

## Мероприятия за намаляване нивото на шума на дизелови двигатели

Неделчо Иванов, Здравко Иванов

*Measures for reduction of emitted noise from diesel engines: In this paper authors show and discuss experimental data about effectiveness of used partial encapsulation as measure for reduction of the noise level of diesel engine D3900. Eight types of noise reduction barriers are investigated, and reduction of 4,9 dB(A) have been achieved.*

*Key words: Diesel engine, Noise, Noise reduction.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Нивото на шума, излъчван от двигателите с вътрешно горене е една от основните им екологични характеристики. Този показател е от особена важност за дизеловите двигатели с непосредствено впръскване, враждани в автомобилите, поради спецификата на работния им процес и по-точно поради високите стойности на нарастване на налягането в цилиндъра, регистрирани веднага след периода на задържане на самовъзпламеняването. Един от методите за намаляване на високите нива на излъчвания шум при този тип дизелови двигатели, използван от фирмите производителки, е екранирането на двигателя, което може да бъде частично или пълно.

За оптимизация на излъчвания директен шум от работния процес може да се варира с всички параметри, имащи отношение към него като възбуждане, предаване през структурата на двигателя и излъчване от повърхнините. Важна част в този процес е намаляне на възбуждането. Опитът показва, че всяка мярка за намаляне на шума от работния процес при дизеловите двигатели с обемно смесобразуване води до промяна на параметрите на горене. По правило мерките за намаляне на шума водят до понижаване емисията на NOx и незначително повишаване специфичния разход на гориво, [3].

Директния шум от работния процес е в силна зависимост от средното ефективно налягане. В областта на ниските натоварвания се забелязва нарастване на шума с нарастване на натоварването. След достигане на определен максимум стойностите започват да намалят, като тази тенденция се задържа до достигане на пълно натоварване. Зависимостта на директния шум от натоварването отслабва с нарастване честотата на въртене.

Сравняването на резултатите от работата на двигателите на стационарни и нестационарни режими, показва, че причината за споменатата типична зависимост се дължи на количеството гориво, впръснато в горивната камера и подготвено за изгаряне до момента на видимото горене. Колкото периода на задържане на възпламенението е по-голям, толкова по-високи стойности на директния шум следва да се очакват. Съществуват както физични, така и химични фактори, чрез които може да се влияе върху периода на задържане на възпламенението, [5].

Друга възможност за редуциране на шума от горивния процес дава моделирането на характеристиката на впръскване. Опитите в това отношение също показват, че с намаляне на количеството гориво, впръснато през периода на задържане на възпламеняването, се намаля и зависимостта на шума от горивния процес от натоварването, като същевременно намаля и максимума в средния диапазон на натоварване.

Съществено намаляване на общия шум на двигателя, при всички режими на работа при дизеловите двигатели с обемно смесобразуване може да бъде постигнато, само чрез намаляне на директния и индиректния шум от горивния процес при високи честоти на въртене. Изследванията тук показват зависимостта му

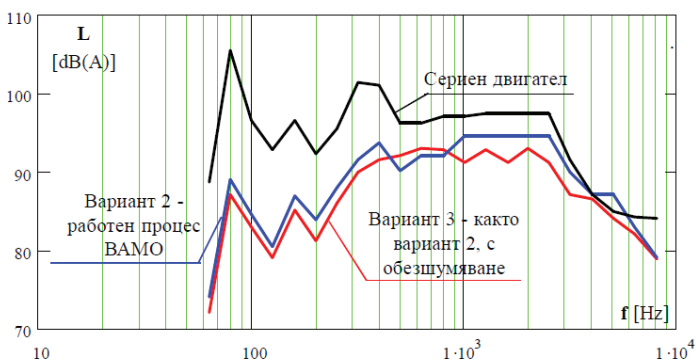
от натоварването и начините за неговото намаляне чрез минимизиране на количеството гориво, подавано в периода на задържане на възпламенението и задържането му в константни граници по отношение на натоварването на двигателя.

Друг метод за намаляне нивата на излъчвания шум от двигателите притежаващ значителен потенциал е използването на екраниращи елементи в зоните с максимално шумоизлъчване. Тези елементи представляват специални конструкции тип „сандвич“. В състава им влизат еластични елементи за демпфиране на звуковите вибрации. Употребата им се ограничава само в зоните с не високи температури. За целите на това изследване е използвано частично екраниране на няколко зони от изследваните двигатели.

Поради липса на „шумова“ камера за изследване на ДВГ, двигател Д 3900К е изследван по сравним технически метод в свободно звуково поле, над звукоотразяваща плоскост. Измерванията са проведени в лабораториите на катедра ТТТ на Техническия Университет - Варна и могат да се считат за първоначални, клас на точност втори по смисъла на нормативните документи. Преди провеждане на експерименталните изследвания са проведени измервания за определяне шумовите характеристики на изследваното помещение за съответствие с изискванията на техническия метод за определяне на нивата на звукова мощност на двигатели с вътрешно горене. Преди всяко измерване на шумова характеристика се определя нивото на шумовия фон в помещението. При стойности на шумовия фон близки до измерваните се извършва корекция на самите измерени стойности.

Характерните данни на измервателния метод са следните:

- брой на измервателните точки по обхващащата повърхнина съгласно изискванията на техническия метод за определяне нивото на звукова мощност - 8;
- измерително разстояние - 1 m;
- площ на измервателната повърхнина за измервания на шум в помещението, отговарящи на условията на техническия метод - 18,87 m<sup>2</sup>;
- корекционен коефициент на помещението, определен аналитично, съгласно методиката за изследване реверберацията в лаборатории и помещения за изследване на двигатели с вътрешно горене -  $\kappa = 1,98$ ;
- измерванията се извършват с теснолентов честотен анализатор в терцоктавни честотни ленти. Използваните уреди позволяват да се извърши спектрален анализ



Фиг. 1. Спектри на нивото на шума на двигател Д 3900К, фаб. № 130 183, при различните варианти.

за идентифициране на източниците на шум и определяне посоките на шумоизлъчване. Използвани са и корекционни филтри по скала А.

- двигателят е двойно каскадно виброизолиран от фундамента с помощта на специално разработени виброизолатори. Тези виброизолатори обезпечават сравнително ниска собствена честота на окачване на системата двигател - фундамент, която е от порядъка на 5-7 Hz. По този начин се намаляват нивата на предаваните от изпитвания двигател механични вибрации към фундамента, поради което се намалява влиянието на вторичните шумове върху измерванията на шума. Тези шумове се излъчват следствие вибрациите на фундамента и свързаните с него системи;

- влиянието на спомагателните агрегати и системи, свързани с двигателя е ограничена. Същия се изпитва без вентилатор, помпи "Плеси", с въздушен филтър и ненатоварен алтернатор.

За повишаване достоверността на получените резултати, различните варианти са изследвани при еднакви акустични условия, режими на работа, товарни и частични характеристики.

#### 1. Резултати от изпитването.

Измерени и определени са нивата на звуково налягане в терцоктавни честотни ленти, общи нива по скала "А" и скала "L". Получените резултати за различните изследвани варианти и в различните точки на измерване са обработени с пакет приложни програми за изследване на шумови характеристики на двигатели, разработен в катедра "Транспортна техника и технологии" при Технически университет Варна.

Изследвани са общо 34 варианта, по-важните от които са:

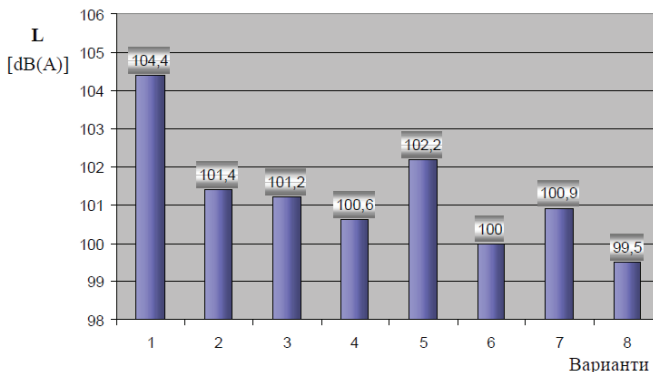
Вариант № 1 - сериен двигател Д 3900К, ф.№130183;dB(A);

Вариант № 2 - както Вариант № 1, с нов работен процес (камера закрит тип), бутала изработени от надевтектична сплав АК18 по чертеж 343 52 222, шайба ремъчна със спици и оребрен изпускателен колектор;

Вариант № 3 - както Вариант № 2, без въздушен филтър, със звукоизолиран въздуховод;

Вариант № 4 - както Вариант № 3, с плъзгащ лагер на паразитно зъбно колело на (ПЗК) на разпределителна предавка;

Вариант № 5 - както Вариант № 4, с екран от "ANTIFON" на капак



Фиг.2. Средно ниво на звуково налягане при отделните варианти за двигател Д3900К, фаб. № 130183: n=2500 1/min; P<sub>e</sub> = 54,4 kW.

разпределителна предавка;

Вариант № 6 - както Вариант № 5, с пенопластмаса между екрана и капака;

Вариант № 7 - както Вариант № 6, с екран от "ANTIFON" на блок-картер;

Вариант № 8 - както Вариант № 7, с виброизолиран всмукателен колектор.

Общото ниво на шума на отделните варианти при номинален режим на работа на двигателя е дадено в Таблица 1.

Спектрограмата на нивото на звуково налягане, при отделните варианти е показана на фиг.1, а хистограмата за ефекта от различните решения, на фиг.2.

2. Анализ на получените резултати.

От анализа на резултатите и оценката на акустичната ефективност на обезшумяващите мероприятия, дадена в таблица 1, могат да се направят следните изводи:

а) Ефективността на приложените мероприятия възлиза на 4,9 dB(A). Достигнатото ниво от 99,5 dB(A) е завишена стойност, поради наличие на необезшумени инсталации в изпитателния бокс за

отвеждане на отработилите газове, опори за закрепване на двигателя към фундамента, както и наличие на шум от работата на динамометъра;

б) Акустичната ефективност на приложения нов работен процес може да се оцени на около 2,5 dB(A);

в) Обезшумяващото ниво на конструктивните решения е около 2,4 dB(A). От спектрограмата на фиг.1 се вижда, че ефективността на тези решения може да се повиши, ако се намали шумността в честотните ленти със средногеометрични честоти от 300 до 600 Hz и от 800 до 1500 Hz;

г) Изследванията показаха, че екранирането има обезшумяващ ефект само в комбинация с пенопластмаса или друг уплътнител.

От анализа на резултатите от проведените експерименти може да се направи извод, че за намаляване на нивото на излъчвания шум и достигане на зададените параметри, за двигател Д 3900К - 98 dB(A), е необходимо:

1. Разработване на работен процес с камери закрит тип.

2. Реализиране на плъзгач лагер на ПЗК, шайба ремъчна със спици, оребрен изпускателен колектор, екраниране на капак разпределителна предавка, като контура на екрана се уплътни със силиконова паста, виброизолиране на смукателния колектор.

За по-нататъшното обезшумяване на конструкцията се предлага да се извърши следното:

- Подмяна на капак цилиндрова глава, изработен в момента от листов стомана, с отливка от алуминиева сплав;

- Подмяна на материалите на вана маслена, колектор смукателен, капак разпределителна предавка с материал с по-високи демпфиращи качества;

- Откриване на зоните и източниците с повишени нива на шумоизлъчване в честотните интервали 300-600 и 800-1500 Hz и предприемане на конкретни мерки за обезшумяването им.

Таблица 1.

Комплектация на двигателя	Средно ниво, dB(A)	Ефект, dB(A)
Вариант №1	104.4	-
Вариант №2	101.4	3
Вариант №3	101.2	0.2
Вариант №4	100.6	0.6
Вариант №5	102.2	-1.6
Вариант №6	100	2.2
Вариант №7	100.9	-0.9
Вариант №8	99.5	1.4

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Обобщавайки резултатите от разработката могат да се направят следните изводи:

1. Проведените експериментални изследвания показват, че разработения комплекс от обезшумяващи мероприятия, намалява средното ниво на звуково налягане на двигател Д 3900К от 104,4 dB(A) до 99,5 dB(A).

2. Натрупаният изследователски и експериментален опит дават възможност да се препоръчат конкретни решения и разработят програми за по-нататъшно обезшумяване на конструкцията на дизеловия двигател Д 3900К.

3. Необходимо е да се извършат изследвания с нов тип горивна апаратура, осигуряваща възможност за коригиране характеристиката на впръскване на горивото в цилиндъра на двигателя, с цел осигуряване на условия за съкращаване периода на задържане на самовъзпламеняването. В тази насока авторите виждат значителен потенциал, тъй като проведените изследвания показаха високи нива на излъчвания шум от работния процес на двигателя.

4. Моделирането на характеристиката на впръскване, в комбинация с организацията на смесообразуване на двигателя, трябва да осигуряват необходимото количество изпарено гориво през периода на задържане на самовъзпламеняването, с цел намаляне максималните стойности на скоростта на нарастване на налягането в цилиндъра на двигателя.

## **ЛИТЕРАТУРА**

[1]. ТИДД, Приложни изследвания за намаляване нивото на шума на двигател Д 3900 до 98 dB(A), Отчет 87-2029-2-03.

[2]. Оценка на шума на подобрен двигател 4.236, Perkins, Отчет 1983/R497.

[3]. Димитров А., Севастакиев В, Иванов З, Беярова Ж., Екологични характеристики на ДВГ и автомобилите, ТУ-Варна, 2003.

[4]. Тема 900/1986 год., НИС при ВМЕИ-Варна, Проучване възможностите за подобряване шумовите характеристики на двигатели Д2900 и Д3900.

[5]. Иванов З., Изследване шума от работния процес при автомобилни дизелови двигатели, Дисертация, 2004.

[6]. Иванов Н., Период на задържане на самовъзпламеняването при автомобилни дизелови двигатели, Дисертация, 2003.

## **За контакти:**

Доц. д-р Здравко Динчев Иванов, Катедра "Транспортна техника и технологии", Технически университет Варна, тел.: 052-383 464, e-mail: zdravko.ivanov@tu-varna.acad.bg.

Доц. д-р Неделчо Стойчев Иванов, Катедра "Транспортна техника и технологии", Технически университет Варна, тел.: 052-383 315, e-mail: nidial@abv.bg.

**Докладът е рецензиран.**