

Оценка на шума в купето на лек автомобил

Николай Ковачев

Abstract: Evaluation an internal noise in a car: An internal noise in a car was measured in order to verify the possibility for detailed analysis with the virtual instrument, developed in previous works. The applicability of the method was registered. Some statistical dependencies between car velocity, motor rotational speed, crest factor and noise were defined.

Key words: car's internal noise measurement, virtual instrument, crest factor;

ВЪВЕДЕНИЕ

Цел на настоящата работа е оценка на шума, измерен в купето на лек автомобил.

За постигането ѝ се решават следните задачи:

1. Допълване и усъвършенстване на виртуален инструмент за измерване и анализ на шума[2].
2. Изготвяне на методика за провеждане на измервания на шума в купето на лек автомобил.
3. Статистическа обработка и анализиране на получените данни.

ИЗЛОЖЕНИЕ

I. Усъвършенстване на виртуален инструмент, разработен с програмен продукт LabView 8.5, с цел използването му за измерване на шума в купето на лек автомобил.

При решаване на първата задача е използван виртуален инструмент, разработен в [1], позволяващ получаване на данни с висока разделителна способност. Програмата позволява обработка в реално време на голям брой данни, като е добавен модул за статистическа обработка. В резултат на това, в таблица се извеждат нови параметри, които могат да бъдат включени в анализа на данните за оценка на шума.

Въведен е модул за пресмятане в реално време на крест фактора - $F_c = \frac{L_{p\max}}{L_{pRMS}}$,

където $L_{p\max}$ е максималната стойност на нивото на звуковото налягане, а L_{pRMS} е средноквадратичната му стойност[4].

Стойността на параметъра дава важна информация за отношението на средноквадратичната стойност на нивото на звуковото налягане, спрямо максималната му стойност. В редица случаи оценката на шума се извършва по стойността L_{pRMS} , имаща отношение към енергетичното съдържание на шумовия сигнал. Но при наличие на краткотрайни импулси с голяма амплитуда, може да се получи деформация на оценката на шума като рисков фактор.

Виртуалния инструмент е допълнен с блок за статистическа обработка на получените данни, което в редица случаи дава възможност за наблюдение на определени параметри. Данните се записват в таблица, като за всеки цикъл се записват стойностите на нов ред, което позволява бърза обработка и визуализация. В таблицата се записват стойностите на следните параметри: мода; медиана; средна стойност; RMS; ексцес; коефициент на асиметрия; минимална и максимална стойност; обхват; брой измерени стойности във всеки отделен ред; времеви интервал между отделните измервания.

II. Методика и провеждане на измерванията.

Методиката на изследването е направена съгласно изискванията на стандарт БДС ISO 5128:1980 за измерване на вътрешния шум в моторните превозни средства [1].

Основните етапи на изследването включват:

- определяне на измервателните точки;
- определяне на параметрите, които ще се наблюдават;
- провеждане на изследването;

Избрани са 2 измервателни точки. При седалката на водача микрофонът се намира на разстояние $0,2 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$ вдясно от равнината на симетрия. В това положение се намира измервателна точка 1. Другата точка е на височина $0,7 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ над пресечната точка на равнините на незаеятата седалка до шофьора и облегалката в равнината на симетрия в хоризонтално направление. Означена е като точка 2. Микрофонът се разполага на разстояние от стените и тапицериите не по-малко от 15 см, като посоката на най-високата му чувствителност съвпада с посоката на движение на превозното средство. В посочения стандарт са определени условията, на които трябва да отговаря техническото състояние на автомобила и климатичните условия и състоянието на терена, при които протича изследването.

За втората задача се определят параметрите на измерването. Съгласно използвания стандарт всички измервания трябва да се извършват при временна характеристика „бързо“ на шумомера. За общото ниво на звуковото налягане се използва корекционна крива А на шумомера, като се измерва нивото на звуковото налягане $L_p(A)$ в относителни единици dB(A). При спектрални измервания се дава честотния обхвата на октавните или терцоктавните филтри да е в границите от 45 Hz до 11 200 Hz.

При провеждане на изследването се използва аналогов шумомер SL 401, разположен в определените точки. За поставка на шумомера е използван трипод SDV 10. Преди началото на измерването се извършва тарировка на измервателната система. Използва се акустичен калибратор robotron 05 000. Съгласно изискванията на стандарта са проведени изпитвания при постоянна скорост, при постоянно ускорение и на място. Обект на изследването е автомобил Renault 11, произведен през 1987 год. GTX - 1.7 L - 1721 cc; 90 PS (66 kW; 89 hp)

Изпитвания при постоянна скорост:

За всяка стойност на скоростта в диапазона от 0 до 90 km/h със стъпка 10 km/h е осъществен запис на шума в продължение на 5 сек. При всички стойности на скоростта честотата на въртене на вала на двигателя е постоянна и има стойност $n = 2500 \text{ min}^{-1}$. Виртуалния инструмент е настроен на честота на дискретизация 10 kHz, а броят на получените стойности – 50 000, което позволява непрекъснат запис на едно измерване в продължение на 5 сек.

Изпитвания при постоянно ускорение:

При избрана предавка номер 3 на предавателната кутия е реализирано равномерно ускорение на автомобила от 30 до 90 km/h. Настройките на виртуалния инструмент позволяват записване на цикли с продължителност 0,4 сек. При това честотата на дискретизация е 10 kHz, а броят на стойностите, които се свалят е 2500.

Изпитвания на място:

При изключени предавки в предавателната кутия двигателят работи на празен ход. С регулиране на подаването на гориво се увеличава равномерно честотата на въртене на вала на двигателя от 1000 до 5000 min^{-1} . Използвана е настройка на софтуера, идентична с тази на измерването при постоянно ускорение.

III. Обработка на получените резултати.



Фиг. 1

Зависимост на общото ниво на шума от скоростта при ускорение на автомобила от 0 до 90 km/h, като са направени измервания в продължение на 5 сек. за всяка стойност на скоростта



Фиг. 2

Зависимост на общото ниво на шума от скоростта при непрекъснато равномерно ускорение на автомобила от 30 до 90 km/h в 2 измервателни точки от купето на автомобила: - - - - - точка 1 и ————— точка 2



Фиг. 3

Зависимост на общото ниво на шума от честотата на въртене на вала на ДВГ при изпитване на място

След приключване на измерването се прави обработка на получените данни, записани във файлове, които позволяват редакция в EXCELL..

На фиг. 1 е показана динамиката на зависимостта на общото ниво на шума от скоростта на автомобила. Стойностите на нивото на звуковото налягане - L_{pA} са получени по формулата [3]:

$$L_{pA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i, \text{ където } L_i \text{ е нивото на}$$

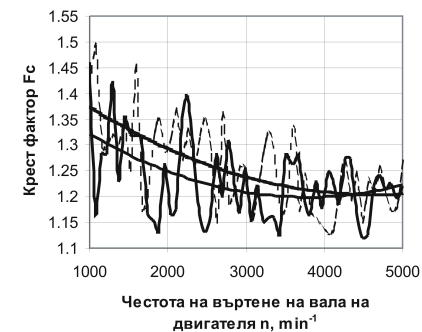
звуковото налягане в отделните точки.

Графиката показва нарастване на нивото на шума до скорост 20 km/h, където се наблюдава локален екстремум на функцията. Следва ново повишаване на нивото на шума. Около 50 km/h се наблюдава намаляване на нивото. Това е оптималната скорост при избраната предавка и честота на въртене. Следва стабилно и постоянно нарастване до около 70 km/h. Причините се дължат най-вече на аеродинамичния шум, който е квадратна функция на скоростта. До 80 km/h се запазва нивото на шума, но след това започва плавно увеличение. Уравнението на апроксимиращата крива е:

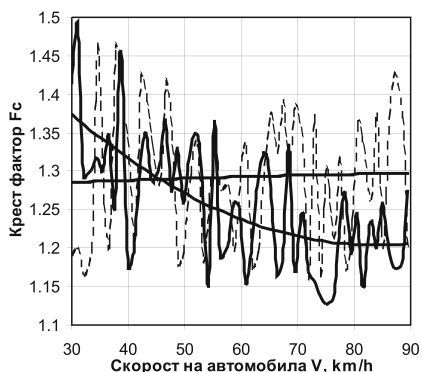
$$L_{pA} = 0,0013V^2 + 0,1817V + 72,7430,$$

където: V е скоростта на автомобила в km/h.

На фиг. 2 са показани 2 графични зависимости, визуализиращи резултатите получени при измерване на общите нива на шума в двете измервателни точки. Динамиката в кривите се дължи на по-големия брой точки, използвани за построяването им. Получени са 53 стойности за ускоряване в продължение на 28,8 сек. При непрекъснат запис са необходими 0,25 сек за регистриране на 2500 стойности и още 0,27 сек за запис на файла в указаната директория. Анализът на кривите показва плавно нарастване на общото ниво на шума до 70 km/h. Следва нарастване на нивата в точка 1 и намаляване в точка 2. до нива на скоростта около 78 km/h. Причините са в изменение на разпределението на



а)



б)

Фиг. 4

Изменение на параметъра крест фактор, в зависимост от скоростта на автомобиля (а) и честотата на въртене на вала на двигателя (б) в 2 измервателни точки от купето на автомобиля:

— точка 1 и
- - - - - точка 2

налягане в зависимост от честотата на въртене на вала на двигателя – фиг. 5а и скоростта на движение на автомобиля – фиг. 5б. Графиките са получени с програмния продукт SPSS 17. Анализът на данните показва запазване на вида на кривата, описваща закона за нормално разпределение, като се наблюдава очакваното изместване на дясно, по посока на нарастване на нивата на звуковото налягане в зависимост от скоростта и честотата.

На фиг. 6 е представена зависимостта на нивото на звуковото налягане, получена с програма STATISTICA 7, в зависимост от 2 параметъра – честотата на звука и скоростта на движение на автомобиля при равномерно ускоряване на една предавка. Вижда се съсредоточаване на шума в областта на ниските честоти и плавно увеличаване, в зависимост от скоростта.

нивата на шума купето на автомобиля с увеличаване на натоварването на двигателя при ускоряване.

На фиг. 3 се наблюдава зависимостта на общото ниво на шума от честотата на въртене на вала на двигателя при изпитване на място. Уравнението на апроксимиращата крива, получена емпирично, е:

$$Lp(A) = -6 \cdot 10^{-7} n^2 + 0,005n + 63,63,$$

където: n е честотата на въртене на вала на двигателя, min^{-1}

Стойностите на нивата на шума, показани на фиг. 1, 2 и 3, не показват превишаване на пределно допустимата стойност на общото ниво на шума по корекционна крива А в купето на лек автомобил.

Фиг. 4 представя динамиката в изменението на крест фактора. Посочени са две графики, като на всяка е посочено измерението на параметъра, в зависимост от скоростта на автомобиля и честотата на въртене на двигателя, като са посочени апроксимиращите криви за двете измервателни точки.

Получени са следните уравнения, описващи изменението на параметъра:

- в точка 1:

$$F_c = 2.10^{-8} n^2 - 0,0001n + 1,4238$$

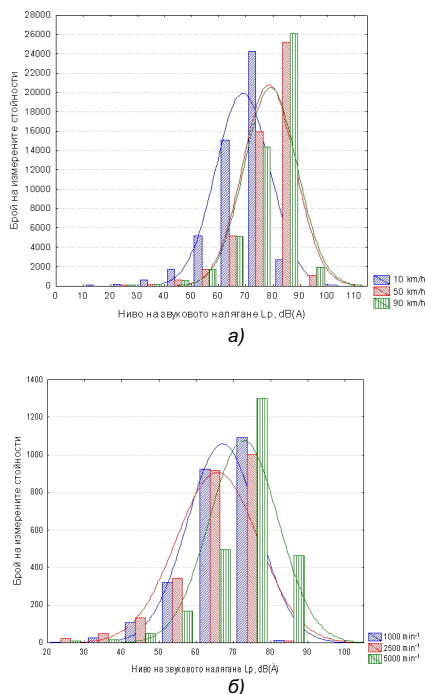
$$F_c = 6.10^{-5} V^2 - 0,0098V + 1,6144$$

- в точка 2:

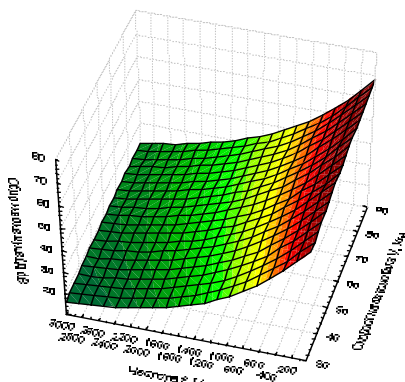
$$F_c = 1.10^{-8} n^2 - 0,0001n + 1,4799$$

$$F_c = -2.10^{-6} V^2 - 0,0004V + 1,2745$$

Получени са хистограмите на разпределение на нивата на звуковото налягане. На фиг. 5 са представени разпределенията на нивата на звуковото



Фиг. 5 Разпределение на нивата на звуковото налягане: а) - в зависимост от скоростта на автомобила и б) - от честотата на въртене на вала на двигателя.



Фиг. 6 Зависимост на нивото на звуковото налягане от честотния спектър на шума и скоростта на автомобила

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа бяха показани резултатите, получени при оценка на шума в купето на лек автомобил, получени с използване на устройство за събиране на данни DAQ NI 6210. Усъвършенстване е виртуален инструмент, разработен с програмния продукт LabView 8.5, който позволява софтуерна обработка на получените данни, визуализация и запис, адаптиран за конкретната нужда на измерването.

Дадени са някои основни правила при провеждане на измерванията, на базата на изискванията на стандарт БДС ISO 5128:1980.

Установени са очакваните тенденции в изменение на нивата на звуковото налягане в зависимост от честотата на въртене на вала на двигателя и скоростта на движение на автомобила, като е показана възможността за детайлен анализ и получаването и обработката на голям брой данни в реално време, което може да бъде полезно в бъдещи изследвания за установяване на риска от шума за пътниците в купето на лек автомобил.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС ISO 5128:1980, Измерване на вътрешния шум в моторните превозни средства. София, 1996
- [2] Ковачев Н., Методично усъвършенстване на измерването на шумови емисии. Част I. Методика за измерване на шума с виртуален инструмент, разработен в LabView 8.5, продължителност и ред на измерванията. Русе, Русенски университет «Ангел Кънчев», Научни трудове, том 45, серия 1, 2006, стр. 268-271
- [3] Сметана, Ц., Измерване на шум и вибрации, ДИ „Техника“, С., 1976
- [4] Hassall, J.R., K. Zaveri, Acoustic noise measurements, June 1988 Bruel & Kaer, Sweden

За контакти:

ст. ас. инж. Николай Ковачев “Екология и опазване на околната среда”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 485, e-mail: nkovachev@ru.acad.bg