

**Автор:**

**Колобков Кирилл Юрьевич**

ученик 9 «А» класса

**Научный руководитель:**

**Яшенков Александр Николаевич**

учитель физики и математики

МБОУ «СШ №58»

г. Арзамас, Нижегородская область

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**Аннотация:** статья посвящена исследованию реактивного движения с помощью компьютерной модели. Авторы опирались на работы К.Э. Циолковского.

**Ключевые слова:** ракета, реактивное движение, компьютерная модель, Циолковский.

Цель: исследовать реактивное движение с помощью компьютерной модели.

Задачи: определить в компьютерном эксперименте, при каком минимальном отношении начальной и конечной масс  $M_0/M$  одноступенчатой ракеты она может достичь первой космической скорости (при заданной скорости истечения газов).

Проверить результат с помощью формулы К.Э. Циолковского.

Методы исследования:

1. Изучение литературы по данной теме.
2. Практическая работа с компьютерной моделью.

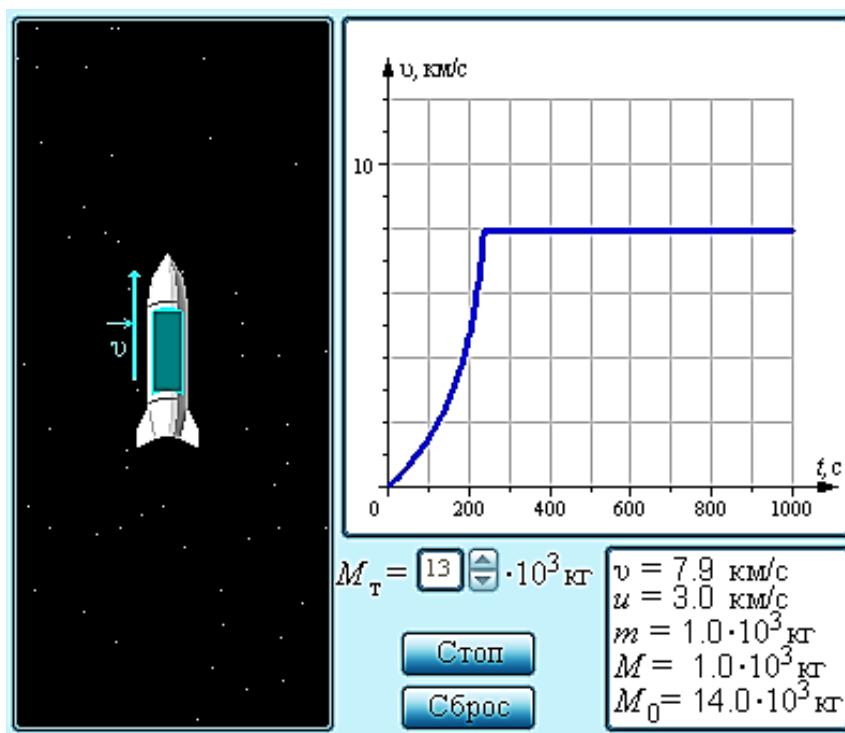


Рис. 1. Компьютерная модель «Реактивное движение»

Модель предназначена для иллюстрации закона сохранения импульса на примере реактивного движения. Демонстрируется движение ракеты в свободном пространстве (рис. 1). Приводится график изменения скорости движения ракеты во времени [1]. Относительная скорость  $u$  истечения газов из ракеты предполагается заданной. Изменяя массу топлива  $M_T$ , заправленного в ракету, можно наблюдать ускоренное движение ракеты до момента полного выгорания топлива и ее последующее равномерное движение. При исследовании компьютерной модели было установлено, что одноступенчатая ракета достигает первой космической скорости  $\approx 7,9$  км/с, при отношении  $M_0 / M = 14$  и  $M_T = 13 \cdot 10^3$  кг.

Проверим результат с помощью формулы К.Э. Циолковского:

$$v = u \cdot \ln (M_0 / M)$$

*Дано:*

$$u = 3 \text{ км/с}$$

$$M_0 / M = 14 \text{ (т. к. } M = 1 \cdot 10^3 \text{ кг, } M_0 = 14 \cdot 10^3 \text{ кг)}$$

$$v = ?$$

*Решение:*

$$v = u \cdot \ln (M_0 / M)$$

$$v = 3 \text{ км/с} \cdot \ln 14 \approx 7,9 \text{ км/с}$$

$\ln 14 \approx 2,6391$  (находим с помощью четырехзначных математических таблиц В.М. Брадиса или с помощью инженерного калькулятора на компьютере).

*Ответ:* Действительно при  $M_0 / M = 14$  одноступенчатая ракета достигает первой космической скорости  $v \approx 7,9 \text{ км/с}$ .

Из формулы К.Э. Циолковского следует, что конечная скорость ракеты может превышать относительную скорость истечения газов. Следовательно, ракета может быть разогнана до больших скоростей, необходимых для космических полетов. Но это может быть достигнуто только путем расхода значительной массы топлива, составляющей большую долю первоначальной массы ракеты. Из примера видно, что для достижения первой космической скорости  $v = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  при  $u = 3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  (скорости истечения газов при сгорании топлива бывают порядка 2–4 км/с) стартовая масса одноступенчатой ракеты должна примерно в 14 раз превышать конечную массу.

Значительное снижение стартовой массы ракеты может быть достигнуто при использовании многоступенчатых ракет, когда ступени ракеты отделяются по мере выгорания топлива. Из процесса последующего разгона ракеты исключаются массы контейнеров, в которых находилось топливо, отработавшие двигатели, системы управления и т. д.

Именно по пути создания экономичных многоступенчатых ракет развивается современное ракетостроение.

### ***Список литературы***

1. CD «Открытая физика 2.5». Ч. 1. ООО «Физикон», 2002.
2. Закон сохранения импульса. Реактивное движение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/smirnovaphysics/fizika/razdely-fiziki/1-17-zakon-sohranenia-impulsa-reaktivnoe-dvizenie> (дата обращения: 21.04.2017).