

Л.А. Черепанов, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
М.А. Литовшин, студент
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: проблема плавности хода; устойчивость движения автомобилей; испытание амортизаторов.

Аннотация: Представленный в статье стенд разработан и создан на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета в рамках выполняемой студенческой научной работы. Описана конструкция стенда, измерительная аппаратура, используемая при работе на стенде, и принцип его работы.

Стенд позволяет определить сначала рабочие диаграммы амортизаторов подвески автомобилей различных типоразмеров (для этого на стенде предусмотрена регулировка для изменения как габаритного размера амортизатора по его длине, так и хода поршня), позволяющие оценить их работоспособность. Затем изложена методика определения характеристик амортизаторов – зависимости силы сопротивления на ходах отдачи и сжатия от скорости перемещения поршня относительно стенок цилиндра.

Скорость перемещения поршня относительно стенок цилиндра рассчитывается с помощью формул, заимствованных из «Теории двигателей», позволяющих рассчитать параметры шатунно-кривошипного механизма теплового двигателя внутреннего сгорания. Сила сопротивления движению поршня амортизатора через шток передается на датчик тензометрического типа, регистрирующий возникающее усилие.

Из полученных в процессе обработки данных испытаний характеристик амортизаторов определяются коэффициенты сопротивления на ходах отдачи и сжатия, которые затем используются в математических моделях автомобилей для исследования плавности хода и устойчивости движения.

Разработанный и созданный стенд для испытаний амортизаторов подвески автомобилей позволит сократить время, необходимое для проектирования подвесок, отвечающих современным требованиям по безопасности движения и плавности хода. Одновременно стенд может быть использован в учебном процессе на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» при изучении дисциплин «Теория автомобилей», «Испытания автомобилей».

ВВЕДЕНИЕ

Снижению уровня колебаний кузова и колес автомобилей (улучшению плавности хода и устойчивости движения) непрерывно уделяется большое внимание. При проектировании автомобилей сначала моделируется процесс их движения в различных дорожных условиях, с различными скоростями и нагрузками, затем результаты расчетов проверяются испытаниями автомобилей на соответствующих стендах, в дорожных условиях. Для математического моделирования необходимы параметры упругих и гасящих устройств подвески, к которым относятся и характеристики амортизаторов [1]. Представленный стенд разработан и создан на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета, он позволяет определить коэффициенты сопротивления амортизаторов на ходах отдачи и сжатия из полученных характеристик, которые затем используются в математических моделях автомобилей для исследования плавности хода и устойчивости движения.

Цель работы – описание конструкции созданного стенда и разработка методики для определения характеристик амортизаторов подвески автомобилей.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Схема стенда для испытаний амортизаторов автомобилей показана на рис. 1.

Стенд для испытаний амортизаторов автомобилей представляет собой следующее: на раме (4) установлены: электродвигатель (1), передающий крутящий момент на промежуточный вал (2), на котором закреплен маховик (3). Крутящий момент с помощью кривошипно-шатунного механизма (5) (КШМ) преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна-А, дви-

гающегося по направляющей ползуна-В. Шток испытуемого амортизатора (7) крепится к датчику силы тензометрического типа (6) через специальный переходник.

Эксцентрик КШМ позволяет изменять величину эксцентриситета для обеспечения задания различных ходов амортизатора. На ползуне-А устройства для возвратно-поступательного движения (5) расположено крепежное устройство амортизатора-С, обеспечивающее заданную фиксацию корпуса амортизатора (7). Шток амортизатора (7) крепится через переходник и датчик силы тензометрического типа (6) к раме (4) стенда.

Ползун устройства для возвратно-поступательного движения (5), совершая возвратно-поступательные движения, перемещает корпус амортизатора (7) вверх-вниз. Возникающая при этом сила сопротивления движению поршня амортизатора через шток передается на датчик тензометрического типа (6), регистрирующий возникающее усилие. Информация с датчика поступает через измерительный многоканальный усилитель (SPIDER-8) (9) к системному блоку ПК (10), а от системного блока ПК (10) данные выводятся на монитор ПК (11). Частота вращения электродвигателя (1) регулируется на пульте управления (8). Все движущиеся детали механизма возвратно-поступательного движения ползуна закрыты специальным защитным сетчатым кожухом.

ОСТ 37.001.084-84 предписывает запись рабочих диаграмм (рис. 2) на ходах поршня и частотах, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах 0,08–1,0 м/с [2]. Сначала выставляется частота 1 Гц при помощи частотного регулятора электродвигателя. В программе Catman начинает считываться информация с датчика силы, информация представляется в виде диаграммы (рис. 2) и записывается в файл Microsoft

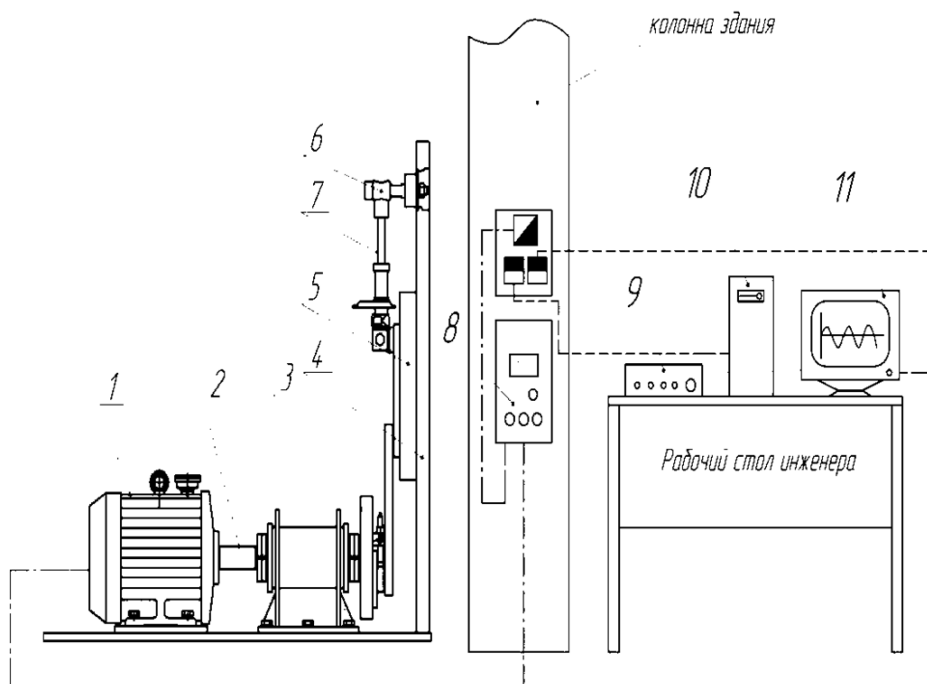


Рис. 1. Схема стенда для испытаний амортизаторов автомобилей

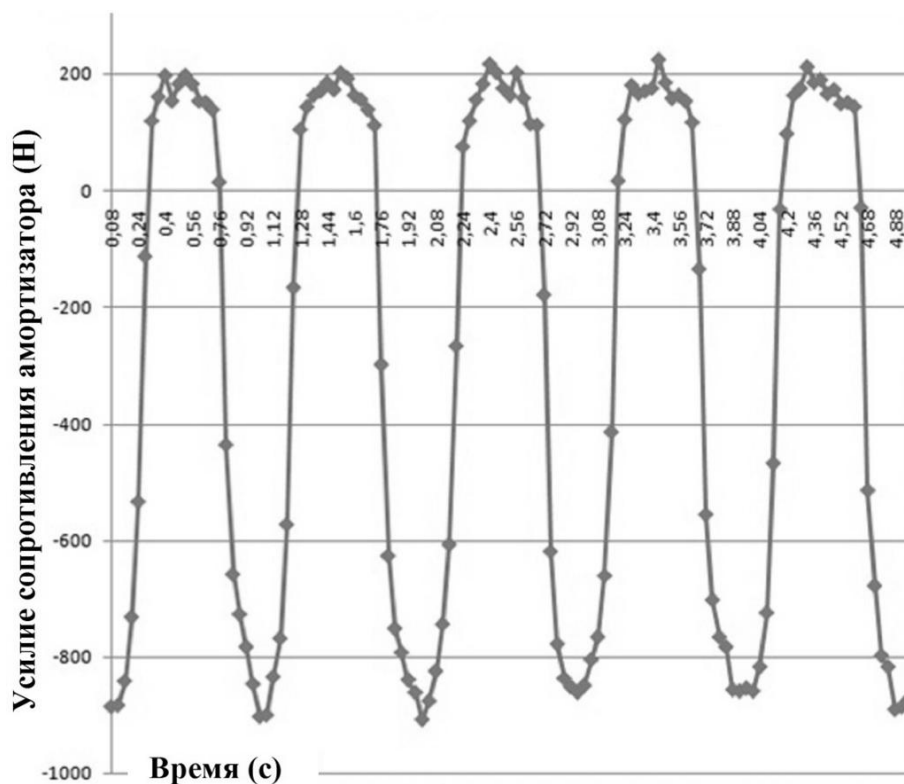


Рис. 2. Диаграмма усилий сопротивления амортизатора

Excel в виде таблицы данных. Один ряд чисел – это время в секундах, другой ряд отражает изменение сопротивления датчика при проведении испытаний. Если умножить последний ряд на тарировочный коэффициент, получим усилие сопротивления амортизатора в Ньютонах.

Точкам диаграммы, в которых сила меняет знак, соответствуют положения поршня в нижних либо верхних мертвых точках. Это позволяет знать, где находится поршень в определенные моменты времени.

Время цикла соответствует времени, за которое вал совершает один оборот. Обратная величина – частота

вращения вала в Герцах. Так сверяется реальная частота с той, что устанавливается с пульта управления.

Далее, увеличивая частоту вращения электродвигателя при помощи регулятора на пол-Герца, записываются еще 9 диаграмм усилия. Рабочая диаграмма амортизатора (рис. 3) представляет собой зависимость силы сопротивления P_c от хода поршня S_x [3].

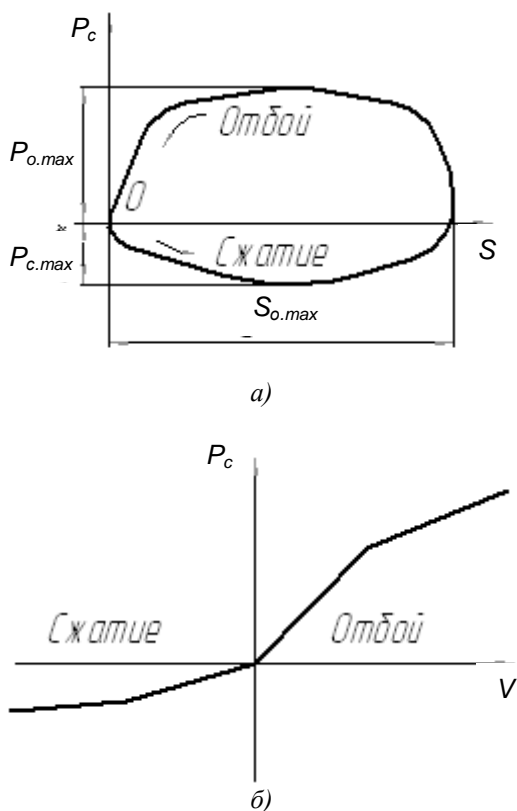


Рис. 3. Оценочные характеристики амортизатора
а) – рабочая диаграмма, б) – характеристика амортизатора зависимость P_c от V

Зависимость хода поршня от угла поворота вала кривошипа определяется выражением (1):

$$S_x(\varphi) = R \cdot [(1 - \cos \varphi) + \lambda / 4 \cdot (1 - \cos 2\varphi)], \quad (1)$$

где R – радиус кривошипа, принимаем 0,05 м;
 φ – угол поворота приводного вала, рад;
 λ – характеристика кривошипа;

$$\lambda = \frac{R}{L_{ш}}, \quad (2)$$

где $L_{ш}$ – длина шатуна;
 $L_{ш} = 0,392$ м;
 $\lambda = 0,128$.

Зависимость угла поворота кривошипа φ от времени t при различных частотах вращения вала n определяется выражением:

$$\varphi(t) = 2\pi n t$$

Подставляя (1) в (2) получаем интересующую нас функцию:

$$S_x(t) = R \cdot [(1 - \cos \varphi(t)) + \lambda / 4 \cdot (1 - \cos 2\varphi(t))]$$

Все необходимые расчеты можно проводить в программе Microsoft Excel. Посредством полученной с датчика информации (рис. 2) берется необходимое для построения рабочей диаграммы число точек, для которых известны усилие и время (координаты). После проведения известных преобразований получают данные для построения рабочей диаграммы (рис. 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Рабочая диаграмма является основным документом, который служит для оценки работоспособности амортизатора. У исправного амортизатора кривая имеет плавное очертание, наличие отдельных искажений кривой является признаком каких-либо недостатков.

По записанным рабочим диаграммам определяются максимальные сопротивления отбоя и сжатия. Для получения характеристики амортизатора записываются не менее десяти рабочих диаграмм, записанных в промежутке частот, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах 0,08–1,0 м/с.

По этим данным строят характеристику амортизатора (рис. 5), являющуюся зависимостью усилия сопротивления от скорости перемещения штока, которая

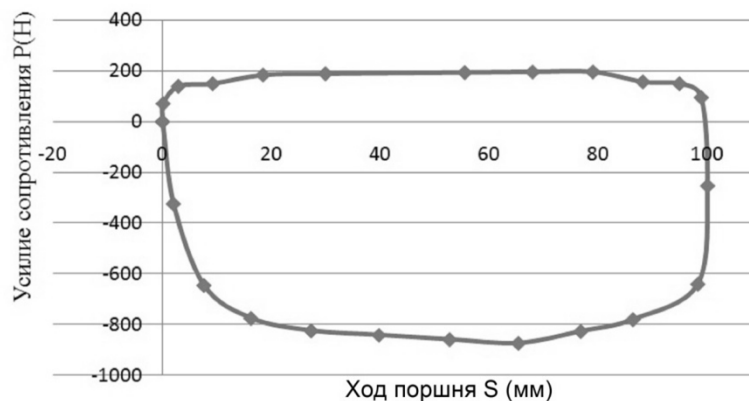


Рис. 4. Рабочая диаграмма амортизатора при скорости штока 0,31 м/с

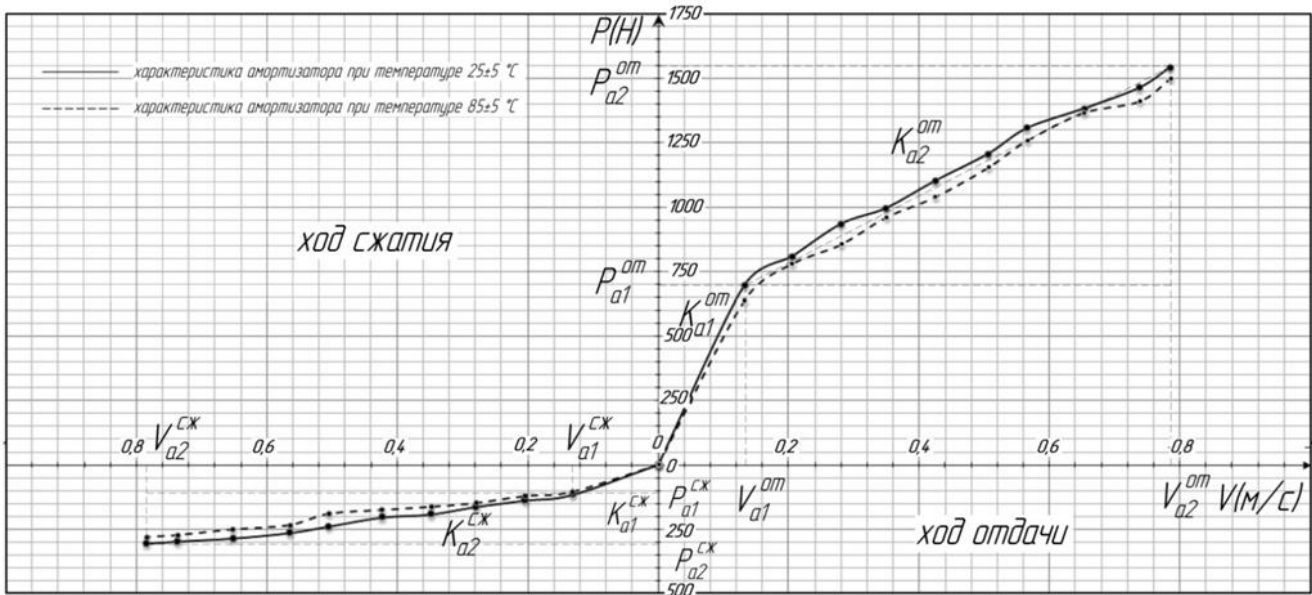


Рис. 5. Характеристика амортизатора при ходе поршня 100 мм

служит исходным материалом для определения коэффициентов сопротивления амортизатора с закрытыми и открытыми клапанами отбоя или сжатия.

На рис. 5 изображены две характеристики амортизатора, где сплошной линией обозначена характеристика амортизатора без нагрева при температуре 20 °C (± 5 °C), а штриховой линией обозначена характеристика нагретого амортизатора при температуре 80...100 °C.

Расчет коэффициентов сопротивления участков дроссельного и клапанного режимов характеристики амортизатора:

для хода сжатия:

$$K_{a1}^{cx} = \frac{P_{a1}^{cx}}{V_{a1}^{cx}} = \frac{88}{0,1319} = 667,2 \frac{H}{M/c}$$

$$K_{a2}^{cx} = \frac{P_{a2}^{cx} - P_{a1}^{cx}}{V_{a2}^{cx} - V_{a1}^{cx}} = \frac{306 - 88}{0,785 - 0,1319} = 333,79 \frac{H}{M/c}$$

для хода отдачи:

$$K_{a1}^{om} = \frac{P_{a1}^{om}}{V_{a1}^{om}} = \frac{693}{0,1319} = 5254 \frac{H}{M/c}$$

$$K_{a2}^{om} = \frac{P_{a2}^{om} - P_{a1}^{om}}{V_{a2}^{om} - V_{a1}^{om}} = \frac{1541 - 693}{0,785 - 0,1319} = 1298 \frac{H}{M/c}$$

ВЫВОДЫ

Разработанная методика построения характеристик амортизаторов подвески автомобилей при их испытаниях на стенде дает возможность выбирать их оптимальные параметры при расчетах плавности хода и устойчивости движения автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. 237 с.
2. Кравец В.Н. Теория автомобиля. Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.
3. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. СПб.: БХВ, 2006. 478 с.

REFERENCES

1. Litvinov A.S., Farobin Ya.E. *Avtomobil. Teoriya ekspluatatsionnih svoystv* [Vehicle: the theory of performance characteristics]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1989, 237 p.
2. Kravets V.N. *Teoriya avtomobilya* [Vehicle theory]. Nizhniy Novgorod, NGTU publ., 2007, 368 p.
3. Tarasik V.P. *Teoriya dvizheniya avtomobilya* [Vehicle movement theory]. Sankt Peterburg, BHV, 2006, 478 p.

THE STAND FOR CAR SUSPENSION BUMPER TEST

© 2015

L.A. Cherepanov, candidate of technical sciences,
assistant professor of the Department of Vehicles Design and Operation

M.A. Litoshin, student
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: ride comfort issue; road holding; suspension bumper test.

Annotation: Described in the article stand was developed and constructed at the Department of Vehicle Design and Operation of Togliatti State University. It was created within the frames of the students' research work.

The authors described the stand design, measuring equipment used stand operation, and the principles of its work.

This stand allows to define operating charts of car suspension bumpers of various types (for this purpose the stand is equipped with a special adjusting device to vary suspension bumper overall length dimension and the stroke of piston) allowing to evaluate their operating capacity. The authors present the techniques for defining of suspension bumpers characteristics – the dependence of rebound and compression resistance on the piston stroke speed against the cylinder walls.

The piston stroke speed against the cylinder walls is calculated using the formulas taken from the engine theory and allowing to calculate the parameters of crank and connecting-rod assembly of a heat internal combustion engine. The force of resistance to the suspension bumper piston movement passes through a piston driver to a strain-gage sensor registering resulting force.

Using the suspension bumper characteristics received while processing test data, the authors determined the rebound and compression resistance coefficients, and then used them in vehicle math models for the study of ride comfort and road holding.

The developed and constructed stand for the car suspension bumper tests will allow to cut time necessary for design of suspension up dated according to the safety of traffic and ride comfort. At the same time, this stand can be used while studying the course units «Vehicle theory» and «Vehicle tests» during the academic activities at the Department of Vehicle Design and Operation.