

Влияние на директното впръскване на бензин върху екологичните характеристики на двигателите с вътрешно горене

инж.Борислав Пенчев, инж.Веселин Михайлов,

Abstract. *The primary motivation for stratified-charge spark-ignited direct injection engines is to maximize fuel economy by operating the engine with minimal (preferably no) throttling at part load. This requires control of the fuel-air mixing process to create a fuel cloud around the spark plug that is favorable for ignition and complete combustion in every engine cycle. This paper illustrates the ecological aspects of this process. On one hand it turn attention to the problem with gas emission and on the other the noise emissions. It also shows some possible ways for fighting these problems.*

Key words: *Direct Injection, Lean Burn, Stratfield Combustion, High Pressure injection, Engine Noise and Vibration.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В градски режими автомобилите с двигатели с вътрешно горене (ДВГ) работят основно на празен ход и частични натоварвания, като сумарно това се явява около 70-90% от експлоатационното им време. Оптимизирането именно на тези режими на работа значително би намалило вредното въздействие в най-чувствителните градски зони.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Съвременните тенденции при автомобилите се актуализират следвайки международните екологични норми. Влагането на старт- стоп системи, хибридни автомобили, оптимизирането на горивният процес, неутрализацията на отработилите газове и т.н са мероприятия, целящи оптимизиране на точно тези неблагоприятни режими на работа. Наблюдава се развитие за намаляване на литровият обем на двигателите и повишаване на мощността им позната с термина(downscaling), непрекъснато увеличаване на мощностите показатели, подобряване на горивната икономичност и емисии на вредни компоненти в отработилите газове, водят до неминуемо повишаване нивата на вибрациите и шума на транспортните машини. Този факт налага задълбочено изследване на източниците и причините за високите нива на шумоизлъчване, както и подобряване на методиките за изследване и управление на вибрационните и шумови процеси.

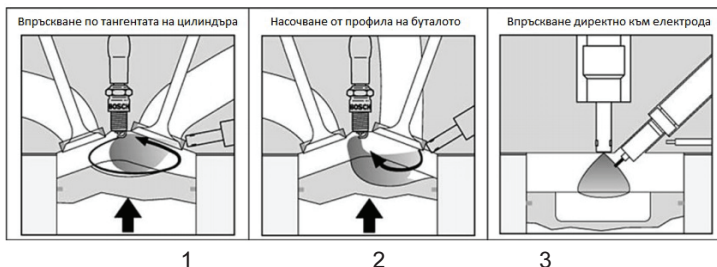
През последното десетилетие се появи известен стремеж за получаване на по-голяма мощност на бензиновите двигатели при разход конкурентен на този при дизеловите. Това е причината да се предприемат „нови“ решения за организацията на работния процес. Така смесообразуването преминава от карбураторът през моно-впръскването и многоточковото-впръскване до директното(непосредствено в цилиндъра)впръскване на гориво.

Горивната камера на ДВГ е като един малък химически реактор и процесите, които протичат в него се влияят и от най-малката промяна в условията на процеса. При горивните системи с директно впръскване на бензин смесообразуването се извършва за кратко време в горивното пространство- вътрешно смесообразуване, нещо добре познато ни от дизеловият двигател. По тази аналогия се постига и регулирането на натоварването в режими на разслоено смесообразуване–качествено.

За кратко време се извършва разпределението на гориво-въздушната смес(ГВС) в обемът на горивната камера, като в зоната около електродът на запалителна свещ е необходимо образуването на такъв състав който да позволи започването на устойчиво горене.

Начините по които се организира смесообразуването условно разделяме на три според начинът на получаване на локално обогатяване около електрода на

запалителната свещ (фиг.1), като всеки от начините оказва специфични особености върху екологичните параметри.

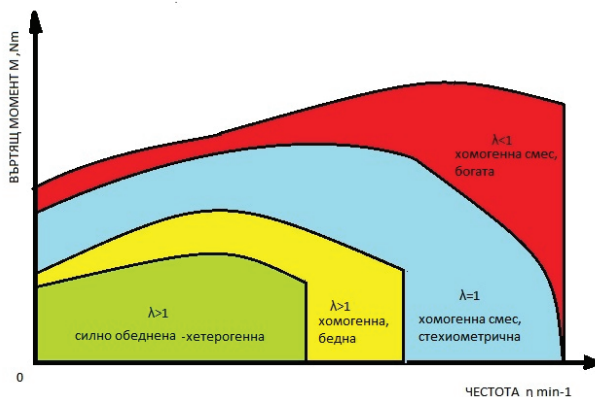


Фиг.1. Начини на смесобразуване:

1. Впръскване по тангентата на цилиндъра 2. Насочване от профила на челото на буталото 3. Впръскване на струя гориво директно към електрода на свещта

Именно тези фактори на организация на процеса пораждат и нови насоки за постигане на ефективни мощностно-икономически параметри. До сега за организация на горивния процес винаги става въпрос за смеси близки до стехиометричната, което определя най-добри изходни параметри.

При директното впръскване на горивото се цели разслояване на горивния заряд с локално обогатяване в зоната на запалителната свещ ($\lambda=0,85-1$), което би възпламенило останалото количество гориво в обема, като общо отношението достига непознатите до този момент стойности от $\lambda= 3-4$ (фиг.2).



Фиг.2

Състав и вид на ГВС на бензинов ДВГ с директно впръскване в зависимост от режима на работа

Безспорен остава и факта, че максималната мощност при бензиновият двигател се постига при хомогенен състав на сместа и дори частично преобогатяване $\lambda= 0,85$, Така при необходимост от по-висока мощност, екологията и добрата икономичност отстъпват приоритет. От казаното до тук става ясно че в различните режими на работа този тип горивни системи позволяват работата както с обеднени така и с обогатени смеси, като преходът между тях не бива да е осезаем при работата на двигателя.

На пазара при автомобилните производители са налични редица разработки за работа с обеднени смеси под различни търговски наименования и абревиатури. При повечето от тях се наблюдават иновации в стремежа за постигане на по-добра надеждност и икономия. Трудно е да се обобщи информацията относно всяка разработка, но при повечето от тях са налице следните предимства и недостатъци:

С до 20-25% по добра горивна икономичност в зависимост от ездовият цикъл

По-малки помпени загуби и по-висока степен на сгъстяване - в следствие на качествено смесобразуване и изпарението на горивото в горивната камера

Подобрена подготовка на ГВС благодарение на по-високото налягане и температура в среда на аеродинамични сили в горивното пространство .

По-малко топлинни загуби и по-добър коефициент на напълване

Липсва горивният филм, който се придвижва към цилиндъра, което намалява инертността при различните преходни режими и при ускорение не се налага преобогатяване, при принудителен празен ход реагира бързо.

Директното впръскване на горивото предполага и по-прецизното регулиране на гориво въздушната смес, по-бърз пуск при различни атмосферни условия с по –малко обогатяване.

Рециркулация на отработилите газове е с по-големи стойности

Стабилна работа с по-ниско октанови горива

Намалени са някои от емисиите на отработилите газове: по-малко отделени въглеродороди CH при студен старт; по-ниски емисии на въглероден оксид CO , бързо подгръване на катализатора

Повишена е литровата мощност и са налице условия за софтуерно надграждане на системата.

Освен посочените предимства на двигателите с директно впръскване налице са и редица недостатъци върху които в следващите разработки предстои да се оптимизират:

- По-високи емисии на въглеродороди CH при по-малки натоварвания;
- По-високи емисии и на азотните окиси NOx при работа с частични и големи натоварвания;

- Повишено отделяне на твърди частици;

- Повишени са нивата на излъчваният шум от работния процес в следствие на високите стойности на скоростта на нарастване на налягането в цилиндъра;

- Шум характерен за помпата за високо налягане;

- Изисквания към качеството на горивото и склонност към износване на горивните елементи (високи налягания и ниски смазочни свойства на горивото);

- Значително отлагания на въглеродородни депозити върху инжектори и всмукателни клапани;

- Високи изисквания за управление на преходните режими и наложително бързодействие;

- Висока себестойност на горивната система;

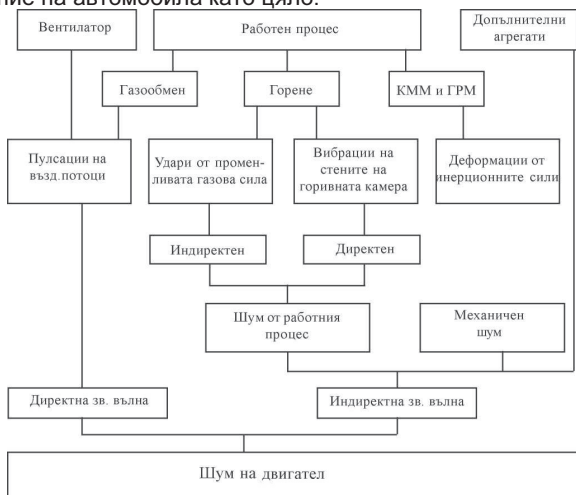
- Непълно използване на трипътният неутрализатор на отработили газове.

При двигателите с директно впръскване поради специфичната си конструкция и продължителната работа на двигателя с бедни смеси се налага използването на различни от конвекционалните при бензинови двигатели системи за неутрализация на отработилите газове. При бензиновите двигатели с външно смесобразуване при впръскване не се изпарява напълно горивото поради по-ниската температура извън цилиндъра от където неминуемо се повишават и емисиите на въглеродороди CH . Този негативен ефект липсва при вътрешното смесобразуване и това позволява

намаляването под 700мин-1, което води след себе си ползите от по-малко токсични компоненти на празен ход и по-нисък разход на гориво и именно в градски режими на шофиране.

Известно е че при продължителна работа с бедна горивна смес стандартният трипътен каталитичен неутрализатор не успява да неутрализира количествата на NOx в отработилите газове. Недостатък на тези катализатори е, че необходимият за окисление на въглероден оксид (CO) и въглеводородите (CH), кислород (O2) се отнема в полза на оксидацията на азотните оксиди (NOx), но при условия, че е налице голямо количество свободен кислород (O2), то той изпълнява функцията си на окислител, а голяма част от азотните оксиди (NOx) не променят вида си до изхода му. Това налага прилагането на допълнителни мерки за неутрализация на азотните оксиди (NOx) при такъв тип двигател. Тези мерки водят до усложняване и оскъпяване на изпускателната система с внедряване на допълнителен NOx-акумулиращ неутрализатор и сензори.

Наред с изискванията за горивна икономичност и емисии на отработилите газове при двигателите с вътрешно горене борбата с шума се явява една от сложните задачи за решаване, защото шумът и вибрациите предизвикват бърза умора, понижаване на работоспособността, а в редица случаи са причина за травми и заболявания. Двигателят е основен източник на шум в автомобила (фиг.3). От неговите акустични параметри и звукоизлъчване зависи в голяма степен общото шумово състояние на автомобила като цяло.



Фиг.3.

Шум излъчен от от бензинов двигател

Изследванията на шума, излъчван от двигателите с вътрешно горене показват, че един от основните фактори, определящ нивото на шумоизлъчване на даден двигател е вида и организацията на работния процес.

Общият излъчван шум от двигателя е следствие от развитието на работния процес и съпровождащите го механични процеси. Той се състои се от две независими една от друга компоненти - механичен шум и шум от работния процес. Различния тип смесобразуване при директното впръскване и различния характер на протичане на работния процес, влияе пряко върху честотния спектър на възбуждащите сили, а от там и върху нивото на излъчвания шум. Сравнен с бензиновите двигатели с външно смесобразуване, по-високи шумови емисии се

срещат при директното впръскване в следствие на рязкото покачване на налягането в цилиндъра.

За редуциране на шума от работния процес съществуват принципно две възможности.

- редуциране на предавателната способност на конструкцията на двигателя, чрез акустична оптимизация формата на детайлите и използване на демпфиращи материали;
- управление, в определени граници, параметрите на работния процес, с цел намаляване на възбуждащите шума сили.

Шумът и вибрациите възникват вследствие развитието на колебателните процеси в еластичните системи с последващо излъчване на колебателната енергия в обкръжаващата среда.

При осъществяване на работния цикъл на двигателя, газовете обеми, заключени в смукателните и изпускателни системи, изпитват смущения, чиято интензивност се определя от колебанията в налягането при процесите на газообмен. Излъчването на звуковата енергия в този случай се осъществява чрез отворите и стените на тези системи. Променливите стойности на налягането в цилиндрите на двигателя, в рамките на един работен цикъл, предизвикват колебания в стените на горивната камера, челото на буталото и цилиндровата втулка. Ударите, съпровождащи работата на механизмите, водят до поява на вибрации в конструкцията на двигателя. Вибрациите, възникнали в определено място, се разпространяват по елементите на конструкцията и тяхната енергия също се излъчва в околната среда под формата на шум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повишаването на изискванията за отделяните вредни емисии и налягането на все по-строги стандарти налага задълбоченото изучаване, както на образуването на твърди частици (сажди) и високите нива на NOx, така и на повишените емисии на излъчван шум и вибрации. Високата скорост на нарастване на налягането в цилиндъра пряко влияе на шумът от работния процес. По-доброто познаване на източниците и характерът на шум дава възможност за предприемане на мерки за неговото намаляване.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ангелов И., Овчаров В., Вибрации и шум в транспортните средства, Техника, София, 1985.

[2] Узунтошев Т., Горивни уредби и управление на ДВГ (бензинови двигатели), ТУ-Варна, 2012

[3] Димитров А., В.Севастакиев,З. Иванов, Екологични характеристики на ДВГ и автомобилите, 2006

[4] Bosch Gmbh., Direct Petrol Injection System with Bosch Motronic MED7- Study Programme 253, 2014

За контакти:

инж.Борислав Пенчев, ас.инж. Веско Михайлов.

Катедра "Транспортна техника и технологии", Технически университет - Варна, тел.: 052/ 383 464, e-mail: b_penchev@tu-varna.bg , v_mihaylov@tu-varna.bg.

Докладът е рецензиран.