

УДК 621.9

С.В. Огрызков, ст. преподаватель,**А.А. Ветрогон, доцент, канд. техн. наук,****В.Н. Торлин, профессор, д-р техн. наук***Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь, Украина**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053***СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ КАК МНОГОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА**

Рассматривается методика проектирования системы автоматического регулирования параметров подвески, позволяющей поддерживать в заданных пределах основные характеристики колебательного процесса, в котором принимают участие элементы подвески, кузов и пассажиры автомобиля.

Ключевые слова: *многомерная распределенная система, регрессионная модель, передаточная функция, устойчивость системы.*

Введение. Основные параметры колебательного процесса кузова автомобиля: частоты, амплитуды, виброскорости и виброускорения отрицательно влияют на самочувствие водителя и пассажиров, а также сохранность перевозимого груза. С целью уменьшения этого вредного влияния при движении по дорогам с плохим качеством покрытия, названные параметры колебательного процесса регулируют путем автоматического изменения характеристик элементов подвески.

Обзор литературных источников. Регулируемые подвески находят все большее применение в конструкциях престижных моделей [1, 2]. Методы расчетов колебательных процессов в подвесках рассматриваются в [3, 4] и работах других авторов. Однако, большинство работ не учитывает упругость кузова, а принимают его в качестве недеформируемого тела. В работе [5] рассматривается одномерная модель управления подвеской. Известны конструкции регулируемых амортизаторов [1, 6], изменение жесткости которых влияет на плавность хода автомобиля.

Цель работы. Разработка методики инженерного синтеза системы автоматического регулирования параметров плавности хода автомобиля, как многомерной распределенной системы, позволяющей уменьшить вредное влияние параметров колебательного процесса на водителя и пассажиров при движении по дорогам с плохим качеством покрытия.

Разработка схемы системы управления. Кузов автомобиля, участвующий в регулируемом колебательном процессе, рассматриваем в качестве объекта регулирования (ОР). Учитывая протяженность ОР (4 м и более), будем считать, что волны напряжения, возникающие при наезде одного колеса на препятствие, будут распространяться по платформе кузова с конечной скоростью по двум координатам. Уравнения, описывающие этот процесс, будут содержать частные производные, в связи с чем, ОР будет распределенным и многомерным.

Все параметры колебательного процесса регламентируются рядом нормативных документов, среди которых ГОСТ 12.1.012–90 «Вибрационная безопасность. Общие требования»; МС ИСО 2631-78 «Вибрация, передаваемая человеческому телу»; ОСТ 37.001.291–84 «Плавность хода автомобилей»; ГОСТ 31191–2004 «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека»; СанПиН 1102–73 «Предельно допустимые виброскорости и виброускорения» и др. Из приведенных документов следует, что человек хуже всего воспринимает колебания, связанные с изменением положения тела в пространстве, особенно в вертикальном направлении. Легче переносятся перемещения вперед и в боковом направлении. При действии наиболее распространенных частот колебаний (1...5 Гц), имеющих место при движении со скоростями порядка 60...90 км/час, основным фактором, действующим на организм человека является ускорение, нарушающее работу вестибулярного аппарата, при действии вертикальных ускорениях это наступает при $j = 0,11...0,12 \text{ м/с}^2$, предельные значения для легковых автомобилей $j = 0,5 \text{ м/с}^2$ для грузовых – $j = 2,5 \text{ м/с}^2$. Критическим ускорением для подвески (пробой) является $j = 4g$. В связи с чем в качестве регулируемой величины принимаем наиболее вредный для состояния человека параметр колебательного процесса – вертикальные ускорения в точке комфорта кузова автомобиля Z_k .

Стабилизация величины Z_k при любых дорожных условиях обеспечивает полное соответствие нормам, регламентируемым нормативными документами по плавности хода автомобиля.

Как показано в [1], стабилизацию колебательного процесса кузова автомобиля можно осуществить изменением сопротивления амортизаторов подвески, в связи с чем, в качестве задающего воздействия разрабатываемой системы регулирования принимаем изменения величины сопротивления амортизаторов p_1, p_2, p_3, p_4 , образующих вектор задающих воздействий p .

Связь между входными и выходными переменными была принята в виде нелинейного уравнения регрессии

$$Z_k = A_0 + \sum_{i=1}^m A_i p_i + \sum_{j=1}^n B_j q_j \quad (m=4, n=10), \quad (1)$$

где $q_i = p_i p_{i+1}$ – линеаризирующие множители. Коэффициенты A_i и B_j предлагается получать путем компьютерного моделирования процесса, для чего была разработана математическая модель ОР, схема которой показана на рисунке 1.

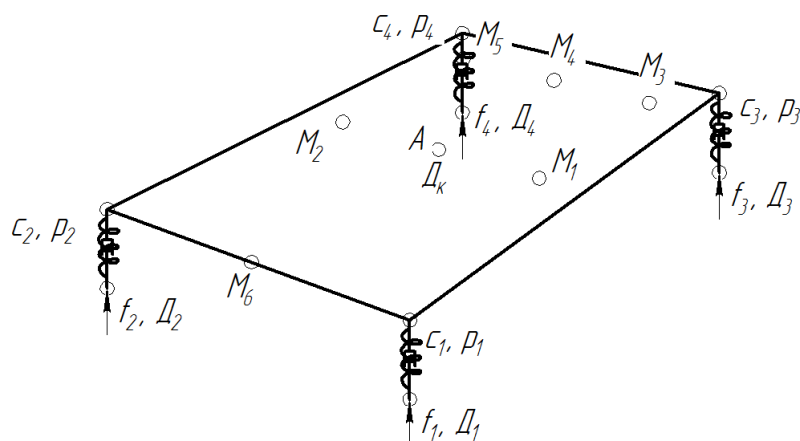


Рисунок 1 – Схема объекта регулирования: $M_1 - M_6$ – точечные массы; $f_1 - f_4$ – перемещения;
 $C_1 - C_4$ – жесткости пружин; $P_1 - P_4$ – коэффициенты сопротивления амортизаторов;
 $D_1 - D_4, D_k$ – датчики; A – точка комфорта

Модель представляет собой колебательную упругую систему кузова автомобиля, на которую действуют возмущения от дороги в виде функций $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$, $f_4(t)$. Сигналы, соответствующие воздействиям f_i , порождают чувствительные элементы регулятора – датчики ускорений D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , установленные на неподрессоренных элементах подвески. Выходную переменную Z_k дает датчик D_k , установленный в выбранной точке комфорта, расположенной обычно под сидением водителя. Затем все элементы разработанной схемы были представлены в виде набора конечных элементов (рисунок 2), что позволило с высокой точностью получить результаты моделирования.

Компьютерные эксперименты с МКЭ-моделью проводили, задавая дискретные значения функций $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$, $f_4(t)$ с интервалом времени $t_i = 0,01$ с для каждого значения p_i и занося полученные величины Z_k в таблицу.

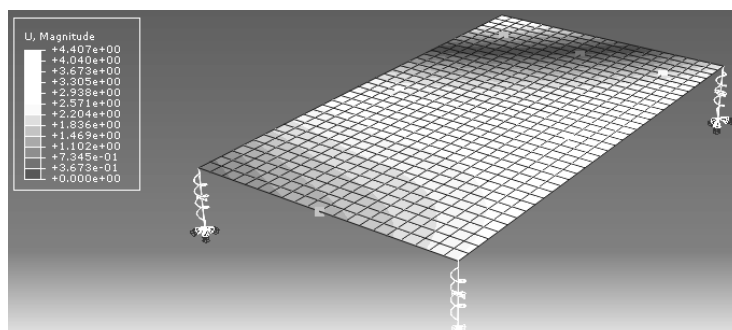


Рисунок 2 – Конечноэлементная модель ОР

Графики амплитуд колебаний, возникающих на выходе, для случая $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p_0$, при различных видах возмущений, поступающих по каналам 1–4, показаны на рисунке 3.

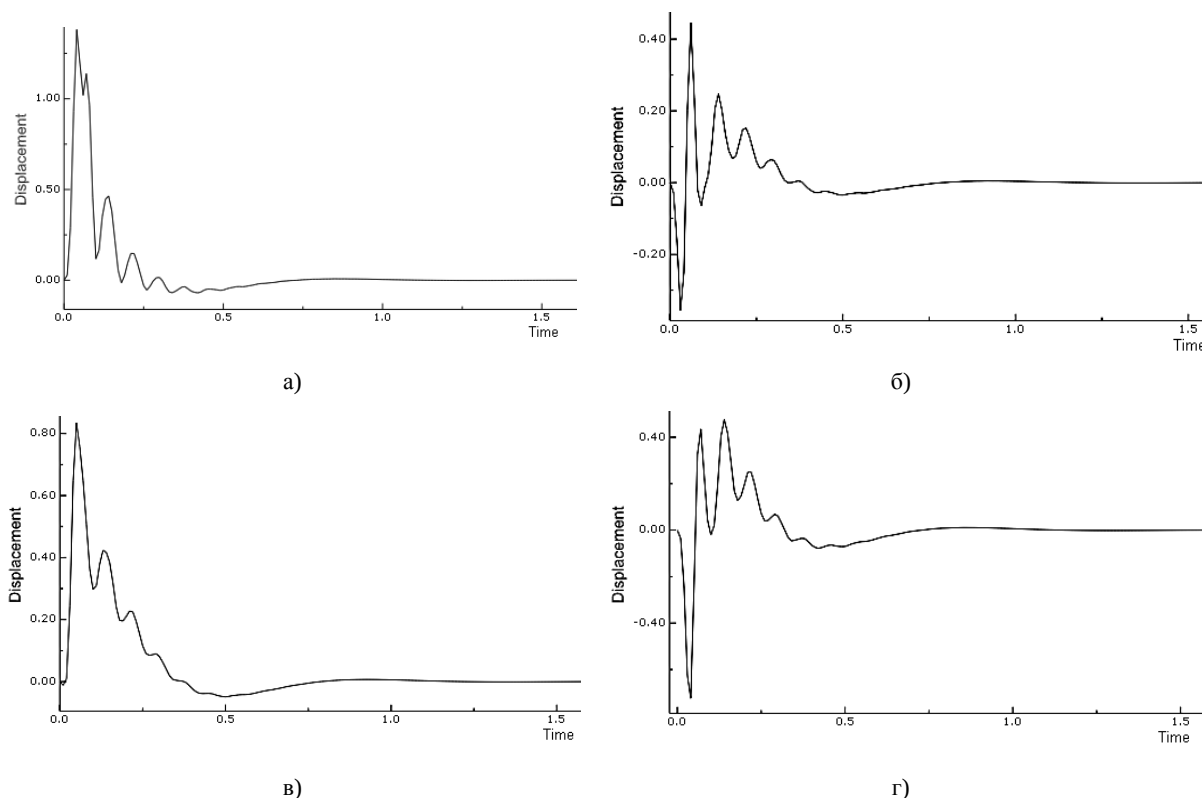


Рисунок 3 – Зависимость амплитуд колебаний на выходе от действия возмущений: а – на левом переднем колесе; б – на правом переднем колесе; в – на левом заднем колесе; г – на правом заднем колесе

Полученный массив точек обрабатывался методом наименьших квадратов, что в конечном итоге дает коэффициенты A_i и B_j в линеаризованном уравнении (1).

В качестве исполнительного механизма многомерного регулятора в синтезируемой системе автоматического регулирования принимаем четыре регулируемых амортизатора, сопротивление которых управляется координатой δ , представляющая собой степень открытия клапана, соединяющего основной и компенсационный объемы амортизатора. В целом для регулятора матрица управления имеет вид

$$\delta = \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Матрицу передаточных функций ОР представим в виде

$$W_n(p) = Z_k(p) / p_i(p), \quad (3)$$

где $p = \frac{d}{dt}$ – оператор Лапласа.

В итоге получаем структурную схему системы регулирования, изображенную на рисунке 4.

Соответствующая передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W(p) = W_\delta(p) \cdot W_\partial(p) \cdot W_n(p) \cdot W_M(p), \quad (4)$$

где W_n – передаточная функция ОР; W_∂ – передаточная функция датчика измерения $\ddot{p}_z$; W_δ – передаточная функция блока определения величины корректирующего воздействия; W_M – передаточная функция исполнительного механизма регулирования.

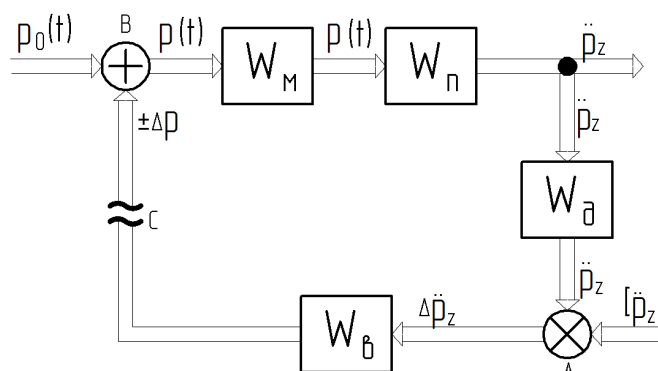


Рисунок 4 – Структурная схема системы регулирования

Выводы. 1. Построение математической модели ОР путем компьютерного моделирования исследуемых процессов, описываемых конечноэлементной моделью, позволяет получить быстродействующую алгебраическую модель сложного нелинейного процесса взаимодействия вязкого амортизатора и упругой протяженной платформы, отличающуюся от известных аналитических моделей, полученных путем интегрирования систем дифференциальных уравнений, прежде всего компактностью и точностью.

2. Разработанная методика построения систем автоматического регулирования позволяет решать задачи для сложных нелинейных систем с распределенными параметрами и большим количеством каналов управления.

Направления дальнейших исследований. В дальнейшем предполагается исследовать динамические показатели разработанной системы регулирования при различных видах возмущений и управляющих воздействий.

Бibliографический список использованной литературы

1. Magneride™ controlled suspension [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (20602 bytes). — Режим доступа: http://www.bwigroup.com/static/suspension_magneride/ / Monday, 8 November 2010 15:23:05
2. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / Под ред. А.А. Хачатурова. — М.: Машиностроение, 1976. — 535 с.
3. Фурунжиев Р.И. Управление колебаниями многоопорных машин / Р.И. Фурунжиев, А.Н. Останин. — М.: Машиностроение, 1984. — 207 с.
4. Огрызков С.В. Стабилизация параметров плавности хода автомобиля на дорогах с различным покрытием / С.В. Огрызков, В.Н. Торлин // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. — Луганськ, 2008. — Вип. 7 (125). — С. 131–134.
5. Торлін В.М. Коливання автомобільної платформи при незалежній підвісці коліс / В.М. Торлін, С.В. Огрызков // Вісник НТУ. В 2 ч. Ч. 2. — К., 2008. — Вип. 15. — С. 64–69.

Поступила в редакцію 05.11.2011 г.

Огрызков С.В., Ветрогон О.А., Торлін В.М. Система регулювання плавності ходу автомобіля як багатовимірний розподілений об'єкт

Розглядається методика проектування системи автоматичного регулювання параметрів підвіски, що дозволяє підтримувати в заданих межах основні характеристики коливального процесу, у якому беруть участь елементи підвіски, кузов і пасажирів автомобіля.

Ключові слова: багатовимірний розподілений об'єкт, регресійна модель, передавальна функція, стійкість системи.

Ogryzkov S.V., Vetrogon A.A., Torlin V.N. System that regulates the movement smooth of the car as a multidimensional distributed object

The technique of designing an automatic control system parameters suspension, which allows to maintain the prescribed limits basic characteristics of the oscillatory process, which involves the suspension elements, the body and the car's occupants.

Keywords: multi-dimensional distributed system, the regression model, the transfer function, system stability.