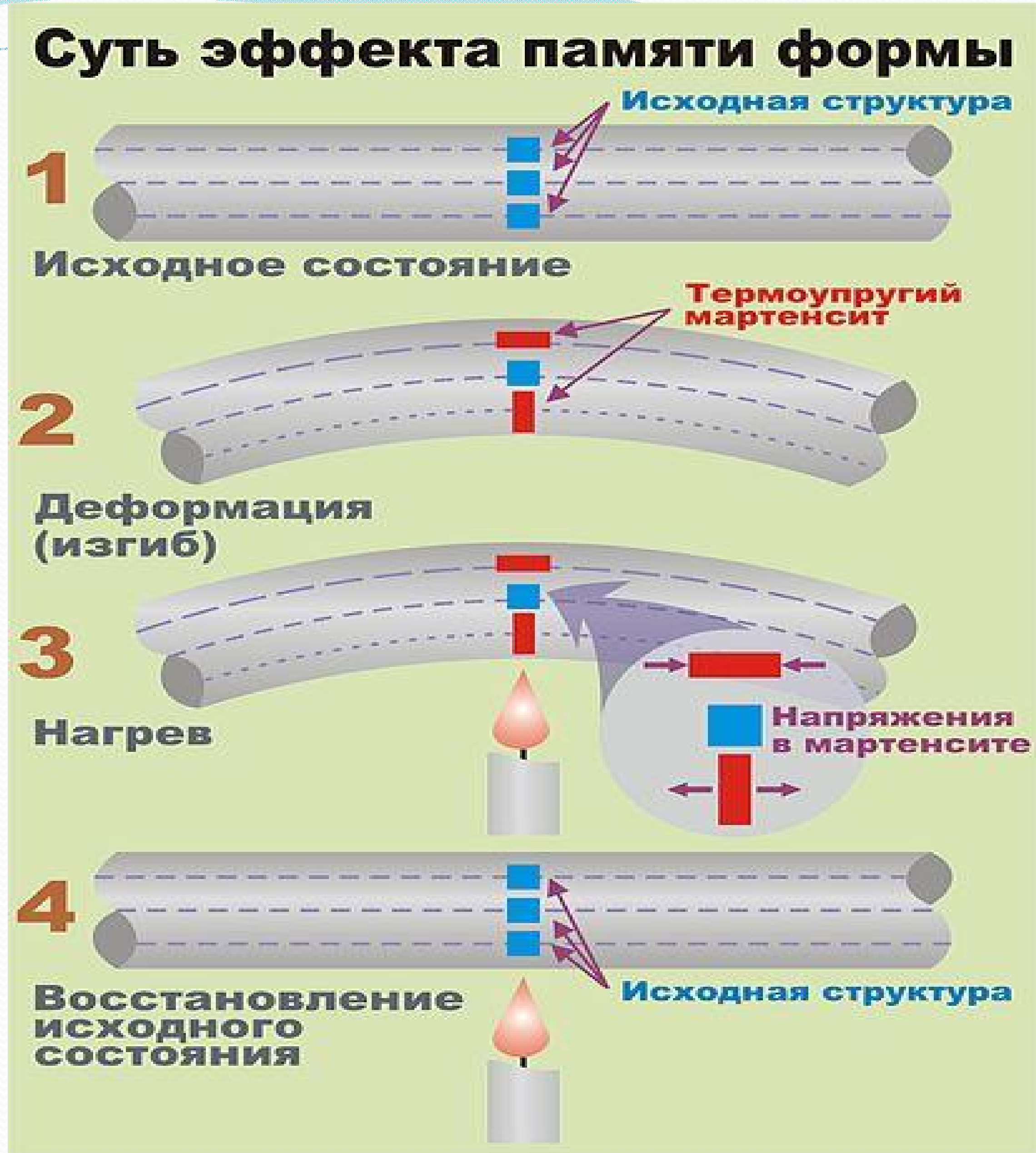
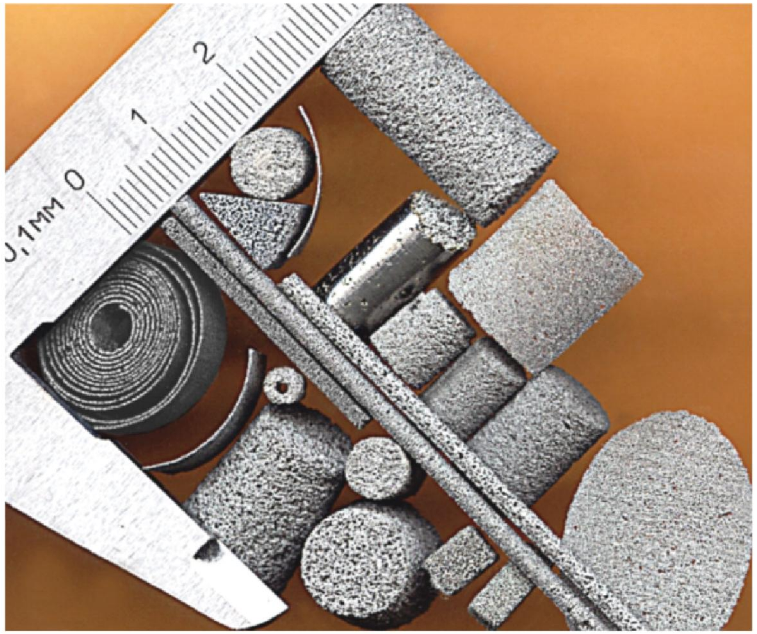
ТРЕХМЕРНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ГИНЕЛЯ

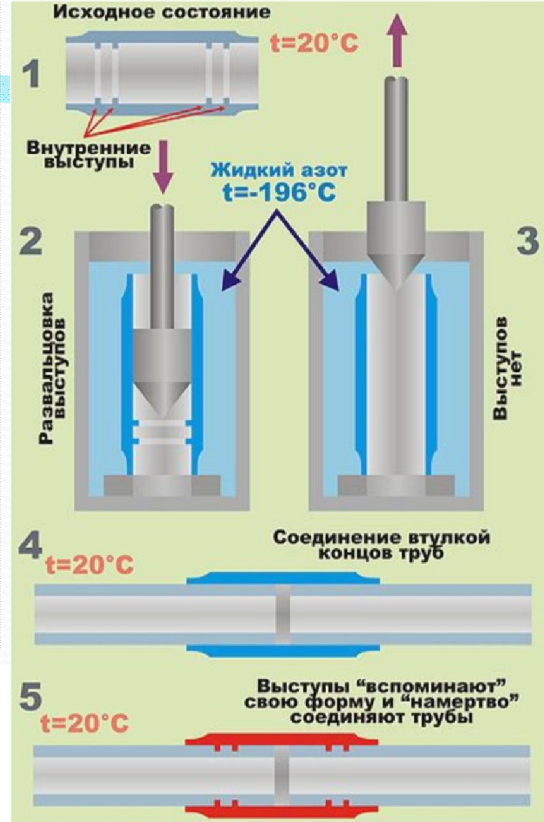
Работа выполнена
студенткой ИГЭУ им. В.И. Ленина
Ильиной Е. Э.
под руководством
к.т.н., доц. Ноздрина М.А.,
стар. преп. Зарубина З.В.


Суть эффекта памяти формы
Исходная структура
1
Исходное состояние
Термоупругий мартенсит
2
Деформация (изгиб)
3
Нагрев
Напряжения в мартенсите
4
Восстановление исходного состояния
Исходная структура

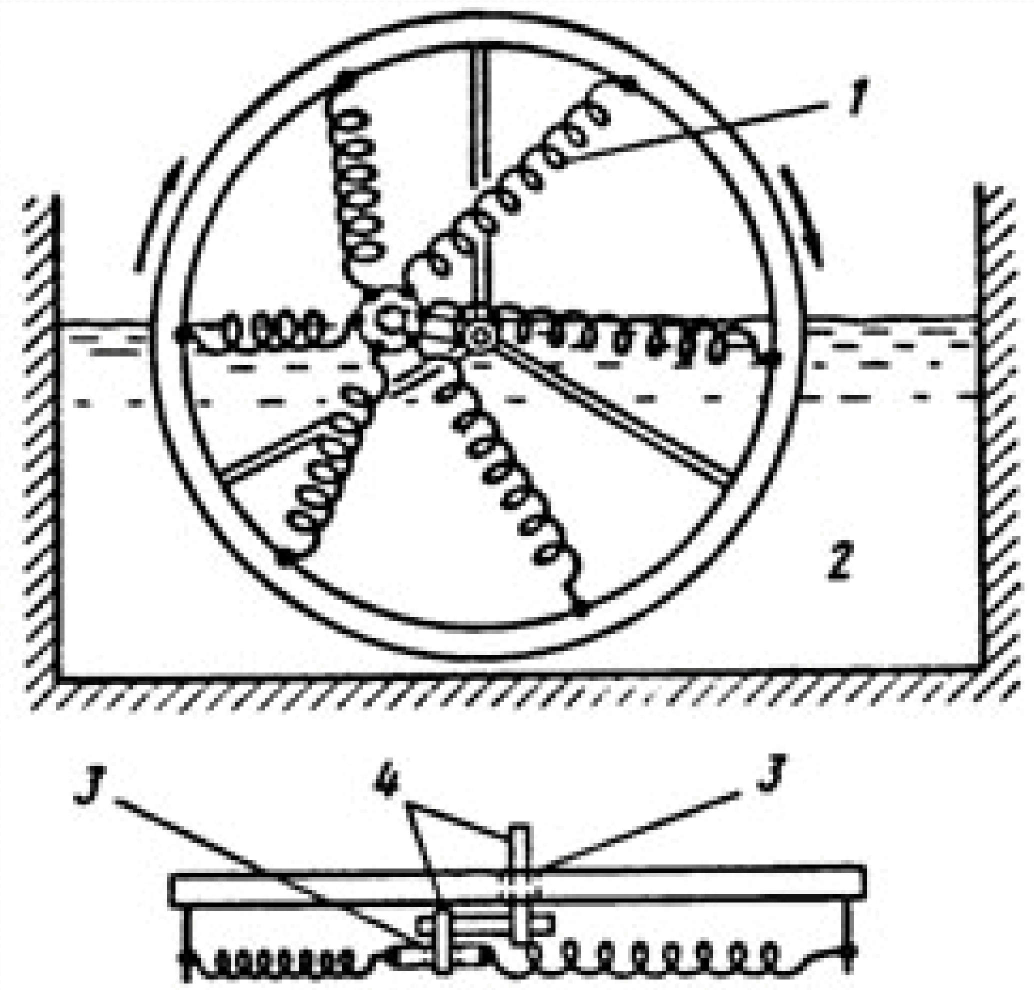

СПИЧКИ
Балабановские
Втулка
из никелида титана


Внутренние
выступы



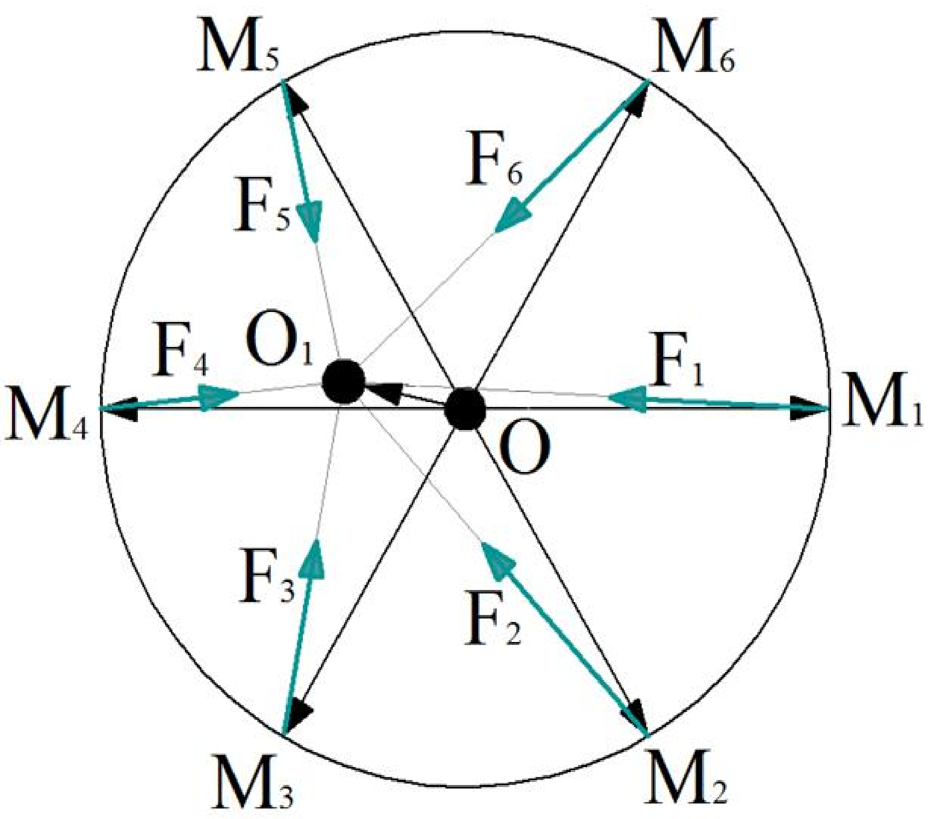

Исходное состояние
t=20°C
1
Внутренние
выступы
Жидкий азот
t=-196°C
2
3
Развальцовка выступов
Выступов нет
4
t=20°C
Соединение втулкой
концов труб
5
t=20°C
Выступы “вспоминают”
свою форму и “намертво”
соединяют трубы

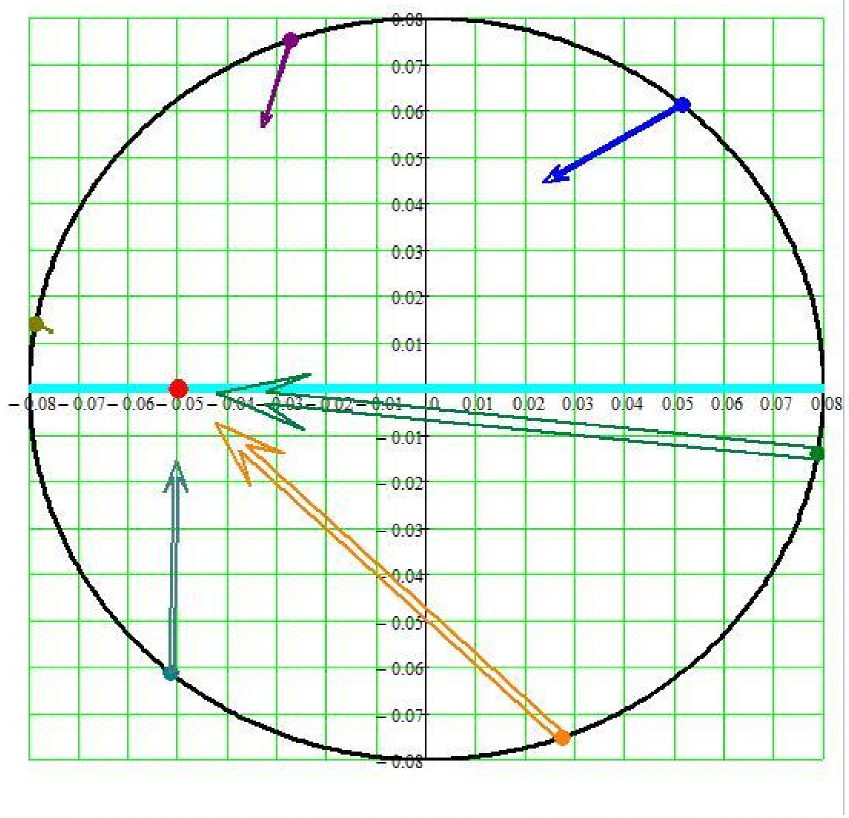
Двигатель Гинеля



Двигатель Гинеля:
1- спираль из сплава Ni-Ti;
2- жидкая среда;
3- подшипник;
4- фиксированные оси.

Упрощенная схема двигателя





Кинематическая модель двигателя Гинеля в системе Mathcad.

Формулы, необходимые для нахождения момента.

На примере первой пружины:

1. $\overline{O_1M} = \overline{OO_1} - \overline{OM}$ - длина вектора $\overline{O_1M}$

2. $\bar{f} = \dfrac{\overline{O_1M}}{|\overline{O_1M}|}$ - единичный вектор силы F_1

3. $\overline{F_1} = \overline{f_1} \cdot k \cdot (|\overline{OM}| - L_0)$ - вектор силы F_1

4. $\overline{M_1} = \overline{OM_1} \times \overline{F_1}$ - момент силы F_1

Таким образом,

5. $\sum \overline{M} = \overline{M}_1 + \overline{M}_2 + \overline{M}_3 + \overline{M}_4 + \overline{M}_5 + \overline{M}_6$ - суммарный момент системы.

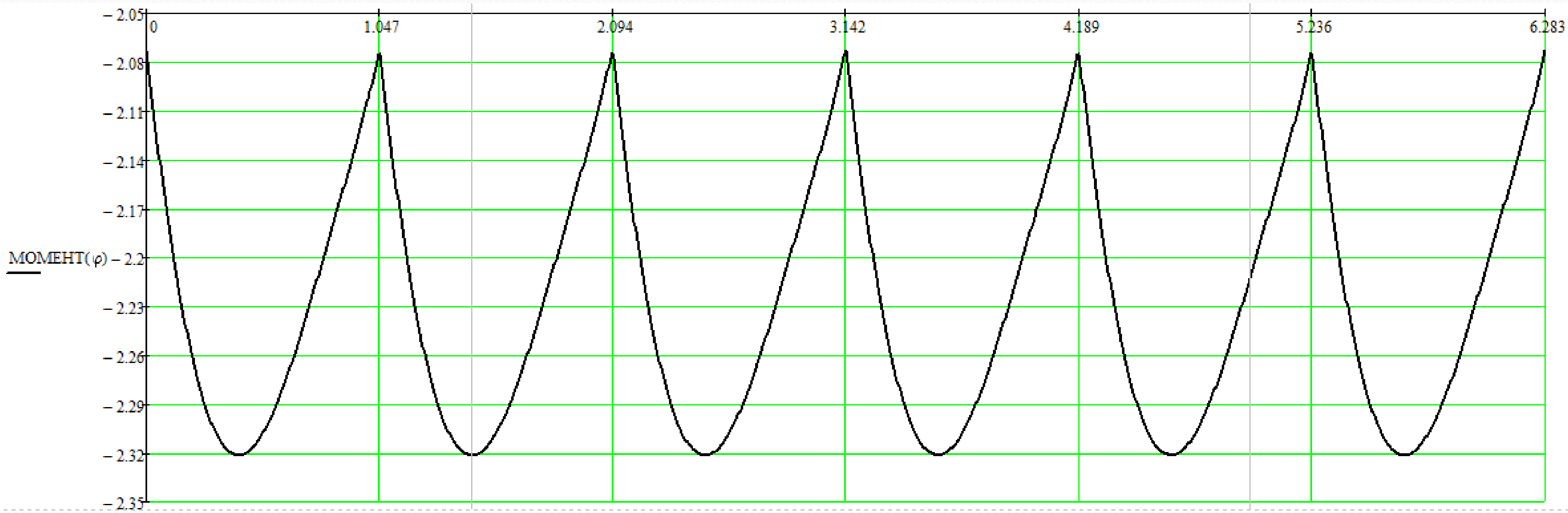


График зависимости момента вращения от угла поворота системы

Уравнение движения модели имеет следующий вид

$$J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M(\varphi) - K \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$,где:

K– коэффициент сопротивления среды;
J – момент инерции данной модели (кг·м^2);
ϕ – угол вращения, зависящий от времени t (рад);
M(ϕ) – крутящий момент, зависящий от угла поворота (Н·м);
$\dot{\varphi}$ – угловая скорость (первая производная угла вращения по времени) (рад/с);
$\ddot{\varphi}$ – угловое ускорение (вторая производная угла вращения по времени) (рад/с^2).

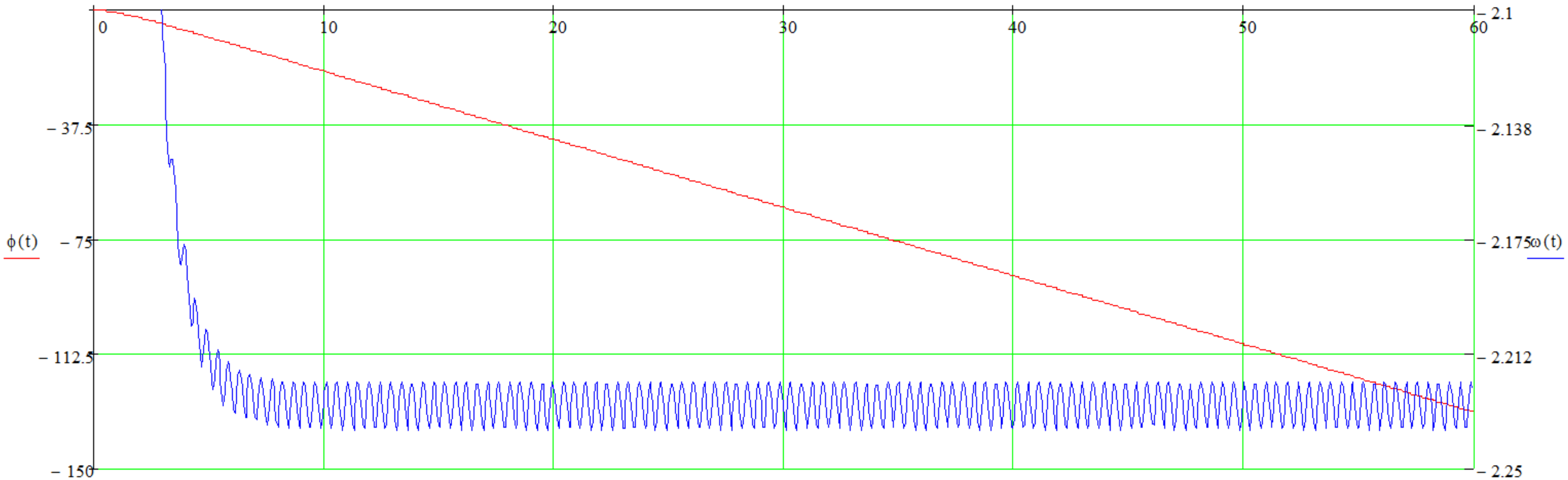


График зависимости угла поворота и угловой скорости от времени

Нахождение усредненного значения угловой скорости

$$J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M(\varphi) - K \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

Решение уравнения ищем в виде: $\varphi(t) = c \cdot t$

Тогда $J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$

Таким образом, решаем уравнение вида: $M(c \cdot t) - K \cdot c = 0$

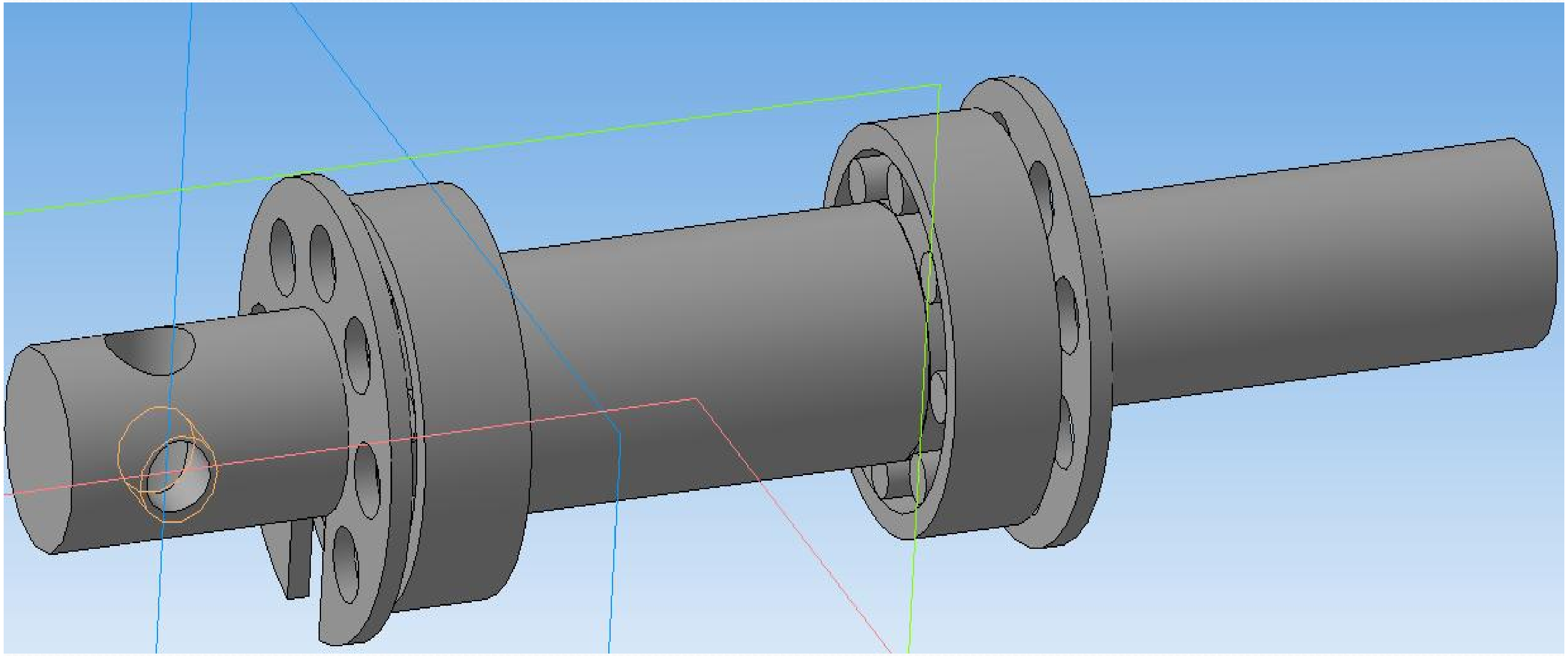
Используя метод Бубнова – Галеркина, найдем

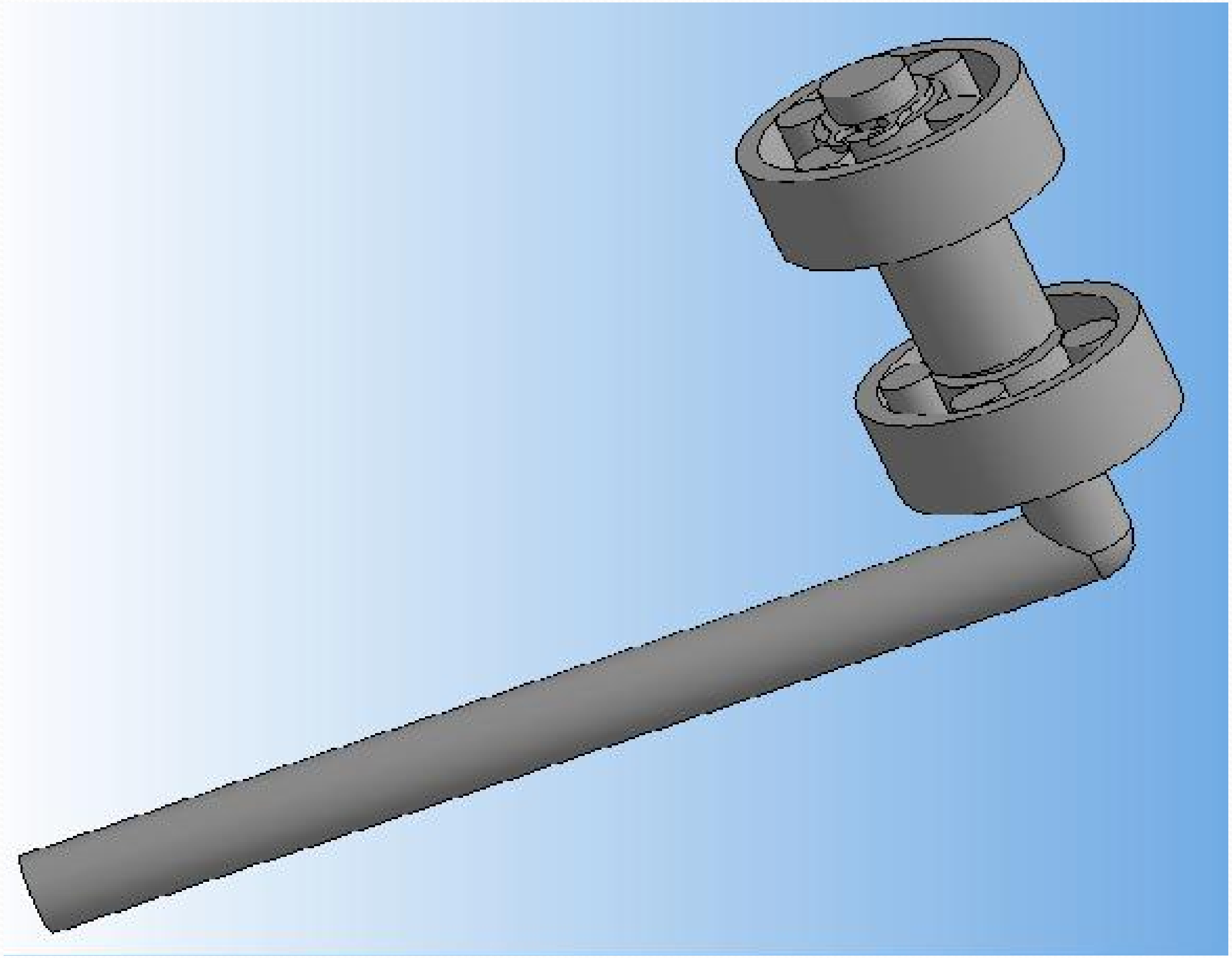
$$\int_0^{\pi/3} M(\varphi)d\varphi - \int_0^{\pi/3} (K \cdot c)d\varphi = 0$$

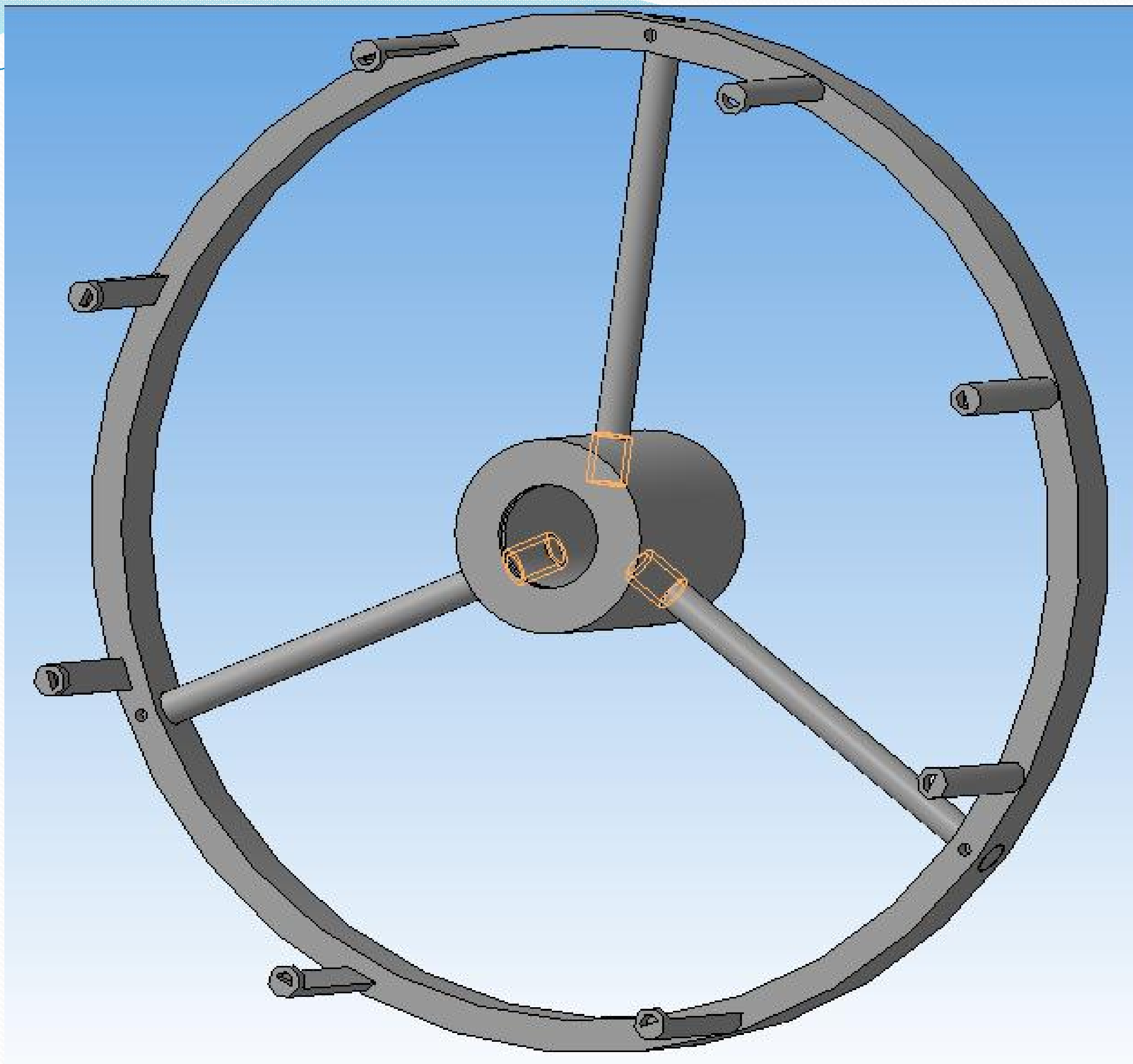
$\int_0^{\pi/3} M(\varphi)d\varphi = 2.319$

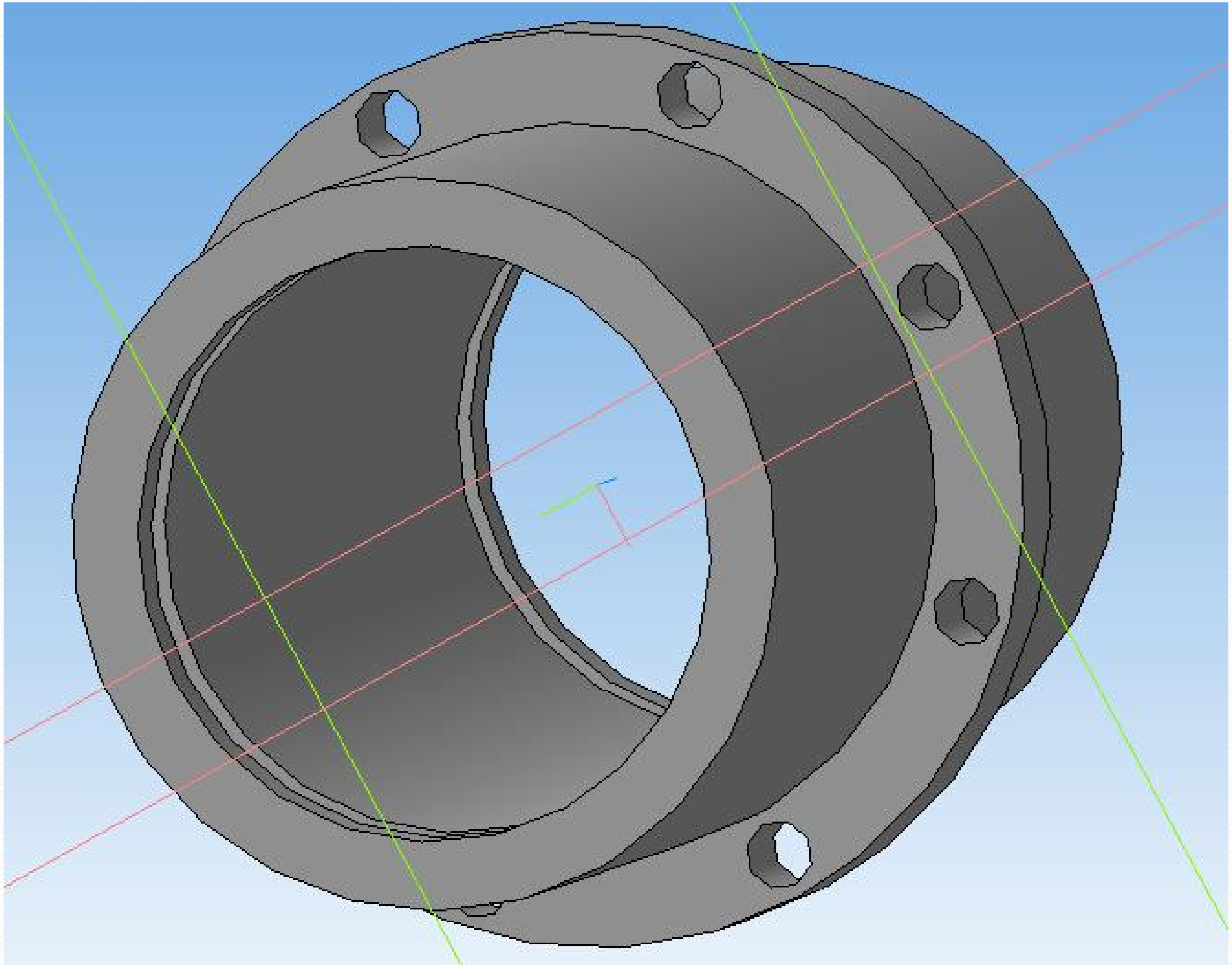
$\int_0^{\pi/3} (K \cdot c)d\varphi = (K \cdot c) \int_0^{\pi/3} d\varphi = (K \cdot c) \cdot \frac{\pi}{3} = (K \cdot c) \cdot 1.04$

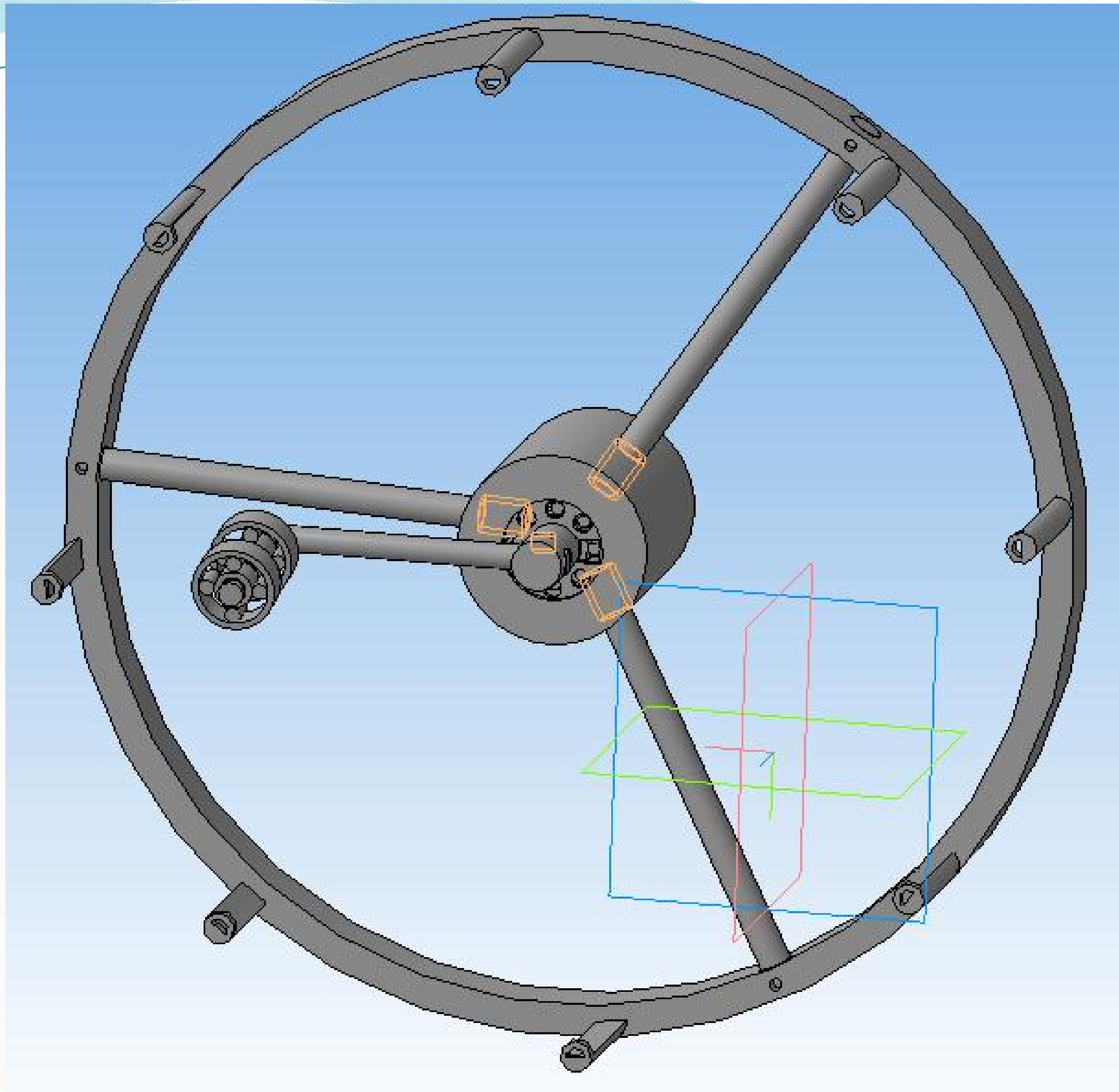
Если учесть сопротивление воды равным 1, то $c = \frac{2.319}{1.04} = 2.229$ (рад/с)



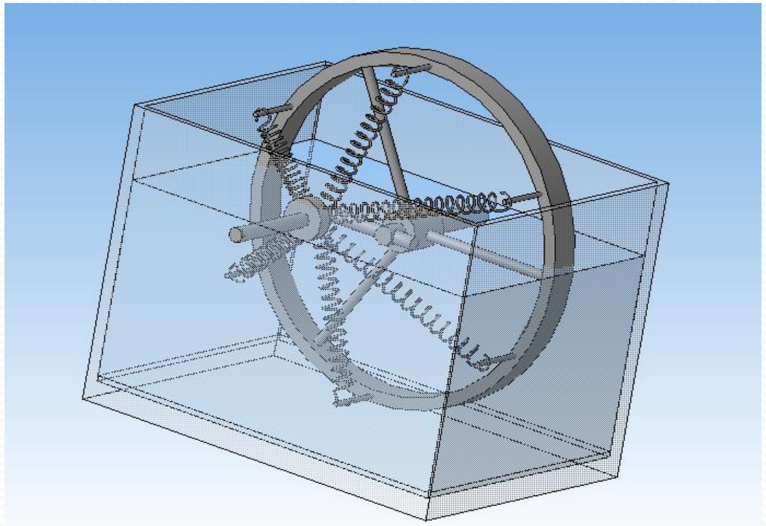




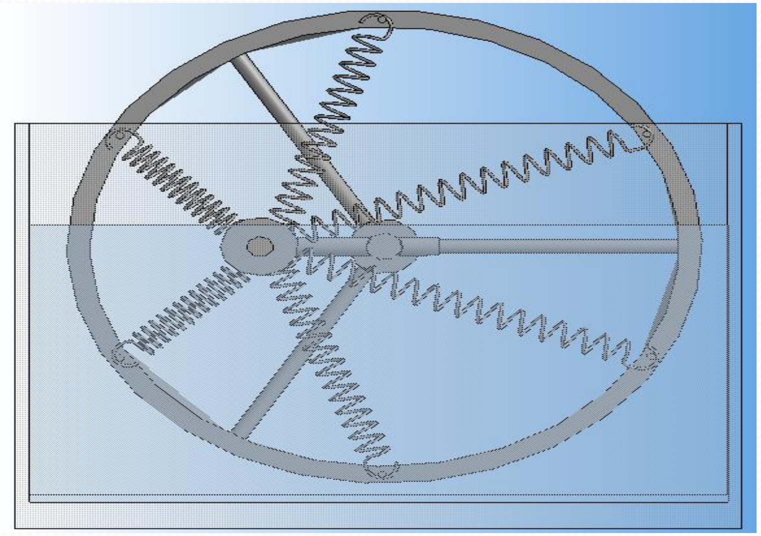




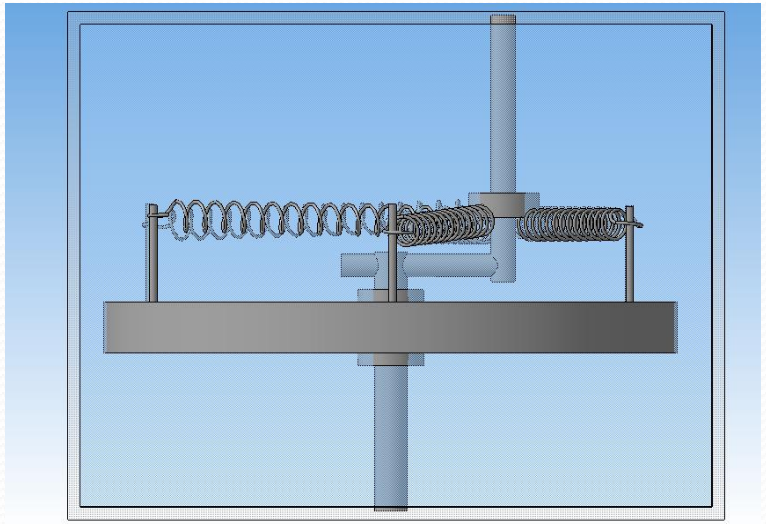
Демонстрационная модель двигателя



Демонстрационная 3-D модель двигателя Гинеля



3D-модель двигателя (главный вид)



3D-модель двигателя (вид сверху)