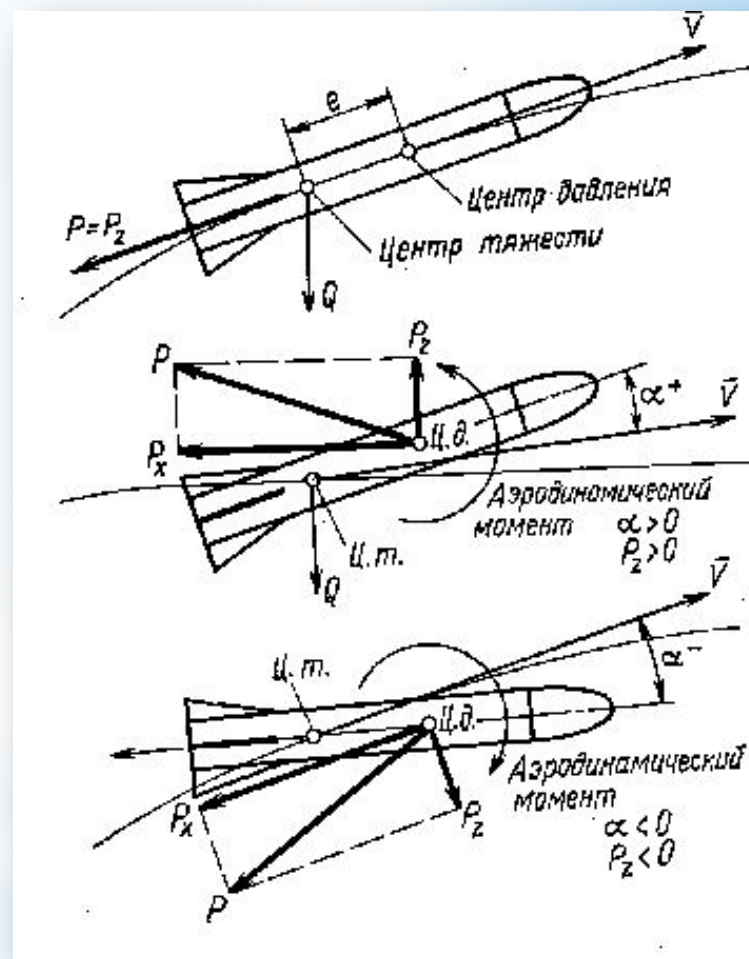
$X_{упр}$  - сила потери тяги на органах управления;

$M_{ш}$  - шарнирный момент.

# Устойчивый и неустойчивый полет ракеты



Фиг. 7.8. Устойчивое движение



Фиг. 7.9. Неустойчивое движение

## Список литературы

- 1) В.И. Федосеев, Г.Б. Синярев - «Введение в ракетную технику», Оборонгиз; Москва, 1961
- 2) М.Н. Авилов - «Модели ракет», ДОСААФ Москва, 1968
- 3) <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0>
- 4) <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0>