

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT: 621.3:007

DİZEL MÜHƏRRİKİNİN İŞÇİ TSİKLİ ƏRZİNDƏ SİLİNDRDƏKİ İŞÇİ QARIŞIĞIN MİQDARININ HESABLAMA METODİKASI

Axundov İ.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: ilham_akhundov@mail.ru, a.ismayilov27@gmail.com

Xülasə. Məqalədə dizel mühərrikinin işçi tsiklinin hesabı zamanı sorma, xaricetmə, sıxma, yanma və genişlənmə proseslərində silindrdəki işçi qarışığının miqdarının hesablanması metodikasına baxılmışdır. Silindrdəki parametrlərin hesabı zamanı işçi qarışığının karbon qazından, su buxarlarından, oksigendən, azotdan və silindrə püskürülən yanacaqdan ibarət olduğu qəbul olunmuşdur. Sorma prosesində silindrdə olan komponentlərdən yalnız oksigen və azotun miqdarları artır, karbon qazı və su buxarlarının miqdarı isə sabit qalır. Xaricetmə prosesində silindrdəki işçi qarışığının bütün komponentlərinin (yanacaqdan başqa) miqdarının azaldığı, sıxma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığının kütlə və mol miqdarlarının dəyişmədiyi qəbul olunur. Yanma prosesində isə işçi qarışığının tərkibindəki yanacağın miqdarı azalır, digər komponentlərin miqdarı isə yanma getdikcə artır. Məqalədə bütün bunlar nəzərə alınmaqla işçi tsikl ərzində silindrdəki işçi qarışığının miqdarının hesablanması metodikası təklif olunur.

Abstract. The Article is considering the methodology for calculating the amount of working mixture in cylinder of diesel engine during the processes as for suction, exhaust, compression, combustion and expansion processes as well as during the calculation of the duty cycle of a diesel engine. When calculating the parameters in cylinder, it was assumed that the working mixture consisted as of carbon dioxide, water vapor, oxygen, nitrogen and fuel injected into the cylinder, only. During the suction process, concerning to flame components, only the amount of oxygen and nitrogen in the cylinder increases, while the amount of carbon dioxide and water vapor remains constant. It is assumed that the amount of all components of the working mixture (except fuel) during the exhaust process in the cylinder decreases, and the amount of mass and molar weight of the working mixture do not change during the compression and expansion processes. During the combustion, the amount of fuel in working mixture decreases, while the amount of other components in combustion process increases. Taking all this aspects into account, the Article proposes a Method of Calculation of the amount of working mixture in the cylinder during the working cycle.

Аннотация. В статье излагается расчетная методика определения количества рабочей смеси в процессах впуска, выпуска, сжатия, сгорания и расширения при расчете рабочего цикла дизельного двигателя. При расчете параметров в цилиндре было принято, что рабочая смесь в цилиндре состоит из углекислого газа, водяных паров, кислорода, азота и горючего, впрыснутого в цилиндр. В процессе впуска увеличивается только количество кислорода и азота, а количество углекислого газа и водяных паров остается постоянными. В процессе выпуска принимается, что количество всех компонентов рабочей смеси (кроме горючего) уменьшается, в процессах сжатия и расширения массовое и молярное количество рабочей смеси остается постоянными. В процессе сгорания уменьшается количество горючего в составе рабочей смеси, количество других компонентов увеличивается с продолжением сгорания. В статье предлагается методика определения количества рабочей смеси в течении рабочего цикла с учетом вышеизложенных положений.

Açar sözlər: İşçi qarışıq, işçi tsikl, sorma prosesi, xaricetmə prosesi, sıxma prosesi, yanma prosesi, genişlənmə prosesi, işçi qarışığının miqdarı, karbon qazı, su buxarları, oksigen, azot

Key words: Working mixture, duty cycle, suction process, exhaust process, compression process, combustion process, expansion process, mixture quantity, carbon dioxide, water vapor, oxygen, nitrogen

Ключевые слова: Рабочая смесь, рабочий цикл, процесс впуска, процесс выпуска, процесс сжатия, процесс сгорания, процесс расширения, количества рабочей смеси, углекислый газ, водяные пары, кислород, азот

Giriş. Gəmi dizel mühərriklərinin texniki-iqtisadi və ekoloji göstəricilərinin yüksəldilməsi üçün elmi-tədqiqat işlərinin, eləcə də motor sınaqlarının yerinə yetirilməsi əsas şərtlərdən biridir. Belə ki, bu zaman alınan nəticələr təhlil olunur və texniki-iqtisadi, ekoloji göstəricilərin yaxşılaşdırılması üçün müəyyən təkliflər irəli sürülür. Motor sınaqlarına çəkilən xərclərin azaldılması məqsədi ilə riyazi eksperimentlərdən istifadə olunması çox geniş yayılmışdır ki, bu da öz növbəsində dizel mühərrikin işçi tsiklini hesablamaq üçün təkmil bir hesablama metokisinin və riyazi modelin hazırlanmasını tələb edir. Bu zaman müxtəlif proseslər ərzində silindrdəki işçi qarışığının miqdarının düzgün hesablanması çox vacibdir. Belə ki, işçi qarışığının kütlə və mol miqdarı silindrdəki təzyiq və temperaturun qiymətlərinə, onlar da öz növbəsində mühərrikin indikator göstəricilərinə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bu baxımdan məqalədə baxılan müddəaların aktual olduğunu hesab etmək olar.

Əsas hissə. Silindrdəki parametrlərin hesabı zamanı işçi qarışığının karbon qazından (CO_2), su buxarlarından (H_2O), oksigendən (O_2), azotdan (N_2) və silindrə püskürülən yanacaqdan ibarət olduğu qəbul olunmuşdur.

Sorma və xaric klapanlarında qazların sərfi, qaz axını birölçülü qəbul olunmaq şərti ilə, klapanların minimum en kəsiklərindəki parametrlərə görə təyin olunur [1, səh 54-55].

Sorma prosesi zamanı hesablama addımında silindrə daxil olan havanın kütlə miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{Sj} = \mu_s \cdot F_{Sj} \cdot W_s \cdot \rho_s, \quad (1)$$

burada, μ_s - sorma klapanında sərf əmsalındır; F_{Sj} - sorma klapanında keçid sahəsidir, m^2 ; W_s - sorma klapanında qaz axınının sürətidir, m/san ; ρ_s - sorma klapanının girişində qazın sıxlığıdır, kg/m^3 .

Sorma prosesində silindrə daxil olan havanın tərkibində kütlə ilə 23% oksigen və 77% azot olduğundan silindrdə olan komponentlərdən yalnız oksigen və azotun miqdarlarının artdığı, karbon qazı və su buxarlarının miqdarının isə sabit qaldığı qəbul olunur. Onda, bu proses ərzində, silindrdəki işçi qarışığının tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin kütlə və mol miqdarları hesablama addımının sonunda aşağıdakı kimi hesablanır:

$$G_{\text{CO}_2j+1} = G_{\text{CO}_2j}, \quad (2)$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}j+1} = G_{\text{H}_2\text{O}j}, \quad (3)$$

$$G_{\text{O}_2j+1} = G_{\text{O}_2j} + 0,23 \cdot G_{Sj}, \quad (4)$$

$$G_{\text{N}_2j+1} = G_{\text{N}_2j} + 0,77 \cdot G_{Sj}, \quad (5)$$

burada, G_{CO_2j} , $G_{\text{H}_2\text{O}j}$, G_{O_2j} və G_{N_2j} - hesablama addımının əvvəlində silindrdəki karbon qazının, su buxarlarının, oksigeni və azotun kütlə miqdarlarıdır.

(2) və (3) ifadələrindən göründüyü kimi, sorma prosesi ərzində silindrdəki karbon qazının və su buxarlarının miqdarları dəyişmədiyindən onların hesablama addımının sonundakı qiymətləri hesablama addımının əvvəlindəki qiymətlərə bərabərdir.

Xaricətmə prosesi zamanı hesablama addımında silindrdən xaric olan qazların kütlə miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{Xj} = \mu_X \cdot F_{Xj} \cdot W_X \cdot \rho_X, \quad (6)$$

burada, μ_X - xaricətmə klapanında sərf əmsəlidir; F_{Xj} - xaricətmə klapanında keçid sahəsidir, m^2 ; W_X - xaricətmə klapanında qaz axınının sürətidir, m/san ; ρ_X - xaricətmə klapanından keçən, daha doğrusu, bu proses ərzində silindrdəki qazların sıxlığıdır, kq/m^3 .

Xaricətmə prosesində silindrdən xaric olan qazların tərkibində işçi qarışığın bütün komponentləri vardır. Odur ki, bu proses ərzində silindrdə qalan işçi qarışığın tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin hesablama addımının sonundakı kütlə miqdarları aşağıdakı kimi hesablanır:

$$G_{CO_2j+1} = G_{CO_2j} - G_{Xj} \cdot G_{CO_2j} / G_j, \quad (7)$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2Oj} - G_{Xj} \cdot G_{H_2Oj} / G_j, \quad (8)$$

$$G_{O_2j+1} = G_{O_2j} - G_{Xj} \cdot G_{O_2j} / G_j, \quad (9)$$

$$G_{N_2j+1} = G_{N_2j} - G_{Xj} \cdot G_{N_2j} / G_j, \quad (10)$$

burada, G_j - hesablama addımının əvvəlində silindrdəki işçi qarışığın kütlə miqdarıdır.

(7)-(10) ifadələrində sağ tərəfdəki nisbətlər klapandan xaric olan qazların tərkibində, uyğun olaraq, karbon qazının, su buxarlarının, oksigenin və azotun hissələrini, başqa sözlə, bu komponentlərin hansı hissə təşkil etdiyini göstərir.

Məlum olduğu kimi xaricətmə prosesinin sonunda, porşen y.ö.n.-ə müəyyən qədər qalmış sorma klapanı da açılır, porşen y.ö.n.-dən bir qədər keçmiş isə xaricətmə klapanı bağlanır və bu müddət ərzində hər iki klapan açıq qalır. Bu halda sorma klapanının açılmasının qabaqlama bucağı düzgün qəbul olunubsa, onda porşen y.ö.n.-ə çatana kimi, silindrdəki təzyiqdən asılı olmayaraq, bu klapandan silindrə həmişə təmiz hava daxil olacaq, xaricətmə klapanından isə həmişə yanma məhsulları xaric olacaqdır. Porşen y.ö.n.-ə çatıb aşağıya doğru hərəkət etdiyi andan xaricətmə klapanı bağlanana qədər, silindrdəki təzyiqdən asılı olaraq, bu klapandan yanma məhsulları ya xaric olacaq ($p_j \geq p_0$ olduqda), ya da ətraf mühitdən silindrə təmiz hava daxil olacaqdır ($p_j \leq p_0$ olduqda). Bunu nəzərə almaqla hər iki klapanın açıq qalması müddətində silindrdə qalan işçi qarışığın tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin hesablama addımının sonundakı kütlə miqdarları aşağıdakı kimi hesablanır:

$p_j \geq p_0$ olduqda

$$G_{CO_2j+1} = G_{CO_2j} - G_{Xj} \cdot G_{CO_2j} / G_j, \quad (11)$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2Oj} - G_{Xj} \cdot G_{H_2Oj} / G_j, \quad (12)$$

$$G_{O_2j+1} = G_{O_2j} + 0,23 \cdot G_{Sj} - G_{Xj} \cdot G_{O_2j} / G_j, \quad (13)$$

$$G_{N_2j+1} = G_{N_2j} + 0,77 \cdot G_{Sj} - G_{Xj} \cdot G_{N_2j} / G_j, \quad (14)$$

$p_j \leq p_0$ olduqda

$$G_{CO_2j+1} = G_{CO_2j}, \quad (15)$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2Oj}, \quad (16)$$

$$G_{O_2j+1} = G_{O_2j} + 0,23 \cdot G_{Sj} + 0,23 \cdot G_{Xj}, \quad (17)$$

$$G_{N_2j+1} = G_{N_2j} + 0,77 \cdot G_{Sj} + 0,77 \cdot G_{Xj}, \quad (18)$$

İstənilən halda, sorma və xaricətmə proseslərində hesablama addımının sonunda işçi qarışığın kütlə (G_{j+1}) və mol (M_{j+1}) miqdarları həmin komponentlərin kütlə və mol miqdarlarının cəmi kimi təyin edilir:

$$G_{j+1} = G_{CO_2j+1} + G_{H_2Oj+1} + G_{O_2j+1} + G_{N_2j+1}, \quad (19)$$

$$M_{j+1} = M_{CO_2j+1} + M_{H_2Oj+1} + M_{O_2j+1} + M_{N_2j+1}, \quad (20)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, sıxma, yanma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın kütləsi sabit götürülür: sıxmada işçi qarışığın kütləsi silindrə daxil olmuş havanın kütləsi ilə qalıq qazların kütləsi cəminə bərabər, genişlənmədə isə tsiklik yanacaq dozasının miqdarı qədər artdığı qəbul olunur.

Sıxma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın bütün komponentlərinin kütlə və mol miqdarlarının dəyişmədiyi qəbul olunur (porşen üzüklərindən sızmalar nəzərə alınmır). Sıxma prosesinin sonuna yaxın yanacaq püskürülməyə başladıqdan etibarən isə yanıcı qarışığın ümumi miqdarı silindrə püskürülən yanacaq qədər artır. Beləliklə, yanacaq püskürülməsinə qədər sıxma və genişlənmə prosesləri üçün yazı bilərik:

$$G_{CO_2j+1} = const;$$

$$G_{H_2Oj+1} = const;$$

$$G_{O_2j+1} = const;$$

$$G_{N_2j+1} = const;$$

$$M_{CO_2j+1} = const;$$

$$M_{H_2Oj+1} = const;$$

$$M_{O_2j+1} = const;$$

$$M_{N_2j+1} = const.$$

Silindrə püskürülən yanacağın miqdarı yanacaq verilməsinin integral qanununa görə çıxarılmış empirik düsturlarla hesablanır.

Yanacaq püskürüldükdən yanma başlanana qədər olan müddətdə silindrdəki işçi qarışığın miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{j+1} = G_j + (G_{yj+1} - G_{yj}), \quad (21)$$

$$M_{j+1} = M_j + (M_{yj+1} - M_{yj}), \quad (22)$$

burada G_{yj+1} , M_{yj+1} , G_{yj} və M_{yj} - hesablama addımının sonunda və əvvəlində uyğun olaraq silindrə püskürülən yanacağın kütlə və mol miqdarlarıdır.

Yanma zamanı hesablama addımının sonunda işçi qarışığın ayrı-ayrı komponentlərinin mol və kütlə miqdarları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\begin{aligned}
 M_{CO_2j+1} &= M_{CO_2j} + \frac{C}{12} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j, \\
 M_{H_2O \cdot j+1} &= M_{H_2O \cdot j} + \frac{H}{2} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j, \\
 M_{O_2j+1} &= M_{O_2j} - 0,21 \cdot L_0 \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j, \\
 M_{N_2j+1} &= M_{N_2j}, \\
 G_{CO_2j+1} &= \mu_{CO_2} \cdot M_{CO_2j+1}, \\
 G_{H_2O \cdot j+1} &= \mu_{H_2O} \cdot M_{H_2O \cdot j+1}, \\
 G_{O_2j+1} &= \mu_{O_2} \cdot M_{O_2j+1}, \\
 G_{N_2j+1} &= \mu_{N_2} \cdot M_{N_2j+1},
 \end{aligned}$$

burada C və H – 1 kq yanacaqda olan karbon (C) və hidrogenin (H) kütlə hissələri; L_0 - 1 kq yanacağın tam yanması üçün tələb olunan nəzəri hava miqdarı; g_{ts} - tsikl ərzində silindrə püskürülən yanacağın miqdarı; $\Delta x_j - \Delta t$ zaman intervalında yanacağın yanan hissəsidir:

$$\Delta x_j = x_{j+1} - x_j,$$

burada, x_{j+1} və x_j - uyğun olaraq hesablama addımının sonunda və əvvəlində yanacağın yanan hissəsidir.

Yanma zamanı silindrdəki işçi qarışığın ümumi kütlə və mol miqdarları:

$$G_{j+1} = G_{CO_2j+1} + G_{H_2Oj+1} + G_{O_2j+1} + G_{N_2j+1} - g_{ts} \cdot x_{j+1} \cdot G_{y_{j+1}}, \quad (23)$$

$$M_{j+1} = M_{CO_2j+1} + M_{H_2Oj+1} + M_{O_2j+1} + M_{N_2j+1} + (G_{y_{j+1}} - g_{ts} \cdot x_{j+1}) / \mu_y, \quad (24)$$

burada, μ_y - yanacağın molekulyar kütləsidir, kq/kmol.

Nəticə. Dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün təkmil bir hesablama metokisinin və riyazi modelin hazırlanması zamanı müxtəlif proseslər ərzində silindrdəki işçi qarışığın miqdarının düzgün hesablanması çox vacibdir. Belə ki, işçi qarışığın kütlə və mol miqdarı silindrdəki təzyiq və temperaturun qiymətlərinə, onlar da öz növbəsində mühərrikin indikator göstəricilərinə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bu baxımdan işçi tsikl ərzində silindrdəki işçi qarışığın kütlə və mol miqdarlarının hesablanması üçün təklif olunan metodika silindrdəki təzyiq və temperaturun, eləcə də mühərrikin indikator göstəricilərinin daha dəqiq hesablanmasına imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Исмаилов А.Ш. Исследование рабочего процесса дизеля с ПАРСС восстанавливающим объем камеры сгорания в конце выпуска –в начале наполнения. Дис. канд. техн. наук-Баку, 1990, 208 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.05.2022
Təvsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov