

УДК 004

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕВЕРНУТОГО МАЯТНИКА СРЕДСТВАМИ SIMULINK

Д.Н. Ретин

Научный руководитель: И.А. Тутов, ассистент каф. ИКСУ ИК ТПУ

Томский политехнический университет

E-mail: tyubis@mail.ru

*This article describes the solution of the inverted pendulum stability problem. Author considered the mathematical and simulink models. There is theoretical and practical solutions comparison.*

**Keywords:** Inverted pendulum, mobile robot, control system.

**Ключевые слова:** Перевернутый маятник, мобильный робот, система управления.

### Введение

Задача стабилизации перевернутого маятника – это проблема, хорошо известная в сфере автоматике. С учетом простоты интерпретации параметров и нелинейности задачи она часто используется в качестве объекта, на котором демонстрируется функционирование различных регуляторов.

### Постановка задачи

Разработать модель регулятора для решения задачи стабилизации перевернутого маятника на примере двухколёсного lego-робота.

Для выбранной модели перевернутого маятника регулируемой величиной будет являться угол положения маятника относительно вертикали рис. 1.

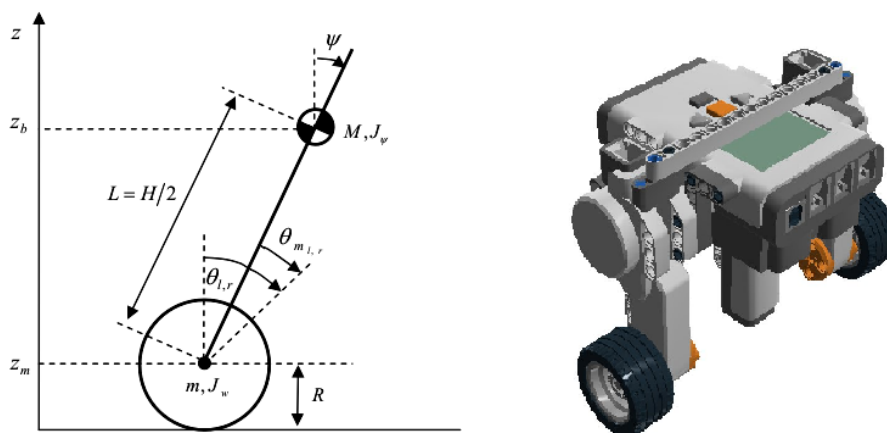


Рис. 1. Модель перевернутого маятника

Условием равновесия перевернутого маятника является равенство нулю алгебраической суммы моментов действующих на него (1).

$$\sum M_k = 0 \quad (1)$$

В общем виде условие равновесия можно описать системой дифференциальных уравнений (2).

$$\begin{aligned} J \cdot \psi(p)p^2 - MgL\psi(p) &= -MLRp^2\theta(p) \\ p^2\theta(p)T_e \cdot + p\theta(p) &= K_M U_{ax}(p) \end{aligned} \quad (2)$$

На основании представленных уравнений составим передаточные функции объекта управления, которые имеют вид (3).

$$W_1(p) = \frac{-MRLp^2}{Jp^2 - MgL} = \frac{\psi(p)}{\theta(p)}; W_2(p) = \frac{K_M}{T_M p + 1} \cdot \frac{1}{p} = \frac{\theta(p)}{\psi(p)} \quad (3)$$

Структура перевернутого маятника представлена на рис. 2. Входом системы является напряжение  $U$  снимаемое с датчика освещенности, выходом угол отклонения  $\psi$  маятника от вертикальной оси.

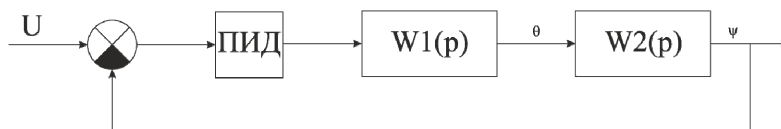


Рис. 2. Структура перевернутого маятника

Подставив численные значения массогабаритных показателей lego-робота, была получена simulink модель, представленная на рис. 3.

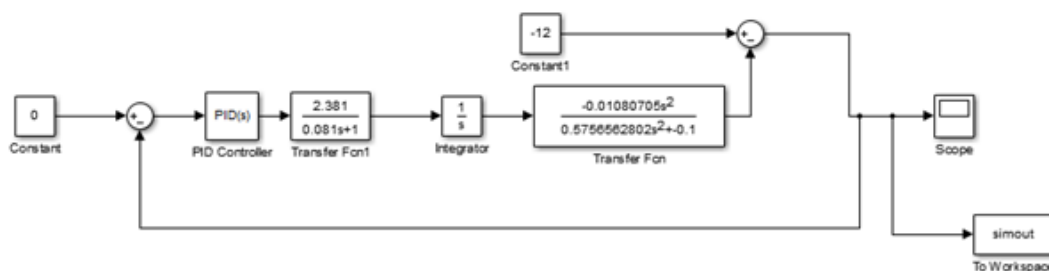


Рис. 3. Simulink модель перевернутого маятника

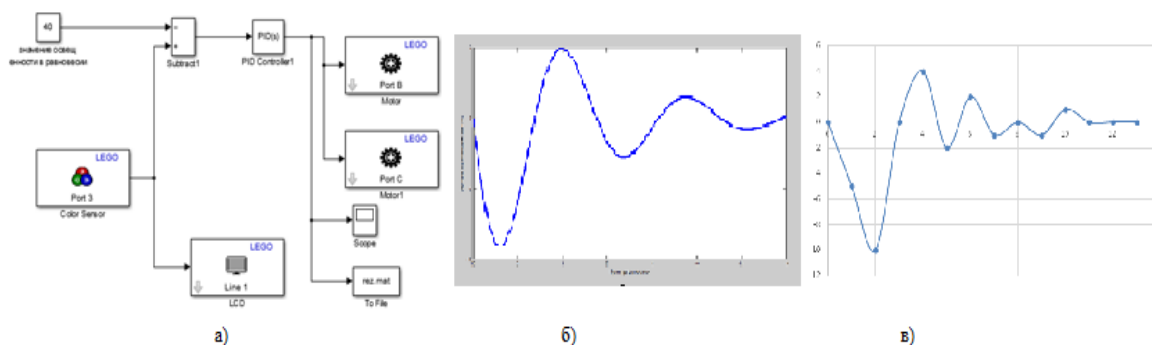


Рис. 4. а) Модель lego-робота в simulink; б) результат работы теоретической модели; в) результат работы модели на lego-роботе

На рис. 4, б, в представлены результаты работы теоретической модели перевернутого маятника и работы lego-робота. Из графиков видно, что модели дают близкий результат, что свидетельствует о работоспособности регулятора.

В результате исследования было обнаружено, что есть некоторое несовпадение результатов имитационного и физического моделирования, это объясняется тем, что в процессе имитационного моделирования были не учтены нелинейности внутри робота (кинематические люфты, силы трения).

### Список литературы

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления Т. 1, Т. 2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 288 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
3. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики: учебник. – 2-е изд., перераб. и дополненное. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1982. – 336 с.