

Методика и апаратура за получаване на характеристиките на пневматични еластични елементи

Николай Павлов, Евгени Соколов, Ваня Димитрова, Димитър Цеков

A Method and Test Equipment for Obtaining Characteristics of Air Springs: In this study is present a test method of air springs. For obtaining the air spring characteristics is used specialized test equipment. The obtained characteristics are shown and analyzed.

Key words: Air Spring, Suspension, Vehicle Dynamics, Test Equipment.

ВЪВЕДЕНИЕ

При проектиране на автомобилното окачване съществуват противоречиви изисквания. То трябва да осигурява необходимият комфорт на пътниците при движение по неравности, оптимален контакт между колелата и пътя, както и добра устойчивост при движение в завой и при спиране. Опитът по създаването и изпитването на окачванията показва, че за да бъдат изпълнени едновременно тези противоречиви изисквания, е необходимо някои от параметрите на окачването да се направят регулируеми. Това е породило стремежа на автомобилните производители да подобрят комфорта и устойчивостта на автомобила, вграждайки някакъв вид управляемо окачване – пневматично, хидропневматично, окачване с регулируеми амортизатори, активни напречни стабилизатори за намаляване на крена в завой и др.

Основният вид управляемо окачване използвано в товарните автомобили и автобусите е пневматичното окачване, поради редица негови предимства [1, 2, 6]:

- възможност за получаване на нелинейна прогресивна характеристика, вследствие на което се получава подобряване плавността на движението и практически постоянна честота на свободните трептения на превозното средство при различно натоварване;

- лесно се постига автоматично регулиране на твърдостта на окачването при промяна на натоварването, посредством подаване и изпускане на сгъстен въздух;

- лесно постигане на постоянно ниво на каросерията спрямо пътната повърхност независимо от големината на статичното натоварване;

- намалява се динамичното натоварване на каросерията, което дава възможност за намаляване масата на някои елементи на шасито и каросерията, като се повишава тяхната трайност;

- голяма трайност на пневматичните еластични елементи при сравнително пониско тегло от това на стоманените еластични елементи, малки неподресорени маси.

Недостатъците на пневматичното окачване са следните:

- усложняване на пневматичната система и увеличаване на цената на пневматичното окачване;

- необходимост от направляващо устройство.

В процеса на спиране върху подресорените маси в надлъжната равнина действа мощно смущение във вид на въртящ момент, чиято големина от една страна е пропорционална на инерционната сила, а от друга на височината на масовия център на автомобила. Действието на момента е съпроводено с надлъжно наклоняване на каросерията (диферент), поради наличието на еластично окачване. Това води до преразпределение на нормалните реакции на предните и задните колела. Явлението е най-силно изразено при автомобили с къса база и високо разположен масов център [5], при товарни автомобили без товар или седлови влекачи с откачено полуремарке [9]. При екстремно спиране на такива автомобили върху пътно покритие с висок коефициент на сцепление, може да се стигне до „отлепяне“ на задните колелата от пътя [5]. Вследствие на това може да се получи

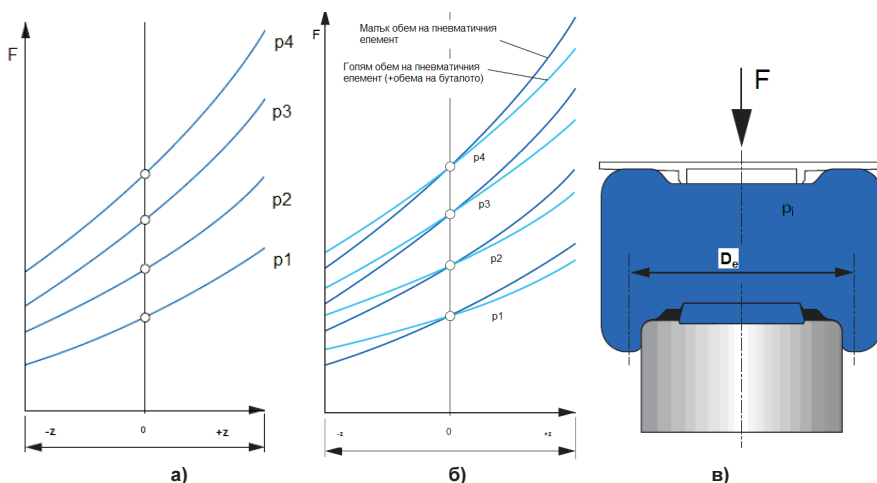
загуба на устойчивост, намаляване на спирачната ефективност поради претоварване на предните колела и промяна на формата на контактните им петна, изчерпване на хода на предното окачване и др.

При леките автомобили и автобусите с предни независими окачвания може да се постигне известно намаляване на наклоняването на каросерията по време на спиране, чрез подходящо разположение на рамената на окачването им [7]. При товарните автомобили, при които все още са най-разпространени зависимите окачвания, няма такава възможност и това налага търсенето на други решения.

Една от възможностите е използването на управляемо окачване позволяващо промяна на еластичните и/или демпфиращите му параметри. Като се имат предвид възможностите на пневматичното окачване и неговото широко използване в товарните автомобили, то най-удачно е да се създаде алгоритъм за управление на окачването, който да променя еластичните характеристики на пневматичните еластични елементи в зависимост от момента стремящ се да предизвика надлъжно наклоняване на каросерията в процеса на спиране на автомобила.

За целите на моделирането на динамичното поведение на автомобила, както и за създаването на алгоритъм за оптимално управление на автомобилното окачване в процеса на спиране, са необходими конкретни реални стойности на коефициентите на еластичност в зависимост от хода на окачването при различни налягания и с различни обеми на допълнителните резервоари включени към пневматичните еластични елементи.

Еластична характеристика на пневматичен еластичен елемент се нарича зависимостта на натоварването F , приложено върху него от деформацията му z . На фиг. 1 са показани еластични характеристики при различни стойности на налягането в пневматичен еластичен елемент, различни обеми, както и схема на такъв елемент.

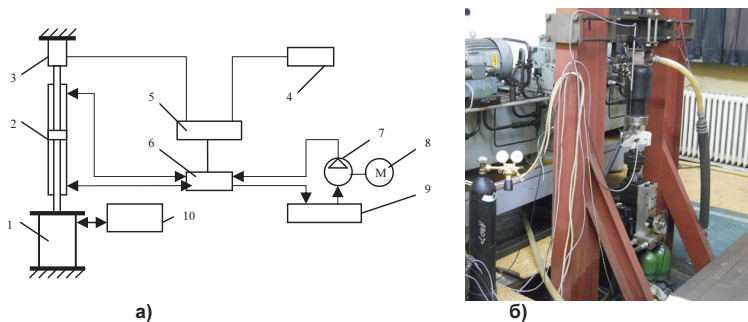


Фиг. 1. Еластични характеристики при различни стойности на налягането в пневматичен еластичен елемент (а), различни обеми (б), както и схема на такъв елемент (в) [8].

Целта на настоящата работа е да се създаде методика и да се получат серия от характеристики на пневматичен еластичен елемент, които да бъдат използвани за създаване на адекватен модел на автомобила и подходящ алгоритъм за управлението на окачването му в процеса на спиране.

МЕТОДИКА И АПАРАТУРА

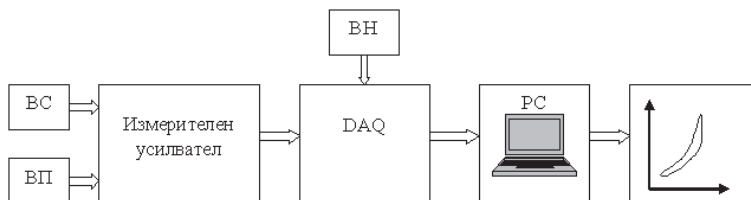
За получаване на еластичните характеристики на пневматичния еластичен елемент се използва специализиран хидравличен стенд за изпитване на елементи от окачването на автомобила, с който разполага катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“ при ТУ-София. Хидравличният стенд е изграден на основата на помпа за високо налягане, хидравличен цилиндър с двустранно действие и клапанна система с електронно аналогово управление [3].



а) б)
Фиг. 2. Схема на стенда (а) и общ вид (б):

- 1 – еластичен елемент; 2 – хидравличен цилиндър; 3 – възприематели за сила и преместване;
4 – генератор на сигнал; 5 – управляващ блок; 6 – сервоклапан; 7 – помпа; 8 – ел. двигател;
9 – резервоар за масло; 10 – въздушен резервоар.

Измерителната верига за получаване на характеристиките на елементите от окачването има вида показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Блок-схема на измерителната верига: ВС – възприемател за сила от тензорезисторен тип; ВП – възприемател за преместване от индуктивен тип; ВН – възприемател за налягане от тензорезисторен тип; измерителен усилвател – универсален тензометричен усилвател HBM – Scout 55; DAQ (Data Acquisition) – устройство за събиране на данни тип EspressoDAQ DQ 401 – HBM; PC – персонален компютър с инсталиран програмен продукт Catman – HBM.

Методика на експеримента:

1. Изследваният пневматичен еластичен елемент се закрепва по начин осигуряващ условия най-близки до тези в които работи.

2. Измерва се максималната деформация на еластичния елемент. За тази цел се изпуска въздухът от еластичния елемент и се измерва минималната височина на елемента при отсъствие на остатъчно налягане в него.

3. При височина на пневматичния елемент равна на проектната (съответстваща на статичното натоварване), в еластичния елемент се създава зададеното налягане (първоначално 1×10^5 Pa). Поддържането на зададената височина се осъществява с помощта на стенда.

4. След достигане на необходимото налягане, еластичният елемент се разтоварва и неговата височина се увеличава от статична до максимална.

5. След това при постепенно увеличаване на натоварването се измерва деформацията на еластичния елемент.

6. Определят се диаметрите на еластичния елемент при статично и максимално натоварване.

7. След провеждане на неколккратно натоварване и разтоварване се извършва запис на съответната характеристика, както и запис на изменението на налягането в еластичния елемент.

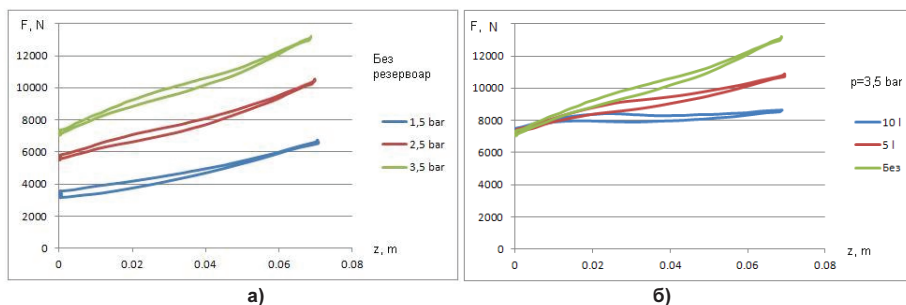
8. Чрез повторен запис се проверява повтаряемостта на получените резултати. Двата записа не трябва да се отличават повече от 5%.

9. Налягането в еластичния елемент се увеличава с $0,5 \times 10^5$ Pa и точки от 3 до 9 се повтарят до достигане на максималното работно налягане на елемента.

10. Променя се обемът на допълнителния резервоар на еластичния елемент и точки от 3 до 10 (с изкл. на 6) се повтарят.

Получени резултати

Част от получените резултати при различни начални налягания и различни обеми на допълнителните резервоари свързани към изпитвания елемент са показани на фиг. 4.



Фиг. 4. Получени еластични характеристики на пневматичния еластичен елемент при различни налягания (а) и различни обеми на допълнителния резервоар (б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените методика и апаратура дават възможност за получаване на серия от характеристики на пневматични еластични елементи при различни налягания и различни обеми на допълнителните им резервоари. Получените характеристики могат да бъдат използвани при съставяне на модели описващи динамичното поведение на автомобила в процеса на спиране с отчитане еластичността на окачването и ъгъла на надлъжен наклон на каросерията. Те могат да се използват и при моделиране на движението на автомобила по неравна пътна повърхност, движение в завой и процеса на ускоряване на автомобила. Получените резултати могат да се използват, самостоятелно или в комбинация с представените резултати в работа [4], при създаване на логики за управление на автомобилното окачване в изброените режими на движение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани по договор № 151ПР0005-04 от Вътрешния конкурс на ТУ-София, 2015 г.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Димитров, Ст., Л. Кунчев. Товарни автомобили и автобуси. София: Издателство при ТУ-София, 2013.

[2] Евтимов, И. Автобуси и тролейбуси. Русе: Издателство при РУ „Ангел Кънчев“, 2011.

[3] Кунчев, Л. Динамика на автомобилната техника. Ръководство за лабораторни упражнения. София: Издателство при ТУ-София, 1997.

[4] Павлов, Н. Методика и апаратура за получаване характеристиките на регулируеми хидравлични амортизатори. ЕКО Варна, 2015.

[5] Ревин, А. Необходимость учета динамики дифферента кузова автомобиля в режиме торможения при оценке курсовой устойчивости движения. Известия Волгоградского государственного технического университета, № 10 (113), Выпуск 6, 2013.

[6] Тошев, Л., П. Ценков. Окачване на автобуси, товарни автомобили и ремаркета. София: Държавно издателство „Техника“, 1979.

[7] Успенский, И., А. Мельников. Проектирование подвески автомобиля. Москва: Машиностроение, 1976.

[8] Audi AG. Pneumatic Suspension System. Part 1 and 2. Self-study programme. 2000.

[9] Hoepke, E., S. Breuer. Nutzfahrzeugtechnik. Grundlagen, Systeme, Komponenten. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2013.

[10] Pähl, H. Luftfedern in Nutzfahrzeugen: Auslegung, Berechnung, Praxis. Tönisvorst: LFT Luftfedertechnik, 2002.

За контакти:

Гл. ас. д-р инж. Николай Павлов, Катедра “Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет – София, тел.: 02/965-25-42, e-mail: pravlov@tu-sofia.bg

Маг. инж. Евгени Соколов, Катедра “Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет – София, тел.: 02/965-25-62, e-mail: evg_sok@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.