

Группа М3216

К работе допущен _____

Студент Квачук Сергей

Работа выполнена _____

Преподаватель Тимофеева Эльвира
Олеговна

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по моделированию №1

Задание 3 (6+3 бонусных балла). "Лунолет"

1. Задание моделирования.

Инженер-электронщик лунной базы Иванов, тестируя автопилот малого лунного корабля забыл отключить цепь управления двигателем. В результате двигатель включился и корабль взлетел. Потеряв сознание от перегрузки, Иванов очнулся через некоторое время после отключения двигателя и обнаружил, что находится на высоте H_0 и движется со скоростью V_0 .

Помогите Иванову благополучно посадить корабль на Луну. Для этого необходимо рассчитать на какой высоте необходимо включить двигатель, чтобы совершить безопасную посадку. Вертикальная посадочная скорость не должна превышать 3 м/с. Используемые константы:

1. Масса аппарата M .
2. Масса топлива m .
3. Ускорение свободного падения g_L на Луне.
4. Предельная перегрузка при маневрах a_{max} .
5. Скорость истечения продуктов сгорания из реактивного двигателя V_p .

Исходные данные (в скобках значения констант). Ускорение силы тяжести на Луне 1.62 м/с^2 ($g_L = 1.62$). Масса корабля 2000 кг, плюс пилот в скафандре 150 кг ($M = 2150$). Двигатель работает на керосине с жидким кислородом — скорость истечения продуктов сгорания 3660 м/с ($V_p = 3660$.) Начальные скорость и высота определены в варианте задания. В баках 150 кг топлива и окислителя ($m = 150$). Расход топлива двигателем составляет 15 кг/с.

Для расчетов скорости воспользуйтесь уравнением Мещерского. Упрощения модели:

- Рассматривается движение только по вертикали.
- Поверхность Луны считается плоской

2. Рабочие формулы и исходные данные.

1. Уравнение Мещерского

$$M(t) \frac{dv}{dt} = u_1(t) \frac{dm_1}{dt} - u_2(t) \frac{dm_2}{dt} + F$$

где:

- $M(t)$ — масса материальной точки, изменяющаяся за счет обмена частицами с окружающей средой, в произвольный момент времени t ;
- v — скорость движения материальной точки переменной массы;
- F — результирующая внешних сил, действующих на материальную точку переменной массы со стороны её внешнего окружения (в том числе, если такое имеет место, и со стороны среды, с которой она обменивается частицами, например электромагнитные силы — в случае массообмена с магнитной средой, сопротивление среды движению и т. п.);
- $u_1(t) = v_1 - v$ — относительная скорость присоединяющихся частиц;
- $u_2(t) = v_2 - v$ — относительная скорость отделяющихся частиц;
- $\frac{dm_1}{dt}$ и $\frac{dm_2}{dt}$ — скорость увеличения суммарной массы присоединившихся частиц и скорость увеличения суммарной массы отделившихся частиц соответственно.

2. Частный вид уравнения Мещерского для данной модели:

$$V(t) = V_0 + g_{\text{л}} t - V_{\text{п}} \ln \frac{M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}}}{M_{\text{к+п}} + m_{\text{е}} - ut}$$

Где:

- V_0 — скорость падения корабля в момент времени запуска двигателя
- $g_{\text{л}}$ — ускорение свободного падения на Луне
- $V_{\text{п}}$ — скорость истечения продуктов сгорания
- $M_{\text{к+п}}$ — общая масса корабля и пилота
- u — скорость расхода топлива двигателем

3. Формула вычисления расстояния, которую пролетел корабль с включенным двигателем (интеграл из частного вида уравнения Мещерского от 0 до t):

$$H(t) = V_0 t + \frac{g_{\text{л}} t^2}{2} - V_{\text{п}} (\ln(M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}}) t + \frac{1}{15} ((M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}} - ut) \ln(M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}} - ut) + ut - (M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}}) \ln(M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}})))$$

4. Формула вычисления ускорения, которую корабль набирает с включенным двигателем (дифференциал от частного вида уравнения Мещерского):

$$a(t) = g_{\text{л}} - V_{\text{п}} \frac{u}{M_{\text{к+п}} + m_{\text{т}} - ut}$$

5. Формулы скорости и расстояния в равноускоренном движении:

$$H_0(t) = V_{\text{н}} t + \frac{g_{\text{л}} t^2}{2}$$
$$V_0(t) = V_{\text{н}} + g_{\text{л}} t$$

3. Код программы моделирования.

Код программы можно найти по ссылке: <https://github.com/dev1lfreak/Physics>

Программа реализована на языке Golang.

Демонстрация работы программы можно увидеть по ссылке:

https://disk.yandex.ru/i/cqOoVSKPV_iaoA

4. Графики (перечень графиков).

График изменения функции $V(t)$:

График изменения скорости



График изменения функции $H(t)$ (которую пролетел корабль при падении):

График высоты

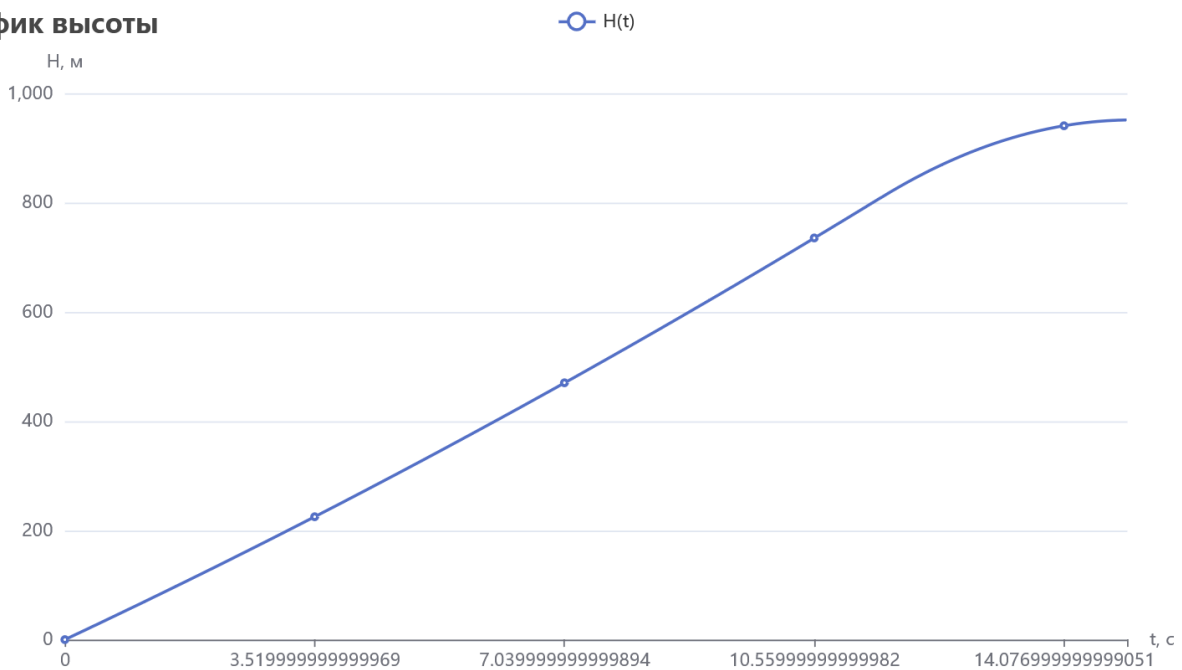


График изменения ускорения $a(t)$:

График изменения ускорения



Примечание: данные графики сделаны для вводимых значений из варианта 7:
 $V_0 = 61 \text{ м/с}$; $H_0 = 950 \text{ м}$