

6L20 MARKALI BAŞ GƏMİ DİZELİNİN İŞÇİ TSİKLİNİN HESABLAMA METODİKASI

İsmayilov A.Ş., Axundov İ.S.

*Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: a.ismayilov27@gmail.com*

Xülasə. *Məqalədə 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün tərtib olunmuş hesablama metodikasının və riyazi modelin əsas müddəaları, eləcə də bu hesablama metodikasının adekvatlığının yoxlanılmasının nəticələri şərh edilmişdir.*

Аннотация. *В статье излагаются основные положения расчетной методики и математической модели рабочего цикла главного судового дизельного двигателя марки 6L20, а также результаты проверки адекватности этой расчетной методики.*

Abstract. *The basic principles on the calculation methodics and the mathematical model have been outlined in this article as compiled on operating cycle of 6L20 marine main diesel engine in line with comments on the checking results upon adequacy of this calculation technique.*

Açar sözlər: *hesablama metodikası, riyazi model, işçi tsikl, dizel mühərriki, yanma müddəti, təzyiq, temperatur, yanma prosesi, püskürmə təzyiqi, indikator göstəriciləri, effektiv göstəricilər*

Ключевые слова: *расчетная методика, математическая модель, рабочий цикл, дизельный двигатель, продолжительность сгорания, давление, температура, процесс сгорания, давление впрыска, индикаторные показатели, эффективные показатели*

Key words: *calculation methodics, mathematical model, operating cycle, diesel engine, combustion period, pressure, temperature, combustion process, injection pressure, indicator parameters, effective indicators*

Giriş. Məlumdur ki, riyazi modelləşdirmədən istifadə olunması yeni konstruksiyaların yaradılmasında və istifadədə olan digər konstruksiyaların təkmilləşdirilməsində, riyazi eksperimentlərin və nəzəri tədqiqatların yerinə yetirilməsində konstruktor və tədqiqatçıların imkanlarını xeyli genişləndirir, vaxtın və motor sınaqlarına çəkilən xərclərin azaldılmasına imkan verir. Odur ki, mühərrikin işçi tsiklinin hesablama metodikasının riyazi modelinin tərtib olunması, onun alqoritminin və hər hansı bir alqoritmik dildə proqramının hazırlanaraq kompyuterdə rəlləşdirilməsi mühərrikin konstruksiyasının və işçi tsiklinin təkmilləşdirilməsi, eləcə də

mühərrikin istismar parametrlərinin rəşional qiymətlərinin təyin olunması məqsədi ilə çox vaxt itirmədən riyazi eksperimentlərin yerinə yetirilməsində çox mühüm yer tutur.

Aşağıda, 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün tərtib olunmuş hesablama metodikasının və onun kompyuterdə reallaşdırılması üçün hazırlanmış riyazi modelin əsas müddəaları, eləcə də, bu hesablama metodikasının adekvatlığının yoxlanılmasının nəticələri şərh edilmişdir.

Əsas hissə. 6L20 markalı dizel mühərriki “Gəncə” gəmisində baş mühərrik kimi istifadə olunur. Bu mühərrik 4-taktlı, üstəlik üfürməli və yüksək dövrlüdür. Onun əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

6L20 markalı dizel mühərrikinin işçi tsiklinin hesablama metodikası və riyazi model 2Ч10,5/13 markalı dizelin işçi tsiklinin riyazi modelinin əsasında tərtib edilmişdir [1]. Lakin həmin riyazi modeldən fərqli olaraq bu metodikada yanma zamanı istilik ayrılmasını xarakterizə edən üstün göstəricisi (m), yanma periodunun müddəti (φ_z), eləcə də yanma nəticəsində ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) mühərrikin nominal iş rejimində təyin edilməsi üçün aşağıdakı empirik ifadələrdən istifadə olunmuşdur:

Cədvəl 1

6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri

Göstəricilər	Qiyməti
1. Mühərrikin nominal dövrlər sayı (n), $dəq.^{-1}$	1000
2. Mühərrikin nominal gücü (Ne), kVt	1080
3. Silindrin diametri (D), mm	200
4. Porşenin gedişi (S), mm	280
5. Silindrlərin sayı (i)	6
6. Mühərrikin sıxma dərəcəsi (ϵ)	15
7. Porşenin orta sürəti (v_{por}) $m/san.$	9,33
8. Üstəlik üfürmə təzyiqi (P_s), MPa	0,3
9. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (P_e), MPa	2,46
10. Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	190
11. Qazpaylama fazaları <i>sorma klapanı:</i> açılır, <i>dərəcə</i> - y.ö.n-ə qalmış bağlanır, <i>dərəcə</i> - a.ö.n-dən keçmiş <i>xaricətmə klapanı:</i> açılır, <i>dərəcə</i> - a.ö.n-ə qalmış bağlanır, <i>dərəcə</i> - y.ö.n-dən keçmiş	29,2 33 40,2 27,2
12. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı (θ_{men}), <i>dərəcə</i> - y.ö.n-ə qalmış	9,8
13. Forsunkadan yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi (P_{fo}), MPa	45

$$m = 0,2103 + 0,1401 \cdot 10^{-2} \cdot n - 0,1042 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 0,2315 \cdot 10^{-9} \cdot n^3 \quad (1)$$

$$\varphi_{zop} = -104,393 + 0,6198 \cdot P_{fo} - 0,1719 \cdot P_{fo}^2 + 0,5208 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo}^3 \quad (2)$$

$$\xi_{zop} = (0,891049 + 0,9062525 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo} - 0,2187509 \cdot 10^{-3} \cdot P_{fo}^2) \cdot \rho_{dy} / \rho_{dt} \quad (3)$$

burada φ_{zop} və ξ_{zop} - mühərrikin nominal iş rejimi üçün yanma müddətinin və yanmada ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının optimal qiymətləri; ρ_{dy} - mühərrikdə istifadə olunan standart dizel yanacağının sıxlığı, kq/m^3 ; ρ_{dt} - mühərrikdə istifadə oluna biləcək digər yüngül və ağır dizel yanacaqlarının sıxlığı, kq/m^3 , P_{fo} - mühərrikin nominal iş rejimində forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqidir, MPa .

Forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi dəyişdirildikdə yanma müddəti və yanmada ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalı da dəyişəcəkdir. Belə ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin cari qiyməti (P_{fx}) mühərrikin nominal iş rejimindəki qiymətdən (P_{fo}) böyük və yaxud kiçik olduqda yanma müddətinin cari qiyməti (φ_z) artır, istilikdən istifadə olunma əmsalının cari qiyməti (ξ_z) isə azalır:

$P_{fx} \geq P_{fo}$ olduqda

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (4)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (5)$$

$P_{fx} < P_{fo}$ olduqda isə

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (6)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (7)$$

(3) ifadəsində ρ_{dy}/ρ_{dt} nisbəti onu göstərir ki, istifadə olunan yanacaqın sıxlığı artarsa, yəni yanacaq ağırlaşarsa silindrə püskürülən yanacağın buxarlanma qabiliyyəti pisləşdiyinə görə yanıcı qarışığın hazırlanma keyfiyyəti də pisləşir ki, bu da öz növbəsində istilikdən istifadə olunma əmsalının azalmasına səbəb olur.

Başlanğıc püskürmə təzyiqinin dəyişməsi induksiya perioduna (τ_i) da təsir göstərir. Belə ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin böyüməsi nəticəsində püskürmə momentinin dəyişmədiyi halda induksiya periodunun da artması və yanmanın başlanma momentinin kiçilməsi baş verir [2]. Bu mülahizələrə əsasən induksiya periodunun təyin etmək üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur:

$$\tau_i = (\theta - \theta_{c'-c''}) \cdot \rho_{dt} / \rho_{dy} \quad (8)$$

burada θ – yanacağın silindrə verilməsinin qabaqlama bucağının həqiqi qiyməti, daha doğrusu, yanacaq silindrə püskürüldüyü andan (f) yanma başlayan ana qədər (c') olan bucaq (*saniyə* və ya *dərəcə* ilə); $\theta_{c'-c''}$ - yanma başlandığı andan (c') y.ö.n.-ə qədər (c'') olan bucaqdır (*saniyə* və ya *dərəcə* ilə).

$\theta_{c'-c''}$ püskürmənin başlanğıc təzyiqindən (P_{fo}) asılı olaraq aşağıdakı empirik düsturla təyin olunur:

$$\theta_{c'-c''} = 19,66865 - 0,5904 \cdot P_{fo} + 0,1641 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo}^2 - 0,2604 \cdot 10^{-3} \cdot P_{fo}^3 \quad (9)$$

Yanacağın silindrə verilməsinin həqiqi qiymətinin isə aşağıdakı kimi təyin olunması təklif edilir:

$$\theta = \theta_{men} - \Delta\theta \quad (10)$$

burada θ_{men} – yanacağın silindrə verilməsinin qab aqlama bucağının meniskə görə qiyməti, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə; $\Delta\theta$ - yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun (YTYN) çıxışından forsunkanın soplo dəşiklərinin çıxışına qədər olan hissədə yanacağın sıxılması nəticəsində yanacaq verilməsinin gecikməsinə nəzərə alan bucaqdır, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə.

$\Delta\theta$ aşağıdakı empirik düsturla hesablanır [3]:

$$\Delta\theta = 5,85 \cdot 10^{-3} \cdot n - 2,7 \quad (11)$$

burada n – mühərrikin dövrlər sayıdır, $dəq^{-1}$.

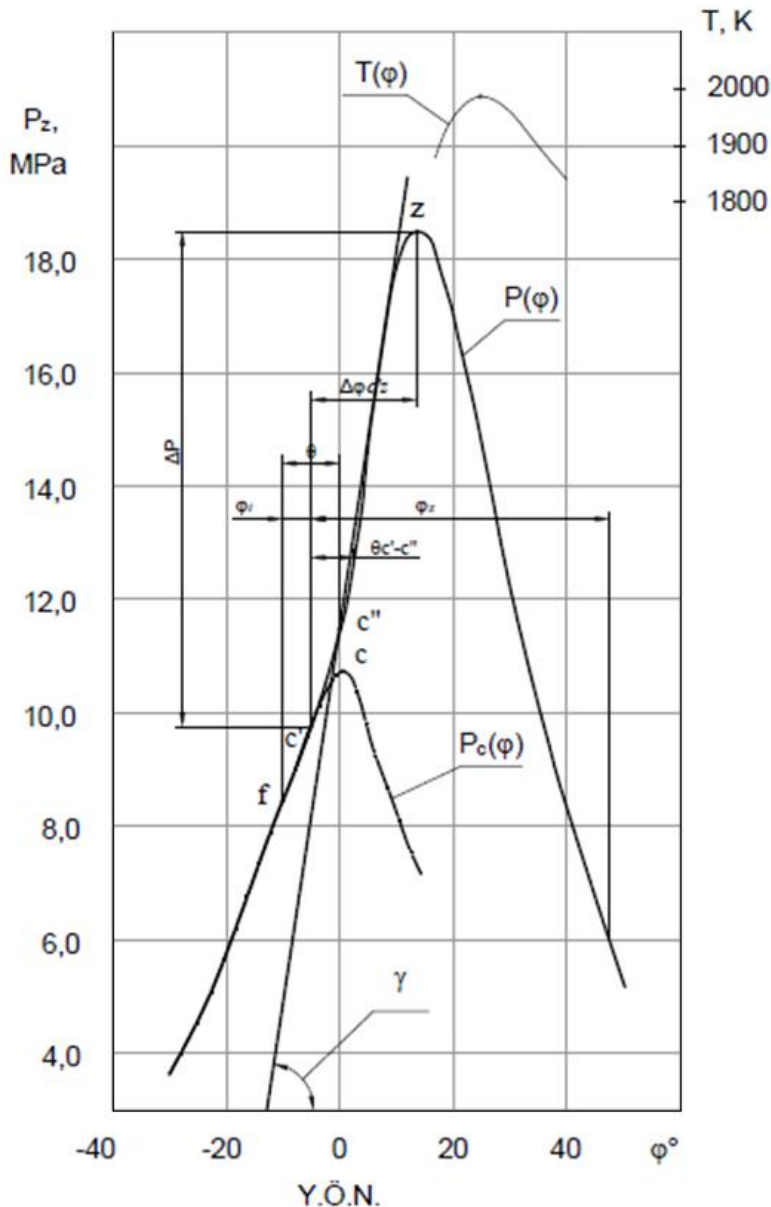
6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının (θ) mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərkən induksiya periodu A.İ.Tolstovun təklif etdiyi aşağıdakı empirik düsturla təyin edilmişdir [4]:

$$\tau_i = \sqrt{\left(\frac{V_{\theta-V_c}}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right) \frac{T_o}{P_o}} \cdot 10 \cdot B \cdot \exp \left[\left(\frac{V_{\theta-V_c}}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{0,34} \cdot E / (R_{\mu} \cdot T_o) \right] \cdot \rho_{dt} / \rho_{dy} \quad (12)$$

burada V_θ və V_{zsk} – uyğun olaraq yanacağıın silindrə verilməsinin başlanğıcında və sorma klapanı bağlandıqda silindrin həcmələri; E – şərti aktivləşmə enerjisi, $MCl/kmol$; $B = (1-1,6 \cdot 10^{-4}n) \cdot 12 \cdot 10^{-5}$ - əmsal; ε – mühərrikin sıxma dərəcəsi; P_o və T_o - ətraf mühitin təzyiq və temperaturu, MPa və K ; R_μ - universal qaz sabitidir, $MCl/(kmol \cdot K)$.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi riyazi eksperimentlər tərtib olunmuş riyazi modelin köməyi ilə mühərrikin nominal iş rejimində, Fotran alqoritmik dilində hazırlanmış proqram əsasında kompyuterdə yerinə yetirilmişdir. Bu zaman forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqinin (P_{fx}), yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının (θ) və yanacağıın sıxlığının (ρ_{dt}) müxtəlif qiymətlərində mühərrikin işçi tsiklinin hesabı aparılmış, yanma prosesinin gedişini xarakterizə edən əsas parametrlər, mühərrikin indikator və effektiv göstəriciləri təyin edilmişdir.

Şəkildə 6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimi üçün y.ö.n-ə 40^0 qalmış və y.ö.n.-dən 50^0 keçmiş silindrdəki təzyiqin, eləcə də temperaturun dəyişməsinin hesabı qrafikləri, daha doğrusu, indikator diaqramı göstərilmişdir. Bu zaman başlanğıc püskürmə təzyiqi $P_{fo}=45 MPa$, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı $\theta_{men}=9,8^0$ və yanacağıın sıxlığı $\rho_{dy}=848 kg/m^3$ qəbul olunmuşdur. Şəkildən görüldüyü kimi təzyiqin maksimum qiyməti ($P_z=18,56 MPa$) y.ö.n.-dən $13,5^0$ keçmiş, temperaturun maksimum qiyməti ($T_{zmax}=1992K$) y.ö.n.-dən $25,5^0$ keçmiş alınır.



Şəkil. 6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimində yanma prosesində silindrdəki təzyiq və temperaturun dəyişməsinin hesabı qrafikləri ($P_{fo}=45 MPa$; $\theta_{men}=9,8^0$; $n=10$)

Bu diaqramda əsasən yanma zamanı təzyiğin orta yüksəlmə sürəti, və yaxud, mühərrikin orta sərtlik dərəcəsi ($\Delta P/\Delta\varphi$) və yanmada təzyiğin maksimum yüksəlmə sürəti, və yaxud, mühərrikin maksimum sərtlik dərəcəsi $(dP/d\varphi)_{max}$ aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$\frac{\Delta P}{\Delta\varphi} = \frac{P_z - P_{c'}}{\Delta\varphi_{c'z}} = \frac{18,56 - 9,8}{18,5} = 0,474 \text{ MPa/dər} \quad (12)$$

$$\left(\frac{dP}{d\varphi}\right)_{max} = tg \varphi = tg 75^0 = 3,73 \text{ MPa/dər} \quad (13)$$

burada $P_{c'}$ - yanma başladıqda silindrdəki təzyiq, MPa; $\Delta\varphi_{c'z}$ - yanma başlandığı andan (c') silindrdəki təzyiq maksimum qiymət aldığı ana (z) qədər olan bucaq intervalı, dərəcə; γ – görünən yanma xəttinə çəkilən toxunanın absis oxu ilə əmələ gətirdiyi bucaqdır, dərəcə.

Riyazi eksperimentlərin adekvatlığını, yəni hesablamaların nəticələrinin doğruluğunu yoxlamaq üçün bu nəticələri 6L20 markalı mühərrikin pasport göstəriciləri ilə müqayisə etmək lazımdır. Bu müqayisə cədvəl 2-də göstərilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi ən böyük xəta 2,63% (xüsusi effektiv yanacaq sərtinin hesabında), ən kiçik xəta isə 0,32% (yanmanın maksimum təzyiqinin hesabında) alınmışdır. Deməli, xəталər 0,32÷2,63% hədlərindədir ki, bu da mühərrikin işçi tsiklinin hesabı üçün buraxıla bilən hədlərdədir. Ona görə də riyazi eksperimentlərin nəticələri qənaətbəxş hesab oluna bilər.

Nəticə. Beləliklə, hesablamaların nəticələrinin 6L20 markalı mühərrikin pasport göstəriciləri ilə müqayisəsi işçi tsiklin riyazi modelinin adekvat olduğunu göstərdi ki, bu da həmin riyazi modelin əsasında yerinə yetirilən riyazi eksperimentlərin nəticələrinin doğruluğuna dəlalət edir.

Cədvəl 2.

6L20 markalı mühərrikin pasport və hesabi göstəricilərinin müqayisəsi

($n=1000 \text{ dər}^{-1}$; $\eta_m = 0,85$; $P_s=0,3 \text{ MPa}$; $P_{f0}=45 \text{ MPa}$; $\theta_{men}=9,8^0$)

Göstəricilər	Hesabi qiymət	Pasport qiyməti	Xəta, %
1. Mühərrikin indikator gücü (N_i), kVt	1247	-	-
2. Mühərrikin orta indikator təzyiqi (P_i), MPa	2,834	-	-
3. Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	157,2	-	-
4. Mühərrikin effektiv gücü (N_e), kVt	1060	1080	1,85
5. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (P_e), MPa	2,41	2,46	2,03
6. Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	185	190	2,63
7. Yanmanın maksimum təzyiqi (P_z), MPa	18,56	18,5	0,32

Ədəbiyyat

1. A.Ş. İsmayılov, İ.S. Axundov. Dördtaktlı gəmi dizelinin işçi tsiklini hesablama metodikası və onun riyazi modeli. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, № 1, 2015, s.92-96.
2. В.Е.Лазарев, Г.В.Ломакин, Е.А. Лазарев. Параметры процесса сгорания топлива и показатели рабочего цикла дизеля при изменении давления начала впрыскивания топлива. Вестник ЮУрГУ, №11, 2011, с.83-86.
3. И.В.Парсаданов, С.И.Третьяков. Оценка влияния угла начала подачи топлива на показатели динамической напряженности и топливной экономичности быстроходного дизеля. Двигатели внутреннего сгорания №1, 2004, с. 30-33
4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д.Н.Вырубов, Н.А.Ивашенко, В.И.Ивин и др.: Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова - 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983, 372 с. ил.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Q.A.Əbdülrəhmanov