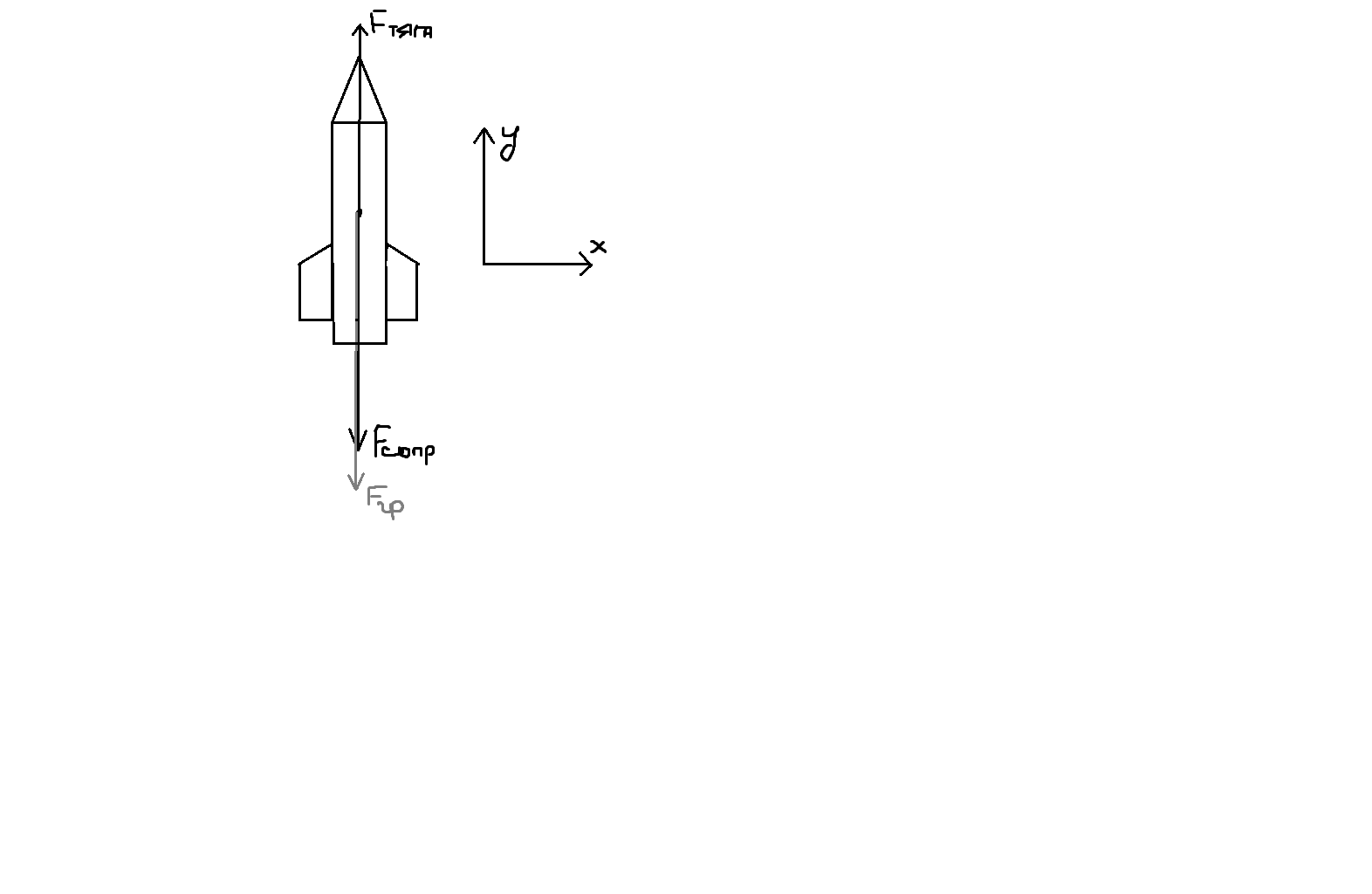
**Физическая и математическая модель**

Работая над проектом мы разработлаи физическую модель для симуляции полета ракеты реальной миссии “полет Дезика и Цыгана”, реальлизованный 22 июля 1951 года.

Для потсроения физический модели ракеты, нужно учитывать факторы в виде сил, действующих на ракету, изменение массы ракеты с расходом топлива, и силу сопротивления.

Движение ракеты будем рассматривать в системе отсчёта, связанной с Землёй, в декартовой системе координат



**Второй закон Ньютона для ракеты**

Для того чтобы получить уравнение для ускорения ракеты, применим второй закон Ньютона.

где:

* – масса ракеты;
* – сила тяги;
* – сила тяжести;
* – сила сопротивления.

### **Изменение массы ракеты**

Масса ракеты будет уменьшаться по мере сгорания топлива, что важно для расчета ускорения ракеты.

Введем величину расхода топлива:

Где:

* + — масса топлива.

Пусть δ – расход топлива боковыми двигателями первой ступени за промежуток времени (;]. Масса изменяется с течением времени согласно следующей системе:

Где:

* + — зависимость массы корабля от времени,
  + — начальная масса корабля

Так как после достижения ракетой высоты 88 км, головная часть ракеты отсоединяется от корпуса, и массы ракеты после становится неизменной и ранвняется массе головной части.

### **Сила тяги ракеты**

**Сила тяги** – является реакцией работы двигателя ракеты, направлена вверх и преодолевает силу тяжести. Эта сила зависит от скорости истечения газов из сопла двигателя и скорости расхода топлива.

Где:

* + — скорость истечения газов из сопел двигателей первой ступени;
  + — расчетный удельный импульс двигателей первой ступени;

**Сила сопротивления**

Сила сопротивления воздуха ( ​) — замедляет движение ракеты и зависит от скорости ракеты, плотности воздуха и площади поперечного сечения ракеты. Эта сила моделируется через уравнение сопротивления:

Силу сопротивления можно выразить следующим образом:

Где:

* — плотность воздуха на высоте h;
* S — площадь поперечного сечения ракеты;
* — скорость ракеты относительно воздуха.
* — коэффициент аэродинамического сопротивления

**Сила гравитации (зависящая от высоты)**

Где:

* G - гравитационная постоянная
* - масса Земли
* – масса ракеты
* - радиус Земли
* - высота ракеты над поверхностью Земли

**Объединив все уравнения и спроецировав на оси Ox и Oy, получаем две системы диффиренциальных уравнений для каждого этапа:**

Приведём их к нормальной форме Коши. Для этого выразим системы в виде набора обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Чтобы решить эти системы, воспользуемся численным методом Рунге-Кутта, реализованным в программе.