

УДК 621:65.011.56

А.И. Бохонский,**А.Н. Круговой***Севастопольский национальный технический университет**Ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина 99053**atpp_krugovoi@mail.ru***ОПТИМАЛЬНЫЙ РАЗГОН И ТОРМОЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ**

Проведен анализ поведения автомобиля как объекта на амортизаторах при экстренном торможении, рассмотрены законы оптимального управления автомобилем.

Ключевые слова: *переносное движение, упругая подвеска, оптимальное управление*

Постановка проблемы. Автомобиль приближенно рассматривается как упругий подвес твердого тела, движущегося поступательно при разгоне либо экстренном торможении. Переносное движение (в виде разгона или торможения за приемлемое минимальное время) предполагается таким, что в конце этапа колебания автомобиля, как объекта на амортизаторах, будут отсутствовать либо могут быть чрезвычайно малы, что обеспечивает достаточно высокий уровень комфорта для пассажиров.

Автомобиль предполагается спроектировать так, чтобы: его центр масс совпадал с центром жесткости (с учетом жесткостей элементов подвески) либо эти центры достаточно близки; центробежные моменты инерции близки к нулю; в конструкции автомобиля реализованы условия сужения спектра частот собственных колебаний. Упругий подвес должен соответствовать возрастающим требованиям эффективности пассивной и активной (управляемой) виброизоляции с надежной защитой от внезапных импульсных динамических воздействий (защита от ударов).

В [1, 2] предложены и исследованы законы оптимального управления переносным движением упругих систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы, использование которых не исключается при управлении движением автомобилей (особенно, например, при экстренном торможении).

В [2] дано обоснование некоторых энергетических критериев оптимальности, которые соответствуют кососимметричным оптимальным управлениям переносным движением объектов.

В качестве критерия оптимальности принят функционал

$$J = \int_0^T F(U_e, \dot{U}_e, \ddot{U}_e) dt, \quad (1)$$

где U_e , \dot{U}_e , \ddot{U}_e – ускорение и производные от него. Для функционала (1) уравнение Эйлера имеет вид:

$$F_{U_e} - \frac{d}{dt} F_{\dot{U}_e} + \frac{d^2}{dt^2} F_{\ddot{U}_e} = 0. \quad (2)$$

Функционал (1) в задаче управления движением автомобиля задан следующим образом:

$$J_1 = \int_0^T \left[9p^4 \frac{U_e^2}{2} - 10p^2 \frac{\dot{U}_e^2}{2} + \frac{\ddot{U}_e^2}{2} \right] dt, \quad (3)$$

где $p = const$. Уравнение Эйлера для (3) является однородным дифференциальным уравнением вида

$$\frac{d^4 U_e}{dt^4} + 10p^2 \frac{d^2 U_e}{dt^2} + 9p^4 U_e = 0. \quad (4)$$

Одно из частных решений уравнения (4)

$$U_e = a \cos^3 pt, \quad (5)$$

где $a = const$, $p = const$.

В задаче торможения автомобиля после вычисления интегралов $V_e = \int U_e dt$ и $S_e = \int V_e dt$, где V_e – переносная скорость и S_e – перемещение объекта в переносном движении, с учетом граничных условий (при $t=0$ $S_e=0$ и $V_e(0)=V_0$; при $t=T$ $S_e(T)=L$, $V_e(T)=0$, где V_0 – начальная скорость, L – общее перемещение в процессе торможения, T – общее время движения) найдены произвольные постоянные.

Если в относительном движении автомобиль приближенно рассматривать как упругую систему с одной степенью свободы, то без учета затухания уравнение колебаний автомобиля в процессе, например, торможения принимает вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = \frac{3V_0}{4\pi} \cdot \cos^3\left(\frac{\pi t}{T}\right), \quad (6)$$

где $k^2 = c/m$, c – коэффициент жесткости; m – масса автомобиля. В результате решения (6) получены выражения для перемещения $x(t)$, скорости $v(t)$ и ускорения $a(t)$ в относительном движении, которые не приводятся ввиду их громоздкости

Время оптимального торможения находится согласно зависимости $T = \frac{2\pi n}{k}$, причем период собственных колебаний связан со временем движения $T/T_1 = n$, где период колебаний автомобиля $T_1 = 2\pi/k$. Параметр n находится из моментных соотношений, которые означают равенство нулю

$$x(T) = 0 \quad \text{и} \quad v(T) = 0. \quad (7)$$

При $k = 10 \text{ с}^{-1}$ и $V_0 = 5 \text{ м/с}$ общее время движения $T = 0,8 \text{ с}$, параметр $n = 1,3228$.

Графики переносного движения $S_e(t)$, $V_e(t)$, $U_e(t)$ изображены на рисунке 1, а графики относительного движения $x_r(t)$ и $v_r(t)$ изображены на рисунке 2.

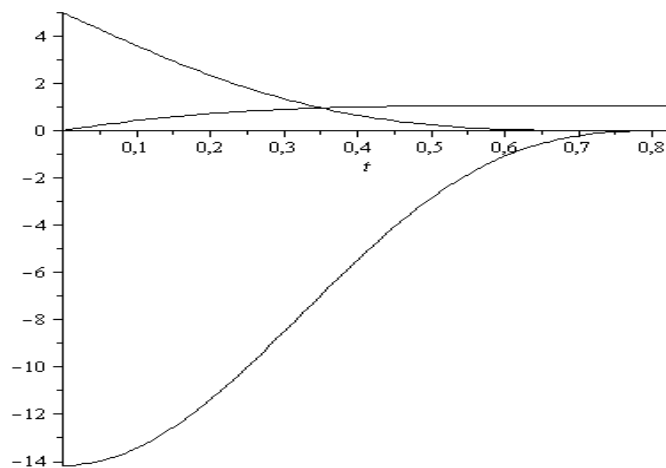


Рисунок 1 – Графики переносного движения $S_e(t)$, $V_e(t)$, $U_e(t)$

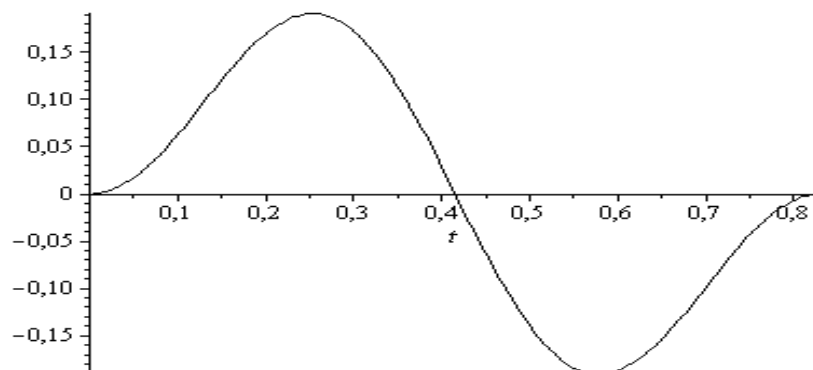
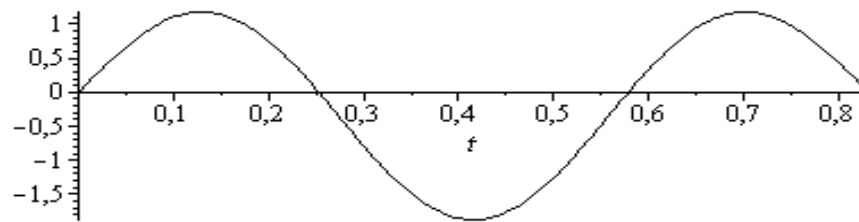


Рисунок 2 а – График перемещения в относительном движении $x_r(t)$

Рисунок 2 б – График скорости в относительном движении $v_r(t)$

Из графиков следует, что в момент времени $t = T$ наступает абсолютный покой, при этом должна отсутствовать перегрузка пассажира.

Выводы. Кососимметричному управлению движением объекта (ускорению) в виде непрерывной дифференцируемой периодической функции, для которой необходимыми условиями периодичности являются

$$\int_0^{T/2} U_e(t) dt = - \int_{T/2}^T U_e(t) dt, \quad |U_e(0)| = |U_e(T)|,$$

соответствует функционал, зависящий от $U_e(t)$ и производным $\dot{U}_e(t)$, $\ddot{U}_e(t)$..., который является критерием оптимальности движения автомобиля.

В случае движения упругого объекта (например, упругого подвеса) достаточными условиями, обеспечивающими достижение цели управления, является одновременное равенство нулю перемещения и скорости в относительном движении в момент времени $t = T$.

Библиографический список использованной литературы

1. Бохонский А.И. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения/ А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.И. Мозолевский. – Севастополь: СевНТУ, 2007.– 296 с.
2. Бохонский А.И. Вариационное и реверсионное исчисления в механике: монография/ А.И. Бохонский, Н.И. Варминская. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – 212 с.

Поступила в редакцию 05.06.2013 г.

Bohonsky O.I., Krugovoi O.M. Optimum dispersal and braking of the automobile

Проведено аналіз поведінки автомобіля як об'єкта на амортизаторах при екстремому гальмуванні, розглянуті закони оптимального керування автомобілем.

Ключові слова: переносний рух, пружна підвіска, оптимальне керування.

Bokhonsky A.I., Krugovoi A.N. Optimum dispersal and braking of the automobile

The analysis of behaviour of the automobile as object on shock-absorbers at emergency braking, the laws of optimum control of the automobile are considered.

Keywords: portable movement, elastic suspension bracket, optimum control.