

*Кельдюшов В.Д*

*студент*

*4 курс, факультет «Математика механика и компьютерные технологии»*

*Южно - Уральский государственный университет*

*Россия, г. Челябинск*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРОВЕДЕНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

***Аннотация:** В данной статье проводится решение демонстрационной задачи с применением формулы Циолковского, для расчета параметров трехступенчатой ракеты с заданными условиями, а также определения массы полезного груза выводимого двухступенчатой ракетой при заданных условиях с помощью простой программы.*

***Ключевые слова:** формула Циолковского, двухступенчатая ракета, трехступенчатая ракета, демонстрационная задача, конструктивная характеристика, число степеней ракеты.*

***Annotation:** In this article, a demonstration problem is solved using the Tsiolkovsky formula, to calculate the parameters of a three-stage rocket with given conditions, as well as to determine the mass of the payload output by a two-stage rocket under given conditions using a simple program.*

***Key words:** Tsiolkovsky formula, two-stage rocket, three-stage rocket, demonstration problem, design characteristic, number of rocket degrees*

В данной статье, рассматривается решение следующих задач: на основе математической модели космической ракеты, провести вычислительные

эксперименты. Используя формулы Циолковского решить следующие демонстрационные задачи:

1) Используя формулу Циолковского, рассчитать параметры трехступенчатой ракеты выводящей на орбиту Земли  $N$  - тонны полезного груза, при одинаковых числах Циолковского для каждой ступени равной  $z=4$ ,  $s = 2*z + N$

2) Вычислить с помощью ЭВМ для двухступенчатой ракеты с одинаковыми числами  $z$  с шагом 0.1 от 3 до 4,  $s = 2*z + N$  полезный груз, который выведет двухступенчатая ракета на орбиту Земли со стартовой массой  $1000*N$  тонн

В качестве входных данных будем использовать следующие показатели:

$P_i$  – масса –  $i$  ступени

$Q_i$  – масса топлива

$q_i$  – сухая масса

$z_i$  – число Циолковского

$s_i$  – конструктивная характеристика

$\lambda_i$  – относительная масса  $i$  – й ступени ракеты

$\Lambda$  – относительная масса ракеты к полезному грузу

$V_{\text{хар}}$  – характеристическая скорость ракеты

$I$  – скорость истечения газов из двигателя ракеты

$P_1$  – вес первой ступени(всей ракеты)

$$P_i = P_{i+1} + Q_i + q_i$$

$$z_i = \frac{P_i}{P_i - Q_i}$$

$$s_i = \frac{Q_i + q_i}{q_i}$$

$$\lambda_i = \frac{P_i}{P_{i+1}}$$

$$s_i = z_i \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}$$

$$\lambda_i = z_i * \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}$$

$$z_i = \frac{\lambda_i * s_i}{\lambda_i + s_i - 1}$$

$$P_1 = G * \prod_{i=1}^n \lambda_i$$

$$\Lambda = \frac{P_1}{G}$$

$$\Lambda = \prod_{i=1}^n \lambda_i$$

$$V_{\text{хар}} = \sum_{i=1}^n I_i * \ln(z_i)$$

Теперь, определив все необходимые для решения формулы и показатели, приступим к решению двух, вышеуказанных задач:

Дано для первой вышеуказанной задачи:

$$G = 1$$

$$n = 3$$

$$z = 4$$

$$s = 9$$

$$V_{\text{хар}} = 8$$

Решение:

$$V_{\text{хар}} = 3 * I * \ln(z) \Rightarrow I = \frac{V_{\text{хар}}}{3 * \ln(z)} = \frac{8}{3 * \ln(4)} \approx 1.92$$

$$\lambda = z * \frac{s - 1}{s - z} = 4 * \frac{8}{5} = 6.4$$

$$\lambda_3 = \frac{P_3}{G} \Rightarrow P_3 = \lambda_3 * G = 6.4 * 1 = 6.4$$

$$\lambda_2 = \frac{P_2}{P_3} \Rightarrow P_2 = \lambda_2 * P_3 = 6.4 * 6.4 = 40.96$$

$$\lambda_1 = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow P_1 = \lambda_1 * P_2 = 6.4 * 40.96 = 262.144$$

Ответ:  $P_1 = 262.144$ ;  $P_2 = 40.96$ ;  $P_3 = 6.4$ ;  $I = 1.92$ ;

Дано для второй вышеуказанной задачи:

$$n = 3$$

$$P_1 = 1000$$

$$z \in [3; 4] \text{ с шагом } 0.1$$

$$s \in [7; 9] \text{ с шагом } 0.2$$

Решение:

$$\lambda = z * \frac{s - 1}{s - z};$$

$$P_1 = G * \prod_{i=1}^n \lambda_i = G * \lambda^2 \Rightarrow G = \frac{P_1}{\lambda^2}$$

На основе полученных в ходе решения данных, мы можем сделать вывод о том что при увеличении параметра  $z$ , максимальная масса полезного груза уменьшается, а также чем меньше число  $\lambda$ , тем меньше ракеты (при условии одинаковости  $\lambda$  для каждой ступени, текст программы написанной на языке C использовавшейся для решения указан ниже.

```
#include <cstdlib>
```

```
#include <iostream>
```

```
#include <cmath>
```

```
using namespace std;
```

```
const int N = 1; //Номер варианта
```

```
const int n = 3; //Кол-во ступеней
```

```
const int P = 1000 * N; //Стартовая масса ракеты
```

```
double S; //Конструктивная хара-ка
```

```
double funct(double z)
```

```
{
```

```

double l = z * (S - 1) / (S - z); //Масса ступени
float G = P / (l * l); // Полезный груз

return G;
}

int main(){
for(float z = 3; z <= 4; z += 0.1){
S = 2 * z + N; //Конструктивная хара-ка
cout << "При z =" << z << " S = " << S << " полезный груз = " << funct(z) <<
"\n";
}

return 0;
}

```

### **Использованные источники**

1. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование. Учебное пособие / В.И. Рейзлин. - М.: Юрайт, 2016. - 128 с
2. Введение в математическое моделирование: Учеб, пособие / под ред. П.В.Тру-сова. – М.: Логос, 2005. – 440с.
3. Кольга В.В. Проектирование баллистических ракет и ракет-носителей: учеб, пособие / Л.А. Семенова, Н.А. Терехин; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2012, – 200 с.