

## О ПОСТРОЕНИИ РАБОЧЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АМОРТИЗАТОРА АВТОМОБИЛЯ

*А.Ф. Дубровский, С.А. Дубровский, О.А. Дубровская*

## ON THE DEVELOPMENT OF THE WORKING CHARACTERISTICS OF THE SHOCK ABSORBER OF A CAR

*A.F. Dubrovskiy, S.A. Dubrovskiy, O.A. Dubrovskaya*

В работе приводится аппроксимация рабочей характеристики амортизатора аналитической функцией.

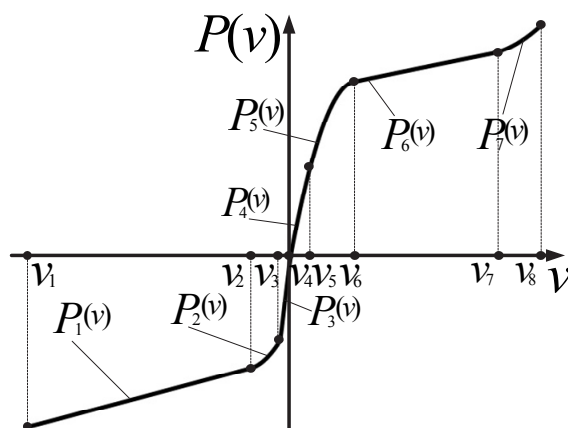
Ключевые слова: автомобиль, амортизатор, рабочая характеристика амортизатора.

In this article approximation of working characteristics of shock absorber of a car by means of analytical function is considered.

Keywords: car, shock absorber, working characteristics of shock absorber.

Амортизатор является одним из основных звеньев подвески автомобиля. Именно этот элемент во многом определяет такие свойства автомобиля, как комфортабельность, безопасность, устойчивость движения, и в значительной степени влияет на формирование уровня динамической напряженности подвески, кузова и трансмиссии автомобиля. Поэтому обоснованный выбор основной рабочей характеристики амортизатора – зависимости усилия  $P(v)$  на штоке от относительной скорости  $v$  штока – задача, конечно же, актуальная.

В общем случае рабочая характеристика амортизатора (см. рисунок) нелинейна.



Рабочая характеристика амортизатора  
передней подвески автомобиля ВАЗ-2110

Анализ этой характеристики позволяет сделать вывод, что с достаточной для инженерных расчетов точностью ее можно отобразить следующей функцией переменной структуры [1]:

$$P(v) = \begin{cases} P_1(v) \equiv a_1 v + b_1; & v \in [v_1; v_2]; \\ P_2(v) \equiv a_2 v^2 + b_2 v + c_1; & v \in [v_2; v_3]; \\ P_3(v) \equiv a_3 v; & v \in [v_3; v_4]; \\ P_4(v) \equiv a_4 v; & v \in [v_4; v_5]; \\ P_5(v) \equiv a_5 v^2 + b_3 v + c_2; & v \in [v_5; v_6]; \\ P_6(v) \equiv a_6 v + b_4; & v \in [v_6; v_7]; \\ P_7(v) \equiv a_7 v^2 + b_5 v + c_3; & v \in [v_7; v_8]. \end{cases} \quad (1)$$

Однако использование данной зависимости при интегрировании дифференциальных уравнений движения динамической модели автомобиля, в случае применения программы Matlab, часто вызывает неудобства вычислительного характера. Данный недостаток, связанный с представлением рабочей характеристики амортизатора посредством зависимости (1), можно устранить, например, путем аппроксимации (приближения) ее на множестве

$$M = \{v: (v \in [v_1 \dots v_8]) \wedge (v_{i-1} < v_i; i \in [2 \dots 8])\} \quad (2)$$

единым аналитическим выражением постоянной структуры. Решим данную задачу, воспользовавшись аппаратом упомянутой аппроксимации, предложенным в работе [2], основанном на использовании функции  $y = \arctg x$ . Другими словами, аппроксимируем выражение (1) на множестве (2) функциями структуры  $P_i(v)$ ,  $i \in [1 \dots 7]$ , аналитическими на (2).

Полагая, согласно [2],

$$x_1 = 1,1v_1, x_2 = v_2, \dots, x_7 = v_7, x_8 = 1,1v_8, \quad (3)$$

получим искомую аппроксимацию функции (1) на отрезке (2) в следующем виде:

$$\bar{P}(v) = \pi^{-1}(\sum_{i=1}^7 (\arctg K(f - x_i) - \arctg K(f - x_{i+1})) P_i(v)). \quad (4)$$

Как показывает анализ выражения (4), данная функция, в отличие от соотношения (1), является на множестве (2) аналитической функцией постоянной структуры.

Для иллюстрации использования соотношения (4) приведем результаты аппроксимации рабочей характеристики амортизатора передней подвески автомобиля ВА3-2110. Функция (1) в данном случае имеет вид [1]:

$$P(v) = \begin{cases} P_1(v) \equiv 28,667v - 27,889; & \forall v \in [-1,05; -0,16]; \\ P_2(v) \equiv 540,835v^2 + 187; & \forall v \in [-0,16; -0,02]; \\ P_3(v) \equiv 912,6v; & \forall v \in [-0,02; 0]; \\ P_4(v) \equiv 864,831v; & \forall v \in [0; 0,02]; \\ P_5(v) \equiv -1062,321v^2 + 617,795v + 5,366; & \forall v \in [0,02; 0,28]; \\ P_6(v) \equiv 22,436v + 88,78; & \forall v \in [0,28; 0,83]; \\ P_7(v) \equiv 181,618v^2 + 281,917v + 216,268; & \forall v \in [0,83; 1,05]. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь принято:

$$v_1 = -1,05 \text{ м/с}; v_2 = -0,16 \text{ м/с}; \dots; v_8 = 1,05 \text{ м/с}. \quad (6)$$

Полагая в (4)  $K = 200$  [2] и принимая во внимание (3), искомое решение (4) можно записать окончательно в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{P}(v) = \pi^{-1} & \left( (\arctg 200(v + 1,155) - \arctg 200(v + 0,16))(28,667v - 27,889) + \right. \\ & + (\arctg 200(v + 0,16) - \arctg 200(v + 0,02))(540,835v^2 + 187) + (\arctg 200(v + 0,02) - \\ & - \arctg 200v)(912,6v) + (\arctg 200v - \arctg 200(v - 0,02))(864,831v) + (\arctg 200(v - \\ & - 0,02) - \arctg 200(v - 0,28))(-1062,321v^2 + 617,795v + 5,366) + (\arctg 200(v - 0,28) - \\ & - \arctg 200(v - 0,83))(22,436v + 88,78) + (\arctg 200(v - 0,83) - \arctg 200(v - \\ & - 1,05))(181,618v^2 + 281,917v + 216,268) \left. \right). \quad (7) \end{aligned}$$

При этом погрешность аппроксимации (7), т. е. разность между функциями (5) и (7) на отрезке (2), не превосходит 0,2 %, что вполне приемлемо для инженерных расчетов.

Аналогичные сравнительные результаты имеют место при расчетах характеристик амортизаторов других автомобилей.

### Литература

1. Дубровский, А.Ф. О построении рабочей характеристики амортизатора / А.Ф. Дубровский, А.Г. Киряков // Наука и технологии. Секция 5. Новые технологии: краткие сообщ. XXVII Рос. шк., посвящ. 150-летию К.Э. Циолковского, 100-летию С.П. Королева и 60-летию ГРЦ «КБ им. академика В.П. Макеева». – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. С. 139–141.
2. О аналитическом представлении упруго-диссипативных характеристик подвески автомобиля / О.А. Дубровская, С.А. Дубровский, А.Ф. Дубровский, С.В. Алюков // Вестн. СибАДИ. – 2010. – № 2 (16). – С. 23–26.

Поступила в редакцию 18 января 2012 г.

## Расчет и конструирование

---

**Дубровский Анатолий Федорович.** Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – подвеска автомобилей, бесступенчатые передачи, нелинейные колебания машин. Тел.: (351) 267-98-23; e-mail: daf@susu.ac.ru

**Anatoliy F. Dubrovskiy.** Doctor of science, professor, chairman of “Automobiles” department, South Ural state university. The area of scientific interests – suspension of cars, continuous variable transmissions, nonlinear vibrations of machines. Tel.: (351) 267-98-23; e-mail: daf@susu.ac.ru

**Дубровский Сергей Анатольевич.** Инженер ООО «Автотехцентр». Область научных интересов – подвеска автомобилей.

**Sergey A. Dubrovskiy.** Engineer “Avtotechcentr”. The area of scientific interests – suspension of cars.

**Дубровская Олеся Анатольевна.** Преподаватель кафедры «Автомобили», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – подвеска автомобилей. Тел.: (351) 267-91-32.

**Olesia A. Dubrovskaya.** Lekturer of “Automobiles” department, South Ural state university. The area of scientific interests – suspension of cars. Tel.: (351) 267-91-32.