

## МЕТОДИКА ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА ЪГЪЛА НА ИЗПРЕВАРВАНЕ НА ЗАПАЛВАНЕТО НА БЕНЗИНОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ ОГРАНИЧАВАНЕ НА ТОКСИЧНОСТТА НА ОТРАБОТИЛИТЕ ГАЗОВЕ

Христо Станчев, Валентин Иванов

**Method for gasoline engine spark advance angle optimization under emission limitation:** Calibration (determination of optimal control laws) of IC Engines is the main problem to be solved for design of modern electronic control systems. An approach for determination of optimal map for spark advance angle control of existing gasoline engines is proposed in this paper.

**Key words:** Gasoline engine, Spark advance angle, Air-fuel mixture, Fuel consumption, Emissions, Emission standard, Optimal control, graphs.

Разработването на електронни системи за управление на двигателите с вътрешно горене изисква решаване на голям брой сложни инженерни задачи. Една от основните задачи е определянето на програмите (законите) за оптимално управление на различните системи на двигателя. Известни са два подхода за решаване на тази задача. Единият е чисто експериментален, а другият се основава на използването на математични модели на показателите на двигателя. Все по-голямо приложение намира вторият подход, като за целта се разработва специализиран софтуер.

При определяне на програмата за оптимално управление трябва да се отчита типът на двигателя. За двигателите на намиращите се в експлоатация автомобили условието за оптималност може да бъде получаване на възможно най-малък специфичен ефективен разход на гориво при ограничението специфичната обща токсичност на отработилите газове да не превишава съществуващите законодателни норми.

Тук се предлага методика за определяне на основната програма за оптимално управление на ъгъла на изпреварване на запалването за двигателите, намиращи се в експлоатация и някои теоретични постановки за определяне на основната програма за управление на ъгъла на изпреварване на запалването за перспективни двигатели.

За определяне на програмата за оптимално управление на ъгъла на изпреварване на запалването за намиращите се в експлоатация двигатели е необходимо при няколко честотни работни режима на двигателя и стойности на разреждането в пълнителния тръбопровод да се снемат регулировъчни характеристики по състава на горивната смес при няколко стойности на ъгъла на изпреварване на запалването. По опитните данни се построяват графичните зависимости:

$$g_e = f_1(G_h); \quad N_e = f_2(G_h); \quad \text{и} \quad g_{\Sigma}^{CO} = f_3(G_h),$$

където  $g_e$  е специфичният ефективен разход на гориво;

$N_e$  – ефективната мощност на двигателя;

$g_{\Sigma}^{CO}$  - специфичната обща токсичност на отработилите газове, приведена към CO;

$G_h$  - часовият разход на гориво.

За изчисляване на  $g_{\Sigma}^{CO}$  най-напред се определят масовите количества токсични вещества в отработилите газове в kg/h по данни от измерването на обемните им концентрации при снемане на характеристиките:

$$G_i = G_h(\alpha \lambda_o + 1 - 9H)(\mu_i / \mu_{c.o.2})C_i, \text{ kg/h},$$

където  $\alpha$  е въздушното отношение;

$l_o$  - теоретичното количество въздух, необходимо за пълно изгаряне на горивото, kg/kg;

$H$  - относителният дял на водорода в горивото;

$\mu_i$  - молекулната маса на  $i$ -тото токсично вещество;

$\mu_{c.o.z}$  - молекулната маса на сухите отработили газове;

$C_i$  - обемната концентрация на  $i$ -тото токсично вещество.

Получените масови количества токсични вещества се разделят на ефективната мощност и така се получават съответните специфични количества  $g_i$  в  $g/kW.h$ .

Специфичната обща приведена токсичност се определя по зависимостта:

$$g_{\Sigma}^{CO} = g_{CO} + 10g_{NO} + 0,67g_{CH} (g_{\Sigma}^{CO} = \sum (\frac{g_{CO}^o}{g_i^o})g_i),$$

където  $\frac{g_{CO}^o}{g_i^o}$  е коефициентът на привеждане, който показва колко пъти СО е повече или по-малко токсичен от  $i$ -тото токсично вещество.

Построява се и графикът на специфичната обща приведена токсичност на двигателя при стандартно комплектуване за дадения работен режим. Пресечните точки на този график с графици на  $g_{\Sigma}^{CO}$  при различните ъгли  $\theta$  на изпреварване на запалването се пренасят върху съответстващите графици на  $g_c$ . Така се получава линията, която ограничава областта на рационалните часов разход и гориво и ъгъл на изпреварване на запалването при спазване на наложените ограничения. От условието за минимален специфичен ефективен разход на гориво се подбират оптималните стойности на ъгъла на изпреварване на запалването и на часовия разход на гориво за дадените честота на въртене и разреждане в пълнителния колектор. Същото се прави и за другите работни режими. Като пример на фиг. 1 е показано приложението на описаната методика при изпитване на двигател ВА3-2103 при честота на въртене  $2000 \text{ min}^{-1}$  и разреждане  $\Delta p_k = 350 \text{ mmHg}$ . От характеристиката са определени  $\theta_{\text{опт}} = 40^\circ$  и  $G_{h\text{опт}} = 2,51 \text{ kg/h}$ , за които  $N_e = 6,65 \text{ kW}$ , а  $g_e = 378 \text{ g/kW.h}$ .

След определяне на оптималните стойности  $G_{h\text{опт}}$  на часовия разход на гориво при няколко стойности на разреждането в пълнителния колектор за дадения честотен режим се построява графичната зависимост  $G_{h\text{опт}} = f(\Delta p_k)$  (фиг. 2). Там се построява и изменението на  $G_h = f(\Delta p_k)$  при стандартно комплектуване на двигателя (базова характеристика). По описания начин се определят оптималните стойности на часовия разход на гориво в зависимост от разреждането в пълнителния колектор при няколко честоти на въртене на колянвия вал и се построяват съответните графици.

След това опитно се подбират жигльори за карбуратора, които осигуряват изменение на  $G_h$  най-близко до оптималната крива за всички изследвани честотни режими. С така подобрите жигльори се снемат регулировъчните характеристики по ъгъла на изпреварване на запалването за доуточняване на оптималните му стойности. Получените по този начин стойности на  $\theta$  определят програмата за оптимално управление на ъгъла на изпреварване на запалването в таблична форма.

За перспективните двигатели трябва да се отчитат нормите за допустимите концентрации на автомобила по ездови цикъл. Тъй като регулировъчните характеристики се снемат при установени работни режими, необходимо е нормите за допустимата концентрация на токсичните вещества да се приведат в обемни

единици за установени работни режими. Това може да се извърши по следния начин. При известни норми за допустима концентрация на отделните токсични вещества в  $g$  /Изпитване и разпределяне на общата маса токсични вещества за различни режими, влизащи в изпитателен цикъл, може да се определи количеството на токсичните вещества, отделени за времето на движение с постоянна скорост.

Отделянето за 1  $h$  количество отработили газове може да се определи по зависимостта:

$$G_{o,z} = \mu_o G_h (1 + \alpha_o), kg / h$$

където  $\mu_o$  е коефициентът на молекулно изменение.

Обемът на отработилите газове:

$$V_{oz} = \frac{22,41}{\mu b} \cdot G_{oz}, m^3 / h,$$

където  $\mu b$  е молекулната маса на въздуха.

Като се разделят масовите количества на съответните токсични вещества на обема на отработилите газове, отделяни за времето от цикъла, съответстващо на движение с постоянна скорост, получават се концентрациите им в  $mg / l$ .

Преизчислението на концентрациите на токсични вещества в обемни единици се извършва по известната зависимост [1]

$$C_i = \frac{22,41 \cdot C_i [mg / l]}{\mu_i} \cdot 100, \%$$

където  $\mu_i$  е молекулната маса на съответното токсично вещество.

По-нататък, както в първия случай, се снемат регулировъчни характеристики по състава на горивната смес при различни ъгли на изпреварване на запалването. Построяват се графици на  $g_e$ ,  $CO$ ,  $CH$  и  $NO$  в зависимост от  $G_h$  и се нанасят определените гранични стойности на концентрацията на токсичните вещества. Пресечните точки на ограничителните линии със съответните графици на концентрациите на токсични вещества се пренасят върху графици на специфичния ефективен разход на гориво  $g_e$ . Като се съединяват пресечните точки, получават се три криви, определящи областта на рационалните часов разход на гориво и ъгъла на изпреварване на запалването. Точката на тази област, която съответствува на  $g_{e_{min}}$ , определя оптималните стойности на  $G_h$  и  $\theta$  (фиг. 3).

Същите графици се построяват и за другите честоти на въртене и разреждания в пълнителния колектор, които влизат в изпитателния цикъл. Получените оптимални стойности на  $\theta$  представяват основната програма за управление на ъгъла на изпреварване на запалването, а оптималните стойности на  $G_h$  - основната програма за управление на дозирането на гориво.

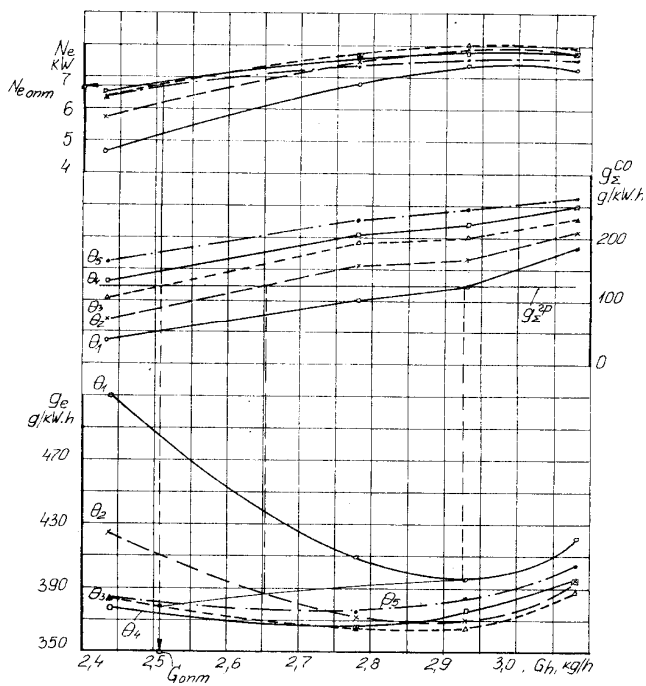
#### Литература:

1. Райков, И. Я. Испитания двигателитея вътрешного сгорания. М., Высшая школа, 1975, 320, с.

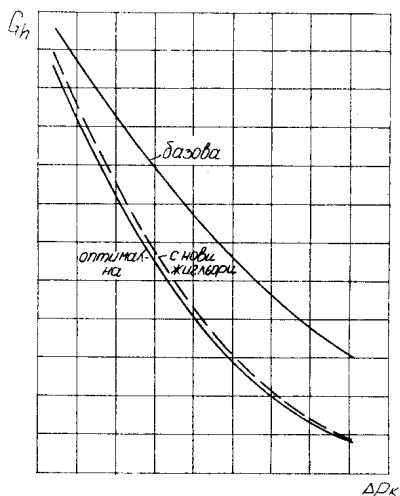
#### За контакти:

Доц. д-р инж. Христо Кънчев Станчев, катедра „Двигатели с вътрешно горене“, РУ „А. Кънчев“- Русе, тел. 082 888 275, [hshanchev@ru.acad.bg](mailto:hshanchev@ru.acad.bg)

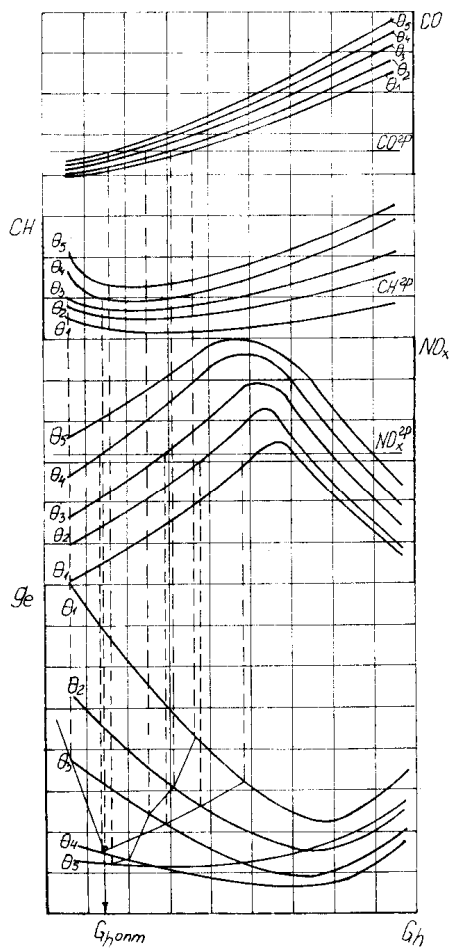
Доц. д-р инж. Валентин Димов Иванов, катедра „Двигатели с вътрешно горене“, РУ „А. Кънчев“- Русе, тел. 082 888 373, [vdivanov@ru.acad.bg](mailto:vdivanov@ru.acad.bg)



Фиг. 1. Регулировъчни характеристики по състава на сместа и по ъгъла на изпреварване на запалването при  $n = 2000 \text{ min}^{-1}$  и  $\Delta p_k = 350 \text{ mm Hg}$  ( $\theta_1 = 20^\circ$ ;  $\theta_2 = 30^\circ$ ;  $\theta_3 = 40^\circ$ ;  $\theta_4 = 45^\circ$ ;  $\theta_5 = 50^\circ$ )



Фиг. 2. Характеристика за подбиране на жигльорите



Фиг. 3. Регулировъчни характеристики на двигателя по часовия разход на гориво и по ъгъла на изпреварване на запалването при  $n = \text{const}$  и  $\Delta p_k = \text{const}$ .

Докладът е рецензиран.