

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники

Отчёт
по практическому заданию №3

по дисциплине:
Имитационное моделирование робототехнических систем

Студент:
Группа № R4134c

K.C. Хитушкин

Предподаватель:
Ассистент ФСУиР

E.A. Ракшин

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	4
1.1 Построение модели.....	4
1.2 Проверка работы модели	6
ВЫВОД.....	7

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы:

Освоить моделирование плоских механизмов в среде MuJoCo.

Задание:

В рамках практического задания необходимо:

1. Реализовать модель заданного механизма в xml.
2. Проверить модель на корректность работы в симуляции.

Заданная система представлена на рисунке 1.

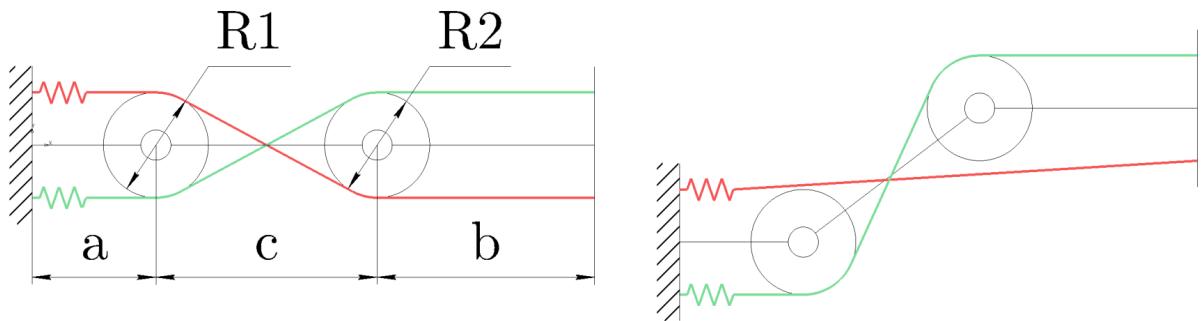


Рисунок 1 — Заданная система

Заданные параметры механизма:

$$R_1 = 0.025 \text{ м}, \quad R_2 = 0.049 \text{ м}, \quad a = 0.068 \text{ м}, \quad b = 0.056 \text{ м}, \quad c = 0.091 \text{ м}.$$

1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Построение модели

В файле tendon.py реализована функция generate_tendon_xml, которая формирует параметризованную XML-строку, описывающую модель механизма. Эта функция принимает геометрические параметры и возвращает документ XML.

Каждое тело модели определяется с указанием позиции, ориентации и вложенной геометрии. Основная часть механизма определяется следующим образом:

```
<body name="link1" pos="0 0 0" euler="0 0 0">
    ...
<body name="link2" pos="{a} 0 0" euler="0 0 0">
    ...
<body name="link3" pos="{c} 0 0" euler="0 0 0">
    ...
</body>
</body>
</body>
```

Тросы определяются с помощью элемента spatial и соединяют соответствующие узлы. Пример одного из тросов:

```
<tendon>
    <spatial name="tendon1_1" width="0.001"
        stiffness="{stiffness}" damping="10"
        springlength="0.005">
        <site site="t1_wall"/>
        <geom geom="pulley1" sidesite="side_r1_t1"/>
        <site site="t1_mid"/>
        <geom geom="pulley2" sidesite="side_r2_t1"/>
        <site site="t1_end"/>
    </spatial>
```

```
</tendon>
```

Для соединения тросов между двух шкивов используются промежуточные тела с минимальной массой, чтобы они не вносили существенного влияния на динамику, при этом обеспечивая корректную передачу сил. Например, тело `mid_body_t1` задаётся так:

```
<body name="mid_body_t1" pos="{a + c / 2} 0 0">
    <site name="t1_mid" pos="0 0 0" type="sphere" size="0.001"/>
    <joint name="mid_joint_x_t1" type="slide" axis="1 0 0"/>
    <joint name="mid_joint_y_t1" type="slide" axis="0 0 1"/>
    <geom type="sphere" size="0.002" mass="0.0001"
        rgba="0.86 0.43 0.54 0.5" contype="0"/>
</body>
```

Чтобы промежуточные тела не смешались к краям пружин, что может нарушить работу со шкивами, добавлены следующие ограничения, которые удерживают их между шкивами:

```
<equality>
    <connect site1="t1_mid" site2="pulley1_side"/>
    <connect site1="t1_mid" site2="pulley2_side"/>
</equality>
```

Для эффектора используется ограничение типа `weld`, фиксирующее его к вспомогательному телу `effector_world`, которое удерживает последнее звено в горизонтальном положении:

```
<equality>
    <weld site1="effector" site2="effector_world" torquescale="100"/>
</equality>
```

Вид итоговой модели механизма в MuJoCo представлен на рисунке 2.

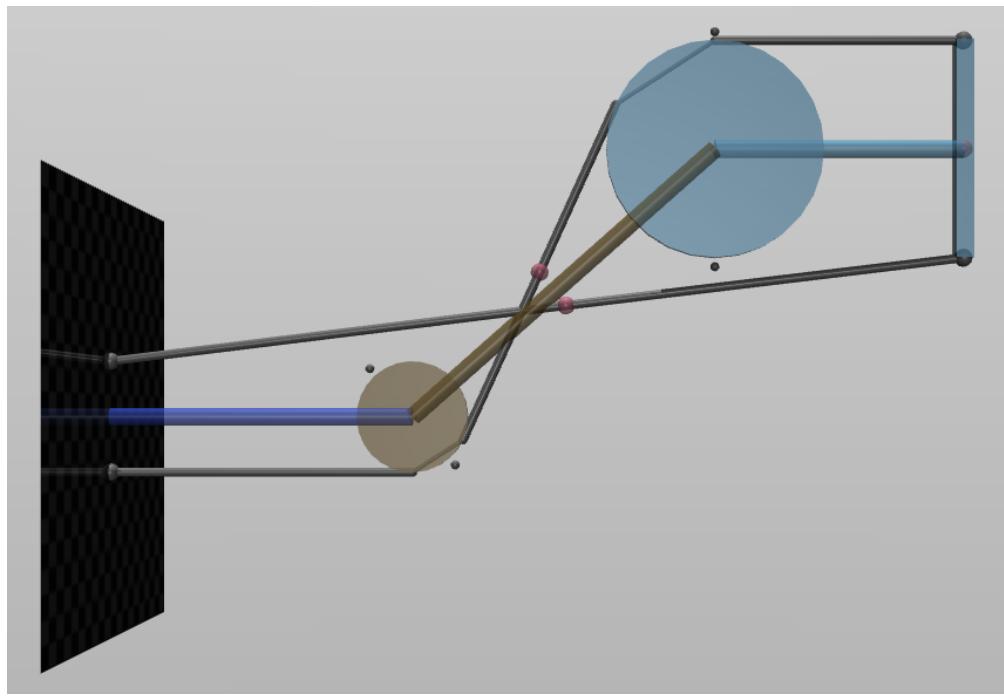


Рисунок 2 — Вид разработанной модели механизма в произвольном положении

1.2 Проверка работы модели

Для тестов на тросы были добавлены моторы и подан управляющий сигнал в виде функции синуса. Траектория движения эффеクтора представлена на рисунке 3 и соответствует ожидаемому поведению.

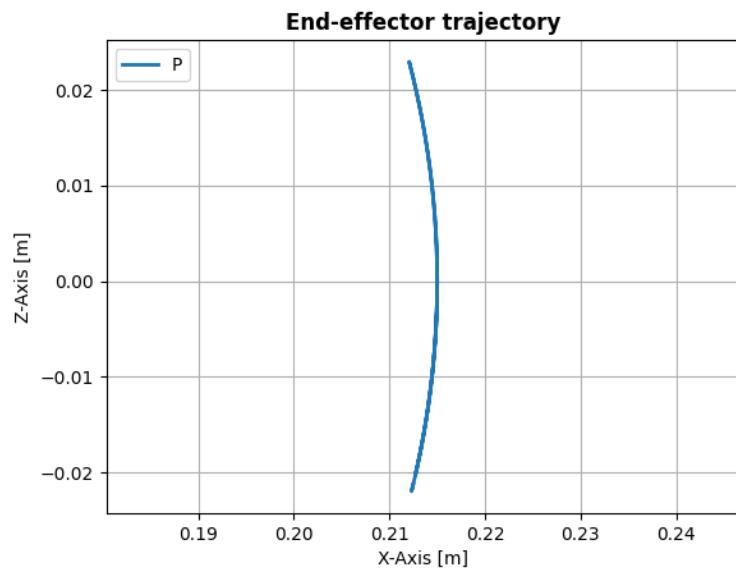


Рисунок 3 — Траектория эффеクтора механизма для произвольного управляющего сигнала

ВЫВОД

В ходе работы была разработана модель планарного тросового механизма в среде MuJoCo. Проведено построение тел и тросов с учётом промежуточных звеньев и ограничений, обеспечивающих корректную передачу сил и фиксацию ориентации эффектора. Тестирование модели с управляющими сигналами показало, что траектория эффектора соответствует ожидаемой, подтверждая корректность построения модели.