

УДК 534.1:53.085.1

МОДЕЛЬ ЛАНЧЕСТЕРА И ДИНАМИКА СПИРАЛЬНО-АНИЗОТРОПНЫХ СТЕРЖНЕЙ

П.А. Сергушин

Рассмотрена модель динамической системы с активным демпфером Ланчестера – составлена схема Simulink, исследованы реакции на стандартные входные воздействия. Предложены альтернативы применения.
Ключевые слова: динамика, колебания, демпфер Ланчестера, спиральная анизотропия.

Введение

Исследования колебаний в механических системах актуальны для многих областей науки и промышленности. Одним из наиболее значимых эффектов является свойство возникновения резонанса при воздействии на систему с некоторыми характерными для нее частотами. На практике явление резонанса может иметь негативные последствия – износ деталей механизмов, ослабление резьбовых соединений, появление шумов при работе механизмов и пр. Для гашения колебаний и сдвига резонансных частот применяют демпфирующие элементы [1].

Демпфер Ланчестера (рис. 1) представляет собой устройство, вращающееся вместе с валом как жесткое тело и рассеивающее энергию крутильных колебаний. Известны работы [2], в которых демпфер Ланчестера применяется для гашения линейных перемещений при механическом возбуждении системы в широком частотном диапазоне,

при этом прогнозируется наиболее эффективное демпфирование по сравнению с настраиваемыми демпферами.

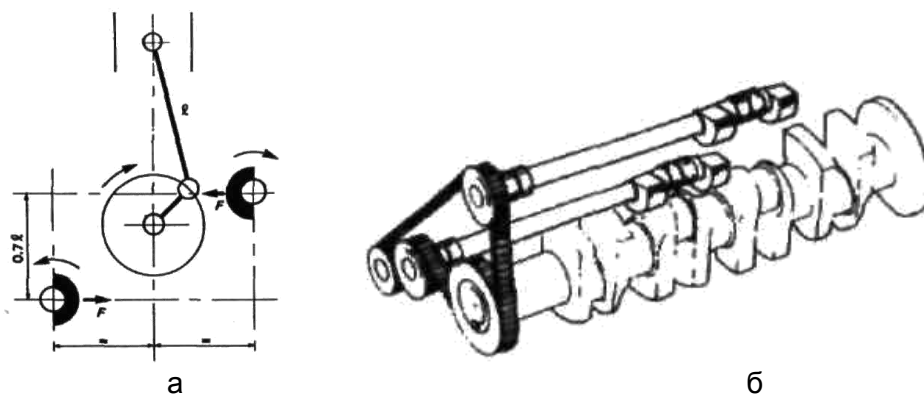


Рис. 1. Демпфер Ланчестера в двигателе внутреннего сгорания: а – кинематическая схема, б – внешний вид конструкции

Математическая модель

Рассмотрим систему с двумя степенями свободы и демпфером Ланчестера (рис. 2). Тело M связано с основанием при помощи демпфера и нелинейной пружины, а тело m прикреплено к M лишь при помощи демпфера. Возбуждение (внешнее воздействие) осуществляется через первое тело.

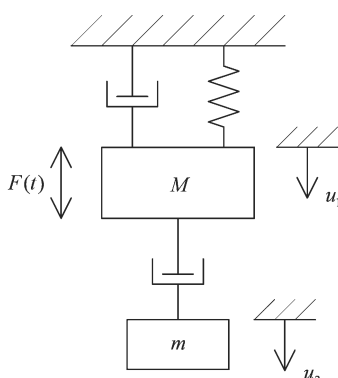


Рис. 2. Пример демпфера Ланчестера

Уравнения движения системы:

$$\begin{cases} \ddot{u}_1 + \hat{\mu}_1 \dot{u}_1 - \hat{\mu}_2 \dot{u}_2 + u_1 + 3\alpha u_1^2 + \alpha u_1^3 = F(t); \\ \ddot{u}_2 + \gamma(\dot{u}_2 - \dot{u}_1) = 0, \end{cases}$$

где u_i – перемещения; $\hat{\mu}_i$, γ – коэффициенты демпфирования; $i = 1, 2$ – индекс тела; α – коэффициент нелинейности; $F(t)$ – входное воздействие. Для определения динамики системы при различных параметрах по уравнениям движения составлена схема (рис. 3) моделирования в программе Simulink, входящей в ППП Matlab [3].

Моделирование будем осуществлять при различных сочетаниях параметров, отвечающих за демпфирование и нелинейность системы, воздействуя на нее типовыми единичными сигналами – синусоидальным, ступенчатым и импульсным (рис. 4–6 соответственно).

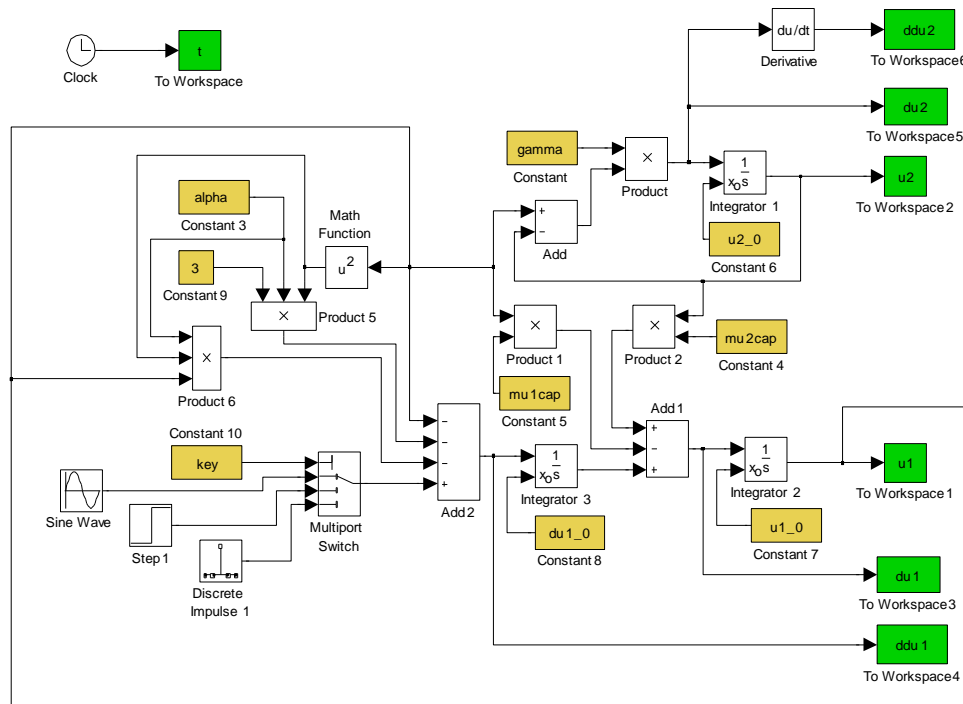


Рис. 3. Схема Simulink для модели демпфера Ланчестера

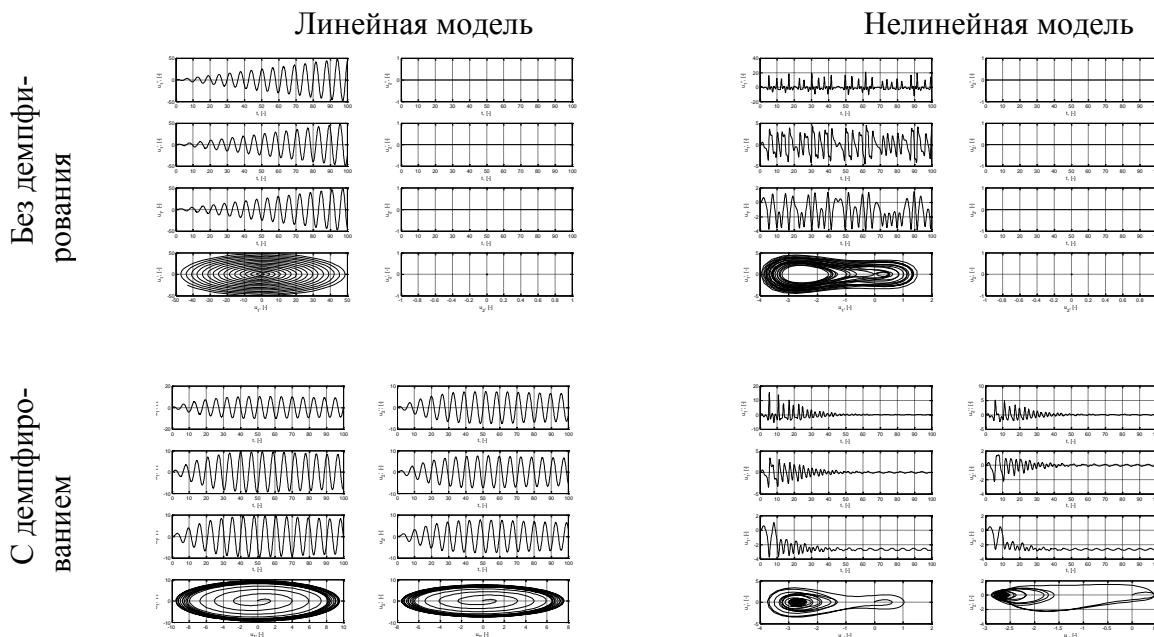


Рис. 4. Реакция на единичное синусоидальное воздействие

Здесь и далее в каждом блоке графиков сверху вниз представлены соответственно ускорение, скорость, перемещение и фазовый портрет (в левой колонке – для первого тела, в правой – для второго). В блоках графиков слева представлены реакции на стандартные воздействия линейной модели, справа – нелинейной. В блоках первой строки демпфирование отсутствовало, во второй – действовало.

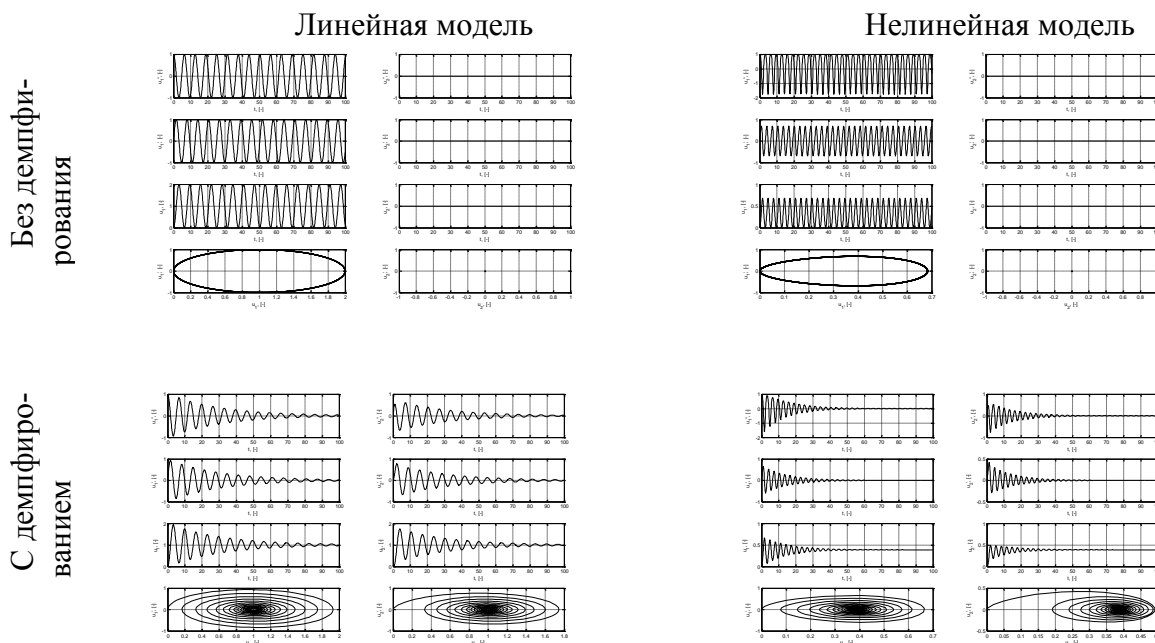


Рис. 5 – Реакция на единичное ступенчатое воздействие

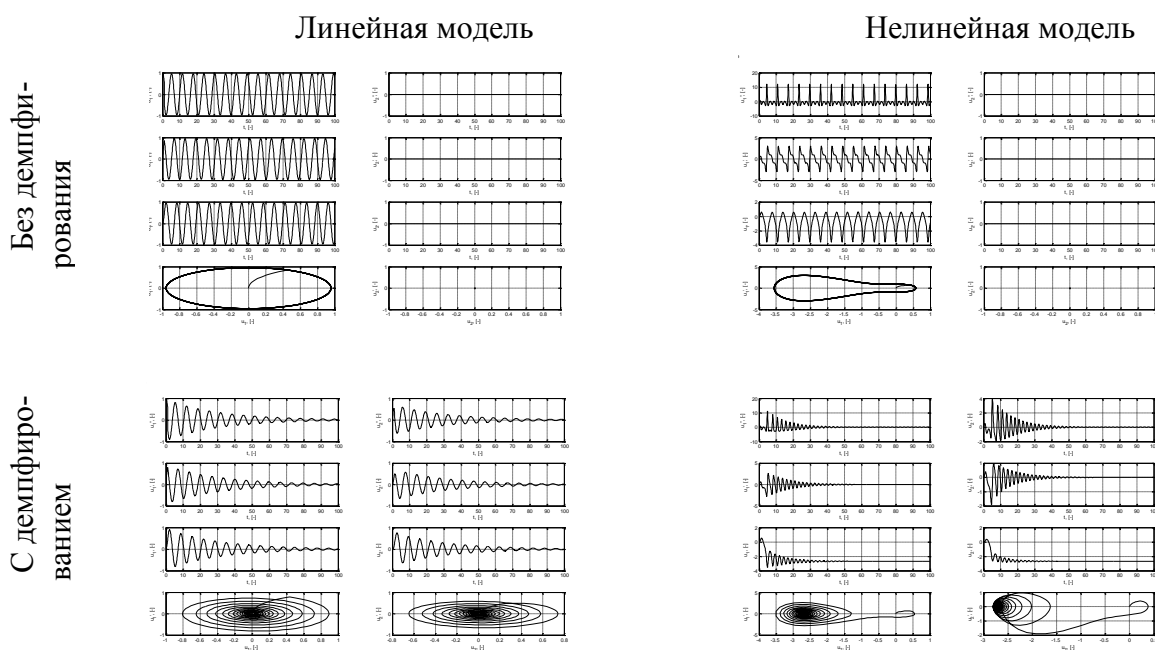


Рис. 6. Реакция на единичное импульсное воздействие

Из рис. 4–6 видно, что в случае как линейной, так и нелинейной модели введение демпфера позволяет изменить параметры колебаний (вид, амплитуду, фазу, затухание), что достигается подбором параметров демпфера. В связи с этим представляется перспективным использование демпфера Ланчестера:

- для демпфирования колебаний чувствительного элемента магнитометра, представляющего собой магнит, совершающий угловые колебания на бифилярном подвесе [4] (рис. 7, а);

– для гашения колебаний скважинных приборов, спуск которых осуществляется на геофизическом кабеле, имеющем спиральную анизотропию, где вследствие ступенчатого характера осевой нагрузки при подъеме и спуске таких приборов, а также наличия инерции и неравномерности свойств подвеса возникают паразитные крутильные и осевые колебания системы (рис. 7, б).

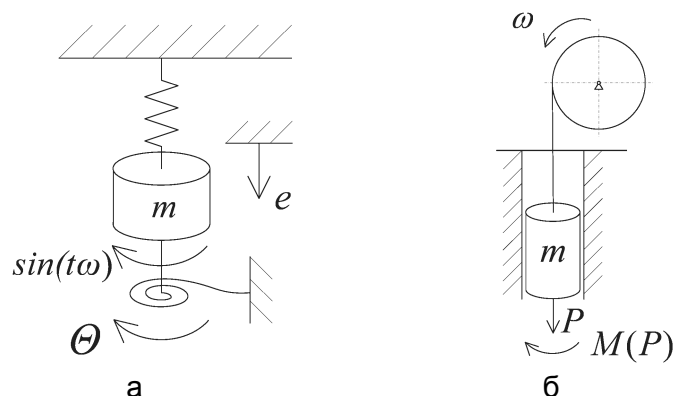


Рис. 7. Перспектива применения демпфера Ланчестера

Заключение

Рассмотрена модель системы с демпфером Ланчестера, составлена схема Simulink, исследованы реакции на стандартные входные воздействия. Предложены альтернативы применения рассматриваемого демпфера.

Литература

1. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1980.
2. Асфар К.Р., Найфе А.Х., Барраш К.А. Нелинейный осциллятор с демпфером Ланчестера // Труды американского общества инженеров-механиков. Конструирование и технологии машиностроения, № 3. – М.: Мир, 1988.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1 + Simulink 5 и MATLAB 7 + Simulink 6 в математике и математическом моделировании. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
4. Сергушин П.А. Магнитовариометр как средство измерения магнитных полей // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2006. – № 28. – С. 173–176.

Сергушин Павел Анатольевич

– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, pavel.sergushin@gmail.com