

ФИЗИКА, ТЕХНИКА И АСТРОНОМИЯ

Ветлицын А.М., Ветлицын Ю.А.

О ВОЗМОЖНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВЕЛОСИПЕДА В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Обсуждается возможность управления динамическими объектами на примере мопеда, управляемого манипулятором.

Для оценки соответствия требованиям и выбора лучшего варианта технического объекта (ТО) используют три типа моделей и соответственно три способа и средства моделирования.

1. Мысленные или интуитивные модели. Их реализует человек (эксперт), который на основе имеющихся знаний и опыта проводит мысленные эксперименты с ТО с целью выявить его соответствие требованиям или выбрать из двух вариантов наилучший по определенному показателю качества.

2. Математические модели. Они позволяют оценить требования и критерии качества с помощью расчетных формул, систем уравнений, алгоритмов и т.п., принять решения по усовершенствованию существующих ТО или созданию новых.

3. Физические модели. С их помощью можно оценить требования и критерии качества реализации и испытании самого ТО или его уменьшенных (иногда увеличенных) и часто упрощенных образцов.

В настоящее время наибольшее применение получили математические модели, описывающие динамические характеристики ТО. Такие модели позволяют получить показатели, характеризующие работоспособность ТО.

Для примера построения динамической модели рассмотрим велосипед, движущийся с помощью двигателя внутреннего сгорания (ДВС) малой мощности и управляемый манипулятором (рис. 1).

Задача. Построить управляющую систему – велосипед-манипулятор, обеспечивающую его равновесие при движении путем необходимого манипулирования. Структурная модель замкнутой технической системы (ТС), изображенной на рис. 1, представлена на рис. 2.

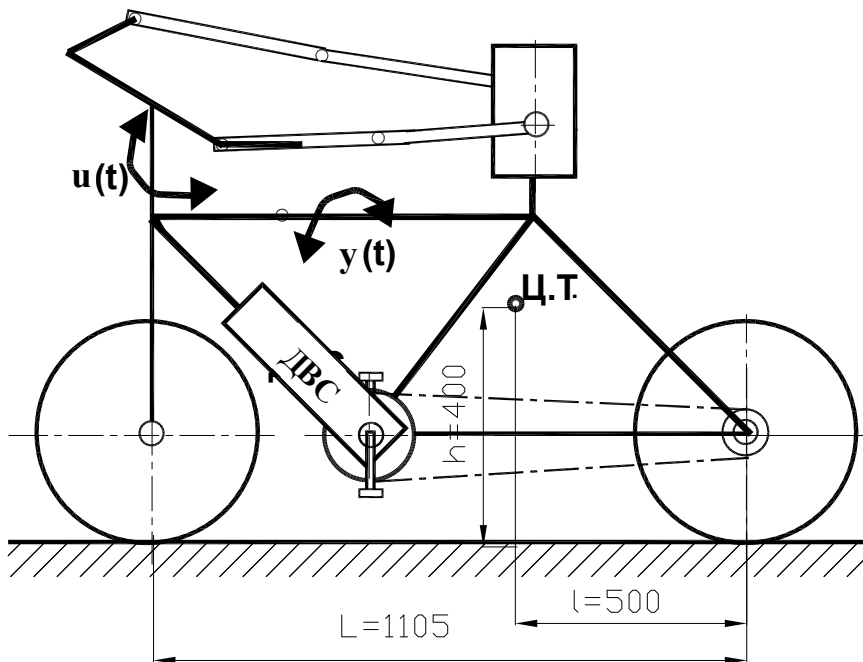


Рис. 1. Веломоторед, управляемый манипулятором.

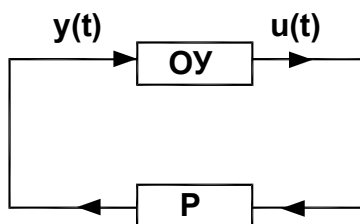


Рис. 2. Структурная модель рассматриваемой технической системы.

На рис. 2 введены следующие обозначения:

ОУ – объект управления;

Р – регулятор линейный, функционирование которого для линейной модели, изображенной на рис. 1, обеспечивается законом управления f в виде линейной функции от координат **измеряемого выхода** $y(t) = f\{x(t), \dot{x}(t)\}$. Т.е. в каждый момент измеряются положение $x(t)$ и скорость $\dot{x}(t)$ ТС [1];

$y(t)$ – входной сигнал от датчика (измерителя) в момент времени t , равный углу отклонения рамы велосипеда от вертикальной плоскости;

$u(t)$ – выходной сигнал, поступающий на манипулятор (устройство поворота руля) в течение времени t и обеспечивающий нужный угол поворота руля.

Наиболее просто задача с регулятором для линейной модели решается путем выбора закона управления в виде линейной функции от координат измеряемого выхода.

Для упрощения построения модели введем ряд допущений:

- движение равномерное и прямолинейное; - ось руля вертикальна, проходит через центр переднего колеса и является главной осью эллипсоида инерции передней части; массы колес

пренебрежимо малы по сравнению с массой остальной частью велосипеда ($m \approx 95 \text{ кг}$). Тогда линейное дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\ddot{y}(t) - a_0 y(t) = b_1 \dot{u}(t) + b_0 u(t) + \mathcal{G}(t) \quad (1)$$

где $\ddot{y}(t)$ – ускорение угла отклонения рамы велосипеда от вертикальной плоскости; $\dot{u}(t)$ – скорость поворота руля; a_0, b_1, b_0 – конструктивные коэффициенты; $\mathcal{G}(t)$ – воздействие на велосипед в момент времени t (порывы ветра, неровности дороги) [2].

Считаем, что действующая на велосипед помеха мала, а следовательно, во все моменты времени будет выполняться условие

$$|\mathcal{G}(t)| \leq c_0, \quad (2)$$

где c_0 – малая постоянная величина, характеризующая уровень возмущающего воздействия $\mathcal{G}(t)$. Постоянные коэффициенты a_0, b_1, b_0 уравнения (1) выразим через физические параметры модели:

$$a_0 = \frac{g}{h}; \quad b_0 = \frac{v^2}{hL}; \quad b_1 = \frac{lv}{hL}, \quad (3)$$

где $v = \text{const}$ постоянная скорость велосипеда (рис.1);

L – база (расстояние между осями колес); h – высота центра тяжести (ц.т) ТС;

l – расстояние от ц.т. до вершины прямой, проходящей через ось заднего колеса;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

Манипулятор оснащен датчиками, которые в каждый момент времени измеряют $y(t)$ и $\dot{y}(t)$, а управление u формируется по y с помощью обратной связи в виде дифференциального уравнения

$$b_1 \dot{u}(t) + b_0 u(t) = 2j_1 \dot{y}(t) + (a_0 - j_0) y(t) \quad (4)$$

где j_1, j_0 – постоянные положительные коэффициенты.

ОУ, описываемый уравнением (1), замкнут обратной связью, описываемой уравнением (4), и будет устойчив, если функции $y(t)$ и $\dot{y}(t)$ удовлетворяют уравнениям (1) и (4) и стремятся к нулю при $t \rightarrow \infty$. Тогда уравнение (1) с учетом (4) можно представить в виде:

$$\ddot{y} + 2j_1 \dot{y} + j_0 y = \mathcal{G}(t) \quad (5)$$

с учетом того, что $j_0 < j_1^2$.

Если внешнее воздействие отсутствует, $\mathcal{G}(t) \equiv 0, a \ t \in T$, то общее решение уравнения (5) имеет вид:

$$y(t) = C_1 \exp(k_1, t) + C_2 \exp(k_2, t), \quad (6)$$

где k_1, k_2 – корни уравнения; C_1, C_2 – постоянные. Т.к. коэффициенты обратной связи положительны, то корни уравнения – отрицательные числа и

$$k^2 + 2j_1 k + j_0 = 0 \rightarrow k_{1,2} = -j_1 \pm [j_1^2 - j_0]^{1/2} \quad (7)$$

Согласно критерию Рауса–Гурвица, многочлен 2-й степени устойчив, если все его коэффициенты имеют один и тот же знак – плюс или минус [3]. Следовательно, независимо от начальных данных и постоянных, функция (6) экспоненциально быстро убывает до нуля при $t \rightarrow \infty$. Т.е. при достаточных значениях t модуль функции (6) будет удовлетворять целевому неравенству (2) и ТС, управляемая созданным регулятором, будет двигаться устойчиво.

Литература

1. Брусин В.А. Об управлении динамическими системами в условиях неопределенности // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996. – № 6. – С. 115-121.
2. Фомин В.Н. Некоторые общие принципы построения адаптивных систем управления // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996. – № 12. – С. 102-108.
3. Негушила А.В. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1976.

Ганго С.Е., Соловьёв В.Г.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРМО-Э.Д.С. МИКРОСКОПИЧЕСКИХ МОНОКРИСТАЛЛОВ ЦЕОЛИТОВ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

В работе [1] описана методика импульсного измерения на образцах размерами 30–100 мкм термо-э.д.с. относительно золота при комнатной температуре. При этом микрообразец зажимался между верхним «холодным» электродом (золотой иглой) и нижним электродом (золотой фольгой), температура которого скачком повышалась на 10 К. Как показывает теория [2] и опыт, это приводит к линейному росту термо-э.д.с. в первые секунды нагрева и последующему ее экспоненциальному спаду после выключения нагревателя (рис. 1).

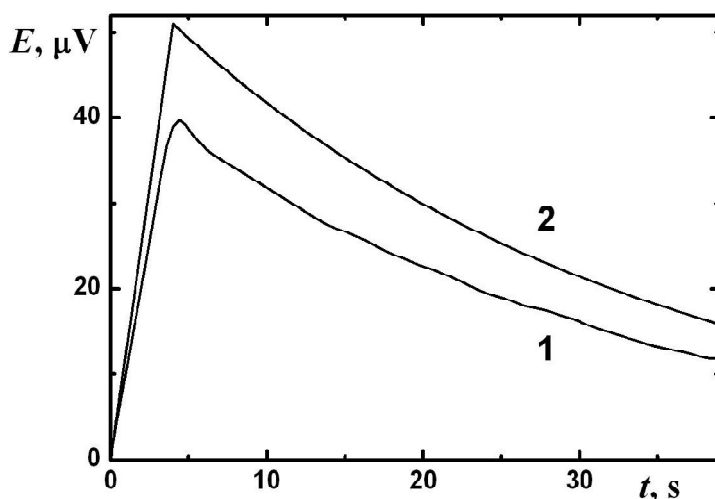


Рис. 1. Зависимость термо-э.д.с. от времени [1,2]:
1 – полученная экспериментально, 2 – рассчитанная теоретически.

Описанная в работе [1] методика успешно применялась нами для определения величины и знака удельной термо-э.д.с. микрообразцов новых нанокomпозиционных материалов o-InSb, o-Te, o-Pb, o-Bi [3], полученных в результате заполнения полостей регулярной пористой диэлектрической матрицы синтетического благородного опала [4] ультрадисперсным антимонидом индия, теллуром, свинцом или висмутом по методу В.Н. Богомолова [5,6].

Как показывают проведенные в настоящей работе эксперименты, этот метод может использоваться и для исследования образцов нанокomпозиционных материалов на основе микроскопических монокристаллов цеолитов и цеолитоподобных алюмофосфатов типа AFI [7], имею-