

**YANACAĞIN BAŞLANGIC PÜSKÜRMƏ TƏZYİQİNDƏN VƏ YANACAQ
VERİLMƏSİNİN QABAQLAMA BUCAĞINDAN ASILI OLARAQ 6L20 MARKALI BAŞ
GƏMİ MÜHƏRRİKİNİN İŞÇİ TSİKLİNİN NƏZƏRİ TƏDQIQI**

Axundov İ.S., İsmayılov A.Ş., Məmmədov H.Ə.

*Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: a.ismayilov27@gmail.com*

***Xülasə.** Məqalədə 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində yanacağın başlangıç püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə riyazi eksperimentlərin nəticələrinin nəzəri tədqiqinə baxılmışdır.*

***Аннотация.** В статье рассматривается теоретическое исследование результатов вычислительных экспериментов с целью определения влияние давления начала впрыска топлива и угла начала подачи топлива на параметры процесса сгорания, на индикаторные и эффективные показатели главного судового дизельного двигателя марки 6L20.*

Abstract. *The theoretical study of the results of computational experiments is examined in the Article, in order to determine the influence of the starting pressure of fuel injection and the initial angle of the fuel supply on the parameters of the combustion process as well, as on the indicator and effective parameters of 6L20 marine main diesel engine.*

Açar sözlər: *dizel mühərriki, püskürmə təzyiqi, qabaqlama bucağı, riyazi eksperimentlər, indikator və effektiv göstəriciləri, indikator gücü, effektiv güc, yanacaq sərfi, yanma müddəti, istilikdən istifadə olunma əmsali, induksiya periodu*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, давление впрыска, угол опережения, вычислительные эксперименты, индикаторные и эффективные показатели, индикаторная мощность, эффективная мощность, расход топлива, продолжительность сгорания, коэффициент использования теплоты, период индукции*

Key words: *diesel engine, injection pressure, advance angle, computational experiments, indicator and effective parameters, indicated power, effective power, fuel consumption, combustion duration, coefficient of heat utilization, induction period*

Giriş. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı mühərrikin əsas istismar parametrlərindən hesab olunur. Onlar yanma prosesinin gedişinə, eləcə də mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bundan başqa, baş gəmi dizellərində istifadə olunan yanacağın növü tez-tez dəyişdiyindən, başlanğıc püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının da rəasional qiymətlərinin seçilməsi çox vacibdir. Bu qiymətlərin motor sınaqlarının köməyi ilə təyin edilməsi həm vaxt, həm də maddi itkilərin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də yanacağın növü dəyişdikdə və yaxud, hər hansı bir konstruktiv dəyişiklik aparıldıqda püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq, həmçinin onların rəasional qiymətlərini təyin etmək lazım gəldikdə riyazi eksperimentlərdən istifadə olunması olduqca aktualdır.

Aşağıda 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə yerinə yetirilən riyazi eksperimentlərin nəzəri tədqiqinin nəticələri şərh olunmuşdur.

Əsas hissə. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi mühərrikinin yanma prosesini xarakterizə edən parametrlərinin (φ_z , ξ_z , P_z , T_z , τ_i), indikator (P_i , N_i , g_i , η_i) və effektiv (P_e , N_e , g_e , η_e) göstəricilərinin hesbi yolla alınan qiymətləri cədvəl 1.-də göstərilmişdir. Riyazi eksperimentlər mühərrikin nominal iş rejimi üçün ($n=1000\text{d}əq^{-1}$) püskürmənin başlanğıc təzyiqinin 35, 40, 45 və 50 MPa qiymətlərində yerinə yetirilmişdir. Bu zaman yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı meniskə görə $\theta_{men} = 9,8^\circ$, mühərrikin mexaniki f.i.ə. $\eta_m = 0,85$, istifadə olunan standart dizel yanacağının sıxlığı $\rho_{dy} = 848\text{ kq/m}^3$, setan ədədi 45, mühərrikin nominal iş rejimi üçün yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi $P_{fo}=45\text{ MPa}$ qəbul olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, əgər $P_{fo}=45\text{ MPa}$ mühərrikin nominal iş rejimi üçün optimal qiymət olarsa onda φ_z və ξ_z başlanğıc püskürmə təzyiqinin digər qiymətlərində aşağıdakı düsturlarla hesablanır və riyazi eksperimentlər nəticəsində alınan qiymətlər cədvəl 1-də $P_{fo}=50\text{ MPa}$ olan sütunda kəsrin surətində qeyd edilmişdir:

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

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (1)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (2)$$

$P_{fx} < P_{fo}$ olduqda isə

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (3)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (4)$$

Əgər $P_{fo}=45$ MPa optimal qiymət kimi nəzərdə tutulmazsa və yanacaq püskürməsinin başlanğıc təzyiqinin mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərsə, onda həm $P_{fx} \geq P_{fo}$, həm də $P_{fx} < P_{fo}$ olduqda φ_z və ξ_z uyğun olaraq (3) və (4) ifadələri ilə təyin edilir. Bu halda riyazi eksperimentlər zamanı alınan nəticələr cədvəl 1.-də $P_{fx}=50$ MPa olan sütunda kəsrin məxrəcində göstərilmişdir.

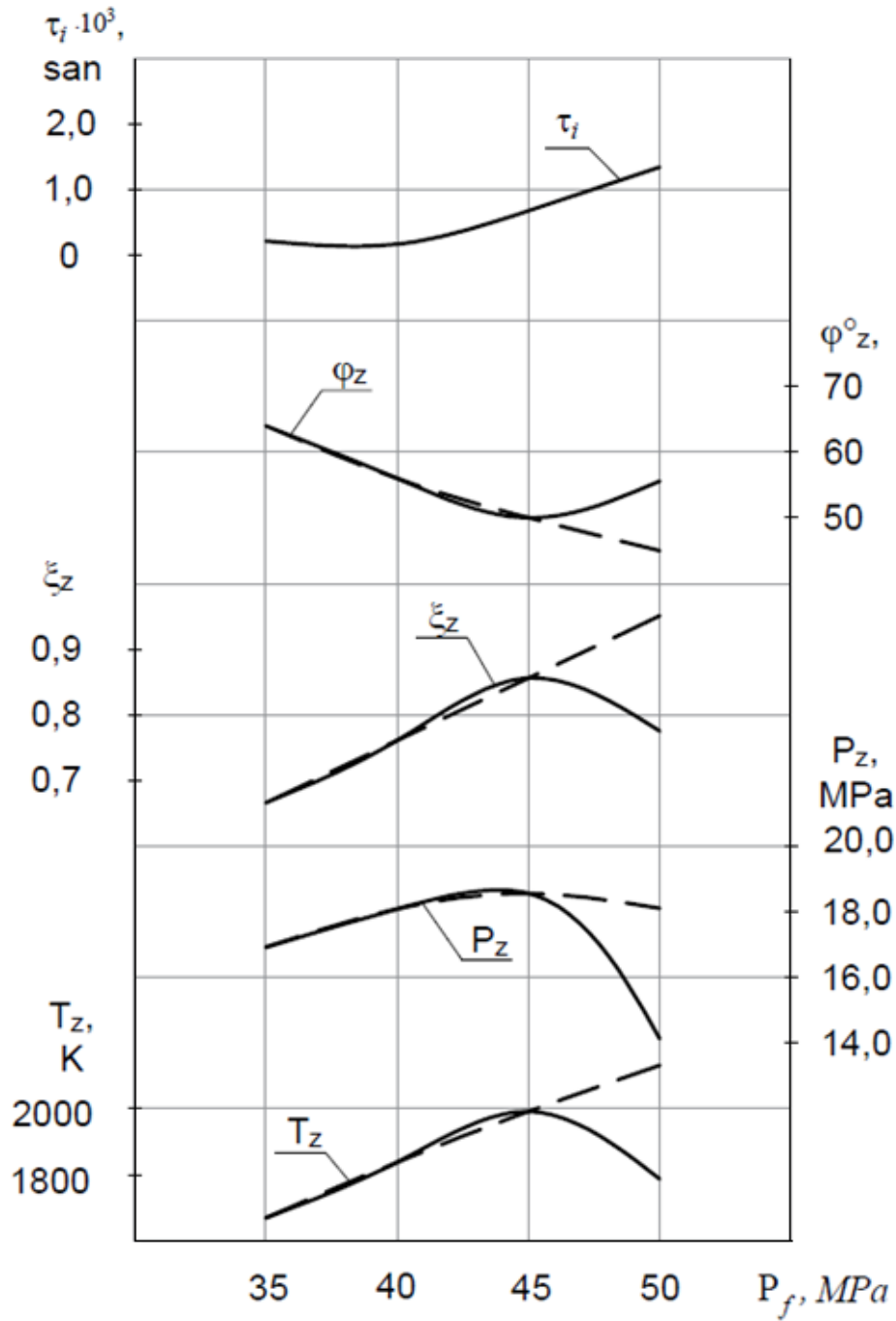
Cədvəl 1.

Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəriciləri

$$(\theta_{men} = 9,8^0; n=1000d\dot{a}q^{-1}; \eta_m = 0,85; \rho_y = 848 \text{ kq}/m^3)$$

Göstəricilər	P _{fo} , MPa			
	35	40	45	50
1. Yanmanın maksimum təzyiqi (P _z), MPa	16,93	18,09	18,56	$\frac{14,14}{18,11}$
2. Yanmanın maksimum temperaturu (T _z), K	1668	1838	1992	$\frac{1787}{2133}$
3. İndikator f.i.ə. (η _i)	0,422	0,482	0,537	$\frac{0,463}{0,582}$
4. İnduksiya periodu (τ _i), saniyə	0,2154·10 ⁻³	0,1678·10 ⁻³	0,6747·10 ⁻³	1,338·10 ⁻³
5. Orta indikator təzyiqi (P _i), MPa	2,229	2,55	2,834	$\frac{2,443}{2,834}$
6. İndikator gücü (N _i), kVt	980	1120	1247	$\frac{1074}{1353}$
7. Xüsusi indikator yanacaq sərfi (g _i), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	200	175	157,2	$\frac{182}{144,9}$
8. Orta effektiv təzyiq (P _e), MPa	1,895	2,168	2,410	2,08
9. Effektiv güc (N _e), kVt	833	952	1060	$\frac{913}{1150}$
10. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g _e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	235	206	185	$\frac{214}{170,5}$
11. Yanma istiliyindən istifadə olunma istiliyi (ξ _z)	0,666	0,761	0,856	$\frac{0,77}{0,951}$
12. Effektiv f.i.ə. (η _e)	0,359	0,410	0,456	$\frac{0,394}{0,495}$
13. Yanma müddəti (φ _z), dər.	64	56	50	$\frac{55,6}{45}$

Şəkil 1-də yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinə yanma prosesinin göstəricilərinin hesabi qrafikləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi başlanğıc püskürmə təzyiqi böyüdükcə induksiya periodu (τ_i) də artır. Fikrimizcə, buna səbəb, püskürmə təzyiqinin böyüməsi ilə silindrə püskürülən yanacaq daha narın tozlandığından, yanacağın buxarlanması üçün daha çox istilik sərf edildiyinə görə silindrdəki temperaturun azalması nəticəsində yanmanın gec başlamasıdır. Başlanğıc püskürmə təzyiqi artdıqca τ_i-nin artması [1]-də də öz təsdiqini tapmışdır.



Şəkil 1. Yanacağıın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinin göstəricilərinin dəyişməsi ($\theta_{men} = 9,8^{\circ}$; $n = 1000 \text{ d} \ddot{a} q^{-1}$).

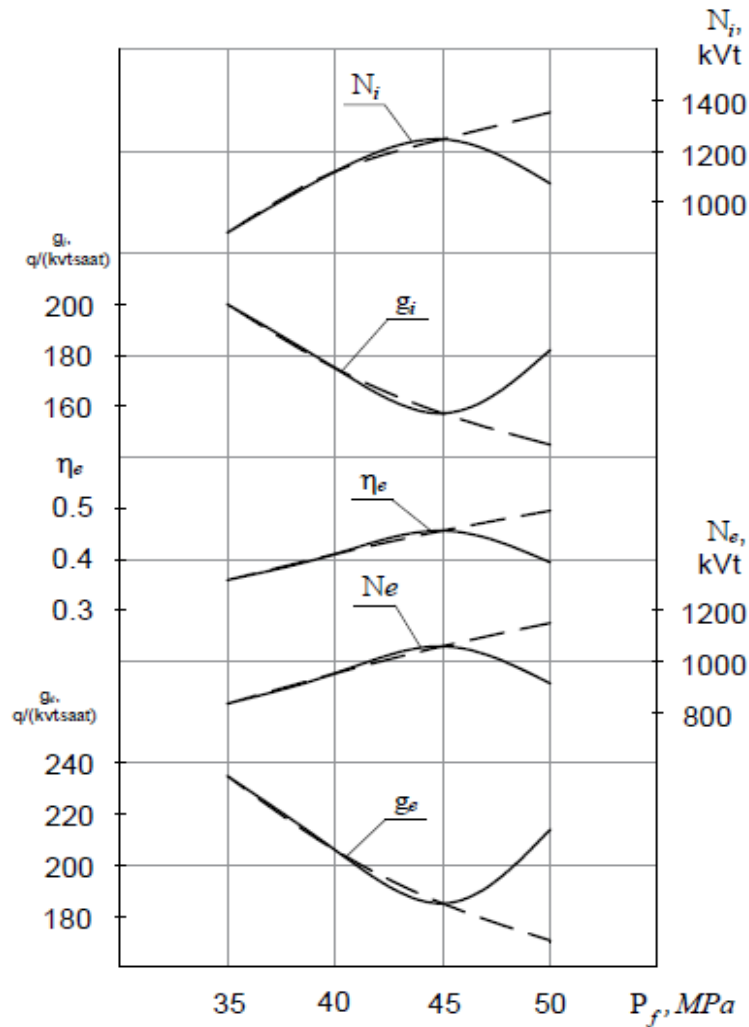
Başlanğıc püskürmə təzyiqinin artması zamanı yanacağıın tozlanması və buxarlanması yaxşılaşdığından yanıcı qarışıqın hazırlanma keyfiyyəti yaxşılaşır, yanma prosesi daha intensiv gedir və silindrdəki təzyiq (P_z) və temperatur (T_z) yüksəlir. $P_{fb} = 50 \text{ MPa}$ -da təzyiqin aşağı düşməsi silindrdəki maksimum təzyiqin və temperaturun porşenin y.ö.n-dən daha çox keçmiş qiymətində ($16,5^{\circ}$) alındığına görə silindrin həcmnin böyüməsi ilə izah olunur.

Başlanğıc püskürmə təzyiqi böyüdükcə induksiya periodunun artması, yanıcı qarışıqın hazırlanma keyfiyyətinin yaxşılaşması və yanma prosesinin daha sürətlə baş verməsi yanma müddətinin (φ_z) azalmasına, istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) isə artmasına səbəb olur.

$P_{fo}=50 MPa$ -da φ_z -in artmasına, ξ_z -in isə azalmasına yanmanın genişlənmə prosesinə keçməsi səbəb olur.

Şək. 2-də yanacağıın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin indikator və effektiv göstəricilərinin dəyişməsi qrafikləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, başlanğıc püskürmə təzyiqinin yüksəlməsi nəticəsində mühərrikin indikator gücü (N_i), effektiv gücü (N_e) və effektiv f.i.ə. (η_e) artır, xüsusi indikator və effektiv yanacaq sərfələri (g_i və g_e) isə azalır. $P_{fo}=50 MPa$ -da η_e , N_i və N_e -nin azalması, g_i və g_e -nin isə artması yanmanın genişlənmə xəttinə keçməsi ilə izah olunur.

Şək. 2-də təsvir olunmuş qrafiklərdən görüldüyü kimi, $P_{fo} \leq 45 MPa$ -ya kimi indikator və effektiv göstəricilərinin artma intensivliyi $P_{fo} > 45 MPa$ -da olduğundan daha çoxdur. Belə ki, $P_{fo} 40 MPa$ -dan $45 MPa$ -ya kimi yüksəldikdə mühərrikin effektiv gücü (N_e) 108 kVt artırsa, $P_{fo} 45 MPa$ -dan $50 MPa$ -ya kimi yüksəldikdə N_e 90 kVt artır. Bu isə onu göstərir ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin $45 MPa$ -dan çox artırılması o qədər də effektiv deyil və $P_{fb}=45 MPa$ baxılan rejim üçün optimal hesab oluna bilər.



Şəkil 2. Yanacağıın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin indikator və effektiv göstəricilərinin dəyişməsi ($n=1000d\dot{a}q^{-1}$; $\alpha=1,65$; $\theta_{men}=9,8^{\circ}$; $\eta_m=0,85$).

Şək. 1 və 2-də $P_{fb}=45 MPa$ -dan sonra qırıq-qırıq xətlər $P_{fx} \geq P_{fo}$ olduqda φ_z və ξ_z uyğun olaraq (3) və (4) ifadələri ilə hesablandıqda alınan nəticələrə aiddir (cədvəl 1-də $P_{fb}=50 MPa$ olduğu hala uyğun gələn sütunda kəsrin məxrəcində qeyd olunan qiymətlər).

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 [2]:

$$\tau_i = \sqrt{\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right) \frac{T_o}{P_o}} \cdot 10 \cdot B \cdot \exp \left[\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{0,34} \cdot E / (R_\mu \cdot T_o) \right] \cdot \rho_{at} / \rho_{dy} \quad (5)$$

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

(5) ifadəsində ρ_{at} / ρ_{dy} nisbəti yanacağın növünün, daha doğrusu, onun sıxlığının dəyişməsinə nəzərə alır. Belə ki, yanacağın sıxlığı (ρ_{at}) standart dizel yanacağının sıxlığından (ρ_{dy}) az olduqda induksiya periodunun azalması, əksinə olduqda isə artması qəbul olunmuşdur.

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının meniskə görə $4,8$; $9,8$; $14,8$; $19,8$ və $24,8^\circ$ qiymətlərində riyazi eksperimentlərin nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir. Bu nəticələrə əsasən yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq yanma prosesini xarakterizə edən göstəricilərin (τ_i , φ_z , ξ_z , P_z və T_z), eləcə də mühərrikin indikator (η_i , g_i , N_i) və effektiv (η_e , g_e , N_e) parametrlərinin qrafikləri şəkl. 3 və şəkl. 4 - də göstərilmişdir.

Şəkl. 3-dən göründüyü kimi yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının böyüməsi induksiya periodunun (τ_i) da artmasına səbəb olur. Bu, θ -nın artması ilə silindrə yanacaq verilməsi anında silindrdəki havanın sıxlıq və temperaturunun azalması ilə izah olunur [2]. Bu riyazi eksperimentlər yanma müddətinin (φ_z), istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) sabit və optimal qiymətlərində yerinə yetirilmişdir.

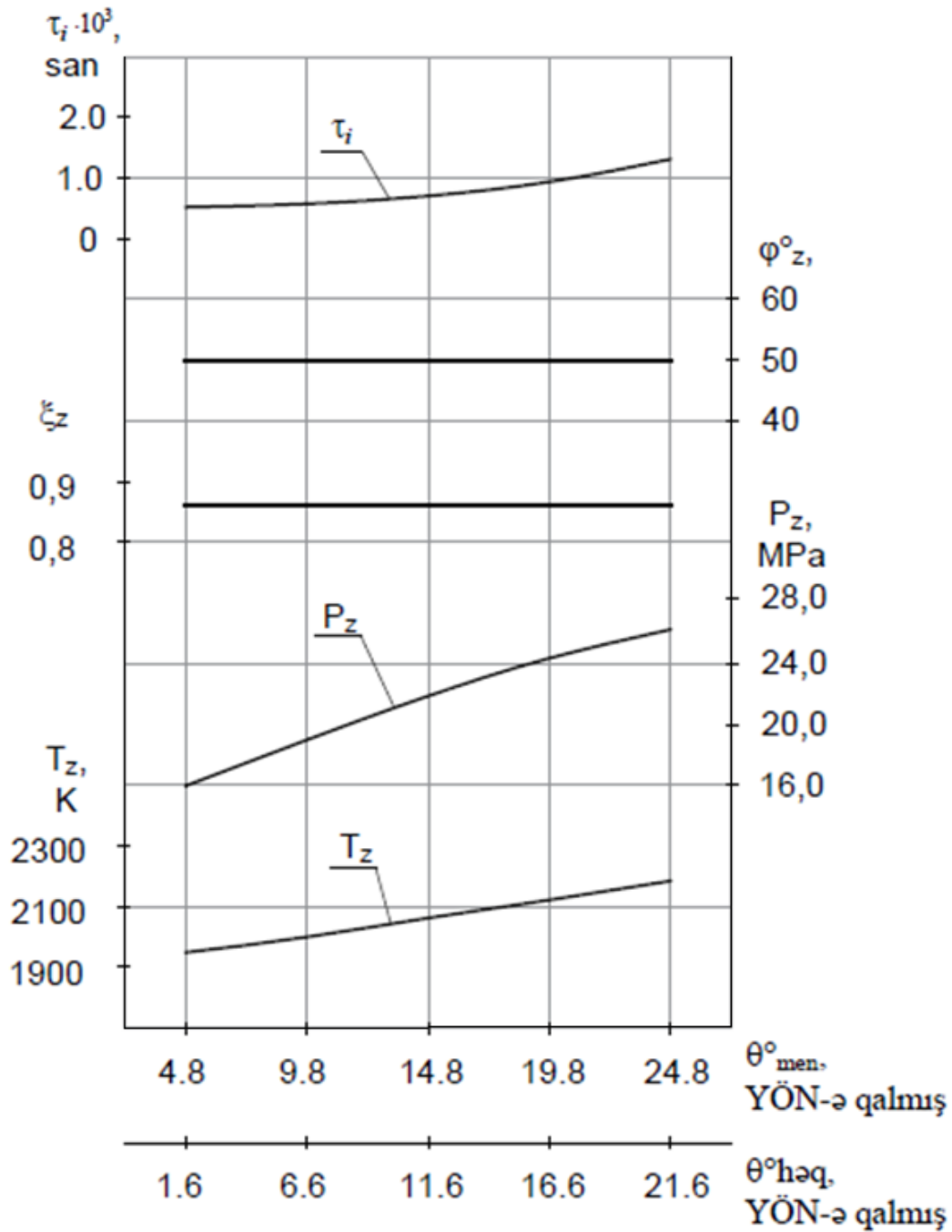
Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yüksəlməsi nəticəsində silindrdəki maksimum təzyiq (P_z) və maksimum temperatur (T_z) da artır. Lakin bu zaman temperaturun artma intensivliyi eyni olduğu halda, təzyiqin dəyişməsi $\theta \leq 14,8^\circ$ qiymətlərində daha intensiv olur. Məsələn, $\theta 4,8^\circ$ -dən $9,8^\circ$ -yə kimi böyüdükdə $P_z 3,03 MPa$, $\theta 9,8^\circ$ -dən $14,8^\circ$ -yə kimi böyüdükdə $P_z 2,9 MPa$ qədər artırsa, $\theta 14,8^\circ$ -dən $19,8^\circ$ -yə kimi böyüdükdə $P_z 2,49 MPa$, $\theta 19,8^\circ$ -dən $24,8^\circ$ -yə kimi böyüdükdə isə $P_z 1,9 MPa$ qədər artır.

Cədvəl 2

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəriciləri

($P_{f0}=45 MPa$; $n=1000 dəq^{-1}$; $\eta_m=0,85$; $\rho_v=848 kg/m^3$)

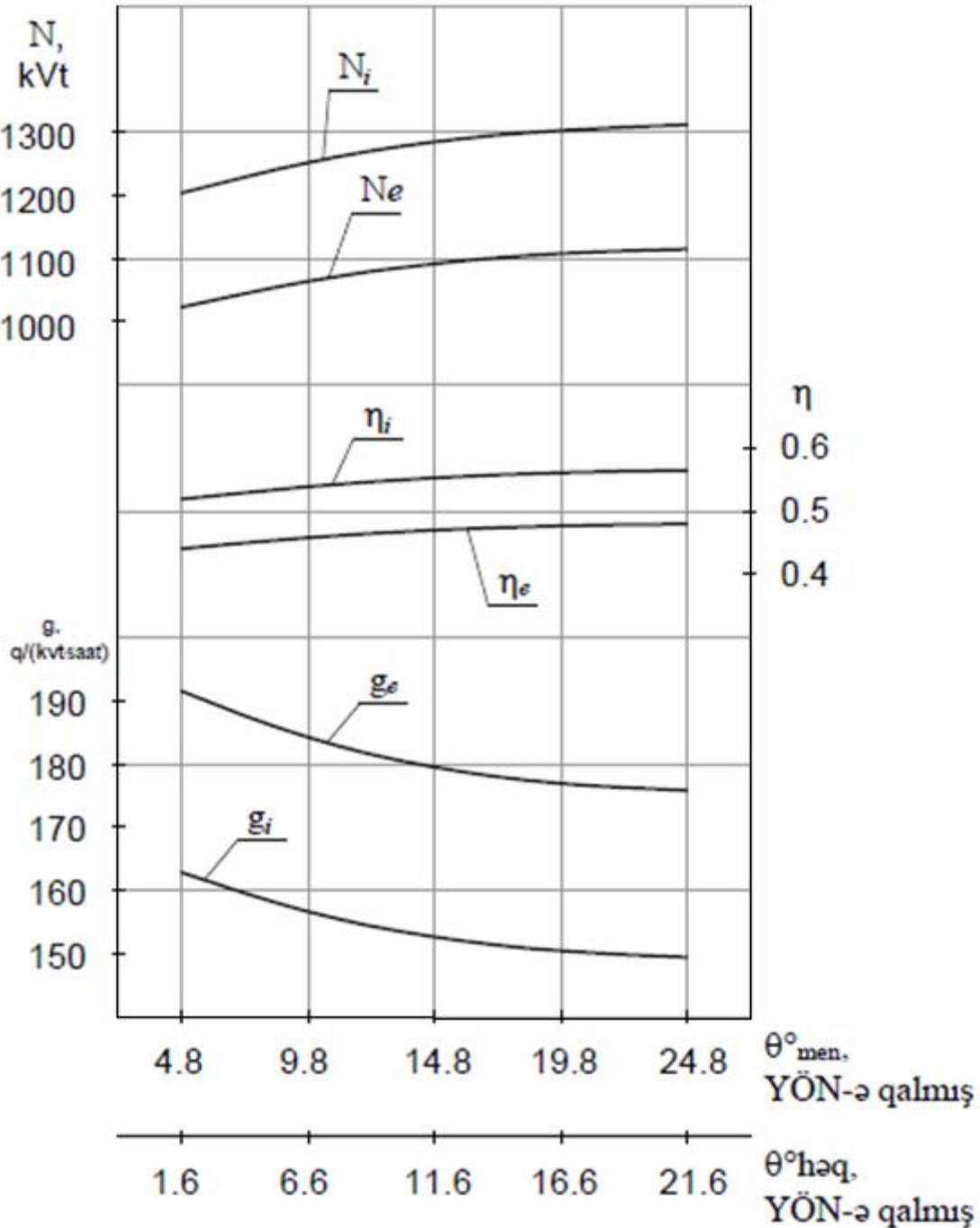
Göstəricilər	θ_{men} , dər. Y.Ö.N.-ə qalmış				
	4,8	9,8	14,8	19,8	24,8
1. Yanmanın maksimum təzyiqi (P_z), MPa	15,94	18,97	21,87	24,36	26,26
2. Yanmanın maksimum temperaturu (T_z), K	1949	2000	2061	2122	2185
3. İndikator f.i.ə. (η_i)	0,519	0,539	0,553	0,561	0,565
4. İnduksiya periodu ($\tau_i \cdot 10^3$), $san.$	0,5173	0,572	0,7031	0,9352	1,309
5. Orta indikator təzyiqi (P_i), MPa	2,738	2,846	2,921	2,963	2,982
6. İndikator gücü (N_i), kVt	1204	1252	1285	1303	1312
7. Xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	162,8	156,6	152,6	150,4	149,4
8. Orta effektiv təzyiq (P_e), MPa	2,327	2,42	2,483	2,519	2,535
9. Effektiv güc (N_e), kVt	1023	1064	1092	1108	1115
10. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	191,5	184,2	179,5	176,9	175,8
11. Effektiv f.i.ə. (η_e)	0,441	0,458	0,470	0,477	0,48



Şəkil 3. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinin göstəricilərinin dəyişməsi qrafikləri ($P_{fo}=45$ MPa; $n=1000$ dər $^{-1}$)

Şəkil 4-dən aydın olur ki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının artması zamanı mühərrikin indikator və effektiv gücü (N_i və N_e) artır, xüsusi indikator və effektiv yanacaq sərləri (g_i və g_e) isə azalır. Lakin, burada da, maksimum təzyiqdə (P_z) olduğu kimi $\theta \leq 14,8^{\circ}$ qiymətlərində N_i və N_e -nin artma intensivliyi, g_i və g_e -nin isə azalma intensivliyi daha çoxdur. Məsələn, θ $4,8^{\circ}$ -dən $9,8^{\circ}$ -yə kimi artdıqda N_e 48 kVt, $9,8^{\circ}$ -dən $14,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə isə N_e 33 kVt artırsa, θ $14,8^{\circ}$ -dən $19,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə N_e 18 kVt, $14,8^{\circ}$ -dən $24,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə isə 9 kVt artır. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e) θ $4,8^{\circ}$ -dən $9,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə 7,3 q/(kVt · saat), $9,8^{\circ}$ -dən $14,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə isə 5,2 q/(kVt · saat) qədər azalır, θ $14,8^{\circ}$ -dən $19,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə g_e 2,6

$q/(kVt \cdot saat)$, $19,8^{\circ}$ -dən $24,8^{\circ}$ -yə kimi böyüdükdə isə $1,1 q/(kVt \cdot saat)$ qədər azalır. Deməli, 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının $14,8^{\circ}$ -dən çox böyüdülməsi mühərrikin effektiv göstəricilərinin yaxşılaşması, həmçinin silindrdəki maksimum təzyiq və temperaturun çox böyüməsi nöqtəyi-nəzərindən effektiv deyil və $\theta = 9,8^{\circ}$ qiyməti optimal hesab oluna bilər.



Şəkil 4. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində indikator və effektiv göstəricilərin dəyişməsi qrafikləri ($P_{fo}=45 MPa$; $n=1000 d\dot{a}q^{-1}$)

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №1, 2018
Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №1, 2018

Nəticə. Beləliklə, 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində riyazi eksperimentlərin nəticələrinin nəzəri tədqiqi nəticəsində aydınlaşdırıldı ki, yanacaqın başlanğıc püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının uyğun olaraq $45MPa$ və $9,8^0$ qiymətlərini rasiional qiymətlər kimi qəbul etmək olar. Belə ki, bu halda həm yanma prosesinin parametrləri, həm də mühərrikin indikator və effektiv göstəriciləri qənaətbəxşdir.

Ədəbiyyat

1. 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
2. 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.

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