

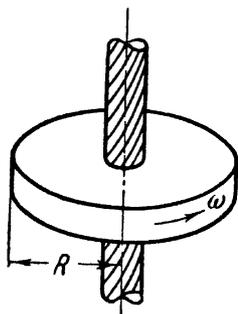
Задача 3

(Задача 959. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.)

На вертикально поставленный винт надета массивная гайка, имеющая форму полого цилиндра с радиусами r и R . Ей сообщена угловая скорость ω такого направления, что гайка начинает подниматься. На какую высоту z поднимется гайка, если шаг винта h , радиус r и трение отсутствует?

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$r = 0.02 \text{ м}, R = 0.2 \text{ м}, h = 0.01 \text{ м}, \omega = 1000 \text{ град/с.}$$

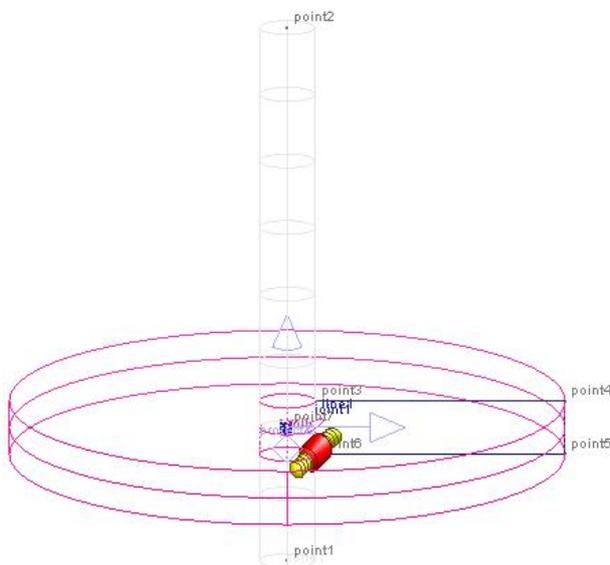


Точный теоретический ответ

Высота, на которую поднимется гайка, определяется по формуле

$$z = \frac{\omega^2}{4 \cdot g} \cdot \left[R^2 + r^2 + \frac{h^2}{2 \cdot \pi^2} \right].$$

Решение задачи в EULER



Система состоит из двух звеньев.

- Винт (body1). Винт является инерциальным звеном и в проекте отображается цилиндром solid1.
- Гайка (body2). Гайка отображается телом вращения solid2 и имеет массу M.

Винт и гайка связаны шарниром joint1 типа «винтовая пара». В проекте задана гравитация с ускорением свободного падения $9.81 \text{ [м/с}^2\text{]}$. Начальное вращение гайки задано с помощью объекта «условие состояния механизма» condition1. События event1 останавливает расчет, когда вертикальная скорость гайки станет равна нулю.

Для решения задачи используется команда command1 «расчет динамики движения» с временем интегрирования 25 [с] и заданным постоянным шагом.

Результаты моделирования

Относительное отличие решения задачи в EULER в зависимости от шага численного интегрирования (использовался постоянный шаг интегрирования) представлено в следующей таблице.

Шаг интегрирования [s]	Относительное отличие от теоретического решения z_delta_rel [-]
0.1	0.000 51
0.01	0.000 000 061
0.001	0.000 000 000 20

Текст проекта в EULER

```
scalar r=0.02 [ m ];
scalar R=0.2 [ m ];
scalar w=1000 [ deg/ s ];
scalar h=0.01 [ m ];
scalar M=100 [ kg ];
scalar g=9.81 [ m/ s2 ];
point point1=point( 0 [ m ], -0.1 [ m ], 0 [ m ] );
point point2=point( 0 [ m ], 0.3 [ m ], 0 [ m ] );
solid solid1=cylinder( point1, point2, r );
point point3=point( r, 0.02 [ m ], 0 [ m ] );
point point4=point( R, 0.02 [ m ], 0 [ m ] );
point point5=point( R, -0.02 [ m ], 0 [ m ] );
point point6=point( r, -0.02 [ m ], 0 [ m ] );
line line1=polyLine( list( point3, point4, point5, point6, point3 ) );
solid solid2=spin( line1, projectY, mass = M );
body body1=body( color = RGB( 229, 229, 229 ) );
set ground = body1;
body body1 < ( solid1 );
body body2=body( color = RGB( 255, 0, 153 ) );
body body2 < ( solid2 );
point point7=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
joint joint1=screw( body1, body2, point7, projectY, h );
gravity gravity1=parallel( reverse( projectY ), g = g );
condition condition1=rotVelocity( body1, projectY, body2, w );
sensor v=derivative( joint1.s );
event event1=reformsBySensor( list( stop( ) ), v, 0 [ m/ s ] );
sensor z=max( joint1.s );
sensor z_theoretical=0.25*w*w*( R*R + r*r + 0.5*h*h/ PI/ PI )/ g / 1 [rad2];
sensor z_delta_rel=abs( ( z - z_theoretical )/ z_theoretical );
command command1=constRK4( 2.50000e+001 [ s ], 1.00000e-002 [ s ] );
```

```
////////////////////////////////////
```

```
Λ Список главных команд;
set dynamics = command1;
```

```
////////////////////////////////////
```

```
Λ Единицы измерения;
set units = SI;
```