

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOME SUSPENSION CHARACTERISTICS²

Assoc. Prof. Georgi Kadikyanov, PhD

Department of Engines and Vehicles,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082888526
E-mail: gkadiyanov@uni-ruse.bg

Prof. Rosen Ivanov, DSc

Department of Engines and Vehicles,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082888528
E-mail: rossen@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Gergana Staneva, PhD

Department of Engines and Vehicles,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082888526
E-mail: glstaneva@uni-ruse.bg

Chief Assist. Prof. Iliyana Minkovska, PhD

Department of Engines and Vehicles,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082888526
E-mail: iminkovska@uni-ruse.bg

Abstract: *This paper studies some characteristics of a car suspension. When an elastic element is deformed, a resistance reaction occurs, which is called restoring, because after release the part takes its original shape. The elastic characteristic of a given elastic unit is a graphical representation of the dependence of the restoring force on its deformation. When the restoring force is proportional to the deformation, the unit is linear. In these cases, the elastic characteristic is a straight line. If the restoring force depends in a complex way on the deformation, the units are called nonlinear. The aim of the work is to determine numerically and experimentally the natural frequency of an elastic element of the suspension.*

Keywords: *Suspension Characteristics, Suspension, Stiffness, Elastic Suspension Element.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Окачването при автомобилите е система състояща се от колела с гуми, еластични елементи, амортизатори и връзки, които свързват превозното средство с колелата му и позволяват относително движение между двете. Според (Calvo, J.A., López-Boada, B., Román, J.L.S. & Gauchía, A., 2009; Zdanowicz, P., 2018) окачването трябва да поддържа както поведението на пътя и управлението, така и комфорта на возене, които са в противоречие помежду си. Конкретните характеристики на окачването включват намирането на компромис между комфорта на пътниците и устойчивото движение на автомобила. Важно е окачването да поддържа колелелата в контакт с пътната настилка по време на движение на автомобила, тъй като всички сили на пътя, действащи върху автомобила, правят това чрез контактните

² Докладът е представен на сесията на 25 октомври 2024 с оригинално заглавие на български език: ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЯКОИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОКАЧВАНЕТО

петна на гумите. Окачването също така предпазва самото превозно средство и всякакъв товар или багаж от повреда и износване.

Един от най-важните компоненти на окачването е еластичният елемент на окачването. В съвременните автомобили това може да са винтови пружини, листови пружини (ресори), елементи работещи на усукване (торсиони) и др. Каучуковите тампони също са еластични елементи, служещи за връзка между компонентите на окачването или за ограничители.

Поради наличието на еластични елементи в окачването, инерционни маси и условията на работа при движение по неравности в автомобилите възникват трептения с различна честота. Тези трептения най-често се гасят с помощта на амортизатори. Характеристиките им зависят от коравината на еластичните елементи, условията на движение и натоварването на автомобила (Guzek, M. & Zdanowicz, P., 2021; Szymański, G.M., Josko, M., Tomaszewski, F. & Filipiak, R., 2015).

Конструктивно предното и задното окачване на автомобила може да бъдат различни. За автомобили с предно задвижване задното окачване може да бъде изпълнено като зависимо или независимо в зависимост от техническото задание и изискванията към автомобила. В миналото за леките автомобили със задно задвижване задното окачване беше зависимо, а в съвремените най-често е независимо. Предното окачване на леките автомобили е задължително независимо. В някои товарни автомобили за еластични елементи на окачването се използват листови пружини. Те имат своите особености на работа и представляват интерес за някои учени (Hryciów, Z., Krasoń, W. & Wysocki, J., 2021).

За образователни и научни нужди е интересно да се изследват някои характеристики на окачването. От тези характеристики зависят много експлоатационни свойства на автомобила, като: устойчивост на движение, осигуряване на сцепление на колелата с пътя, комфорт при возене на пътя и др. Целта на работата е да се определи числово-експериментално собствената честота на еластичен елемент на окачването.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Товарните автомобили, често имат по-корави еластични елементи, за да компенсират допълнителното тегло, което иначе би ги деформирало повече, дори до ограничителите. По-коравите еластични елементи се използват и при автомобили, където експлоатационните условия са с по-значими натоварвания, например автомобили с повишена проходимост.

Еластичните елементи, които са с неподходяща коравина, причиняват неефективност на окачването – най-вече защото не успяват да изолират правилно превозното средство от силите предизвикани от движението на пътя. Превозни средства, които обикновено са предназначени за превозване на по-големи товари, имат по-корави еластични елементи, което е предвидено за натоварен автомобил, но возенето в празен товарен автомобил, може да бъде неудобно за пътниците. Състезателните автомобили също може да се опишат като имащи корави еластични елементи и също са неудобни при движение по неравности. Пътническите автомобили имат еластични елементи с по-малка коравина за да се осигури комфорта на техните пътници.

В лаборатория на катедра Двигатели и транспортна техника е създадена опитна уредба, чрез която може да се определят някои от характеристиките на еластичните елементи на окачването на автомобилите. Тази уредба дава възможност чрез прилагане на определено нормално натоварване да се измери деформацията на еластичния елемент. След поредица от числови преобразувания може да се получи резултат за собствената честота на окачването при различно натоварване. Като стойностите за натоварването са при съответно празен и пълен автомобил.

Силата, която еластичният елемент упражнява, е пропорционална на промяната на неговата деформация. Коравината на еластичния елемент е отношение между промяната в силата, която той упражнява и промяната в неговата деформация. Това е еластичната характеристика на окачването:

$$C = \frac{\Delta F}{\Delta X} \cdot \frac{N}{m} \quad (1)$$

където, ΔF е изменението на деформиращата сила, N;

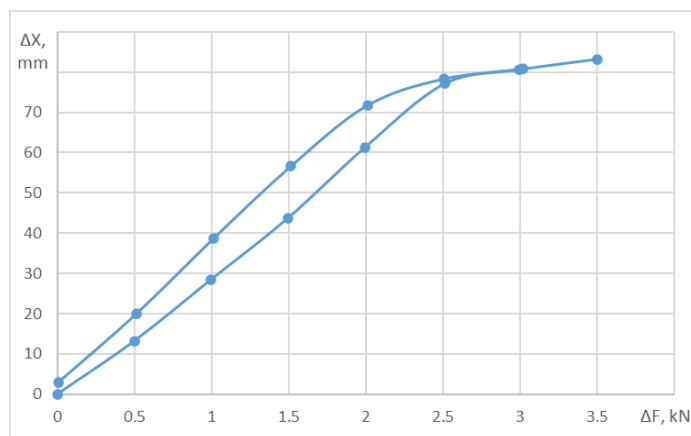
ΔX – изменението на деформацията, m.

На фиг. 1 е показана опитната уредба за определяне на някои характеристики на еластичните елементи на окачването. Тя се състои от натоварващ винт, сензор за измерване на сила, включен в линията между винта и изпитвания еластичен елемент на окачването.



Фиг. 1. Опитна уредба за определяне на някои характеристики на еластичните елементи на окачването

Експериментите са извършени като чрез винта еластичният елемент се натоварва степенно през 0,5 kN, и се отчита деформацията му. Въз основа на опитните данни е построена еластичната характеристика, която представлява изменение на деформацията на еластичния елемент в зависимост от нормалното натоварване. Конкретната еластична характеристика на листова пружина е показана на фиг. 2. На фигурата се наблюдават различни стойности на деформацията при едни и същи нормални натоварвания в процеса на натоварване и в процеса на разтоварване на еластичния елемент. Това вероятно се дължи на вътрешното триене между листовите. Двете криви, при натоварване и при разтоварване затварят площ, чрез която могат да се определят хистерезисните загуби от деформацията на еластичния елемент.



Фиг. 2. Еластична характеристика на листова пружина

На фиг. 3 е показана измервателната апаратура на фирмата Sauter, включена в опитната уредба за определяне на някои характеристики на еластичните елементи на окачването.



Фиг. 3. Измервателна апаратура за измерване на сила, включваща отчитащо устройство и сензор за сила

След извършване на експерименталната част от изследването е извършено числено определяне на собствената честота на окачването на автомобила. Използвани са няколко числени преобразувания за определяне на честоти на окачването на автомобила без товар и напълно натоварен. Собствените честоти са определени чрез формулата:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{C}{m}}, \frac{rad}{s} \quad (2)$$

където, C е коравината на еластичния елемент, $\frac{N}{m}$;

m – масата, натоварваща еластичния елемент, kg .

Естествени честоти са изчислени:

$$f = \frac{\omega_c}{2\pi}, Hz \quad (3)$$

където, ω_c е собствената честота, $\frac{rad}{s}$;

След извършване на съответните изчисления за конкретен автомобил с надвесна маса от 800 kg при празен автомобил и 1200 kg при пълен автомобил за естествената честота се получава:

При пълен автомобил $f = 1,76, \text{ Hz}$;

При празен автомобил $f = 1,96, \text{ Hz}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Експерименталното определяне на коравината на еластичните елементи на окачването и последващото изчисляване на естествените честоти при пълен и празен автомобил може да послужи за определяне на характеристиките на гасителите на трептения в окачването. Резонансните честоти на окачването без гасител на трептенията за конкретния автомобил са в рамките от 1,76 до 1,96 Hz. Тези честоти могат да съвпадат с честотите на смущаващите сили, породени от движението с различни експлоатационни условия (инерционни сили, скорости, неравности по пътя и др.). Характеристиките на гасителите на трептенията трябва да изместят и променят големината напреженията в окачването при резонанс в експлоатационните условия.

REFERENCES

Calvo, J.A., López-Boada, B., Román, J.L.S. & Gauchía, A. (2009). Influence of a shock absorber model on vehicle dynamic simulation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 223 (2), pp. 189-202.

Guzek, M. & Zdanowicz, P. (2021). Diagnostics of the on-vehicle shock absorber testing. *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina*, 23 (3), pp. B178-B186.

Zdanowicz, P. (2018). Comparative assessment of vertical vibrations of a vehicle on the road and during the EUSAMA test. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 421 (2), art. no. 022045.

Szymański, G.M., Josko, M., Tomaszewski, F. & Filipiak, R. (2015). Application of time-frequency analysis to the evaluation of the condition of car suspension. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 58, pp. 298-307.

Hryciów, Z., Krasoń, W. & Wysocki, J. (2021). Evaluation of the influence of friction in a multi-leaf spring on the working conditions of a truck driver. *Eksploatacja i Niezawodność*, 23 (3), pp. 422-429.