

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»**

Отчёт по практической работе №3

По предмету: «*Имитационное моделирование робототехнических систем*»

Выполнил:

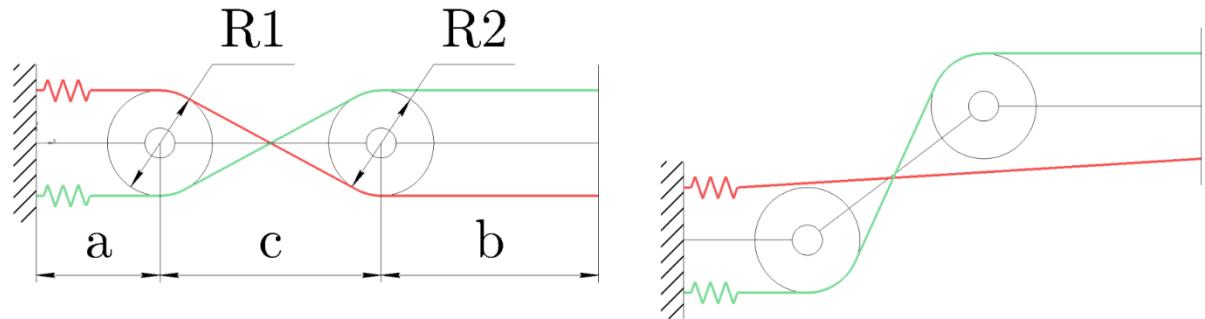
Бойко М.О. Р4133с

Предоставлено на проверку:

Ракшин Е.А.

Задание:

Работаем с системой tendon - плоский механизм 2R с сухожильным соединением:



Необходимо написать скрипт на Python с использованием методов model, data и viewer.
Запустить симуляцию.

Ход работы:

Определимся со значениями, вот мои:

R1, м	R2, м	a, м	b, м	c, м
0.047	0.047	0.076	0.089	0.08

Для начала надо составить xml файл по нашим данным, который будет характеризовать систему. Затем запустим код через компилятор python, подключив библиотеку mujoco_viewer.

```
import mujoco
import mujoco_viewer
import numpy as np
import os

# XML модель сухожильной системы
model_xml = """
<mujoco model="tendon">
    <statistic center="0 0 0.55" extent="1.1"/>

    <visual>
        <headlight diffuse="0.6 0.6 0.6" ambient="0.3 0.3 0.3" specular="0 0 0"/>
        <rgba haze="0.15 0.25 0.35 1"/>
        <global azimuth="-90" elevation="-20"/>
    </visual>

```

```

<asset>

    <texture type="skybox" builtin="gradient" rgb1="0.3 0.5 0.7" rgb2="0 0 0" width="512"
height="3072"/>

    <texture type="2d" name="groundplane" builtin="checker" mark="edge"
        rgb1="0.2 0.3 0.4" rgb2="0.1 0.2 0.3" markrgb="0.8 0.8 0.8" width="300"
height="300"/>

        <material name="groundplane" texture="groundplane" texuniform="true" texrepeat="5 5"
reflectance="0.2"/>

        <texture name="grid" type="2d" builtin="checker" rgb1="0.1 0.1 0.1" rgb2="0.6 0.6 0.6"
width="300" height="300"/>

        <material name="grid" texture="grid" texrepeat="10 10" reflectance="0.2"/>

</asset>

<worldbody>

    <light pos="0 0 3" dir="0 0 -1" directional="false"/>

    <geom name="floor" size="0 0 0.125" type="plane" material="groundplane" conaffinity="15"
condim="3"/>

    <body name="wall_1" pos="0 0 0" euler="0 90 0">
        <geom name="wall_geom_1" type="plane" size="0.1 0.1 0.1" material="grid"/>
    </body>

    <body name="Frame" pos="0 0 0">
        <body name="pulley1_body" pos="0.076 0 0.05">
            <joint name="joint_pulley1" type="hinge" axis="0 1 0" limited="true" range="0 360"/>
            <geom name="pulley1" type="cylinder" size="0.0235 0.005" euler="90 0 0"/>
            <site name="red1" pos="0 0 0.0235" size="0.003"/>
            <site name="green1" pos="0 0 -0.0235" size="0.003"/>
        </body>

        <body name="pulley2_body" pos="0.08 0 0">
            <joint name="pulley2_slide_z" type="slide" axis="0 0 1"/>
            <geom name="pulley2" type="cylinder" size="0.0235 0.005" euler="90 0 0"/>

```

```

<site name="red2" pos="0 0 -0.0235" size="0.003"/>
<site name="green2" pos="0 0 0.0235" size="0.003"/>
<site name="pulley2_connector" pos="0 0 0" size="0.003"/>

<body name="wall_2" pos="0.089 0 0">
  <joint name="wall2_slide_z" type="slide" axis="0 0 1" limited="true" range="0 0.2"/>
    <geom name="wall_geom_2" type="box" size="0.005 0.03 0.04" material="grid"
contype="1" conaffinity="1"/>
    <site name="red3" pos="0 0 -0.0235" size="0.003"/>
    <site name="green3" pos="0 0 0.0235" size="0.003"/>
    <site name="wall2_connector" pos="0 0 0" size="0.003"/>
  </body>
</body>

<site name="red0" pos="0 0 0.0735" size="0.003"/>
<site name="green0" pos="0 0 0.0265" size="0.003"/>
</body>
</worldbody>

<equality>
  <connect site1="pulley2_connector" site2="wall2_connector"/>
</equality>

<tendon>
  <spatial stiffness="100" rgba="1 0 0 1" width="0.0015">
    <site site="red0"/>
    <site site="red1"/>
    <site site="red2"/>
    <site site="red3"/>
  </spatial>
</tendon>

```

```
<tendon>
  <spatial stiffness="100" rgba="0 1 0 1" width="0.0015">
    <site site="green0"/>
    <site site="green1"/>
    <site site="green2"/>
    <site site="green3"/>
  </spatial>
</tendon>
</mujoco>
"""

```

```
# Сохранение XML в файл
with open('tendon_system.xml', 'w') as f:
    f.write(model_xml)

# Загрузка модели
model = mujoco.MjModel.from_xml_path('tendon_system.xml')
data = mujoco.MjData(model)

# Создание визуализатора
viewer = mujoco_viewer.MujocoViewer(model, data)

try:
    # Основной цикл симуляции
    while viewer.is_alive:
        # Применяем простые управляющие сигналы
        current_time = data.time

        # Синусоидальное воздействие на шкив 1
        data.ctrl[0] = 0.3 * np.sin(2 * np.pi * 0.5 * current_time)
```

```

# Импульсное воздействие на стену 2
if 2.0 < current_time < 2.1:
    data.ctrl[1] = 5.0
else:
    data.ctrl[1] = 0.0

# Шаг симуляции
mujoco.mj_step(model, data)

# Вывод информации в консоль
if int(current_time * 10) % 10 == 0: # Каждую секунду
    print(f"Time: {current_time:.1f}s | "
          f"Pulley1 angle: {data.qpos[0]:.3f}rad | "
          f"Pulley2 pos: {data.qpos[1]:.3f}m | "
          f"Wall2 pos: {data.qpos[2]:.3f}m")

# Рендеринг
viewer.render()

finally:
    # Закрытие визуализатора
    viewer.close()

    # Удаление временного файла
    if os.path.exists('tendon_system.xml'):
        os.remove('tendon_system.xml')
        print("Временный файл удален")

```

Этот код представляет собой виртуальную механическую систему ременной передачи, созданную в физическом движке MuJoCo. Модель состоит из двух шкивов одинакового радиуса 47 миллиметров, расположенных на расстоянии 80 миллиметров друг от друга по горизонтальной оси. Первый шкив закреплен на высоте 50 миллиметров и имеет вращательное соединение, позволяющее ему свободно поворачиваться вокруг своей оси. Второй шкив может свободно перемещаться по вертикали благодаря скользящему соединению. К второму шкиву через соединительный элемент присоединена подвижная

стена, которая также может двигаться по вертикали в ограниченном диапазоне до 200 миллиметров. Оба шкива соединены системой из двух сухожилий-ремней красного и зеленого цветов, которые проходят через специальные точки крепления на шкивах и стене. Эти сухожилия обладают жесткостью 100 ньютон на метр и толщиной 1.5 миллиметра, что позволяет реалистично моделировать их упругие свойства. Вся конструкция размещена на текстурированной плоскости с шахматным узором, а окружение включает освещение и градиентный фон для лучшей визуализации. Данная модель демонстрирует принципы передачи усилия и движения через ременную передачу, где перемещение одного элемента системы вызывает соответствующее движение других элементов через натяжение сухожилий.

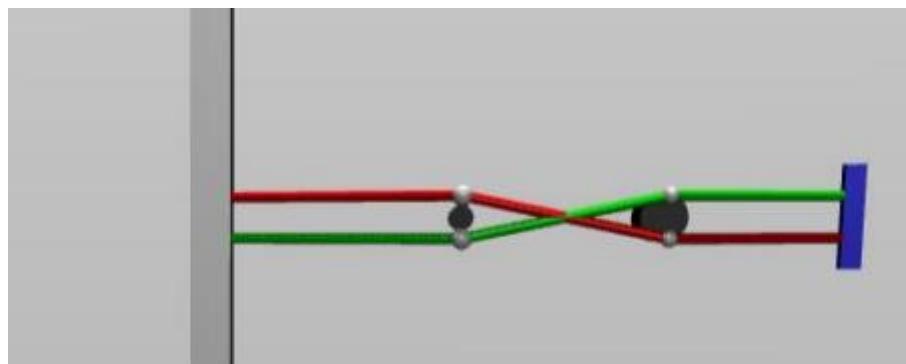


Рис. 1. «Модель по xml»

Вывод:

В ходе лабораторной работы была успешно проведена симуляция через движок MuJoCo.