

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ «ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА С ПЕРЕМЕННОЙ МАССОЙ: ВЗЛЕТ РАКЕТЫ» НА ЯЗЫКЕ PASCAL ABCNET

Кабаева И.И.

Кабаева Ирина Игоревна – студент,
кафедра информатики и методики преподавания математики, физико-математический факультет,
Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж

Аннотация: в статье описывается постановка задачи «движение тела с переменной массой: взлет ракеты». Приводятся формулы расчета времени, скорости и высоты; исходя из этих формул, выводится система дифференциальных уравнений. На основе постановки задачи приводится практическая реализация решения исходной системы дифференциальных уравнений с помощью средств объектно-ориентированного языка программирования Pascal ABCNET, используя возможности графической библиотеки OpenGL (является программным интерфейсом для работы с двухмерной и трехмерной графикой).

Ключевые слова: траектория полета, время, графики зависимости.

УДК 519.277.3

Скорость, при которой возможен вывод на орбиту груза $v^* \approx 7,8$ км/с; характерное время - момент полной выработки горючего

$$T^* = \frac{m_0 - m_{\text{кон}}}{a} \text{ где } m_{\text{кон}} - \text{масса груза.}$$

Время t^* - две-три минуты. За характерную высоту можно взять h^* - ту.

После ввода переменных, получается [1]:

$$V = \frac{v}{v^*}, \quad t = \frac{t}{t^*}, \quad H = \frac{h}{h^*}$$

после преобразований получают уравнения:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= \frac{1}{f(t)} * [a - b * f(t) - p * \exp * (-2,3026H) * v^2] \\ \frac{dH}{dt} &= eV \end{aligned} \right.$$

где $f(t)$ - известная функция:

$$f(t) = \begin{cases} 1 - (1 - k) * t, & \text{если } t \leq 1, \\ k, & \text{если } t > 1, \end{cases}$$

а безразмерные параметры a, b, p, e, k выражаются через исходные так:

$$a = \frac{F_{\text{тяги}} t^*}{m_0 v^*}, \quad b = \frac{t^* g}{v^*}, \quad p = \frac{0,5 c p_0 S v^* t^*}{m_0}, \quad e = \frac{v^* t^*}{h^*}, \quad k = \frac{m_{\text{кон}}}{m_0}.$$

Для решения дифференциальных уравнений системы используется метод Эйлера-Коши.

Компьютерная модель

Решается система уравнений с помощью программы на языке Pascal ABCNET. Используются возможности графической библиотеки OpenGL при визуализации результатов моделирования [2]. Данная система уравнений решается с помощью следующего программного кода:

```
while (t <= tk) and (v <= 1.0) do
```

```
begin
```

```
  m := m0 - alpha * t;
```

```
  a := (F - (m * g) - (0.5 * c * ro * exp(-b * h) * s * v * v)) / m;
```

```
  v := v + a * dt / 7800;
```

```
  h := h + v * dt;
```

```
  glVertex2d(t / tk, v);
```

```
  t += dt;
```

```
end;
```

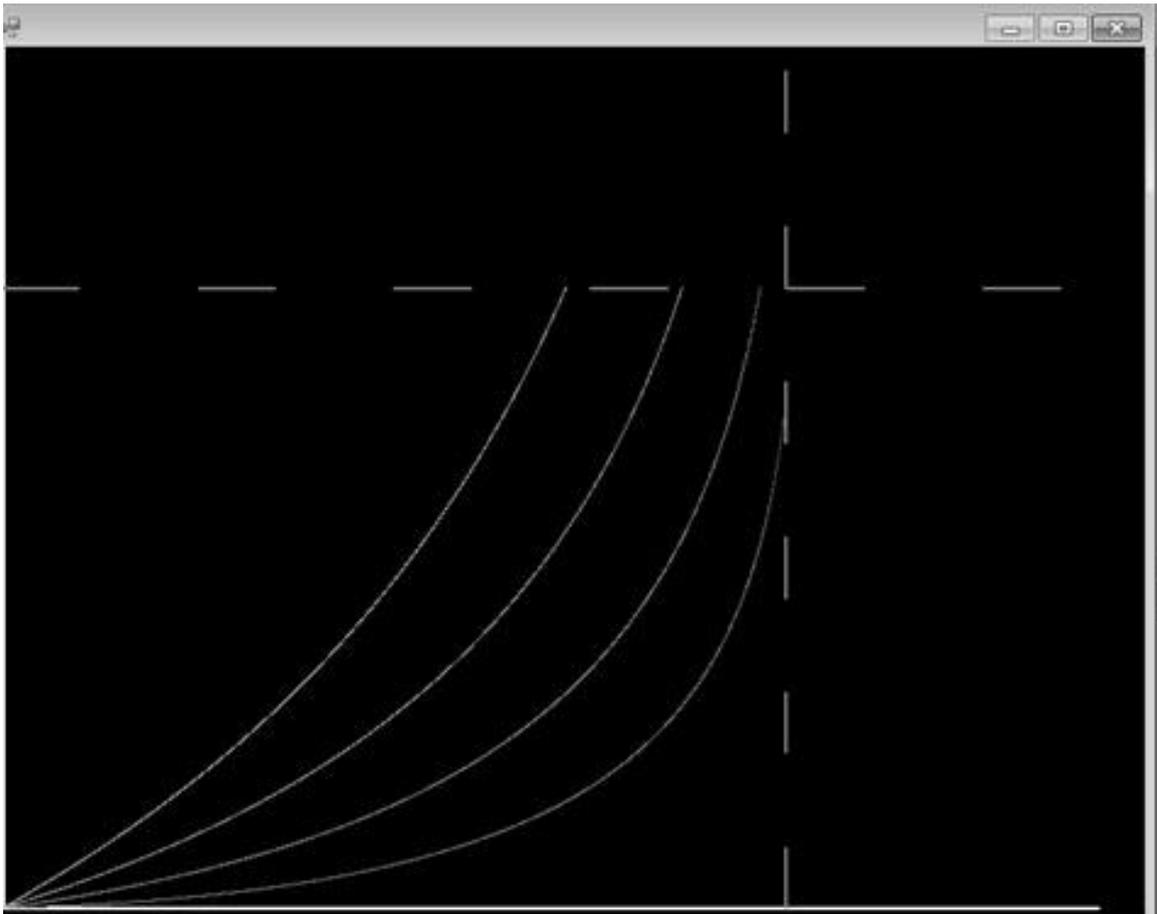
Результаты работы программы:

Вводятся исходные данные:

1) $m_0 = 20000000$ кг, $m_k = 500000$ кг, $\alpha = 100000$ кг/с, $k = 3$, $F = \{150000000\text{Н}, 225000000\text{Н}, 337500000\text{Н}\}$

Зависимость $v(t)$ от времени t (чем ближе график к оси Oy , тем скорость v выше).

Рис. 1. Результат работы программы



Список литературы

1. *Лавренов С.М.* Excel. Сборник примеров и задач. М.: Финансы и статистика, 2006. 335 с.
2. *Петровская Т.А., Лозко Е.И., Кушнер Д.Л.* VBA программирование в PowerPoint // Учебно-методическое пособие. Минск: БНТУ, 2013. 45 с.