

## Изследване на спирачните свойства на лек автомобил с пиезоелектрически сензори

Георги Кадикянов

**Research on the Braking Performance of a Car with Piezoelectric Sensors:** In this paper a facility for the study of braking performance of a car by using piezoelectric sensors is described. The aim of the study is to evaluate the repeatability of the results and the effects of processing of the braking performance data obtained using piezoelectric sensors. The influence of the processing method on the results was investigated.

**Key words:** Longitudinal and Lateral Accelerations, Braking Performance, Piezoelectric Sensors, Moving Average.

### ВЪВЕДЕНИЕ

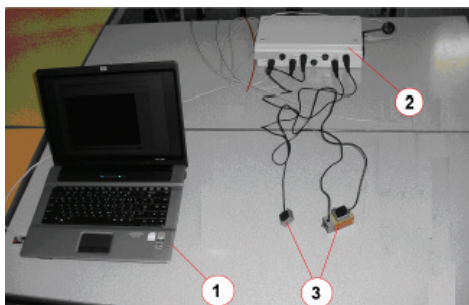
Спирачните свойства се отнасят към най-важните експлоатационни свойства, определящи активната безопасност на автомобилите. Те зависят от разнообразни фактори [1], като например: вида на настилката, състоянието и характеристиките на използваните гуми, спирачната уредба и др. По време на експлоатация на автомобилите факторите влияещи върху спирачните свойства се променят. За да се оценява активната безопасност на движение са необходими експериментални изследвания.

Един от основните параметри на спирачните свойства на автомобилите е спирачното закъснение [3]. За изследването му се използват измервателни системи, снабдени с различни сензори [2, 4], като например: индукционен сензор със зъбно колело (пътеизмервателно колело), инерционни акселерометри, измервателни схеми и др. Катедра Двигатели и транспортна техника разполага с измервателна система за ускорителните / спирачните свойства на автомобилите, използваща пиезоелектрически сензори.

Целта на статията е да се оцени повтаремостта на резултатите и влиянието на обработката на данните при изследване на спирачните свойства със система, използваща пиезоелектрически сензори.

### МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО И ИЗПОЛЗВАНА АПАРАТУРА

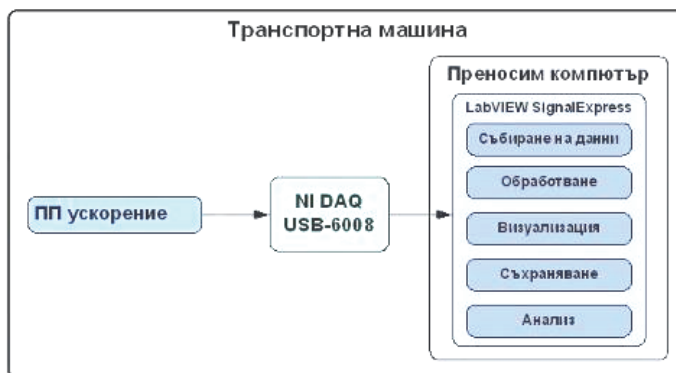
Наличната измервателна система, показана на фиг. 1, има възможност в реално време за събиране на данните, дискредитирането им през определен времеви интервал, визуализирането им в графичен и табличен вид и съхраняването им в паметта на персонален компютър. Това позволява да се проследява изменението на ускоренията през целия процес на ускоряване или спиране като функция на времето.



Фиг. 1. Общ вид на измервателната система:

1 – преносим компютър; 2 - USB устройството NI DAQ 6008; 3 - пиезоелектрически сензори.

На фиг. 2 е показана блок-схемата на измервателната система. Два пиезоелектрически сензора са разположени по подходящ начин в изпитвания лек автомобил, така че да измерват съответно надлъжните и напречните ускорения (закъснения), Изходният сигнал от сензорите преминава през USB устройството NI DAQ 6008 на National Instruments. След това данните се пренасят през USB Port в преносимия компютър. Те се обработват от приложение към специализирания софтуер LabVIEW Signal Express на National Instruments - VI Logger [5]. Събраните данни се пренасят в MS Excel в табличен вид и се построяват графични зависимости между ускорението (закъснението) и времето.



Фиг. 2. Блок-схема на измервателната система

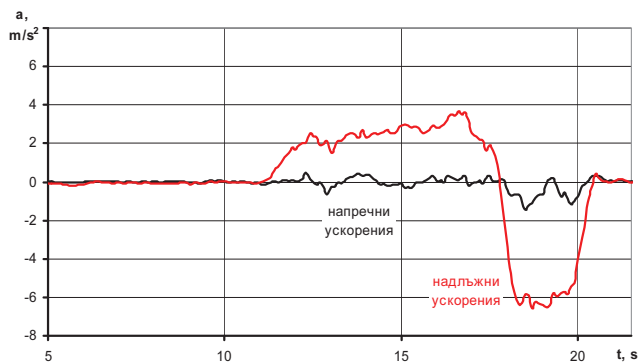
Опитите с изпитвания автомобил са извършени в двора на Русенския университет върху хоризонтален асфалтиран участък. Изследваният автомобил е ВАЗ 21102 с пневматични гуми Belshina 175/70 R13 .Всеки опит е провеждан в следната последователност. Първоначално автомобилът се ускорява до скорост 40 km/h, отчитана по скоростомера на автомобила. След достигане на зададената скорост се реализира спиране с максимална интензивност до скорост 0 km/h. При спирането се получава блокиране на колелата, тъй като автомобилът няма ABS.

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО И АНАЛИЗ

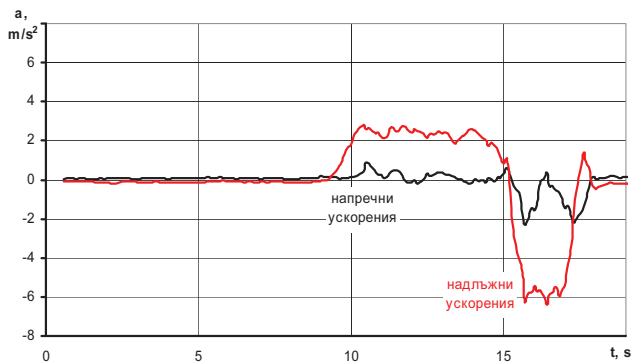
За да се изследва повторямостта на резултатите са проведени серия от три опита при еднакви условия с налягане на въздуха в гумите 0,25 МРа, двама пътници в автомобила. Резултатите са представени на фиг. 3, 4 и 5.

От получените резултати за изменението на надлъжното закъснение при спирането на автомобила се вижда, че получените максимални стойности за трите опита са приблизително еднакви – от 5,92 до 6,06  $m/s^2$ . Формата на кривата на надлъжното ускорение за трите опита е идентична. Колебанията в областта на установеното максималното закъснение може да се обяснят с блокирането и приплъзването на гумите по асфалта в тази фаза на спирането.

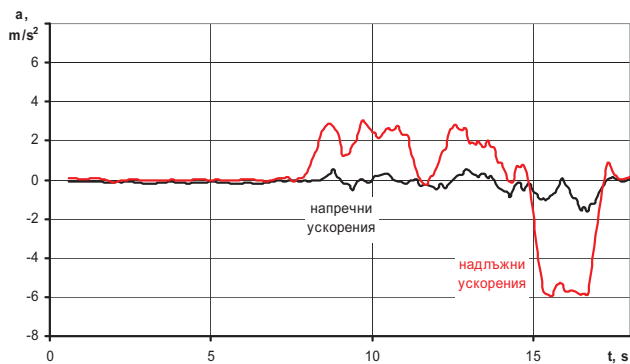
За обработване на графиките е използвана функцията за добавяне на Trend line с плаваща средна стойност. Тъй като пиезоелектрическите сензори са много чувствителни и получените резултати са с натрупан шум (фиг. 6) се налага прилагането на тази функция, която се използва като нискочестотен филтър за обработка на сигнала.



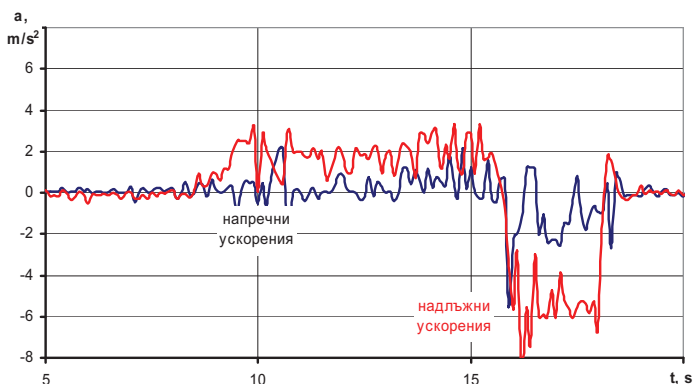
Фиг. 3. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето I<sup>ви</sup> опит



Фиг. 4. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето II<sup>ри</sup> опит



Фиг. 5. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето III<sup>-ти</sup> опит



Фиг. 6. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето без плаваща средна стойност

Необходимо е да се определи по колко точки да се определя плаващата средна стойност. Извършени са обработки с обхващане съответно на 2 точки, 6 точки и 16 точки. След обработката графиката за един от опитите е представена на фиг. 7, 8 и 9. От фиг. 7 се вижда, че при плаваща средна стойност по 2 точки шумът не е достатъчно филтриран и осцилациите остават значителни.

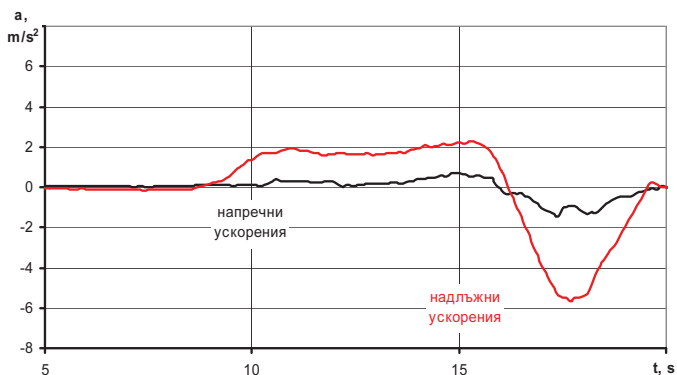


Фиг. 7. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето с плаваща средна стойност по 2 точки

При плаваща средна стойност по 16 точки (фиг. 9) графичните зависимости изкривяват прекалено резултатите, като времето за закъснителното движение от кривата за надлъжното закъснение се намалява. На фиг. 8 с плаваща средна стойност по 6 точки осцилациите са достатъчно намалени, а характерът и формата на зависимостите не се различават съществено от началните от фиг. 6.



Фиг. 8. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето с плаваща средна стойност по 6 точки



Фиг. 9. Изменение на надлъжните и напречните ускорения в зависимост от времето с плаваща средна стойност по 16 точки

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на получените резултати и извършения анализ могат да се направят следните изводи:

1. Получените резултати от трите опита показват, че при едни и същи условия, измерените със системата установени стойности на спирачното закъснение и характерът на изменение се запазват почти еднакви.

2. При обработката на получените резултати от изследвания процес е удачно да се използва функцията с добавяне на Trend line с плаваща средна стойност по 6 точки.

3. Използваната методика, апаратура и обработка са приложими за изследване на спирачните свойства на автомобилите, тъй като представят реалния процес във времето и дават добра повторяемост и достоверни резултати.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Braking Information. Final Report for the Methodology Study of the Consumer Braking Information Initiative., U.S. Army Aberdeen Test Centre, USA, 1998.
- [2] Carter, T.J., W.D.Perry. An On-board Data Acquisition System for Motorcycle Brake Testing. SAE Technical Paper Series, USA, 2002.
- [3] Correvit for the Non-contact and Non-slip Measurement of Longitudinal Dynamics. Corrsys Informational Materials, Germany, 2003.
- [4] Schraff, F.R. Data Acquisition Systems, Measurement and Controls. USA, 1998.
- [5] [www.ni.com](http://www.ni.com) – “National Instruments”; “LabView”.

### **За контакти:**

Гл. ас. д-р Георги Кадикянов, Катедра “Двигатели и транспортна техника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 526, e-mail: [gakadikyanov@uni-ruse.bg](mailto:gakadikyanov@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**