# ЛОКОМОТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШАГАЮЩИХ BEAM — МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ В ЧЕТЫРЕХ ОПОРНЫХ ТОЧКАХ

## LOCOMOTOR ACTIVITY OF WALKING BEAM, A MATHEMATICAL MODEL OF MOVEMENT IN FOUR REFERENCE POINTS

**E. Zholondiyevsky**

*Summary.* The article considers a mathematical model of motion stimulus — jet BEAM robots.

*Keywords:* neural ring chains; BEAM robot; stimulus — jet device; a symbiotic robot.

***Жолондиевский Эрнесто Робертович***
*Преподаватель, ЧОУ ВО «Тольяттинская академия управления»*
*ambroz220@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается математическая модель движения стимульно — реактивных BEAM роботов.

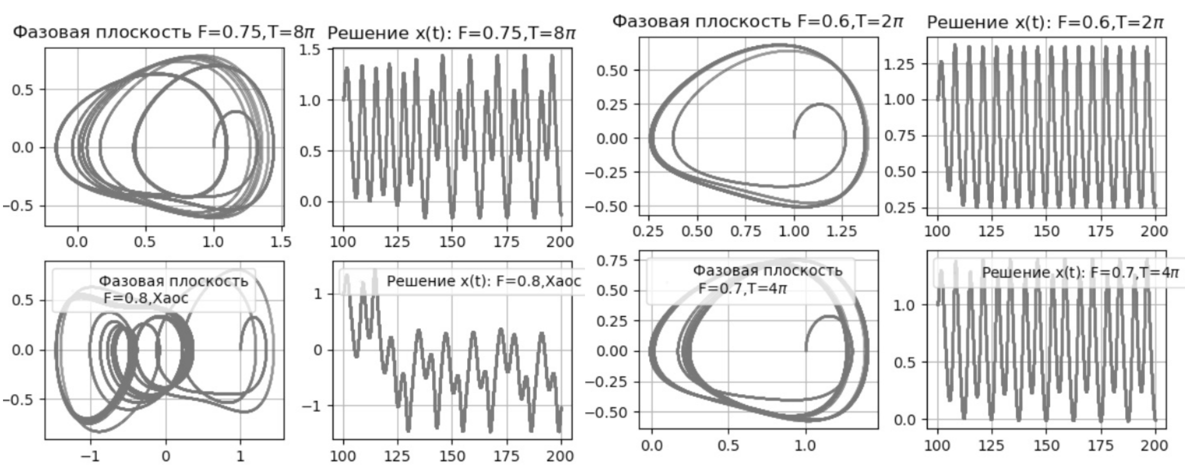
*Ключевые слова:* нейронные кольцевые цепи; BEAM робот; стимульно — реактивные устройства; симбиотический робот.

Локомоторная деятельность шагающих BEAM роботов входит в категорию движений с высокой степенью автоматизации. Механическая система таких роботов обладает большим количеством диапазонов мобильности, чтобы сформировать синергию высокой сложности, соответственно реализация скоординированных движений ног. При использовании шагающих BEAM роботов, часть параметров, характеризующие его динамические особенности, могут в большей степени подвергаться изменениям [1, 2]. Например, появление дополнительной нагрузки изменит общий вес BEAM робота, расположение центра нагрузки и вращающий момент действующий на робота. Ряд факторов окружающей среды с которой взаимодействует BEAM робот, могут воздействовать на шагающего робота, их влияние трудно предвидеть. Некоторые из этих помех могут быть причиной значительных вариаций реальных движений по сравнению с предполагаемыми, что может привести к вариативному хаотическому дрейфу робота. Основа шагающих BEAM роботов рассматривается как замкнутая динамическая система взаимодействия упругих твердых тел, которые представляют собой платформа и элементы ног. При увеличении количества ног шагающего BEAM робота, тем более непредсказуемой становится система при передвижении и взаимодействии с внешней средой. С другой стороны, из-за большего количества опорных точек, статическое и квазистатическое движение стабилизируется [1, 2]. Движение четвероногого BEAM робота стабильна только тогда, когда соблюдены, довольно строгие условия (поверхность без препятствий, нет дополнительных нагрузок в виде подъемов, спусков и т. д). Проблема статической устойчивости решается определением положения опоры каждой ноги относительно системы осей, прикрепленных к платформе, то есть нахождением центра масс и пропорциональным распределением [1, 2]. Что касается построения математической модели, основанной на квазидинамическом анализе, каждую фазу движения BEAM робота автор рассматривает как генератор функций с ограниченной точностью при построении схем ходьбы.

Возможная структура устойчивых и неустойчивых точек из диапазона свободных параметров динамической системы движения BEAM робота, в следующих случаях, если динамическая система стабильна в одной точке из диапазона свободных параметров, то существует окрестности вокруг этой точки, где динамическая система также устойчива в каждой точке окрестности. Эта окрестность представляет собой стабильную зону динамической системы, которая может быть заполнена до максимально стабильной зоны из диапазона свободных параметров. Обозначим, что максимальная стабильная или нестабильная зона из диапазона свободных параметров может быть составлена только одной устойчивой или неустойчивой точкой в соответствующей неустойчивой окрестности. Другими словами, мы подчеркиваем возможность существования особой (изолированной) устойчивой или неустойчивой точки в диапазоне свободных параметров. Точки из диапазона свободных параметров можно охарактеризовать, ссылаясь на параметр времени, чтобы иметь стабильность, нестабильность или хаотическую эволюцию. Хаотическая эволюция точек из диапазона свободных параметров динамической системы представляет интерес для изучения и будет

```
from numpy import *
from scipy. integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
for F in [0.6,0.7,0.75,0.8]:
        def f(y,t):
                y1,y2=y
                return [y2,-y2-y1**3+y1+F*cos(t)]
        t=arange(100,200,0.001)
        y0=[1.0,0.0]
        [y1,y2]=odeint(f, y0, t, full_output=False,rtol=1e-12).T
        if F==0.6:
               plt.subplot(221)
               plt.title('Фазовая плоскость F=0.6,T=2'r'$\pi$')
               plt.plot(y1,y2, color='green', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1)
               plt.grid(True)
               plt.subplot(222)
               plt.title('Решение x(t): F=0.6,T=2'r'$\pi$')
               plt.plot(t,y1, color='red', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1)
               plt.grid(True)
        elif F==0.7:
                plt.subplot(223)
                plt.plot(y1,y2, color='green', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1,
                         label='Фазовая плоскость \n F=0.7,T=4'r'$\pi$')
                plt.legend(loc='upper left')
                plt.grid(True)
                plt.subplot(224)
                plt.plot(t,y1, color='red', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1,
                         label='Решение x(t): F=0.7,T=4'r'$\pi$')
                plt.legend(loc='upper left')
                plt.grid(True)
                plt.show()
        if F==0.75:
                plt.subplot(221)
                plt.title('Фазовая плоскость F=0.75,T=8'r'$\pi$')
                plt.plot(y1,y2, color='green', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1)
                plt.grid(True)
                plt.subplot(222)
                plt.title('Решение x(t): F=0.75,T=8'r'$\pi$')
                plt.plot(t,y1, color='red', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1)
                plt.grid(True)
        elif F==0.8:
                plt.subplot(223)
                plt.plot(y1,y2, color='green', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1,
                         label='Фазовая плоскость\n F=0.8,Хаос')
                plt.legend(loc='upper left')
                plt.grid(True)
                plt.subplot(224)
                plt.plot(t,y1, color='red', linestyle=' ', marker='.', markersize=0.1,
                         label='Решение x(t): F=0.8,Хаос')
                plt.legend(loc='upper left')
                plt.grid(True)
                plt.show()
```

Графики в результате выполнения программы



описана в указанной динамической системе. Математические моделирование эволюции движения шагающих BEAM роботов в неопределенной среде это большой класс практических задач, который моделируется с использованием динамических систем, решения которых характеризуются большой зависимостью от начальных условий, комплексным представлением в фазовой плоскости (существование аттракторов со сложной структурой) или существование решений с очень длинными периодами, иногда бесконечными периодами. Ниже представлены фазовые плоскости хаотической эволюции для четырех случаев. Рассмотрим дифференциальное уравнение, моделирующее некие колебания точки с заданной массой при нелинейном движении, где затухание определяется скоростью.

$$mx'' + cx' + kx + bx^3 = 0, \qquad (1)$$

В уравнении (1) член $kx$ представляет собой силу линейного движения, точки с заданной массой, а член $bx^3$ представляет фактическую нелинейность. Если на динамическую (1) действует сила, то перемещение точки с заданной массой, к которой приложена эта сила, описывается дифференциальным уравнением Дуффинга:

$$mx'' + cx' + kx + bx^3 = F_0 \cos\omega t, \qquad (2)$$

Большинство параметров, входящих в уравнение (2) решается численным методом. Уравнение (2) является допустимой математической моделью для линейного горизонтального перемещения $x(t)$ точки с заданной массой при следующих параметрах, лежащих в областях $k < 0,\ c > 0,\ b > 0.$ Для исследования поведения принятой динамической нелинейной системы примем $k = -1$, $m = c = b = \omega = 1$, тогда дифференциальное уравнение (2) принимает вид:

$$x'' + x' - x + x^3 = F_0 \cos(t), \qquad (3)$$

Ниже приведен код программы на Python численного интегрирования уравнения (3) при заданных в областях $100 \le t \le 200$ начальных условиях $x(0) = 1$, $x'(0) = 0$ и для следующих значений амплитуды отклонения $F_0$ = 0,6; 0,7; 0,75; 0,8, с возможностью вывода графика решения для плоскостей $x(t)$, $x'(t)$, $t$, в каждом случае.

Переход от девиации периода к хаосу указывает на общий характер поведения динамической нелинейной системы при изменении некоторых физических параметров, например: $k,\ m,\ c,\ b,\ \omega,\ F_0$. Таким образом происходят минимальные отклонения динамической нелинейной системы в единичных точках, влияющих на траекторию движения BEAM робота в целом придавая ему хаотический характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жолондиевский Э. Р. Схемы петлевых сетей из NvC и NvL нейронов введение понятий ведущая и ведомая двуядерная схема.//Наука вчера, сегодня, завтра — по материалам XXXVI международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 7(29) Новосибирск, 2016.— С. 80–87.
2. Жолондиевский Э. Р. Датчики, используемые в связанных кольцевых сетях из нейронов Nvc.// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки» № 11, 2016, С. 33–37.


Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»