

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

Лабораторная работа №3
По дисциплине
«Имитационное моделирование робототехнических систем»

Выполнил: студент группы R4135с
Проверил:

Белова К.Д.
Ракшин Е.А.

Санкт-Петербург 2025

Оглавление

1.	Введение.....	3
2.	Методика исследования.....	3
3.	Результаты и обсуждение.....	4
3.1.	Движение дисков во времени	4
3.2.	Влияние демпфирования на поведение системы.....	4
3.3.	Анализ управляющих сигналов.....	5
4.	Выводы	6
5.	Заключение	6

1. Введение

Тендонные механизмы широко используются в робототехнике и биомеханике для передачи усилий и управления движением. В данной работе рассматривается система из двух дисков, соединенных упругими связями, с возможностью независимого управления положением каждого диска.

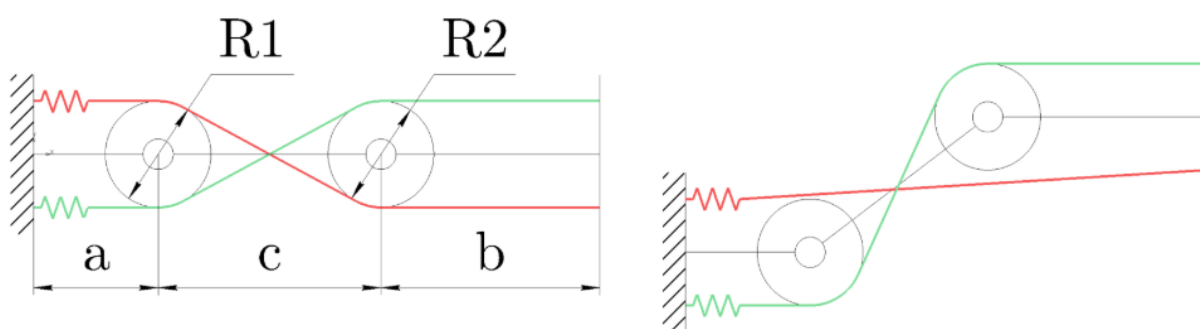
Параметры системы:

Масса диска R1: 0.036 кг

Масса диска R2: 0.022 кг

Геометрические параметры: $a = 0.063$ м, $b = 0.07$ м, $c = 0.1$ м

Базовое положение дисков: $Z = 1.0$ м



2. Методика исследования

Для анализа системы использовалось математическое моделирование в среде MuJoCo. Были реализованы:

1. Модель механизма в формате XML с заданием геометрии, масс и соединений

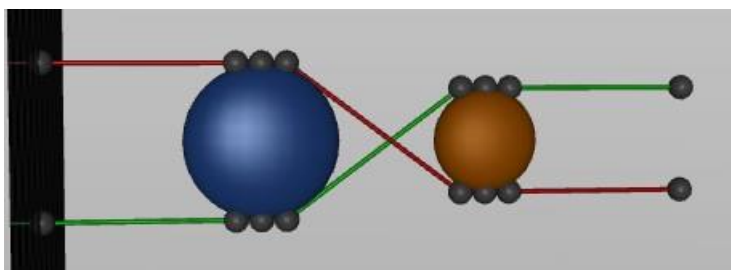


Рисунок 1. Схема в MuJoCo

2. Алгоритм управления с гармоническими сигналами:
 - Диск R1: $0.08 \cdot \sin(2\pi \cdot 1.0 \cdot t)$
 - Диск R2: $0.08 \cdot \sin(2\pi \cdot 1.5 \cdot t + \pi/2)$
3. Сбор данных о положениях дисков и управляющих сигналах
4. Визуализация результатов с построением графиков

3. Результаты и обсуждение

3.1. Движение дисков во времени

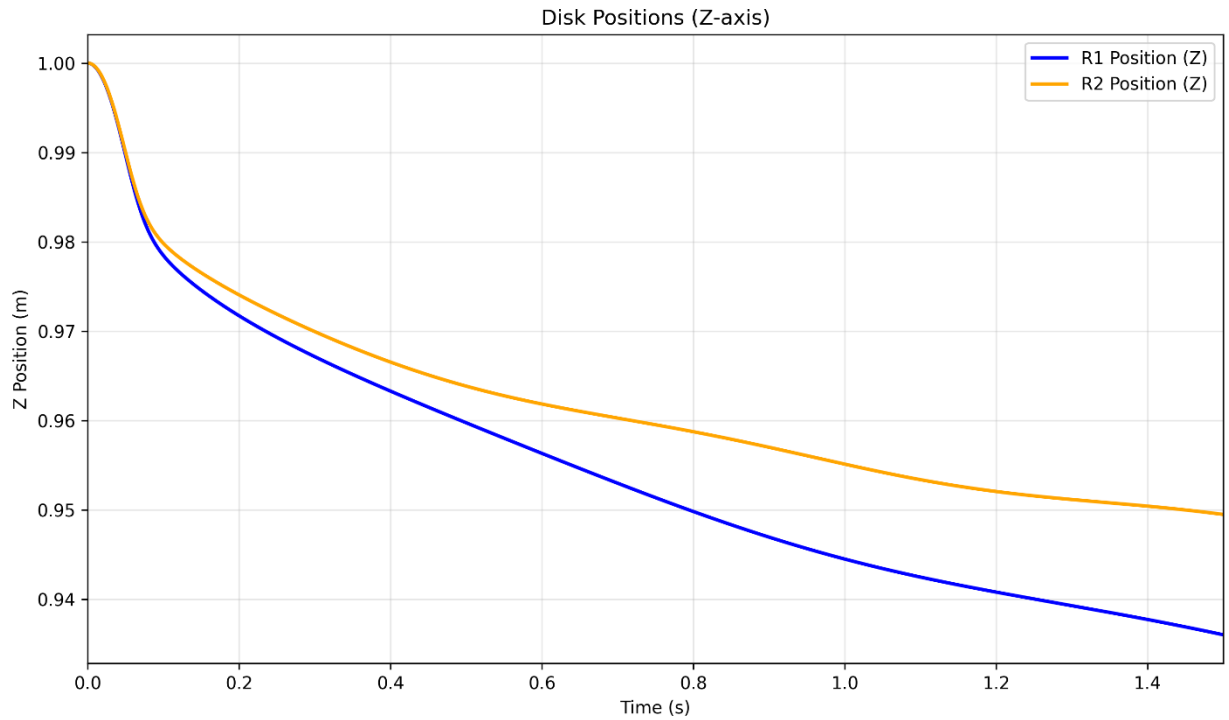


Рисунок 2. Вертикальное положение дисков R1 и R2 относительно базового уровня в течение 1.5 секунд

На представленном графике показана динамика вертикального движения двух дисков тендонного механизма в начальный период работы системы.

3.2. Влияние демпфирования на поведение системы

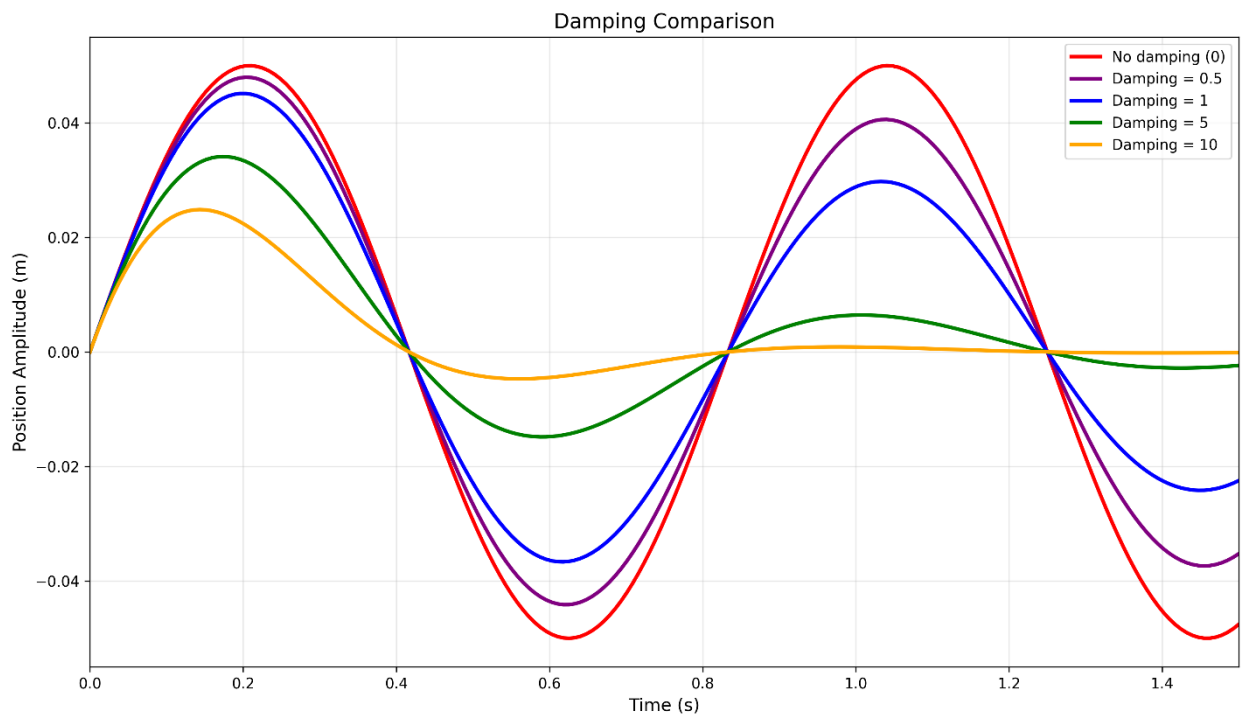


Рисунок 3. Сравнение влияния различных коэффициентов демпфирования

На Рисунке 3 показано аналитическое сравнение пяти различных коэффициентов демпфирования:

- Без демпфирования (0) - незатухающие колебания
- Слабое демпфирование (0.5, 1) - медленное затухание
- Среднее демпфирование (5) - быстрое затухание
- Сильное демпфирование (10) - критическое затухание

Результаты демонстрируют, что увеличение демпфирования приводит к более быстрому подавлению колебаний, что важно для систем, требующих быстрой стабилизации.

3.3. Анализ управляющих сигналов

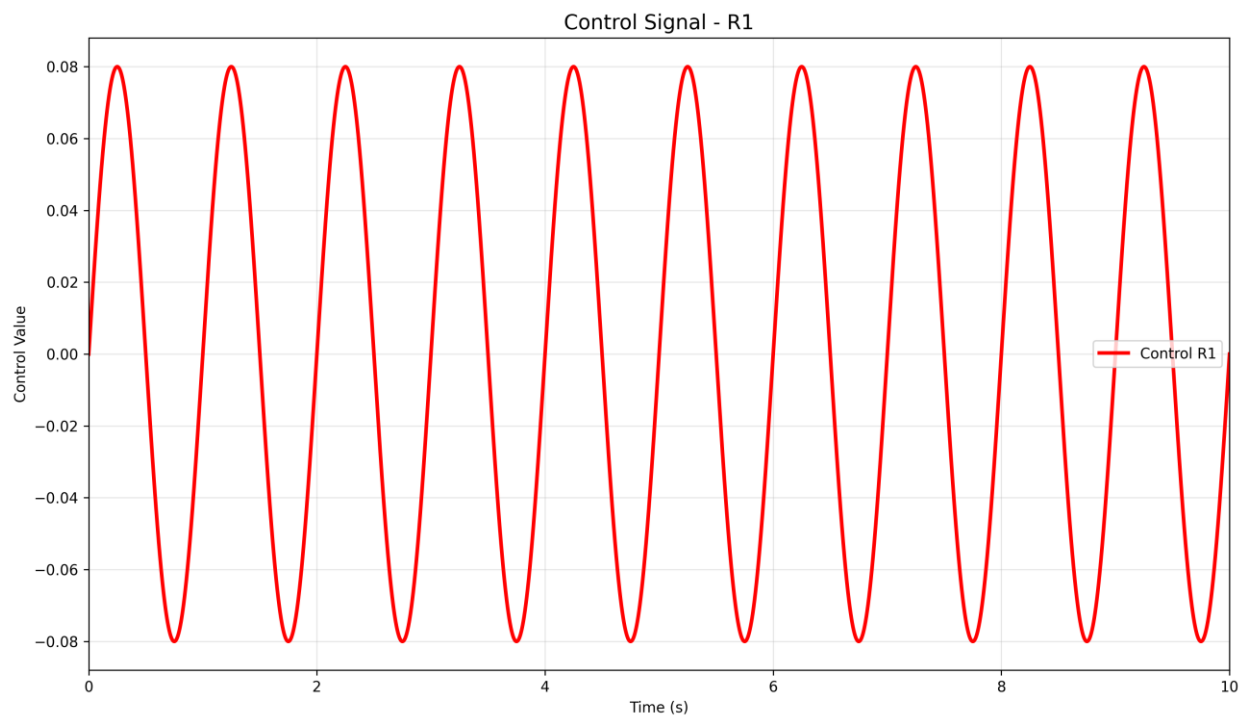


Рисунок 4. Управляющий сигнал для диска R1

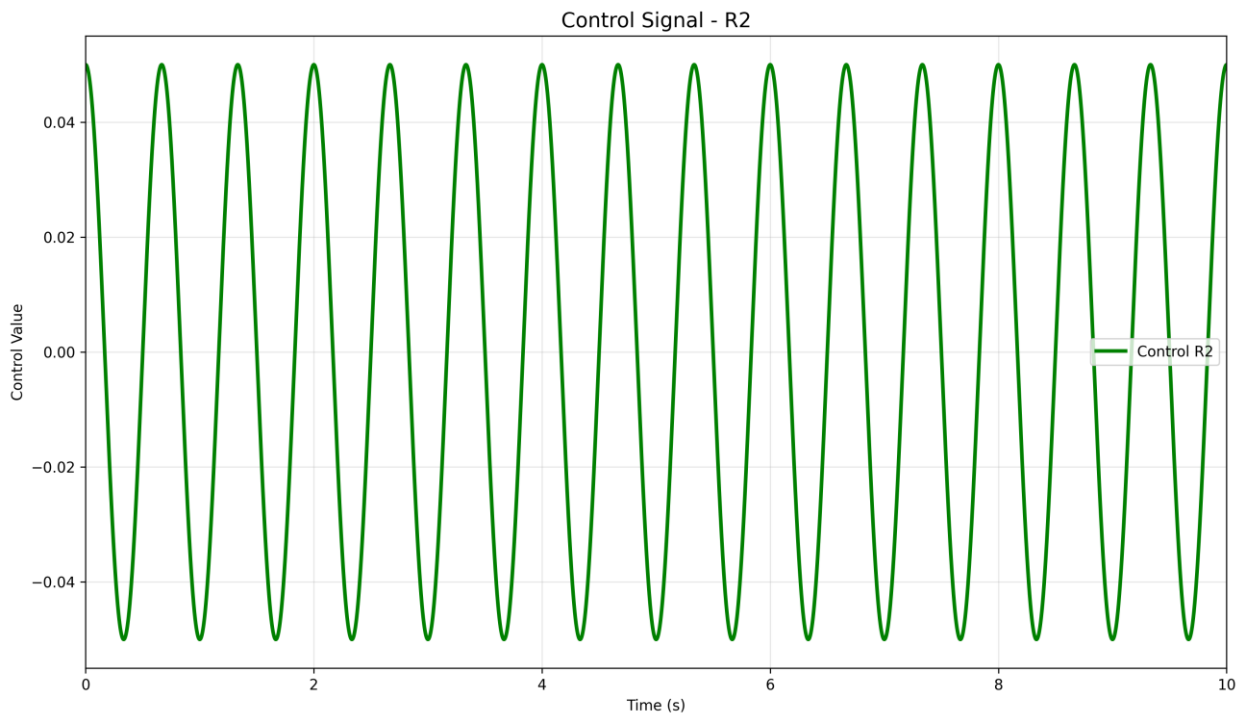


Рисунок 5. Управляющий сигнал для диска R2

На Рисунках 4 и 5 представлены гармонические управляющие сигналы для каждого диска. Сигналы имеют различные частоты и фазы, что создает сложное взаимодействие между дисками через тендонные связи.

4. Выводы

Динамика системы: Тендонный механизм демонстрирует сложное колебательное поведение, обусловленное упругими связями и внешним управлением.

Влияние параметров:

Меньшая масса диска R2 приводит к большей амплитуде колебаний.

Демпфирование существенно влияет на скорость затухания колебаний.

Разность фаз в управляющих сигналах создает дополнительные режимы движения.

Управляемость: Система хорошо управляется гармоническими сигналами, что подтверждается согласованностью управляющих воздействий и результирующего движения.

5. Заключение

Проведенное исследование подтвердило эффективность использования тендонных механизмов для передачи управляющих воздействий в многозвенных системах. Разработанная модель и методика анализа могут быть применены для оптимизации параметров реальных механических систем.