

Влияние на ъгъла на изпреварване на запалването при работа с природен газ

Красимир Богданов, Борис Стоянов, Недьо Недев

Influence of advance of ignition at working with CNG: The paper examines the influence of the angle of ignition advance work on spark-ignition engine with compressed natural gas in different frequency regimes on power and environmental performance. It is concluded, allowing its optimization

Key words: CNG, advance of ignition, ICE.

Усиленото експериментирание и използване на природния газ, като гориво за транспортни средства датира от около 20 години. В много европейски страни той се възприема, като алтернатива на традиционните горива – дизелово гориво и бензин. Използването на природен газ, чието съдържание е около 98% метан, намалява съществено нивото на токсичните компоненти в отработилите газове. Това е особено важно за автомобилите, които се движат в населените места, където концентрацията на токсични компоненти във въздуха е най-голяма. Прогнозите за използването на природен газ, като гориво за транспортни средства са трайни, поради голямото количество залежи, намиращи се в Сибир и други райони на света. Все още има неразработени находища, където предстои изграждането на газопроводи за транспортирането му.

Автомобилните производители в настоящия етап разработват програми за производство на серийни леки и леко-товарни автомобили, както и на градски автобуси, работещи със сгъстен природен газ. Водещи в тази област са Дженерал Моторс, Крайслер, Фолксваген, Форд, Деу, Къминс, Катерпилар, БМВ, Хонда и др.

Съществуват разработки за използване на газово гориво при товарните автомобили с висока товароносимост, където традиционно се използват дизелови двигатели. В момента в Англия, Румъния и други страни се правят експерименти за използване на природен газ, като гориво за локомотиви.

Някои основни физико-химични свойства на въглеводородни горива за ДВГ са дадени в табл. 1.

Таблица 1. Основни физико-химични свойства на горивата

Гориво	ρ kg/m ³	Q MJ/kg	Q _e kJ/kg	T _b °K	L _o kg/kg	T _{max} °K	$\alpha_{гр}$	ОЧИ
Метан	416	49,1	511	813	17,1	2050	0,8-1,5	120
Бензин	710-760	44,0		500-744	15,0	2350	0,7-1,1	93
Диз.гориво	830-850	42,5	1100	~500	14,2	2370	0,9-5,0	

В дадената таблица ρ е плътност; Q – нисша топлина на изгаряне; Q_e – топлина на изгаряне; T_b – температура на самовъзпламеняване; T_{max} – максимална температура при изгаряне на горивото с въздух; $\alpha_{гр}$ – граници на устойчиво горене в зависимост от въздушното отношение; ОЧИ – октаново число по изследователски метод.

Вижда се, че метанът има по-ниска температура на горене /80-190°C/ спрямо останалите горива. От друга страна температурата му на възпламеняване е по-висока, което влошава пусковите качества на ДВГ. Известно е, че скоростта на горене на метана е най-ниска спрямо посочените в таблицата горива.

Привеждането на двигателите с външно смесообразуване и принудително възпламеняване за работа с метан води до намаляване на индикаторния коефициент на полезно действие (α_i) и загуба на мощност. Намаляването на мощността се обяснява с влошаване пълненето на цилиндъра и по-малката топлина на изгаряне на стехиометричната газо-въздушна смес.

Има възможност, използвайки основните предимства на метана да се отстранят някои от посочените недостатъци. Високото му октаново число дава възможност за увеличаване степента на сгъстяване на ДВГ, при което се повишава мощността му до стойности почти равни, с тези при работата му с бензин. Ако се използва впръскване на газовото гориво в цилиндъра на двигателя това ще доведе до получаване на високоэффективен двигател. В този случай двигателят ще може да работи и с бензин и с метан, докато повишаването степента на сгъстяване над определени граници изключва работата и с бензин.

Важно предимство на газовите горива (метанът) сравнено с традиционните нефтени горива се явява техните екологични характеристики (токсичност и димност на ОГ, шум при работа на ДВГ).

Ъгълът на изпреварване на запалването влияе съществено върху развитието на процеса горене, а следователно и върху топлоизползването, което се характеризира с индикаторните показатели. При оптимален ъгъл на изпреварване на запалването (при зададен работен режим на двигателя) средното индикаторно налягане е максимално, а специфичният индикаторен разход на гориво – минимален.

При много голям ъгъл на изпреварване на запалването процесът горене се пренася преди горна мъртва точка, което води до изразходване на допълнителна енергия за сгъстяване на работното вещество. Тази отрицателна работа не се компенсира с по-голямата положителна работа по линията на разширение. В резултат на това средното индикаторно налягане намалява и специфичният разход на гориво се увеличава.

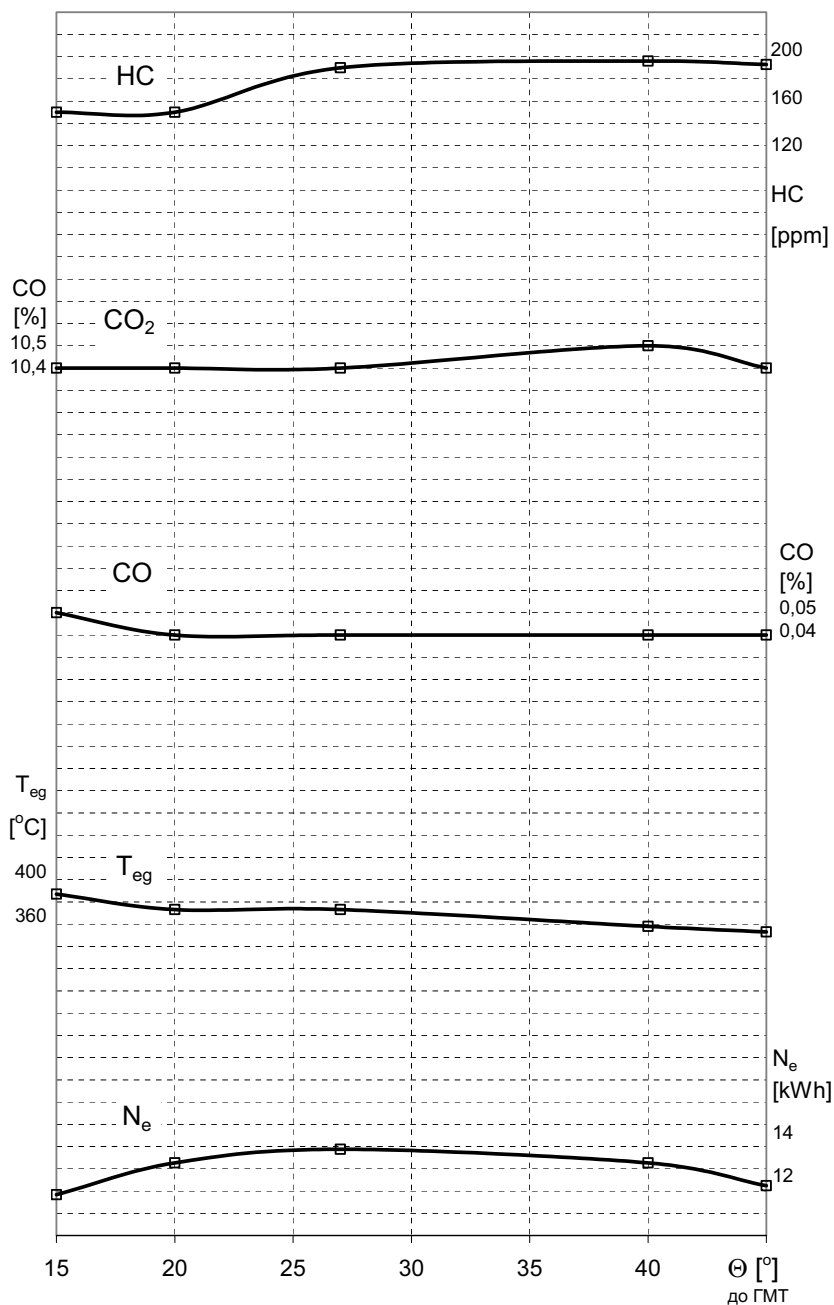
При увеличаване на ъгъла на изпреварване на запалването се създават и благоприятни условия за появяване на детонации в отдалечените места на горивната камера, тъй като рязко се повишават налягането и температурата на горивовъздушната смес пред фронта на пламъка.

Намаляването ъгъла на изпреварване на запалването предизвиква понижаване на индикаторното налягане и нарастване на индикаторния разход на гориво. Топлоизползването намалява поради пренасянето на горенето по линия на разширението. В този случай температурата на отработилите газове се увеличава значително и изпускателният тръбопровод се загрява повече.

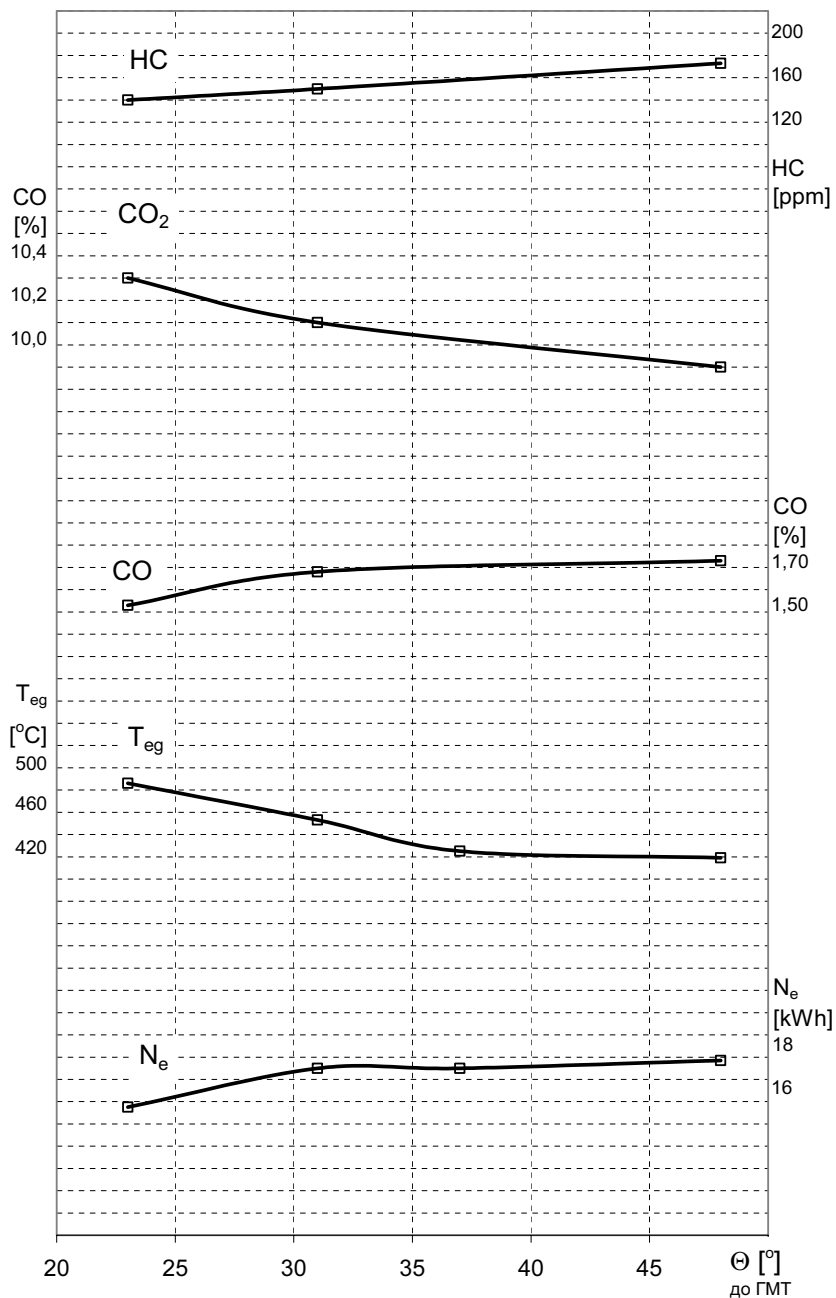
Освен това, ъгълът на изпреварване на запалването оказва влияние и върху детонационното горене при двигателите с външно смесообразуване. С увеличаването му нарастват налягането и температурата на процеса горене, поради което интензивността на детонационното горене или възможността за появата му нарастват. Когато се налага двигателят да работи с горива с по-ниско октаново число, ъгълът на изпреварване на запалването се намалява, за да се избегне детонационното горене. По този начин основният период на горене се пренася по линията на разширение и съответно максималните налягане температура и намаляват.

Ъгълът на изпреварване на запалването влияе съществено върху процеса горене при двигателите с принудително запалване. При теоретичните индикаторни диаграми се приема, че горенето протича с безкрайно голяма скорост и със същата голяма скорост се осъществява топлоотделянето. Само при тези условия горенето при теоретичното му разглеждане може да протече по изохора, т.е без промяна на обема. Приема се също така, че подготвителният период за възникване и развитие на горенето отсъства, т.е периодът на задържане на възпламеняването е равен на нула.

При реалните процеси на горенето в цилиндъра на двигателя скоростта на горене е крайна е около 50 m/s. Налице е и значителен период на задържане на възпламеняването. Ето защо, ако моментът на подаване на искрата се запази в горна мъртва точка (ГМТ), процесът на реалното горене ще протече при значително



Фиг.1. Показатели при рег.характеристика на 2000min^{-1}



Фиг.2. Показатели при рег.характеристика на 3500min^{-1}

увеличение на обема, а максималната стойност на налягането и температурата ще се получат при 40 – 60° след ГМТ. В резултат на това намалява значително реалната степен на разширение, намалява индикаторната работа и се увеличава специфичният разход на гориво.

Цел на настоящото изследване е оптимизирането ъгъла на изпреварване на запалването при работа на двигател с принудително запалване със сгъстен природен газ, при различни честотни режими.

Обект на изследване е двигател Ровър 1,3l, оборудван за работа със сгъстен природен газ с фабрична газова уредба за метан (CH₄).

Снети са регулировъчни характеристики при 2000min⁻¹ и при 3500min⁻¹, при стехиометричен състав на газо-въздушната смес. Получените резултати са показани на фиг.1 и фиг.2.

Резултатите на фиг.1 показват, че максимална мощност се получава при ъгъл на изпреварване на запалването 27° преди ГМТ. С увеличаване на предварението температурата на отработилите газове намалява. Въглеродният оксид (CO) намалява при предварение по-голямо от 20° преди ГМТ и остава на ниво 0,04%. Въглеродният диоксид (CO₂) се променя в граници 10,4÷10,5% за целия изследван обхват, а въглеродородите (HC) се увеличават от 140 на 180ppm с нарастване на ъгъла на изпреварване на запалването.

При изследване влиянието на ъгъла на изпреварване на запалването в честотен режим 3500min⁻¹ (фиг.2) се отчитат следните закономерности. Увеличаването на предварението води до нарастване на отдадената мощност от двигателя. Нивото на CO се променя в тесни граници от 1,6÷2,0%, а CO₂ намалява с увеличаване ъгъла на изпреварване на запалването. Наблюдава се и известно увеличаване на въглеводородите. Ограничаването на ъгъла на изпреварване до 48° преди ГМТ се налага от появата на детонационно горене и увеличението нивото на въглеводородите

Проведеното изследване позволява да се направят следните изводи:

1. За оптимален ъгъл на изпреварване на запалването при 2000min⁻¹ може да се счита 27° преди ГМТ, а за 3500min⁻¹ е 48° преди ГМТ.
2. Необходимо е увеличение на ъгъла на предварение при работа със сгъстен природен газ, в сравнение работа с бензин от 5÷8°, в зависимост от честотния режим

ЛИТЕРАТУРА

[1] The development of gas (CNG, LPG and H₂) engines for buses and trucks and their emissions and cycle variability characteristics. Beroun St. SAE 2001-01-0144.

[2] Димитров А., Р.Христов, Изследване влиянието вида на горивото при двигател Ровър Маестро 1,3 върху изменението на токсичните му характеристики, Десета научно-техническа конференция с международно участие „Транспорт, екология – устойчиво развитие“ Варна 2004, ISBN 954-20-00030, стр.555-562

Изследванията са извършени/подпомогнати по Договор № BG051PO001/07/3.3-02/8 „Механизми за осигуряване качествено израстване на научните кадри“, финансиран по схема "Подкрепа за развитие на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени" на ОП "Развитие на човешките ресурси" на "Европейския социален фонд".

За контакти:

Гл.ас. д-р.инж. Красимир Цанов Богданов, Катедра "Транспортна техника и технологии", Технически университет - Варна, тел.: 052-383-321, e-mail: kbog@abv.bg

Докладът е рецензиран.