

UOT 621.043

ÇOXYANACAQLI DİZEL MÜHƏRRİKLƏRİNİN GƏMİLƏRDƏ TƏTBİQ EDİLMƏSİNİN PROBLEMLƏRİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

İsmayilov A.Ş.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: akif.ismayilov@asco.az

Xülasə. Məqalədə gəmi dizel mühərriklərində istifadə olunan bəzi alternativ yanacaqlar haqqında, çoxyanacaq gəmi dizellərinin texniki və istismarla bağlı problemləri, üstünlükləri və gələcək perspektivləri, bu mühərriklərdə həm ənənəvi dizel yanacağının, həm də qaz yanacağının silindrə püskürülməsini təmin edən forsunkaların konstruksiyası və iş prinsipi, mühərrikdə müxtəlif növ yanacaqlardan istifadə etməyə imkan verən sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin konstruksiyası, SWOT təhlilinin gəmi dizel mühərrikləri və çoxyanacaq gəmi dizellərinə tətbiqi haqqında məlumatlar verilmişdir.

Аннотация. В статье излагаются сведения о некоторых альтернативных топливах, используемых в судовых дизелях, о технических и эксплуатационных проблемах, а также о преимуществах и перспективах многотопливных судовых дизелей, о конструкциях и принципах работы форсунок, обеспечивающих впрыск в цилиндр традиционного дизельного и газового топлива, о конструкции поршня, автоматически изменяющий степень сжатия, позволяющий использовать различные виды топлива, о применении анализа SWOT в судовые дизельные и многотопливные двигатели.

Abstract. The article presents information on some alternative fuels used in marine diesel engines, technical and operational problems, as well as the advantages and prospects of multi-fuel marine diesel engines, on the design and operating principles of injectors that provide injection of traditional diesel and gas fuel into the cylinder, on the design of a piston that automatically changes the compression ratio, allowing the use of different types of fuel, on the application of SWOT analysis in marine diesel and multi-fuel engines.

Açar sözlər. Çoxyanacaq gəmi dizelləri, problemləri, perspektivlər, dizel yanacağı, alternativ yanacaqlar, qaz yanacağı, sıxma dərəcəsi, porşen, SWOT təhlili

Ключевые слова. Многотопливные судовые дизели, проблемы, перспективы, дизельное топливо, альтернативное топливо, газовое топливо, степень сжатия, поршень, анализ SWOT

Key words. Multi-fuel marine diesel engines, problems, prospects, diesel fuel, alternative fuel, gas fuel, compression ratio, piston, SWOT analysis

Giriş. Porşenli daxili yanma mühərrikləri hələ uzun müddət nəqliyyat, kənd təsərrüfatı və stasionar maşınların əsas energetik güc qurğusu kimi istifadə olunacaqdır. Bu zaman əsas üstünlüyün daha qənaətlili olan mühərriklərə-dizel mühərriklərinə veriləcəyi ehtimal olunur. Ona görə də dizel mühərriklərinin texniki-iqtisadi və ekoloji göstəricilərinin yüksəldilməsi çox böyük əhəmiyyət kəsb edir. Hazırda dizel mühərrikləri parkı daha da genişləndirilir ki, belə bir şəraitdə bu problem daha da aktuallaşır.

Gəmilərdə də baş və köməkçi mühərriklər kimi əsasən dizel mühərrikləri daha geniş istifadə edilir. Aydınlaşdırılmışdır ki, hər il gəmi energetik qurğularında istifadə etmək üçün 400 mln tondan çox neft mənşəli yanacaqlardan istifadə olunur ki, onlar da öz növbəsində özlülükləri 2,5-dən 14 mm²/s-ə qədər olan distillat və özlülükləri 40-dan 80 mm²/s-ə qədər olan qalıq yanacaqlara bölünür [1,

səh. 108]. Məlumdur ki, hazırda gəmi şirkətlərində istismar xərclərinin böyük bir hissəsini yanacaqlara çəkilən xərclər təşkil edir. Odur ki, gəmilərdə istifadə olunan dizel mühərriklərində keyfiyyəti daha aşağı olan ucuz yanacaqlardan istifadə etməyə üstünlük verilir. Bu isə öz növbəsində onların resurslarının və ekoloji göstəricilərinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Ona görə də, gəmilərdə istifadə olunan yanacaqların növünü seçərkən birinci növbədə gəmi dizellərinin texniki-iqtisadi göstəricilərinin azalmamasına, eləcə də yanacaq sistemlərinin modernləşdirilməsinə çəkilən xərclərin həddindən artıq artmamasına fikir vermək lazımdır. Bütün bunlar mühərriklərdə istifadə olunan dizel yanacağının resursunun artırılmasını tələb edir. Lakin dizel yanacağının istehsalı xam neftdə olan ağır fraksiyanın miqdarından asılı olaraq məhduddur. Ona görə də gəmi dizel mühərriklərində digər alternativ yanacaqlardan (bitki yağlarının efirlərindən, aşağı oktan ədədli benzinlərdən, qaz kondensatı əsasında hazırlanmış yanacaqlardan və s.) istifadə olunması istiqamətində elmi-tədqiqat işləri aparılır.

Distillat yanacaqların özüləşmə qabiliyyəti, buxarlanma və tam yanma keyfiyyəti daha yüksəkdir. Bu yanacaqlara dizel yanacaqları və azözlülüklü gəmi yanacaqları aiddir. Axırıncılar yüksək və orta dövrlü dizellərdə, həmçinin qazturbın mühərriklərində istifadə olunur və dizel fraksiyasına yüngül qazoyl fraksiyasının əlavə olunması ilə hazırlanır. Azözlülüklü gəmi yanacaqlarının setan ədədi dizel yanacağına nisbətən aşağı və tərkibindəki kükürdün miqdarı daha çox olur.

Qalıq yanacaqlara flot mazutu və ortaözlülüklü distillat yanacağın ISO 8217:2010 standartına uyğun qarışdırılması ilə alınan yanacaqlar aiddir.

Ətraf mühitin qorunması nöqteyi-nəzərindən ekoloji tələblərin getdikcə daha da sərtləşdirilməsi, o cümlədən, mühərriklərin f.i.ə.-nin və ekonomik effektivliyinin yüksəldilməsi tendensiyası dizel yanacağı ilə yanaşı mayeləşmiş təbii qazdan (MTQ) da istifadə olunması nəzərdə tutulan yeni güc qurğularının yaradılmasına səbəb oldu. Məlum olduğu kimi, MTQ yanarkən alınan yanma məhsulları ətraf mühitə daha az zərər verir. Bununla yanaşı gəmi dizellərinin gələcəkdə yalnız MTQ-yə keçirilməsi daha perspektiv hesab olunur. Gəmi dizel mühərrikinin MTQ ilə işləməsi gəminin tipindən də çox asılıdır. Belə ki, qaz daşıyan (qazovoz) gəmilərdə yanacağı olan tələbat artıq gəmi bortunda hazırdır və buxarlanmış qazdan istifadə etmək kifayətdir. Bu sistem baş gəmi dizelinə və köməkçi dizel-generatorlara həm qazın, əlavə olaraq, həm də ənənəvi dizel yanacağının verilməsini təmin edir.

Yuxarıda göstərilən yanacaqlardan başqa gəmi dizellərində digər alternativ yanacaqlardan: metanoldan, bioyanacaqlardan, qaz kondensatı əsasında hazırlanmış yanacaqlardan və hidrogendən də istifadə olunması perspektivlidir.

Müxtəlif yanacaq növlərindən istifadə olunması, öz növbəsində, gəmilərdə çoxyanacaqlı dizel mühərriklərinin yaradılması zərurətini yaradır. Belə mühərriklərdə distillat yanacaqlarla işləyən dizel mühərriklərindən fərqli olaraq əsasən yanacaqvermə aparatunun: yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun və forsunkanın konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsinə ehtiyac olur.

Beləliklə, dizel mühərrikləri parkının genişləndirilməsi bir tərəfdən bu mühərriklərin texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasını (yüksək üstəlik üfurmə tətbiq etməklə), digər tərəfdən isə dizel mühərriklərində daha yüngül alternativ yanacaqların tətbiq edilməsini tələb edir. Çoxyanacaqlı, ələlxüsüs da sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən poşenli (SDADP) dizel mühərriklərində bu məsələ çox asanlıqla həll olunur. Belə ki, həmin mühərriklərdə sıxma dərəcəsi işə düşmə zamanı yüksək, nominal yük rejimlərində isə kiçik olur. Bu isə, həm yüksək üfurmə sistemi tətbiq etməyə, həm də yüngül yanacaqlardan istifadə olunmasına imkan verir. Lakin hələlik axıra qədər təkmilləşdirilmiş və istismarda olan SDADP-li mühərrik yoxdur. Odur ki, bu mühərriklərin yaradılması istiqamətində həm nəzəri, həm də eksperimental elmi-tədqiqat işləri yerinə yetirilməsi davam edir.

Beləliklə, qeyd etmək olar ki, yuxarıda şərh olunanlar məqalənin aktual məsələlərə həsr olunduğunu göstərir.

Əsas hissə. Çoxyanacaqlı gəmi dizelləri müxtəlif növ yanacaqlarla işləyə bilən dizel mühərrikləridir. Bu tip mühərriklər müasir gəmiçilikdə çeviklik və iqtisadi səmərəlilik məqsədilə inkişaf

etdirilməkdədir. Onlar həmçinin ətraf mühitə vurulan zərərli təsiri azaltmaqda da mühüm rol oynayır. Lakin çoxyanacaqqlı gəmi dizelləri müxtəlif üstünlüklərlə yanaşı, bəzi texniki və istismarla bağlı problemlər də yaradır. Aşağıda bu problemlərin əsasları göstərilmişdir:

Texniki problemlər

1. Yanacaq uyğunluğu problemi:

- Müxtəlif növ yanacaqqların kimyəvi tərkibi fərqli olduğu üçün onların qarışdırılması çöküntü, qətran və digər çirkləndiricilərin yaranmasına səbəb ola bilər (məsələn, ağır mazut (HFO) ilə LNG və ya MGO (dəniz dizeli) arasında keçid zamanı problemlər yaranı bilər).

2. İstilik dəyişiklikləri:

- Müxtəlif yanacaq növlərinin yanma temperaturu fərqlidir. Bu, silindrlərdə qeyri-bərabər yüklənməyə, hətta daxili istilik gərginliklərinin yaranmasına səbəb ola bilər.

3. Yanma səmərəliliyi və korroziya:

- Bəzi yanacaq növləri (xüsusilə də kükürd tərkibli yanacaqqlar) mühərrikin daxili hissələrində korroziyanı artırır.

- Yanma prosesində su buxarı ilə birləşərək turşular əmələ gətirə bilər (məsələn, H_2SO_4).

4. Avtomatlaşdırma və idarəetmə sistemləri:

- Mühərrikin idarəetmə sistemi müxtəlif yanacaq növlərinə uyğun işləməlidir. Bu da kompleks sensorlar və proqram təminatı tələb edir.

İstismar problemləri

1. Başqa anacağa keçid protokolları:

- Yanacaq növü dəyişdirildikdə, keçid düzgün həyata keçirilməzsə, mühərrik sönmə bilər və ya zədələnmə bilər (məsələn, ECA (Emission Control Area) zonasına daxil olan zaman aşağı kükürlü yanacaqqla keçid zəruridir).

2. Logistika və saxlanma:

- Müxtəlif yanacaqqlar üçün ayrı-ayrı tanklar, borular və təmizləyici sistemlər tələb olunur. Bu da gəmi dizaynında əlavə yer və baxım tələb edir.

3. İşçi heyətin təcrübəsi:

- Əgər heyət başqa yanacaqqla keçid və idarə olunma üzrə kifayət qədər təcrübəli deyilsə, əməliyyat səhvləri və qəza riski artır.

4. Digər potensial çətinliklər

- Qiymət fərqləri: Hər yanacağın dəyəri və bazar qiyməti dəyişkən olduğundan, optimal istifadə üçün daim qiymət təhlili aparmaq lazımdır.

- Ətraf mühit normativləri: Bəzi yanacaqqlar müxtəlif bölgələrdə məhdudiyyətlərlə istifadə oluna bilər.

Çoxyanacaqqlı gəmi dizel mühərriklərinin perspektivləri müasir dənizçilik sənayesində əhəmiyyətli dərəcədə artmaqdadır. Bu tendensiya həm iqtisadi, həm də ekoloji amillərlə bağlıdır. Aşağıda çoxyanacaqqlı dizel mühərriklərinin **üstünlükləri və gələcək perspektivləri** göstərilmişdir:

1. Ətraf Mühitə uyğunluq və tənzimləmələr

- IMO-nun MARPOL Annex VI kimi beynəlxalq ətraf mühit tənzimləmələri emissiyaların (ətraf mühitə buraxılan zərərli maddələr və enerjilər) azaldılmasını tələb edir (SO_x , NO_x və CO_2).

- Çoxyanacaqqlı mühərriklər bu tələblərə cavab verərək, təmiz yanacaqqlara, məsələn: LNG (mayeləşdirilmiş təbii qaz), metanol, bioyanacaqqlar və s., keçidi asanlaşdırır.

2. Texnoloji Üstünlüklər

- Müasir çoxyanacaqqlı dizel mühərrikləri LNG, metanol, bio-dizel, hətta bəzi hallarda hidrogen kimi alternativ yanacaqqlarla işləyə bilər.

- İki yanacaqqla (Dual-fuel) işləmə texnologiyası: Əsasən dizel yanacağı ilə işləyən, lakin alternativ yanacaqqla işləmək ehtiyacı yarandıqda avtomatik keçid edə bilən sistemlər.

3. İqtisadi Effektivlik

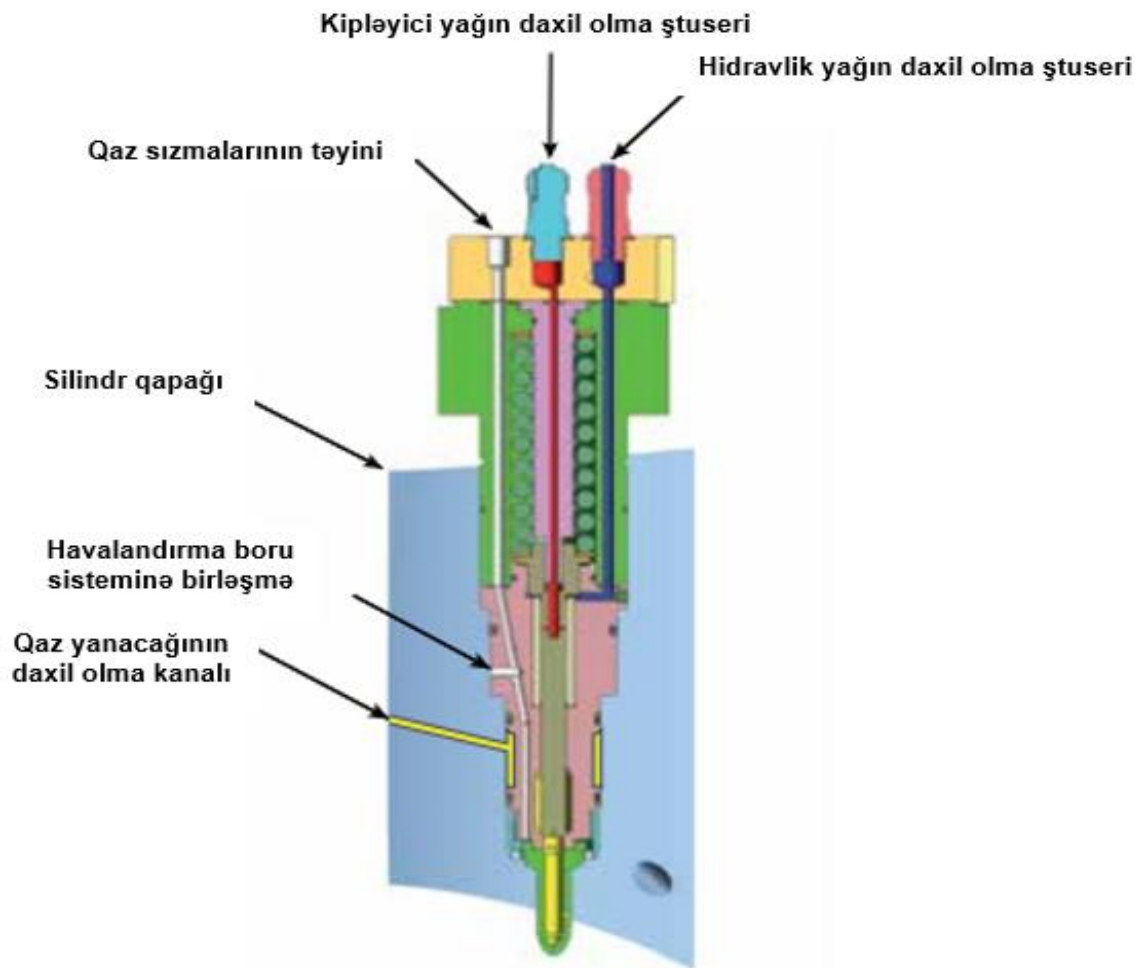
- Yanacaq qiymətlərindəki dalğalanmalara qarşı elastiklik.

- Uzunmüddətli perspektivdə alternativ yanacaqlar, xüsusilə mayeləşdirilmiş təbii qaz (LNG) və bioyanacaqlar, daha sərfəli ola bilər.

4. İstismar elastikliyi

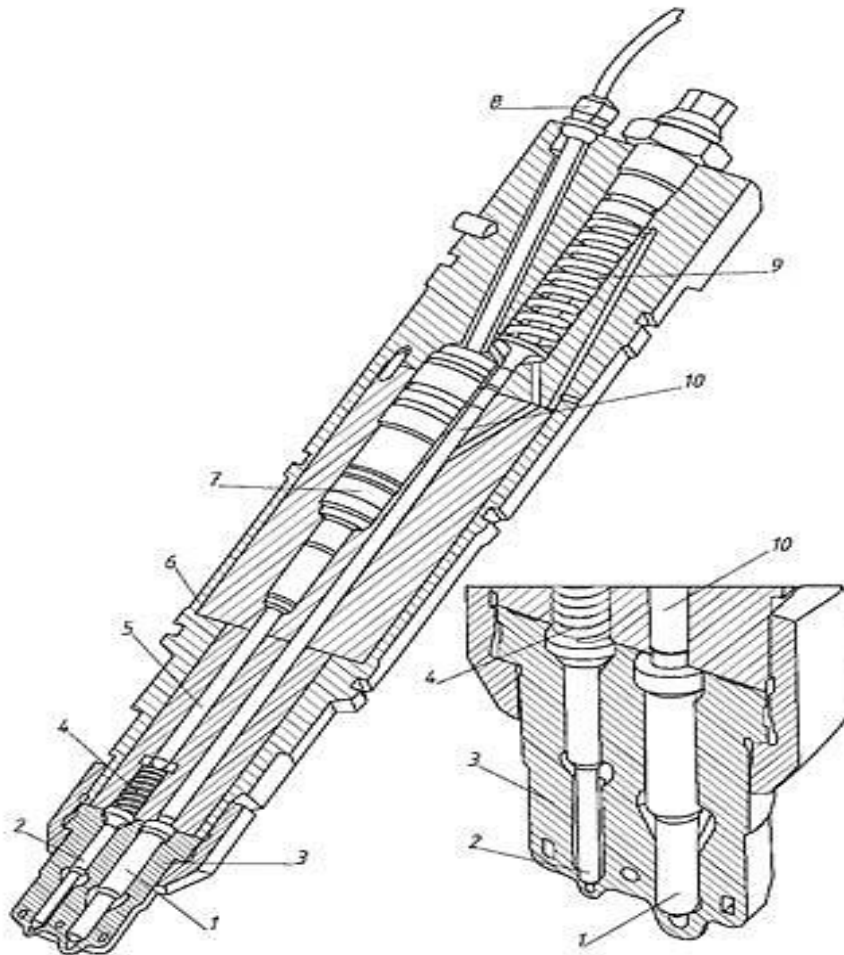
- Gəmi istənilən limanda mövcud olan yanacaq ilə işləyə bilər.
- Gələcəkdə yeni növ yanacaqların bazara daxil olması çoxyanacaq mühərriklərə keçidi daha mənalı edir.

Yuxarıda deyilənlərdən aydın olur ki, çoxyanacaq gəmi dizellərində konstruktiv dəyişikliklər başlıca olaraq yanacaqvermə aparatlarında, əsasən də forsunkalarda olur. Şəkil 1.-də yalnız qaz yanacağı ilə işləyən forsunka göstərilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, yalnız qazla işləyən mühərriklərdə hava-qaz qarışığı qəğilcimin köməyi ilə alışıdırılır. Şəkildən görüldüyü kimi, yuxarı tərəfdən verilən kipləyici yağ hissələrin arasındakı boşluqlardan qazın sızmasının qarşısını almaq üçündür. Kipləyici yağ daxil olan yerdən sağdakı ştuserdən daxil olan hidravlik yağ qəbul olunmuş momentdə və təzyiqdə tozlandırıcının iynə klapanını yuxarı qaldıraraq qazın silindrə daxil olmasına imkan verir. Qaz yanacağı iynə klapanının ətrafındakı boşluğa forsunkanın aşağı hissəsindəki kanaldan daxil olur. Əgər tozlandırıcı yerləşən boşluqlardan qazın sızması baş verərsə qaz yanacağı daxil olan kanalın yuxarısında yerləşən kanaldan havalandırma boru sisteminə qaytarılır. Kipləyici yağ daxil olan ştuserin solunda yerləşən hissədə qaz sızmalarını təyin etmək üçün verici, silindr qapağında isə forsunkanın özü yerləşdirilmişdir.



Şəkil 1. Qaz yanacağı üçün forsunka

Şəkil 2-də qaz və dizel yanacaqlarını silindrə püskürmək üçün istifadə olunan forsunkanın konstruksiyası göstərilmişdir. Onu da qeyd edək ki, silindrə püskürülən dizel yanacağı çox az miqdarda (təxminən tsiklik yanacaq verilişinin 15-20%-i qədər) olur və qaz yanacağını yandırmaq üçün nəzərdə tutulur. Şəkildən göründüyü kimi, forsunkada tozlandırıcının iki ədəd iynə klapanı vardır. Bu iynə klapanlardan 1 mühərrik dizel rejimində işlədikdə dizel yanacağını püskürmək üçün, digər iynə klapanı 2 isə mühərrik qaz yanacağı ilə işlədikdə qaz yanacağını silindrə püskürmək üçündür.

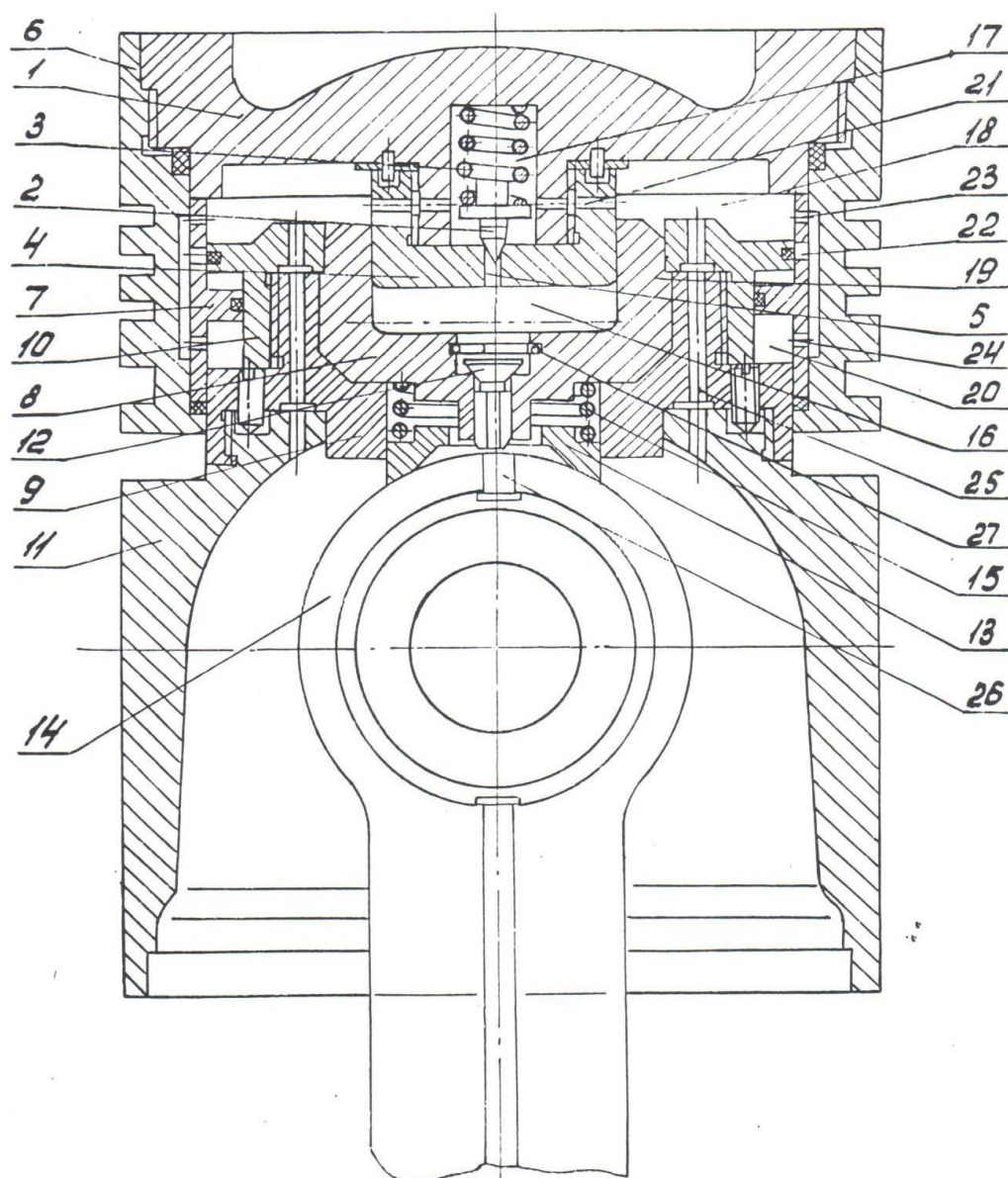


Şəkil 2. Qaz və dizel yanacaqları üçün forsunka

1-Dizel rejimi üçün tozlandırıcının iynə klapanı; 2-qaz yanacağı üçün tozlandırıcının iynə klapanı;
3-Tozlandırıcının gövdəsi; 4-qaz yanacağı üçün iynə klapanın yayı; 5-qaz yanacağı üçün iynə klapanın çubuğu; 6-forsunkanın gövdəsi; 7-qaz yanacağı üçün klapanın elektrohidravlik intiqalı; 8-elektrik ayrılma yeri; 9-dizel yanacağı üçün iynə klapanın yayı; 10-dizel yanacağı üçün iynə klapanın çubuğu

Mühərrik qaz rejimində işlədikdə belə dizel yanacağı sistemdə dövr edir. Bu həm tozlandırıcını soyutmaq, həm də qaz yanacağını alısdırmaq üçün silindrə az miqdarda alısdırma dizel yanacağını lazım olan anda silindrə püskürmək üçün nəzərdə tutulur. Mühərrik qaz yanacağı ilə işlədikdə iynə klapanının 2 açılması avtomatik, dizel rejimində isə iynə klapanın 1 açılması hidromexaniki idarə olunur. Fərdi şəkildə idarə olunan solenoid klapanı mühərrik qazla işlədikdə qazın silindrə verilmə momentini və püskürmə müddətini optimallaşdırmağa imkan verir. Baxılan konstruksiya NO_x -in miqdarının azalmasına imkan verir, belə ki, NO_x -in miqdarı silindrə qazı alısdırmaq üçün az miqdarda verilən dizel yanacağının miqdarından asılıdır.

Şəkil 3-də sıxma dərəcəsini avtomatik tənzimləyən porşenin konstruksiyası göstərilmişdir. Bu konstruksiyanın əsas üstünlüyü onun mühərrikin iş rejimlərinin dəyişməsinə çox həssas olmasıdır. Belə ki, hər bir tsikldə sıxma dərəcəsi mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq maksimumdan minimuma qədər dəyişə bilər [2, səh. 82-90]. Bu, təklif olunmuş konstruksiyada nisbətən kiçik həcmə malik olan əlavə kameradan (16) istifadə olunması nəticəsində mümkün olur. Belə ki, porşen yuxarı ölü nöqtəyə doğru hərəkət edərkən, təxminən xaricətmə taktının yarısından başlayaraq, ətalət qüvvəsinin təsiri ilə başlıq hissəsi yuxarıya çəkilir, doldurucu klapan (12) açılır və mühərrikin yağlama sistemindən şatundakı (14) kanallar (26) vasitəsi ilə gələn yağ əlavə kameranı (16) doldurur. Əlavə kameranın diametri porşenin öz diametrindən təxminən üç dəfə kiçik olduğuna görə o, qısa bir müddətdə, daha doğrusu, hər bir tsikldə yağla dola bilər.



Şəkil 3. Sıxma dərəcəsini avtomatik tənzimləyən porşenin konstruksiyası

Qeyd etmək lazımdır ki, aşağı və xüsusi həcmə yığılma əvvəl yağla doldurulur. Həmin həcmədən yağ sızmalarının olmaması və qapağın (10) üzərindəki çıxıntıya görə yuxarı həcmdə həmişə yağ təbəqəsinin olması sayəsində aşağı və xüsusi həcmə heç bir vaxt tamamilə boşalmır. Yuxarı həcmdə yağın miqdarı çoxaldıqda isə əlavə kanallar (25) vasitəsi ilə mühərrikin karterinə

qaytarılır. Mühərrikin iş rejimi dəyişdikdə, daha doğrusu, aralıq yük rejimində, sıxma dərəcəsinin aşağı həddi dəyişir, maksimum qiymət isə həmişə saxlanılır.

Beləliklə, sıxma dərəcəsi hər bir tsikldə avtomatik olaraq dəyişir (böyük yük rejimlərində) və mühərrikin bütün iş rejimlərində yanma prosesi maksimum sıxma dərəcəsi ilə başlayır. Çünki, hər bir tsikldə başlıq hissəsi ən kənar yuxarı vəziyyətdə olur. Odur ki, belə konstruksiyalı SDADP-li mühərriklərdə gilizin yuxarı hissəsində “quru” kəməryananmır və birinci kompressiya üzünün iş şəraiti yaxşılaşır.

Çoxyanacaq gəmi dizellərinə keçid texnologiyasının da **SWOT təhlilini** vermək maraqlıdır. **SWOT təhlili** bir anlayışın, layihənin, texnologiyanın və ya təşkilatın **daxili və xarici vəziyyətini** təhlil etmək üçün istifadə olunan **strateji təhlil metodudur**. SWOT sözü dörd İngilis sözünün baş hərflərindən ibarətdir:

S- Strengths (Güclü tərəflər) – daxili müsbət cəhətlər;

W- Weaknesses (Zəif tərəflər) – daxili mənfi cəhətlər;

O- Opportunities (İmkanlar) – xarici pozitiv imkanlar;

T-Threats (Təhlükələr/Risiklər) – xarici mənfi amillər.

SWOT təhlilini gəmi dizel mühərrikləri və çoxyanacaq gəmi dizellərinə tətbiq etsək aşağıdakıları qeyd edə bilərik:

- Gəmi dizel mühərrikləri üçün

Güclü tərəf (S): Müxtəlif yanacaqlarla işləyə bilmək və çeviklik;

Zəif tərəf (W): Mühərrikin quruluşunun daha mürəkkəb olması;

İmkan (O): Ekoloji standartlara cavab verə bilmək;

Təhlükə (T): Yeni texnologiyalara keçməklə (hidrogenə, elektrikə və s.) rəqabətə məruz qala bilmək.

- Çoxyanacaq gəmi dizelləri üçün

Güclü tərəflər (S): Müxtəlif yanacaq növləri ilə işləmə qabiliyyəti, yanacaq qiymət dəyişikliklərinə uyğunlaşma, ekoloji tələblərə cavab vermə potensialı, tənzimləyici sahələrdə işləmə rahatlığı;

Zəif tərəflər (W): Mühərrik quruluşunun mürəkkəbliyi, yüksək ilkin investisiya dəyəri, texniki xidmət və ehtiyat hissələri məsələləri, yanacağa keçid zamanı istismar riskləri;

İmkanlar (O): Yaşıl gəmiçiliyə keçid prosesinə dəstək, qlobal tənzimləyici dəyişikliklərə uyğunlaşma, gələcəkdə yeni yanacaq növlərinə adaptasiya, təmiz enerji proqramlarına daxil edilmə;

Təhlükələr (T): Alternativ texnologiyalarla rəqabət (elektrik, hidrogen və s.), qlobal yanacaq infrastrukturunun qeyri-bərabər inkişafı, texnologiyanın yayılması üçün ləng qərarvermə, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma çətinlikləri.

Nəticə. Çoxyanacaq gəmi dizellərinin perspektivləri, dünya gəmiçiliyində gedən texnoloji, ekoloji və iqtisadi dəyişikliklər fonunda olduqca geniş və ümidvericidir. Gəmiçilik sənayesi karbon emissiyalarını azaltmaq, yanacaq çevikliyini artırmaq və dəyişən tənzimləyici tələblərə cavab vermək üçün bu tip mühərriklərə daha çox yönəlir.

Çoxyanacaq gəmi dizellərinin gələcəkdə gözlənilən inkişaf istiqamətləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

- Alternativ yanacaq texnologiyalarının integrasiyası (hidrogen, ammoniyak və sintetik yanacaqlarla işləyə bilən mühərriklərin inkişafı);
- Daha yüksək səmərəlilik (istilikdən istifadə olunmaq faydalılığının artırılması, zəhərliliyin azaldılması üçün texnoloji təkmilləşdirmə);
- Avtomatlaşdırma və süni intellektin tətbiqi (yanacaq seçimi və keçidinin optimallaşdırılması üçün ağıllı idarəetmə sistemləri);
- Donanma miqyasında tətbiq (böyük ticarət donanmalarının çoxyanacaq sistemlərə kütləvi keçidi).

Ədəbiyyat

1. Жуков В.А., Гомбалевский А.Н. Перспективы многотопливных судовых дизелей. Сборник научных статей национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» том 1. Санкт-Петербург, 2022, с.107-110
2. İsmayilov A.Ş., Kərimov E.N. Sıxma dərəcəsinə avtomatik dəyişən porşenin konstruksiyası və onun hidravlik sisteminin hesabının metodikası. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, № 1, 2017-ci il, s.81-85.

Məqalə qəbul olunub: 17.04.25
Təvsiyə edib: prof. Qafarov A.M.