

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО  
ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ



Лабораторная работа №3  
Имитационное моделирование робототехнических систем

Выполнил:  
Студент группы R4134с  
Воронин В.С.  
Преподаватель:  
Борисов И. И.

Санкт-Петербург, 2025

# 1. Оглавление

2. Цель работы.....	2
3. Описание системы .....	2
4. Визуализация системы .....	3
5. Результаты моделирования .....	5
6. Выводы.....	6

## 2. Цель работы

1. Составить RR механизм.
2. Составить скрипт, запускающий XML модель.
3. Составить графики и написать отчет с пояснениями

## 3. Описание системы

В таблице 1 указаны параметры системы, а на рисунке 1 представлено схематическое описание системы.

isu	Mechanism	R1, m	R2, m	a, m	b, m	c, m
312440	TENDON	0.049	0.018	0.065	0.043	0.065

Таблица 1 Параметры системы

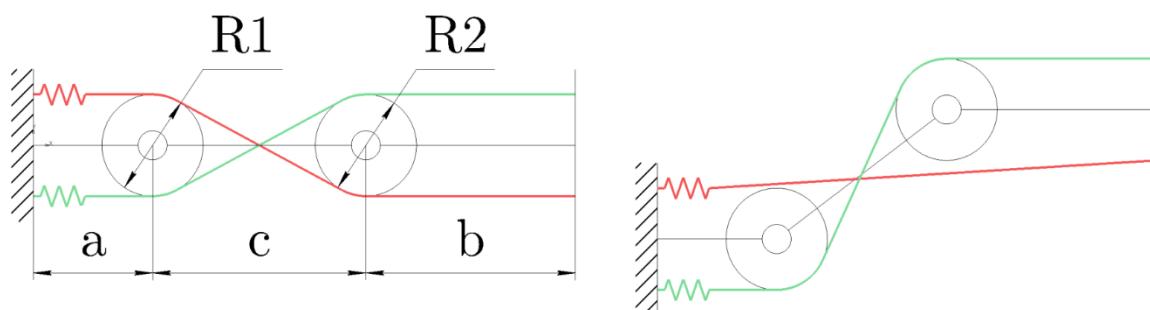


Рисунок 1 Схематическое представление модели

## 4. Визуализация системы

Визуализация модели происходит путем создания xml-файла и запуска в среде mujoco

Xml-код модели представлен ниже:

```
<mujoco model="RR-mechanism-with-tendon">
    <option gravity="0 0 0"/>

    <asset>
        <texture type="skybox" builtin="gradient" rgb1="0.3 0.5 0.7" rgb2="0 0 0" width="64" height="64"/>
        <texture name="texplane" type="2d" builtin="checker" rgb1=".2 .3 .4" rgb2=".1 0.15 0.2" width="512" height="512" mark="cross" markrgb=".8 .8 .8"/>
            <material name="matplane" reflectance="0.5" texture="texplane" texrepeat="3 3" texuniform="true"/>
    </asset>

    <default>
        <geom type="capsule" size=".0025" rgba=".9 .7 .1 1"/>
        <joint type="hinge" axis="0 0 1" limited="false" damping="0" frictionloss="0"/>
        <site size="0.0025"/>
    </default>

    <worldbody>
        <light pos="0 0 1"/>
        <body pos="0 0 0">
            <joint name="joint1" axis="0 0 1" limited="false"/>
            <geom type="box" size=".0025 .0245 .0245"/>
            <geom fromto="0 0 0 0.065 0 0"/>
            <site name="s1" pos="0 0 0.0245"/>
            <site name="s5" pos="0 0 -0.0245"/>
            <body pos="0.065 0 0">
                <joint name="joint2" axis="0 0 1" limited="false"/>
                <geom name="R1" type="cylinder" fromto="0 -0.0245 0 0 0.0245 0" size=".0245" rgba=".3 .9 .3 .4"/>
                <site name="s2" pos="0 0 0.0245"/>
                <site name="s6" pos="0 0 -0.0245"/>
                <body pos="0 0 0">
                    <geom fromto="0 0 0 0.065 0 0"/>
                    <site name="sm" pos="0.0325 0 0"/>
                    <body pos="0.065 0 0">
                        <joint name="joint3" axis="0 0 1" limited="false"/>
                        <geom name="R2" type="cylinder" fromto="0 -0.009 0 0 0.009 0" size=".009" rgba=".3 .9 .3 .4"/>
                        <site name="s7" pos="0 0 0.009"/>
                        <site name="s3" pos="0 0 -0.009"/>
                    </body>
                </body>
            </body>
        </body>
    </worldbody>
</mujoco>
```

```

        <geom fromto="0 0 0 0.043 0 0"/>
        <geom pos="0.043 0 0" type="box"
size=".0025 .009 .009"/>
    </body>
    </body>
    </body>
    </body>
    </body>
</worldbody>

<!-- Тросы с обходом геометрии --&gt;
&lt;tendon&gt;
    &lt;spatial limited="false" width=".001" rgba=".95 .3 .3 1"
stiffness="80" damping="0"&gt;
        &lt;site site="s1"/&gt;
        &lt;geom geom="R1" sidesite="s2"/&gt; &lt!-- Оборачивается вокруг R1 --&gt;
        &lt;site site="s3"/&gt;
        &lt;geom geom="R2" sidesite="s7"/&gt; &lt!-- Оборачивается вокруг R2 --&gt;
        &lt;site site="s8"/&gt;
    &lt;/spatial&gt;
    &lt;spatial limited="false" width=".001" rgba=".3 .95 .3 1"
stiffness="80" damping="0"&gt;
        &lt;site site="s5"/&gt;
        &lt;geom geom="R1" sidesite="s6"/&gt; &lt!-- Оборачивается вокруг R1 --&gt;
        &lt;site site="s4"/&gt;
        &lt;geom geom="R2" sidesite="s3"/&gt; &lt!-- Оборачивается вокруг R2 --&gt;
        &lt;site site="s2"/&gt;
    &lt;/spatial&gt;
&lt;/tendon&gt;
&lt;/mjoco&gt;
</pre>

```

На рисунке 2 мы можем увидеть визуализацию модели в среде мијосо:

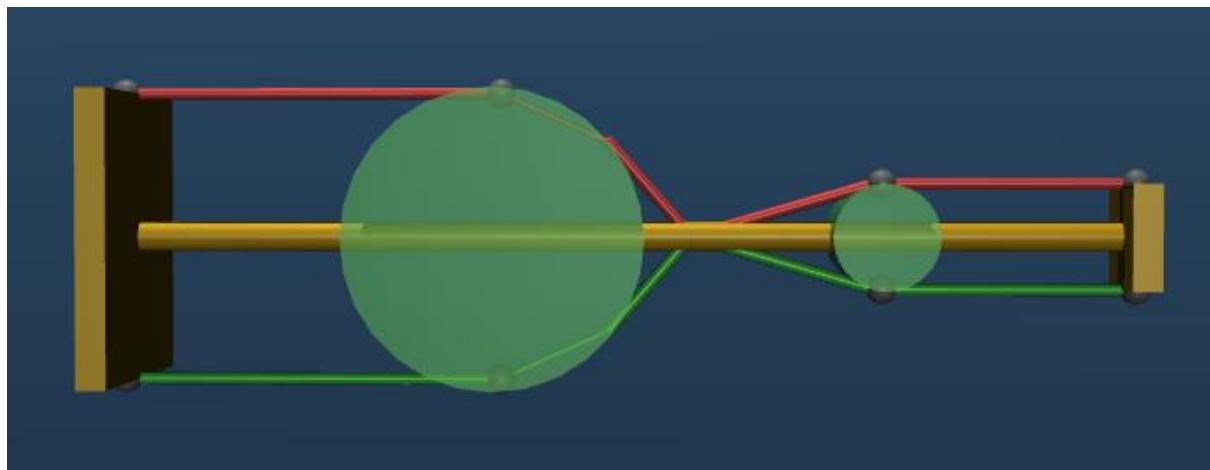


Рисунок 2 Визуализация системы

## 5. Результаты моделирования

Смоделируем систему в среде без трения и гравитации и получим следующие графики:

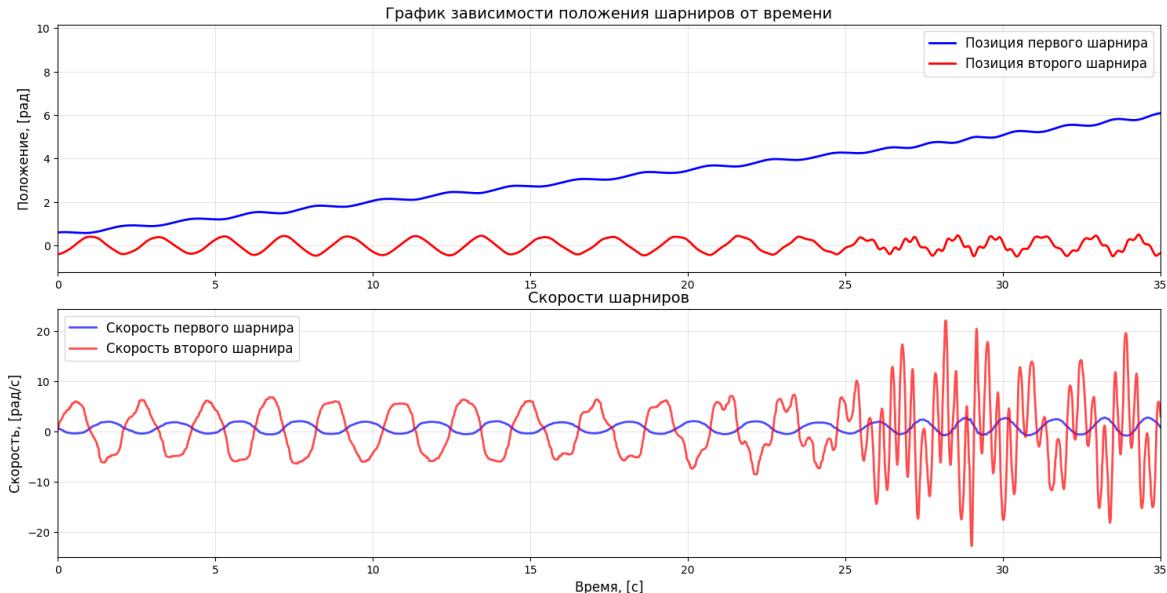


Рисунок 3 Графики зависимости положения и скорости шарниров от времени в среде без гравитации и трения

Также составим xml код для модели в среде с гравитацией и трением, для этого изменим точки на следующие:

```
<option gravity="0 0 -9.81"/>  
И  
<joint type="hinge" axis="0 0 1" limited="false" damping="0.1"  
frictionloss="0.001"/>
```

И получаем следующие графики системы:

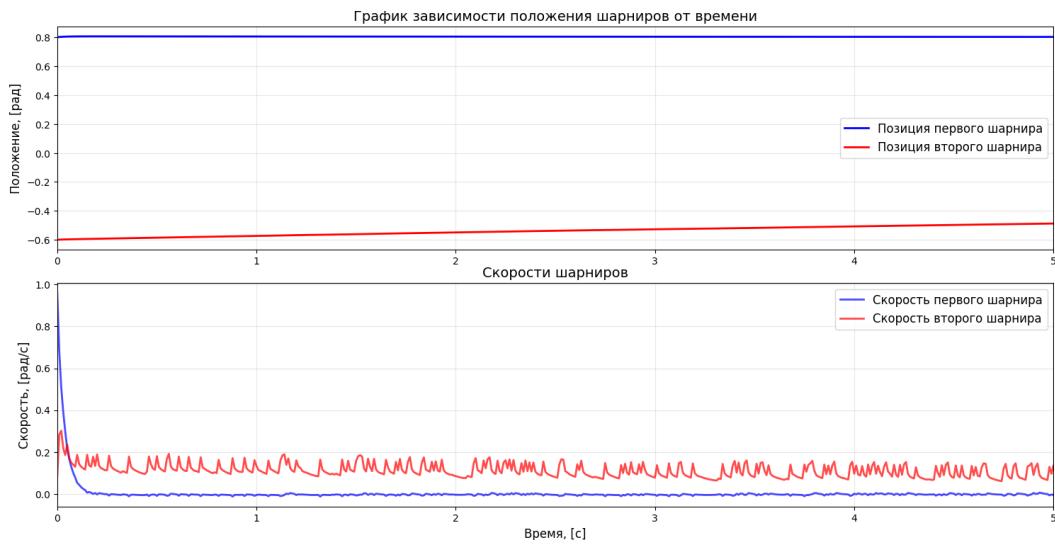


Рисунок 4 Графики зависимости положения и скорости шарниров от времени в среде с гравитацией и трением

Также для полной проверки системы в среде без гравитации и трения добавляем на тросы моторы и подаем синусоидальный сигнал в виде управляющего воздействия. После чего получаем график траектории движения end-effector'а на рисунке 5:

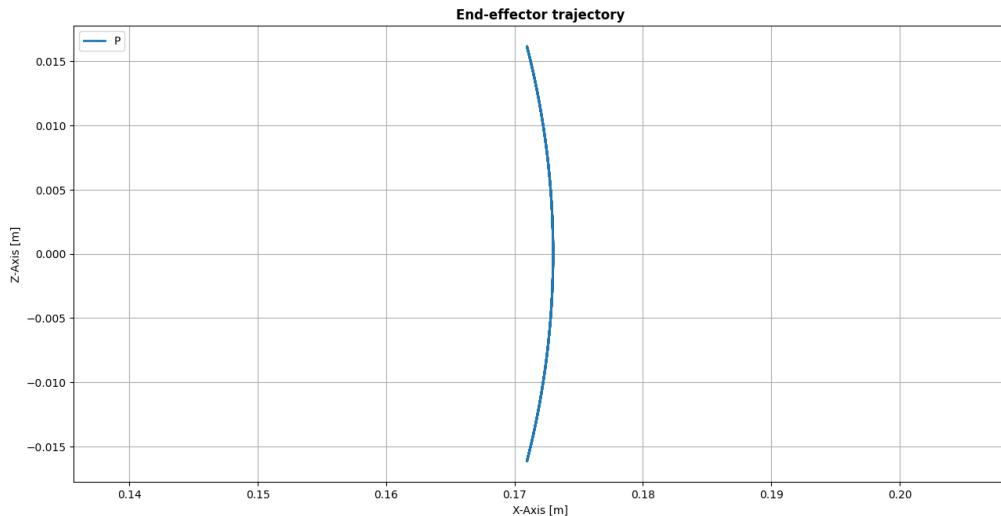


Рисунок 5 График траектории движения end-effector'а

## 6. Выводы

В ходе лабораторной работы было проведено моделирование системы RR механизма открытой кинематики с двумя эластичными тросиками и представлена ее визуализация в среде тијосо. В ходе моделирования были

получены графики зависимости положения и скорости шарниров от времени в среде с гравитацией и трением и без, которые подтверждают работу механизма, так как система без трения и гравитации демонстрирует закон сохранения энергии, доказательством чего являются бесконечно долгие колебания с не уменьшением амплитуды. Система с трением и гравитации постепенно затухает. Также была построена система с синусоидальным воздействием и построен график движения end-effector'a.