

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОДНОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.В. Дронов, к.т.н., доц.,
Е.С. Спесивцев, студент гр. 4НМ91
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: ess42@tpu.ru

В статье рассмотрен пример исследования динамики однопоршневого двигателя 62GX 62cc Single-Cylinder Gas Engine помощью пакета прикладных программ для технических вычислений MATLAB. Для двигателя составляется структурная схема динамической системы.

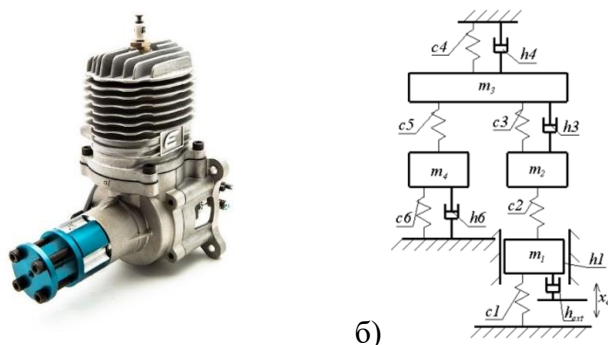


Рис. 1. - а) Микроструктура бронзы БрС10. однопоршневой двигатель 62GX 62cc Single-Cylinder Gas Engine б) структурная схема динамической системы

Схеме, приведенной на рисунке 2, соответствует устройство: однопоршневой двигатель. Пронумерованным массам соответствуют различные узлы двигателя:

- m_1 – поршень;
- m_2 – нижняя головка шатуна ;
- m_3 – коленчатый вал;
- m_4 – маховик

Пронумерованным пружинам соответствуют следующие соединения станка:

- c_1 – разрежённость внутри камеры сгорания ;
- c_2 – суммарная жесткость шатуна;
- c_3 – суммарная жесткость крепежей нижней головки шатуна;
- c_4 – суммарная жесткость крепежей коленчатого вала;
- c_5 – суммарная жесткость соединительных элементов между коленчатым валом и маховиком;
- c_6 – суммарная жесткость нажимного диска.

Пронумерованным демпферам соответствуют следующие соединения станка:

- h_{ext} – трение воздухотопливной смеси;
- h_1 – трение поршня о цилиндр ;
- h_3 – трение коленчатого вала о нижнюю головку шатуна ;
- h_4 – трение коленчатого вала;
- h_6 – трение маховика о нажимной диск.

Масса тел $m_1 m_2 m_4 = 20$ кг, $m_3 = 40$ кг, Частота внешнего воздействия примем $f_w = 90$ Гц. Коэффициент демпфирования $h_{ext}, h_3, h_4, h_6 = 65$ Н·с/м, $h_1 = 80$ Н·с/м.

Составление систем дифференциальных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dv_1}{dt} = \frac{h_{ext} * (V_0 - V_1) - h_1 * V_1 - c_2 * (x_1 - x_2) - c_1 * x_1}{m_1} \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{c_2 * (x_1 - x_2) - h_3 * (V_2 - V_3) - c_3 * (x_2 - x_3)}{m_2} \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{h_3 * (V_2 - V_3) + c_3 * (x_2 - x_3) - h_4 * V_3 - c_4 * x_3 - c_5 * (x_3 - x_4)}{m_3} \\ \frac{dv_4}{dt} = \frac{c_5 * (x_3 - x_4) - c_6 * x_4 + h_6 * V_4}{m_4} \end{array} \right.$$

Передаточная функция динамической системы:

$$W(p) = \frac{x_{\text{вых}}}{x_{\text{вх}}} = \frac{x_4}{x_{\text{ext}}}$$

Преобразование Лапласа при помощи MATLAB

```

1 -  c1c, clear, close all
2 -  %Задание символьных значений
3 -  syms xext x1 x2 x3 x4 m1 m2 m3 m4 c1 c2 c3 c4 c5 c6 hext h1 h3 h4 h6 p
4 -  % Уравнения
5 -  E1 = hext*(p*xext-p*x1) == h1*p*x1+c2*(x1-x2)+m1*p^2*x1+c1*x1;
6 -
7 -  E2 = c2*(x1-x2) == h3*(p*x2-p*x3)+c3*(x2-x3)+m2*p^2*x2;
8 -
9 -  E3 = h3*(p*x2-p*x3)+c3*(x2-x3) == h4*p*x3+c4*x3+m3*p^2*x3+c5*(x3-x2);
10 -
11 - E4 = c5*(x3-x4) == m4*p^2*x4+c6*x4+c6*p*x4;
12 - %Решение уравнений
13 - Ez = [E1, E2, E3, E4];
14 - var = [x1, x2, x3, x4];
15 - S = solve(Ez,var);
16 - %Вывод результатов
17 - x4 = S.x4;
18 - Wp = x4/xext;
19 - Wp = collect(Wp,p)

```

Рис. 2. – Программа для преобразования Лапласа в MATLAB

Подбор параметров осуществляется путем изменения значения жесткостей двух пружин c_1 и c_6 , придерживаясь значений собственных частот колебаний ($f_{04} - f_{01}, f_{02} - f_{04}, f_{03} - f_{02} \geq 10$), а также собственные частоты колебаний не должны совпадать со значением внешней частоты колебаний ($f_{01}, f_{02}, f_{03}, f_{04} \neq f_w$). Изменение значений параметров c_1 и c_6 влияют на амплитуду колебаний у тел с массами m_1 и m_4 . Поэтому требуется оптимизировать систему, путем уменьшения амплитуды до минимального значения.

	$c_6=35490$	$c_6=354946$	$c_6=854946$
$c_1=29439$	$f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$	$f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$	$f_{01}=9.3400$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$
$c_1=39439$	$f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$	$f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$	$f_{01}=9.9950$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$
$c_1=73439$	$f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=22.2372$	$f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=29.9848$	$f_{01}=11.9567$ $f_{02}=49.9747$ $f_{03}=60.0171$ $f_{04}=39.1452$

Рис. 3. – Таблица собственных частот тел

При минимальном значении $c_1 = 29439$ Н/м и $c_6 = 35490$ Н/м. жесткость пружин является оптимальной т.к. амплитуда колебаний самая минимальная.

Список литературы:

1. Энциклопедия по машиностроению XXL: [сайт]. – URL: <https://mash-xxl.info/info/65342/> (дата обращения: 14.05.2020). - Режим доступа: свободный. Текст: электронный.

2. Дерюшева, В.Н. Математическое моделирование и компьютерные технологии в машиностроении /В.Н. Дерюшева. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014, - 8 с.