

## Задача 10-2 Полетели?

Одноступенчатая ракета, начальная масса которой  $M = 45 \text{ т}$ , стартует и все время движется вертикально вверх.

В первый момент после запуска двигателя ускорение ракеты равно нулю, но ракета уже не взаимодействует с опорами стартового комплекса. В последующие моменты из-за уменьшения массы топлива она начинает разгоняться. Массовый расход  $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta t}$  топлива ракетного двигателя (масса топлива, сгорающего каждую секунду) остается постоянным на всей активной части траектории полета. Проекция скорости истечения продуктов сгорания из сопла двигателя ракеты на ось сопла  $u = 3000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  также не изменяется. Масса топлива в момент старта ракеты составляет  $k = 90\%$  массы ракеты.

*Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  и не зависящим от высоты подъема, сопротивлением воздуха отсутствует, так как запуск производится на другой планете.*

1.1 Чему равна сила тяги двигателя в момент старта ракеты?

1.2 Покажите, что реактивная сила тяги двигателя ракеты остается постоянной (т.е. не зависит от массы ракеты) и равна

$$F_0 = \mu u \quad (1)$$

1.3 Чему равен расход топлива двигателя ракеты  $\mu$ ?

1.4 Чему равна мощность двигателя в момент старта ракеты.

1.5 Определите зависимость ускорения ракеты от времени на активной части траектории полета. Найдите зависимость отношения модуля ускорения ракеты к ускорению свободного падения  $\frac{a}{g}$  от отношения массы ракеты к ее стартовой массе

$\eta = \frac{m}{M}$  для всего активного участка траектории.

1.6 Рассчитайте численные значения ускорения ракеты через равноотстоящие промежутки времени  $\Delta t$ . В качестве  $\Delta t$  возьмите интервал, в течение которого масса ракеты уменьшается на 10% от первоначальной массы. Чему равен этот интервал?

1.7 Ускорение ракеты постоянно изменяется, причем нелинейно. Однако, для приближенных расчетов, можно считать, что в течение малого промежутка времени  $\Delta t$  ускорение ракеты изменяется по линейному закону. Постройте график зависимости скорости ракеты от времени, используя указанное приближение. В качестве интервала времени  $\Delta t$  возьмите интервал, использованный в предыдущем пункте.

1.8 Используя аналогичное приближение, постройте график зависимости высоты подъема ракеты от времени на активном участке траектории  $z(t)$ .

1.9 Какой максимальной высоты  $z_{\max}$  достигнет ракета?