УДК 629.3.015.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ ПРИ МЕДЛЕННОМ УМЕНЬШЕНИИ ЖЕСТКОСТИ АМОРТИЗАЦИИ

В.М. Онищенко, доцент, к.т.н., Я.В. Ревтов, студент, ХНАДУ

Аннотация. *Рассмотрены колебания автомобиля при постепенном изменении жесткости подвески. Исследовано влияние изменения жесткости на увеличение амплитуды в процессе колебаний.*

Ключевые слова: *колебания, автомобиль, адиабатический инвариант, дифференциальное уравнение, амплитуда, период, частота, демпфирование.*

МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ПОВІЛЬНОМУ ЗМЕНШЕННІ ЖОРСТКОСТІ АМОРТИЗАЦІЇ

В.М. Оніщенко, доцент, к.т.н., Я.В. Рєвтов, студент, ХНАДУ

Анотація. *Розглянуто коливання автомобіля при поступовому змінені жорсткості підвіски. Досліджено вплив змінення жорсткості на збільшення амплітуди у процесі коливань.*

Ключові слова: *коливання, автомобіль, адіабатний інваріант, диференціальне рівняння, амплітуда, період, частота, демпфування.*

MODELING OF VEHICLE'S VIBRATIONS AT SLOW DEPRICATION RIGIDITY REDUCTION

V. Onyshenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
Y. Rievtov, student, KhNAHU

Abstract. *The vehicle vibrations at gradual change of suspension rigidity are considered. The influence of rigidity change on the amplitude increase during the process of vibration is studied.*

Key words: *vibrations, vehicle, adiabatic invariant, differential equation, amplitude, period, frequency, damping.*

Введение

Для обеспечения безопасности при эксплуатации автомобиля требуется исследование поведения упругой системы при возможном постепенном изменении ее параметров. Даже медленное изменение параметров может вызвать существенное изменение динамического поведения системы.

Данная работа посвящена исследованию динамических характеристик упругой системы при возможном изменении ее параметра, связанного с изменением жесткости амортизации.

Анализ публикаций

В работе [1] рассмотрен метод приближенного решения дифференциального уравнения колебаний осциллятора, параметры которого с течением времени изменяются.

В работе [2] проведено детальное исследование работы амортизации автомобиля при различных конструктивных мероприятиях и решениях.

В работе [3] исследована работа шасси и отдельных ее элементов в различных условиях эксплуатации.

Цель и постановка задачи

Задачей работы является численное исследование на ЭВМ вертикальных колебаний автомобиля при медленном уменьшении жесткости амортизации автомобиля.

Дифференциальное уравнение упругих колебаний. Адиабатическое решение

В [1] проводится анализ решения дифференциального уравнения свободных колебаний.

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \ (x = x(t),\ \omega = \omega(t)). \qquad (1)$$

Это уравнения колебаний осциллятора, параметры которого с течением времени меняются. В общем случае уравнение (1) не интегрируется в квадратурах и исследование его довольно сложно, однако в важном частном случае, именно когда коэффициент ω меняется медленно, такое исследование можно провести.

Мерой времени будем считать период свободных колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$.

Какая-либо величина меняется адиабатически, если ее относительное изменение за этот период мало. Адиабатичность изменения $\dot{\omega}$ означает, что $|\dot{\omega}| << \omega^2$. Общее решение уравнения (1) ищется в виде

$$x = A\sin\varphi, \qquad (2)$$

что приводит к соотношениям

$$2\dot{A}\omega + A\dot{\omega} = 0, \qquad (3)$$

$$A^2\omega = C. \qquad (4)$$

Итак, амплитуда колебаний меняется обратно пропорционально корню из текущего значения собственной частоты. Величина $A^2\omega$ называется адиабатическим инвариантом [1].

Численный расчет на ЭВМ упругих колебаний

Проведем численные расчеты на ЭВМ поведения упругой системы при медленном изменении одного параметра. Рассмотрим вертикальные колебания автомобиля при медленном уменьшении жесткости амортизации автомобиля. Уравнение вертикальных упругих колебаний в общем случае имеет вид:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = h\sin(pt + \delta), \qquad (5)$$

где x – координата кузова по вертикали (система с одной степенью свободы); $2n = \dfrac{k}{m}$, k – коэффициент сопротивления, определяющий демпфирование амортизации; m – масса автомобиля; ω – частота свободных колебаний; $h = F/m$, F – амплитуда возмущающей силы; p – ее частота; δ – начальная фаза.

В нашем случае коэффициент ω^2 пусть изменяется медленно согласно закона

$$\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot e^{-\lambda t}. \qquad (6)$$

Коэффициент λ принимается таким, чтобы выполнялось условие адиабатичности

$$(\dot{\omega})^2 << (\omega^2)^2.$$

Согласно [2] зададимся такими параметрами системы:
T = 1 с – период колебаний подвески; по оценке [3] такая величина наиболее комфортна для человека.

На рис. 1 показан характер колебаний, вызванных начальным возмущением $x(0)$ = 0,02 м, $\dot{x}(0) = 0$ при λ = 0,5.

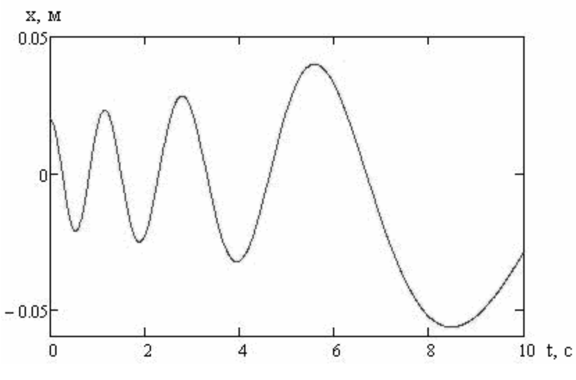

Рис. 1. Увеличение амплитуды колебаний при медленном изменении параметра λ

Видно, что амплитуда изменяется обратно пропорционально текущему значению собственной частоты. Кроме того, увеличивается период собственных колебаний. Отметим, что