

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
“AVTOMOBİL TEXNİKASI” KAFEDRASI

NƏQLİYYATIN GÜC QURĞULARI
MÜHAZİRƏ KONSPEKTİ
Bakalavr təhsil pilləsi

Müəllim: ass. Qocayev Q.M.

BAKİ-2017

MÜNDƏRİCAT

1. Nəqliyyat vasitələrində istifadə edilən istilik mühərrikləri.....	5
1.1. Daxili yanma mühərriklərinin inkişafı haqqında qısa tarixi məlumat.....	5
1.2. Nəqliyyat mühərriklərinin təsnifatı.....	6
2. Daxili yanma mühərriklərinin quruluşu quruluşu və iş prinsipi.....	8
2.1. Daxili yanma mühərriklərində ümumi anlayış və təyinatlar.....	8
2.2. Nəqliyyat mühərriklərinin ümumi quruluşu.....	9
3. Dirsək-şatun mexanizminin konstruksiyası haqqında əsas anlayışlar.....	11
3.1. Dirsək-şatun mexanizminin vəzifəsi və onun əsas elementləri.....	11
4. Qazpaylama mexanizmlərinin növləri və konstruksiyaları haqqında əsas anlayışlar.....	15
4.1. Qazpaylama mexanizminin vəzifəsi və onun əsas elementləri.....	15
5. Mühərrikin soyutma və yağlama sistemləri haqqında əsas anlayışlar.....	21
5.1. Mühərrikin soyutma sistemi.....	21
5.2. Mühərrikin yağlama sistemi.....	24
6. Qığılımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərinin yanacaq sistemləri haqqında əsas anlayışlar.....	28
6.1. Qığılımla alışdırılmalı mühərriklərinin yanacaq sistemləri.....	28
6.1.1. Karbüratorlu mühərriklərin qidalanma sisteminin vəzifəsi və hissələri.....	28
6.1.2. Diaqramlı benzin nasosu.....	28
6.1.3. Qığılımla alışdırılmalı injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi quruluşu və hissələri.....	30
6.1.4. Mərkəzi püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi və hissələri.....	30
6.1.5. Fazalar üzrə paylanmış püskürməli və birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi, növləri və hissələri.....	31
6.1.6. Silindrə birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi və hissələri.....	36
6.1.7. Yüksək təzyiqli yanacaq nasosları.....	38
6.1.8. Alçaq təzyiqli yanacaq nasosları.....	39
6.1.9. İnjektorun vəzifəsi və növləri.....	39
6.1.10. Yanacaq süzgəcləri.....	41
6.2. Dizel yanacaq sistemlərinin quruluşu.....	42
7. Daxili yanma mühərriklərinin ideal və nəzəri siklləri.....	61
7.1. İdeal sikllər.....	61
7.2. Qarışıq sikl.....	61
7.3. Sabit həcmdə istilik verilən sikl.....	64
7.4. Sabit təzyiqdə istilik verilən sikl.....	65
7.5. İdeal sikllərin müqayisəsi.....	65
7.6. Nəzəri sikllər.....	66
8. Həqiqi sikllər. İkitəktli və dördtektli daxili yanma mühərrikləri.....	67
8.1. İkitəktli qığılımla alışdırılmalı mühərriklərin indikator diaqramı və iş prinsipi.....	67
8.2. İkitəktli dizel mühərriklərinin indikator diaqramı və iş prinsipi.....	68
8.3. Dördtektli, qığılımla alışdırılmalı mühərrikin indikator diaqramı və iş prinsipi.....	69
8.4. Dördtektli, üstəlik üfurməsiz dizel mühərrikinin indikator diaqramı və iş prinsipi.....	70
8.5. Dördtektli üstəlik doldurulan dizel mühərrikinin indikator diaqramı və iş prinsipi.....	71
9. Nəqliyyat mühərriklərində istifadə olunan yanacaqlar haqqında qısa məlumat.....	73
9.1. Yanacaqlar haqqında qısa məlumat.....	73
9.2. Qığılımla alışdırılmalı mühərriklərin yanacaqları.....	73
9.3. Dizel yanacaqları.....	75
9.4. Qaz yanacaqları.....	76
9.5. Yanacaqların elementar tərkibi və tətbiq xüsusiyyətləri.....	77
10. Hava artıqlıq əmsalı, yanıcı və işçi qarışıqlar, yanma məhsulları.....	80
11. Yanıcı və işçi qarışıqların molekulyar dəyişmə əmsalları.....	83

11.1. Kimyəvi və həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalları.....	83
11.2. Yanıcı və işçi qarışıqların yanma istilikləri.....	84
12. Sorma prosesinin gedişi. Ətraf mühit və qalıq qazların parametrləri. Sorma prosesinin sonundakı təzyiq və qalıq qazlar əmsalı. Sorma prosesinin sonundakı temperatur və doldurma əmsalı.....	85
12.1. Doldurma (sorma) prosesinin hesabı.....	85
12.2. Ətraf mühitin təzyiq və temperaturu.....	86
12.3. Qalıq qazların təzyiq və temperaturu.....	87
12.4. Sorma prosesinin sonundakı təzyiq.....	87
12.5. Qalıq qazlar əmsalı.....	88
12.6. Sorma prosesinin sonundakı temperatur.....	89
12.7. Doldurma əmsalı.....	90
13. Sıxma prosesinin gedişi. Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün sıxma dərəcəsinin seçilməsi. Sıxma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi....	92
13.1. Sıxma prosesinin gedişi və politrop göstəricisinin seçilməsi.....	92
13.2. Sıxma dərəcəsinin seçilməsi.....	94
13.3. Sıxma prosesinin sonunda təzyiq və temperatur.....	96
14. Yanma prosesinin gedişi. Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün yanma tənlikləri. Yanma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi. Yanma prosesinin açıq indikator diaqramı üzrə təhlili.....	98
14.1. Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesinin gedişi və mərhələləri.....	98
14.2. Dizel mühərriklərində yanma prosesinin gedişi və mərhələləri.....	100
14.3. Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün yanma tənliyi.....	101
14.4. Dizel mühərrikləri üçün yanma tənliyi.....	102
14.5. Yanma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.....	103
15. Genişlənmə prosesinin gedişi. Genişlənmə prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.....	106
15.1. Genişlənmə prosesinin gedişi və politrop göstəricisinin seçilməsi.....	106
15.2. Genişlənmə prosesinin sonunda təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.....	108
16. Xaricətmə prosesinin gedişi. Xaricətmə prosesinin sonundakı temperaturun yoxlanması.....	110
17. Mühərrikin indikator parametrləri. Mühərrikin nəzəri və həqiqi orta indikator təzyiqləri. Mühərrikin indikator gücü.....	112
17.1. Orta indikator təzyiqi.....	112
17.2. Mühərrikin indikator gücü.....	113
18. Mühərrikin indikator f.i.ə. və xüsusi indikator yanacaq sərfi. Mühərrikin effektiv parametrləri. Mühərrikin mexaniki itkilərinin orta təzyiqi və gücü.....	115
18.1. Indikator f.i.ə. və xüsusi indikator yanacaq sərfi.....	116
18.2. Mexaniki itkilər.....	117
19. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi, effektiv gücü, effektiv və mexaniki f.i.ə.-ləri, xüsusi effektiv yanacaq sərfi.....	118
19.1. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi.....	118
19.2. Mexaniki f.i.ə.....	118
19.3. Mühərrikin effektiv gücü.....	118
19.4. Effektiv f.i.ə. və xüsusi effektiv yanacaq sərfi.....	119
20. Mühərrikin əsas ölçülərinin təyini və istilik balansı.....	122
20.1. Mühərrikin əsas ölçülərinin təyin edilməsi.....	122
20.2. Mühərrikin istilik balansı.....	123
21. Reaktiv mühərriklərin yaranma tarixi haqqında məlumat və onların təsnifatı.....	125
22. Hava-reaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin iş prinsipi və quruluşları haqqında məlumat.....	130

22.1. Hava-reaktiv mühərriki (HRM).....	130
22.2. Düzaxınlı hava-reaktiv mühərriki.....	132
22.3. Pulsasiyalı hava-reaktiv mühərriki.....	135
23. Turboreaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin iş prinsipi və quruluşları haqqında məlumat.....	137
23.1. Turboreaktiv mühərrik.....	137
23.2. İkikonturlu turboreaktiv mühərrik.....	138
23.3. TRM və İTRM-nin effektivliyinin artırılmasının əlavə vasitələri.....	139
23.4. HRM-nin müxtəlif tiplərinin başqa aviamühərriklərlə müqayisəsi.....	140

Mühazirə 1

Nəqliyyat vasitələrində istifadə edilən istilik mühərrikləri.

1.1. Daxili yanma mühərriklərinin inkişafı haqqında qısa tarixi məlumat.

Daxili yanma mühərrikləri ən geniş yayılmış istilik mühərriklərindən hesab olunur. Bu mühərriklərin vəzifəsi yanacağın yanması nəticəsində alınan istilik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirməkdir. Ümumiyyətlə, istilik mühərriklərini iki əsas qrupa bölmək olar:

- Xarici yanma mühərrikləri. Bu tip mühərriklərə buxar maşınları və turbinləri, Stirling mühərrikləri və s. aiddir;

- Daxili yanma mühərrikləri. Bu mühərriklərdə yanacağın yandırılması, istiliyin ayrılması və onun bir hissəsinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi birbaşa mühərrikin daxilində baş verir. Bu tip mühərriklərə porşenli mühərriklər, qaz turbinləri və reaktiv mühərriklər aiddir. Lakin qəbul olunmuş terminologiyaya görə DYM dedikdə porşenli mühərriklər başa düşülür. Belə ki, onlar ilk daxili yanma mühərrikləri olmuşlar.

İlk dəfə olaraq qazla işləyən iki taktlı daxili yanma mühərriki 1860-cı ildə fransız mexaniki Lenuar tərəfindən ixtira edilib. Bu mühərrikdə porşen aşağıya doğru hərəkət edərkən silindrə təbii qazla hava qarışığı sorulur və porşenin gedişinin yarısında bu qarışıq qığılcımla alışıdırılaraq yandırılırdı. Yanma nəticəsində alınan və yüksək enerjiyə malik olan yanma məhsulları porşeni aşağıya doğru, axıra qədər itələyib faydalı iş görürdü. Porşenin əks tərəfə hərəkəti zamanı yanma məhsulları silindrdən xaric olunurdu. Lakin, bu mühərrikin f.i.ə. (3÷5%) o zamankı buxar maşınlarının f.i.ə.-dan az olduğundan geniş yayıla bilmədi.

Qaz mühərriklərində qarışığı alışıdırmazdan əvvəl sıxmağın vacibliyi təklif edildikdən sonra bu mühərriklər nisbətən geniş tətbiq edilməyə başladı. Bu təklifi fransız mühəndisi Bo-de-Roşa vermiş, alman texniki N.Otto isə həyata keçirmişdir. 1867-70-ci illərdə qazla işləyən dörd taktlı Otto mühərrikləri istehsal edildikdən sonra, onlar öz qənaətliliyi və yığcamlığına görə buxar maşınlarını geridə qoydular. Hazırda nəqliyyat vasitələrində tətbiq edilən porşenli benzin mühərrikləri Otto sikli ilə işləyir və bəzi ölkələrdə Otto mühərrikləri adlanır.

Qazdan yanacaq kimi istifadə olunması DYM-nin nəqliyyatda tətbiqinə mane olurdu. XIX əsrin sonlarında neftdən alınan maye yanacaqların istehsalı mühərriklərin inkişafına güclü təkan verdi. Bu yanacaqda işləyən mühərriklər çox yığcam olduğundan nəqliyyat vasitələrində geniş tətbiq tapdı.

Rusiyada benzinlə işləyən ilk karbüratorlu mühərrik 1879-cu ildə dəniz donanmasının kapitanı İ.S. Kostoviç tərəfindən hazırlanmışdır. 1885-ci ildən sonra kerosin və daha ağır yanacaqda işləyən mühərriklər kütləvi istehsal edilməyə başlayır.

1892-ci ildə alman mühəndisi R.Dizel mühərriklərdə yanacağın sıxılmış hava ilə alışıdırılması (özülüşmə) ideyasını irəli sürür və 1897-ci ildə bu prinsiplə işləyən ilk mühərrik yaradır. Kerosinlə işləyən və yanacaq silindrə xüsusi kompressorla sıxılmış hava vasitəsilə verilən bu mühərrik

(kompressorlu dizel) 20 a.q. (14.7 kVt) gücə, 172 $dəq^{-1}$ sürətə və $247 \frac{qr}{a.q. \cdot saat} \left(336 \frac{qr}{kVt \cdot saat} \right)$

xüsusi yanacaq sərfinə malik idi. 1899-cu ildə Peterburqda daha qənaətli dizel mühərriki hazırlanır

(gücü 20-26 a.q., sürəti 193 $dəq^{-1}$, xüsusi yanacaq sərfi $221 \frac{qr}{kVt \cdot saat}$). Bu mühərrik kerosin, solyar

yağı və xam neftlə işləyirdi. Dizel mühərriki qənaətli olduğundan özünə daha çox tərəfdar tapır, lakin yanacağın silindrə verilməsindən ötrü lazım olan böyük ölçülü kompressor belə mühərriklərin nəqliyyatda tətbiqini ləngidirdi.

1901-ci ildə rus mühəndisi (sonralar texnika elmləri doktoru, professor) Q.V. Trinkler Rusiyada ilk dəfə yanacağı yüksək təzyiq altında silindrə püskürmək üçün kiçik ölçülü xüsusi nasos və forsunkadan istifadə etməyi təklif etdi (kompressorsuz dizel).

1910-cu ildə məşhur rus ixtiraçısı Y.V.Mamin tərəfindən traktorlarda istifadə etmək üçün özüləşmə ilə işləyən kompressorsuz mühərrik yaradıldı.

Daxili yanma mühərriklərinin konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsi sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işləri və mühərrikin işçi proseslərinin nəzəriyyəsinin yaradılması onların güc-qənaətlilik göstəricilərinin yüksəldilməsinə və dünya iqtisadiyyatında daha müvəffəqiyyətlə tətbiq olunmalarına səbəb oldu. Rusiyada mühərrikin işçi prosesinin nəzəri əsasları — istilik hesabının klassik üsulu 1906-cı ildə Moskva Ali Texniki Məktəbinin professoru V.İ.Qrinevetski tərəfindən verilmişdir.

Hal-hazırda dünyanın yüzlərlə avtomobil, traktor və motor zavodlarında, elmi-tədqiqat institutlarında və ali məktəblərində mövcud daxili yanma mühərriklərinin təkmilləşdirilməsi və yeni perspektiv mühərriklərin yaradılması sahəsində tədqiqat işləri aparılır.

1.2. Nəqliyyat mühərriklərinin təsnifatı.

Avtomobil və traktorlarda istifadə olunan porşenli DYM aşağıdakı əlamətlərinə görə müxtəlif növlərə ayrılır:

1. İşlədilən yanacağın növünə görə:
 - a) yüngül maye yanacaq (benzin, kerosinlə və qaz kondensatı) işləyən mühərriklərə;
 - b) ağır maye yanacaq (dizel yanacağı, xam neft, solyar yağı, bitki yağı) işləyən mühərriklərə;
 - c) qaz yanacaq (təbii, sıxılmış, mayeləşdirilmiş və generator qazı ilə) işləyən mühərriklərə;
 - d) müxtəlif yanacaqlarla işləyən mühərriklərə (çoxyanacaq mühərriklər).
 2. İşçi siklin həyata keçirilməsinə görə:
 - a) işçi sikli porşenin dörd gedişində və yaxud dirsəkli valın iki tam dövründə baş verən mühərriklər (dördtaktlı mühərriklər);
 - b) işçi sikli porşenin iki gedişində və yaxud dirsəkli valın bir tam dövründə baş verən mühərriklər (ikitaktlı mühərriklər).
 3. Yanıcı qarışığın hazırlanma üsuluna görə:
 - a) xarici qarışdırılmalı (karbüratorlu, qaz və yanacağı sorma borusuna püskürülən) mühərriklər;
 - b) daxili qarışdırılmalı (dizel, yanacağı silindrə püskürülən qığılcımla alışıdırılan) mühərriklər.
 4. İşçi qarışığın alışıdırılmasına görə:
 - a) qığılcımla və yaxud məcburi alışıdırılmalı mühərriklər (karbüratorlu, benzin püskürməli və qaz mühərrikləri);
 - b) sıxma nəticəsində özüləşdirilən mühərriklər (dizel mühərrikləri);
 - c) forkamer-məşəllə alışıdırılmalı mühərriklər. Bu mühərriklərdə işçi qarışığın bir hissəsi əvvəlcə kiçik həcmli xüsusi yanma kamerində (forkamerdə) qığılcımla alışıdırılır, yanma prosesinin sonrakı əsas hissəsi isə forkamerdən məşəl şəklində əsas yanma kamerasına keçən alovun hesabına silindrə baş verir.
 5. Silindrlərin sayına və yerləşməsinə görə:
 - a) bir silindrlili, iki silindrlili və s. mühərriklər;
 - b) birsıralı (şaquli və üfüqi) mühərriklər;
 - c) ikisıralı (V-şəkilli və silindrləri qarşı-qarşıya yerləşən — oppozit) mühərriklər.
 - d) çoxsıralı (W-şəkilli)
 6. Soyutma üsuluna görə:
 - a) maye ilə soyudulan mühərriklər;
 - b) hava ilə soyudulan mühərriklər.
- Avtomobil və traktorlarda son zamanlar rotorlu mühərriklər də tətbiq olunur. Bunlar iki yerə bölünür:
- a) pərli (qazturbanlı) mühərriklər;
 - b) rotor-porşenli, yaxud fırlanan porşenli mühərriklər.

Qazturbimli mühərriklər genişlənmə pillələrinə görə birpilləli, ikipilləli və çoxpilləli; qaz axınının istiqamətinə görə isə radial, aksial və radial-aksial olur. Fırlanan porşenli mühərriklər işçi seksiyalarının sayına görə birrotorlu, ikirotorlu və çoxrotorlu ola bilərlər.

YOXLAMA SUALLAR

1. DYM-nin sənayenin ayrı-ayrı sahələrindəki əhəmiyyəti nədən ibarətdir?
2. İlk qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri nə vaxt və kimlər tərəfindən yaradılmışdır?
3. İşlətdiyi yanacağa görə DYM-nin hansı növləri var?
4. İşçi siklə görə DYM-nin hansı növləri var?
5. Yanıcı qarışıqın hazırlanma üsuluna görə DYM-nin hansı növləri var?
6. Silindrlərin sayı və yerləşməsinə görə DYM-nin hansı növləri var?
7. Soyutma üsuluna görə DYM-nin hansı növləri var?
8. DYM-nin digər növləri hansılardır?

Mühazirə 2

Daxili yanma mühərriklərinin quruluşu və iş prinsipi.

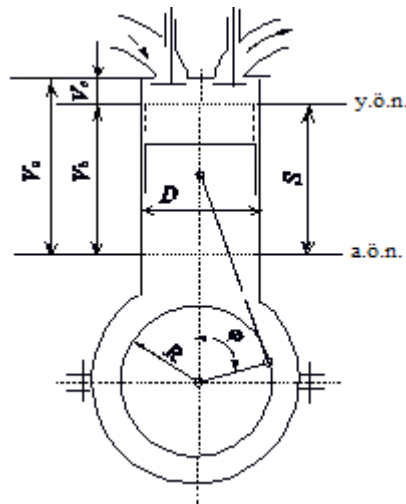
2.1. Daxili yanma mühərriklərində ümumi anlayış və təyinatlar.

DYM-də əsas anlayış və təyinatları aydınlaşdırmaq üçün şəkl. 2.1-dən istifadə edək.

Porşenin silindrdə hərəkəti zamanı iki kənar (yuxarı və aşağı) vəziyyəti mövcuddur ki, bunlar da şərti olaraq yuxarı və aşağı ölü nöqtələr adlanır. Deməli, yuxarı ölü nöqtə (y.ö.n.) dedikdə porşenin silindrdə dirsəkli valın oxundan ən uzaqda dayandığı vəziyyəti, aşağı ölü nöqtə (a.ö.n.) dedikdə isə porşenin silindrdə dirsəkli valın oxundan ən yaxında, daha doğrusu, dirsəkli valın oxundan minimum məsafədə dayandığı vəziyyəti başa düşülür. Ölü nöqtələrdə porşenin hərəkət istiqaməti dəyişdiyinə görə onun sürəti sıfıra bərabər olur.

Porşenin silindrdə hərəkəti zamanı onun bir ölü nöqtədən digər ölü nöqtəyə qədər getdiyi yol porşenin gedişi adlanır və S ilə işarə olunur. Porşenin gedişi dirsəkli valın yarım dövrünə uyğun gəlir və dirsəkli valın fırlanma radiusunun (R) iki mislinə bərabərdir ($S = 2R$).

Ardıcıl olaraq təkrar olunan proseslərin (sorma, sıxma, yanma, genişlənmə və xaricətmə) cəmi *işçi sikl* və yaxud *işçi proses* adlanır. İşçi sikl və yaxud işçi proses ərzində istilik enerjisi mexaniki enerjiyə çevrilir. Porşenin bir gedişi ərzində baş verən proses *takt* adlanır.



Şəkil 2.1. Dördtaktlı daxili yanma mühərrikinin sxemi.

İşçi sikli porşenin dörd gedişi (taktı) və yaxud dirsəkli valın iki tam dövrü ərzində baş verən mühərriklər *dördtaktlı*, iki gedişi (taktı) və yaxud dirsəkli valın bir tam dövrü ərzində baş verən mühərriklər isə *ikitaktlı* mühərriklər adlanır.

Porşen silindrdə hərəkət etdikdə yuxarı və aşağı ölü nöqtələr arasında yaranan həcm silindrin *işçi həcmi* adlanır və V_h ilə işarə olunur:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \quad [m^3], \quad (2.1)$$

burada D – silindrin diametri [m]; S – porşenin gedişidir [m].

Porşen y.ö.n.-də olduqda silindrin daxilində qalan həcm *yanma kamerinin həcmi* adlanır və V_c ilə işarə olunur.

Porşen a.ö.n.-də olduqda silindrin daxilində qalan həcm silindrin *tam həcmi* adlanır və V_a ilə işarə olunur. Silindrin tam həcmi işçi həcmə yanma kamerinin həcmi cəminə bərabərdir:

$$V_a = V_h + V_c \quad (2.2)$$

Mühərrikin bütün silindrlərinin işçi həcmələrinin cəmi onun *litrajı* adlanır və V_l ilə işarə olunur:

$$V_l = i \cdot V_h \quad (2.3)$$

burada i – silindrlərin sayıdır.

Silindrin tam həcmnin yanma kamerasının həcminə olan nisbətində mühərrikin *sıxma dərəcəsi* deyilir və ε ilə işarə olunur:

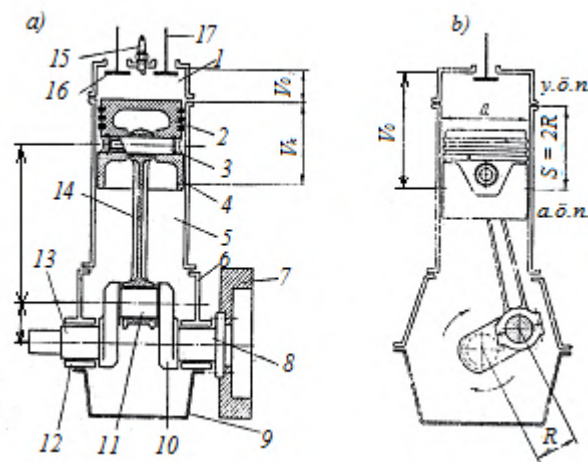
$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (2.4)$$

Sıxma dərəcəsi porşen hərəkət etdiyi zaman silindrin həcmnin neçə dəfə azaldığını və yaxud da silindrdəki işçi cismnin neçə dəfə sıxıldığını göstərir. Müasir karbüratorlu və benzin püskürməli mühərriklərdə sıxma dərəcəsi $\varepsilon = 6.5 \div 12$, dizel mühərriklərdə isə $\varepsilon = 15 \div 23$ hədlərində dəyişir. Sıxma dərəcəsi mühərrikin güc və qənaətliliyinə təsir göstərən əsas göstəricilərdən biridir. Sıxma dərəcəsinin müəyyən həddədək böyüməsi mühərrikin gücünün də artmasına, yanacaq qənaətliliyinin isə yaxşılaşmasına səbəb olur.

2.2. Daxili yanma mühərriklərinin ümumi quruluşu.

Nəqliyyat vasitələrində istifadə olunan porşenli DYM dirsək-şatun və qazpaylama mexanizmlərindən, soyutma, yağlama, qida, alısdırma və işəsalma sistemlərindən ibarətdir.

Dirsək-şatun mexanizminin (d.ş.m.) vəzifəsi qazların təzyiq qüvvəsini qəbul edərək porşenin irəliləmə hərəkətini dirsəkli valın fırlanma hərəkətinə çevirməkdir. D.ş.m. silindrlər blokundan, silindrlər başlığından, porşen və porşen üzüklərindən, porşen barmağından, şatundan, dirsəkli valdan, nazımçarx və yağ çənbərindən (karter) ibarətdir (şək.2.2).



Şəkil 2.2. Daxili yanma mühərrikinin ümumi quruluşu:

a) uzununa kəsik; b) eninə kəsik; 1-silindrlər başlığı; 2-porşen üzüyü; 3-porşen barmağı; 4-porşen; 5-silindrlər bloku; 6-karter; 7-nazımçarx; 8-dirsəkli val; 9-alt qapaq; 10-dirsəkli valın yanağı; 11-dirsəkli valın şatun boynu; 12-dayaq boynunun yastığı; 13-dayaq boynu; 14-şatun; 15-alısdırma şamı; 16-sorma klapanı; 17-xaricətmə klapanı.

Qazpaylama mexanizminin vəzifəsi mühərrikin silindrinin yanma məhsullarından təmizlənməsini və silindrin yanıcı qarışıq (karbüratorlu və qaz mühərriklərində) və yaxud hava ilə (dizel mühərriklərində) doldurulmasını təmin etməkdir. Qazpaylama mexanizminə xaricətmə və sorma klapaları, yaylar, qazpaylama valı, dişli çarxlar, itələyicilər, qazpaylama mili və çiyinliklər aiddir.

Soyutma sisteminin vəzifəsi mühərrikin qızmış hissələrindən məcburi şəkildə istiliyin alınmasını təmin etməklə onların temperaturunu normal hədlərdə saxlamaqdır.

Soyutma sistemləri istilik daşıyıcısının növünə görə maye və hava ilə soyutmalı olurlar. Mayeli soyutma sistemində istilik daşıyıcısı kimi mayedən, hava ilə soyutma sistemində isə havadan istifadə

edilir. Mayeli soyutma sisteminə su nasosu, radiator, hava pəri (ventilyator), su köynəkləri və termostat, hava ilə soyutma sisteminə isə hava pəri, silindr və silindr başlığında hazırlanan qabırğalar və yönəldicilər daxildir.

Yağlama sistemi mühərrikin hərəkətdə olan və sürtünən hissələrinə fasiləsiz olaraq yağ verilməsinə xidmət edir. Yağlama sisteminə yağ nasosu, yağ süzgəcləri, yağ boruları və radiator aiddir.

Qida sisteminin vəzifəsi yanıcı qarışığın hazırlanmasını və silindrə lazımı keyfiyyətdə yanıcı qarışığın verilməsini (karbüratorlu və qaz mühərriklərində) və yaxud tələb olunan anda silindrə müəyyən miqdarda yanacaq dozasının toz halında püskürülməsini təmin etməkdir (dizel və silindrə benzin püskürülən qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər). Karbüratorlu mühərrikin qida sisteminə yanacaq çəni, yanacaq boruları, yanacaq süzgəcləri, benzin nasosu, hava təmizləyicisi və karbürator daxildir. Dizel mühərrikinin qida sisteminə isə yanacaq çəni, yanacaq süzgəcləri, aşağı və yüksək təzyiq yanacaq boruları, aşağı və yüksək təzyiqli yanacaq nasoslari, hava süzgəci və forsunkalar aiddir.

Alışdırma sistemi məcburi alışdırılmalı karbüratorlu, qaz və benzin püskürməli mühərriklərdə tətbiq olunur. Alışdırma sisteminin vəzifəsi yüksək gərginlikli elektrik cərəyanının təsiri nəticəsində elektrik şamının elektrodları arasında yaranan elektrik qığılcımının köməyi ilə yanıcı qarışığın alışdırılmasını təmin etməkdir. Alışdırma sisteminə akkumulyator batareyası, generator, alışdırma dolağı, alışdırma şamları, qırıcı-paylayıcı və naqillər daxildir.

İşəsalma sisteminin vəzifəsi mühərriki tez və etibarlı işə salmaqdır. Bu sistemə ötürmə mexanizmi olan kiçik ölçülü benzin mühərriki (traktor dizellərində) və yaxud elektrik starteri daxildir.

YOXLAMA SUALLAR

1. Porşenin gedişi nədir və onunla dirsəkli valın radiusu arasında hansı əlaqə var?
2. Ölü nöqtə nə deməkdir?
3. Takt və işçi sikl nə deməkdir? 2 və 4-taktlı mühərriklərin fərqi nədən ibarətdir?
4. DYM-nin işçi həcmi nəyə deyilir və onun düsturu necədir?
5. DYM-nin yanma kamerinin həcmi nə deməkdir?
6. DYM-nin tam həcmi nəyə deyilir və onun düsturu necədir?
7. DYM-nin sıxma dərəcəsi nəyə deyilir və onun düsturu necədir?
8. DYM-də hansı mexanizmlər var və onların vəzifəsi nədir?
9. DYM-də hansı sistemlər olur və onların vəzifəsi nədir?

Mühazirə 3

Dirsək-şatun mexanizminin konstruksiyası haqqında əsas anlayışlar.

3.1. Dirsək-şatun mexanizminin vəzifəsi və onun əsas elementləri.

DYM-də porşenin irəli-geri hərəkətini dirsəkli valın fırlanma hərəkətinə çevirən mexanizm dirsək-şatun mexanizmdir (şək.3.1). Dirsək-şatun mexanizmləri aksial və dezaksial tipli olurlar.

Dirsək-şatun mexanizminin hissələri iki qrupa ayrılır: hərəkətli və hərəkətsiz hissələr. Hərəkətli hissələrə porşen, porşen üzükləri, porşen barmağı, sürgüqolu, dirsəkli val və nazimçarx, hərəkətsiz hissələrə isə paylayıcı dişli çarx blokunun qapağı, blok başlığının araqatı, yanma kameri, silindrlər bloku başlığı, silindr gilizləri, kipləşdirici üzüklər, silindrlər bloku, silindrlər başlığının qapağı, qapağın və silindrlər başlığının bərkidici boltları, xaric kollektorunun qol borusu, sıxıcı bolt, silindrlər başlığının polad araqatı, yağ çənbəri aiddir.

Porşenin vəzifəsi, quruluşu və materialı.

Porşenin vəzifəsi sorma prosesi zamanı silindrə yeni qarışıq və ya hava sorma, sıxma prosesi zamanı yeni qarışıq və ya havanı sıxmaq, genişlənmə prosesi zamanı qazların təzyiq qüvvəsini sürgüqolu vasitəsilə dirsəkli vala ötürmək, xaric prosesi zamanı isə silindrdəki qalıq qazları atmosfərə çıxarmaq, silindrin divarı və silindrlər başlığı ilə birlikdə qapalı həcm yaratmaq və bu həcmdə iş siklinin proseslərini yerinə yetirmək (şək.3.2), N qüvvəsini qəbul edərək silindrin divarına ötürmək (şək.3.3);

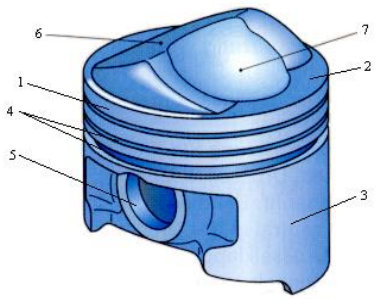
$$N = P_1 \operatorname{tg} \beta,$$

mümkün qədər qazlardan az istiliyin qəbul edilməsini təmin etmək, alınan istiliyi üzüklər, porşen ətəyi vasitəsilə silindrin divarına, soyutma sisteminə, havaya və yağ dumanına verməyi təmin etmək, ikitəktli mühərriklərdə üfurmə və xaric pəncərələrinin açılıb-bağlanmasını təmin etməkdir.

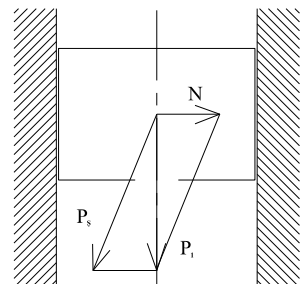
Porşenin hissələri: porşen başlığı 1, porşen təpəsi 2 və ətək 3. Porşen başlığının xarici səthində və ətəkdə sıxıcı və yağsıyırıcı üzüklər üçün üzük arakəsmələri 4, porşen barmağının yerləşdirilməsi üçün porşen barmağı yuvası 5, konstruksiyadan asılı olaraq isə porşen sıxlaşdırıcıları 6 və porşen platforması 7 konstruksiya edilir (şək.3.2). Porşenin materialı əsasən alüminium ərintilərindən və çuqundan olur.



Şək.3.1.



Şək.3.2.



Şək.3.3

Porşen üzüklərinin növləri, onların vəzifəsi və sayı.

Porşen üzükləri sıxıcı (kompresiya) və yağsıyırıcı olurlar (şək.3.4, şək.3.5, şək.3.6).

Sıxıcı (kompresiya) üzüklərinin vəzifəsi porşenlə silindr arasında lazımi kipliyi təmin etmək, qazların yanma kamərindən karterə keçməsinin qarşısını almaq, porşen başlığından qəbul etdiyi istiliyi silindrə ötürməkdir. *Yağsıyırıcı üzüklərin vəzifəsi* isə yağın yanma kamərinə keçməsinin qarşısını almaqdır. Bu üzüklər sıxıcı üzüklərdən aşağıda yerləşdirilir. Yağsıyırıcı üzüklərin xarici

səthində yağın keçməsi üçün kəsiklər və yuvalar olur. Üzüyün kəsiyi *üzük qıfılı* adlanır; düz, çəp və pilləli ola bilər. Porşen üzükləri ilə birlikdə oxboyu və radial genişləndiricilər də istifadə edilir. Üzüklərin sayı əsasən sıxma dərəcəsindən asılıdır. Boz və ya legirlənmiş çuqundan, forsirə olunmuş mühərriklər üçün isə sıxıcı üzüklər legirlənmiş poladdan hazırlanırlar.



Şək.3.4.



Şək.3.5.

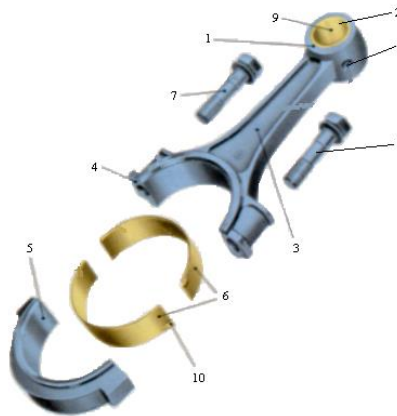


Şək.3.6.

Porşen barmağı porşenlə şatunun yuxarı başlığını əlaqələndirmək üçün tətbiq edilir. Porşen barmağının kənarları porşenin barmaq yuvalarında oturur, mərkəz hissəsi isə şatunun yuxarı başlığının yuvasına bürünc oymaq ilə sıxılaraq geydirilir. Materialı azkarbonlu poladdan hazırlanır.

Şatun qrupunun vəzifəsi, hissələri və materialı.

Şatun qrupunun vəzifəsi porşenin qəbul etdiyi qazların təzyiq qüvvəsini dirsəkli vala ötürmək, ətalət qüvvəsinin təsirini porşenə ötürərək onu yuxarıya doğru hərəkət etdirməkdir (şək.3.7). Şatun qrupunun hissələri: yuxarı başlıq (porşen başlığı) 1, bürünc oymaq 2, sürgüqolu çubuğu 3, aşağı başlıq (dirsək başlığı) 4, aşağı başlıq qapağı 5, içliklər 6, sürgüqolu boltları 7, qaykalar. Şatun qrupu hissələrini yağlamaq üçün yağlama yuvalarından istifadə edilir. Yuxarı başlıq üçün yağlama yuvası 8, yuxarı başlıq oymağının sürtünən səthini yağlamaq üçün yağlama yuvası 9, içliklərin sürtünən səthlərini yağlamaq üçün yağlama yuvası 10 tətbiq edilir. Yorulmaya görə yüksək müqavimətli karbonlu və ya legirlənmiş poladlardan hazırlanır.

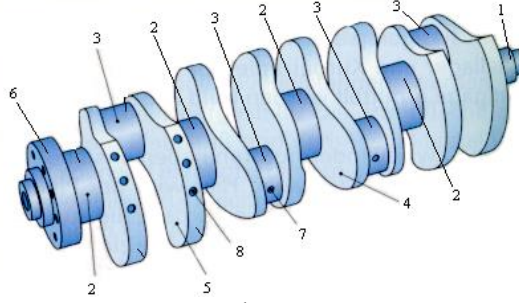


Şək.3.7.

Dirsəkli valın vəzifəsi və materialı.

Dirsəkli val porşenin irəli-geri hərəkətini fırlanma hərəkətinə çevirərək sürətlər qutusu vasitəsilə təkərlərə ötürür (şək.3.8). Hissələri: valın ön qurtaracağı 1, ana boynu 2, sürgüqolu boynu 3, yanaqlar 4, əksyüklər 5, nazimçarxın bərkidilməsi üçün bərkidici hissə 6, paylayıcı dişli çarx, qoyma ştift, yağ nasosu intiqalının dişli çarxı, sürgüqolu boyunlarını yağlamaq üçün yağ yuvaları 7, yağ çənbərindən

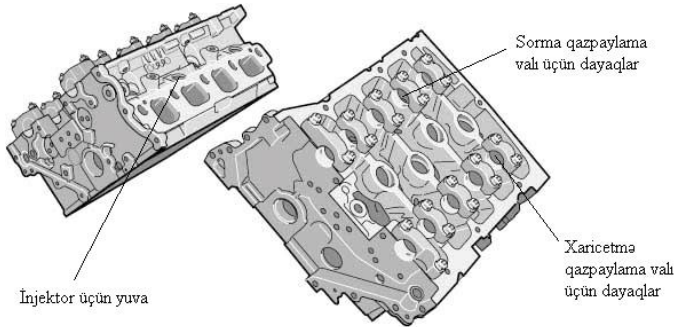
yağı qəbul etmək üçün yağlama yuvaları 8. Karbonlu və legirlənmiş poladlardan, həmçinin yüksəkkeyfiyyətli çuqundan hazırlanır.



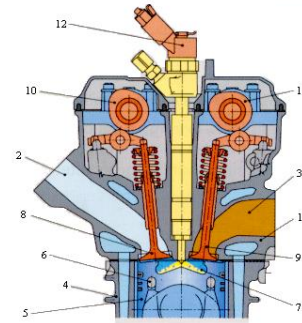
Şək.3.8.

Silindrlər başlığının vəzifəsi, materialı və onun əsas elementləri.

Silindrlər başlığı 1 (şək.3.9, şək.3.10) silindrləri örtən mühərrikin başlıq hissəsidir. Sorma 2 və xaric 3 boruları, sorma 8 və xaric 9 klapanları və onların elementləri, yanacaq vermə sistemləri 12, alısdırma sistemi, hava təmizləyici sistem yerləşdiyindən bunların hissələrini bərkitmək üçün silindrlər başlığı çox mürəkkəb konstruksiyaya malik olur. Alüminium ərintiləri AO5, AC9 AL5, AK4, boz çuqunlardan hazırlanır.



Şək.3.9.



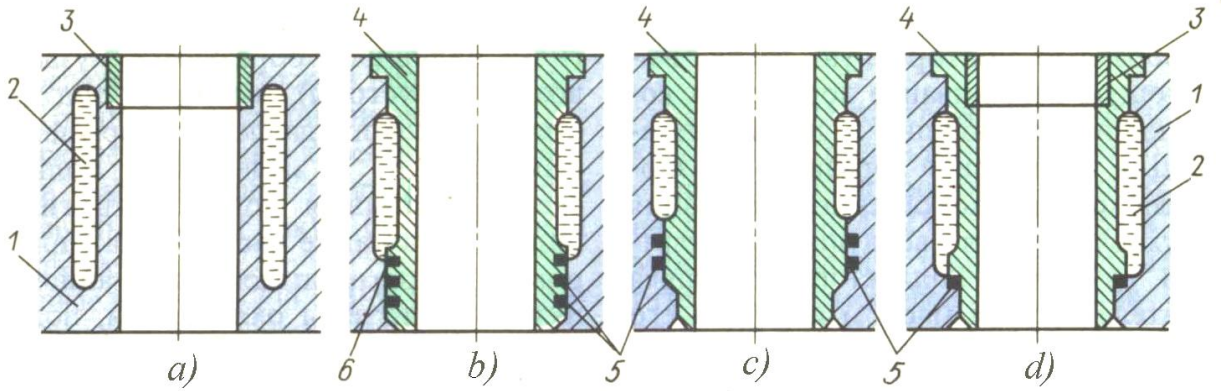
Şək.3.10.

Silindr gilizinin vəzifəsi, materialı, «quru» və yaxud «nəm» gilizlər.



Şək.3.11.

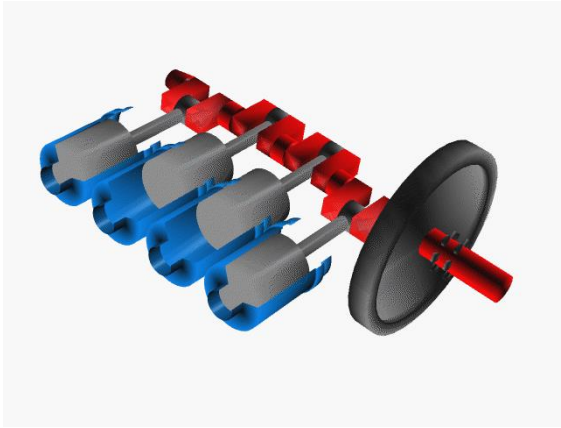
Porşen 5 silindr gilizinin daxilində irəli-geri hərəkət edərək işçi sikli yerinə yetirir. Silindr gilizi blokla bir və ya ayrı hazırlana bilər. Ayrı hazırlanmış silindr gilizləri bloka kipləşdirici üzükler vasitəsilə bərkidilir. Yüksəkkeyfiyyətli legirlənmiş çuqundan və azotlanmış poladdan hazırlanır (şək.3.11). Əgər gilizlər soyuducu maye ilə birbaşa təmasda olmurlarsa «quru», soyuducu maye ilə yuyulan gilizlər isə «nəm» gilizlər adlanır (şək.3.12).



Şək.3.12. Gilizlər:

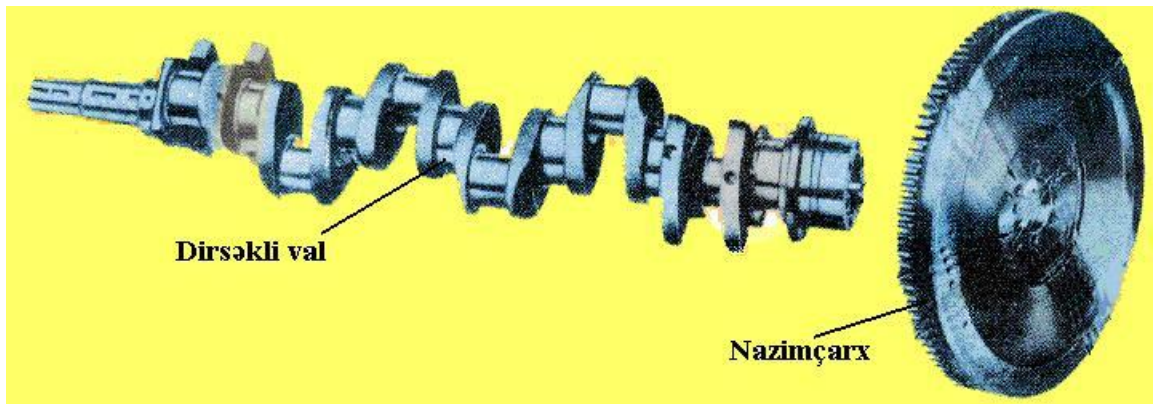
a-quru giliz; b,c,d-nəm gilizlər; 1-silindrlər bloku; 2-su köynəyi; 3-qoyma; 4-silindr gilizi; 5-kipləşdirici üzüklər (tir üçün nəzərdə tutulmuş rezin və ya misdən hazırlanmış); 6-antikavitasiya üzüyü.

Nazimçarxın vəzifəsi və materialı.



Şək.3.13.

İşçi gediş zamanı enerjini yığmaq, köməkçi taktlar zamanı dirsəkli valı fırlatmaq, valın fırlanmasının qeyri-müntəzəmliyini azaltmaq, dirsək-sürgüqolu mexanizm detallarının ölü nöqtələrdən keçməsi anını səlisləşdirmək, mühərrikin işə salınmasını və avtomobilin yerindən tərpədilməsini yüngülləşdirmək üçün *nazimçarx* tətbiq edilir. Çuqun və ya poladdan hazırlanır(şək.3.13, şək.3.14).



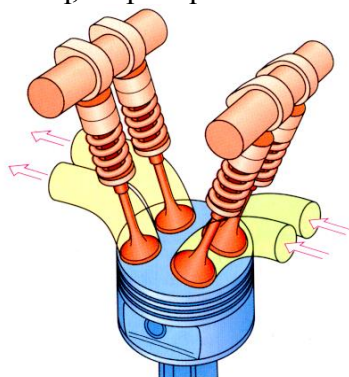
Şək.3.14.

Mühazirə 4

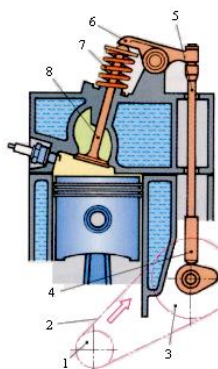
Qazpaylama mexanizmlərinin növləri və konstruksiyaları haqqında əsas anlayışlar.

4.1. Qazpaylama mexanizminin vəzifəsi və onun əsas elementləri.

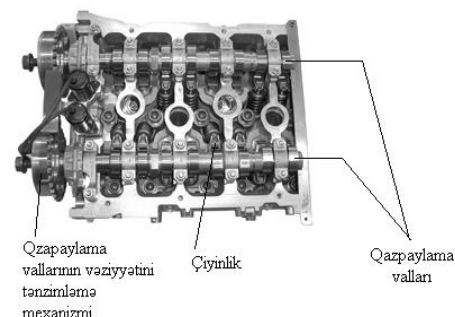
Qazpaylama mexanizmi klapanların açılıb-bağlanması (silindri yanıcı qarışıq və ya hava ilə doldurmaq, işlənmiş qazların xaric edilməsi üçün), yanma kamerinin sıxma taktı və işçi gedişi zamanı ətraf mühitdən etibarlı təcrid olunmasını təmin etmək üçün nəzərdə tutulub. Qazpaylama valı yuxarıda (blok başlığında) (şək.4.1, şək.4.3) və aşağıda (blokda və ya yağ çənbərinin yuxarı hissəsində) (şək.4.2) yerləşdirilmiş qazpaylama mexanizmləri vardır. Əsas elementləri: qazpaylama valı 3, sorma 8 və xaric klapanları, klapan yəhəri, istiqamətləndirici oymaq, tənzimləyici bolt, əks-qayka, tənzimləyici yiv, dayaq-şayba, klapanın yağ qapağı, sorma və xaric klapan yumrucuqları, ling 6, kipləşdirici üzük, itələyici 4, mil 5 (ştanq)(qazpaylama valı aşağıda yerləşdikdə), xarici yay 7, daxili yay, yay üçün boşqab, zəncir ötürməsi üçün dişli çarx və ya qayış ötürməsi üçün mancanaq, klapan qıfılı.



Şək.4.1.



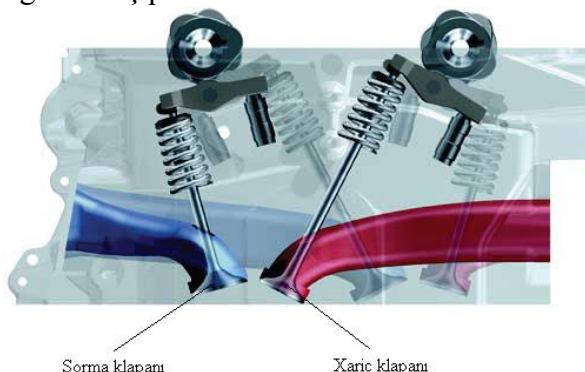
Şək.4.2.



Şək.4.3.

Sorma və xaric klapanları, onun vəzifəsi və materialı.

Sorma və xaric klapanları uyğun olaraq silindrdə sorma və xaric prosesi zamanı silindri qapayıb-açırlar (şək.4.4). Hər silindrdə bir, iki, üç və ya dörd sorma, bir, iki və ya üç xaric klapanları tətbiq edilə bilər. Klapan başlıq və klapan milindən 3 ibarətdir (şək.4.6). Klapanın intiqalı isə konik dırnaqdan 1, klapan yayı boşqabından 2, klapan milinin sıxlaşdırıcısından 4, yaydan 5 ibarətdir. Yaylar daxili və xarici ola bilər. Bəzi konstruksiyalarda xaric klapanının klapan yəhərində kip oturmasını təmin etmək məqsədi ilə klapanın oxboyu fırladılması yerinə yetirilir. Bu əməliyyat klapanın fırladılması qurğusu ilə yerinə yetirilir (şək.4.7). Klapanın fırladılması bu qurğuda çevrə boyunca yerləşdirilmiş xüsusi diyrəclər 5 və yaylar 6 vasitəsi ilə həyata keçirilir. Klapanın etibarlı soyudulmasını təmin etmək üçün isə daxilində soyuducu maye olan klapanlar konstruksiyaya edilir. Yüksək legirlənmiş poladdan hazırlanır.



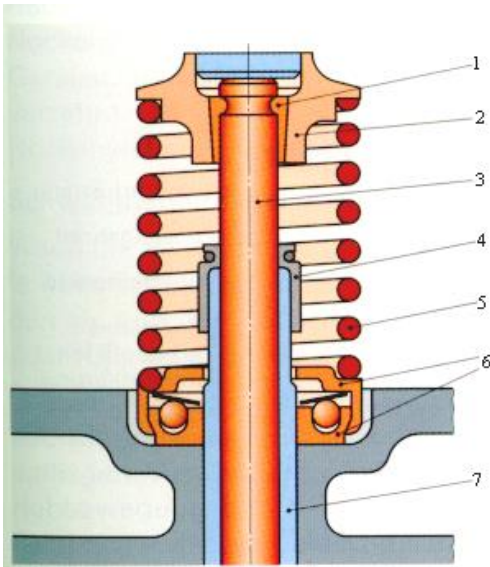
Şək.4.4.

Klapan yəhərləri və istiqamətləndirici oymaqların vəzifəsi, materialları.

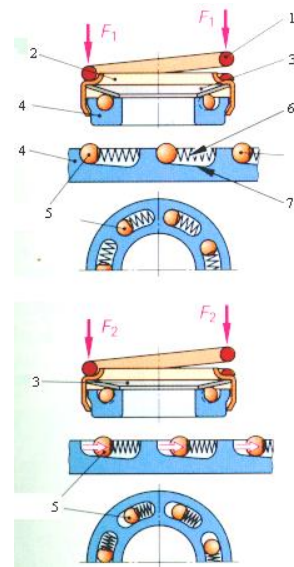


Şək.4.5.

Klapan yəhərləri klapanın yerində kip oturmasını təmin etmək üçün (şək.4.5), istiqamətləndirici oymaqlar 7 isə klapan oxunun silindrlər başlığındakı yuva daxilində irəli-geri hərəkəti zamanı düz istiqamətlənməni təmin etmək, sürtünməni azaltmaq üçün nəzərdə tutulur. Əsasən çuqundan hazırlanır (şək.4.6).



Şək.4.6.



Şək.4.7.

Klapan yaylarının vəzifəsi, sayı və növləri.



Şək.4.8.

Klapan yayları klapanların səlis açılıb-bağlanması təmin etmək üçün nəzərdə tutulur (şək.4.8). DYM-lərində hər klapan üçün əsasən iki yay tətbiq edilir: daxili və xarici. Klapan yayı mühərrikin bütün sürət rejimlərində klapanın yəhərdə kip oturmasını və itələyicinin r_0 başlanğıc çevrə üzrə bütün hərəkət periodunda klapanın bağlı vəziyyətdə saxlanmasını, itələyicinin mənfi təcil ilə hərəkəti zamanı klapan, itələyici və yumrucuq arasında daimi kinematik əlaqəni təmin etmək üçündür. Yüksəkkeyfiyyətli polad yay naqılindən hazırlanır və termiki emal edilir.

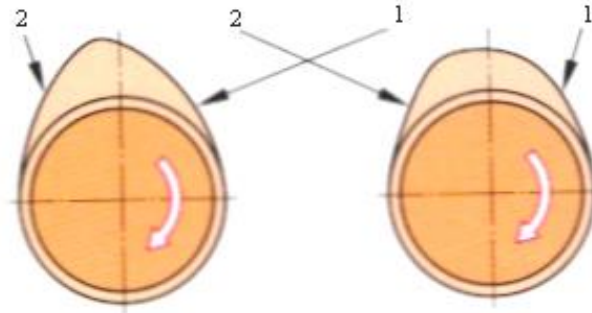
Qazpaylama valının vəzifəsi, hissələri və materialı. Yumrucuqlar.

Qazpaylama valı hərəkəti dirsəkli valdan yumrucuqlar vasitəsilə klapanlara ötürərək onların açılıb-bağlanmasını təmin edir (şək.4.9). Yumrucuqların val üzərində yerləşməsi klapanların yerləşməsindən asılıdır. Materialı karbonlu və ya legirlənmiş polad, boz və ya legirlənmiş çuqundan olur. Hissələri: val, dişli çarx və ya mancanaq, yanacaq nasosu intiqalının aparan dişli çarxı (yanacaq püskürmə sistemlərində) və ya eksentrik, ön dayaq oymağı, arxa dayaq oymağı, dayaq boyunları, qazpaylama valının yumrucuqları, paz, qırıcı-paylayıcının və yağ nasosu intiqalının dişli çarxı.



Şək.4.9.

Yumrucuqlar sorma və xaric klapanlarının mühərrikin işini tənzimləyərək vaxtında açılıb-bağlanmasını təmin etmək məqsədi ilə tətbiq edilir(şək.4.10). Burada I əyri 1 ilə klapan açılır, II əyri 2 ilə isə klapan bağlanır.



Şək.4.10.

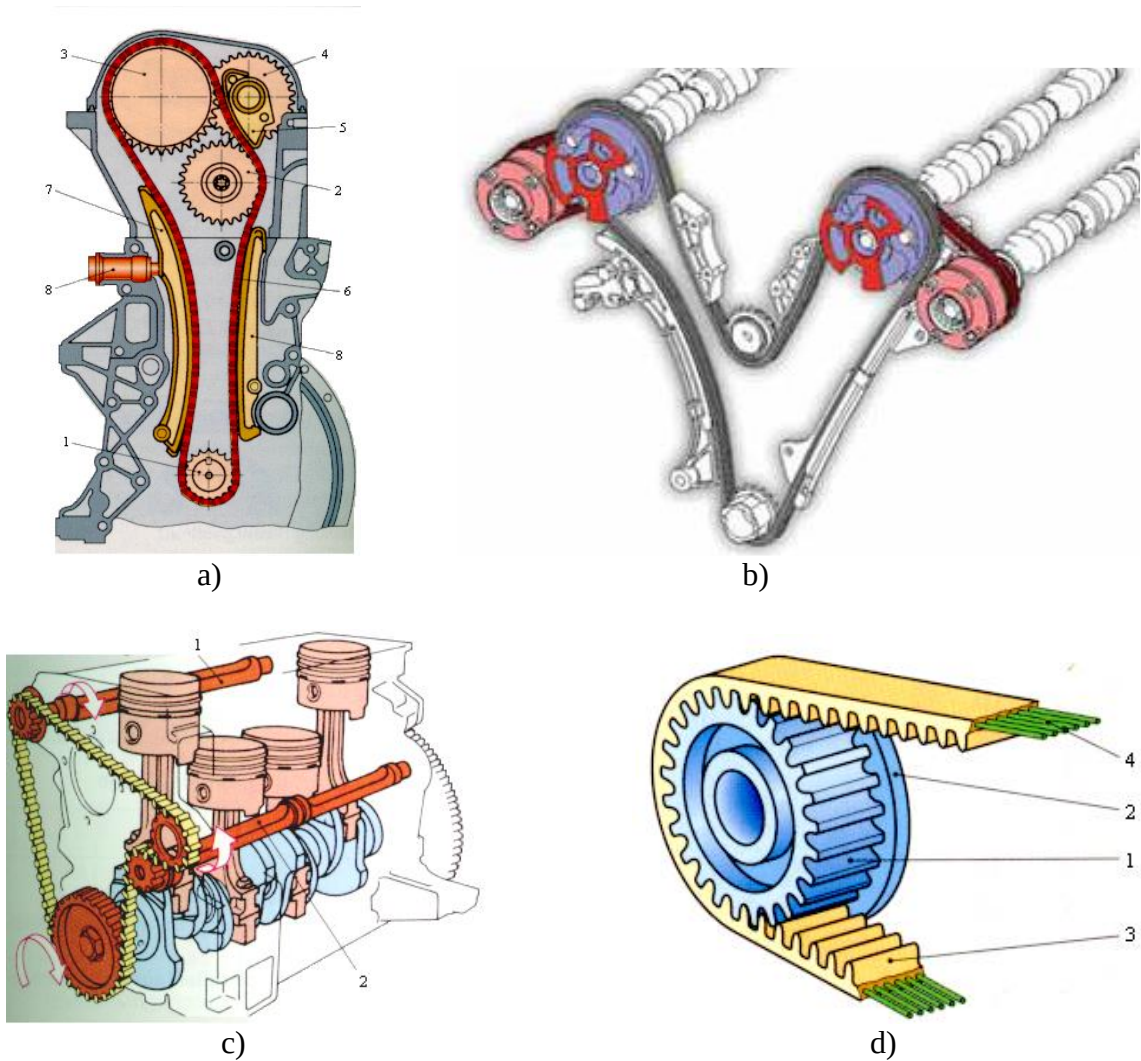
Qazpaylama valının intiqalı.



Şək.4.11.

Qazpaylama valının intiqalı üç cür olur: dişli çarxla, zəncirlə və qayışla. Dişli çarxlı intiqal dirsəkli valın intiqal dişli çarxından, aralıq dişli çarxlardan və qazpaylama valının intiqal dişli çarxından ibarətdir (şək.4.11). Zəncirli intiqal dirsəkli valın intiqal dişli çarxı 1, aralıq dişli çarxı 2, qazpaylama valının intiqal dişli çarxı 3, qazpaylama valının dişli çarxı 4, istiqamətləndirici 5, zəncir 6, zənciri dərman hidravlik qurğu 7, zənciri dərman qurğunun istiqamətləndiricisi 8 hissələrindən ibarətdir (şək.4.12,a; 4.12,b).

Zəncir ötürməsində qazpaylama valını hərəkət etdirmək üçün intiqal dişli çarxı valından da istifadə edilir (4.12,c). Qayışlı intiqal dirsəkli valın intiqal dişli çarxından 1, idarəetmə bortundan 2, diş kolonkasından 3, korda parçalı kanatdan 4, qazpaylama valının intiqal dişli çarxından ibarətdir (şək.4.12,d).



Şək.4.12.

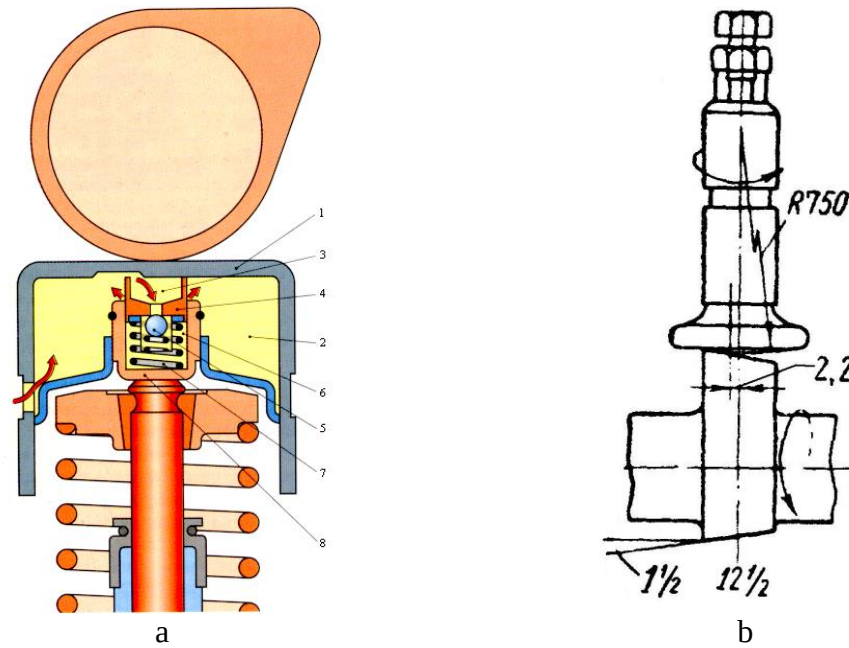
İtələyicilərin və milin (ştanqın) vəzifəsi, konstruksiyası.

İtələyici qazpaylama valının yumruquğundan gücü klapanə və ya itələyici milinə ötürür. Polad və çuqundan hazırlanır, işçi səthini tablandırıb pardaqlayırlar. Hissələri: işçi başlıq, tənzimləyici bolt, əks-qayka, təkərli itələyicilərdə təkər və itələyicinin çəngəli.

Yumruquğun itələyiciyə 1 birbaşa təsirli qazpaylama mexanizmlərində itələyici itələyici həcmindən 2, hidravlik rezervuardan 3, sıxlaşdırıcı boltan 4, diyircəkli klapanədən 5, işçi həcmdən 6, arakəsməni tənzimləyən yaydan 7, istiqamətləndirici gilizdən 8 ibarətdir (şək.4.13,a).

İtələyici mili qazpaylama valı aşağıda yerləşən DYM-lərində tətbiq edilir (şək.4.13,b). İtələyicidən lingə (çiyinliyə) güc itələyici mili vasitəsilə ötürülür. Bir tərəfdən itələyici digər tərəfdən ling (çiyinlik) ilə əlaqədə işləyir. Alüminium və ya ucları tablandırılmış polad məftildən hazırlanır.

İtələyici milinin qurtaracaqlarına itələyici və lingin tənzimləyici yivi ilə milin təması üçün termiki emal edilmiş polad ucluqlar preslənir.



Şək.4.13.

Qazpaylama faza diaqramının qurulması.

Klapanların açılması və bağlanması anları uyğun ölü nöqtələrə görə dirsəkli valın dönmə bucağının dərəcələrlə ifadəsi *qazpaylama fazaları* adlanır və çevrəvi diaqramlar şəklində ifadə edilir (şək.4.14).

Sorma klapanı:

$$\varphi_{qab.} = 18^\circ$$

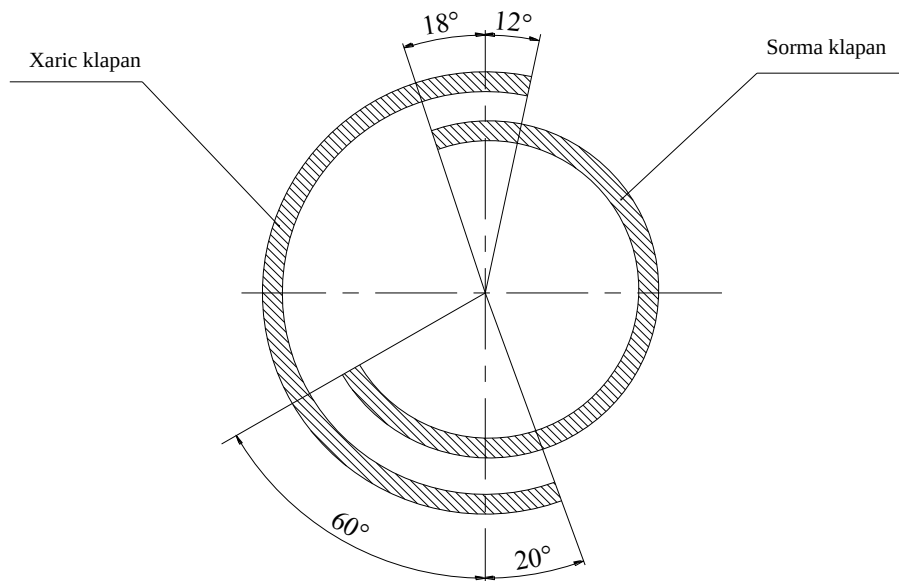
$$\varphi_{gec.} = 60^\circ$$

Xaric klapanı:

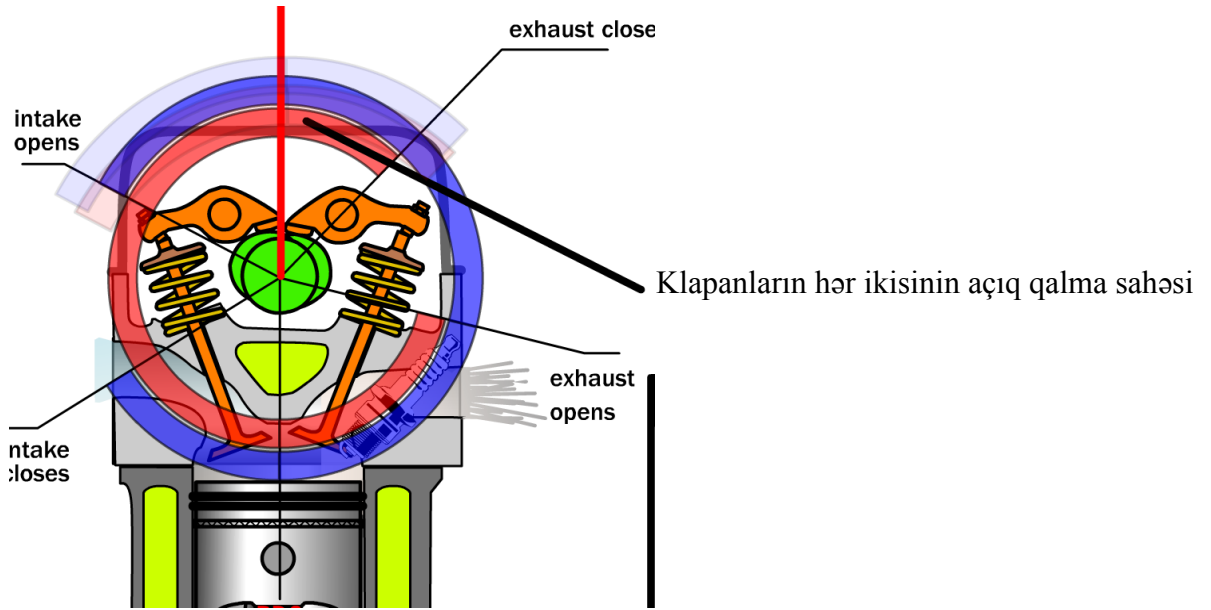
$$\varphi_{qab.} = 20^\circ$$

$$\varphi_{gec.} = 12^\circ$$

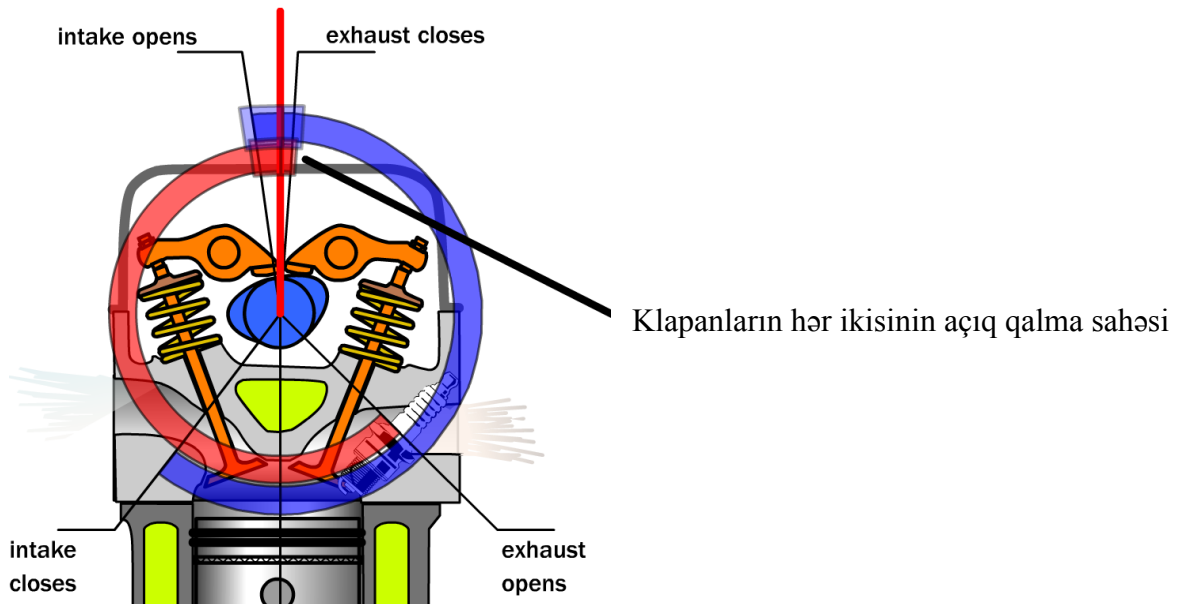
Sorma klapanı Y.Ö.N.-ə 18° qalmış açılır, A.Ö.N.-dən 60° keçmiş bağlanır. Xaric klapanı A.Ö.N.-ə 50° qalmış açılır, Y.Ö.N.-dən 20° keçmiş bağlanır. Şək.4.15 və şək.4.16-da isə hər iki klapanın eyni vaxtda açıq qalma sahəsi göstərilmişdir.



Şək.4.14.



Şək.4.15.



Şək.4.16.

YOXLAMA SUALLAR

1. Qazpaylama mexanizminin vəzifəsi nədir və onun əsas elementləri hansılardır?
2. Sorma və xaric klapanlarının vəzifəsi nədir və onları hansı materialdan hazırlayırlar?
3. Klapan yəhərləri və istiqamətləndirici oymaqların vəzifəsi nədir və onları hansı materialdan hazırlayırlar?
4. Klapan yaylarının vəzifəsi nədir və onların sayı nə qədərdir?
5. Qazpaylama valının vəzifəsi nədir, onların hissələri hansılardır və onları hansı materialdan hazırlayırlar?
6. Yumruqcuqların vəzifəsi nədir və onların hansı profilləri var?
7. Qazpaylama valının intiqalının vəzifəsi nədir və onların hansı növləri var?
8. İtələyicilərin və milin (ştanqın) vəzifəsi nədir və onların hansı konstruksiyaları var?
9. Qazpaylama faza diaqramı nədir və onlar necə qurulur?.

Mühazirə 5

Mühərrikin soyutma və yağlama sistemləri haqqında əsas anlayışlar.

5.1. Mühərrikin soyutma sistemi.

Soyutma sistemləri 25÷35% istiliyi udurlar. Silindr başlığında yerləşən soyuducu mayenin temperaturu 80÷95°C olmalıdır. Mühərrikin işçi sikl müddətində temperatur 80°÷120°C (minimal) sormanın sonunda, qarışıqın yanmasının sonunda isə 2000°÷2200°C (maksimal) intervalında dəyişir.

Mühərrikin soyudulması onun optimal istilik vəziyyətini və normal işini təmin etmək üçün isidilmiş detallardan istiliyin məcburi götürülməsi məqsədi ilə tətbiq edilir. Götürülən istiliyin böyük hissəsi soyutma sistemi ilə, kiçik hissəsi isə yağlama sistemi və birbaşa ətraf mühitlə qəbul edilir. DYM-də istifadə olunan istilikdaşıyıcının növündən asılı olaraq mayeli və ya hava soyutma sistemi tətbiq edilir. Mayeli soyutma maddəsi kimi su və bəzi digər yuxarı qaynamalı mayələr (antifriz), hava soyutma sistemində isə hava istifadə edilir.

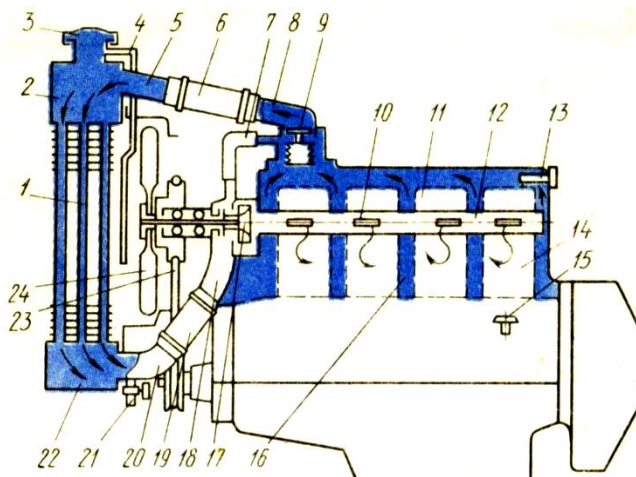
Mayeli soyutma sistemini (şək.5.1) forsirə olunmuş və silindri nisbətən böyük işçi həcmli olan mühərriklərdə, hava soyutma sistemini (şək.5.2) isə forsirənin dərəcəsiindən asılı olmayaraq silindrin işçi həcmi 1 l-ə qədər olan və böyük olmayan litr gücünə malik mühərriklərdə istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

Mayeli soyutma sisteminin elementləri: maye çəni, maye radiatoru, maye nasosu, termostat, pər, birləşdirici borular, su (maye) köynəkləri.

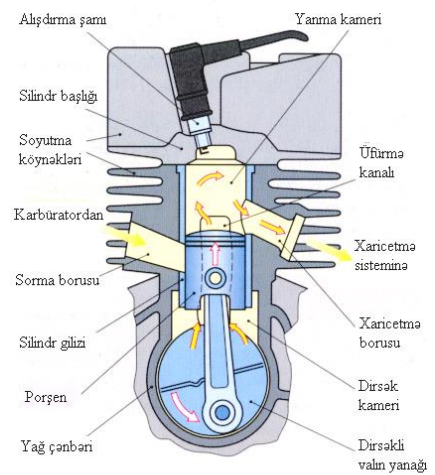
Şək.5.1-də mayeli soyutmalı mühərrikin quruluşu göstərilmişdir. Hissələri: maye çəni, maye radiatoru 1; yuxarı çən 2; radiator tıxacı 3; nəzarət qol borusu 4; radiatorun yuxarı qol borusu 5; rezin şlanqlar 6, 19; buraxıcı klapan 7; uyğun olaraq aparan və gətirən qol boruları 8,18; termostat 9; yuva 10; blok başlığı 11; su paylayıcı qol boru 12; maye temperaturunun göstəricisi sensörü 13; silindrlər bloku 14; axıdıcı kranlar 15, 21; su köynəyi 16; mərkəzdənqaçma su (maye) nasosunun qanadı 17; radiatorun aşağı qol borusu 20; radiatorun aşağı çəni 22; pər intiqalının qayışı 23; pər 24.

Hava soyutması zamanı istilik mühərrikin silindrlərinin divarlarından və başlığından onları üfürən hava ilə götürülür. Hava soyutmasının intensivliyi soyuducu havanın miqdarı və temperaturundan, sürətindən, soyutma səthinin ölçülərindən və hava axınına nəzərən hava köynəklərinin yerləşməsindən asılıdır.

Su köynəkləri. Mühərrikin su köynəyi silindrlər blokunun və blok başlığının köynəklərindən ibarətdir, başlıq və blok arasında araquatındakı yuvalarla birləşirlər. Mühərrikin işi zamanı soyuducu maye isidilir və nasos vasitəsilə radiatora verilir, burada soyudulur, sonra isə silindrlər blokuna, oradan da başlığın su köynəklərinə verilir.



Şək.5.1.



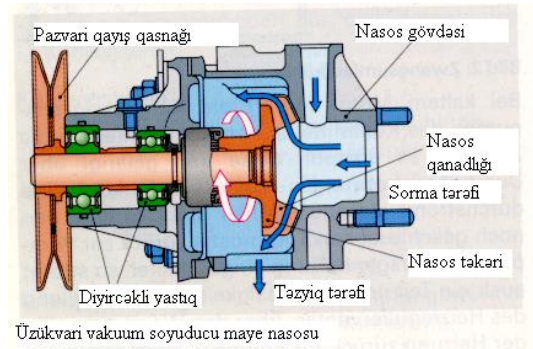
Otto-ikitaqtlı mühərrikin konstruksiyası

Şək.5.2.

Su (maye) nasosu. Su nasosu (şək.5.3) soyuducu mayenin soyutma sistemində arasıkəsilməz dövrünü təmin etmək üçün xidmət edir. DYM-də mayeni bir tərəfli verən mərkəzdənqaçma nasosları daha çox tətbiq edilir. Quruluşu: nasos gövdəsi, sorma borusu, nasos qanadlığı, nasos təkəri, təzyiqlə vurma borusu, pazvarı qayış qasnağı, diyircəkli yastıq (şək.5.4).



Şək.5.3.



Üzükvari vakuüm soyuducu maye nasosu

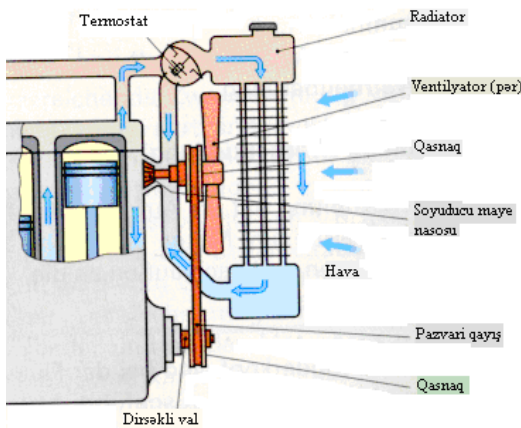
Şək.5.4.



Şək.5.5.

Radiator. Radiator mühərrikin isidilmiş detallarından daxil olan mayenin hava ilə soyudulması üçün istilikdəyişdirici qurğudur (şək.5.5). Radiator əsas çənlə əlaqələnən yuxarı və aşağı çənlərdən ibarətdir. Yuxarı çənə tıxac ilə bağlanan boğazlıq, isinmiş mayeni radiatora ötürən, elastik şlanqın birləşdirilməsi üçün qol boru birləşdirilib. Aşağı çənə soyudulmuş mayeni aparmaq üçün elastik şlanq birləşdirilib. Yuxarı və aşağı çənlərə aşağı çənə lehimlənmiş lövhələrlə əlaqələnən yan dayaq bərkidilib. Dayaq bərkidilib. Dayaq bərkidilib. Dayaq bərkidilib. Radiator karkasını əmələ gətirirlər. Radiatorun əsası boru-lövhəli və boru-lentli ola bilər.

Boru-lövhəli radiatorun əsası bir-neçə cərgə yuxarı və aşağı çənlərə lehimlənən borulardan ibarətdir. Borulara latundan, alüminiumdan və misdən hazırlanmış nazik soyuducu lövhələr geydirilib. Bəzən soyuducu lövhələri qofirə olunmuş düzəldirlər, bu da radiatorun soyutma səthini nəzərəcarpacaq dərəcədə artırır. Radiator mühərrikin soyuducu köynəklərinə qol borular və elastik şlanqlarla əlaqələndirilir.



Şək.5.6. Mayeli soyutma sistemində pərin intiqalı.

Pər. Pər (ventilyator) radiatorun istiliyin götürülməsini təmin edən istiqamətləndirilmiş hava axınının yaradılması üçündür. Pərin intiqalı konstruksiyadan asılı olaraq dişli çarx, qanadlıq və pazvarı qayış qasnağından ibarətdir (şək.5.6). Bəzən radiator karkasına ondakı mayenin intensiv soyudulması üçün pər qanadlığına fırlanan istiqamətləndirici (diffuzor) birləşdirilir. Pərin qanadlarını polad və rəqdən ştamplayırlar və ya plastmasdan hazırlayırlar. Pərin uclarının əyri hazırlanması soyutmanı artırır (hava axını artır) (şək.5.7).



a)



b)



c)

Şək.5.7. Soyutma sisteminin pərləri: a-dördqanadlı; b-çoxqanadlı; c-iki seksiyalı.

Termostat. Termostat soyutma sistemində mayenin lazımi temperaturunu avtomatik sabit saxlayan elementdir (şək.5.8). DYM-də mayeli və bərk dolduruculu termostatlar tətbiq edilir. Mayeli termostatlara yüngül buxarlanan mayelər (70% etil spirti və 30% su qarışığı) tökülür. Bərk doldurucu kimi böyük həcmi genişlənmə əmsalına malik mis çıxarışlı serezin istifadə edilir.

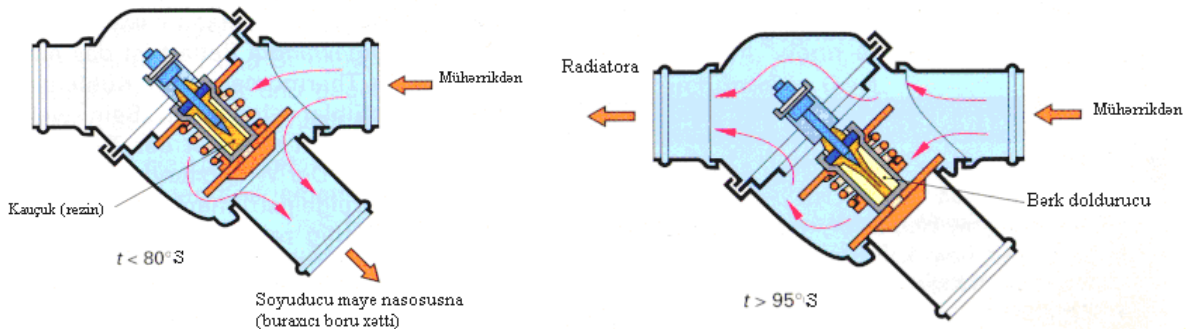
Mayeli termostat pəncərəli gövdədən, qofirəli balondan və klapanndan ibarətdir. Qofirəli balonun aşağı hissəsi gövdənin kronşteyni ilə sərt birləşdirilib. Balonun yuxarı hissəsinə klapanla ştok lehirlənib. Ştok gövdənin istiqamətləndiricisində yerini dəyişə bilər. Bəzən termostatın klapanında mayenin soyutma sistemə tökülməsi zamanı havanı çıxması üçün balaca yuva qoyurlar. Lehirlənmiş qofirəli balonda onun daxili həcmi təxminən yarısını tutan maye yerləşir. Balondan hava sorulub çıxarılır və normal şəraitdə balonda maye sıxılır, klapan isə bağlı vəziyyətdə olur.

Mayeli termostat aşağıdakı kimi işləyir: əgər soyutma sistemində mayenin temperaturu $73^{\circ}\div 80^{\circ}\text{C}$ -dən yuxarı artımında balonda yerləşən maye buxarlanmağa başlayacaq. Balondakı təzyiq artacaq və klapan açılacaq. Soyuducu maye radiatora daxil olur. $88^{\circ}\div 95^{\circ}\text{S}$ temperaturda termostat tam açıq olur.



Şək.5.8.

Bərk doldurucu termostat (şək.5.9) sorma borusu və xaric qol boruda yerləşir. Gövdəyə ştokla yay ilə daima klapan sıxılır. Ştok balon və istiqamətləndirici oymaq arasında sıxılan rezin membrandan dayaqlar alır. Balonun daxili həcmi bərk doldurucu ilə doldurulur. Mühərrik isidilməyəndə doldurucu (serezin) bərk halda, termostatın klapanı isə bağlı vəziyyətdə olur. Soyuducu mayenin temperaturunun 70°C -ə qədər və çox artması zamanı doldurucunun həcmi artır, belə ki, serezin əriyir və membranı basır. O, yuxarı hərəkət edir, ştoka buferlə təsir edir, o da klapanı döndərərək soyuducu mayeni radiatora daxil edir. Soyuducu mayenin temperaturu aşağı düşən zaman doldurucunun həcmi kiçilir və klapan qaytardıcı yayın təsiri ilə bağlanır.

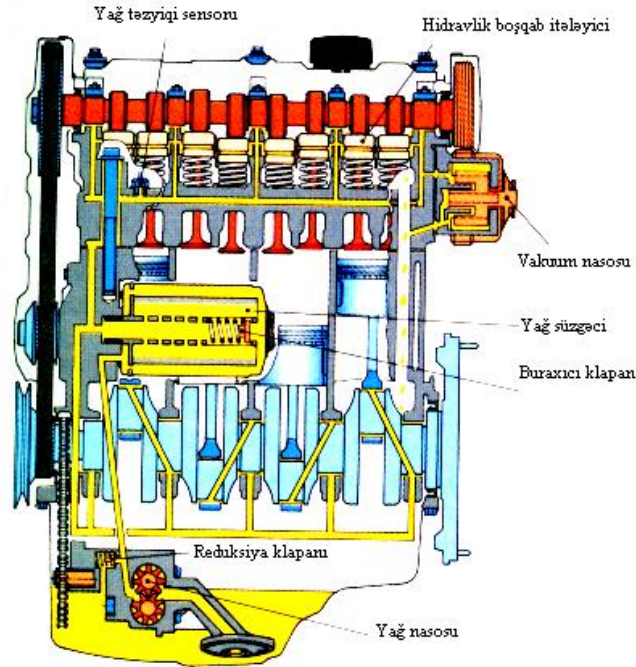


Şək.5.9. İki klapanlı bərk dolduruculu termostatın işləmə sxemi.

5.2. Mühərrikin yağlama sistemi.

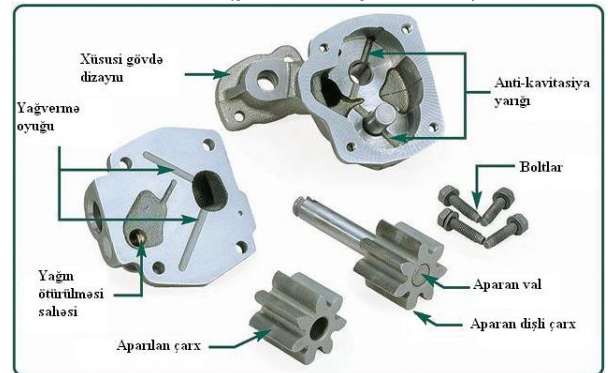
Mühərrikin yağlama sisteminin quruluşu.

Yağlama sistemi (şək.5.10) sürtünməni azaldılmasını, korroziyanın (çürümənin) aradan qaldırılmasını, yeyilmə məhsullarının ləğvi və mühərrikin ayrı-ayrı qovşaqlarının soyudulmasını təmin edir. Mühərrikin növ və konstruksiyasından asılı olaraq təzyiqlə, çiləmə və kombinə olunmuş yağlama sistemləri tətbiq olunur. DYM-nin çoxunda kombinə olunmuş yağlama sistemləri tətbiq edilir. Elementləri: yağ nasosu, yağ süzgəci, yağ radiatoru, yağ çənbəri.

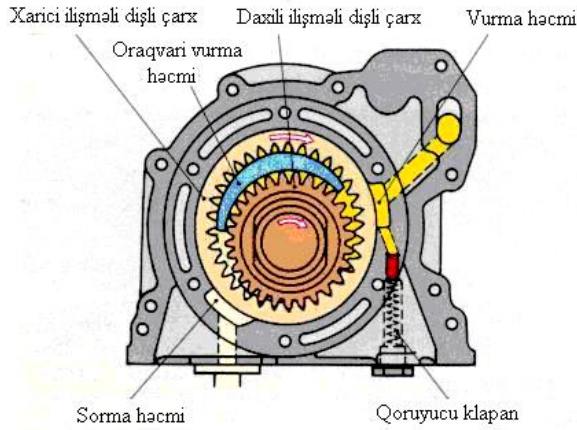


Şək.5.10. Təzyiqlə sirkulyasiyalı yağlama.

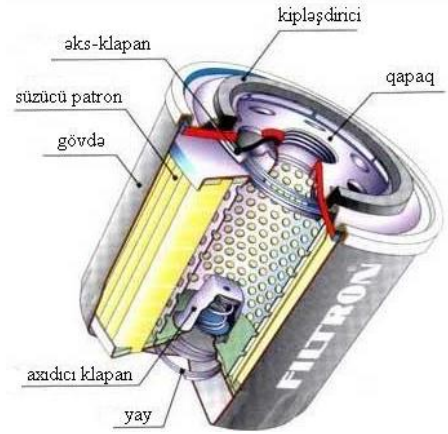
Yağ nasosunun quruluşu və işləmə prinsipi. Yağlama sisteminin əsas elementi yağ nasosudur. Yağ nasosu mühərrikin hərəkət edən hissələrinin sürtünən səthlərinə yağın verilməsi üçün xidmət edir. Konstruksiyasına görə yağ nasosları dişli çarxlı və sonsuz vint tipli olurlar. Dişli çarxlı nasoslar qurğunun sadəliyi, kompaktlılığı, işdə etibarlılığı ilə fərqlənməklə DYM-də geniş yayılıb. Yağ nasosunun aparan dişli çarxı hərəkəti dirsəkli valdan alır (şək.5.11, şək.5.12.).



Şək.5.11. Dişli çarxlı yağ nasosu: a-sxemi; b-hissələri.



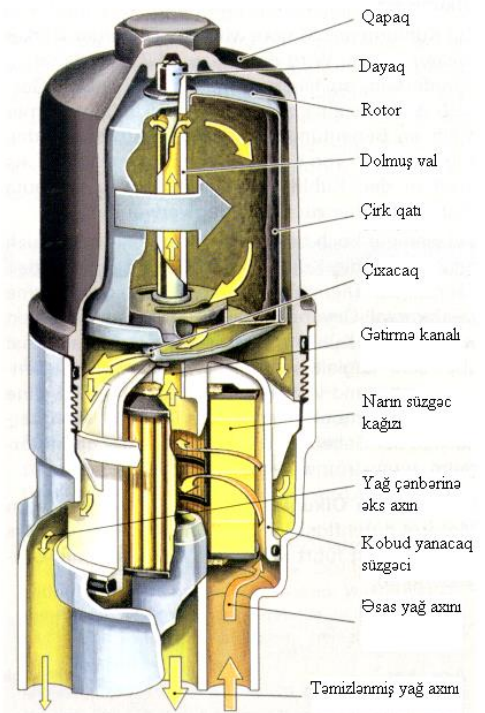
Şək.5.12. Oraşəkilli yağ nasosu.



Şək.5.13. Lövəli-arakəsməli yağ süzgəcinin sxemi.



Şək.5.14. Lövəli-arakəsməli yağ süzgəcinin mühərrikdə quraşdırılması



Şək.5.15. Tam axınlı mərkəzdənqaçma yağ süzgəci.

Yağ süzgəclərinin quruluşu və işləmə prinsipi. Yağ süzgəcləri tam axınlı və natamam axınlı olmaqla iki cür olurlar. Tam axınlı süzgəclər yağlama sistemində ardıcıl yerləşdirilir və ondan bütün yağ keçərək təmizlənir. Natamam axınlı süzgəclər yağlama sistemində paralel quraşdırılır və ondan yağın bir hissəsi (10÷15 %) keçir.

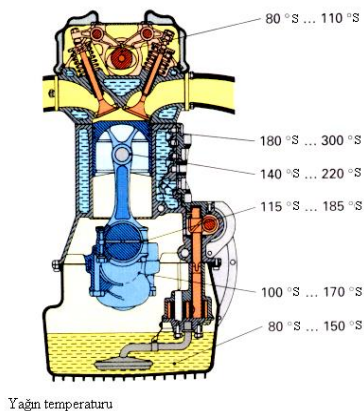
Yağı iri mexaniki qarışıq və çöküntülərdən təmizləmək üçün kobud süzgəclərdən istifadə edilir. Onlar lövhəli-arakəsməli və ya tor tipli ola bilərlər (şək.5.13, şək.5.14).

Dəyişən süzgəc elementi kimi lent kağız, karton paketi və digər materiallar tətbiq edilən narın süzgəclərdə yağ elementin mikroyuvalarından keçərək süzülür. Təmiz süzgəcin müqaviməti 10÷20kPa, çirkənlənmiş süzgəcin müqaviməti isə 70÷90 kPa olur.

Mərkəzdənqaçma tipli yağ süzgəcində (sentrifuqa) yağ, rotorun daxili səthini tez dolduraraq tor süzgəcindən keçir və böyük sürətlə jiklyorlardan axaraq əks tərəflərə istiqamətlənən reaktiv qüvvələr yaradaraq axır. Bu qüvvələrin təsiri ilə rotor $5000 \div 6000 \text{ dəq.}^{-1}$ tezliyi ilə fırlanaraq yağı da fırladır (daxilində olan). Mexaniki hissələr ətalət qüvvələrinin təsiri ilə fırlanma oxundan kənara atılır və rotorun daxili divarında qalın qatla qalır, təmizlənmiş yağ mühərrikin yağ çənbərinə axır (şək.5.15).

Yağ radiatorunun quruluşu və işləmə prinsipi. Mühərrik işləyən zaman onun müxtəlif hissələrində yağın temperaturu dəyişir (şək.5.16). Yağ radiatoru mühərrik sistemində dövr edən yağın soyudulması üçün istilikdəyişdirici qurğudur (şək.5.17). İki növ yağ radiatoru var: hava soyutmalı və maye soyutmalı radiatorlar.

Yağ radiatorunu avtomobilin hərəkəti zamanı hava axını ilə intensiv soyudulması üçün maye radiatorundan qabaq yerləşdirirlər. Yağ radiatoru onun soyutma səthinin sahəsini artıran soyutma lövhələri lehimlənən hamar latun çubuqlardan ibarətdir. Yağ radiatoru hər iki tərəfdən rezin şlanqlarla birləşdirilən çənlərə malikdir. Perimetr üzrə radiator karkasla yığılıb. Yağ şlanq ilə çənə, sonra isə radiator çubuqlarına daxil olur. Soyuyan yağ əks tərəfdən şlanqla yağ çənbərinə axır.



Şək.5.16.



Şək.5.17.



Şək.5.18.

Yağ çənbərinin quruluşu və təyinatı.

Yağ çənbərində (karter) mühərrikin hissələrini yağlamaq üçün yağ yerləşir (şək.5.18). Mühərrik işləyən zaman yağ nasosu yağı yağ çənbərindən müəyyən təzyiqlə alıb sürtünən hissələrə ötürür. Sirkulyasiyadan qayıdan yağ yağ çənbərinə yığılır. Qayıdan yağın tərkibində olan sürtünmə nəticəsində ayrılan metal hissəcikləri və digər xırda qırıntılar yağ çənbərinə yığılır.

Yağ çənbəri iki hissədən ibarətdir — yuxarı və aşağı hissələr. Yuxarı hissəni silindrlər bloku ilə birlikdə tökürlər. Aşağı hissə isə silindrlər blokunu aşağıdan bağlanır. Yağ çənbərinin daxilində üfüqi və ya şaquli arakəsmələr qoyulur. Bunlar hərəkət zamanı yağ dalğasının hərəkətini tutur və karter kipləşdiricilərini yağ zərbələrindən qoruyur. Yağ çənbərində tıxacla bağlanan süzücü yuva var. Silindrlər bloku ilə yağ çənbərinin kip birləşdirilməsi üçün kipləşdirici araqatı qoyulur.

YOXLAMA SUALLAR

1. Mühərrikin soyutma sisteminin vəzifəsi nədir və onun hansı elementləri var?
2. Su köynəklərinin vəzifəsi nədir və onlar harada konstruksiya edilir?
3. Su (maye) nasosunun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
4. Su radiatorunun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
5. Hava pərinin vəzifəsi nədir, neçə quruluşda olur və harada konstruksiya edilir?
6. Mühərrikin yağlama sisteminin vəzifəsi nədir və hansı elementlərdən ibarətdir?
7. Yağ nasosunun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
8. Yağ süzgəcinin vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
9. Yağ radiatorunun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
10. Yağ çənbərinin vəzifəsi nədir və onun konstruksiyası necə hazırlanır?

Mühazirə 6

Qıgılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərinin yanacaq sistemləri haqqında əsas anlayışlar.

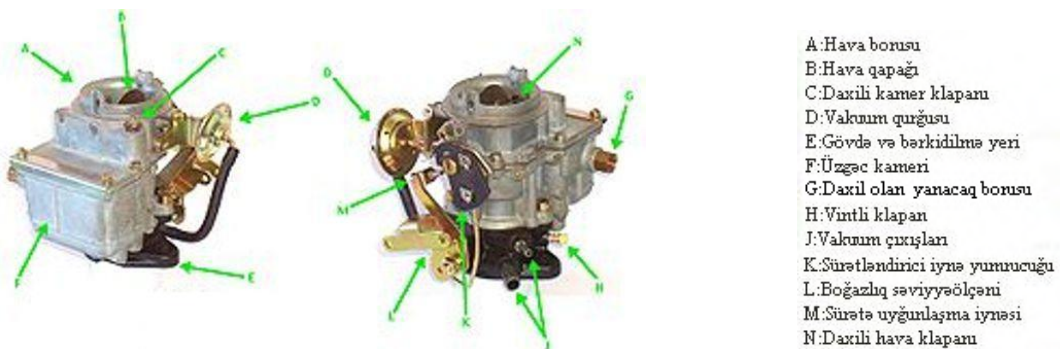
6.1. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərinin yanacaq sistemləri.

6.1.1. Karbüratorlu mühərriklərin qidalanma sisteminin vəzifəsi və hissələri.

Xarici yanıcı qarışıq əmələ gətirən mühərriklərin qidalanma sistemlərinin əsas elementi karbüratordur. O, mühərriklərin qidalanma sistemlərinə qoyulan əsas tələblərin yerinə yetirməsini təmin edən bir sıra sistem və quruluşlara malikdir (şək.6.1):

1. Bütün əsas istismar rejimlərində verilən tərkibli yanıcı qarışığın alınmasını təmin edən yanacaq vermənin düzəlişlə (kompensasiya) baş dozalandırma sistemi.
2. Mühərrikin kiçik yük rejimində dayanıqlı işini təmin etmək üçün boş işləmə sistemi.
3. Maksimal güc almaq üçün maksimal yüklənmələrə keçid zamanı yanıcı qarışığın zənginləşdirilməsi sistemi.
4. Mühərrikin işinin səlisliyini təmin etmək üçün qurğu (sürətlənmədə yanıcı qarışığın tez zənginləşdirilməsi).
5. Mühərrikin etibarlı işə düşməsi üçün ləvazimat və qurğu.
6. Karbüratorun etibarlı və dayanıqlı işini təmin edən əlavə qurğu.
7. Xaric qazlarının minimal zəhərliliyini təmin edən qurğu.

Karbüratorun hissələri: üzgəc kaməri, üzgəc, jiklyor, püskürücü, drossel qapağı, diffuzor, hava klapanı, hava təmizləyici, iynəli klapan (şək.6.2).

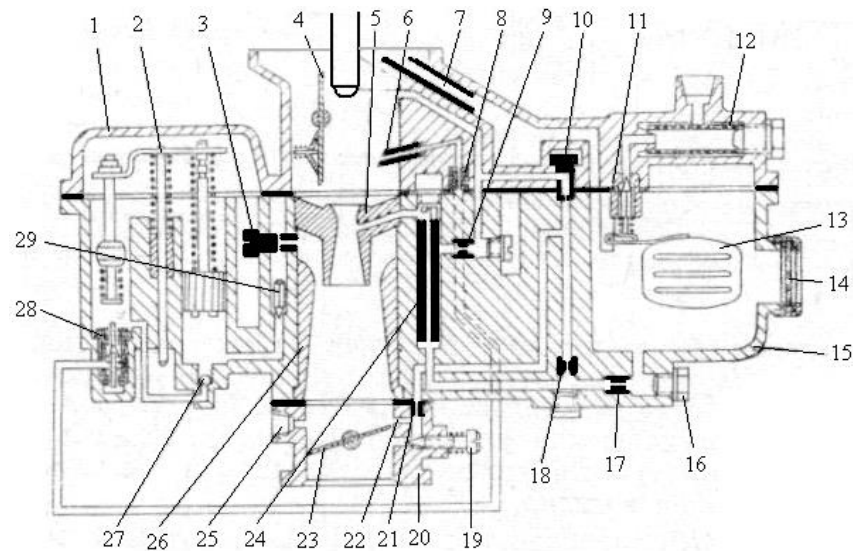


Şək.6.1.

6.1.2. Diafraqmalı benzin nasosu.

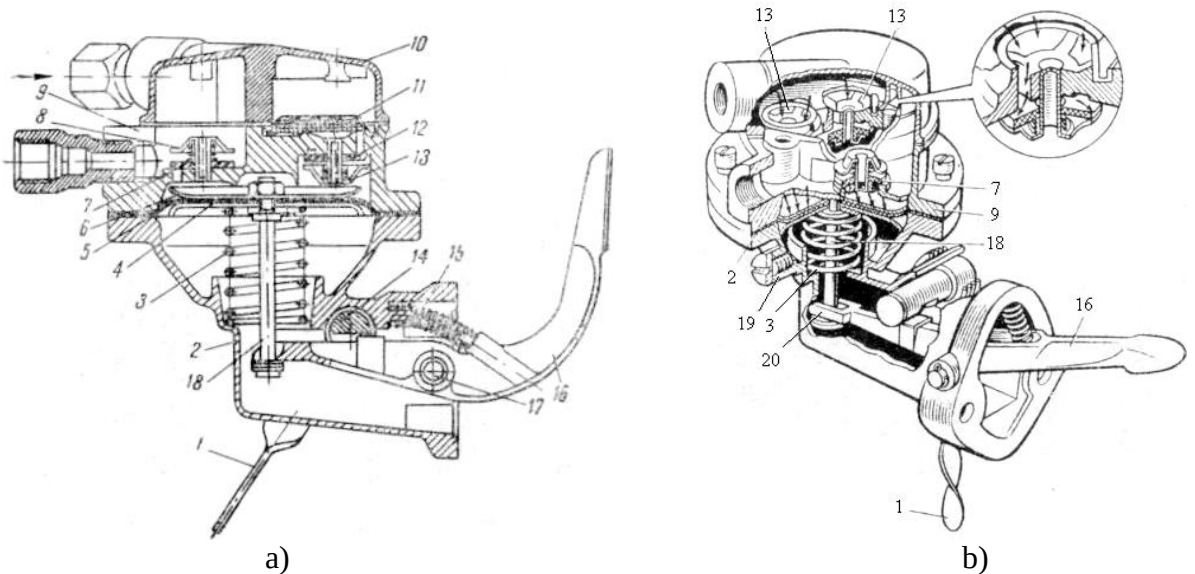
Karbüratorlu mühərriklərdə başlıca olaraq diafraqmalı mexaniki nasoslardan istifadə edilir. Belə nasosların işçi elementini xüsusi lakla örtülmüş bir neçə parça qatından ibarət diafraqma təşkil edir.

Nasos, paylayıcı valdakı eksentrik vasitəsilə hərəkətə gətirilir (şək.6.3). Diafraqma lingin 16 köməyi ilə aşağı hərəkət etdirildikdə burada yaranan seyrəklik nəticəsində sorma klapanı 12 açılır və diafraqmanın üst hissəsinə yanacaq daxil olur. Diafraqma yuxarıya (yayın təsiri ilə) hərəkət etdikdə isə sorma klapanı bağlanır və xaricətmə klapanı 7 açılır. Bu zaman yanacaq verilir. Diafraqmanın basma gedişinin yay vasitəsilə olması nəticəsində nasosun məhsuldarlığı avtomatik olaraq mühərrikin tələbinə uyğunlaşır. Mühərrik az yanacaq tələb edən rejimlərə keçdikcə üzgəc kamərinin iynə klapanında keçid sahəsi kiçilir, borularda və diafraqmaüstü sahədə təzyiq artır. Bu, yayın nisbətən çox sıxılmış vəziyyətdə qalmasına səbəb olaraq, diafraqmanın basma gedişinin və beləliklə də nasosun məhsuldarlığını azaldır.



Şək.6.2. Birkamərli karbüratorun konstruktiv sxemi:

1-yuxarı hissə, 2-ling ötürməsi, 3-sürətləndirici nasosun jiklyoru, 4-hava qapağı, 5-kiçik diffuzor, 6-ekonomayzerin tozlandırıcısı, 7-hava kanalı, 8-ekonomayzer jiklyoru, 9-hava jiklyoru, 10-boş işləmə quruluşunun hava jiklyoru, 11-iyne klapanının gövdəsi, 12-tor süzgəc, 13-üzgəc, 14-səviyyəyə nəzarət pəncərəsi, 15-gövdə, 16-tıxac, 17-baş jiklyor, 18-boş işləmə quruluşunun yanacaq jiklyoru, 19-tənzimləyici vint, 20-aşağı hissə, 21-jiklyor, 22-korrektor deşiyi, 23-drossel qapağı, 24-emulsiya borusu, 25-vakuum tənzimləyicisinin borusunun bağlandığı deşik, 26-böyük diffuzor, 27-kürəvi klapan (nasosun klapanı), 28-klapan, 29-sürətləndirici nasosun klapanı.



Şək.6.3. Diafraqmalı benzin nasosu:

a-bir sorma klapanlı nasos, b-iki sorma klapanlı nasos, 1-əl ilə işlətmə lingi, 2-gövdə, 3-diafraqmanın yayı, 4-aşağı sıxıcı disk, 5-diafraqma, 6-yuxarı sıxıcı disk, 7-xariətmə klapanı, 8-xariətmə klapanının gövdəsi, 9-nasosun yuxarı hissəsi, 10-qapaq, 11-tor süzgəc, 12-sorma klapanı, 13-sorma klapanının gövdəsi, 14-valcıq, 15-yay, 16-hərəkəttötürücü ling, 17-lingin oxu, 18-diafraqmanın oxu, 19-tənzimləyici vint, 20-lingin çəngəli.

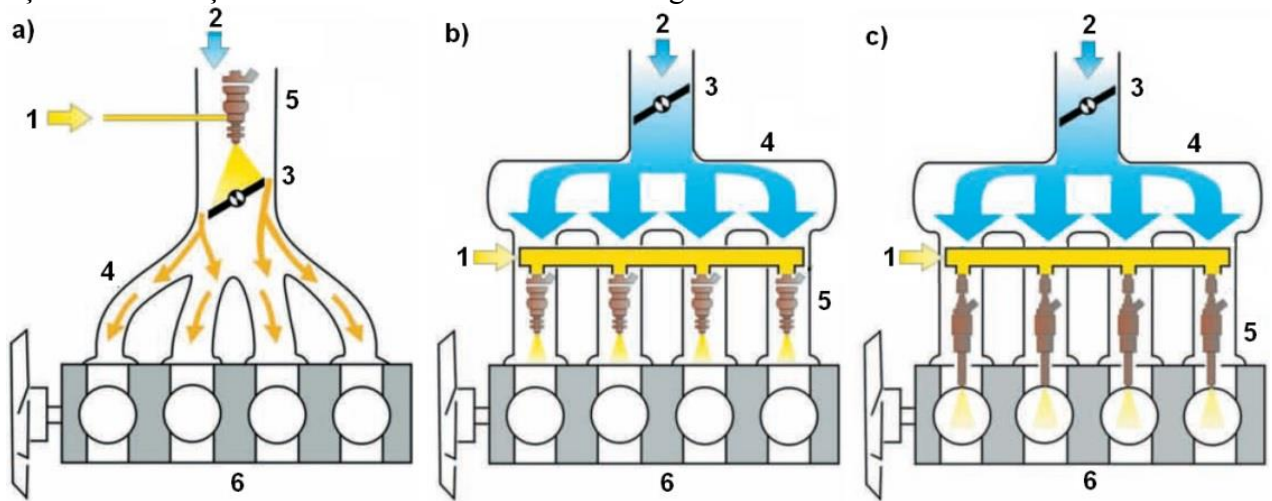
6.1.3. Qığılcımla alışıdırılmalı injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi quruluşu və hissələri.

Yanacaq püskürmə sistemləri ilə təchiz olunmuş mühərriklər üç cür qruplaşdırılır:

- 1) yanacağı birbaşa silindrə püskürülən (daxili qarışdırma) mühərriklər,
- 2) yanacağı sorma borusuna püskürülən (xarici qarışdırma) mühərriklər,
- 3) yanacağı həm sorma borusuna, həm də birbaşa silindrə püskürülən mühərriklər.

Birinci halda püskürmə təzyiqi $2\div 3\text{ MPa}$ və ya $20\div 30\text{ bar}$, ikinci halda $12\div 15\text{ MPa}$ və ya $120\div 150\text{ bar}$ tətbiq edilir.

Xarici qarışdırma üsulu ilə işləyən prosesin özü də iki növ ola bilər: birnöqtəli (Single Point Injection) (şək.6.4, a) və çoxnöqtəli püskürmə (Multi Point Injection) (şək.6.4, b). Birnöqtəli püskürmə üsulu mərkəzi püskürmə, çoxnöqtəli püskürmə isə paylanmış püskürmə də adlanır. Birnöqtəli püskürmə üsulu ilə işləyən sistemlərə Mono-Jetronic və Mono-Motronic, çoxnöqtəli püskürmə üsulu ilə işləyən sistemlərə K-Jetronic, KE-Jetronic, L-Jetronic, LH-Jetronic sistemlərini, silindrə benzin püskürməli mühərriklərdə (şək.6.4, c) mühərrikin idarə olunması üçün isə Bosch şirkətinin MED-Motronic sistemini göstərmək olar.



Şək.6.4. DYM-lərində püskürmə sistemlərinin sxemləri:

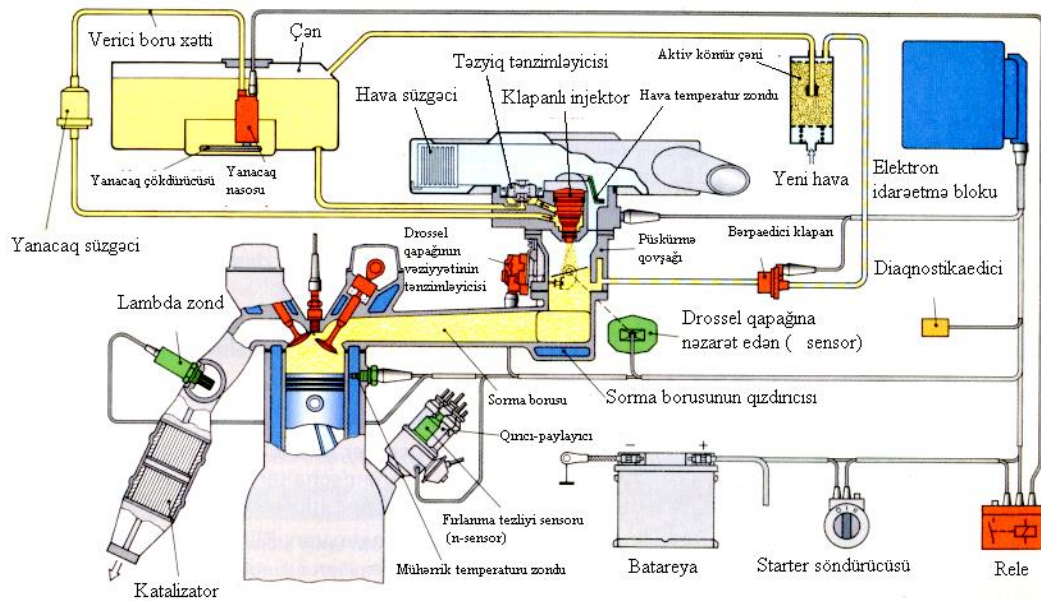
a-birnöqtəli (mərkəzi) püskürmə, b-çoxnöqtəli (paylanmış) püskürmə, c-daxili qarışdırılmalı (birbaşa) benzin püskürməsi, 1-yanacaq verilişi, 2-hava verilişi, 3-drossel, 4-sorma kollektoru, 5-injektor, 6-mühərrik.

6.1.4. Mərkəzi püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi və hissələri.

Mərkəzi püskürməli injektorlu mühərrikin işləmə prinsipi:

Benzin yanacaq çənindən alçaq təzyiqli nasos vasitəsilə süzgəcə, sonra isə püskürdücü və dozalandırıcı nasosa verilir. Buradan injektorlara müəyyən miqdarda verilən yanacaq sorma kollektoruna püskürülür. Püskürdücü nasosa tələb edildiyindən çox benzin verdiyi üçün, onun artıq qalan hissəsi yanacaq borusu ilə yenidən çənə qaytarılır. Mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq müvafiq tərkib və miqdarda yanıcı qarışıq hazırlamaq üçün xüsusi pnevmatik tənzimləyicidən istifadə edilir. Bu tənzimləyici boru vasitəsilə mühərrikin sorma kollektoru ilə əlaqədardır. Baxılan mühərrikin püskürdücü yanacaq nasosu zolotnik-plunjerli tipdə olur və nasosun püskürmə təzyiqi $2\div 3\text{ MPa}$ hədlərindədir.

Mühərriki işə salmaq və kiçik yük rejimlərində işini təmin etmək üçün əlavə injektor tətbiq edilir. Çatışmayan cəhəti nisbətən çox yanacaq sərf etməsidir. Bu mühərrikdə, həmçinin dirsəkli valın fırlanma dövrlər sayını qeyd edən sensor, havanın təzyiq və temperaturunu, xaric qazlarının temperaturunu, drossel qapağının vəziyyətini qeyd edən sensorlar tətbiq edilir (şək.6.5).



Şək.6.5. Mərkəzi püskürməli injektorlu mühərrikin sxemi.

6.1.5. Fazalar üzrə paylanmış püskürməli və birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi, növləri və hissələri.

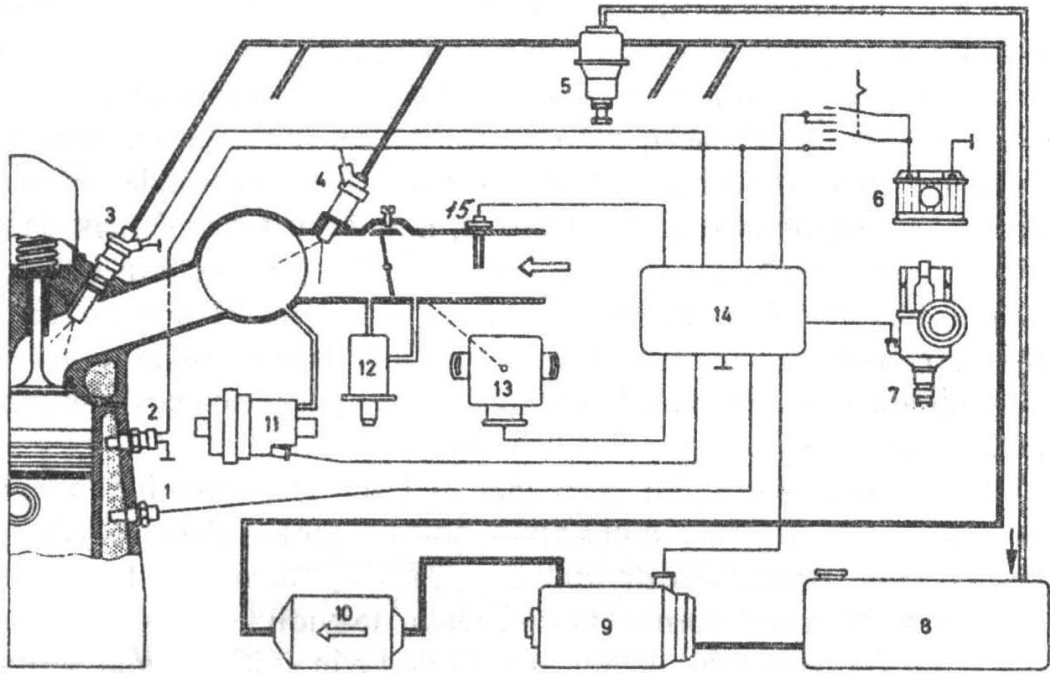
Fazalar üzrə paylanmış püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemində hər silindrin sorma borusunda bir injektor tətbiq edilir. Hər silindrin işçi prosesinə uyğun olaraq fazalar üzrə yanacaq verən nasoslar mexaniki və elektromaqnit intiqallı olurlar. Mexaniki intiqallı yanacaq nasosları hərəkəti dirsəkli valdan alırlar. Elektromaqnit tipli injektor tətbiq edilən benzin püskürməli mühərriklərdə hər injektor ümumi bir kommutatora birləşdirilir. Fazalar üzrə paylanmış püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi sorulan havanın təzyiq və temperaturunu, dirsəkli valın hər silindri üçün y.ö.n. vəziyyəti, dirsəkli valın dövrlər sayını qeyd edən, drossel qapağının vəziyyətini, xaric qazların temperaturunu qeyd edən sensorlarla təchiz edilir.

Şək.6.6-da «D-Jetronik» benzin püskürmə sisteminin sxemi verilmişdir (alman dilində Drucksensor — təzyiq sensoru deməkdir). Bu sistemdə püskürüləcək yanacağın sıxlıq miqdarını müəyyənləşdirən əsas parametrlər sorma traktındakı təzyiq (seyrəklik) və dirsəkli valın fırlanma tezliyidir.

Şək.6.7-də «K-Jetronik» benzin püskürmə sisteminin sxemi verilmişdir (alman dilində Kontinuierlich — davamlı, fasiləsiz deməkdir). Bu sistemin adı yanacağın fasiləsiz püskürülməsi ilə bağlıdır. Belə sistemdə mühərrikə daxil olan havanın miqdarı bilavasitə ölçüldüyündən, yanıcı qarışıqın tərkibini böyük dəqiqliklə tənzimləmək imkanı yaranır.

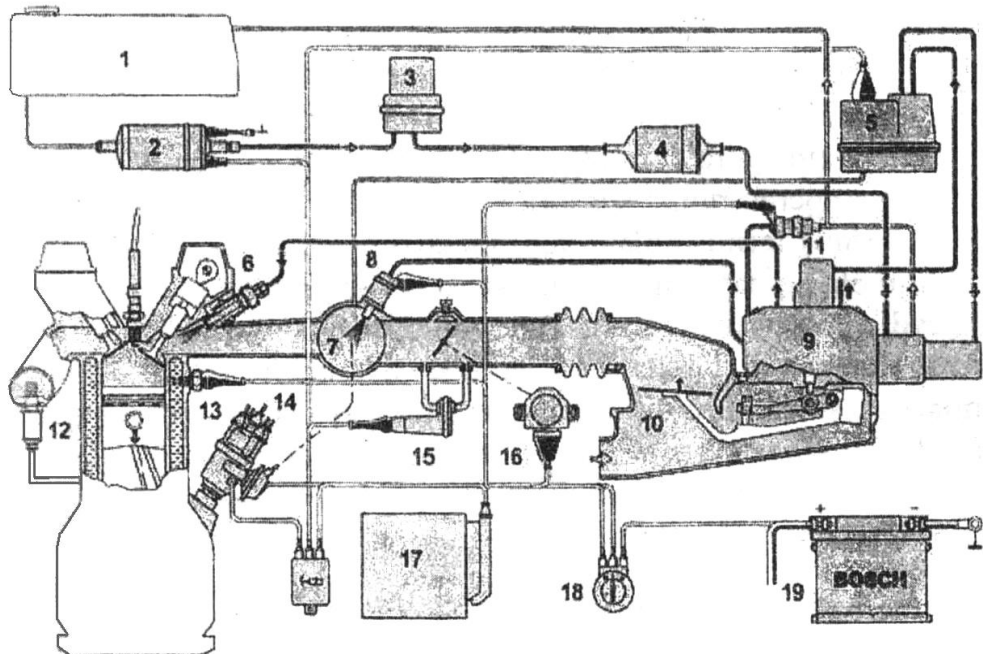
Şək.6.8-də «KE-Jetronic» benzin püskürmə sisteminin sxemi verilmişdir. Bu sxemin «K-Jetronik» sistemindən əsas fərqi yanıcı qarışıqın tərkibinin daha dəqiq tənzimlənməsi üçün elektrohidravlik tipli təzyiq korrektorunun tətbiq olunmasıdır.

Şək.6.9-də «L-Jetronic» hava sərfinin rotametrik sensoru ilə olan benzin püskürmə sisteminin sxemi verilmişdir. Sistemin adındakı «L» hərfi alman dilində «L»-hava sözünün ilk hərfidir. Sistemdə tətbiq olunan havanın kütlə sərfini ölçən sensor alman dilində Luft Massen Messer və ya LMM adlanır. Adından göründüyü kimi, bu sistemdə də mühərrikin yük rejimi silindrlərə daxil olan hava miqdarının ölçülməsi yolu ilə təyin edilir. Lakin əvvəlki sistemlərdən fərqli olaraq, idarəetmə havanın həcm miqdarına görə deyil, daha dəqiq olan kütlə miqdarına görə aparılır.



Şək.6.6. «D-Jetronic» benzin püskürmə sisteminin sxemi:

1-soyuducu mayenin temperatur sensoru; 2-işəsalma injektorunun temperatur relesi; 3-injektor; 4-işəsalma injektoru; 5-yanacaq tənzimləyicisinin tənzimləyicisi; 6-akkumulyator batareyası; 7-alışdırma sisteminin qırıcı-paylayıcısında yanacaq püskürülməsinin sinxronlaşdırma kontaktları; 8-yanacaq çəni; 9-elektrik mühərriki ilə birlikdə yanacaq nasosu; 10-yanacaq süzgəci; 11-sorma borusundakı təzyiq sensoru; 12-əlavə hava klapanı; 13-drossel qapağının dönmə bucağı sensoru; 14-elektron idarəetmə bloku; 15-hava temperaturu sensoru.

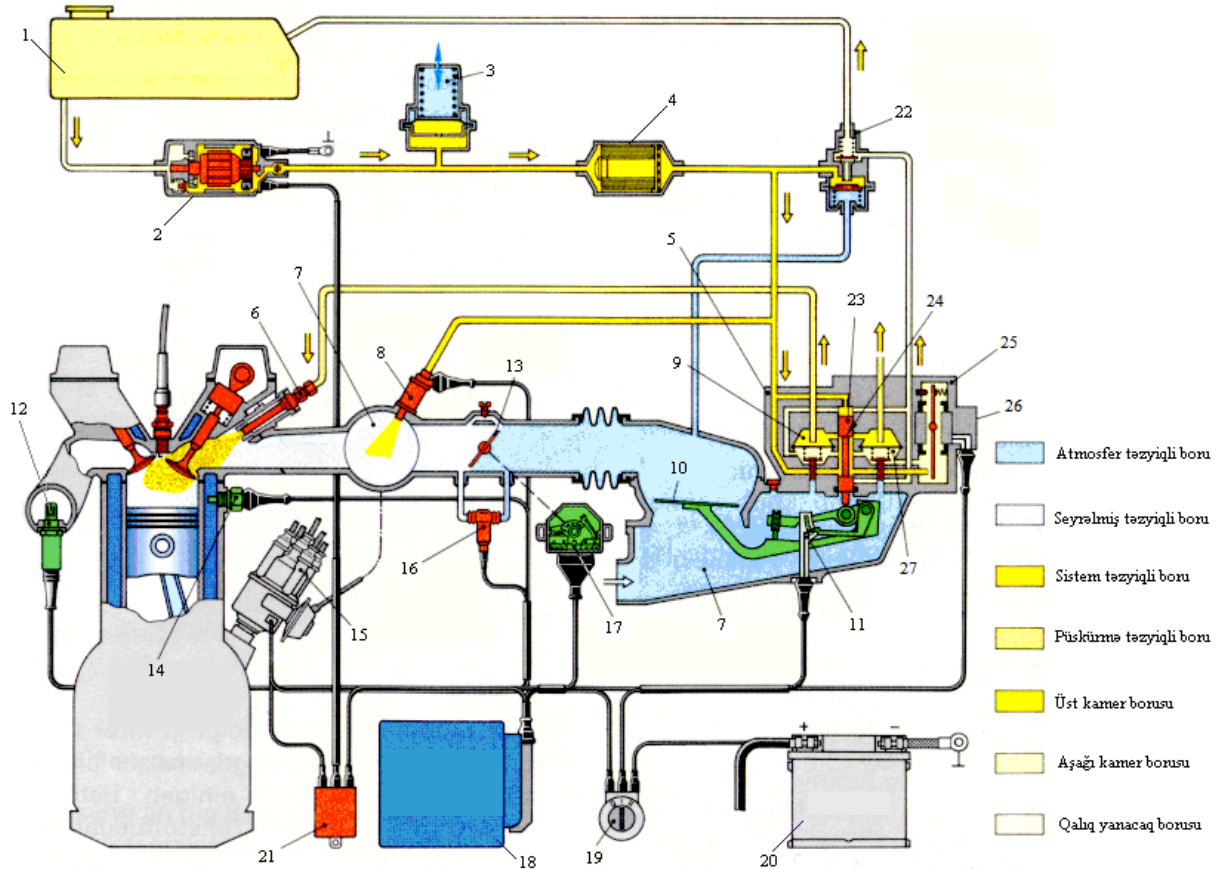


Şək.6.7. «K-Jetronic» benzin püskürmə sistemi:

1-yanacaq çəni; 2-elektrik mühərrikli benzin nasosu; 3-yanacaq akkumulyatoru; 4-yanacaq süzgəci; 5-yanıcı qarışıq tərkibinin zənginləşdiricisi; 6-injektor; 7-sorma borusu; 8-işəsalma injektoru; 9-yanacaq dozatoru; 10-hava sərfölçəni; 11-tezlik tənzimləyicisi; 12-lambda-zond; 13-termorele; 14-alışdırma sisteminin paylayıcısı; 15-əlavə hava vermə qurğusu; 16-drossel qapağı vəziyyətinin sensoru; 17-elektron idarəetmə bloku (lambda tənzimləməli variant üçün); 18-alışdırma açarı; 19-akkumulyator batareyası.

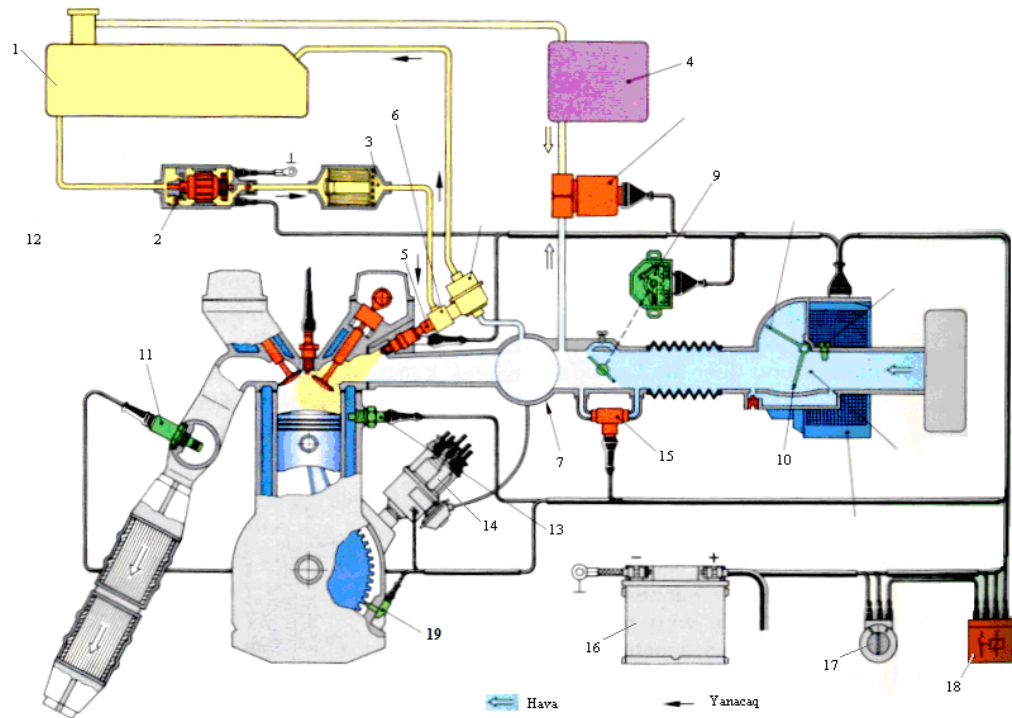
L-Jetronic sisteminin LE-Jetronic adlanan modifikasiyası da istifadə edilir. Buradakı «E» hərfi xaric qazların zəhərliyinə qoyulan Avropa normalarına cavab verməsini işarə edir («E»-Evrope). LE-Jetronic sistemi əvvəlki sistemlərdən elektrik dövrəsində bəzi dəyişikliklərin edilməsi və injektorların elektromaqnit dolaqlarının elektrik müqavimətinin 2.5 Om-dan 16.2 Om-a qədər artırılması ilə fərqlənir.

Şək.6.10-da «LH-Jetronic» benzin püskürmə sisteminin sxemi verilmişdir. Sistemin adındakı «LH» hərfləri alman dilində Luftmasse-Hitzdraht (hava kütləsi-termoanemometr) sözlərindən götürülmüşdür. «LH-Jetronic» sisteminin «LE-Jetronic» sistemindən əsas fərqi də havanın saniyəlik kütlə sərfinin daha dəqiq termoanemometrik üsulla ölçülməsidir.



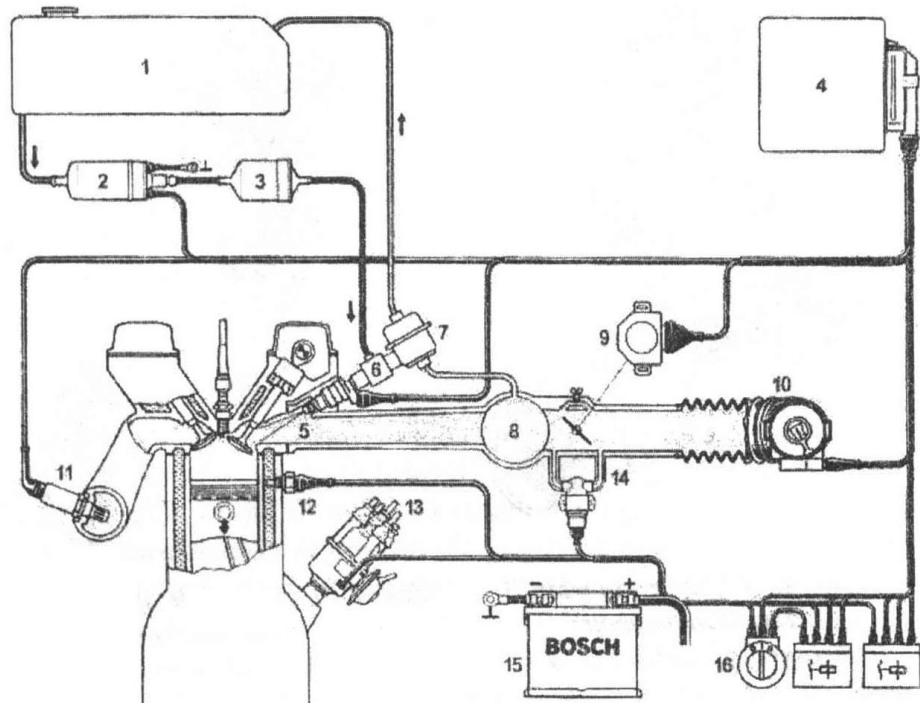
Şək.6.8. «KE-Jetronic» benzin püskürmə sisteminin sxemi:

1-yanacaq çəni; 2-elektrik mühərrikli benzin nasosu; 3-yanacaq akkumulyatoru; 4-yanacaq süzgəci; 5-nasosun çıxışındakı yanacaq təzyiqinin tənzimləyicisi; 6-injektor; 7-sorma borusu; 8-işəsalma injektoru; 9-yanacaq dozatoru; 10-hava sərfölçəni; 11-elektrohidravlik tezlik tənzimləyicisi; 12-lambda-zond; 13-termorele; 14-mühərrikin temperatur sensoru; 15-alışdırma sisteminin paylayıcısı; 16-əlavə hava vermə qurğusu; 17-drossel qapağı vəziyyətinin sensoru; 18-elektron idarəetmə bloku; 19-alışdırma açarı; 20-akkumulyator batareyası; 21-rele.



Şək.6.9. L-Jetronic benzin püskürmə sisteminin sxemi:

1-yanacaq çəni; 2-elektrik mühərrikli benzin nasosu; 3-yanacaq süzgəci; 4-elektron idarəetmə bloku; 5-injektor; 6-təzyiq tənzimləyicisi; 7-sorma borusu; 8-işəsalma injektoru; 9-drossel qapağı vəziyyətinin sensoru; 10-hava sərfölçəni; 11-lambda-zond; 12-termorele; 13-mühərrikin temperatur sensoru; 14-alışdırma sisteminin paylayıcısı; 15-əlavə hava vermə qurğusu; 16-akkumulyator batareyası; 17-alışdırma açarı; 18-rele; 19-dövrələr sayını ölçən sensor.



Şək.6.10. LH-Jetronic benzin püskürmə sistemi:

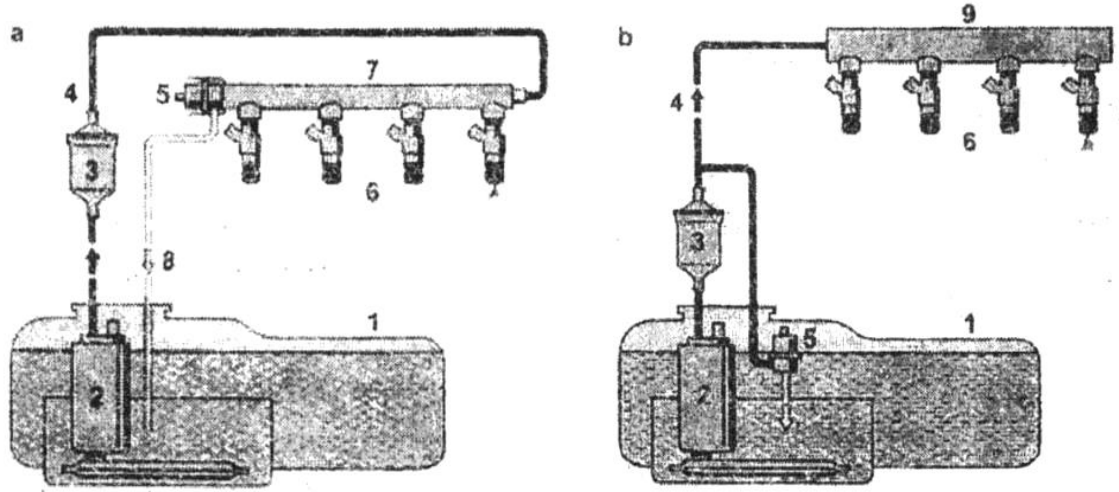
1-yanacaq çəni; 2-elektrik mühərrikli benzin nasosu; 3-yanacaq süzgəci; 4-elektron idarəetmə bloku; 5-injektor; 6-paylayıcı kamer; 7-təzyiq tənzimləyicisi; 8-sorma borusu; 9-drossel qapağı vəziyyətinin sensoru; 10-termoanemometrik hava sərfölçəni; 11-lambda-zond; 12-mühərrikin temperatur sensoru; 13-alışdırma sisteminin paylayıcısı; 14-əlavə hava vermə qurğusu; 15-akkumulyator batareyası; 16-alışdırma açarı.

Sorma borusuna benzin püskürməli mühərriklərdə yanacaq qidalanma sisteminin müxtəlif sxemləri tətbiq edilə bilər: sirkulyasiyalı, sirkulyasiyasız və məhsuldarlığı tənzimlənən sxem.

Yanacağın sirkulyasiyası sistemdə yüksək temperatur şəraitində benzinin buxarlanaraq, buxar tıxacları əmələ gəlməsinin qarşısını alır (şək.6.11,a). Nəticədə, çəndə yanacağın temperaturu tədricən yüksəlir və çəndəki maye benzinin səthindən buxarlanmanın miqdarı artır. Buna görə də belə sistemlərdə yanacaq buxarlarının atmosfərə çıxaraq, ətraf mühiti zəhərləməsinin qarşısını almaq üçün çənin kömür adsorberli ventilyasiya sistemi tətbiq edilir.

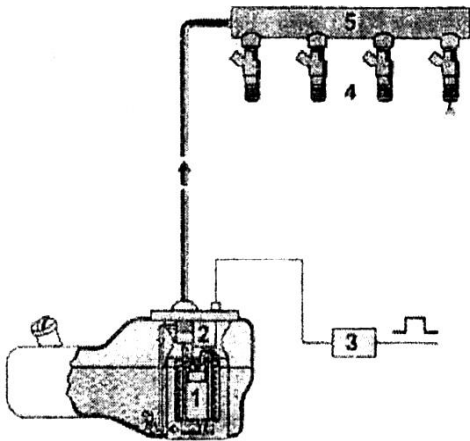
Sirkulyasiyasız sistemdə yanacağın artıq hissəsi yanacaq magistralına verilmədən, dərhal geriye — çənə qaytarılır (şək.6.11, b). Bunun nəticəsində, çəndə yanacağın temperaturu 10°C -yə qədər azalır. Bu da maye benzinin səthindən buxarlanmanı azaldır. Bu halda benzin buxarlarının absorberlə təmizlənməsi tətbiq edilməyə də bilər.

Məhsuldarlığı tənzimlənən qidalanma sistemində benzin çəninin daxilində yanacaq nasosunun da daxil olduğu yanacaq vuran modulda yerləşən tənzimləyici klapanın elektron blok vasitəsi ilə dəqiq idarə olunması modulun məhsuldarlığını elə tənzimləyir ki, onun məhsuldarlığı mühərrikin yanacaq sərfinə uyğunlaşır. Bu zaman modulun çıxışında təzyiq sabit qalır. Bu proses çəndə yanacağın temperaturunu daha da aşağı salmağa imkan verir (şək.6.12).



Şək.6.11. Sorma borusuna benzin püskürməli mühərriklərin qidalanma sistemlərinin sxemləri:

a-sirkulyasiyalı sxem; b-sirkulyasiyasız sxem; 1-yanacaq çəni; 2-elektrik mühərriki ilə birlikdə yanacaq nasosu; 3-yanacaq süzgəci; 4-vurma borusu; 5-təzyiq tənzimləyicisi; 6-injektorlar; 7, 9-yanacaq magistralı; 8-sirkulyasiya borusu.

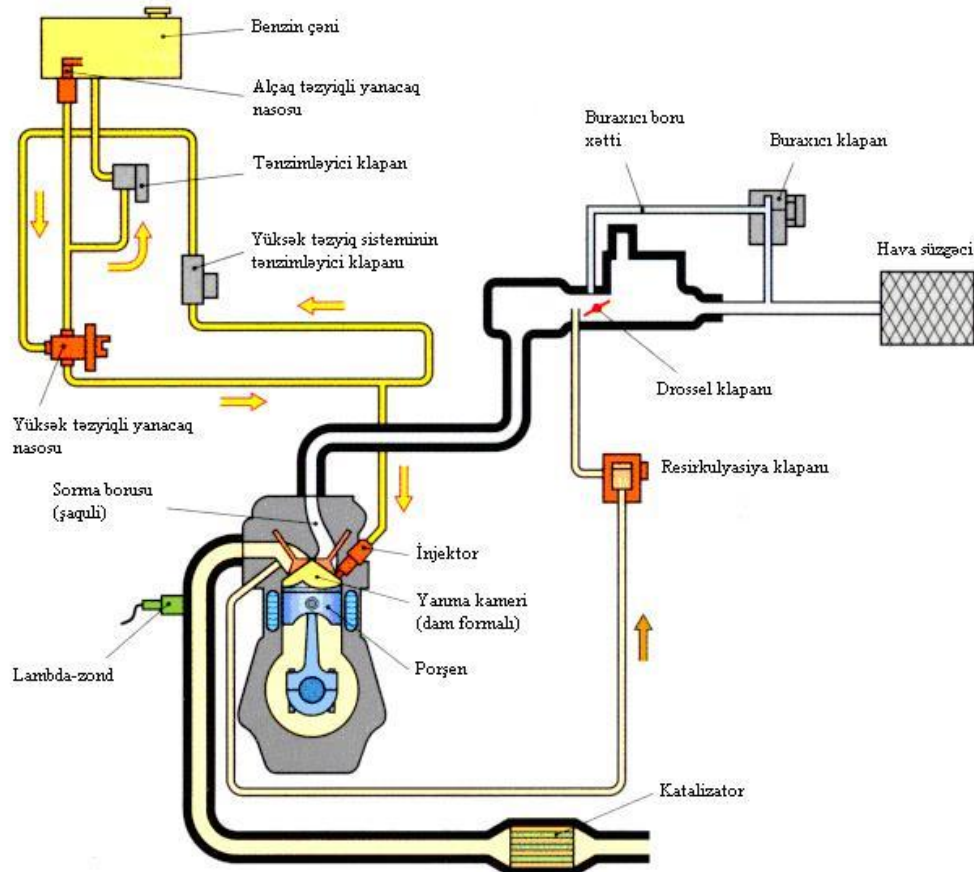


Şək.6.12. Məhsuldarlığı tənzimlənən qidalanma sisteminin sxemi:

1-elektrik mühərriki ilə birlikdə yanacaq nasosu; 2-təzyiq sensoru və yüksəzləşdirici klapan; 3-tənzimləyici modul; 4-injektorlar; 5-yanacaq magistralı.

6.1.6. Silindrə birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi və hissələri.

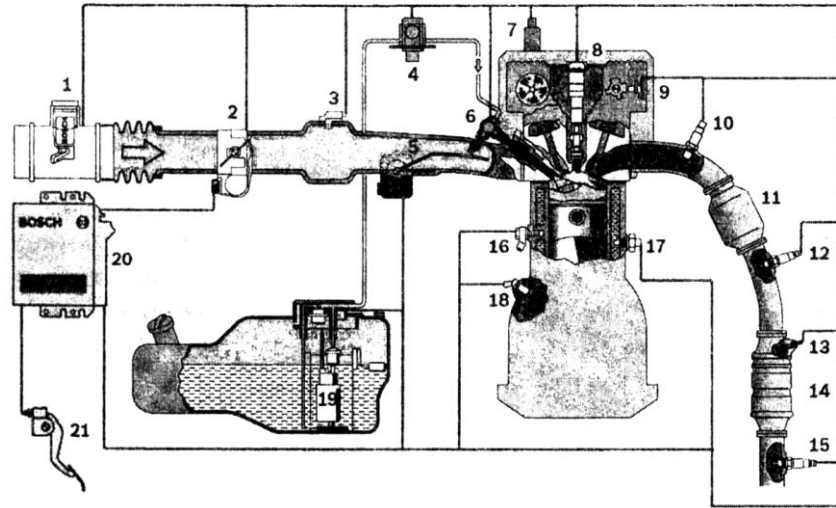
Silindrə birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sisteminin (şək.6.13) fərqli cəhəti injektorun silindrdə yerləşməsi, püskürmə təzyiqinin yuxarı hədlərdə olmasıdır. Bu tip mühərriklərdə yanacaq silindrə mühərrikin iş siklindən asılı olaraq həm sorma prosesi, həm də sıxma prosesi zamanı püskürülür. Silindrə birbaşa benzin püskürmə sisteminə misal olaraq DI-motronic (Bosch) sistemini göstərmək olar (şək.6.14). «DI» hərfləri ingilis dilində «Direct Injection» (birbaşa püskürmə), «Motronic» isə «Motor» və «Electronic» sözlərindən götürülmüşdür.



Şək.6.13. Silindrə birbaşa benzin püskürmə sisteminin sxemi.

Silindrə birbaşa benzin püskürməli mühərriklərin qidalanma sistemləri də iki növ sxem üzrə işləyə bilər: sabit məhsuldarlıqlı sxem və məhsuldarlığı tənzimlənən sxem. Sabit məhsuldarlıqlı sistemdə (şək.6.15,a) mühərrikin qazpaylama valından mexaniki yolla hərəkət alan plunjerli nasos 1 yanacağı sabit məhsuldarlıqla magistrala vurur, nasosun məhsuldarlığı mühərrikin maksimum yanacaq sərfindən də çox olur. Elektron idarəetmə sistemi sensor 2 vasitəsilə magistraldakı təzyiqi ölçür və elektromaqnit idarəetməli 4 klapanının vasitəsilə artıq yanacağı yüksək təzyiq nasosunun girişinə qaytarmaqla magistralda 3 təzyiqi sabit qiymətdə saxlayır.

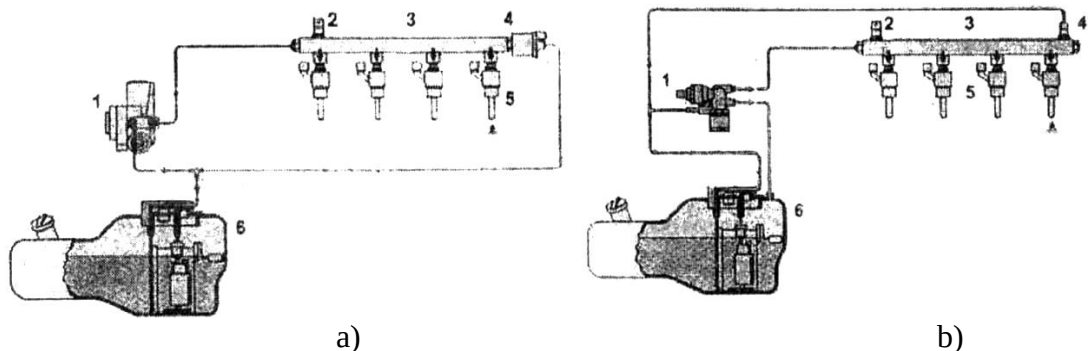
Belə sxemin mənfi cəhəti ondan ibarətdir ki, mühərrikin kiçik yük rejimlərində də yüksək təzyiqli nasos artıq yanacaq vurduğundan, böyük güc sərf edir və mühərrikin f.i.ə.-nı azaldır. Digər tərəfdən, böyük miqdarda sirkulyasiya edən yanacaq onun çox qızmasına səbəb olur.



Şək.6.14. DI-Motronic silindrə birbaşa benzin püskürmə sisteminin sxemi:

1-termoanemometrik hava sərfölçəni; 2-drossel qapağı və onun vəziyyətini idarə edən elektrik mühərriki; 3-sorma borusundakı təzyiq sensoru; 4-yüksək təzyiqli yanacaq nasosu; 5-sorma kanalında hava axınının istiqamətini idarə edən hava qapağı; 6-yanacaq magistralı və yüksək təzyiq injektoru; 7-yumruqlu valın vəziyyətinin tənzimləyicisi; 8-alışdırma transformatoru ilə birlikdə elektrik şamı; 9-yumruqlu valın dönmə bucağının sensoru; 10-birinci lambda-zond; 11-əsas katalitik neytralizator; 12-ikinci lambda zond; 13-xaric qazların temperatur zond; 14-azot oksidlərinin (NO_x) akkumulyator tipli neytralizatoru; 15-üçüncü lambda zond; 16-detonasiya sensoru; 17-mühərrik temperaturunun sensoru; 18-dirsəkli valın fırlanma tezliyi sensoru; 19-elektrik intiqallı alçaq təzyiqli yanacaq nasosu ilə birlikdə yanacaqvurma modulu; 20-elektron idarəetmə bloku; 21-mühərrikin idarəetmə pedalı.

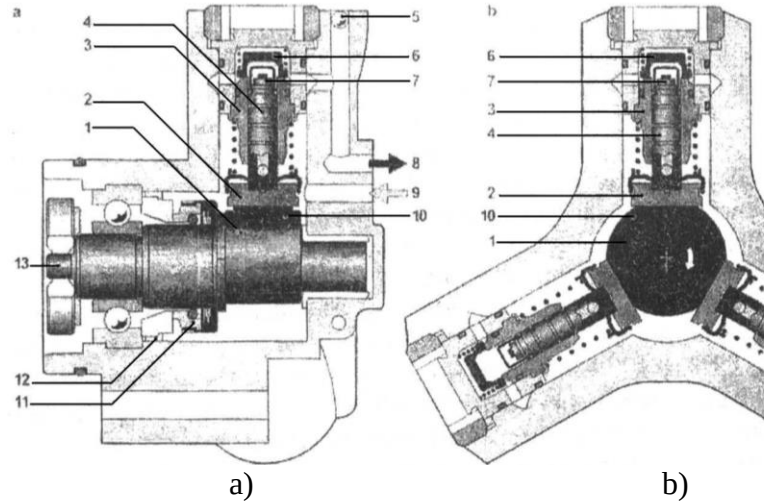
Məhsuldarlığı tənzimlənən sxem (şək.6.15,b) üzrə işləyən qidalanma sistemi həmin nöqsanlardan azaddır. Nasos mühərrikin qazpaylama valından hərəkət alır. Elektron blok magistraldakı 3 təzyiq sensor 2 vasitəsi ilə nəzarət etməklə, yanacaq nasosunun məhsuldarlığını elə idarə edir ki, həmin məhsuldarlıq mühərrikin yanacaq sərfinə dəqiq uyğun gəlsin. Yüksək təzyiqli nasos yanacağın artığını çənə geri qaytarır və onun təzyiqinin yüksəldilməsinə güc sərf etmir. Bu sistemdə mexaniki klapan 4 təzyiq məhdudlandırıcısı vəzifəsini yerinə yetirir və qoruyucu funksiyaya malikdir. Bu sistemdə keçid rejimlərində yanacaq magistralında təzyiqin sabit saxlanıla bilməsi üçün magistral 3 əvvəlki sxemdəkinə nisbətən daha böyük həcmə malik olmalıdır.



Şək.6.15. Silindrə birbaşa benzin püskürməli mühərriklərin qidalanma sisteminin sxemi: a-sabit məhsuldarlıqlı sxem; b-məhsuldarlığı tənzimlənən sxem; 1-yüksək təzyiqli yanacaq nasosu; 2-yüksək təzyiq sensoru; 3-yanacaq magistralı; 4-təzyiq tənzimləyici klapan; 5-injektorlar; 6-alçaq təzyiqli yanacaq nasosu ilə birlikdə yanacaq vuran modul və çən.

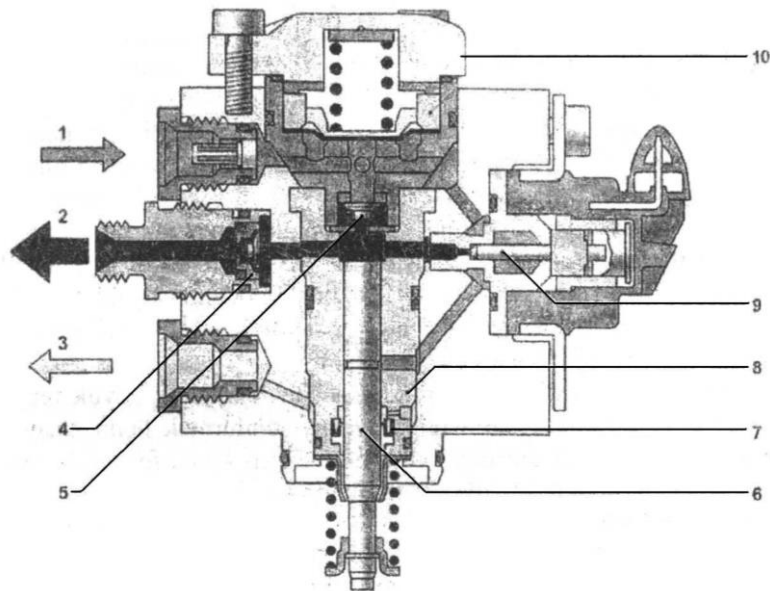
6.1.7. Yüksək təzyiqli yanacaq nasosları.

Yüksək təzyiqli yanacaq nasosları silindrə birbaşa benzin püskürməli mühərriklərdə tətbiq edilir. Yüksək təzyiqli nasos alçaq təzyiqli nasosun 0.3-0.5 MPa təzyiqlə verdiyi yanacağı qəbul edərək, 5-12 MPa təzyiqlə yanacaq magistralına vurur. Adətən yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun valı mühərrikdən mexaniki yolla hərəkət alaraq fırladılır (şək.6.16, şək.6.17).



Şək.6.16. HDP1 markalı üçplunjerli yüksək təzyiqli benzin nasosu:

a-yandan görünüş; b-öndən görünüş; 1-ekssentrik; 2-itələyici; 3-giliz; 4-plunjer; 5-qapayıcı kürəcikli klapən; 6-xaric klapən; 7-doldurma klapən; 8-yanacaq magistralına gedən çıxış; 9-alçaq təzyiq nasosundan daxil olan yanacaq; 10-yumruqlu şayba; 11-valın boynunu kipləşdirən halqa; 12-hərəkətsiz araqatı; 13-val.

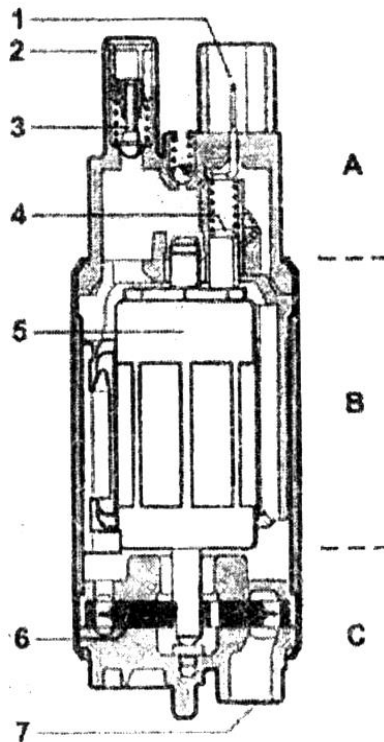


Şək.6.17. HDP2 markalı birplunjerli yüksək təzyiqli benzin nasosu:

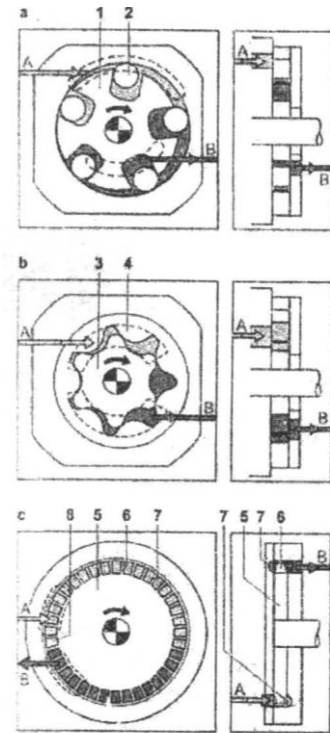
1-alçaq təzyiq nasosundan daxil olan yanacaq; 2-yanacaq magistralına gedən çıxış; 3-sızan yanacağın geri qaytarılması; 4-xaric klapən; 5-doldurma klapən; 6-plunjer; 7-plunjerin kipləşdirici halqası; 8-giliz; 9-vurulan yanacaq miqdarını tənzimləyən klapən; 10-təzyiq dempferi.

6.1.8. Alçaq təzyiqli yanacaq nasoslari.

Belə nasoslar yanacaq sistemində $2.0 \div 4.5 \text{ bar}$ təzyiq yaradırlar. Silindrə birbaşa benzin püskürmə sistemlərində bu nasoslar alçaq təzyiq nasosu kimi istifadə edilirlər (şək.6.18, şək.6.19).



Şək.6.18. Elektrik mühərrikli yanacaq nasosu: A-qapaq; B-elektrik mühərriki; C-nasos; 1-elektrik kontaktı; 2-çıxış borusu; 3-əks-klapan; 4-qrafit fırçalar; 5-mühərrikin daimi maqnitli rotoru; 6-pərli nasosun işçi çarxı; 7-giriş borusu.



Şək.6.19. Alçaq təzyiqli yanacaq nasosunun növləri: a-şiberli-diyircəkli nasos; b-daxili ilişməli dişli çarxlı nasos; c-mərkəzdənqaçma nasosu; A-giriş borusu; B-çıxış borusu; 1-rotor; 2-diyircək; 3-daxili aparıcı çarx; 4-rotor; 5-işçi çarx; 6-işçi çarxın pəri; 7-kanal; 8-qapayıcı.

6.1.9. İnjektorun vəzifəsi və növləri.

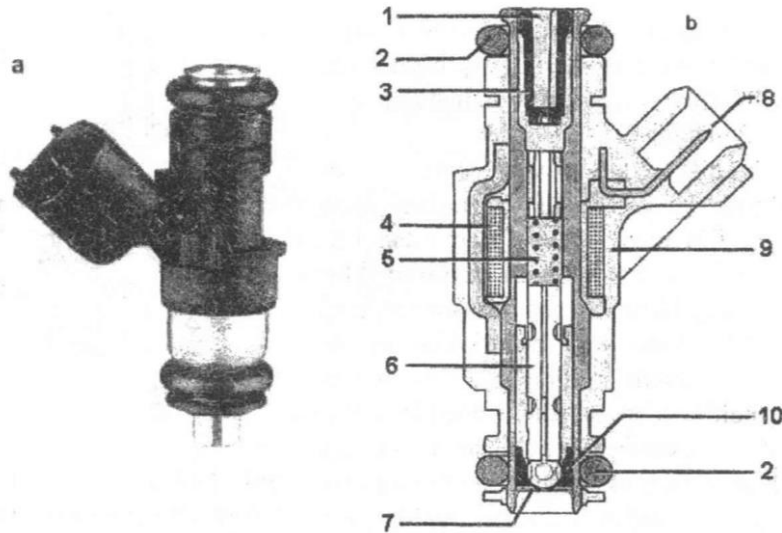
İnjektorun vəzifəsi yüksək təzyiqlə verilən yanacağın tələb olunan miqdarını narın tozlandıraraq, hava mühitinə püskürmək və beləliklə də yanacağı buxarlandıraraq, hava ilə keyfiyyətli qarışmasını təmin etməkdir.

Mühərrikin sorma borusuna və silindrə birbaşa benzin püskürmək üçün nəzərdə tutulan injektorlar quruluş cəhətdən bir-birindən az fərqlənsələr də, tamamilə müxtəlif texniki xarakteristikalara malikdirlər.

Müxtəlif tipli qapalı injektorlardan tətbiq olunur. Qapalı (klapanlı) əsas injektor sorma borusuna benzin püskürməli mühərriklərdə sorma borusunda klapanə yaxın, silindrə birbaşa püskürməli mühərriklərdə isə yanma kamerində və ya forkamerdə yerləşdirilir.

Qapayıcı klapanın intiqalına görə benzin injektorları elektromaqnit və pyezoelektrik tipli olurlar. Elektromaqnit intiqallı injektorlarda elektromaqnitin dolağına 4 cərəyan verildikdə, onun daxilində yaranan maqnit sahəsi iynə klapanını 6 maqnitləndirərək, dolağın daxilinə çəkir. Klapan qalxdıqda, kipləşdirici sferik səth ilə yəhərin konusu arasından təzyiqlə keçən yanacaq tozlandırıcı dəşiklərdən keçərək, narın yanacaq tozu şəklində sorma borusuna püskürülür (şək.6.20). Tozlandırıcı dəşiklərin sayı 1-4 ədəd, diametri isə $0.2-0.4 \text{ mm}$ ola bilər.

Elektromaqnitin dolağına 4 verilən cərəyan kəsildikdə, yayın 5 təsiri ilə klapan 6 aşağı enərək keçid sahəsini qapayır və yanacaq püskürülməsi kəsilir.

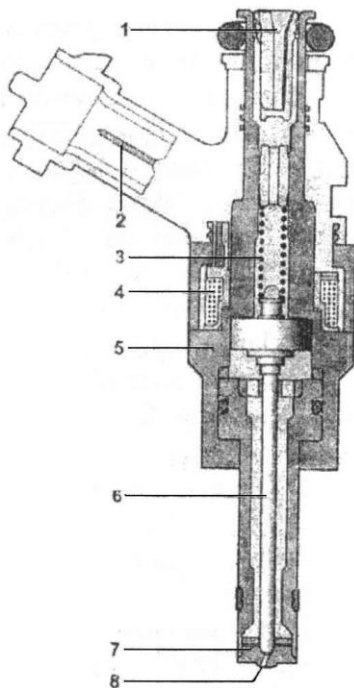


Şək.6.20. Sorma borusuna benzin püskürülən EV6 markalı injektor:

1-yanacaq ştuseri; 2-kipləşdirici üzük; 3-süzücü tor; 4-elektromaqnitin dolağı; 5-yay; 6-iyənəşəkilli klapın; 7-tozlandırıcı deşikləri olan lövhə; 8-elektrik ştekkeri; 9-gövde; 10-klapan yəhəri.

Silindrə benzin püskürməli mühərriklərdə injektor, xüsusilə onun tozlandırıcı hissəsi yanma kamerində yüksək temperatur və təzyiq şəraitində işlədiyindən və kimyəvi cəhətdən aktiv yanma məhsullarının təsirinə məruz qaldığından, yüksək keyfiyyətli legirlənmiş poladlardan hazırlanır və yüksək mexaniki xassələrə malik olur.

Yüksək sürətlərdə yanacağı sıklıq dozasını 4-8 və daha artıq hissəyə bölmək lazım gəlir. Bu zaman injektorun idarəedici klapanının gedişi 0.2-0.3 mm olmaqla, onun tam açılma və ya bağlanma vaxtı 0.1-0.2 ms olmalıdır. İşəsalma rejimində açıq qalma vaxtı 15 ms, iş rejimində 1.5-1.8 ms intervalında, ardıcıl püskürmələr arasındakı vaxt isə 0.2-0.3 ms olmalıdır. Belə işləmə çevikliyini isə elektromaqnit intiqallı idarəedici klapanla təmin etmək çox çətindir. Bu problemin həlli üçün ən perspektiv yol pyezoelektrik intiqalının tətbiqi sayılır.



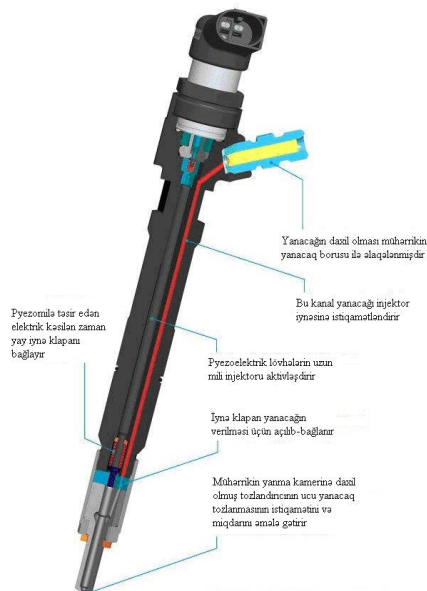
Şək.6.21. Yüksək təzyiq injektoru:

1-süzücü tor ilə birlikdə yanacaq ştuseri; 2-elektrik ştekkeri; 3-yay; 4-elektromaqnitin dolağı; 5-gövde; 6-elektromaqnitin lövbəri ilə birlikdə iynəşəkilli klapın; 7-klapan yəhəri; 8-tozlandırıcı deşik.

Yüksək təzyiq injektorunun elektromaqnit dolağına 4 gərginlik verildikdə dolaq daxilində yaranan maqnit sahəsi lövbərlə birlikdə klapanı 6 yuxarıya dartaraq, tozlandırıcı deşiyin 8 qarşısını açır və yanacaq püskürülməsi baş verir (şək.6.21).

Sorma borusuna benzin püskürməli mühərriklərdə mühərrikin püskürmənin davamiyyət müddəti 3.5 ms-dən 20 ms-yə qədər dəyişərsə, eyni ölçülərə malik birbaşa silindrə püskürməli mühərrikdə 0.4 ms-dən 5 ms-yə qədər dəyişir.

İnjectorun tozlandırıcı deşiklərinin sayı bir və ya bir neçə ola bilər. Deşiklərin diametri isə 0.2-0.3 mm hədlərində olur.



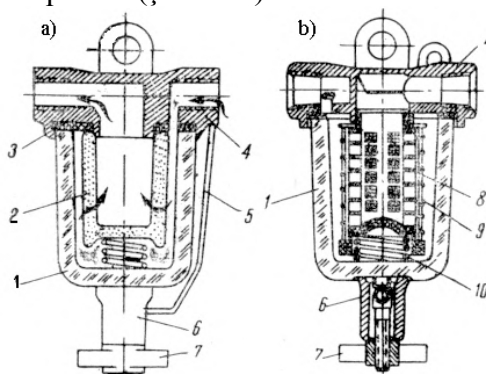
Şək.6.22. Pyezointiqallı injektorun sxemi.

Pyezoelektrik intiqallı injektorların işi, bəzi kristal maddələrin (kvars) mexaniki deformasiyaya məruz qaldıqda onun qarşı-qarşıya olan üzlərində elektrik potensialları fərqi (gərginlik) meydana çıxması — pyzeoeffekt hadisəsində gərginliyin qoşulmasının qütblərindən asılı olaraq, uzunluğun artma və ya azalma istiqamətində dəyişərək injektorların tozlandırıcı klapanının açılıb-bağlamasına əsaslanır (şək.6.22). Pyezointiqalda 150-200 V həddində elektrik gərginliyi tələb olunur. Pyezointiqalda böyük yerdəyişmə almaq üçün elektrik dövrəsinə bir-biri ilə paralel qoşulmuş 80-100 ədəd (bəzən hətta 400-ə qədər) pyezokeramik disk ardıcıl olaraq, paket şəklində bir-birinin üzərinə yığılır və çubuq forması alır.

Çəndən karbüratora verilən yanacaq narin süzgəcdən və çökdürücüdən keçərək, mexaniki hissəciklərdən və yanacağın tərkibində ola bilən sudan təmizlənir. Karbüratorun üzgəc kamerinin girişində də torlu süzgəc yerləşdirilir.

Çox zaman torlu və ya məsaməli keramik süzücü elementi olan kiçik ölçülü süzgəc-çökdürücülərdən istifadə edilir. Süzgəcin çirklənmə dərəcəsinə nəzarət etmək üçün çox zaman süzgəcin gövdəsi şəffaf plastikdən hazırlanır. Çökdürücü və süzgəc ayrı-ayrı hazırlandıqda, çökdürücü çənlə benzin nasosunun arasında, süzgəc isə benzin nasosundan sonra yerləşdirilir. Süzgəc-çökdürücü bir gövdədə hazırlandıqda isə benzin nasosundan sonra yerləşdirilir.

Son zamanlar sintetik (kapron) süzücü elementi olan bir dəfəlik istifadə üçün nəzərdə tutulmuş süzgəclər daha çox tətbiq edilir (şək.6.23).



Şək.6.23. Zərif təmizləyici süzgəclər:

a-süzücü elementi saxsı olan süzgəc, b-süzücü elementi kapron olan süzgəc; 1-durulducu stəkan; 2-keramik süzgəc elementi; 3-araqatı; 4-gövdə; 5-bərkidici; 6-bərkidicinin oymağı; 7-qayka; 8-kapron süzgəc elementi; 9-tor; 10-yay.

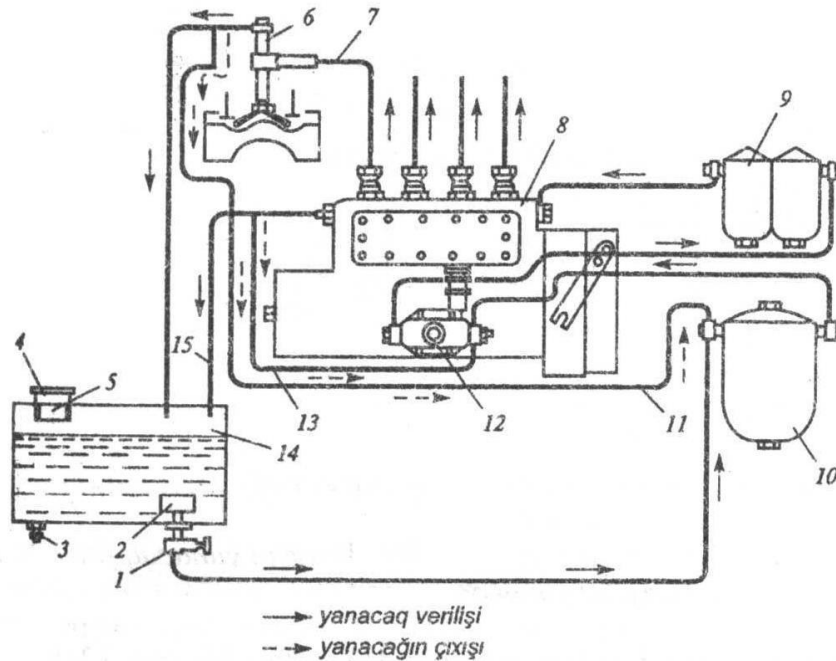
6.2. Dizel yanacaq sistemlərinin quruluşu.

Dizel mühərriklərinin yanacaq püskürmə sistemi aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirməlidir:

- yanacaq ehtiyatının saxlanması, onun su və mexaniki hissəciklərdən təmizlənməsi (süzülməsi);
- yanacağın dozalanması və mühərrikin silindrlərinin iş qaydasına uyğun olaraq, onun lazımı təzyiqlə silindrlərə püskürülməsi;
- işçi prosesin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, yanacağın silindrə tələb olunan anda püskürülməsi;
- işçi prosesin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, yanacağın yanma kamerində tələb olunan qaydada paylanması.

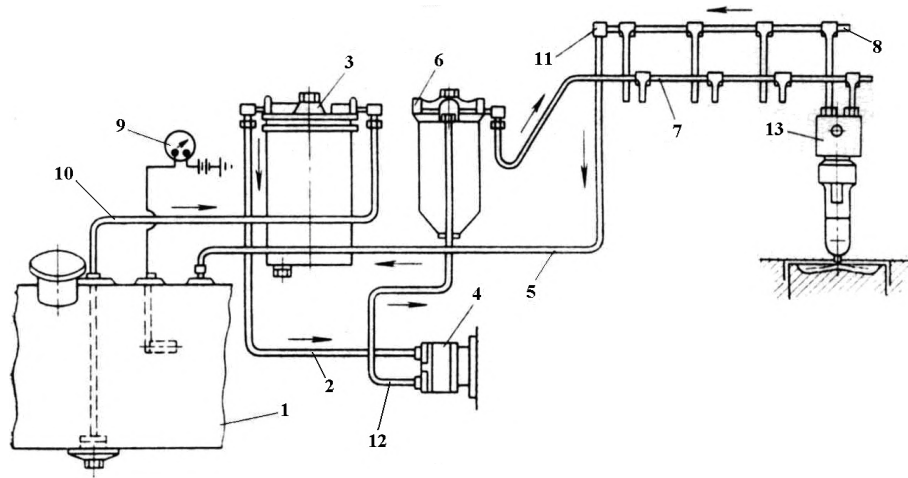
Dizel yanacaq püskürmə sistemlərini iki böyük qrupa bölmək olar: *bilavasitə təsirli* və *akkumulyatorlu* (Common Rail) püskürmə sistemləri. Bilavasitə təsirli püskürmə sistemlərinin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, yanacaq plunjerin sıxışdırıcı gedişinin təsiri ilə yüksək təzyiqlə forsunkaya vurularaq, püskürülür (şək.6.24). Akkumulyatorlu (ressiverli) püskürmə sistemlərində isə nasosun vurduğu yanacaq akkumulyator adlanan həcmdə sabit təzyiq altında saxlanılır. Ressiverdə təzyiq 1600÷2500 Bar-a (160÷250 MPa) çatdırılır. Akkumulyatora qoşulmuş forsunkaların klapanları isə tələb olunan anda ya mexaniki, ya da elektrik intiqalı vasitəsi ilə açılaraq, yanacaq püskürülməsini həyata keçirir.

Bilavasitə təsirli püskürmə sistemlərində nasosla dizel injektoru bir qurğu şəklində hazırlandıqda *nasos-injektor* adlanır (şək.6.25). *Bölünmüş tipli sistemlər* isə daha geniş tətbiq edilir. Belə sistemlərdə yüksək təzyiqli yanacaq nasosu və dizel injektoru ayrı-ayrı qurğular şəklində hazırlanır və dizel injektoru nasosun çıxışına yüksək təzyiq borusu vasitəsi ilə qoşulur.



Şək.6.24. Bilavasitə təsirli bölünmüş tipli dizel püskürmə sisteminin sxemi:

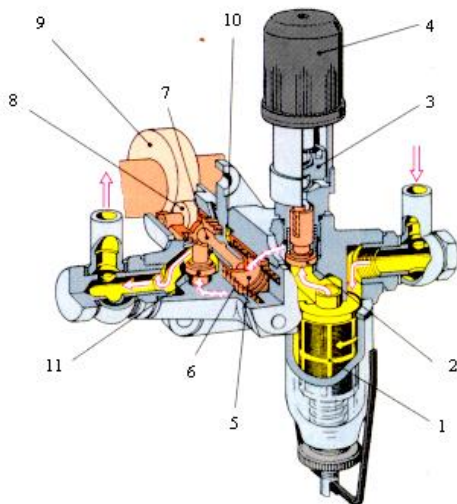
1-kran; 2-yanacaq qəbuledicisi; 3-boşaltma karanı; 4-çənin qapağı; 5-çənin boğazlığı; 6-dizel injektorları; 7-yüksək təzyiq borusu; 8-yüksək təzyiqli yanacaq nasosu; 9-narın yanacaq süzgəci; 10-kobud yanacaq süzgəci; 11, 13, 15-yanacaq qayıtma borusu; 12-alçaq təzyiqli yanacaq nasosu; 14-yanacaq çəni.



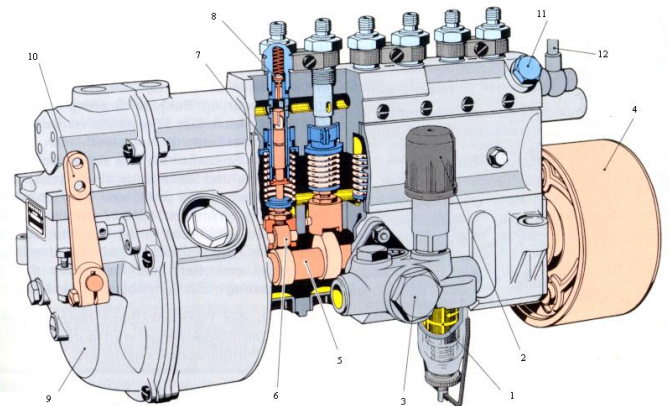
Şək.6.25. Bilavasitə təsirli nasos-injektorlu dizel yanacaq sisteminin sxemi:
1-yanacaq çəni; 2, 5, 7, 8, 10, 12-alçaq təzyiqli boru xətləri; 3-kobud yanacaq süzgəci;
4-alçaq təzyiqli yanacaq nasosu (ATYN); 6-narın yanacaq süzgəci; 9-yanacaq səviyyəsi
göstəricisi; 11-kalibrlənmiş yuvalı ştuser; 13-nasos-injektor.

Alçaq təzyiqli yanacaq nasosu (ATYN). Süzgəclərin yaratdığı müqaviməti dəf edərək, yanacağı çəndən sorub yüksək təzyiqli nasosa vermək üçün alçaq təzyiqli nasosdan istifadə edilir. Bu nasos yanacağı müəyyən izafi təzyiqlə ($0.06 \div 0.3 \text{ MPa}$) verir. Yüngül yanacaqlarla işlədikdə, sistemdə buxarlanmanın qarşısını almaq üçün təzyiqi 0.7 MPa -dək götürmək lazımdır. Dişli çarxlı paylayıcı (zolitnikli) dozalandırma sekiya tipli yüksək təzyiqli yanacaq nasoslarının normal işini təmin etmək üçün isə alçaq təzyiq sistemində $0.15 \div 0.20 \text{ MPa}$ təzyiq kifayət edir.

Əsasən porşenli və dişli çarxlı alçaq təzyiq yanacaq nasoslarından istifadə edilir. Porşenli alçaq təzyiqli yanacaq nasosu adətən yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun yumruqcuqlu valından hərəkət alır (şək.6.26).

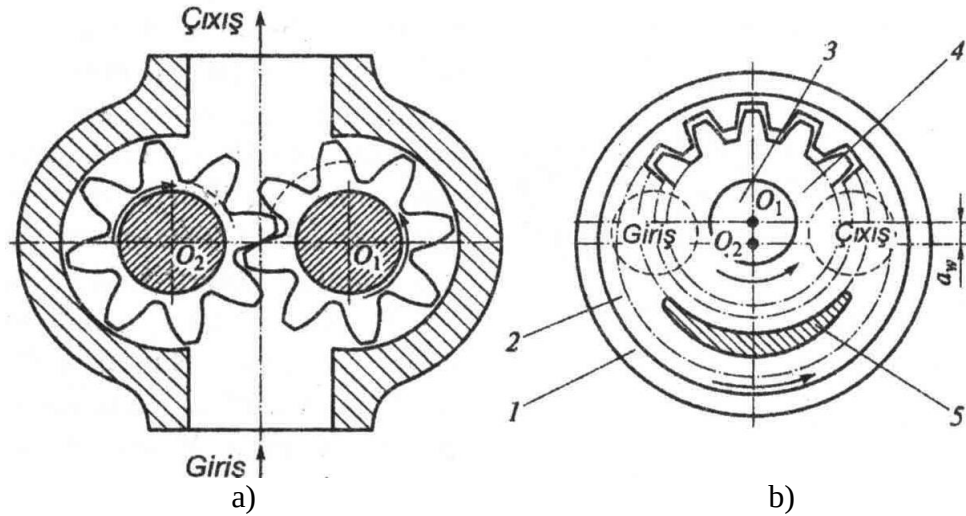


Şək.6.26. Porşenli ATYN-nun quruluşu:
1- kobud süzgəcinin; 2-sorma klapanı;
3-əl nasosu; 4-əl nasosunun porşeni; 5-sorma həcmi; 6-plunjer yayı; 7-plunjer;
8-diyircəkli itələyici; 9-intiqal eksentriki; 10-sıxma həcmi; 11-yanacaq vurma klapanı.



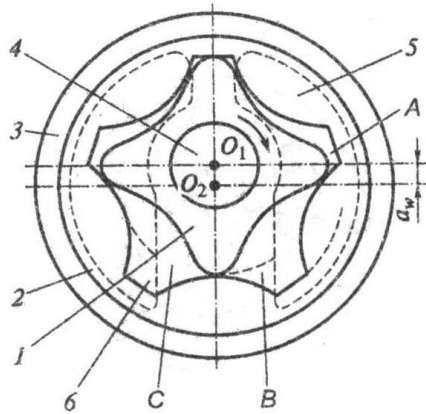
Şək.6.27. Seksiyalı yüksək təzyiqli yanacaq nasosu:
1-kobud süzgəc; 2-əl nasosunun porşeni; 3- bolt; 4-mufta; 5-yumruqcuqlu val; 6-diyircəkli itələyici; 7-giliz; 8-ştuser; 9-tənzimləyici; 10-tənzimləyicinin dəstəyi; 11-yağ süzmək üçün bolt; alçaq təzyiqli boru xətti.

Dişli çarx tipli ATYN-nın əsas üstünlüyü nasosun çıxışında yanacaqın təzyiqinin daha müntəzəm olması və təzyiq rəqslərinin az olmasıdır. Belə nasoslarda sistemdən havanı çıxarmaq üçün dişli çarxlarla paralel qoşulmuş və əl ilə hərəkətə gətirilən porşenli nasos da olur.



Şək.6.28. Xarici (a) və daxili (b) ilişməli dişli çarx tipli yanacaq nasoslarının sxemləri: 1-gövdə; 2-xarici (aparılan) dişli çarx; 3-aparan val; 4-daxili (aparan) dişli çarx; 5-oraqvari çıxıntı.

Xarici ilişməli dişli çarxlı nasosda yanacaq dişlər arasındakı boşluqda gövdənin əmələ gətirdiyi həcmərə dolaraq, çarxlar fırladıqca, giriş borusundan çıxış borusuna doğru hərəkət etdirilir (şək.6.28, a). *Daxili ilişməli dişli çarxlı nasoslarda* çarxların dişlərinin sayı və çevrəvi sürəti böyük olduğundan, dişli çarxların qalınlığını 2-3 dəfə azaltmaq mümkün olur (şək.6.28, b). Bundan əlavə, dişli çarxlar da bir-birinin daxilində yerləşdiyindən, belə nasoslar ölçülərinin kiçik olması ilə fərqlənir. Buna görə də daxili ilişməli dişli çarxlı nasoslar çox zaman paylayıcı tipli yüksək təzyiq nasoslarının gövdəsi daxilində yerləşdirilir və yanacağı yüksək təzyiq nasosunun bilavasitə gövdəsi daxilinə vurur.



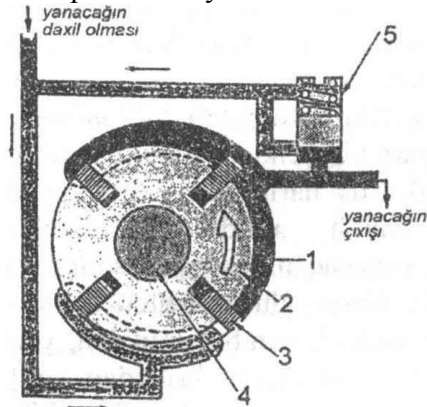
Şək.6.29. Sikloidal ilişməli rotorlu nasosun sxemi:

1-aparan rotor; 2- aparılan rotor; 3-gövdə; 4-aparıcı val; 5-sorma həcmi; 6-vurma həcmi; O_1, O_2 -aparan və aparılan rotorların fırlanma mərkəzləri.

Müasir paylayıcı tipli YTYN-nın gövdəsi daxilində spesifik quruluşa malik başqa tip nasoslar da yerləşdirilə bilər. Bu məqsədlə rotorlu quruluşa malik nasoslar daha çox tətbiq edilir. Belə nasoslardan biri *sikloidal ilişməli rotorlu nasosdur* (şək.6.29). Belə nasoslarda rotorlar fırlanarkən A və B həcməri getdikcə genişlənir və həmin həcmərə sorma həcmindən 5 yanacaq sorulur. Fırlanma nəticəsində həmin həcmər vurma həcminə tərəf getdikcə kiçilir (məsələn, C həcmi) və nəticədə, yanacaq sıxışdırılaraq, vurma həcminə 6 vurulur.

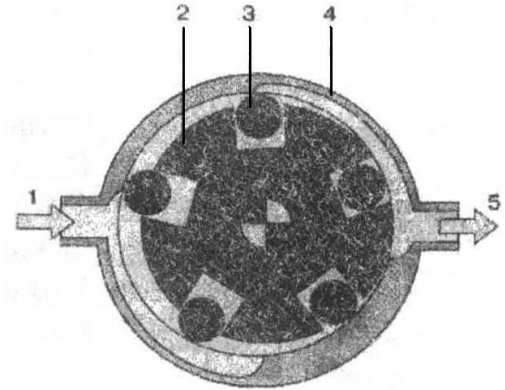
Sikloidal profilli ilişmə bütün fırlanma dövründə daxili və xarici rotorların dişlərinin ilişmədə olmasını təmin edir.

Şək.6.30-da *rotorlu-pərli* ATYN və onun sistemə qoşulma sxemi göstərilmişdir. Rotor 2 hərəkətsiz gövdənin silindrik dəşiyində eksentrik vəziyyətdə yerləşdirilmişdir. Dörd ədəd pər 3 fırlanma zamanı mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri ilə gövdənin daxili silindrik səthinə sıxılır. Rotorun fırlanması zamanı rotor, tərlər və gövdənin daxili silindrik səthinin əmələ gətirdiyi qövsvari həcmələr sorma kanalından vurma kanalına doğru fırlandıqca, növbə ilə əvvəlcə genişlənir, sonra isə sıxılır. Bunun nəticəsində də həcmələrə yanacaq sorulur və vurulur. Yanacağın təzyiqi nominal qiymətdən yuxarı qalxdıqda, buraxıcı klapın 5 yayı sıxaraq qalxır və yanacağın bir hissəsini vurma kanalından giriş kanalına buraxaraq, təzyiqin yüksəlməsinin qarşısını alır. Bəzi nasoslarda pərlərin sayı 6 və 8 ola bilər. Bu tip nasoslar kolovratlı nasoslar da adlanır.



Şək.6.30. Rotorlu-pərli alçaq təzyiqli yanacaq nasosu:

1-qövşşəkilli həcm; 2-rotor; 3-pərlər; 4-aparıcı val; 5-buraxıcı klapın.



Şək.6.31. Rotorlu-diyircək alçaq təzyiqli yanacaq nasosu:

1-sorma borusu; 2-rotor; 3-diyircək; 4-gövdə; 5-vurma borusu.

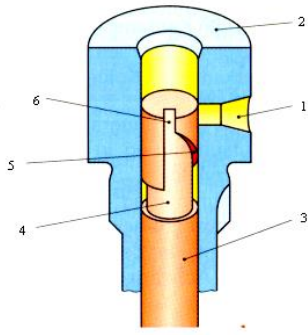
Rotorlu diyircəkli ATYN-nun əvvəlkindən pərlərin əvəzinə diyircəklərin tətbiq edilməsi ilə fərqlənir və eyni iş prinsipinə malikdir. Diyircəklərin tətbiqi sürtünmə qüvvələrini azaltmağa imkan verir (şək.6.31).



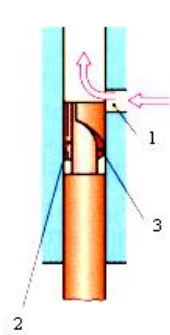
Şək. 6.32.

Yüksək təzyiqli yanacaq nasosları (YTYN).

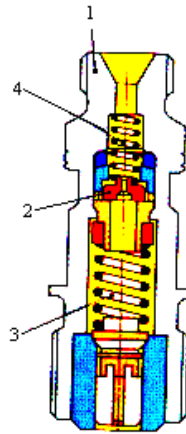
Yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun bir seksiyasının (plunjerinin) xidmət etdiyi silindrlərin sayına görə nasoslar seksiyalı tipli (bu tipli nasosda bir seksiya mühərrikin bir silindrinə xidmət edir) (şək.6.27, şək.6.32) və paylayıcı tipli (bu tipli nasosda bir seksiya mühərrikin bir neçə silindrinə xidmət edir və mühərrikin iş qaydasından — silindrlərdə iş prosesinin getmə ardıcılığından asılı olaraq, bir neçə silindrə yanacaq verilişini təmin edir) olurlar.



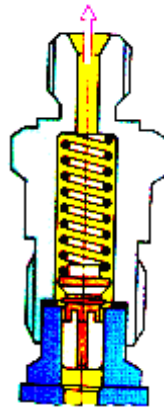
Şək.6.33. Plunjer-paylayıcının iş sxemi:
1-sorma borusu; 2-giliz; 3-plunjer; 4-üzükvari paz;
5-boşaldıcı kənar; 6-uzununa paz.



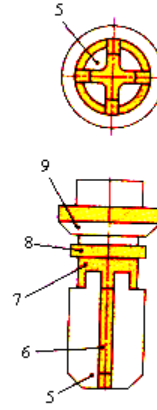
Şək.6.34. Plunjer-paylayıcı:
1-plunjer üzərindəki kəsmə;
2-aşağı boşaldıcı kənar;
3-yuxarı boşaldıcı kənar.



a)



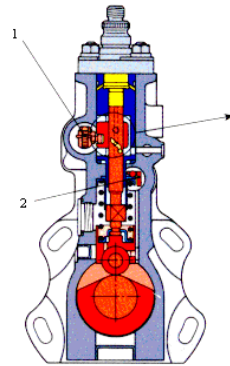
b)



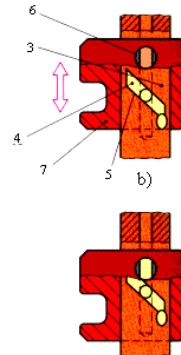
c)

Şək.6.35. Vurucu klapanın konstruksiyası və işi:

a-vurucu klapanın dayanıqlı vəziyyəti; b-vurucu klapanın işlək vəziyyəti; c-vurucu klapanın konstruksiyası; 1-1-vurucu klapan gövdəsi, 2-əks-axın yastı klapan, 3-boşaldıcı klapan yayı, 4-klapan yayı, 5-uzununa paz, 6-mil, 7-üzükvari paz, 8-boşaldıcı plunjer, 9-konusşəkilli boşaldıcı klapan.



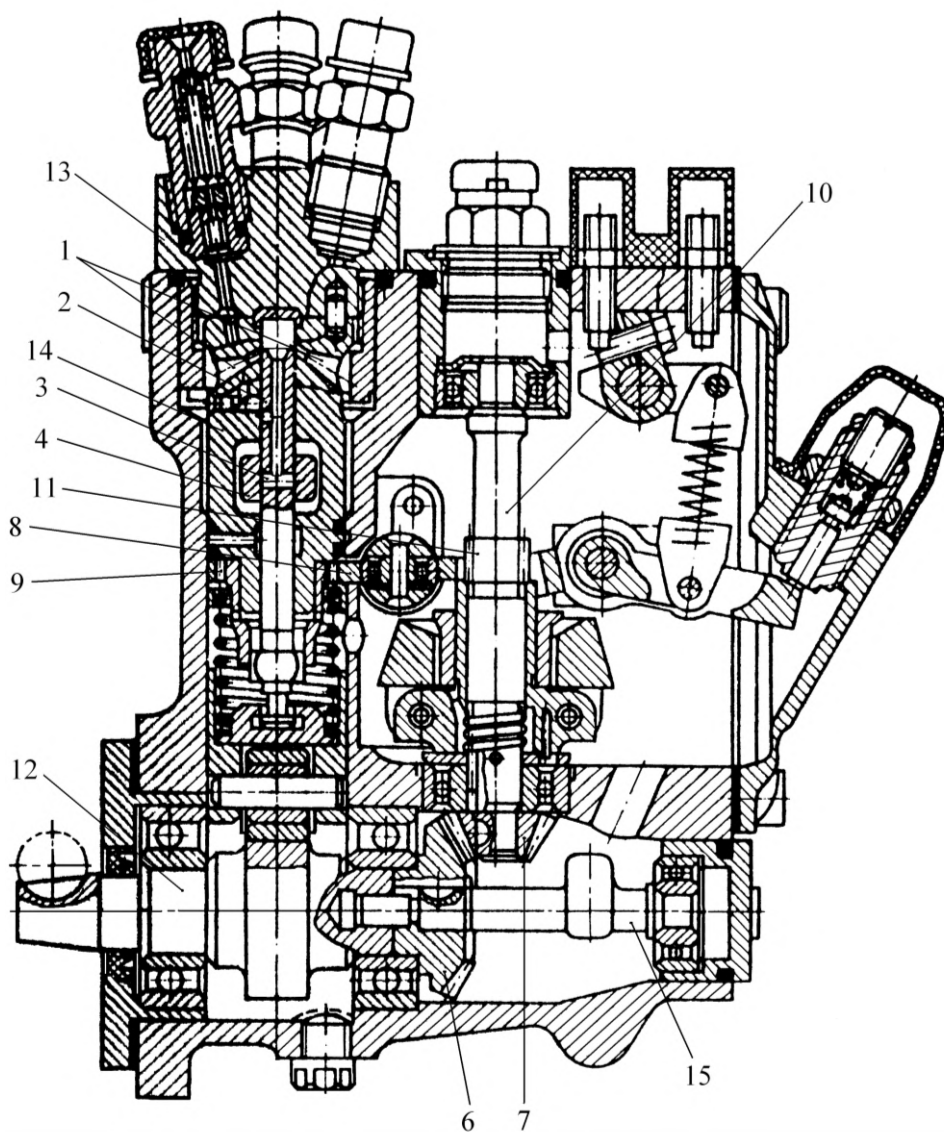
a)



c)

Şək.6.36. Seksiya tipli YTYN-nun dozalandırma mexanizmi;

a-YTYN-nun ümumi görünüşü, b-dozalandırıcı muftanın yuxarı vəziyyəti, c-dozalandırıcı muftanın aşağı vəziyyəti 1-dozalandırıcı diskli yumruqcuc, 2-mil tənzimləyicisi, 3-plunjer, 4-idarəedici paz, 5-boşaldıcı kənar, 6-boşaldıcı yuva, 7-dozalandırıcı mufta.

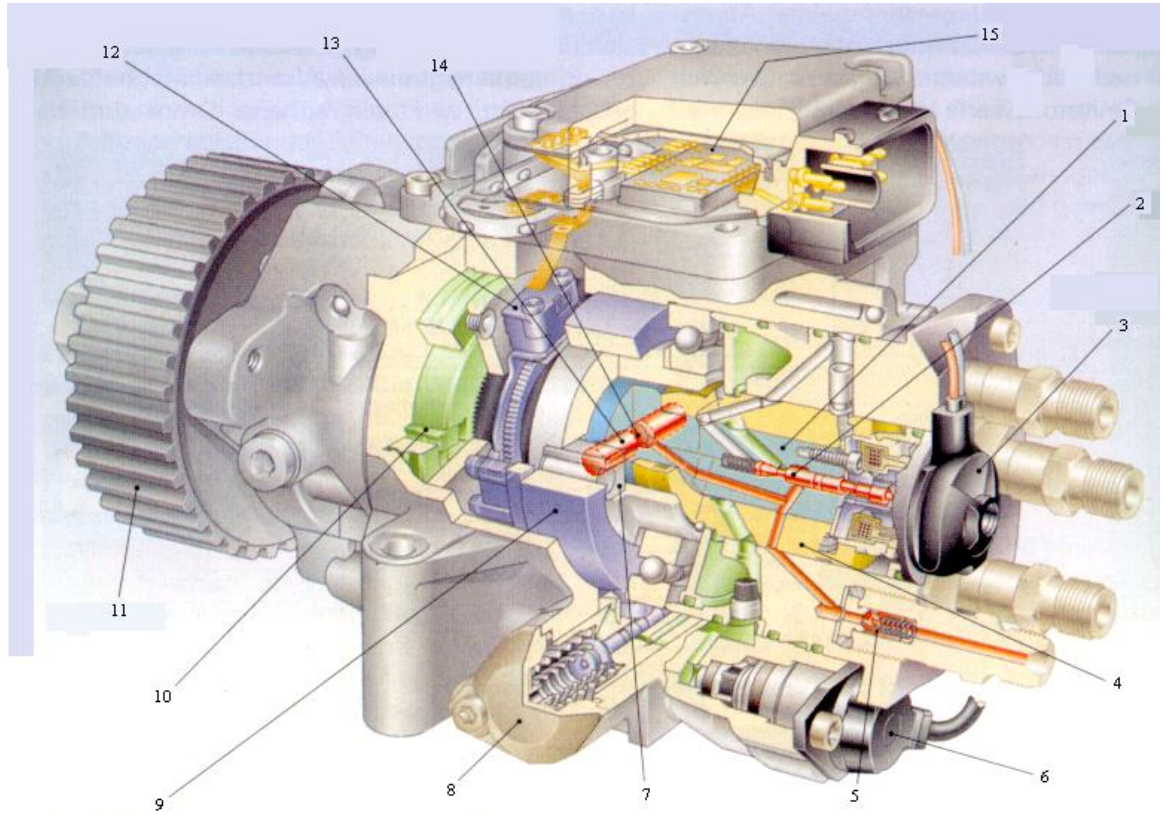


Şək.6.37. Xarici silindrik profilli yumruqlu mexanizmi və fırlanan plunjerli paylayıcı tip YTYN:

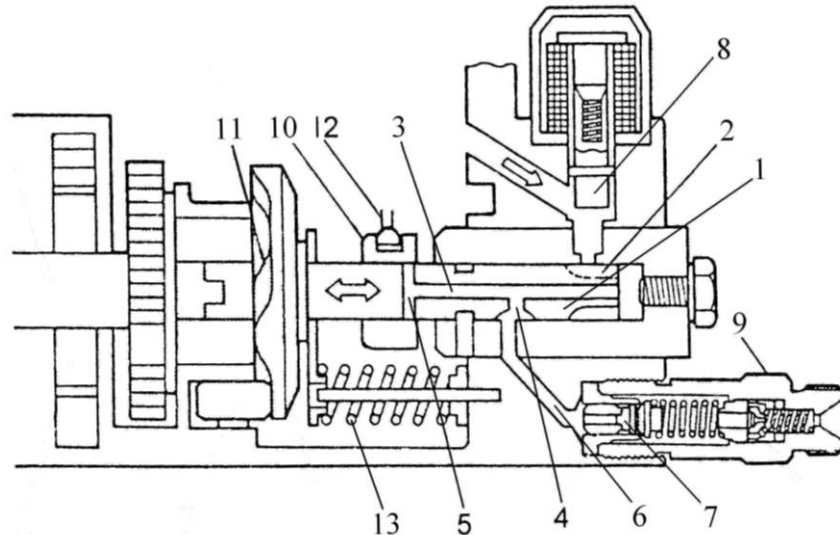
1-sorma yuvası; 2-plunjer paylayıcı; 3-mərkəzi kanal; 4-kəsmə yuvası; 5-dozator muftası; 6, 7-konik dişli çarx; 8, 9-silindrik dişli çarx; 10-tənzimləyici val; 11-tənzimləyici valının dişli çarxı; 12-yumruqcuqlu val; 13-nasosun başlığı; 14-plunjer oymağı; 15-nasos intiqalının valı.

Paylayıcı tip YTYN xarici silindrik profilli yumruqlu mexanizmi və fırlanan plunjerli (şək.6.37), rotasion tipli (şək.6.38), plunjeri aksial hərəkətli (şək.6.39) olurlar.

Yanacaq püskürülməsi prosesinin intensivləşdirilməsi, püskürmə təzyiqlərinin yüksəldilməsi, dizel mühərriklərinin nominal sürət rejiminin yüksəldilməsi, mühərriklərin mikroprosessorlu sistemlər vasitəsilə elektron idarə edilməsinin tətbiqi ilə əlaqədar olaraq fərdi yanacaq nasoslarının və nasos-injektorların tətbiqinin artmasına gətirib çıxarmışdır.

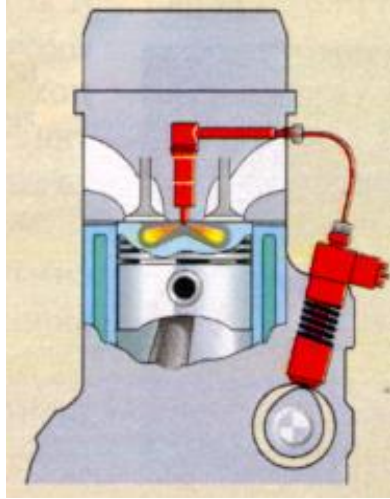


Şək.6.38. Radial plunjerli (rotasion) paylayıcı tip yüksək təzyiqli yanacaq nasosu: 1-paylayıcı val; 2-klapan gövdəsi; 3-dozalandırıcı maqnit klapanı; 4-paylayıcının gövdəsi; 5-sıxıcı klapan; 6-verişin başlanğıcını tənzimləyən maqnit klapanı; 7-diyircəkli itələyici; 8-püskürməni qabaqlayan hidravlik mufta; 9-üzükvarı qovşaq; 10-hidrolövhlə yüksək təzyiq nasosu; 11-aparan dişli çarx; 12-dönmə bucağı sensoru; 13-yüksək təzyiq plunjeri; 14-yüksək təzyiq nasos həcmi; 15-plunjer cütünü idarə edən qurğu.



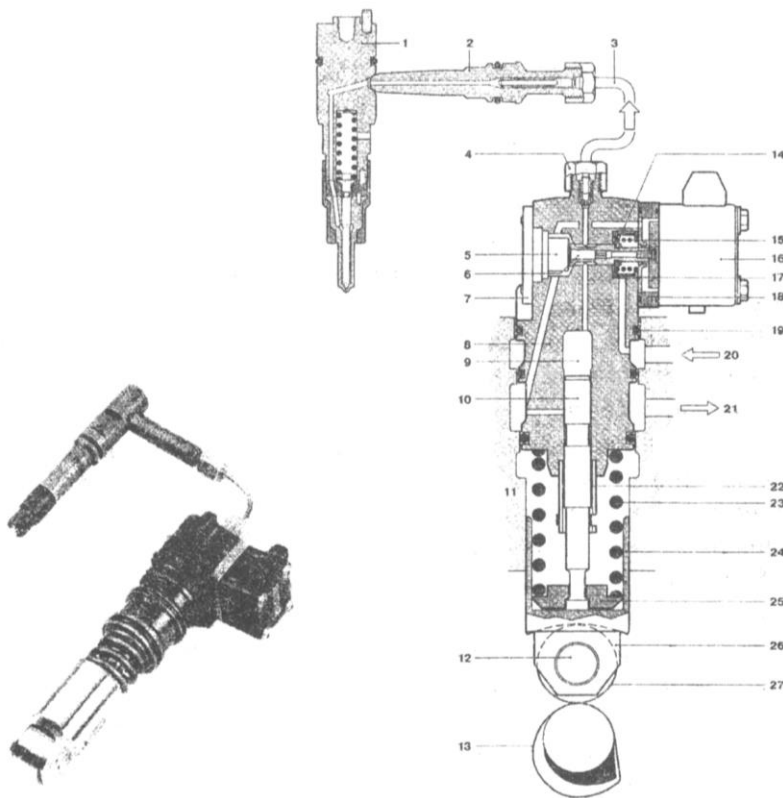
Şək.6.39. Plunjeri aksial hərəkətli paylayıcı tipli yanacaq nasosunun sxemi: 1-plunjer; 2-doldurma yuvası; 3-mərkəzi kanal; 4-vurucu pəncərə; 5-radial kanal; 6-vurucu kanal; 7-vurucu klapan; 8-elektromaqnit klapan; 9-ştuser; 10-dozalayıcı mufta; 11-diyircək; 12-tənzimləyicinin dəstəyi; 13-yay.

Fərdi yanacaq nasosları. Fərdi yanacaq nasoslarında yanacaq nasosunun hər seksiyası ayrıca gövdədə — fərdi birseksiyalı nasos şəklində hazırlanır və silindrlər blokunda xüsusi yuvada yerləşdirilir (şək.6.40). Bu, nasos seksiyalarını hər injektora maksimum dərəcədə yaxınlaşdırmağa



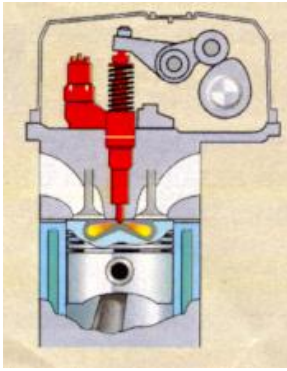
Şək.6.40.

və yüksək təzyiq borusunun uzunluğunu minimuma endirməyə imkan verir. nəticədə, nasosun gövdəsinin sərtliyi artdığından və yüksək təzyiq sisteminin yanacaq dolu həcmələri azaldığından, püskürmə təzyiqlərini $150 \div 200 \text{ MPa}$ -a qədər yüksəltmək mümkün olur. Bundan əlavə yüksək təzyiq borusunun uzunluğu azaldığından, borudakı dalğa proseslərinin püskürmə xarakteristikalarına mənfi təsiri də azalmış olur. Beləliklə, mühərrikin nominal sürət rejimini yüksəltmək imkanı yaranır.



Şək.6.41. Bosch şirkətinin fərdi yanacaq nasosunun injektor ilə birlikdə sxemi və xarici görünüşü:

1-injektor; 2-ştuser; 3-yüksək təzyiq borusu; 4-qayqa; 5-klapanın məhdudlandırıcısı; 6-klapan; 7-qapaq; 8-gövdə (giliz); 9-vurma həcmi; 10-plunjer; 11-mühərrikin silindr bloku; 12-diyircəyin oxu; 13-yumruq; 14-yayın yəhəri; 15-elektromaqnit klapanın yayı; 16-elektromaqnitin gövdəsi; 17-lövbərin lövhəsi; 18-aralıq lövhə; 19-kipləşdirici; 20-yanacağın girişi; 21-alçaq təzyiqli yanacağın qayıtması; 22-plunjerin kipləşdirici qurşağı; 23-itələyicinin yayı; 24-itələyicinin istiqamətləndiricisi; 25-yayın yəhəri; 26-diyircəkli itələyici; 27-itələyicinin diyircəyi.

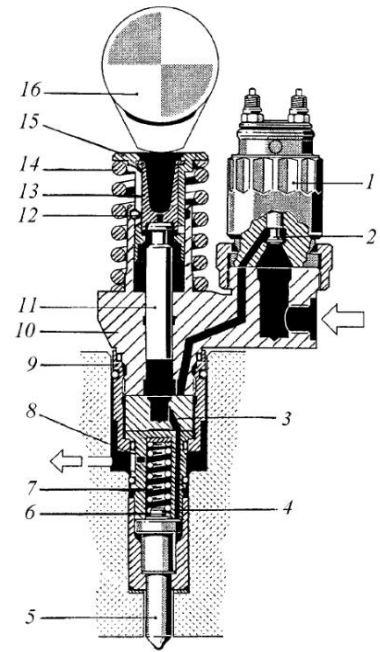


Şək.6.42.

Nasos-injektor. Nasos-injektor — injektor ilə bir qovşaqda hazırlanmış nasosdur. Nasosun plunjer və gilizdən ibarət işçi hissələri injektor ilə birlikdə hazırlanıb mühərrik blokunun başlığında yerləşdirilir (şək.6.42). Elektron idarəetməli nasos-injektorlar fərdi yanacaq nasoslarının qeyd olunan üstünlüklərinə malik olmaqla yanaşı, bir sıra əlavə müsbət cəhətlərə də malikdir. Yüksək təzyiq sistemində yanacaq borusunun ləğv edilməsi və nasosla injektorun bir gövdədə yerləşdirilməsi nəticəsində yüksək təzyiq sistemində yanacaq ilə dolu həcm minimuma qədər azaldılır ki, bunun da nəticəsində püskürmə təzyiqi xeyli artır, injektorda yanacaq püskürməsinin nasosda yanacaq verilişinə nisbətən gecikməsi demək olar ki, aradan qaldırılır, yanacaq püskürülməsi prosesi daha çox idarəolunan olur və püskürmə xarakteristikası yumruğun profilindən daha çox asılı olur. Göstərilən faktorların birlikdə təsiri nəticəsində isə mühərrikin nominal sürət rejimini yüksəltmək mümkün olur, daha kiçik yanacaq dozalarını sabit püskürmə imkanı yaranır ($2-3 \text{ mm}^3$). Elektron idarəetməli klapanın tətbiqi nəticəsində bir neçə pilləli püskürmə həyata keçirmək mümkün olur.



Şək.6.43. Lucas firmasının dizel nasos-injektoru



Şək.6.44. 1-tənzimləyici, 2-tamasa, 3-doldurma kanalı, 4-yay örtüyü, 5-injektor, 6-nimçə, 7- injektor yayı, 8-xaricetmə pəncərəsi, 9-dişli çarx, 10-giliz, 11-plunjer, 12-araqatı, 13- itələyici, 14-yay, 15-itələyici başlığı, 16- yumruqcuq



Şək.6.45. Delphi firmasının nasos-forsunka hissələri

Akkumulyatorlu püskürmə sisteminin (Common Rail). Akkumulyatorlu yanacaq püskürmə sistemlərində yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun vurduğu yanacaq təzyiq akkumulyatoru və ya sadəcə olaraq, akkumulyator adlanan həcmə (ressiverə) vurulur və həmin həcmdə sabit təzyiq altında saxlanılır. Silindr injektorları isə akkumulyatora qoşulur (şək.6.46). Akkumulyatorla injektorlar arasında, ya da bilavasitə injektorun gövdəsində yanacaq verilişini idarə edən qurğu yerləşdirilir. İdarəedici qurğu mexaniki, hidravlik və ya elektrik idarəetmə prinsipi ilə işləyə bilər.

Elektron idarəetməli akkumulyatorlu yanacaq püskürmə sistemləri digər sistemlərlə müqayisədə əsas üstünlüklərə malikdir:

- yanacaq püskürülməsi xarakteristikaları və xüsusən, püskürmə təzyiqi mühərrikin iş rejimindən asılı deyil, yəni mühərrikin aşağı sürət və yük rejimində də yüksək püskürmə təzyiqləri almaq mümkündür;

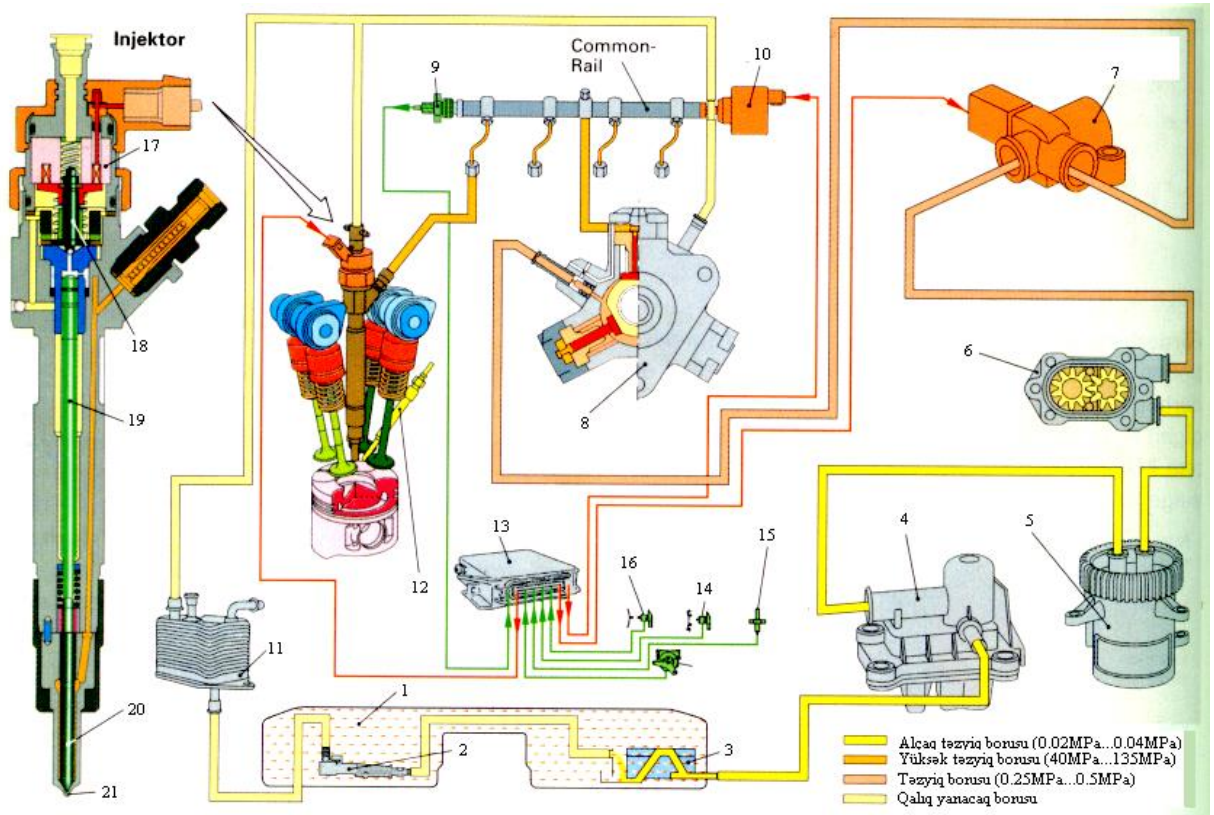
- püskürmə prosesi bütün püskürmə müddətində sabit yüksək təzyiqlə davam edərək, keyfiyyətli yanıcı qarışıq hazırlamaq imkanı yaradır;

- akkumulyatordakı təzyiqi mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq, tələb olunan qiymətə qədər cəld dəyişdirmək imkanı yaradır;

- çoxmərhələli və çoxfazlı püskürmə tətbiq etmək, beləliklə də mühərrikin səsini, yanma prosesinin sərtliyini azaltmaq, xaric qazların tərkibindəki zəhərli maddələrin miqdarını, tüstülülüyü azaltmaq, yanacaq qənaətliliyini və mühərrikin litr gücünü yüksəltmək mümkün olur;

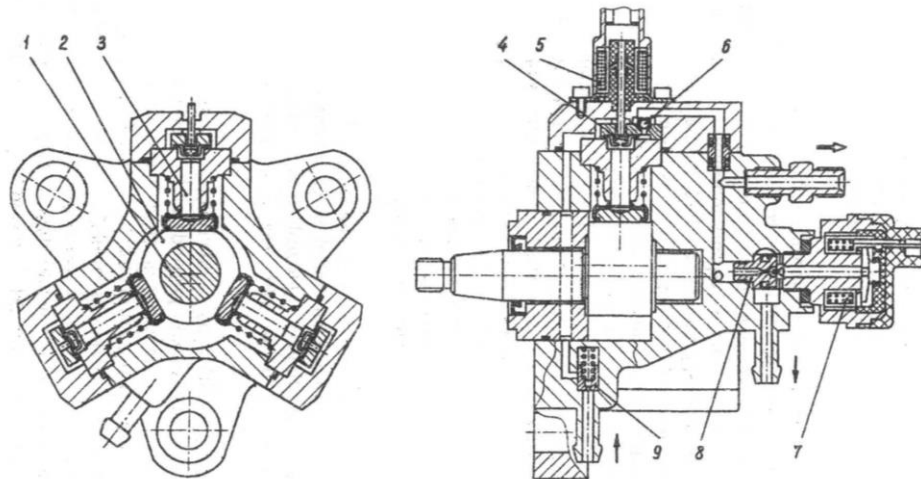
- YTYN-nun quruluşu xeyli sadələşir, onun xarakteristikalarına tələbat azalır, onun elementlərində mexaniki gərginliklər xeyli azaldığından, xidmət müddəti artır. İstismar prosesində nasosun xarakteristikalarının dəyişməsi püskürmə xarakteristikalarına mənfi təsir göstərmir:

- elektron idarəetmənin tətbiqi ətraf mühitin və mühərrikin daha çox parametrlərini nəzərə almaqla, optimal idarəetməyə şərait yaradır.



Şəkil 6.46. Akkumulyatorlu püskürmə sisteminin (Common Rail) hissələri:

1-yanacaq çəni; 2-sorma nasosu; 3-səviyyəölçən; 4-yanacağın qabaqcadan qızdırılması; 5-yanacaq süzgəci; 6-alçaq təzyiqli yanacaq nasosu; 7-kəsmə klapanı; 8-yüksək təzyiqli yanacaq nasosu; 9-təzyiq sensoru; 10-təzyiq tənzimləyici klapan; 11-yanacaq soyuducusu; 12-şiftli közərmə şamı; 13-idarəetmə bloku; 14-KW-sensor; 15-temperatur sensoru; 16-NW-sensor. 17-19-itələyici mil, 20-iyənə-klapan, 21-tozlandırıcı deşiyi.



Şəkil 6.47. Bosch şirkətinin Common Rail sistemi üçün radial-plunjerli yüksək təzyiqli yanacaq nasosu:

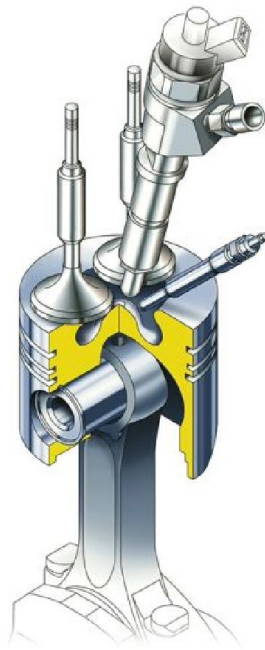
1-ekssentrik val; 2- dövr edən oymaq; 3-plunjer; 4-giriş klapanı; 5-giriş klapanının elektromaqniti; 6-çıxış klapanı; 7-təzyiq tənzimləyici klapanın elektromaqniti; 8-tənzimləyici klapan; 9-əks-klapan.



a)



b)



b)

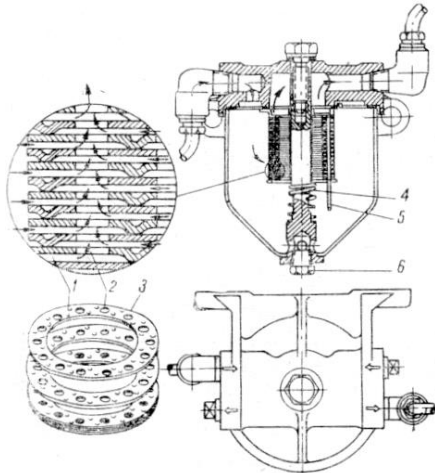


d)

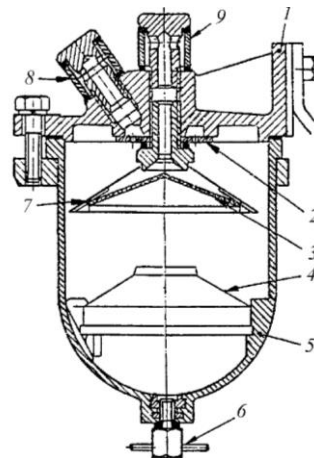
Şək.6.48. Yüngül minik avtomobilində Common Rail sisteminin yerləşdirilməsi:
a-Common Rail sisteminin yerləşdirilməsi; b-YTYN, yanacaq akkumulyatoru və dizel injektorları;
c-dizel injektorunun yerləşdirilməsi; d-dizel injektoru ilə püskürmə.

Yanacaq süzgəcləri. Nasos və injektorların işçi hissələrini mexaniki mikrohissəciklərdən təmizləmək üçün yanacaq süzgəcləri nəzərdə tutulur. Süzgəclər kobud və narın olmaqla iki tipdə olur. Kobud süzgəclər və ya süzgəc-çökdürücülər nisbətən böyük mexaniki hissəcikləri ($0.06 \div 0.07 \text{ mm}$ -dən yuxarı) süzdüklərindən, müqaviməti aşağıdır (təzyiq düşküsu $0.015 \text{ MPa} \div 0.03 \text{ MPa}$) və ATYN-dan qabaq yerləşdirilir (şək.6.49, şək.6.50, şək.6.51). Narın süzgəc $0.06 \div 0.08 \text{ MPa}$ təzyiq

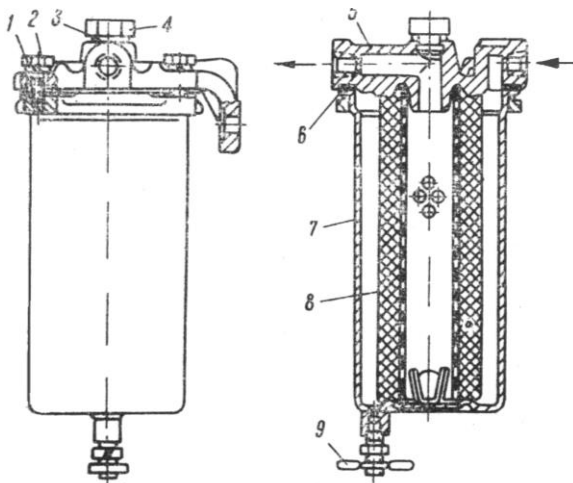
düşküsu yaradaraq $0.005 \div 0.025$ mm-dən böyük ölçülü mexaniki hissəcikləri buraxmamalıdır. (şək.6.52, şək.6.53, şək.6.54).



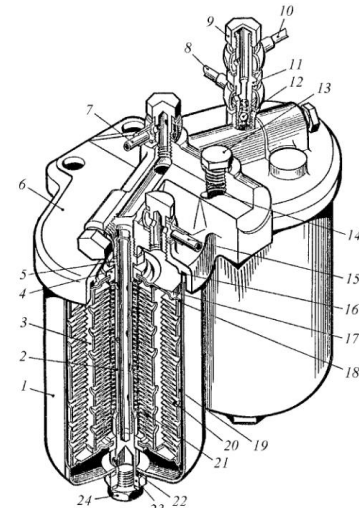
Şək.6.49. Süzgəc-çökdürücü:
1-çıxıntılar, 2-deşiklər, 3-bürünc lövhələr, 4-yay, 5-mil, 6-tıxac.



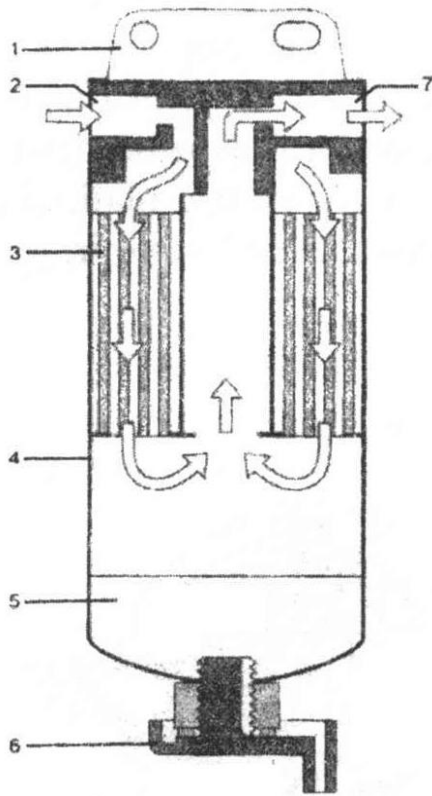
Şək.6.50. Süzgəc-çökdürücü:
1-dirək; 2-araqatı; 3-tor-süzgəc; 4-sakitləşdirici; 5-gövde; 6-axıtma tıxacı; 7-əksetdirici; 8-yanacaqvermə ştuseri; 9-yanacaq daxil olan ştuser.



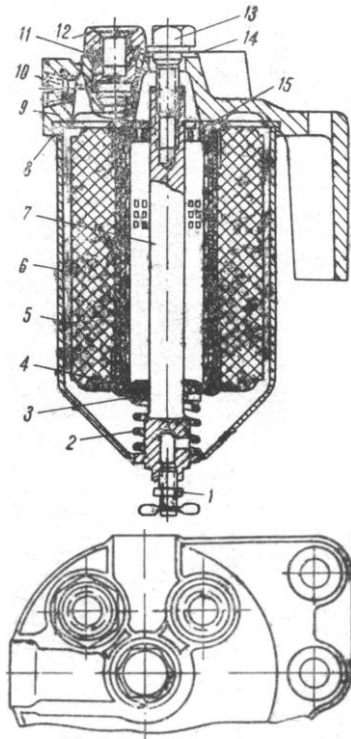
Şək.6.51. Kobud yanacaq süzgəci:
1-yaylı şayba; 2-bolt; 3, 6-araqatı; 4-tıxac; 5-qapaq; 7-gövde; 8-süzücü element; 9-kran.



Şək.6.52. Narın yanacaq süzgəci ilə çökdürücü:
1-gövde; 2-mil; 3, 17, 20 və 21-süzgəc elementi; 4 və 23-şayba, 9, 13 və 24-tıxac; 5, 11, 22- qayka; 6, 12-qapaq; 7 və 8-yanacaq çıxan boru; 10, 15-yanacaq daxil olan boru; 14-yuva; 16, 18 və 19-araqatı.



Şək.6.53. Narın yanacaq süzgəcinin sxemi:
1-süzgəcin qapağı; 2-giriş kanalı; 3-kağız süzücü element; 4-gövdə; 5-suyun (kondensatın) separator kamerası; 6-suyun buraxılması üçün tıxac; 7-çıxış kanalı.

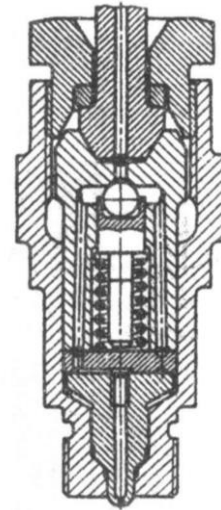


Şək.6.54. Narın yanacaq süzgəci:
1-kran; 2-yay; 3-şayba; 4, 15-rezin araqaçı; 5-süzücü element; 6-gövdə; 7-metal çubuq; 8-paranit araqaçı; 9-qapaq; 10-hava buraxıcı tıxac; 11, 14-araqaçı; 12-buraxıcı jiklyor; 13-bolt.

Dizel injektorları. Dizel injektorlarının vəzifəsi yanacağı mühərrikin yanma kamerasına yüksək təzyiqlə püskürərək, onun tələb olunan narınlıqla tozlandırılmasını təmin etmək, yanma kamerasında mühərrikin işçi prosesinin tələblərinə uyğun forma və ölçülərdə tozlandırılmış yanacaq şırnağı yaratmaqdır.

Dizel injektorları *açıq* və *qapalı* olmaqla iki tip olur. Açıq tipli injektorlar yüksək təzyiq borusunun çıxış ucuna qoşulan gövdə və tozlandırıcı dəşiklərdən ibarət olmaqla sadə quruluşa malikdir, hərəkət edən hissələri yoxdur (şək.6.55). Yüksək təzyiqlə verilən yanacaq diametri 0.2-0.3 mm olan tozlandırıcı dəşiklərdən böyük sürətlə keçərək, diametri 5÷20 mkm olan damcılara parçalanır və istiqamətlənmiş maye toz şırnağı şəklində püskürülür.

Yanacaq damcılamaşının, yanma zamanı yüksək təzyiq və temperaturu qazlar injektorun həcmə keçərək, orada qalmış yanacağın parçalanmasına gətirib çıxara bilər. Bunun qarşısını almaq üçün bəzən açıq tipli injektorlar kiçik təzyiqlər fərqiyləndən açılan kürəcik və ya müstəvi tipli sadə klapanlarla təchiz edilir. *Klapanlı-ucluqlu* (soplolu) adlanan belə injektorlardan birinin quruluşu şək.6.56-də təsvir edilmişdir.



Şək.6.56. Klapanlı-ucluqlu dizel injektoru.

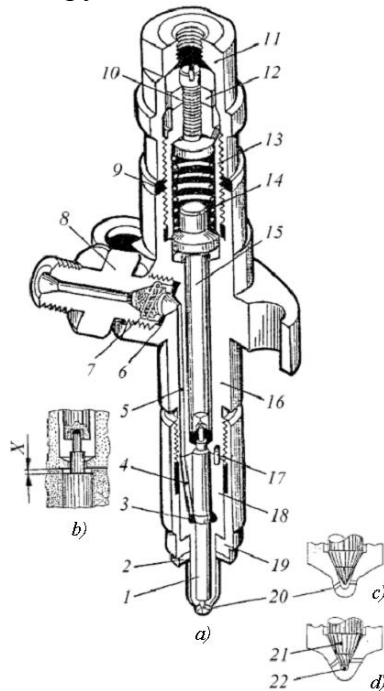
Ştiftli injektorun klapanının uc hissəsindəki çıxıntı ştift adlanır (şək.). ştift silindrik və ya konik şəkildə olmaqla, püskürülən yanacaq şırnağına müəyyən forma verir. Yanacaq ştiftlə tozlandırıcının gövdəsi arasındakı halqa şəkilli keçid sahəsindən püskürülür. Buna görə də ştiftli

injektorun püskürdüyü şırnaq — yanacaq məşəli içi boş konus şəklində olur. Ştiftli injektorun tozlandırma keyfiyyəti iynəli və deşikli tozlandırıcı injektora nisbətən daha aşağı olur. Buna görə də ştiftli injektorlar yanma kamerində qazların sürətli hərəkəti ilə daha intensiv qarışmanı təmin edən bölünmüş kamerli dizellərdə tətbiq edilir.

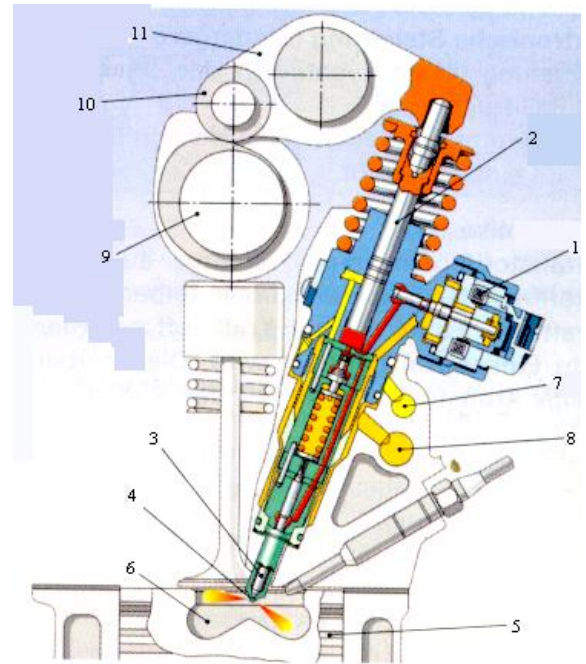
Dizel mühərriklərində əsasən hidravlik, mexaniki və elektrohidravlik intiqallı injektorlar tətbiq edilir. Hidravlik təsirli injektorlarda dirsəkli valın fırlanma dövrlərinə uyğun olaraq hər silindrə verilən anda yanacaq nasosundan verilən yanacağın təzyiqindən asılı olaraq tozlandırıcı iynəsi hərəkət etdirilir (şək.6.58).

Mexaniki intiqallı injektorlarda tozlandırıcı iynəsinin açılması yumruqcuqlu valın fırlanması zamanı yumruqcuğun plunjeri hərəkətə gətirərək tozlandırıcı iynəsinin üzərindəki yanacağın təzyiqinin artırılması ilə yerinə yetirilir (şək.6.59). Elektrohidravlik injektorun işinin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, elektrik intiqallı klapın və ya dişli çarxlı paylayıcı (zolotnik) açılıb-bağlanmaqla injektorun gövdəsində (və ya idarəetmə kamerində) yüksək təzyiqli yanacağın yolunu dəyişdirir. Bu zaman təzyiqlər fərqindən yaranan hidravlik qüvvə isə injektor tozlandırıcısının iynə-klapanını açıb-bağlayır. Elektrik intiqallı injektor tozlandırıcısının iynə-klapanına bilavasitə təsir etmir. İynə-klapanını hərəkətə gətirmək üçün hidravlik gücləndiricinin — multiplikatorun da tətbiq edilməsi onu idarə edən qüvvəni daha da artırmaqla, açılıb-bağlanma sürətini artırır. Bu, elektrik intiqallı klapanın hərəkətə gətirilməsi üçün tələb olunan gücü iki tərtib azaldır, onun ölçülərini kiçildərək, injektorun gövdəsində yerləşdirməyə imkan verir.

Elektrohidravlik injektorlar elektrik intiqalının növünə görə iki cür olur: elktromaqnit idarəetməli və pyezoelektrik idarəetməli elektrohidravlik injektorlar.

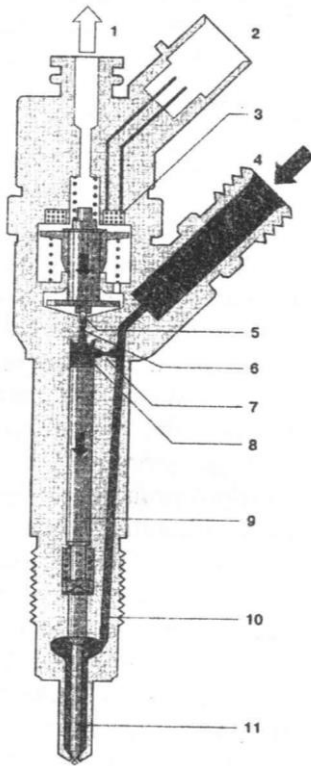


Şək.6.58. Hidravlik təsirli dizel injektoru:
1-tozlandırıcı iynəsi, 2, 9-araqatı, 3-tozlandırıcının üzərindəki yanacaq həcmi, 4, 5-yanacaq boru xətti, 6-ştuser araqatı, 7-ştuser yuvası, 8-ştuser, 10-vint, 11-başlıq, 12-qayqa, 13-yay, 14-itələyici başlığı, 15-itələyici mili, 16-gövdə, 17-birləşdirici, 18-tozlandırıcı gövdəsi, 19-tozlandırıcı qaykası, 20-tozlandırıcı yuvası, 21-ştift, 22-ucluq.



Şək.6.59. Elektrohidravlik təsirli nasos-injektor və onun intiqalı:

1-elektromaqnitin dolağı; 2-plunjer; 3-tozlandırıcı iynəsi; 4-tozlandırıcının ucu; 5-porşen; 6-yanma kameri; 7-yanacaq qayıtma borusu; 8-yanacaq daxil olma borusu; 9-yumruqcuqlu val; 10-itələyici; 11-çiyinlik.



Şək. 6.60. Elektromağnit idarəetməli elektrohidravlik təsirli dizel injektorunun sxemi:

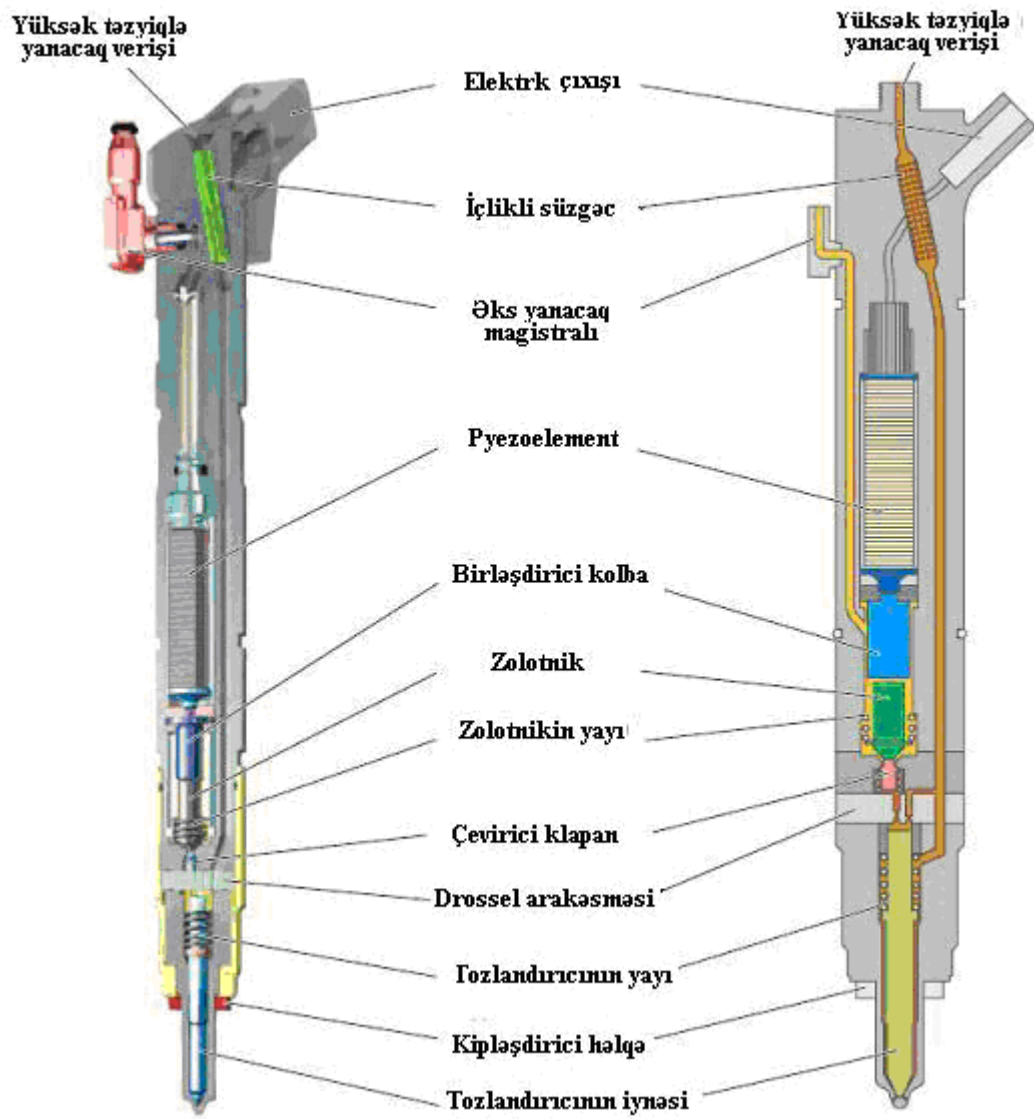
1-yanacağın alçaq təzyiq sisteminə qayıtması; 2-elektrik kontaktları; 3-elektromağnit; 4-yanacağın gəlməsi; 5-kürəcikli klapan; 6-klapan jiklyoru; 7-qidalandırıcı jiklyor; 8-hidroidarətmə kameri; 9-multiplikator; 10-tozlandırıcının kanalı; 11-iyinə-klapan.

Elektromağnit idarəetməli elektrohidravlik injektorlarda injektor elektromağnitin 3 dolağına cərəyan verilməklə idarə olunur (şək.6.60). Elektromağnit isə lövbəri özünə çəkərək, kürəcikli klapanı 5 qaldıraraq, klapan jiklyorunun 6 keçidini açır. Cərəyan verilmədikdə isə yayın təsiri ilə klapan bağlanaraq, jiklyorun keçidini qapayır. Elektromağnitin dolağına cərəyan verildikdə, onun lövbəri yayı sıxaraq qalxır və kürəcikli klapanı 5 açır. Bu zaman hidroidarətmə kanalında axın yaranır. Yanacaq injektorun giriş ştuserindən 4 daxil olaraq, qidalanma jiklyorundan 7, hidroidarətmə kamerindən 8, klapan jiklyorundan 6 keçir və elektromağnitin dolağını soyudaraq çıxış ştuserindən 1 alçaq təzyiq sisteminə axır. Axın jiklyorlarda 6 və 7 drosselləndiyindən, hidroidarətmə həcmində 8 yanacağın təzyiqi aşağı düşür və onun qiyməti tozlandırıcı kanal 10 ilə müqayisədə xeyli azalır.

Hidroidarətmə həcmində 8 yanacağın təzyiqi qidalanma jiklyoru 7 ilə klapan jiklyorunun 6 keçid sahələrinin nisbətindən asılıdır. Nəticədə, multiplikatorun 9 və iyinə-klapanın 11 en kəsiyinə yuxarıdan təsir edən təzyiq aşağıdan (iyinəətrafı həcmdən) təsir edən təzyiqdən az olduğundan, multiplikatorla iyinə-klapan birlikdə qalxaraq, tozlandırıcı dəşiklərin keçid sahəsini açır və yanacaq püskürülməsi başlanır.

Yüksək sürətlərdə yanacağı sıklıq dozasını 4-5 və daha artıq hissəyə bölmək lazım gəlir. Bu zaman injektorun idarəedici klapanının gedişi $0.2-0.3 \text{ mm}$ olmaqla, onun tam açılma və ya bağlanma vaxtı $0.1-0.2 \text{ ms}$ olmalıdır. İşəsalma rejimində açıq qalma vaxtı 15 ms , iş rejimində $1.7 \div 2.0 \text{ ms}$ intervalında, ardıcıl püskürmələr arasındakı vaxt isə $0.2 \div 0.4 \text{ ms}$ olmalıdır. Belə işləmə çevikliyi isə elektromağnit intiqallı idarəedici klapanla təmin etmək çox çətinidir. Bu problemin həlli üçün ən perspektiv yol pyezoelektrik intiqalının tətbiqi sayılır.

Pyezoelektrik intiqallı elektrohidravlik injektorların işi, bəzi kristal maddələrin (kvars) mexaniki deformasiyaya məruz qaldıqda onun qarşı-qarşıya olan üzlərində elektrik potensialları fərqi (gərginlik) meydana çıxması — pyzeoeffekt hadisəsində gərginliyin qoşulmasının qütblərindən asılı olaraq, uzunluğun artma və ya azalma istiqamətində dəyişərək elektrohidravlik injektorların idarəedici klapanının açıb-bağlamasına əsaslanır (şək.6.61). Pyezointiqalda $150 \div 200 \text{ V}$ həddində elektrik gərginliyi tələb olunur. Pyezointiqalda böyük yerdəyişmə almaq üçün elektrik dövrəsinə bir-biri ilə paralel qoşulmuş $80 \div 100$ ədəd (bəzən hətta 400-ə qədər) pyezokeramik disk ardıcıl olaraq, paket şəklində bir-birinin üzərinə yığılır və çubuq forması alır.



Şək.6.61. Pyezoelektrik təsirli dizel injektorunun sxemi.

YOXLAMA SUALLAR

1. Qığılımla alışdırılmalı mühərriklərinin yanacaq sisteminin vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı elementlərdən ibarətdir?
2. Karbüratorlu mühərriklərin qidalanma sisteminin vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
3. Diafraqmalı benzin nasosunun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
4. Qığılımla alışdırılmalı injektorlu mühərrikin qidalanma sistemi hansı hissələrdən ibarətdir?
5. Fazalar üzrə paylanmış püskürməli və birbaşa benzin püskürməli injektorlu mühərrikin qidalanma sisteminin neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
6. Benzin yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
7. Benzin alçaq təzyiqli yanacaq nasosunun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
8. İnjektorun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
9. Benzin yanacaq süzgəclərinin vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
10. Dizel yanacaq sistemlərinin vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı elementlərdən ibarətdir?
11. Dizel alçaq təzyiqli yanacaq nasosunun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
12. Dizel yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
13. Fərdi yanacaq nasosunun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
14. Nasos-injektorun vəzifəsi nədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
15. Akkumulyatorlu püskürmə sisteminin (Common Rail) vəzifəsi nədir və hansı elementlərdən ibarətdir?
16. Dizel yanacaq süzgəclərinin vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?
17. Dizel injektorlarının vəzifəsi nədir, neçə növü var və hansı hissələrdən ibarətdir?

Mühazirə 7

Daxili yanma mühərriklərinin ideal və nəzəri siklləri.

Mühərrik işləyən zaman baş verən işçi sikl real və yaxud həqiqi sikl adlanır. Real sikldə silindrdə baş verən hadisələr çox mürəkkəbdir və onların öyrənilməsi olduqca çətinidir. Odur ki, ayrı-ayrı amillərin mühərrikin işinə təsirini aydınlaşdırmaq üçün prosesləri ən sadə şəkildə təsəvvür edərək tədricən həqiqi şəkllə yaxınlaşdırmaq məqsədəuyğundur. Mühərrikin silindrində istilik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi prosesinin bu cür sadələşdirilməsi nəticəsində real sikllər ideal sikllərə çevrilir. Beləliklə, daxili yanma mühərrikinin ideal sikli termodinamikanın ikinci qanununa müvafiq olaraq, soyuq mənbəyə verilən istilikdən başqa enerji itkiləri olmayan qapalı, dönmə və periodik sikldir. Nəzəri sikl ideal və real sikllər arasında aralıq yer tutur və real sikl daha yaxındır. Beləliklə, nəqliyyat mühərriklərinin silindrində baş verən həqiqi prosesləri öyrənmək üçün əvvəlcə, qısaca da olsa, ideal və nəzəri siklləri nəzərdən keçirək.

7.1. İdeal sikllər.

İdeal sikllərin bütün prosesləri sırf termodinamik proseslərdir və onların həyata keçirilməsi yalnız xəyalən mümkündür. Bu siklin real sikldən fərqli aşağıdakı xüsusiyyətləri vardır:

1. İstilik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi qapalı həcmdə dəyişilməyən eyni bir işçi cismilə həyata keçirilir;
2. İşçi cisim tərkibi və istilik tutumu sabit qalan ideal qazdır;
3. İstilik işçi cismə kənar mənbədən yalnız sabit həcmdə və ya sabit təzyiqdə verilir;
4. Sıxma və genişlənmə prosesləri adiabat göstəriciləri eyni və sabit olan adiabatik proseslərdir. Yəni, bu proseslər ərzində ətraf mühitlə heç bir istilik mübadiləsi baş vermir;
5. İdeal sikldə sabit həcmdə soyuq mənbəyə verilən istilikdən başqa heç bir istilik itkisi yoxdur.

İdeal termodinamik sikl nöqtəyi nəzərindən bütün DYM-lər aşağıdakı üç sikldən biri üzrə işləyir:

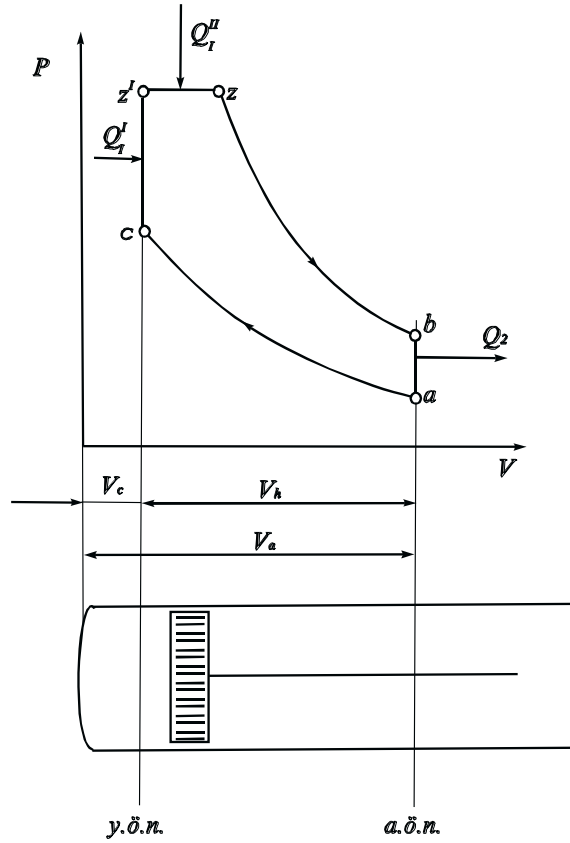
1. İşçi cismə sabit həcmdə istilik verilən sikl ($V = \text{const}$);
2. İşçi cismə sabit təzyiqdə istilik verilən sikl ($P = \text{const}$);
3. İşçi cismə istilik qismən sabit həcmdə, qismən də sabit təzyiqdə verilən sikl və yaxud qarışıq sikl ($V = \text{const}$ və $P = \text{const}$).

Sonuncu sikl ümumi xassələrə malik olduğundan əvvəlki iki siklə onun xüsusi halı kimi baxıla bilər. Ona görə də əvvəlcə qarışıq sikli nəzərdən keçirək.

7.2. Qarışıq sikl.

Şəkil 7.1-də qarışıq ideal sikl göstərilmişdir. Siklin başlanğıcında mühərrikin silindrindəki işçi cismənin halı a nöqtəsinin parametrləri ilə xarakterizə edilir. Şəkildən görüldüyü kimi sikl ac – adiabatik sıxılma, cz' – sabit həcmdə istiliyin verilməsi, $z'z$ – sabit təzyiqdə istiliyin verilməsi, zb – adiabatik genişlənmə və ba – sabit həcmdə istiliyin alınması proseslərindən ibarətdir. Sikl ac – adiabatik sıxılma prosesi ilə başlanır. Bu zaman porşen sol kənar vəziyyətə çatdıqda sabit həcmdə işçi cismə Q_1' istiliyi verilir; sonra porşen sağ tərəfə — a -ö.n.-ə doğru hərəkət etməyə başlayır və bu andan sabit təzyiqdə işçi cismə istiliyin ikinci hissəsi — Q_1'' verilir. z nöqtəsində istiliyin verilməsi qurtarır. Porşenin sağa sonrakı hərəkəti zamanı işçi cisim adiabatik genişlənir. b nöqtəsində porşen sağ kənar vəziyyətə, yaxud a -ö.n.-ə çatır və genişlənmə qurtarır. Bu vəziyyətdə sabit həcmdə işçi cisimdən soyuq mənbəyə Q_2 istiliyi verilir və bu yolla işçi cisim başlanğıc hala qaytarılır. Porşenin sola doğru sonrakı hərəkəti ilə siklin təkrarı başlanır.

Sikllər qənaətliliyi və işgörmə qabiliyyətlərinə görə xarakterizə edilir. Siklin qənaətliliyi onun termodinamik faydalı iş əmsalı ($f.i.ə.$), işgörmə qabiliyyəti isə orta təzyiqlə müəyyən edilir. Termodinamik $f.i.ə.$ böyük olduqca siklə sərf edilən istilikdən daha qənaətlə istifadə olunur. Siklin orta təzyiqi böyük olduqda isə mühərrikin işgörmə qabiliyyəti yüksəlir, yəni eyni ölçülü mühərrikdə daha çox güc əldə etmək olur.



Şəkil 7.1. Qarışıq sikl.

Məlum olduğu kimi, siklin termodinamik f.i.ə. (η_t) mexaniki işə çevrilən istilik miqdarının işçi cismə verilən ümumi istilik miqdarına nisbəti ilə təyin edilir:

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (7.1)$$

burada: Q_1 – işçi cismə verilən istilik; Q_2 – işçi cisimdən soyuq mənbəyə qaytarılan istilikdir.

İdeal sikldə istilik itkiləri olmadığından, mexaniki işə çevrilən istilik $Q_1 - Q_2$ fərqinə bərabərdir.

Qarışıq sikl üçün işçi cismə verilən istilik sabit həcm və təzyiqdə verilən istiliklərin (Q_1' və Q_1'') cəmi kimi tapılmalıdır. Onda bu sikl üçün f.i.ə.-nin ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$\eta_t = \frac{Q_1' + Q_1'' - Q_2}{Q_1' + Q_1''} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1' + Q_1''}. \quad (7.2)$$

(7.2) tənliyində istilik miqdarlarının temperatur və istilik tutumları ilə ifadə olunan qiymətlərini yerinə yazıb müəyyən riyazi çevirmələr və əvəzləmələr aparsaq qarışıq siklin termodinamik f.i.ə. üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^k - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}, \quad (7.3)$$

burada: $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ – sıxma dərəcəsi; $k = \frac{mc_p}{mc_v}$ – adiabat göstəricisi; $\lambda = \frac{p_z}{p_c}$ – təzyiqin yüksəlmə dərəcəsi; $\rho = \frac{V_z}{V_c}$ – həcm qabaqcadan genişlənmə dərəcəsidir.

(7.3) düsturunda ε – sıxma prosesində işçi cismin həcmi başlanğıc həcmə nisbətən neçə dəfə azaldığını, λ – istilikvermənin birinci mərhələsində işçi cismin təzyiqinin artmasını, ρ isə istilikvermənin ikinci mərhələsində baş verən əvvəlcədən genişlənməni xarakterizə edir. Beləliklə,

qarışıq siklin termodinamik f.i.ə. mühərrikin sıxma dərəcəsindən, istiliyin verilmə üsulundan, işçi cismnin tərkibindən və fiziki xassələrindən asılıdır. Adiabat göstəricisinin sabit qiymətində sıxma dərəcəsinin artması termodinamik f.i.ə.-nin artmasına səbəb olur. Bu onunla izah edilir ki, sıxma dərəcəsi artdıqda sonradan genişlənmə dərəcəsi (δ) böyüyür, genişlənmənin sonunda işçi cismnin temperaturu aşağı düşür və soyuq mənbəyə qaytarılan istilik (Q_2) azalır. Deməli, verilən istilikdən istifadə dərəcəsi artır. Lakin, onu da qeyd etmək lazımdır ki, sıxma dərəcəsinin $\varepsilon = 10 \div 12$ hədlərindən böyük qiymətlərində siklin termodinamik f.i.ə.-nin artma intensivliyi azalır. Buna səbəb $\varepsilon > 12$ olduqda sıxma işinin artma intensivliyinin böyüməsidir.

Siklin işgörmə qabiliyyətini nəzərdən keçirək. Termodinamika kursundan məlumdur ki, P - V sistemində qapalı proseslərin işi proses konturunun sahəsi ilə ölçülür. Siklin orta təzyiqi isə mexaniki işə çevrilən istiliyin işçi həcmə nisbəti kimi təyin edilir. Onda siklin orta təzyiqi üçün aşağıdakı düsturu yazmaq olar:

$$P_t = \frac{Q_1 - Q_2}{V_a - V_c} = \frac{L_s}{V_a - V_c}, \quad (7.4)$$

burada L_s – sikl ərzində görülən faydalı işdir.

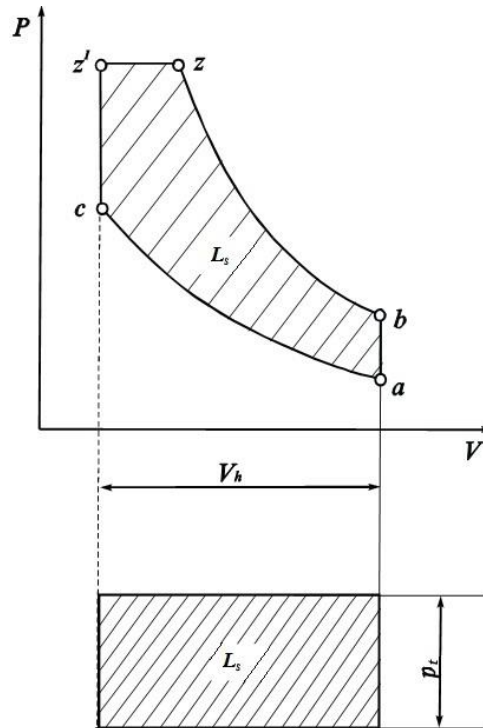
Qarışıq sikl üçün:

$$P_t = \frac{Q'_1 + Q''_1 - Q_2}{V_a - V_c} = \frac{L_s}{V_a - V_c}. \quad (7.5)$$

Burada da siklin işini sahə ilə əvəz edib bəzi riyazi çevirmələr aparsaq siklin orta təzyiqini hesablamaq üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$P_t = P_a \frac{\varepsilon^k}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{k-1}} \right) - \frac{1}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right) \right], \quad (7.6)$$

burada $\delta = \frac{V_b}{V_z}$ – həcmnin sonradan genişlənmə dərəcəsidir.



Şəkil 7.2. Qarışıq siklin orta təzyiqinin həndəsi təsviri.

Şəkil 7.2-də siklin orta təzyiqinin həndəsi təsviri verilmişdir. Göründüyü kimi siklin orta təzyiqi, sahəsi sikl konturunun sahəsinə bərabər və oturacağı V_h olan düzbucaqlının hündürlüyü ilə ölçülür. Ona görə də, yuxarıda deyildiyi kimi, orta təzyiqin işçi həcmə hasilı siklin işini verir.

(7.6) düsturundan göründüyü kimi siklin orta təzyiqi də mühərrikin sıxma dərəcəsiindən (ε), istilikvermə üsulunun xarakterindən (λ, ρ, δ), işçi cismin tərkibi və xassələrindən (k), o cümlədən siklin başlanğıc təzyiqindən (P_a) asılıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, siklin orta təzyiqi sıxma dərəcəsinin böyüməsi ilə əvvəlcə artır, lakin $\varepsilon > 12$ qiymətlərində isə azalır. Bu onunla izah edilir ki, sıxma dərəcəsinin müəyyən hədlərinə qədər sıxma prosesinin işi genişlənmə prosesinin işinə nisbətən az intensivliklə artır, $\varepsilon > 12$ olduqda isə sıxma işinin artma intensivliyi üstünlük təşkil edir və nəticədə siklin işgörmə qabiliyyəti, daha doğrusu, siklin orta təzyiqi azalır.

7.3. Sabit həcmdə istilik verilən sikl.

Sabit həcmdə ($V = \text{const}$) istilik verilən sikl şəkil 7.3-də göstərilmişdir. Sikl ac – adiabatik sıxılma, cz – sabit həcmdə ($V = \text{const}$) istilik verilmə, zb – adiabatik genişlənmə və ba – sabit həcmdə istilik alınma proseslərindən ibarətdir.

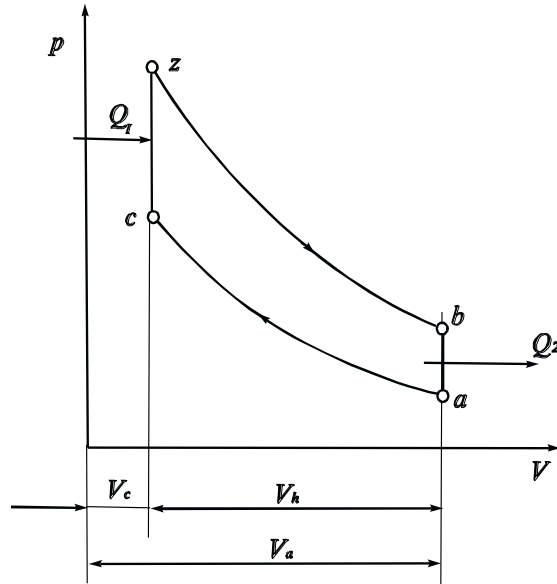
Bu sikldə istilik ancaq bir mərhələdə verilir. Buna qarışıq siklin xüsusi halı kimi ($Q_1'' = 0$) baxmaq olar. Ona görə də siklin termodinamik ifadələrini uyğun olaraq (7.3) və (7.6) düsturlarında $\rho = 1$ və $\delta = \varepsilon$ olduğunu qəbul etməklə almaq olar.

Onda:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}, \quad (7.7)$$

$$P_t = P_a \frac{\varepsilon^k}{\varepsilon - 1} (\lambda - 1) \cdot \frac{1}{k - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right). \quad (7.8)$$

(7.7) və (7.8) düsturlarından göründüyü kimi, istiliyi sabit həcmdə verilən siklin termodinamik f.i.ə. yalnız sıxma dərəcəsi və adiabat göstəricisindən, orta təzyiqi isə başlanğıc təzyiq, sıxma dərəcəsi, təzyiqin yüksəlmə dərəcəsi və adiabat göstəricisindən asılıdır.

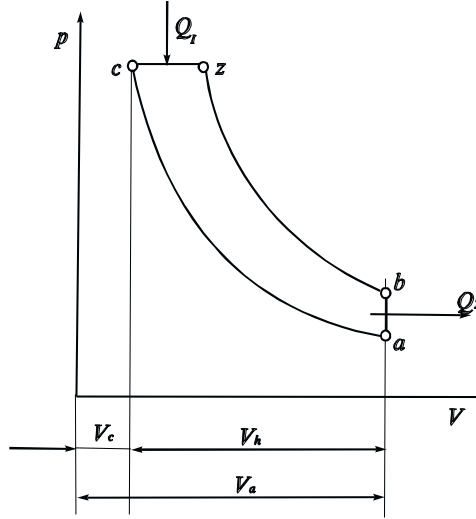


Şəkil 7.3. Sabit həmdə istilik verilən sikl.

Verilən istilik və adiabat göstəricisi sabit qaldıqda sıxma dərəcəsinin artması siklin həm f.i.ə.-nin, həm də orta təzyiqinin artmasına səbəb olur. Siklin başlanğıc təzyiqi (P_a) isə siklin f.i.ə.-na təsir göstərməsə də, onun artması nəticəsində orta təzyiq də artır.

7.4. Sabit təzyiqdə istilik verilən sikl.

Şəkil 7.4-da istilik sabit təzyiqdə verilən siklin diaqramı verilmişdir. Sikl ac – adiabatik sıxılma, cz – sabit təzyiqdə ($P = \text{const}$) istilik verilmə, zb – adiabatik genişlənmə və ba – sabit həcmdə istilik alınma proseslərindən ibarətdir. Sikl qarışıq siklin digər xüsusi halı kimi nəzərdən keçirilə bilər ($Q_1' = 0$). Bu halın xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, istilik verilməsi təzyiqin yüksəlməsinə səbəb olmur, yəni, $\lambda = 1$ olaraq qalır. Ona görə də siklin termodinamik f.i.ə. və orta təzyiqi (7.3) və (7.6) düsturlarında $\lambda = 1$ yazmaqla alınan aşağıdakı ifadələrlə təyin edilə bilər:



Şəkil 7.4. Sabit təzyiqdə istilik verilən sikl.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}, \quad (7.9)$$

$$P_t = P_a \frac{\varepsilon^k}{\varepsilon - 1} \left[\rho - 1 + \frac{\rho}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{k-1}} \right) - \frac{1}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right) \right]. \quad (7.10)$$

(7.9) və (7.10) düsturlarından görünür ki, sabit təzyiqdə istilik verilən siklin termodinamik f.i.ə. sıxma dərəcəsi, qabaqcadan genişlənmə dərəcəsi və adiabat göstəricisindən, orta təzyiqi isə həmin parametrlərdən başqa həm də siklin başlanğıc təzyiqindən və sonradan genişlənmə dərəcəsindən asılıdır. Sıxma dərəcəsinin artması siklin hər iki əsas göstəricisinin yüksəlməsinə səbəb olur.

7.5. İdeal sikllərin müqayisəsi.

İdeal sikllərin termodinamik f.i.ə və orta təzyiqi üçün nəzərdən keçirilən düsturların köməyi ilə onların bir-birinə nəzərən üstünlüyünü də aşkar etmək olar. Müxtəlif hesablamalar apararaq alınmış nəticələri təhlil edərək müəyyən edilmişdir ki, eyni sıxma dərəcəsi və istilik verilişində ən yüksək f.i.ə. və orta təzyiq istiliyin hamısı sabit həcmdə verildiyi zaman alınır. Beləliklə, istiliyin verilməsi sabit həcmdə aparılan sikl ən əlverişli, istilik verilməsi sabit təzyiqdə aparılan sikl isə ən aşağı göstəricilərə malik sikldir. Qarışıq sikl bu iki siklə görə aralıq yer tutur.

Məlum olduğu kimi, mövcud real mühərriklər arasında qarışıq sikl üzrə işləyən dizel mühərriklərinin f.i.ə. sabit həcmdə istilik verilən sikl üzrə işləyən karbürətorlu mühərriklərindən yüksəkdir. Buna səbəb karbürətorlu mühərriklərin sıxma dərəcəsinin aşağı olmasıdır.

7.6. Nəzəri sikllər

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, nəzəri sikl idealdan real siklə yaxınlaşma pilləsi rolunu oynayır. Bu sikl açıq, dönməyən, periodik sikldir. İdeal sikllər əsasında təsəvvür olunan nəzəri sikllər də aşağıdakı adları daşıyır: a) yanma prosesi sabit həcmdə gedən sikl, yaxud sürətli yanma sikli; b) yanma prosesi sabit təzyiqdə gedən sikl, yaxud tədrici yanma sikli; v) qarışıq sikl.

Nəzəri sikllərin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

1. İşçi cisim real qaz qarışığından ibarət olub miqdarı, tərkibi və istilik tutumu dəyişəndir.
2. Yanacaq tam yanır. Şerti olaraq hesab edilir ki, yanma ya sabit həcmdə, ya sabit təzyiqdə, ya da qismən sabit həcmdə və qismən də sabit təzyiqdə gedir.
3. Sıxma və genişlənmə prosesləri adiabatikdir və bu proseslər vaxtı işçi cismin miqdarı dəyişmir (qaz sızmaları nəzərə alınmır).
4. Silindrə təzə işçi cisim xüsusi doldurma prosesi vasitəsilə verilir. Doldurma sabit atmosfer təzyiqində gedir.
5. İstiliyin soyuq mənbəyə qaytarılması prosesi genişlənmənin sonunda işlənmiş qazların atmosfərə buraxılması ilə əvəz olunur.

İstiliyin soyuq mənbəyə qaytarılması prosesinin sonunda silindrin bütün həcmi tutan və siklin başlanğıc hal parametrlərinə malik olan işlənmiş qazların qalan hissəsi, porşenin a.ö.n.-dən y.ö.n.-ə qədər hərəkəti vasitəsi ilə yerinə yetirilən xaricətmə prosesi nəticəsində silindrdən kənar olunur. Bu proses də doldurma prosesi kimi sabit atmosfer təzyiqində gedir. Deməli, həqiqi sikldən fərqli olaraq, nəzəri sikldə doldurma və xaricətmə prosesləri qazodinamik müqavimətlərin olmadığı şəraitdə gedir.

YOXLAMA SUALLAR

1. DYM-nin ideal siklləri hansılardır?
2. Qarışıq ideal sikl necə baş verir? Onun termodinamik f.i.ə. və orta təzyiqi hansı düsturlarla təyin olunur?
3. İstiliyi sabit həcmdə verilən ideal sikl necə baş verir? Onun termodinamik f.i.ə. və orta təzyiqi hansı düsturlarla təyin olunur?
4. İstiliyi sabit təzyiqdə verilən ideal sikl necə baş verir? Onun termodinamik f.i.ə. və orta təzyiqi hansı düsturlarla təyin olunur?
5. DYM-nin ideal siklləri necə müqayisə olunur?
6. DYM-nin nəzəri siklləri və onların fərqli xüsusiyyətləri hansılardır?

Mühazirə 8
Həqiqi sikllər.
İkitaklı və dördtaklı daxili yanma mühərrikləri.

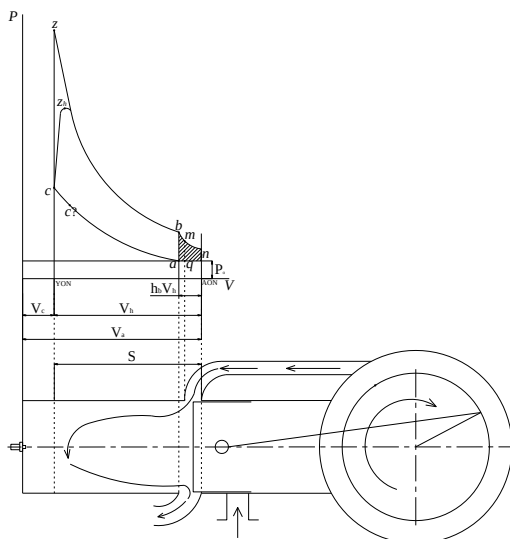
8.1. İkitaklı qıgılımla alışdırılmalı mühərrikin indikator diaqramı və iş prinsipi.

İkitaklı mühərrikdə iş sikli porşenin iki gedişində və ya dirsəkli valın bir tam dövründə başa gəlir. Sıxma, yanma və genişlənmə prosesləri dördtaklı mühərrikdəki kimidir. Silindrin işlənmiş qazlardan təmizlənməsi və yeni yanıcı qarışıqla doldurulması prosesləri, porşenin AÖN yaxınlığında hərəkətinin bir hissəsindən istifadə edilərək icra olunur. İki taktdan biri *sıxma*, ikincisi isə *iş taktı* adlanır. İş taktının sonuna yaxın, porşen xaricətmə pəncərəsini açır (*b* nöqtəsi) və işlənmiş qazlar atmosfərə xaric olunmağa başlayır. Porşenin həmin istiqamətdə bir qədər hərəkətindən sonra üfürmə pəncərəsi açılır. (*m* nöqtəsi) və bu pəncərə vasitəsi ilə karterdən üfürmə kanalına porşen tərəfindən sıxışdırılan yeni yanıcı qarışıq (birbaşa benzin püskürməli mühərriklərdə hava) silindrə daxil olmağa başlayır (şək.8.1, şək.8.2). Porşen AÖN-də olduqda həm xaricətmə, həm də üfürmə pəncərələri tam açıq vəziyyətdə olur. Porşenin YÖN-yə hərəkəti zamanı da silindrə yeni yanıcı qarışığın (havanın) daxil olması və işlənmiş qazların xaric olması davam edir. Porşenin müəyyən vəziyyətlərində əvvəlcə üfürmə (*q* nöqtəsi), sonra isə xaricətmə (*a* nöqtəsi) pəncərələri bağlanır. Bundan sonra sıxma prosesi başlanır və s. Xaricətmə pəncərəsinin açılma anı elə seçilir ki, üfürmə pəncərəsi açılan ana qədər silindrdəki təzyiq mühərrikin yağ çənbərində sıxılmış yeni yanıcı qarışığın təzyiqindən az olsun. Əks halda qarışığın (havanın) silindrə üfürülməsi mümkün olmaz.

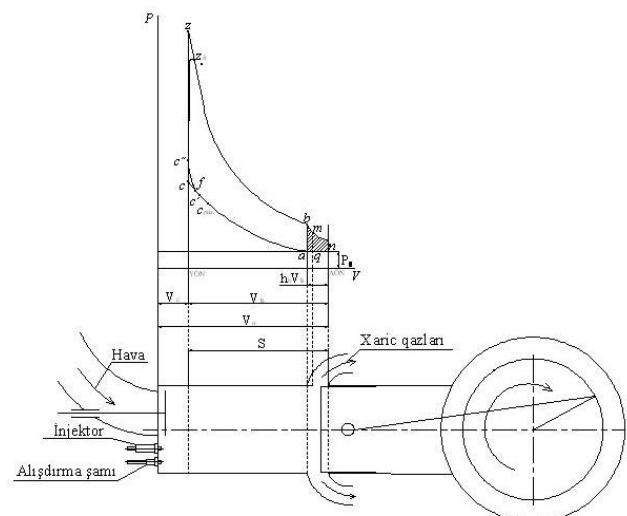
Beləliklə, indikator diaqramının *bmnqa* məntəqəsi xaricətmə, *mna* məntəqəsi isə üfürmə proseslərinə müvafiqdir. Deməli, porşenin gedişinin $S \cdot h_b$ hissəsi xaricətmə və üfürmə prosesləri üçün istifadə olunur. Burada S – porşenin gedişi, h_b isə gediş və ya işçi həcmi xaricətmə prosesi üçün istifadə olunan hissəsidir.

Porşen YÖN-yə hərəkət etdikdə silindrdə sıxma, yağ çənbərində isə genişlənmə baş verir. Çənbərdəki seyrəklikdən yeni yanıcı qarışıq (hava) hazırlamaq və onu çənbərə doldurmaq üçün istifadə olunur. Porşen YÖN-yə gedərkən doldurma pəncərəsini açır (yağ çənbəri tərəfə). Bu vaxt doldurma borusunda yerləşdirilmiş karbüratorda hazırlanan yanıcı qarışıq (atmosferdən sorulan hava) mühərrikin çənbərinə sorulur.

Porşen YÖN-dən AÖN-yə hərəkət edərkən silindrdə genişlənmə (iş), çənbərdə isə sıxma prosesi gedir. Bu vaxt doldurma pəncərəsi bağlanır və çənbərdə sıxılan qarışıq (hava) üfürmə kanalı vasitəsi ilə silindrə doldurulur. Belə üfürmə üsuluna *dirsək-kamer* üfürməsi deyilir.



Şək.8.1. Karbüratorlu qıgılımla alışdırılmalı ikitaklı mühərrikin sxemi və indikator diaqramı.



Şək.8.2. Silindrə birbaşa benzin püskürməli qıgılımla alışdırılmalı ikitaklı mühərrikin sxemi və indikator diaqramı.

$$\mathcal{E} = \frac{V_a}{V_c}$$

$$\mathcal{E} = \frac{V_a}{V_c}$$

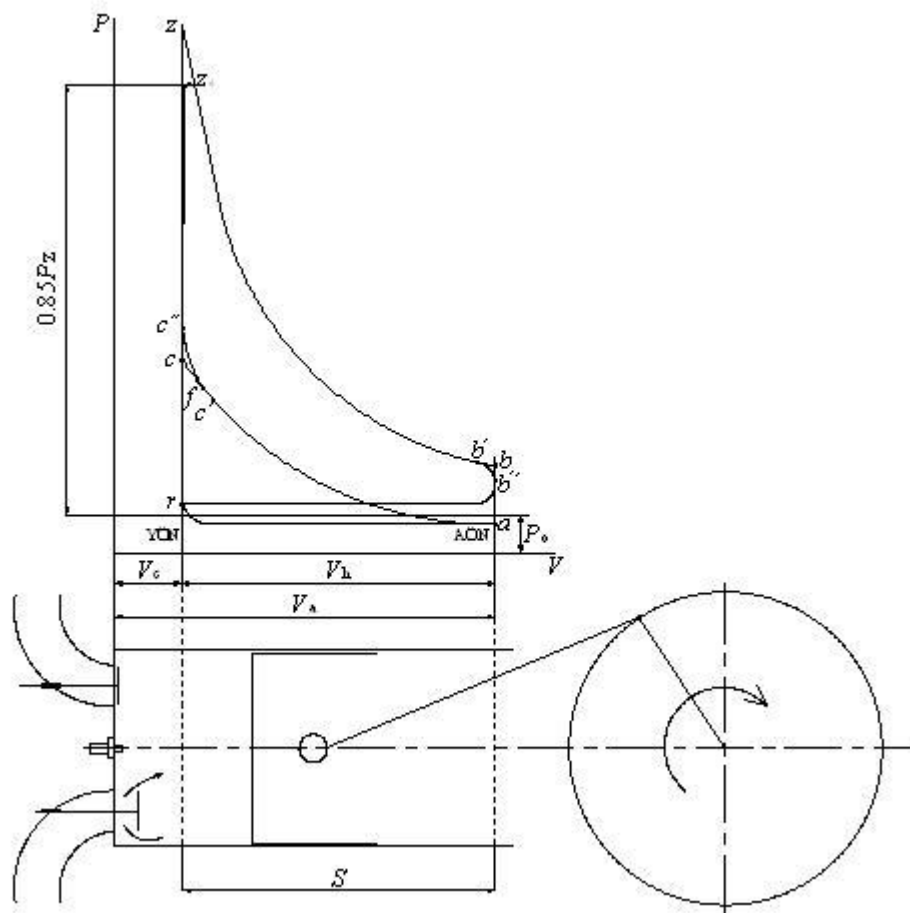
$$\mathcal{E}_h = \frac{V_h - h_b V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h(1 - h_b)}{V_c} + 1.$$

$$\varepsilon_h = \frac{V_h - h_b V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h(1 - h_b)}{V_c} + 1.$$

$$\varepsilon_h = \varepsilon(1 - h_h) + h_h,$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_h - h_b}{1 - h_b},$$

8.3. Dördtaktlı qığılcımla alışdırılmalı mühərrikin indikator diaqramı və iş prinsipi.



Sorma taktı sorma klapanının açıq qaldığı müddətdə porşen y.ö.n.-dən a.ö.n.-ə doğru hərəkət edərkən baş verir. Bu proses ərzində silindrin həcmnin sürətlə böyüməsi nəticəsində yaranan seyrəkliyin, yəni təzyiqin atmosfer təzyiqindən aşağı düşməsi hesabına karbüratorda hazırlanan yanıcı qarışıq (yanacaq buxarları ilə havanın qarışığı) silindrə sorulur.

Qeyd etmək lazımdır ki, benzin püskürməli mühərriklərdə *yanıcı qarışıq* ya sorma borusunda (yanacaq sorma borusuna püskürüldükdə), ya da ki, silindrin daxilində (yanacaq silindrə püskürüldükdə) hazırlanır. Silindrə daxil olan yanıcı qarışıq əvvəlki sikldən silindrə qalan yanma məhsulları ilə qarışır və nəticədə *işçi qarışıq* yaranır.

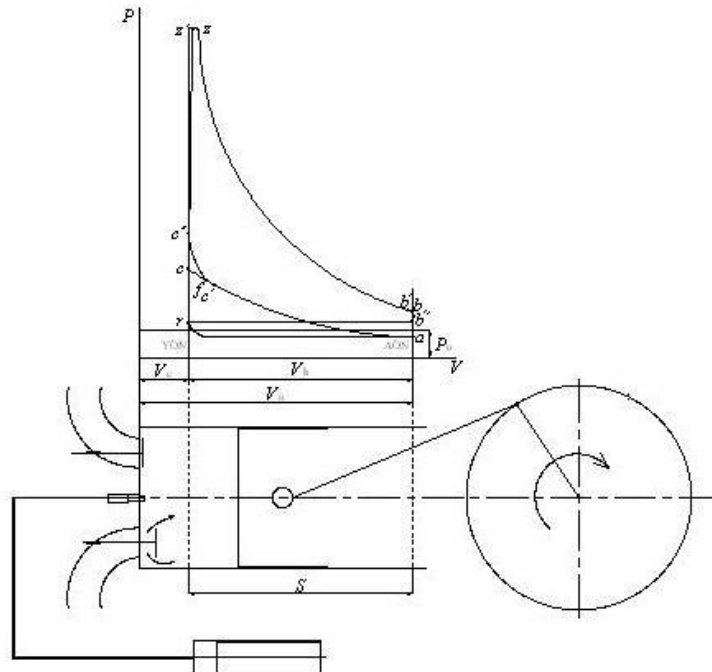
Sıxma taktı zamanı həm sorma, həm də xaric klapanları bağlı olur və o porşenin a.ö.n.-dən y.ö.n.-ə doğru hərəkət etdiyi müddətdə baş verir. Sıxma prosesində işçi qarışığın sıxılması, nəticəsində onun təzyiq və temperaturu yüksəlir ki, bu da öz növbəsində yanma prosesi üçün yaxşı şərait yaradır. Sıxma taktının sonunda elektrik qığılcımı vasitəsilə işçi qarışıq məcburən alışdırılır və yanma prosesi başlayır.

Yanma və genişlənmə (iş) prosesləri genişlənmə taktında sorma və xaricetmə klapanlarının bağlı olduğu, porşenin isə y.ö.n.-dən a.ö.n.-ə doğru hərəkət etdiyi müddətdə baş verir. Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesi, demək olar ki, sabit həcmdə, daha doğrusu, həcmnin çox az dəyişdiyi bir müddətdə baş verir ki, bunun da nəticəsində y.ö.n. yaxınlığında silindrəki temperatur və təzyiq çox böyük sürətlə yüksəlir. Bu isə öz növbəsində yanma məhsullarının təzyiq qüvvəsinin təsiri ilə porşenin y.ö.n.-dən a.ö.n.-ə doğru hərəkət etməsinə səbəb olur. Porşenin irəliləmə hərəkəti şatun vasitəsilə dirsəkli vala verilir və o fırlanma hərəkəti edərək mexaniki iş görür.

Xaricetmə prosesi xaricetmə taktında, xaricetmə klapanının açıq qaldığı və porşen a.ö.n.-dən y.ö.n.-ə doğru hərəkət etdiyi müddətdə baş verir. Bu proses ərzində yanma məhsulları silindrdən xaric olunur və silindrin işlənmiş qazlardan tənzimlənməsi həyata keçirilir.

8.4. Dördtaktlı üstəlik üfürməsiz dizel mühərrikinin indikator diaqramı və iş prinsipi.

Dizel mühərriklərində də sorma (*ra*), sıxma (*ac*), genişlənmə (*zb*) və xaricetmə (*br*) prosesləri, demək olar ki, elə qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə olduğu kimi baş verir (şək.8.6). Lakin bu mühərriklərdən fərqli olaraq dizel mühərriklərində sorma taktı zamanı silindrə yanıcı qarışıq deyil, təmiz hava sorulur.

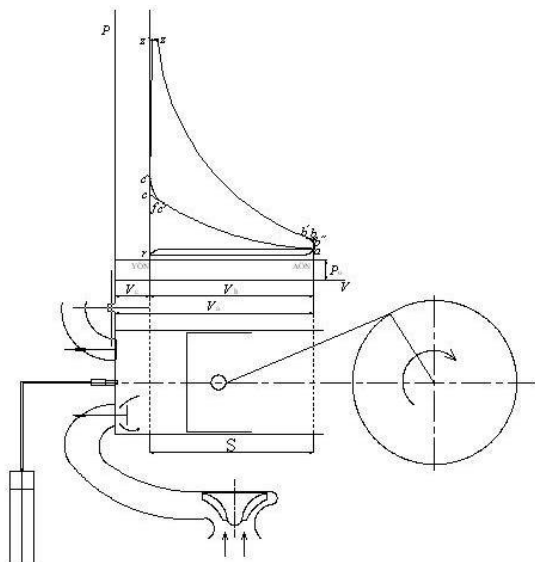


Şəkil 8.6. Dördtaktlı dizel mühərrikinin sxemi və indikator diaqramı.

Dizel mühərriklərinin karbürətorlu və benzin püskürməli mühərriklərə nisbətən aşağıdakı üstünlükləri vardır:

- Lakin qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərə nisbətən dizel mühərriklərinin xüsusi kütləsi çox olur, onların istehsalına daha çox xərc çəkilir və aşağı temperaturlarda işə düşməsi çətinləşir.

Bu cür mühərrikin işçi sikli adi dizelin işçi siklindən əsasən doldurma və xaricətmə proseslərinə görə fərqlənir (şək.8.7). Qeyd etmək lazımdır ki, üstəlik doldurulan mühərriklərdə silindrin hava ilə doldurulması xüsusi üfurmə aqreqları tərəfindən həyata keçirildiyinə görə bu proses sorma deyil, *doldurma prosesi* adlanır. Turbokompressor adlanan aqreqların turbin və kompressor çarxları eyni val üzərində oturdulur və turbin çarxı xaric qazların kinetik enerjisi hesabına işləyir (şək.8.8). Doldurma prosesi zamanı silindrə hava atmosfer təzyiqindən yuxarı təzyiq altında verilir. Odur ki, bu mühərriklərdə doldurma prosesi atmosfer təzyiqindən yuxarı (P_0), üstəlik üfurmə təzyiqindən (P_k) isə aşağı təzyiqlərdə gedir.



71

YOXLAMA SUALLAR

1. İkitaklı karbürətorlu qıgılımla alırdırmalı mührrikin quruluşu və iş prinsipi necədir?
2. Dirsək-kamer üfürməsi nə deməkdir?
3. İkitaklı injektorlu qıgılımla alırdırmalı mührrikin quruluşu və iş prinsipi necədir?
4. İkitaklı dizel mührrikinin quruluşu və iş prinsipi necədir?
5. Həqiqi sıxma dərəcəsi ilə həndəsi sıxma dərəcəsi arasındakı fərqli xüsusiyyət hansıdır və onlar arasında hansı əlaqə var?
6. Dördtaklı qıgılımla alırdırmalı mührrikin quruluşu və iş prinsipi necədir?
7. Dördtaklı üstəlik üfürməsiz dizel mührrikinin quruluşu və iş prinsipi necədir?
8. Dördtaklı üstəlik doldurulan dizel mührrikinin quruluşu və iş prinsipi necədir?
9. İnjektorlu və dizel mührriklərinin müsbət və mənfi xüsusiyyətləri hansılardır?

Mühazirə 9

Nəqliyyat mühərriklərində istifadə olunan yanacaqlar haqqında qısa məlumat.

9.1. Yanacaqlar haqqında qısa məlumat.

Nəqliyyat mühərriklərində istifadə olunan maye yanacaqlar neftin emalı yolu ilə alınır. Xam neft müxtəlif karbohidrogen birləşmələrinin qarışığından ibarətdir. Karbohidrogenlər öz kimyəvi tərkibinə görə üç qrupa bölünür: parafinlər (alkanlar), naftenlər (sikloalkanlar) və aromatik karbohidrogenlər. Bundan başqa neftin tərkibinə, az miqdarda olsa da, kükürd, azot, oksigen birləşməsi və digər elementlər də daxildir.

DYM-də işlədilən maye yanacaqlar xam neftdən rektifikasiya, termiki və katalitik krekinq üsulları ilə alınır.

Rektifikasiya üsulunda neft buxarlanma dərəcəsinə görə müxtəlif növ yanacaqlara ayrılır. Bu zaman baş verən proses *distillə prosesi* adlanır. Distillə prosesində neftin tez buxarlanan komponentləri distillat şəklində ayrılır və bu distillatdan açıq rəngli yanacaqlar alınır. Çətin buxarlanan komponentlər isə qalıq hesab olunur. Bu üsulla ayrılmış benzin distillatları avtomobil benzinləri, qazoyl, solyar distillatları isə dizel yanacaqları hazırlamaq üçün istifadə edilir. Qalıq mazutdan sürtgü yağları hasil olunur. Mazut bəzən ağır motor yanacağı kimi də işlədilir və ya krekinq qurğularında təkrar emal olunur.

Açıq rəngli məhsulların hasilatını artırmaq və daha yüksək keyfiyyətli komponentlər almaq məqsədi ilə krekinq üsulları daha geniş yayılmışdır.

Termiki krekinq üsulunda yüksək molekullu karbohidrogenlərin yüksək temperatur hesabına parçalanması ilə distillənin ağır qalıqından yüngül yanacaq komponentləri alınır.

Katalitik krekinq prosesində neftin yüksək molekullu birləşmələri katalizator adlanan maddələrin köməyi ilə daha sürətlə yüngül komponentlərə ayrılır.

9.2. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərin yanacaqları.

Qıgılcımla alışdırılmalı karbürətorlu və benzin püskürməli mühərriklərdə benzinlərdən istifadə olunur.

Avtomobil mühərriklərində işlədilən benzinlərin fiziki-kimyəvi xassələrini xarakterizə edən əsas göstəricilər cədvəl 9.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 9.1

Göstəricilər	Benzin növləri				
	A-66	A-72	A-76	At-93	At-98
1. Fraksiya tərkibi:					
-buxarlanmanın başlanğıc temperaturu [°C]	40	35	35	35	35
-10% buxarlanma [°C]	79	75	75	75	75
-50% buxarlanma [°C]	145	135	135	135	135
-90% buxarlanma [°C]	195	180	180	180	180
-buxarlanmanın son temperaturu [°C]	205	195	195	195	195
2. 20°C-də sıxlıq $\left[\frac{kq}{m^3} \right]$	740	740	740	740	740
3. 20°C-də kinematik özlülük [cSt]	0.6÷1.0	0.6÷1.0	0.6÷1.0	0.6÷1.0	0.6÷1.0
4. Kükürdün miqdarı [%] (ən çoxu)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
5. Oktan ədədi:					
-motor üsulu ilə	66	72	76	85	89
-tədqiqat üsulu ilə	-	-	80	93	98
6. 1 kq benzində tetraetilqurğuşunun (TEQ) miqdarı [q]	0.6	-	0.41	0.82	0.82

Benzinin buxarlanma qabiliyyəti qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün ən mühüm xassələrdən biridir. Buxarlanma qabiliyyəti benzinin fraksiya tərkibinə görə araşdırılır. *Fraksiya tərkibi* 100 ml yanacaq qızdırılırlarkən onun müxtəlif hissələrinin %-lə buxarlanma temperaturalarını göstərir və laboratoriya şəraitində xüsusi distillə qurğusunda təyin edilir. Standart benzinlərdə buxarlanmanın başlanğıc temperaturu $30 \div 50^{\circ}\text{C}$, son temperaturu isə $190 \div 205^{\circ}\text{C}$ hədlərində olur. Müxtəlif növ benzinlərin fraksiya tərkibi cədvəl 9.1-də göstərilmişdir.

Benzinin sıxlığı və özlülüyü onun karbüratorda, yanacaq borularında hərəkətinə, buxarlanmasına və s. böyük təsir göstərir. Karbüratorun üzgəc kamerində yanacağın səviyyəsi onun sıxlığından asılıdır. Sıxlıq azaldıqda səviyyə yuxarı qalxır, bu isə öz növbəsində artıq yanacağın sərfinə səbəb olur.

Sıxlıq *areometr*lə ölçülür və hazırda istifadə olunan benzinlərin sıxlığı $700 \div 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ hədlərində dəyişir. Yanacağın özlülüyü onun daxili sürtünməsini xarakterizə edir. Neft yanacaqlarının kinematik özlülüyü Vilhelm Ostvaldın kapilyar viskozimetri ilə ölçülür və müxtəlif növ benzinlər üçün $0.6 \div 1.0 \text{ cSt}$ (*santistoks*: $1 \text{ cSt} = 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$) hədlərində dəyişir (cədvəl 9.1).

Benzinin tərkibindəki qeyri-üzvi birləşmələr (suda həll olan turşular, qələvilər və s.) metal hissələrinin korroziya- sına səbəb olur. Ən çox korroziya təsiri göstərən kükürlü birləşmələrdir. Yanma məhsullarında SO_2 olduqda mühərrikin hissələrinin korroziyası sürətlənir. Müəyyən edilmişdir ki, benzində kükürdün miqdarı 0.05%-dən 0.35%-ə qədər artdıqda silindrin yeyilməsi 3 dəfə, yuxarı kompressiya üzüyünün yeyilməsi isə 4 dəfə artır. Benzindəki kükürlü birləşmələr qələvi məhlulu ilə təmizlənir. Təmizləndikdən sonra isə mis lövhədə benzinin korroziya təsiri yoxlanılır. Texniki şərtlərə görə benzində kükürlü birləşmələrin miqdarı 0.15%-dən çox olmamalıdır (cədvəl 9.1).

Benzinin detonasiyaya davamlılığı onun istehsal üsulundan və kimyəvi tərkibindən asılıdır. Məsələn, tərkibi əsas etibarilə parafin və naftenlərdən ibarət olan benzinlər detonasiyaya daha çox meyllidir. Aromatik karbohidrogenlər isə əksinə, benzinin detonasiyaya davamlılığını artırır. Ona görə də katalitik krekinq üsulu ilə alınan benzinlərin tərkibində aromatik birləşmələr və izoalkanlar daha çox olduğundan onların detonasiyaya davamlılığı da daha yüksəkdir. Benzinin detonasiyaya davamlılığı oktan ədədi ilə qiymətləndirilir.

Oktan ədədi izooktanın (C_8H_{18}) adı ilə bağlıdır. İzooktan detonasiyaya davamlılığı yüksək olan yanacaqdır. Odur ki, maye yanacaqların bu xassəsi izooktanla müqayisə olunur. Şərti olaraq izooktanın oktan ədədi 100 vahid qəbul edilir. Detonasiyaya davamlılığı ən aşağı olan heptanın (C_7H_{16}) oktan ədədi isə sıfır götürülür. *Yanacağın oktan ədədi*, detonasiyaya davamlılığına görə onunla eyni olan izooktan-heptan etalon qarışığındakı izooktanın faizlə miqdarına deyilir.

Məsələn, 70 % izooktan və 30 % heptan qarışığı ilə eyni antideetonasiya keyfiyyətinə malik olan benzinin oktan ədədi 70-ə bərabərdir. Yanacaqların oktan ədədi İT9-2 qurğusunda motor və tədqiqat üsulları ilə təyin edilir. Cədvəl 1-dən göründüyü kimi motor üsulunda benzinin oktan ədədi az alınır, çünki bu üsulla oktan ədədi nisbətən gərgin iş rejimində təyin edilir. Benzinin detonasiyaya davamlılığı motor üsulu ilə təyin edilmiş oktan ədədinə daha çox uyğun gəlir.

Oktan ədədi yüksək olan yanacaqlar üçün nəzərdə tutulmuş mühərriklərin sıxma dərəcəsi oktan ədədi aşağı olan yanacaq ilə işləyən mühərrikin sıxma dərəcəsindən böyük olur.

Benzinlərə "antideetonator" adlanan xüsusi maddələr, aşqarlar qatmaqla da onların detonasiyaya davamlılığını artırmaq olar. Bunların içərisində ən təsirli aşqar tetraetilqurğuşundur (TEQ).

TEQ-in antideetonasiya təsiri onunla izah olunur ki, qurğuşun oksidi yanma prosesində aktiv maddələrin (onları peroksid molekulları adlandırırlar) əmələ gəlməsinə mane olur və yanacağın detonasiyaya davamlılığını artırır.

Müxtəlif üsullarla istehsal olunan benzinlərə eyni miqdarda TEQ qatıldıqda, onların detonasiyaya davamlılığının dəyişməsi müxtəlif olur. TEQ ən çox distillə benzininin detonasiyaya müqavimətini artırır. Onun 1 *kq*-na 0.82 *q* TEQ qatdıqda, oktan ədədi $10 \div 15$ vahid artır. Həmin

miqdarda TEQ termiki emal benzininə qatıldığında isə oktan ədədi cəmişi $5 \div 8$ vahid çoxalır. Müxtəlif növ benzinlərdə TEQ-in miqdarı cədvəl 9.1-də göstərilmişdir. Cədvəl 9.1-dən göründüyü kimi avtomobil benzinləri başlıca olaraq oktan ədədinə görə növlərə bölünür. Hər bir benzin növünün adındakı "A" hərfi onun avtomobil üçün nəzərdə tutulduğunu, "İ" hərfi oktan ədədinin tədqiqat üsulu ilə təyin olunduğunu (əgər "İ" hərfi yoxdursa bu o deməkdir ki, oktan ədədi motor üsulu ilə təyin edilmişdir), rəqəmlər isə benzinin oktan ədədini göstərir. Yuxarıda deyildiyi kimi, sıxma dərəcəsi böyük olduqda ona uyğun olaraq benzinin oktan ədədini də artırmaq lazımdır. Deməli, hər bir mühərrik sıxma dərəcəsinə uyğun olan benzinlə işləməlidir (məsələn: karbüratorlu mühərriklər üçün sıxma dərəcəsinin oktan ədədinə nisbəti təxminən 1:10-a bərabərdir). Avtomobil mühərriki özünə uyğun olmayan benzinlə işlədikdə, detonasiya hadisəsi qüvvətlənir və mühərrikin göstəriciləri pisləşir.

9.3. Dizel yanacaqları.

Dizel mühərriklərində işlədilən yanacaqlar neft emalının ağır məhsulları hesab olunur.

Avtomobil və traktor dizellərində istifadə olunan dizel yanacaqlarının fiziki-kimyəvi xassələrini xarakterizə edən əsas göstəricilər cədvəl 9.2-də göstərilmişdir.

Buxarlanma qabiliyyəti dizel yanacaqlarının başlıca keyfiyyətlərindən biridir. Əvvəl qeyd edildiyi kimi, yanacağın buxarlanma qabiliyyəti onun fraksiya tərkibi ilə xarakterizə olunur. Dizel yanacağının tərkibi əsas etibarilə yüksək molekullu karbohidrogenlərdən alkanlar, siklanlar və aromatik birləşmələrdən ibarətdir. Buna görə də onun buxarlanma keyfiyyəti aşağı olur.

Yanacağın özlülüyü, yaxud daxili sürtünməsi onun yanacaq borularında hərəkətini, tozlanma keyfiyyətini və s. xarakterizə edir. 20°C -də dizel yanacaqlarının özlülüyü $2.5 \div 8.5$ cSt olur. Yanacağın özlülüyü normadan böyük olduqda onu qızdırmaq lazımdır. Temperatur yüksəldikcə yanacağın özlülüyü azalır ki, bu da yanacağın keyfiyyətli buxarlanmasına və onun hava ilə yaxşı qarışmasına səbəb olur.

Cədvəl 9.2

Göstəricilər	Dizel yanacağının növləri							
	A	Z	L	ZC	DA	DZ	DL	DC
1. Fraksiya tərkibi: -buxarlanmanın başlanğıc temperaturu	170	175	200	200	175	200	200	200
-10%- buxarlanma [$^{\circ}\text{C}$]	195	200	235	235	200	235	240	235
-50%- buxarlanma [$^{\circ}\text{C}$]	240	250	280	280	255	280	290	280
-90%- buxarlanma [$^{\circ}\text{C}$]	330	340	360	340	330	340	360	340
-buxarlanmanın son temperaturu [$^{\circ}\text{C}$]	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 20°C -də sıxlıq $\left[\frac{kq}{m^3}\right]$	830	840	860	840	830	840	860	845
3. 20°C -də kinematik özlülük [cSt]	-	$5 \div 8.5$	$5 \div 8.5$	$2.5 \div 4$	$2.5 \div 4$	$3.5 \div 6$	$3.5 \div 8$	-
4. Alışma temperaturu [$^{\circ}\text{C}$]	40	65	65	65	35	50	60	90
5. Kükürdün miqdarı [%] (ən çoxu)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
6. 100 ml yanacaqda qətranın faktiki miqdarı [mq] (ən çoxu)	30	30	40	30	30	30	50	50
7. Donma temperaturu [$^{\circ}\text{C}$]	-55	-35	-10	-	-55	-35	-10	-
8. Setan ədədi (ən azı)	45	45	45	45	45	45	45	50

Yanacaq qızdırıldıqda onun səthində əmələ gələn buxarın hava ilə qarışığı müəyyən bir şəraitdə kənardan alov yaxınlaşdırıldıqda alışıq. Bu zaman yanacağın malik olduğu temperatur *alışma temperaturu* adlanır. O, yanacağı yanğın təhlükəsi cəhətdən də xarakterizə edir. Alışma temperaturu laboratoriya şəraitində Martens-Pensk metodu ilə təyin olunur. Yüngül dizel yanacaqlarının alışma temperaturu $40-90^{\circ}\text{C}$, ağır yanacaqlarınkı isə (solyar yağı və s.) 160°C -yə yaxın olur.

Dizel yanacağıının tərkibində kükürdün miqdarının artması onun yeyilməyə qarşı olan keyfiyyətinin pisləşməsinə, daha doğrusu, yanma zamanı əmələ gələn kükürlü birləşmələrin təsiri nəticəsində mühərrikin silindrinə yeyilmənin artmasına səbəb olur. Bundan başqa, dizel yanacağıında kükürdün miqdarı nə qədər çox olarsa, yanma zamanı qurum və lak da daha çox əmələ gəlir. Ona görə də mövcud standartlara görə dizel yanacağıının tərkibində kükürdün miqdarının 0,2%-dən çox olması məqsədəuyğun hesab olunmur.

Dizel yanacağıının tərkibində qətranın miqdarının artması da yanacağıın qurum əmələ gətirmə meylliliyinin artması ilə nəticələnir. Odur ki, dizel yanacaqlarının keyfiyyətinə olan tələbatlardan biri də onların tərkibində qətranın faktiki miqdarının $30 \div 60 \frac{mq}{100ml}$ -dən çox olmamasıdır.

Setan ədədi (S.Ə.) dizel yanacağıının özüləşmə keyfiyyətini xarakterizə edir və S.Ə. böyüdükcə özüləşmə temperaturu azalır.

Yanacağıın setan ədədi, sıxma dərəcəsi dəyişdirilə bilən xüsusi birsilindrlı İT9-3 və yaxud İT9-3M markalı dizel mühərriki qurğusunda, həmin yanacağıın etalon qarışığının özüləşmə xassəsi ilə müqayisə etməklə təyin edilir. Etalon qarışıq asan özüləşən setandan ($C_{16}H_{34}$) və çətin alıxan aromatik karbohidrogenlər sırasının nümayəndəsi olan α -metilnaftalindən ($C_{11}H_{10}$) hazırlanır. α -metilnaftalinin S.Ə. sıfır, setanındakı isə 100 qəbul olunmuşdur. Etalon qarışığının tərkibindəki setanın %-lə miqdarı qarışığının S.Ə. kimi qəbul edilir. Etalon qarışığının tərkibindəki birləşmələri müxtəlif nisbətlərdə götürməklə istənilən S.Ə.-li etalon qarışıq hazırlamaq olar. Sınaq qurğusunda (İT9-3 və yaxud İT9-3M) yoxlanılan dizel yanacağı özüləşmə xassəsinə görə götürülmüş etalon qarışıqla eyni səviyyədə olduqda, dizel yanacağıının S.Ə. qarışığının tərkibindəki setanın %-lə miqdarına bərabər hesab edilir.

Yanacağıın S.Ə. əsasən onun kimyəvi tərkibindən asılıdır. Yanacağıın tərkibindəki alkanlar sırası karbohidrogenlərinin setan ədədi yüksək olduğundan özüləşmə temperaturu aşağıdır. Aromatik birləşmələr isə çətin alışıq, yəni onların setan ədədi azdır. Müasir dizel mühərriklərində istifadə edilən dizel yanacağıının S.Ə. 40÷60 vahid olur.

Dizel yanacağıının donma temperaturu şərti göstərici olub, sadəcə olaraq onun iqlim şəraitindən asılı olaraq istifadə olunması imkanını göstərir.

Cədvəl 9.2-də müasir dizel mühərriklərində işlədilən dizel yanacaqlarının müxtəlif növləri göstərilmişdir. Bu yanacaqların işarələrindəki hərflər aşağıdakıları göstərir:

DA – arktika dizel yanacağı. Donma və qatılma temperaturu çox aşağı olduğundan bu yanacaq arktika şəraitində ətraf mühitin temperaturu $-50^{\circ}C$ -yə qədər olduqda işlədilir;

DZ – qış dizel yanacağı. Ətraf mühitin temperaturu $-30^{\circ}C$ -yə qədər olduqda bu yanacaqdan istifadə edilir;

DY – yay dizel yanacağı, ətraf mühitin temperaturu $0^{\circ}C$ -dən yuxarı olduqda işlədilir;

DX – xüsusişəkililmiş dizel yanacağı.

9.4. Qaz yanacaqları.

Nəqliyyat mühərriklərində yanacaq kimi təbii qazlardan, o cümlədən neft və bərk yanacaqların emalından alınan süni qazlardan da istifadə olunur. Ümumiyyətlə, qaz yanacaqlarının əsas üstünlükləri ondan ibarətdir ki, onlar maye yanacaqlara nisbətən hava ilə yaxşı qarışır və oktan ədədi böyük olduğu üçün daha yüksək detonasiyaya davamlılıq xassəsinə malikdir.

Qaz yanacaqları xüsusi balonlarda sıxılmış və yaxud mayeləşmiş şəkildə saxlanılır. Sıxılmış qaz balonlarında təzyiq təxminən 20 MPa-a, mayeləşmiş qaz balonlarındakı təzyiq isə 1.6 MPa-a qədər olur. Yanacaq bu balonlardan mühərriyə buxarlandırıcı, reduktor və qarışdırıcıdan keçərək verilir. Deməli, balonda hansı halda olmasından asılı olmayaraq mühərrikin silindrinə qaz-hava qarışığı daxil olur.

Cədvəl 9.3-də qaz halında, cədvəl 9.4-də isə mayeləşmiş halda olan qaz yanacaqlarının bəzi xassələri göstərilmişdir.

Cədvəl 9.3

Göstəricilər	Metan (CH ₄)	Etan (C ₂ H ₆)	Etilen (C ₂ H ₄)	Hidrogen (H ₂)	Dəm qazı (CO)
1. Qaynama temperaturu [°C]	161.6	88.6	103.7	252.8	191.5
2. Kritik temperatur [°C]	82.1	32.3	9.4	239.3	138.8
3. Sıxlıq $\left[\frac{kq}{m^3}\right]$	0,715	-	1,25	0,0895	1,25
4. Aşağı yanma istiliyi $\left[\frac{kC}{m^3}\right]$	35720	63270	59460	9380	12040
5. Oktan ədədi (motor üsulu ilə)	104	102	76	70	100

Cədvəl 9.4

Göstəricilər	Propan (C ₃ H ₈)	Butan (C ₄ H ₁₀)	Propen (C ₃ H ₆)	Buten (C ₄ H ₈)	İzobutan (HC ₄ H ₁₀)
1. Qaynama temperaturu [°C]	42	0.5	47.8	6.3	11.7
2. Kritik temperatur [°C]	96.8	152	91.6	146.4	135
3. Sıxlıq $\left[\frac{kq}{m^3}\right]$	582	579	514	595	557
4. Aşağı yanma istiliyi $\left[\frac{kC}{m^3}\right]$	45700	45530	45600	45270	45530
5. Oktan ədədi (motor üsulu ilə)	100	90	85	81.7	91.6

9.5. Yanacaqların elementar tərkibi və tətbiq xüsusiyyətləri.

Yanacağın *elementar tərkibi* onu təşkil edən ayrı-ayrı elementlərin mol miqdarı deməkdir. Yanacağın istilikötərmə qabiliyyəti hesablanan zaman bu verilənlərdən istifadə olunur. Müxtəlif yanacaqların orta elementar tərkibi cədvəl 9.5-də, benzin yanacaqlarının aşağı yanma istilikləri və oktan ədədləri cədvəl 9.6-da, dizel yanacaqlarının aşağı yanma istilikləri və setan ədədləri cədvəl 9.7-də, bəzi qaz yanacaqlarının tərkibi isə cədvəl 9.8-də göstərilmişdir.

Cədvəl 9.5

S.S	Yanacağın markası	Karbon (C) $[mol^{-1}]$	Hidrogen (H) $[mol^{-1}]$	Oksigen (O) $[mol^{-1}]$	Molekul kütləsi $\left[\frac{kq}{kmol}\right]$
1	A-76	0.855	0.145	-	115
2	A-93	0.85	0.15	-	110
3	A-95, "Aral Super"	0.845	0.155	-	105
4	A-98, "Super Plus"	0.84	0.16	-	87
5	"Premium", "İP Plus 100"	0.828	0.172	-	86
6	"Aral Ultimate"	0.825	0.175	-	85
7	MNQ	0.824	0.176	-	50
8	STQ	0.75	0.25	-	16
9	Etanol E85	0.522	0.13	0.348	46
10	Metanol	0.375	0.125	0.5	32
11	Dizel	0.87	0.126	0.004	190
12	Sintetik Dizel	0.861	0.138	0.001	167
13	Biodizel	0.852	0.147	0.001	160

Yanacağın orta elementar tərkibinə görə onun aşağı yanma istiliyi hesablanır:

$$H_u = 33.91 \cdot C + 125.6 \cdot H - 10.89 \cdot (O - S) - 2.51 \cdot (9 \cdot H + W) \left[\frac{MC}{kq} \right],$$

burada: C, H, O, S – müvafiq olaraq, 1 kq yanacağın tərkibindəki karbonun, hidrogenin, oksigenin və kükürdün kütlə miqdarlarıdır, W – vahid miqdarda yanacağın tərkibindəki su buxarının miqdarıdır.

Cədvəl 9.6

S.S.	Yanacaq	Aşağı yanma istiliyi $\left[\frac{MC}{kq} \right]$	Oktan ədədi
1	Benzin A-80	43.93	76
2	Benzin A-93	44	93
3	Benzin A-95, "Aral Super"	44.5	95
4	Benzin A-98, "Super Plus"	44.9	98
5	"Premium", "İP Plus 100"	47.8	100
6	"Aral Ultimate"	49	102
7	Etanol E85	46	94-96
8	Metanol	48.5	108.7
9	Sıxılmış təbii qaz (STQ)	30÷50	100-102
10	Mayeləşdirilmiş neft qazı (MNQ)	47	90÷110
11	Qaz kondensatı	38÷44	85÷95
12	Bioqaz: -heyvanat mənşəli -bitki mənşəli	15.5÷24.0 5.0÷6.7	136 132
13	Generator qazı	0.0184÷0.0188	95÷110

Cədvəl 9.7

S.S.	Yanacaq	Aşağı yanma istiliyi $\left[\frac{MC}{kq} \right]$	Setan ədədi
1	Dizel	42.44	45÷50
2	Sintetik dizel	43.1	43÷48
3	Biodizel	37.27	43÷50

Cədvəl 9.8

S.S.	Qaz	Qaz yanacağının tərkibi, hər m^3 və ya mol üçün %-lə				
		Təbii qaz	Mayeləşdirilmiş neft qazı	Qaz kondensatı	Bioqaz	Generator qazı
1	Metan (CH_4)	90	-	80÷90	50÷80	40÷60
2	Etan (C_2H_6)	2.96	-	-	-	-
3	Propan (C_3H_8)	0.17	50÷60	-	-	-
4	Butan (C_4H_{10})	0.55	40÷50	-	-	-
5	Pentan (C_5H_{12})	-	1÷5	2-2.5	-	-
6	Heksan (C_6H_{14})	-	3÷9	7÷17.5	-	-
7	Ağır karbohidrogenlər (C_nH_m)	0.42	-	0.1	-	-
8	Hidrogen (H_2)	0.28	-	-	-	-
9	Dəm qazı (CO)	0.28	-	-	-	-
10	Karbon qazı (CO_2)	0.47	-	-	20÷50	30÷35
11	Hidrogen-sulfid (H_2S)	-	-	-	1-2	-
12	Azot (N_2)	5.15	-	-	-	-

YOXLAMA SUALLAR

1. Yanacaqların hansı növləri var?
2. Yanacaqların alınma üsulları hansılardır?
3. Qığılıcımla alışdırılmalı mühərriklərin yanacaqları hansılardır?
4. Benzinlər hansı fiziki-kimyəvi xassələri ilə xarakterizə olunur?
5. Oktan ədədi nədir və necə təyin edilir?
6. Motor üsulu ilə tədqiqat üsulunun fərqi nədən ibarətdir?
7. Dizel mühərriklərinin yanacaqları hansılardır?
8. Dizel yanacaqları hansı fiziki-kimyəvi xassələri ilə xarakterizə olunur?
9. Setan ədədi nədir və necə təyin edilir?
10. Qaz mühərriklərinin yanacaqları hansılardır?
11. Qaz yanacaqlarının maye yanacaqlara nəzərən hansı üstünlükləri vardır?
12. Yanacaqların orta elementar tərkibi nəyə deyilir?

Mühazirə 10

Hava artıqlıq əmsalı, yanıcı və işçi qarışıqlar, yanma məhsulları.

Vahid yanacaq miqdarının (həcm və yaxud çəki ilə) tam yanması üçün müəyyən miqdarda hava lazımdır ki, bu da *nəzəri tələb olunan* və ya "*stexiometrik*" hava miqdarı adlanır. 1 kq maye yanacağın tam yanması üçün tələb olunan havanın nəzəri miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

a) kütlə vahidi ilə

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) \left[\frac{kq.hava}{kq.yanacaq} \right] \quad (10.1)$$

b) həcm vahidi ilə

$$L_0 = \frac{1}{0.208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) \left[\frac{kmol.hava}{kq.yanacaq} \right] \quad (10.2)$$

Qaz yanacaqları üçün 1 mol və yaxud 1 m³ yanacağın tam yanması üçün tələb olunan havanın miqdarı:

$$l'_0 = \frac{1}{0.208} \sum \left(n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r \left[\frac{m^3.hava}{m^3.yanacaq} \right]. \quad (10.3)$$

Mühərrikin iş şəraitindən, gücün tənzimlənməsi və qarışığın hazırlanması üsulundan, habelə yanacağın yanma şəraitindən asılı olaraq yanacağın vahid miqdarına düşən havanın həqiqi miqdarı "*stexiometrik*" hava miqdarından az, ona bərabər və yaxud ondan böyük ola bilər.

1 kq yanacağın yanması zamanı yanmada iştirak edən havanın həqiqi miqdarının (L və yaxud l) "*stexiometrik*" hava miqdarına (L_0 və yaxud l_0) olan nisbətində *hava artıqlıq əmsalı* (α) deyilir:

$$\alpha = \frac{L}{L_0} = \frac{l}{l_0}. \quad (10.4)$$

Cədvəl 10.1

Daxili yanma mühərrikləri	α
Karbüratorlu mühərriklər üçün	0.8 ÷ 0.96
Forkamer-məşəllə alısdırmalı benzin mühərrikləri üçün	0.85 ÷ 0.98 və daha çox
Benzin püskürməli avtomobil mühərrikləri üçün	0.85 ÷ 1.3
Həcmi qarışdırmalı bölünməmiş yanma kamerli (birkamerli) dizel mühərrikləri üçün	1.5 ÷ 1.7
Təbəqəli qarışdırmalı və bölünməmiş yanma kamerli (birkamerli) dizel mühərrikləri üçün	1.5 ÷ 1.6
Burulğan yanma kamerli (ikikamerli) dizel mühərrikləri üçün	1.25 ÷ 1.40
Ön yanma kamerli (ikikamerli) dizel mühərrikləri üçün.	1.3 ÷ 1.45
Üstəlik doldurulan dizel mühərrikləri üçün	1.5 ÷ 2.2

Hava artıqlıq əmsalının azaldılması mühərrikin gücünün artırılmasının əsas yollarından biridir. Belə ki, mühərrikin litrajının sabit saxlandığı halda α -nın kiçildilməsi onun gücünün artırılmasına səbəb olur. Lakin α -nın azaldılması ilə natamam yanma artır, mühərrikin qənaətliliyi pisləşir və hissələrin termiki gərginliyi artır. Əslində tam yanma $\alpha = 1$ qiymətində deyil, $\alpha > 1$ qiymətlərində baş verir. Çünki $\alpha = 1$ qiymətində elə bir homogen yanıcı qarışıq hazırlamaq mümkün deyildir ki, orada hər bir yanacaq hissəciyinin payına lazımi miqdarda hava düşsün.

Müxtəlif tip daxili yanma mühərrikləri üçün mühərrikin nominal iş rejimində hava artıqlıq əmsalı cədvəldə göstərilən hədlərdə qəbul edilir (cədvəl 10.1).

Yanıcı qarışıq təmiz hava və yanacaq buxarlarının qarışığına deyilir. Qılgılcımla alısdırmalı benzin mühərriklərində yanıcı qarışığın mol miqdarı (M_1) aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$M_1 = \alpha L_0 + \frac{1}{m_y} \left[\frac{kmol.yan.qar.}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.5)$$

burada m_y – yanacaq buxarlarının molekul kütləsidir $\left[\frac{kq}{kmol} \right]$.

Avtomobil benzinləri üçün yanacaq buxarlarının molekul kütləsi $m_y = 110 \div 120 \frac{kq}{kmol}$, dizel yanacaqları üçün $m_y = 180 \div 200 \frac{kq}{kmol}$, sıxılmış təbii qaz (STQ) üçün $m_y = 16 \frac{q}{mol}$, mayeləşdirilmiş neft qazı (MNQ) üçün isə $m_y = 50 \div 53 \frac{q}{mol}$ hədlərində qəbul edilir.

Dizel mühərriklərində silindrdəki təmiz havanın həcminə nisbətən yanacaq buxarlarının çox az və onun molekul kütləsinin isə böyük olduğu üçün yanacaq buxarlarının miqdarını nəzərə almamaq olar. Belə olduqda dizel mühərriklərində yanıcı qarışığın mol miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_1 = \alpha L_0 \left[\frac{kmol.yan.qar.}{kq.yanacaq} \right]. \quad (10.6)$$

Qaz yanacaq ilə işləyən mühərriklər üçün:

$$M'_1 = \alpha L_0 \left[\frac{m^3.yan.qar.}{m^3.yanacaq} \right]. \quad (10.7)$$

Bütün mühərriklər üçün yanıcı qarışığın kütlə ilə miqdarı (m_1) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$m_1 = \alpha l_0 + 1 \left[\frac{kq.yan.qar.}{kq.yanacaq} \right]. \quad (10.8)$$

Yanacaq tam yandıqda, yəni $\alpha > 1$ olduqda yanma məhsullarının tərkibi karbon qazından (CO_2), su buxarından (H_2O), yanmada iştirak etməyən izafi oksigendən (O_2) və azotdan (N_2) ibarət olur. $\alpha > 1$ olduqda yanma məhsullarının bu komponentlərinin mol miqdarları aşağıdakı kimi hesablanı bilər:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} \left[\frac{kmolCO_2}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.9)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} \left[\frac{kmolH_2O}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.10)$$

$$M_{O_2} = 0.208(\alpha - 1)L_0 \left[\frac{kmolO_2}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.11)$$

$$M_{N_2} = 0.792\alpha L_0 \left[\frac{kmolN_2}{kq.yanacaq} \right]. \quad (10.12)$$

Bu zaman yanma məhsullarının ümumi miqdarı:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + (\alpha - 0.208)L_0 \left[\frac{kmol.y.mehsulları}{kq.yanacaq} \right]. \quad (10.13)$$

Qaz yanacaq ilə işləyən mühərriklərdə $\alpha \geq 1$ olduqda yanma məhsullarının ayrı-ayrı komponentlərinin miqdarı:

$$M'_{CO_2} = \sum n(C_n H_m O_r) \left[\frac{molCO_2}{mol.yanacaq} \right] \quad (10.14)$$

$$M'_{H_2O} = \sum \frac{m}{2} (C_n H_m O_r) \left[\frac{molH_2O}{mol.yanacaq} \right], \quad (10.15)$$

$$M'_{O_2} = 0.208(\alpha - 1)L'_0 \left[\frac{molO_2}{mol.yanacaq} \right], \quad (10.16)$$

$$M'_{N_2} = 0.792\alpha L'_0 + N_2 \left[\frac{mol N_2}{mol.yanacaq} \right], \quad (10.17)$$

burada N_2 – qaz yanacağının tərkibində olan azotun miqdarıdır, *mol*.

Yanma məhsullarının ümumi miqdarı:

$$M'_2 = M'_{CO_2} + M'_{H_2O} + M'_{O_2} + M'_{N_2} \left[\frac{mol.yan.mehsulları}{mol.yanacaq} \right]. \quad (10.18)$$

Yanacağın natamam yanması zamanı isə $\alpha < 1$ olduğundan, yanma məhsulları kimi karbon qazı (CO_2), dәм qazı (CO), su buxarı (H_2O), sərbəst şəkildə hidrogen (H_2) və azot (N_2) alınır. Bu komponentlərin miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - 2 \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0.208L_0 \left[\frac{kmol CO_2}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.19)$$

$$M_{CO} = 2 \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0.208L_0 \left[\frac{kmol CO}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.20)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2K \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0.208L_0 \left[\frac{kmol H_2O}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.21)$$

$$M_{H_2} = 2K \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0.208L_0 \left[\frac{kmol H_2}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.22)$$

$$M_{N_2} = 0.792\alpha L_0 \left[\frac{kmol N_2}{kq.yanacaq} \right], \quad (10.23)$$

burada K – yanma məhsullarının tərkibində olan hidrogen və dәм qazının miqdarları nisbətini $\left(\frac{M_{H_2}}{M_{CO}} \right)$ göstərir (benzin üçün $K = 0.45 \div 0.5$).

$\alpha < 1$ olduqda yanma məhsullarının ümumi miqdarı:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.792\alpha L_0, \frac{kmol.y.mehsulları}{kq.yanacaq}. \quad (10.24)$$

YOXLAMA SUALLAR

1. Nəzəri tələb olunan və ya "stexiometrik" hava miqdarı nəyə deyilir?

1 *kq* yanacağın tam yanması üçün nəzəri lazım olan havanın miqdarı hansı düsturlarla hesablanır?

Hava artıqlıq əmsalı nəyə deyilir və hansı düsturla hesablanır?

2. $\alpha > 1$ və $\alpha < 1$ olan zaman yanma məhsulları hansılardır və hansı düsturlarla hesablanırlar?

Mühazirə 11

Yanıcı və işçi qarışıqların molekulyar dəyişmə əmsalları.

11.1. Kimyəvi və həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalları.

Yanma nəticəsində işçi cismin mol miqdarının dəyişməsinə yanma məhsulları və yanıcı qarışığın mol miqdarları fərqi kimi təyin etmək olar:

$$\Delta M = M_2 - M_1 \left[\frac{kmol.iş.qar.}{kq.yanacaq} \right]. \quad (11.1)$$

Maye yanacaqlarla işləyən mühərriklərdə yanma məhsullarının ümumi mol miqdarı həmişə yanıcı qarışığın mol miqdarından çox olur. Buna səbəb yanma zamanı kimyəvi reaksiyalar nəticəsində yanacaq molekullarının parçalanması və yeni molekulların əmələ gəlməsidir. Yanma məhsullarının mol miqdarının artması yaxşı haldır. Belə ki, bunun nəticəsində yanma məhsullarının həcmi artır. Bu isə öz növbəsində qazların genişlənməsi zamanı faydalı işin artmasına səbəb olur.

Qaz yanacaqlarının yanması zamanı yanma məhsullarının ümumi mol miqdarının artması yanacağa daxil olan karbohidrogen birləşmələrinin təbiətindən, onların miqdarı ilə hidrogen və dəm qazının nisbətindən asılıdır. Ona görə də qaz yanacaqları ilə işləyən mühərriklərdə yanma məhsullarının mol miqdarı yanıcı qarışığın mol miqdarından çox və yaxud da az ola bilər.

Yanma zamanı yanma məhsullarının mol miqdarının dəyişməsi yanıcı qarışığın kimyəvi molekulyar dəyişmə əmsalı ilə xarakterizə olunur. Yanıcı qarışığın *kimyəvi molekulyar dəyişmə əmsalı* dedikdə yanma məhsullarının ümumi mol miqdarının yanıcı qarışığın mol miqdarına nisbəti başa düşülür:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1}. \quad (11.2)$$

Yanıcı qarışığın kimyəvi molekulyar dəyişmə əmsalı həmişə 1-dən böyük olub, hava artıqlıq əmsalı azaldıqca artır.

Mühərrikin silindrində yalnız yanıcı qarışiq (M_1) deyil, həm də yanma məhsullarının silindrdən xaric olunmayan hissəsi, yəni qalıq qazlar (M_r) da olur. Yanıcı qarışıqla qalıq qazların mol miqdarlarının cəmi *işçi qarışiq* ($M_1 + M_r$) adlanır.

Silindrdəki qalıq qazların miqdarı *qalıq qazlar əmsalı* (γ_r) ilə xarakterizə edilir və qalıq qazların mol miqdarının yanıcı qarışığın mol miqdarına nisbəti kimi təyin edilir:

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}. \quad (11.3)$$

Yanma zamanı işçi qarışığın həcmi dəyişməsinə xarakterizə etmək üçün işçi qarışığın *həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalından* (μ) istifadə olunur. Bu əmsal aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\mu = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}. \quad (11.4)$$

(11.4) formulundan göründüyü kimi işçi qarışığın həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalı qalıq qazlar əmsalından (γ_r) və yanıcı qarışığın kimyəvi molekulyar dəyişmə əmsalından (μ_0), o isə öz növbəsində yanacağın tərkibindən və hava artıqlıq əmsalından asılıdır. İşçi qarışığın həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalına ən çox hava artıqlıq əmsalı təsir edir və α -nın kiçilməsi ilə μ artır.

Müxtəlif tip mühərriklər üçün μ aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə $\mu = 1.02 \div 1.12$;
- dizel mühərriklərində $\mu = 1.01 \div 1.06$.

11.2. Yanıcı və işçi qarışıqların yanma istilikləri.

Mühərrikin silindrində yanacağın yanması zamanı alınan istiliyi daha düzgün qiymətləndirmək üçün yalnız yanacağın yanma istiliyini deyil, yanacaq-hava qarışığının yanma istiliyini nəzərə almaq lazımdır. Vahid miqdarda yanacağın yanması nəticəsində ayrılan istilik miqdarının yanıcı qarışığın miqdarına olan nisbəti *yanıcı qarışığın yanma istiliyi* adlandırılır və aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$H_{yan.qar.} = \frac{H_u}{M_1} \left[\frac{MC}{\kappa mol} \right] \quad (11.5)$$

və yaxud

$$H_{yan.qar.} = \frac{H_u}{m_1} \left[\frac{MC}{\kappa q} \right]. \quad (11.6)$$

Qılgıcılımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesi hava çatışmamazlığı şəraitində, daha doğrusu, $\alpha < 1$ olduqda baş verərsə, onda natamam yanma nəticəsində itirilən istilik miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$\Delta H_u = 119.95(1 - \alpha)L_0 \left[\frac{MC}{\kappa mol} \right]. \quad (11.7)$$

$\alpha < 1$ olduqda yanıcı qarışığın yanma istiliyi:

$$H_{yan.qar.} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1} \left[\frac{MC}{\kappa mol} \right] \quad (11.8)$$

və yaxud

$$H_{yan.qar.} = \frac{H_u - \Delta H_u}{m_1} \left[\frac{MC}{\kappa q} \right]. \quad (11.9)$$

Yanıcı qarışığın yanma istiliyi də əsasən hava artıqlıq əmsalından asılıdır. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, yanıcı qarışığın yanma istiliyi yanacağın yanma istiliyinə mütənasib deyildir. Hava artıqlıq əmsalının eyni qiymətində dizel yanacağı ilə hava qarışığının yanma istiliyi benzinlə hava qarışığının yanma istiliyindən bir qədər çoxdur. Bu onunla izah olunur ki, vahid miqdarda dizel yanacağının tam yanması üçün həmin miqdarda benzinin tam yanmasından daha az miqdarda hava lazımdır.

Yanma zamanı silindrdə yanıcı qarışıq deyil, işçi qarışıq olduğundan yanacağın yanması nəticəsində ayrılan istiliyi işçi qarışığa aid etmək lazımdır. Onda işçi qarışığın yanma istiliyini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$\alpha \geq 1 \text{ olduqda } H_{iş.qar.} = \frac{H_u}{M_1 + M_r} = \frac{H_u}{M_1(1 + \gamma_r)} \left[\frac{MC}{\kappa mol.iş.qar.} \right] \quad (11.10)$$

$$\alpha < 1 \text{ olduqda } H_{iş.qar.} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1(1 + \gamma_r)} \left[\frac{MC}{\kappa mol.iş.qar.} \right]. \quad (11.11)$$

(11.10) və (11.11) düsturlarından göründüyü kimi işçi qarışığın yanma istiliyi yanıcı qarışığın yanma istiliyinə mütənasib olaraq dəyişir. Hava artıqlıq əmsalının eyni qiymətində benzin və dizel yanacaqları üçün qalıq qazlar əmsalının azalması işçi qarışığın yanma istiliyinin artmasına səbəb olur.

YOXLAMA SUALLAR

1. Kimyəvi və həqiqi molekulyar dəyişmə əmsalı nəyə deyilir və hansı düsturla hesablanır?
2. Qalıq qazlar əmsalı nəyə deyilir və hansı düsturla hesablanır?
3. Yanıcı qarışığın yanma istiliyi nəyə deyilir və hansı düsturla hesablanır?
4. Natamam yanma nəticəsində itirilən istilik miqdarı hansı şəraitdə yaranır və hansı düsturla hesablanır?
5. $\alpha < 1$ olan zaman yanıcı qarışığın yanma istiliyi hansı düsturla hesablanır?
6. İşçi qarışığın yanma istiliyi nəyə deyilir və hansı düsturlarla hesablanır?

Mühazirə 12

Sorma prosesinin gedişi. Ətraf mühit və qalıq qazların parametrləri.

Sorma prosesinin sonundakı təzyiq və qalıq qazlar əmsalı.

Sorma prosesinin sonundakı temperatur və doldurma əmsalı.

12.1. Doldurma (sorma) prosesinin hesabı.

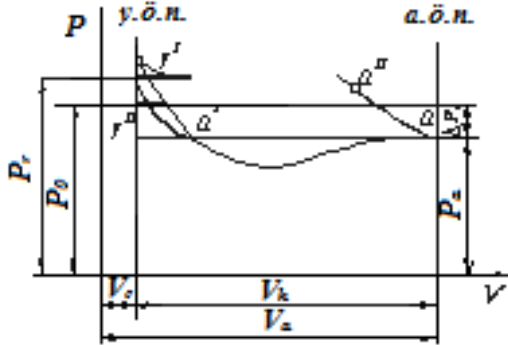
Doldurma prosesi mühərrikin silindrini yeni işçi cisimlə doldurmaq üçündür. Bu proses porşenin hərəkəti nəticəsində silindrlə ətraf mühit arasında əmələ gələn təzyiq düşküsündən istifadə etməklə və ya xüsusi doldurucu nasoslar vasitəsilə icra olunur. Birinci halda doldurma sorma vasitəsi ilə olduğundan, çox vaxt *sorma prosesi* adlandırılır. Bu üsulla doldurma üstəlik üfürməsiz mühərriklərdə tətbiq edilir və adi üsul sayılır.

İkinci halda isə işçi cisim silindrə təzyiqlə (məcburi) doldurulur və ona görə də silindr ətraf mühit şəraitində tuta bildiyindən çox doldurula bilər. Bu üsulla doldurma üstəlik üfürməli mühərriklərdə *doldurma prosesi* adlanır.

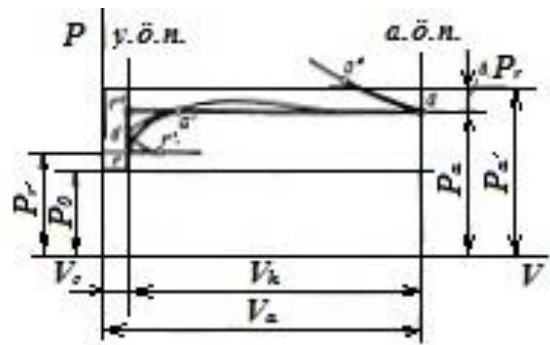
Şəkil 12.1-də və 12.2-də 4 taktlı mühərriklərdə uyğun olaraq sorma və doldurma proseslərində təzyiqin dəyişməsi göstərilmişdir.

Bu şəkillərdə r' , da' , aa'' əyriləri sorma (doldurma) prosesi ərzində silindrə təzyiqin dəyişməsini, r' və a'' nöqtələri isə uyğun olaraq sorma klapanının açıldığı və bağlandığı momentləri göstərir.

Sorma prosesinin hesabı zamanı bu prosesin r nöqtəsində başlayıb a nöqtəsində qurtarması və bu zaman təzyiqin əvvəlcə ani olaraq rr'' xətti üzrə dəyişməsi, daha sonra isə sabit qalması ($r''a$ düz xətti) qəbul olunur. Hesablamalardan sonra r , r'' və a nöqtələrinin koordinatları təyin olunur və ra' əyrisi üzrə yuvarlaqlaşdırma aparılır.



Şəkil 12.1. Üstəlik üfürməsiz 4 taktlı mühərrikdə sorma prosesi zamanı təzyiqin dəyişməsi.



Şəkil 12.2. Üstəlik üfürməli 4 taktlı mühərrikdə doldurma prosesi zamanı təzyiqin dəyişməsi.

Müasir itisürətli avtomobil və traktor mühərriklərində sorma klapanının açılması porşen y.ö.n.-ə $10\div 30^\circ$ qalmış, bağlanması isə a.ö.n.-dən $40\div 80^\circ$ keçmiş baş verir. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən hədlər konstruktiv mülahizələrə görə böyük və yaxud kiçik tərəflərə dəyişdirilə də bilər.

Sorma klapanının tez açılması, əvvəla, porşen y.ö.n.-ə çatana qədər klapanada müəyyən keçid sahəsinin yaranmasına səbəb olur ki, bu da silindrin doldurulmasını yaxşılaşdırır. İkincisi isə, sorma klapanının tez açılması, həm də silindrin üfürülməsi üçün istifadə edilir. Belə ki, bu zaman yanma məhsullarının açıq olan xaricətmə klapanından sürətlə çıxması nəticəsində sorma klapanı ətrafında seyrəklik yaranır və bunun da hesabına silindrə sorulan təmiz hava (dizel mühərriklərində) və yaxud yanıcı qarışıq (qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə) silindrin yanma məhsullarından yaxşı təmizlənməsinə səbəb olur. Sorma klapanının tez açılması nəticəsində silindrin üfürülməsi hesablamalarda təmizləmə əmsalı ($\varphi_{tem.}$) ilə nəzərə alınır. Təmizləmə əmsalının qiyməti başlıca olaraq üstəlik üfürmə təzyiqindən, mühərrikin sürət rejimindən və hər iki klapanın eyni zamanda açıq qalmaları müddətindən aslıdır. Bu əmsal yalnız üstəlik üfürməli

mühərriklərdə nəzərə alınır və əgər silindr yanma məhsullarından tamamilə təmizlənirsə $\varphi_{tem.} = 0$ qəbul edilir. Üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə isə, adətən $\varphi_{tem.} = 1$ götürülür.

Sorma klapanının gec bağlanması məqsəd silindrin doldurulmasını daha da yaxşılaşdırmaqdır. Belə ki, porşen a.ö.n.-dən y.ö.n.-ə doğru hərəkət etməyə başladığında əvvəlcə, şəkillərdən göründüyü kimi, silindrdəki təzyiq ətraf mühit təzyiqindən aşağı olduğuna görə, bir qədər sonra isə sorma sistemindəki sürət basqısının, ətalət və dalğavari hadisələrinin nəticəsində silindrə əlavə olaraq hava və yaxud yanıcı qarışıq daxil olur. Porşen a.ö.n.-dən keçdikdən sonra sorma klapanı bağlanana qədər silindrə əlavə olaraq hava və yaxud yanıcı qarışığın daxil olması *əlavə doldurma* adlanır. Əlavə doldurmanın sorma prosesinin parametrlərinə təsiri əlavə doldurma əmsalı ($\varphi_{el.dol}$) ilə nəzərə alınır. Silindrin işçi həcmnin əlavə doldurulması başlıca olaraq qazpaylama fazalarının düzgün seçilməsindən (əsasən də sorma klapanının bağlanması gecikmə bucağının), sorma traktının uzunluğundan və dirsəkli valın dövrlər sayından asılıdır. Bu parametrlərin düzgün seçilməsi nəticəsində mühərrikin nominal iş rejimində $\varphi_{el.dol} = 1.12 \div 1.15$ ola bilər ki, bu da silindrin $12 \div 15\%$ əlavə doldurulmasını göstərir. Lakin dövrlər sayı kiçildikdə əlavə doldurma da azalır və minimal dövrlər sayında hətta silindrdəki hava və yaxud yanıcı qarışığın $5 \div 12\%$ -nin geriyə, sorma borusuna qayıtması da baş verə bilər (yəni $\varphi_{el.dol} = 0.88 \div 0.95$).

12.2. Ətraf mühitin təzyiq və temperaturu.

Üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə silindrə daxil olan hava birbaşa atmosferdən sorulur. Ona görə də bu mühərriklər üçün ətraf mühitin təzyiq və temperaturu elə normal atmosfer şəraiti üçün qəbul olunur. Yəni, üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə sorma prosesini hesabladıqda ətraf mühitin təzyiqi $P_0 = 0.1 \text{ MPa}$, temperaturu isə $T_0 = 293 \text{ K}$ qəbul edilir.

Üstəlik üfurməli mühərriklərdə isə hava kompressorda sıxıldıqdan sonra silindrə daxil olduğuna görə bu mühərriklər üçün ətraf mühitin təzyiq və temperaturu kimi kompressordan sonrakı təzyiq (P_k) və temperatur (T_k) qəbul edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, bəzi hallarda kompressordan çıxan hava aralıq soyuducusunda soyudulduqdan sonra mühərrikin silindrinə verilir. Belə olduqda ətraf mühit parametrləri kimi aralıq soyuducusundan sonra yerləşdirilən resiverdəki təzyiq (P_s) və temperatur (T_s) qəbul olunur.

Kompressordan sonrakı təzyiq üstəlik üfurmə dərəcəsiindən asılı olaraq aşağıdakı kimi qəbul edilir:

- 1) Aşağı təzyiqli üstəlik üfurməli mühərriklər üçün $P_k \leq 1.5P_0$;
- 2) Orta təzyiqli üstəlik üfurməli mühərriklər üçün $P_k = (1.5 \div 2.2)P_0$;
- 3) Yüksək təzyiqli üstəlik üfurməli mühərriklər üçün $P_k > 2.2P_0$.

Bu halda kompressordan sonrakı temperatur (T_k) isə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$T_k = T_0 \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{(n_k - 1)}{n_k}} [K], \quad (12.1)$$

burada n_k – kompressorda havanın sıxılmasının politrop göstəricisidir.

Üfurmə nasoslarının növündən və soyudulma dərəcəsiindən asılı olaraq n_k aşağıdakı hədlərdə qəbul edilir:

- porşenli üfurmə nasosları üçün $n_k = 1.4 \div 1.6$;
- həcmi üfurmə nasosları üçün $n_k = 1.55 \div 1.75$;
- oxboyu və mərkəzdənqaçma üfurmə nasosları üçün $n_k = 1.4 \div 2.0$.

12.3. Qalıq qazların təzyiq və temperaturu.

Sorma (doldurma) prosesinin başlanğıcında mühərrikin silindrində yanma kamerində həmişə müəyyən miqdarda qalıq qazlar və yaxud yanma məhsulları qalır. Bu qalıq qazların təzyiqi klapanların sayından və yerləşməsindən, sorma və xaric sistemlərinin müqavimətindən, qazpaylama fazalarından, üstəlik üfurmə sistemindən, mühərrikin sürətindən və yükündən, soyutma sistemindən və bir çox başqa amillərdən asılı olaraq seçilir.

Üstəlik üfurməsiz mühərriklər üçün qalıq qazların təzyiqi (P_r) aşağıdakı hədlərdə qəbul olunur:

$$P_r = (1.05 \div 1.5)P_0. \quad (12.2)$$

P_r -in böyük hədləri yüksək dövrlər sayına malik mühərriklər üçündür.

Qeyd etmək lazımdır ki, üstəlik üfurməli və xaric qazları birbaşa atmosfərə buraxılan mühərriklər üçün də qalıq qazların təzyiqi (12.2) ifadəsinin köməyi ilə qəbul edilə bilər. Lakin, qaz turbinli üstəlik üfurməli mühərriklər üçün qalıq qazların təzyiqi aşağıdakı kimi seçilir:

$$P_r = (0.75 \div 0.98)P_k. \quad (12.3)$$

Mühərrikin dövrlər sayı azaldıqca qalıq qazların təzyiqi də nəzərəcarpacaq dərəcədə azalır. Odur ki, aralıq sürət rejimlərində qalıq qazların təzyiqi aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$P_r = P_0(1.035 + A_n \cdot 10^{-8} \cdot n^2), \quad (12.4)$$

burada: $A_n = (P_{r_N} - 1.035 \cdot P_0) \cdot \frac{10^8}{P_0 \cdot n_N^2},$

P_{r_N} – mühərrikin nominal iş rejimində qalıq qazların təzyiqidir [MPa] (12.2 və ya 12.3 ifadələrinə əsasən seçilir),

n_N – nominal iş rejimində mühərrikin dövrlər sayıdır [dəq⁻¹].

Mühərrikin növündən, onun sıxma dərəcəsindən, dövrlər sayından və hava artıqlıq əmsalından asılı olaraq qalıq qazların temperaturu (T_r) aşağıdakı hədlərdə seçilir:

-karbürətorlu mühərriklər üçün $T_r = 900 \div 1100 \text{ K}$;

-dizel mühərrikləri üçün $T_r = 600 \div 900 \text{ K}$;

-qaz mühərrikləri üçün $T_r = 750 \div 1000 \text{ K}$.

12.4. Sorma prosesinin sonundakı təzyiq.

Sorma prosesinin sonundakı təzyiq (P_a) silindrə daxil olan hava və ya yanıcı qarışığın miqdarını müəyyən edən əsas faktorlardan biridir. Belə ki, sorma prosesinin sonundakı təzyiqin böyüməsi silindrə daxil olan işçi cismin də artdığını göstərir. Bu təzyiqin özü isə sorma sistemindəki təzyiq itkisindən (ΔP_a) asılı olub aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$P_a = P_{0(k)} - \Delta P_a \text{ [MPa]} \quad (12.5)$$

burada: $P_{0(k)}$ – indekslər üzrə uyğun olaraq, adi halda və üstəlik üfurmə olan zaman silindrə daxil olan havanın təzyiqidir [MPa].

Sorma sistemindəki təzyiq itkisi (ΔP_a) Bernulli tənliyinə görə aşağıdakı kimi hesablanı bilər:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{soo}) \frac{\omega_{sor}^2}{2} \cdot \rho_{0(k)} \cdot 10^{-6} \text{ [MPa]}, \quad (12.6)$$

burada: β – silindrin baxılan en kəsiyində havanın sürətinin azalmasını nəzərə alan sönmə əmsalıdır,

ξ_{sor} – sorma sisteminin ən kiçik en kəsiyində onun müqavimət əmsalıdır,

ω_{sor} – sorma sisteminin ən kiçik en kəsiyində (adətən klapan və yaxud üfurmə pəncərələrində) havanın orta sürəti $\left[\frac{m}{s} \right]$;

$\rho_{0(k)}$ – indekslər üzrə uyğun olaraq, adi halda və üstəlik üfurmə olan zaman silindrə daxil olan havanın sıxlığıdır ($P_0 = P_k$ olduqda $\rho_0 = \rho_k$ olur) $\left[\frac{kq}{m^3} \right]$.

Müasir avtomobil və traktor mühərrikləri üçün nominal iş rejimlərində $(\beta^2 + \xi_{sor}) = 2.5 \div 4.0$ və $\omega_{sor} = 50 \div 130 \frac{m}{s}$ hədlərində qəbul edilir.

Sorma sisteminin en kəsiyinin böyüdülməsi, klapanların səthinin formasının axıcı hazırlanması, qazpaylama fazalarının düzgün seçilməsi və s. sorma sisteminin hidravlik itkilərinin azalmasına səbəb olur.

Sorma vaxtı silindrə daxil olan havanın sıxlığı:

$$\rho_{0(k)} = \frac{P_{0(k)} \cdot 10^6}{R_h \cdot T_{0(k)}} \left[\frac{kq}{m^3} \right], \quad (12.7)$$

burada: $T_{0(k)}$ – indekslər üzrə uyğun olaraq, adi halda və üstəlik üfurmə olan zaman silindrə daxil olan havanın temperaturudur [K],

R_h – havanın xüsusi qaz sabitidir:

$$R_h = \frac{R}{\mu_h} \left[\frac{C}{kq \cdot derece} \right], \quad (12.8)$$

burada: $R = 8315 \frac{C}{kq \cdot derece}$ – universal qaz sabiti,

$\mu_h = 28.96 \frac{kq}{kmol}$ – havanın mol çəkisidir.

Üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə ΔP_a aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

-qıgılcımla alıqdırmalı mühərrikləri üçün $\Delta P_a = (0.05 \div 0.2)P_0$;

-dizel mühərrikləri üçün $\Delta P_a = (0.03 \div 0.18)P_0$.

Qıgılcımla alıqdırmalı mühərriklərə nəzərən dizel mühərriklərində ΔP_a -nın bir qədər kiçik olması bu mühərrikin sorma sisteminin sadə olması nəticəsində hidravlik müqavimətin azalması ilə izah olunur.

Üstəlik üfurməli mühərriklərdə doldurma prosesinin sonundakı təzyiq (P_a) üfurmə təzyiqinə (P_κ) yaxınlaşır (şəkil 12.2). Bu mühərriklərdə sorma sistemindəki təzyiq itkisi $\Delta P_a = (0.03 \div 0.1)P_\kappa$ hədlərində dəyişir.

12.5. Qalıq qazlar əmsalı.

Qalıq qazlar əmsalı (γ_r) silindrin yanma məhsullarından təmizlənməsinin keyfiyyətini xarakterizə edir. Qalıq qazlar əmsalının artması mühərrikin silindrində daha çox qalıq qazların qaldığını və beləliklə də sorma prosesində silindrə daxil olan hava və yaxud yanıcı qarışığın azalmasını göstərir.

Dördtaktlı mühərriklər üçün qalıq qazlar əmsalı aşağıdakı düsturlarla təyin edilir:

$$\gamma_r = \frac{T_{0(k)} + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\varphi_{tem.} \cdot P_r}{\varepsilon \varphi_{el.dol.} \cdot P_a - \varphi_{tem.} \cdot P_r}, \quad (12.9)$$

burada ΔT – silindrə daxil olan hava və yaxud yanıcı qarışığın isti divarlardan aldığı əlavə qızma temperaturudur. Bu temperatur sorma borusunun konstruksiyasından və yerləşməsindən, soyutma sistemindən, xüsusi qızdırıcı quruluşun olub-olmamasından, mühərrikin sürətindən və üstəlik üfurmədən asılıdır. Temperaturun artması yanacağın buxarlanmasını yaxşılaşdırsa da, silindrə daxil olan havanın sıxlığının və onun kütlə miqdarının azalmasına və beləliklə də, doldurmanın pisləşməsinə səbəb olur. Mühərrikin növündən asılı olaraq ΔT aşağıdakı kimi seçilir:

- karbüratorlu mühərriklər üçün $\Delta T = 0 \div 20^\circ$;
- üstəlik üfurməsiz dizel mühərrikləri üçün $\Delta T = 10 \div 40^\circ$;
- üstəlik üfurməli dizel mühərrikləri üçün $\Delta T = (-5) \div (+10)^\circ$.

Üstəlik üfurməli mühərriklərdə əlavə qızma temperaturunun kiçik olması kompressorda sıxılan havanın temperaturunun artması və ona görə də mühərrikin qızmış hissələri ilə hava arasındakı temperatur fərqi kiçilməsi ilə izah edilir. Kompresordan sonra havanın temperaturunun həddindən çox artması bəzi hallarda ΔT -nin hətta mənfi belə olmasına səbəb olur.

Əgər silindrin yaxşı təmizlənməsi və əlavə doldurulması nəzərə alınmazsa, yəni $\varphi_{tem.} = \varphi_{el.dol.} = 1$ olarsa onda (12.9) düstur aşağıdakı kimi olar:

$$\gamma_r = \frac{T_{0(k)} + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r}. \quad (12.10)$$

Dördtaktlı mühərriklərdə qalıq qazlar əmsali başlıca olaraq sıxma dərəcəsi, sorma prosesinin sonundakı təzyiqdən, mühərrikin dövrlər sayından və digər faktorlardan asılıdır. Sıxma dərəcəsinin (ε) və qalıq qazların temperaturunun (T_r) artması nəticəsində qalıq qazlar əmsali kiçilir, qalıq qazların təzyiqi (P_r) və dövrlər sayı (n) artdıqda isə yüksəlir.

Müxtəlif növ mühərriklər üçün γ_r aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər $\gamma_r = 0.04 \div 0.1$;
- üstəlik üfurməsiz dizel mühərrikləri $\gamma_r = 0.02 \div 0.05$;
- üstəlik üfurməli dizel mühərrikləri $\gamma_r = 0.01 \div 0.03$.

12.6. Sorma prosesinin sonundakı temperatur.

Sorma prosesinin sonundakı temperatur nəzəri sorma prosesinin r və a nöqtələri (şəkil 12.1 və 12.2) üçün tərtib olunmuş istilik balans tənliyindən kifayət qədər dəqiqliklə təyin edilə bilər:

$$M_1 (mc_p)_{t_0}^k (T_k + \Delta T) + M_r (mc_p)_{t_0}^r T_r = (M_1 + M_r) (mc_p)_{t_0}^a T_a, \quad (12.11)$$

burada: $M_1 (mc_p)_{t_0}^k (T_k + \Delta T)$ – hava və yaxud yanıcı qarışıqla silindrə daxil olan istilik miqdarı

(əlavə qızma temperaturu da nəzərə alınmaqla);

$M_r (mc_p)_{t_0}^r T_r$ – silindrdəki qalıq qazların istilik miqdarı;

$(M_1 + M_r) (mc_p)_{t_0}^a T_a$ – işçi qarışığının istilik miqdarıdır.

(12.11) tənliyində $(mc_p)_{t_0}^k = (mc_p)_{t_0}^r = (mc_p)_{t_0}^a$ qəbul etsək alarıq:

$$(M_1 + M_r) T_a = M_1 (T_k + \Delta T) + M_r T_r. \quad (12.12)$$

Buradan da T_a -nı tapa bilərik:

$$T_a = \frac{M_1 (T_k + \Delta T) + M_r T_r}{M_1 + M_r} [K]. \quad (12.13)$$

(12.13) tənliyinin sağ tərəfinin sürət və məxrəcini M_1 -ə bölüb, $\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}$ əvəzləməsi aparsaq

sorma prosesinin sonundakı temperaturu təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$T_a = \frac{T_{0(k)} + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} [K]. \quad (12.14)$$

(12.14) ifadəsindən göründüyü kimi sorma prosesinin sonundakı temperatur silindrə daxil olan havanın və ya yanıcı qarışığın temperaturundan, əlavə qızma temperaturundan asılıdır.

Müasir dördtaktlı avtomobil və traktor mühərriklərində sorma prosesinin sonundakı temperatur (T_a) aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklər $T_a = 320 \div 370 K$;
- üstəlik üfurməsiz dizel mühərrikləri $T_a = 310 \div 350 K$;
- üstəlik üfurməli dizel mühərrikləri $T_a = 320 \div 400 K$.

12.7. Doldurma əmsalı.

Sorma (doldurma) prosesini xarakterizə edən əsas parametrlərdən biri də doldurma əmsalıdır. *Doldurma əmsalı* dedikdə, mühərrik işləyən zaman silindrə daxil olan hava və yaxud yanıcı qarışığın həqiqi miqdarının ətraf mühit şəraitində nəzəri olaraq silindrin tuta biləcəyi hava miqdarına nisbəti başa düşülür. Doldurma əmsalı η_v ilə işarə olunur və ümumi halda aşağıdakı ifadələrlə təyin edilə bilər:

$$\eta_v = \frac{G_h}{G_0} = \frac{V_h}{V_0} = \frac{M_h}{M_0}, \quad (12.15)$$

burada: G_h , V_h və M_h – silindrə daxil olan hava və yaxud yanıcı qarışığın kütlə, həcm və mol ilə həqiqi miqdarı, uyğun olaraq kq , m^3 və mol ilə;

G_0 , V_0 və M_0 – ətraf mühit şəraitində silindrin işçi həcmnin tuta biləcəyi nəzəri hava miqdarıdır, uyğun olaraq kq , m^3 və mol ilə.

Mühərrikin doldurma əmsalı adətən təcrübə yolu ilə işləyən mühərrikdə silindrə daxil olan hava və yaxud yanıcı qarışığın həqiqi miqdarı ölçüldükdən sonra təyin edilir. Lakin mühərrikin istilik hesabı aparılan zaman dördtaktlı mühərrik üçün doldurma əmsalı aşağıdakı düsturlarla da hesablanı bilər:

$$\eta_v = \frac{T_{0(k)}}{T_{0(k)} + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{P_{0(k)}} (\varphi_{el.dol} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{tem} \cdot P_r). \quad (12.16)$$

Əgər $\varphi_{tem} = \varphi_{el.dol} = 1$ olarsa, onda:

$$\eta_v = \frac{T_{0(k)}}{T_{0(k)} + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{P_{0(k)}} (\varepsilon P_a - P_r). \quad (12.17)$$

Doldurma əmsalı başlıca olaraq mühərrikin taktlığından, onun sürətindən və qazpaylama sxemlərinin təkmilliyindən asılıdır.

(12.16) və (12.17) ifadələrindən göründüyü kimi sorma (doldurma) prosesinin sonundakı təzyiq artdıqda doldurma əmsalı da artır, xaric prosesinin sonundakı təzyiqin və əlavə qızma temperaturunun artması nəticəsində isə azalır.

Müxtəlif növ avtomobil və traktor mühərrikləri üçün tam yük rejimlərində doldurma əmsalı aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklər $\eta_v = 0.7 \div 0.9$;
- üstəlik üfurməsiz dizel mühərrikləri $\eta_v = 0.8 \div 0.94$;
- üstəlik üfurməli dizel mühərrikləri $\eta_v = 0.8 \div 0.97$.

YOXLAMA SUALLAR

1. Sorma prosesi ilə doldurma prosesinin fərqi nədən ibarətdir?
2. Üstəlik üfurməsiz və üfurməli mühərriklərdə ətraf mühitin parametrləri necə qəbul edilir?
3. Üstəlik üfurməsiz və üfurməli mühərriklərdə qalıq qazların təzyiq və temperaturu necə qəbul edilir? Qalıq qazların temperaturu hansı hədlərdə dəyişir?
4. Sorma sistemindəki təzyiq itkisi nədən asılıdır?
5. Sorma prosesinin sonundakı təzyiq necə təyin edilir?
6. Üstəlik üfurməsiz və üfurməli mühərriklərdə qalıq qazlar əmsalı necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
7. Sorma prosesinin sonundakı temperatur necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
8. Doldurma əmsalı nəyə deyilir, necə təyin edilir, nədən asılıdır və hansı hədlərdə dəyişir?

Mühazirə 13

Sıxma prosesinin gedişi. Qıgılımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün sıxma dərəcəsinin seçilməsi. Sıxma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.

Sıxma prosesi sorma və xaric klapanları bağlı olduqda porşen a.ö.n.-dən y.ö.n.-ə doğru hərəkət etdikdə baş verir. Bu proses zamanı mühərrikin silindrində olan hava və yaxud yanıcı qarışığın temperatur və təzyiqi yüksəlir ki, bu da öz növbəsində qarışığın etibarlı alovlanmasına və yanmasına səbəb olur.

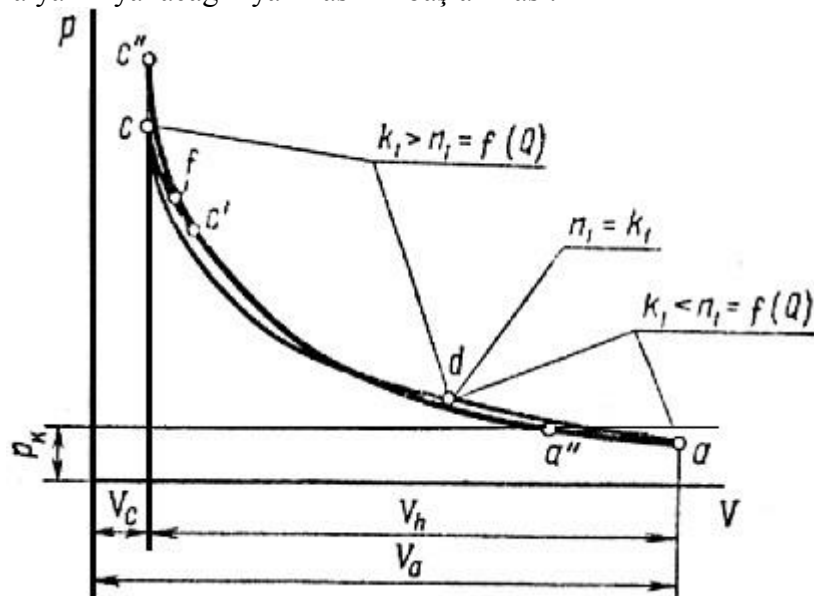
Sıxma prosesi politropik prosesdir. Yəni bu proses ərzində silindrlə ətraf mühit arasında istilik mübadiləsi baş verir. Bu proses zamanı silindrdəki təzyiq və temperaturun dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyən edən əsas parametrlər sıxmanın politrop göstəricisi və mühərrikin sıxma dərəcəsidir.

13.1. Sıxma prosesinin gedişi və politrop göstəricisinin seçilməsi.

Sıxma prosesi zamanı silindrdəki təzyiqin və politrop göstəricisinin dəyişməsi şəkil 13.1-də göstərilmişdir.

Real şəraitdə silindrdə təzyiqin dəyişməsi heç bir termodinamiki asılılığa tabe olmayan çox mürəkkəb qanunauyğunluqla baş verir. Belə ki, bu proses zamanı temperatur və təzyiqin dəyişməsinə işçi cismin temperaturdan asılı olaraq dəyişən istilik tutumundan başqa, həm də aşağıdakı amillər təsir edir:

- porşen üzükləri ilə silindr arasındakı boşluqlardan baş verən sızmalar;
- sorma klapanı bağlanana qədər silindrin əlavə doldurulması;
- işçi qarışıqla silindrin divarları arasındakı istilik mübadiləsinin istiqamət və intensivliyinin dəyişməsi;
- qıgılımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanacağın buxarlanması;
- sıxmanın sonuna yaxın yanacağın yanmasının başlanması.



Şəkil 13.1. Sıxma prosesində təzyiqin və politrop göstəricisinin dəyişməsi.

Həqiqətdə sıxma prosesi dəyişən politrop göstəricisi ilə baş verir. Şəkil 13.1-dən göründüyü kimi sıxma prosesinin əvvəlində politrop göstəricisi (n_1) adiabat göstəricisindən (k_1) böyükdür. Buna səbəb sıxma prosesinin əvvəlində silindrin divarlarının orta temperaturunun silindrdəki işçi qarışığın temperaturundan böyük olması nəticəsində istiliyin divarlardan işçi qarışıqına verilməsidir.

Bir müddət keçdikdən sonra silindrdəki işçi qarışığın temperaturu silindrin divarlarının orta temperaturu ilə bərabərləşir və $n_1 = k_1$ olur (d nöqtəsi). Daha sonra, silindrdəki işçi qarışığın temperaturu getdikcə artır və silindrin divarının orta temperaturundan yüksək olur. Ona görə də istilik işçi qarışıqdan silindrin divarlarına, oradan da ətraf mühitə verilir və $n_1 < k_1$ olur.

Politrop göstəricisinin dəyişmə qanunauyğunluğunun müəyyən edilməsinin çətin olması və hesabı mürəkkəbləşdirməmək məqsədi ilə sıxma prosesinin sabit politrop göstəricisi ilə baş verdiyi qəbul edilir. Politrop göstəricisinin orta qiyməti sıxma prosesi ərzində təxminən dəyişən politrop göstəricisində olduğu qədər iş alınmasını təmin edir.

Sıxma prosesini hesablamaq üçün əvvəlcə politrop göstəricisinin orta qiyməti və sıxma prosesinin sonunda işçi qarışığın istilik tutumunu təyin etmək lazımdır.

Sıxma prosesinin orta politrop göstəricisi mühərrikin dövrlər sayından, sıxma dərəcəsi, silindrin ölçülərindən, porşen və silindrin materialından, istilik mübadiləsindən və digər amillərdən asılı olaraq təcrübələrə əsasən təyin edilir. Sıxma prosesinin çox tez bir zamanda (nominal iş rejimində $0.005 \div 0.015s$) baş verməsi nəticəsində silindrdəki işçi qarışıqla silindrin divarları arasındakı yekun istilik mübadiləsi çox cüzi olduğundan orta politrop göstəricisini orta adiabat göstəricisinə (k_1) görə qiymətləndirmək olar. Bunun üçün əvvəlcə sıxma dərəcəsi ε və sorma prosesinin sonundakı temperatura (T_a) görə şəkil 13.2-də göstərilən nomoqramdan k_1 tapılır. Nomoqram orta adiabat göstəricisi ilə (k_1) sorma prosesinin sonundakı temperatur (T_a), sıxma prosesinin sonunda işçi qarışığın temperaturu (T_c), sıxma dərəcəsi (ε) və havanın istilik tutumu $(mc_v)_{t_a}^{t_c}$ arasında əlaqə yaradan aşağıdakı iki tənliyin birgə həlli nəticəsində qurulur:

$$k_1 = 1 + \frac{(\lg T_c - \lg T_a)}{\lg \varepsilon}, \quad (13.1)$$

$$k_1 = 1 + \frac{8.315}{(mc_v)_{t_a}^{t_c}}, \quad (13.2)$$

burada

$$(mc_v)_{t_a}^{t_c} = \frac{(mc_v)_{t_0}^{t_c} \cdot t_c - (mc_v)_{t_0}^{t_a} \cdot t_a}{t_c - t_a}. \quad (13.3)$$

(13.3) tənliyində havanın istilik tutumu $(mc_v)_{t_0}^{t_c}$ əvəzinə işçi qarışığın istilik tutumu $(mc_v)_{t_a}^{t_c}$ qəbul olunduqda nomoqram daha dəqiq qurulur.

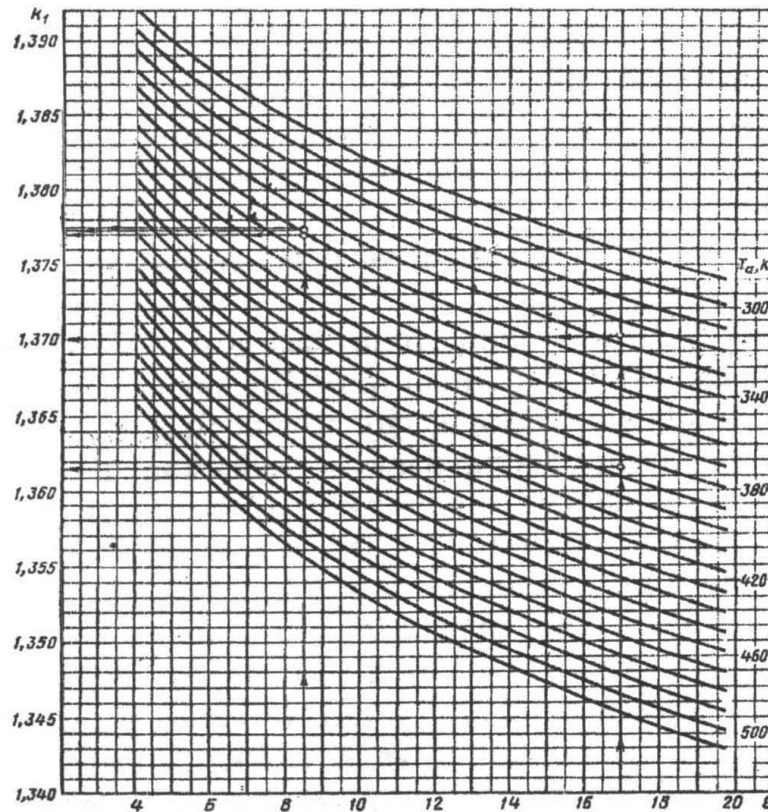
Orta adiabat göstəricisindən asılı olaraq politrop göstəricisinin orta qiyməti aşağıdakı hədlərdə qəbul edilir:

-qılgılcımla alısdırmalı mühərriklər üçün $n_1 = (k_1 - 0.00) \div (k_1 - 0.04)$;

-dizel mühərrikləri üçün $n_1 = (k_1 - 0.02) \div (k_1 + 0.02)$.

ε və T_a -nın eyni qiymətlərində n_1 -in qılgılcımla alısdırmalı mühərriklər üçün qiymətləri dizel mühərriklərində olduğundan bir qədər aşağıdır. Buna səbəb qılgılcımla alısdırmalı mühərriklərdə yanıcı qarışıqda olan benzinin buxarlanması üçün müəyyən qədər istilik sərf olunmasıdır. Bundan başqa qarışıqda olan benzin buxarları qarışığın istilik tutumunu artırır. Göstərilən hər iki amil isə n_1 -in azalmasına səbəb olur.

n_1 orta adiabat göstəricilərinə görə təyin edildikdə mühərrikin dövrlər sayının artması və soyutma səthinin silindrin həcminə olan nisbətinin azalması nəticəsində n_1 -in artdığını nəzərə almaq lazımdır. Bundan başqa sıxma prosesinin orta temperaturunun artması və mühərrikin soyudulma intensivliyinin yüksəlməsi zamanı n_1 azalır. Ona görə də eyni şərtlər daxilində hava ilə soyudulan mühərriklərdə n_1 -in qiyməti maye ilə soyudulan mühərriklərdə olduğundan bir qədər yüksək olur. Açıq mayeli soyutma sistemindən qapalıya keçilməsi də n_1 -in artmasına səbəb olur.



Şəkil 13.2. Sıxma prosesinin adiabat göstəricisini təyin etmək üçün nomoqram.

13.2. Sıxma dərəcəsinin seçilməsi.

Sıxma dərəcəsi mühərrikin əsas göstəricilərindən biri olub, birinci növbədə, yanıcı qarışığın hazırlanma üsulundan və istifadə olunan yanacağın növündən asılı olaraq seçilir. Bundan başqa sıxma dərəcəsi seçilərkən üstəlik üfurmənin olub-olmaması, mühərrikin dövrlər sayı, soyutma sistemi və bir çox digər amillər də nəzərə alınmalıdır.

Müəyyən edilmişdir ki, porşenli daxili yanma mühərriklərinin hamısı üçün ən əlverişli sıxma dərəcəsi $\varepsilon = 11 \div 13$ qiymətləri arasındadır. Çünki bu arada indikator və mexaniki faydalı iş əmsallarının hasilinə bərabər olan effektiv f.i.ə. maksimum qiymət alır. Belə ki, $\varepsilon < 11 \div 13$ qiymətlərində indikator f.i.ə.-nin artması mexaniki f.i.ə.-nin azalmasından, $\varepsilon > 11 \div 13$ qiymətlərində isə mexaniki f.i.ə.-nin azalması indikator f.i.ə.-nin artmasından çox olur.

Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə sıxma dərəcəsinin seçilməsi hər şeydən əvvəl istifadə olunan yanacağın detonasıyaya davamlılığı ilə müəyyən olunur.

Nisbətən yüngül iş şəraiti üçün nəzərdə tutulmuş (minik avtomobilləri üçün) adi karbüratorlu qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə sıxma dərəcəsi yanacağın oktan ədədinin təxminən 1/10-nə bərabər götürülə bilər. Ağır iş şəraiti üçün nəzərdə tutulan (yük avtomobilləri üçün) karbüratorlu mühərriklərdə isə sıxma dərəcəsi bundan bir qədər az qəbul edilir.

Yanacağı sorma borusuna və ya silindrə püskürülən qıgılcımla alışdırılmalı benzin mühərriklərində sıxma dərəcəsi karbüratorlu mühərriklərdə olduğundan 1-2 vahid böyük götürülür.

Eyni bir yanacaq növündən istifadə edildikdə sıxma dərəcəsini artırmağa aşağıdakı amillər imkan verir:

a) yanma kamerinin rəşional formasının seçilməsi və elektrik şamının yerləşdirilməsi (elektrik şamının yanma kamerinin divarlarından bərabər məsafədə yerləşdirilməsi ε -nu artırmağa imkan verir);

b) silindrin ölçüləri (silindrin diametri kiçildikdə alovun yolunun kiçilməsi və nisbi soyutma səthinin böyüməsi nəticəsində ε -nu artırmaq olur);

c) mühərrikin dövrlər sayının yüksəldilməsi (dövrlər sayı artdıqda yanma sürəti artdığına görə ε -nu da böyütmək olur);

d) porşenin və silindr başlığının materialının seçilməsi (alüminium ərintisindən hazırlanan porşen sıxma dərəcəsinə $0.4 \div 0.7$ vahid, silindr başlığının çuqundan deyil, alüminium ərintisindən hazırlanması isə ε -nu əlavə olaraq daha $0.5-0.6$ vahid artırmağa imkan verir);

e) soyutma sisteminin seçilməsi (mayeli soyutma sistemi hava ilə soyutma sisteminə nisbətən ε -nu daha çox götürməyə imkan verir);

f) zəngin ($\alpha < 0.8$) və yaxud nisbətən kasıb ($\alpha > 0.9$) işçi qarışıqdan istifadə olunması.

Yuxarıda göstərilən mülahizələrə görə müasir qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə sıxma dərəcəsi $\varepsilon = 6 \div 12$ hədlərində qəbul edilir. Sıxma dərəcəsinin kiçik hədləri yük avtomobillərinin, böyük ($\varepsilon > 7$) hədləri isə minik avtomobillərinin mühərriklərinə aiddir. Bu mühərriklərdə ε -nun 12 -dən çox götürülməməsinə səbəb yanıcı qarışığın öz-özünə alovlanma və yaxud da yanma zamanı detonasiya hadisələrinin baş verə bilməsi və $\varepsilon > 12$ olduqda indikator f.i.ə.-nin çox az artmasıdır. Son zamanlar sıxma dərəcəsinin bir qədər azaldılmasına doğru meylliliyin artması müşahidə olunur. Belə olan hallarda yanma məhsullarının zəhərliliyinin azalmasına və mühərrikin ömrünün uzanmasına nail olmaq olar.

Dizel mühərriklərində sıxma dərəcəsi öz-özünə alovlanmanın etibarlı olmasını təmin etmək tələbinə görə seçilir. Avtomobil dizellərində öz-özünə alovlanma nöqtəyi-nəzərindən ən etibarsız şərait işəsalma və kiçik yük rejimlərində olur. Ona görə də ε bu rejimlərdə mühərrikin etibarlı işə düşməsinə təmin etmək tələbini nəzərə alaraq seçilir. Ağır iş şəraitində işləyən və xüsusi işəsalma quruluşlarına malik olan dizellərin (məsələn, traktor dizellərinin) əsas iş recimində yanacağın qənaətliliyini və mühərrikin uzun ömürlülüynü artırmaq məqsədi ilə sıxma dərəcəsinin nisbətən aşağı qiymətləri götürülür.

Üstəlik üfurməli dizellərdə üfurmə nasosları silindrə verilən havanı əvvəlcədən bir qədər sıxdığı üçün sıxma dərəcəsinin qiymətini azaltmaq mümkün olur. Lakin bu zaman işəsalmanın etibarlı olması təmin edilməlidir.

İkikamerli dizel mühərriklərində yanma kamerinin istilik vermə səthi böyük olduğundan, sıxmanın sonunda havanın temperaturu aşağı olur. Ona görə də etibarlı işəsalma və kiçik yük recimlərində mühərrikin dayanıqlı işləməsinə təmin etmək üçün ε -nu nisbətən yüksək götürmək lazımdır.

Çoxyanacaq dizellər öz-özünə alovlanma temperaturu yüksək olan yanacaq ilə işlədiyindən, onların sıxma dərəcəsi istifadə edilən ən çətin alışan yanacağa görə seçilir.

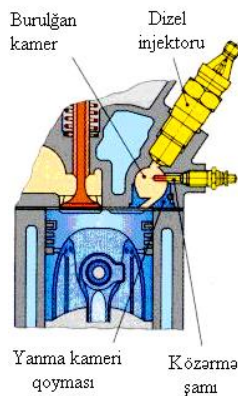
Yuxarıda göstərilənlər nəzərə alınaraq dizel mühərriklərində sıxma dərəcəsi aşağıdakı hədlərdə qəbul edilir:

-birkamerli və yaxud bölünməmiş yanma kamerli və həcmi qarışdırılmalı dizellərdə $\varepsilon = 14 \div 17$;

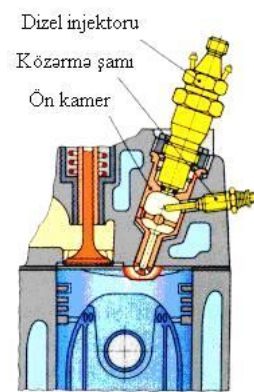
-burulğan yanma kamerli dizellərdə $\varepsilon = 17 \div 20$;

-ön yanma kamerli dizellərdə $\varepsilon = 16,5 \div 21$;

-üstəlik üfurməli dizellərdə $\varepsilon = 11 \div 17$.



a)



b)

Şəkil 13.3. Dizel mühərriklərinin yanma kamerləri:
a-burulğan kamer, b-ön kamer.

13.3. Sıxma prosesinin sonunda təzyiq və temperatur.

Sıxmanın sonunda işçi qarışığın təzyiq və temperaturunu tapmaq üçün politrop prosesinin

$$PV^{n_1} = \text{const}, TV^{n_1-1} = \text{const}$$

tənliklərindən istifadə etmək olar. Prosesin a və c xarakterik nöqtələri (şəkil 13.1) üçün aşağıdakı tənlikləri yazmaq olar:

$$P_a V_a^{n_1} = P_c V_c^{n_1}, \quad (13.4)$$

$$T_a V_a^{n_1-1} = T_c V_c^{n_1-1}. \quad (13.5)$$

(13.4) tənliyindən:

$$P_c = P_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1} \quad (13.6)$$

və ya

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1}. \quad (13.7)$$

(13.5) tənliyindən:

$$T_c = T_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1-1} \quad (13.8)$$

və ya

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1}. \quad (13.9)$$

Müasir avtomobil və traktor mühərriklərində sıxmanın sonundakı təzyiq və temperatur aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

-qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə:

$$P_c = 0.9 \div 2.5 \text{ MPa}, T_c = 600 \div 800 \text{ K},$$

-üstəlik üfurməsiz yüksək dövrlər sayına malik dizellərdə:

$$P_c = 3.5 \div 5.5 \text{ MPa}, T_c = 700 \div 900 \text{ K}.$$

Üstəlik üfurməli dizel mühərriklərində sıxmanın sonundakı təzyiq və temperatur üstəlik üfurmə dərəcəsinə görə məhdudlaşdırılır.

Sıxma prosesinin sonunda silindrdəki yanıcı qarışığın orta molekulyar istilik tutumu $(mc_v)_{t_0}^c$ havanın orta molekulyar istilik tutumuna bərabər qəbul olunur (yanıcı qarışıqdakı yanacağın miqdarının havaya nisbətən çox az olduğuna görə) və $0 \div 1500^\circ\text{C}$ intervalında 2.8 cədvəlindəki düsturların köməyi ilə hesablanır. Sıxma prosesinin sonunda silindrdəki qalıq qazların orta molekulyar istilik tutumu $(mc_v)_{t_0}^c$ isə benzin üçün 2.9, dizel yanacağı üçün isə 2.10 cədvəllərinin köməyi ilə təyin edilir [2].

Sıxma prosesinin sonunda silindrin daxilindəki işçi qarışığın (yanıcı qarışıq + qalıq qazlar) orta molekulyar istilik tutumu aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$(mc_v')_{t_0}^c = \frac{1}{1 + \gamma_r} \left[(mc_v)_{t_0}^c + \gamma_r (mc_v'')_{t_0}^c \right]. \quad (13.10)$$

Sıxma prosesinin sonunda (c nöqtəsi) əsas göstəricilər təyin edildikdən sonra yanma prosesinin başlanmasını nəzərə almaq məqsədilə sıxma əyrisinin sonunda bəzi düzəlişlər aparılır. Qıgılcım verilməsinin və yaxud püskürmənin qabaqlama bucaqlarının qiymətlərinə görə c' nöqtəsinin (şəkil 13.1) yeri tapılır. Yüksək dövrlü qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə nominal iş rejimlərində porşenin y.ö.n.-ə $30 \div 40^\circ$ qalmış qıgılcım verilir, dizel mühərriklərində isə porşenin y.ö.n.-ə $15 \div 20^\circ$ qalmış silindrə yanacaq püskürülür. Yanmanın başlanğıcını göstərən f nöqtəsinin vəziyyəti (yanma xəttinin sıxma əyrisindən ayrıldığı nöqtə) işçi qarışığın alovlanması gecikmə perioduna görə təyin edilir. Bu zaman porşen y.ö.n.-ə çatdıqda silindrdəki təzyiq təxmini olaraq $P_{c''} = (1.15 \div 1.25)P_c$ təzyiqinə qədər yüksəlir (c'' nöqtəsi).

YOXLAMA SUALLAR

1. Sıxma prosesi ərzində silindrin daxilində nə baş verir?
2. Sıxma prosesi zamanı politrop göstəricisi necə dəyişir?
3. Sıxma prosesinin adiabat göstəricisi necə təyin edilir?
4. Qığılımla alışdırılmalı mühərriklərdə sıxma dərəcəsi necə seçilir?
5. Dizel mühərriklərində sıxma dərəcəsi necə seçilir?
6. Sıxma prosesinin sonundakı təzyiq və temperatur necə təyin edilir?
7. Sıxma prosesinin sonundakı təzyiq və temperatur hansı hədlərdə dəyişir?
8. İşçi qarışığının alovlanması təzyiqi hansı ifadə ilə təyin edilir?

Mühazirə 14

Yanma prosesinin gedişi. Qılgılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün yanma tənlikləri. Yanma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.

Yanma prosesi.

Yanma çox mürəkkəb bir fiziki-kimyəvi prosesdir. Onun baş verməsi, gedişi və tamlığı kimyəvi reaksiyaların xüsusiyyətlərindən və sürətindən, alışma sahəsindən, istilik və kütlə mübadiləsindən, o cümlədən ətraf mühitlə istilik mübadiləsindən asılıdır. Oksidləşmə və yanma proseslərinin sürəti ya yanmada iştirak edən başlanğıc maddələrin (yanacaq və oksigen) sərf olunma sürətinə, ya da ki, temperatur və ya təzyiqin yüksəlmə sürətinə görə qiymətləndirilə bilər.

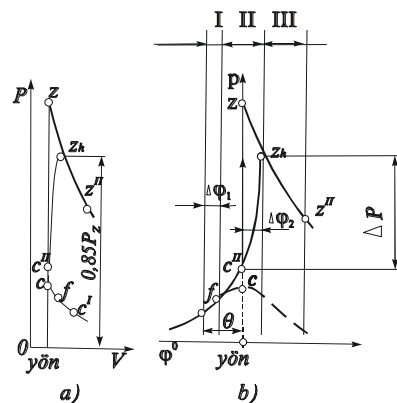
Müəyyən edilmişdir ki, bütün yanacaqlar qaz halına keçdikdən sonra yanır. Ona görə də yanma şəraitinə düşən yanacaq alışmamışdan əvvəl bir sıra ardıcıl fiziki-kimyəvi çevrilmələrdən ibarət olan qazlaşma mərhələlərini keçir. Belə ki, o, əvvəlcə buxarlanır, sonra temperaturun təsiri ilə kimyəvi aktiv məhsullarla (atom şəklinə düşən element və radikallarla) zənginləşir və yalnız bundan sonra alışır. Bircinsli və yaxud homogen qarışıqlarda, daha doğrusu, yanacaq molekulları oksigen molekulları arasında bərabər paylandıqda, yanma prosesi daha tez baş verir. Bircinsli olmayan və yaxud qeyri-homogen qaz qarışıqlarında isə yanma prosesinin sürəti başlıca olaraq yanacaq buxarları ilə havanın qarşılıqlı diffuziya sürətindən asılıdır və bu zaman kimyəvi reaksiyaların sürəti yalnız ikinci dərəcəli rol oynayır. Maye yanacağın yanma sürəti onun buxarlanma və yaranan buxarların hava ilə qarışma sürətlərinə görə təyin edilir.

14.1. Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesinin gedişi və mərhələləri.

Məlum olduğu kimi qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesi elektrik şamının köməyi ilə həyata keçirilir. Belə ki, şamın elektrodları arasında temperaturu 1000°C -dən yuxarı olan cərəyan keçirən kanal əmələ gəlir və bu kanalda zəncirvari reaksiyanın başlanmasını təmin edən aktiv mərkəzlərin əmələgəlmə prosesi — alovqabağı proseslər başlayır. Bu reaksiyalar yanıcı qarışığın ümumi temperatur və təzyiqinin əhəmiyyətli yüksəlməsinə səbəb olmur. Şamda alınan elektrik boşalmasının istiliyi alovqabağı reaksiyaların davam etməsini təmin edərsə, onda zəncirvari reaksiyalar şiddətlənir və alışma baş verir. Aydın ki, boşalma istiliyi əsasən divarlardan ətraf mühitə ötürülərsə, bu zaman zəncirvari reaksiyalar şiddətlənmir və alışma baş vermir. Alovqabağı reaksiyaların şiddətlənməsi və alışmanın baş verməsi istiliyin ətraf mühitə verilməsinə vaxt çatmadıqda və nəticədə qarışığın qızması davam etdikdə baş verir.

Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanacağın buxarlanma və hava ilə qarışma prosesləri qabaqcadan getdiyi üçün qarışıq demək olar ki, homogen olur. Odur ki, şamdan alınan istilik əsasən alovqabağı reaksiyaların getməsinə və alışmanın təmin edilməsinə sərf olunur.

Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesinin gedişi və mərhələləri şəkil 14.1-də göstərilmişdir.



Şəkil 14.1. Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma zamanı təzyiqin dəyişməsi.

Şəkil 14.1, a-da yanma prosesi zamanı silindrdəki təzyiqin həcmdən, şəkil 14.1, b-də isə dirsəkli valın dönmə bucağından (φ) asılı olaraq dəyişməsi göstərilmişdir.

Yanma sonlu sürətlə getdiyi üçün, daha doğrusu, yanmanın baş verməsi üçün müəyyən bir vaxt lazım olduğu üçün, bu proses ərzində həcm də dəyişir. Odur ki, yanma izoxordan fərqli olaraq sağa tərəf meyilli bir xətt üzrə gedir.

$c'f''z_hz''$ əyrisi yanma prosesində silindrdəki təzyiqin həqiqi dəyişməsini göstərir. Lakin yanma prosesinin parametrlərinin hesablanması sadələşdirmək məqsədi ilə prosesin şərti olaraq izoxor üzrə getdiyi və təzyiqin cz xətti ilə dəyişdiyi qəbul olunur. Hesablamaların nəticələrini həqiqətə yaxınlaşdırmaq üçün isə təcrübəyə əsaslanaraq xüsusi düzəliş əmsallarından istifadə edilir. Deməli, şərti və yaxud nəzəri yanma prosesində silindrdə maksimum təzyiq z , həqiqi yanmada isə z_h nöqtəsində alınır. z nöqtəsi, eyni zamanda nəzəri yanma prosesinin qurtardığı anı göstərir. Həqiqətdə isə yanma z'' nöqtəsində başa çatır.

Şəkil 14.1, b-dən göründüyü kimi qığılcımla alışdırılmalı mühərrikdə yanma prosesini şərti olaraq üç mərhələyə ayırmaq olar: I — ilkin mərhələ; II — sürətli yanma mərhələsi; III — yanib qurtarma mərhələsi.

I mərhələ qığılcım verildiyi andan (c' nöqtəsi) yanmanın başladığı ana (f nöqtəsi) qədər olan müddəti əhatə edir. Bu mərhələdə yüksək temperatur zonası olan şamın elektrodları arasında yaranan yanma mərkəzləri, inkişaf edərək tədricən turbulent alova çevrilir. I mərhələ, dizel mühərriklərində olduğu kimi, yanmanın gecikmə və yaxud da *induksiya periodu* adlandırılarsa da əslində bu düzgün deyildir. Çünki, qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə alışdırmanın gecikməsi, demək olar ki, yoxdur. Belə ki, qığılcım verilən anda şamın elektrodları arasında yanma mərkəzləri də əmələ gəlir. Amma, sadəcə olaraq, ilkin mərhələdə alov bu mərkəzlərdən çox yavaş yayılır və yanmada iştirak edən yanıcı qarışıq o qədər az olur ki, indikator diaqramı üzrə təzyiqin artması nəzərə çarpmır.

I mərhələ qarışıqın tərkibindən, onun temperatur və təzyiqindən, qarışıqın burulğan hərəkətindən və bu hərəkətin intensivliyindən, yanacağın xassələrindən, şamda alınan qığılcımın gücündən və s. amillərdən asılıdır.

II mərhələ yanma başladığı andan, yəni silindrdəki təzyiq sıxma təzyiqindən fərqləndiyi (f nöqtəsi) andan təzyiq maksimum qiymət alana qədər (z_h nöqtəsi) olan periodu əhatə edir (şəkil 14.1, b) və yuxarıda deyildiyi kimi *sürətli yanma* və yaxud *görünən yanma mərhələsi* adlanır.

Yanmanın ikinci mərhələsində təzyiq çox kəskin artarsa mühərrikin işi sərtləşir. Mühərrikin çox sərt işləməsi taqçılıqlarla müşayiət olunur və mühərrikin ömrünü azaldır.

Mühərrikin işinin sərtliyi görünən yanma mərhələsində təzyiq artımının dönmə bucağı artımına olan nisbəti kimi təyin edilən təzyiqin yüksəlmə sürəti ilə xarakterizə edilir. $\frac{\Delta P}{\Delta \varphi}$ nisbəti təzyiqin

orta, $\frac{dP}{d\varphi}$ isə *həqiqi yüksəlmə sürəti* adlanır. Sərtliyin müəyyən həddə qədər artması siklin orta

indikator təzyiqinin artması ilə nəticələnir. Sərtliyin siklin maksimum orta təzyiqinə uyğun olan qiyməti müxtəlif mühərriklər üçün müxtəlifdir. Qeyd etmək lazımdır ki, maksimum orta təzyiqə uyğun gələn sərtliyə yol vermək həmişə məqsədəuyğun olmur. Sərtlik dərəcəsinin qiyməti həm indikator təzyiqinin yüksək olması, həm də mühərrikin ömrünün lazımı qədər alınmasını nəzərə alaraq müəyyən edilir. Ona görə çox vaxt mühərrikin ömrünün artması üçün orta indikator təzyiqinin bir qədər az olmasına yol verilir.

Müasir qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə sıxma dərəcəsi o qədər də böyük olmadıqda ($\varepsilon = 6 \div 7$) təzyiqin yüksəlmə sürətinin maksimum qiymətləri $0.1 \div 0.12 \frac{MPa}{\text{der}}$, sıxma dərəcəsinin

daha yüksək qiymətlərində ($\varepsilon = 9 \div 10$) isə $0.15 \div 0.25 \frac{MPa}{\text{der}}$ hədlərində olur.

III mərhələ silindrdə təzyiqin maksimum olduğu andan başlayaraq yana bilməmiş yanacaq hissəciklərinin yanib qurtarmasına qədər (z'' nöqtəsi) davam edir və *yanib qurtarma mərhələsi* adlanır.

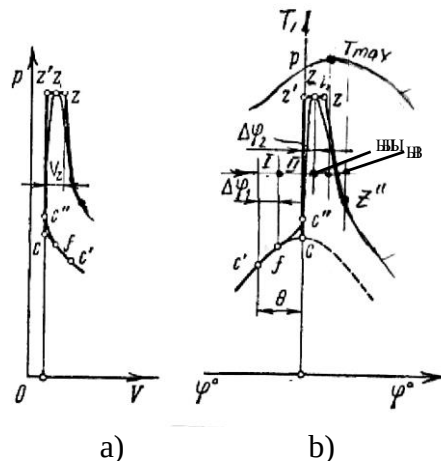
Bu mərhələdə yanma prosesinin davam etməsinə baxmayaraq silindrin həcmnin böyüməsi nəticəsində təzyiqin azalması baş verir.

14.2. Dizel mühərriklərində yanma prosesinin gedişi və mərhələləri.

Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdən fərqli olaraq dizel mühərriklərində alışma yanacağın qızgın hava mühitinə düşməsi zamanı öz-özünə alovlanması nəticəsində baş verir. Ona görə də bu mühərriklərdə yanıcı qarışıq yanacaq silindrə püskürüldükdən sonra və əsasən də yanma vaxtı hazırlanır. Yanacaq sıxma prosesinin sonuna yaxın porşen y.ö.n.-ə təxminən $15 \div 25^\circ$ qalmış püskürülür, püskürülmə və yanma dirsəkli valın $40 \div 60^\circ$ dönməsi üçün sərf olunan vaxt ərzində başa çatır. Bu vaxt az olduğundan dizellərdə yanacağın hava ilə yaxşı qarışması qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərə nisbətən təmin olunmur. Ona görə də yanacağın tam yanmasını təmin etmək üçün hava artıqlıq əmsalının qiymətini xeyli artırmaq lazım gəlir ki, bunun da nəticəsində silindrdəki havadan yaxşı istifadə olunmur. Bundan başqa, dizel mühərriklərində alışma bir mərkəzdən yox, eyni zamanda yaranan çoxlu miqdarda mərkəzlərdən baş verir və qızgın hava mühitinə düşən hər bir yanacaq zərrəciyi alışma mərkəzinə çevrilir.

Şəkil 14.2-də dizel mühərriklərində yanma prosesinin gedişi və onun mərhələləri göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi (şəkil 14.2, a) dizel mühərriklərində yanma prosesi nəzəri olaraq qarışıq sikl üzrə, yəni yanmanın bir hissəsi sabit həcmdə ($V = \text{const}$), bir hissəsi isə sabit təzyiqdə ($P = \text{const}$) baş verir.

Lakin həqiqətdə bu mühərriklərdə də yanma prosesi həcmnin dəyişməsi ilə müşayiət olduğundan təzyiq p_{zh} xətti üzrə dəyişir və $P_{zh} = P_z$ qəbul olunur. Bu zaman z_h nöqtəsi porşen y.ö.n.-dən təxminən $6 \div 10^\circ$ keçmiş alınır.



Şəkil 14.2. Dizel mühərriklərində yanma prosesində təzyiqin dəyişməsi və yanmanın mərhələləri.

Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdən fərqli olaraq dizel mühərriklərində yanma prosesi şərti olaraq dörd mərhələyə bölünür (şəkil 14.2, b).

I mərhələ yanacağın püskürülməyə başladığı andan (f nöqtəsi) görünən yanmanın başlanğıcına qədər (f nöqtəsi) davam edir və ona *alışmasının gecikmə periodu* və ya *induksiya periodu* deyilir. Bu periodda verilən yanacaq özualışma temperaturuna qədər qızılıb, alışmağa hazırlanır. Müasir avtomobil və traktor dizel mühərriklərində induksiya periodu valın $8 \div 12^\circ$ dönməsi ərzində baş verir.

II mərhələ görünən yanmanın başlanğıcından (f nöqtəsi) silindrdəki təzyiqin maksimuma çatdığı (z_h nöqtəsi) ana qədər keçən vaxtı əhatə edir.

Bu mərhələ alışma mərkəzlərinin və alovun yayılmasının inkişaf mərhələsi və yaxud *sürətli yanma mərhələsi* adlanır.

II mərhələ silindrdəki təzyiq və temperaturun kəskin yüksəlməsi ilə xarakterizə olunur. Temperaturun belə yüksəlməsi mərhələnin sonunda yanacağın forsunkadan çıxdıqca yanmasına

səbəb olur. Bu mərhələ əsasən induksiya periodundan, yanacaq püskürülməsinin xarakterindən, yanacağın tozlanma keyfiyyəti və havanın burulğan hərəkətinin intensivliyindən asılıdır. İnduksiya periodunun təsiri xüsusi ilə böyükdür. Bu periodun uzanması alışma başlanana qədər silindrdə toplanan yanacaq miqdarının çoxalmasına və beləliklə də, II mərhələdə təzyiqin yüksəlmə sürətinin $\left(\frac{\Delta P}{\Delta \varphi}\right)$ artmasına — mühərrikin işləmə sərtliyinin və siklin maksimal təzyiqinin böyüməsinə

səbəb olur. Ona görə də induksiya periodunun kiçik olması dizelin az sərtliklə işləməsinə və siklin maksimum təzyiqinin azalmasına təmin etdiyindən, mühərrikin ömrünün uzanmasında və çəkisinin azalmasında da həlledici rol oynayır. Dizel mühərrikləri üçün təzyiqin orta yüksəlmə sürətinin buraxıla bilən qiymətləri $\frac{\Delta P}{\Delta \varphi} = 0.2 \div 0.6 \frac{MPa}{der}$ hədlərində dəyişir. Həcmi qarışdırılmalı dizel

mühərriklərində təzyiqin maksimal yüksəlmə sürəti $\frac{\Delta P}{\Delta \varphi} = 1 \div 1.2 \frac{MPa}{der}$ hədlərinə qədər yüksələ bilər.

III mərhələ silindrdəki təzyiq maksimum olduğu (z_h nöqtəsi) andan yanma məhsullarının temperaturunun maksimuma (T_{max}) çatdığı ana qədər davam edir və yanacağın əsas kütləsinin *tədricən yanma mərhələsi* adlanır. Yanacağın püskürülməsi bu mərhələnin sonuna yaxın qurtarır. Silindrə püskürülən yanacağın xeyli hissəsinin bu mərhələdə yanmasına və temperaturun yüksək olmasına baxmayaraq təzyiq çox az dəyişir, temperaturun maksimum qiymət aldığı nöqtə isə təzyiqin maksimum olduğu nöqtəyə nəzərən bir qədər sağa sürüşür. Bunun səbəbi həcmə sürətlə böyüməsi və istilik itkilərinin artmasıdır. III mərhələdə yanmanın sürəti yanacaq buxarlarının hava ilə qarışma intensivliyindən asılıdır. Bu mərhələnin yanacaq verilişi ilə bir zamanda qurtarması əlverişlidir. Belə olan halda ayrılan istilikdən də səmərəli istifadə etmək imkanı yaranır.

IV mərhələ silindrdə temperaturun maksimum olduğu andan (T_{max}) başlayaraq, yana bilməmiş yanacağın yanıb qurtarmasına qədər (z'' nöqtəsi) davam edir və yanıb qurtarma mərhələsi adlanır. Silindrdə oksigenin azalması, təsirsiz yanma məhsullarının çoxluğu və həcmə çox böyüməsi bu mərhələdə yanmanın zəif getməsinə səbəb olur.

IV mərhələ III mərhələdəki yanma intensivliyindən, yanacaq püskürülməsinin son mərhələsində tozlanma və qarışmanın keyfiyyətindən asılıdır. Mübadilə səthinin böyüməsi və genişlənmə imkanı məhdud olduğundan, bu mərhələdə ayrılan istilikdən çox pis istifadə olunur. Ona görə də IV mərhələnin olması məqsədsə uyğun deyil. Əgər III mərhələdə püskürülən yanacaq tamamilə yanıb qurtarsa idi, onda IV mərhələ də alınmazdı. IV mərhələnin əmələ gəlməsi soyutma sisteminə verilən və yanma məhsulları ilə itirilən istiliyin artması ilə nəticələnir.

14.3. Qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün yanma tənliyi.

Məlum olduğu kimi, sıxma prosesinin sonuna yaxın elektrik şamından verilən qılgılcım silindrdəki yanıcı qarışığı alışdırır. Yanma sonlu sürətlə getdiyi üçün prosesin gedişində həcm dəyişir və ona görə də yanma izoxordan (cz) fərqli olaraq, sağa tərəf meyilli bir xətt ($fc''z_h$) üzrə gedir (şəkil 14.1). Lakin yanma prosesinin parametrlərinin hesablanmasını sadələşdirmək məqsədi ilə prosesin şərti olaraq izoxor üzrə getdiyi qəbul edilir.

Qəbul etdiyimiz şəraitdə termodinamikanın I qanununa əsasən qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün ümumi halda yanma tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$(H_u - \Delta H_u) - Q_{itki} = (U_z - U_c) + L_{cz}, \quad (14.1)$$

burada: H_u — yanacağın aşağı yanma istiliyi [kC],

Q_{itki} — istilikverməni, yanacağın yanıb qurtarmasının genişlənmə xəttinə keçməsinə və dissosiasıyanı (yanma məhsullarının yüksək temperaturun təsiri ilə parçalanması) nəzərə alan istilik itkiləri [kC],

U_z və U_c — uyğun olaraq görünən yanma prosesinin sonunda silindrdəki qazların və sıxma prosesinin sonunda silindrdəki işçi qarışığın daxili enerjisi [kC],

L_{cz} – c nöqtəsindən z nöqtəsinə qədər qazların genişlənmə işinə sərf olunan istilikdir, kC (qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesi nəzəri olaraq $V = const$ şəraitində baş verdiyindən $L_{cz} = 0$ qəbul edilir).

cz izoxoru üçün yanma tənliyi bir qədər də qısa şəkildə yazıla bilər:

$$\xi_z (H_u - \Delta H_u) = U_z - U_c, \quad (14.2)$$

burada $\xi_z = \frac{(H_u - \Delta H_u) - Q_{itki}}{H_u - \Delta H_u}$ – yanma istiliyindən istifadə olunma əmsalı adlanır. ξ_z əmsalı yanacağın aşağı yanma istiliyinin qazların daxili enerjisinin ($U_z - U_c$) qədər artmasına və L_{cz} işinin görülməsinə sərf olunan hissəsini göstərir.

İstilikdən istifadə olunma əmsalı təcrübələrə əsasən mühərrikin konstruksiyasından, onun iş rejimindən, soyutma sistemindən, yanma kamerinin formasından, yanıcı qarışığın hazırlanma üsulundan və mühərrikin dövrlər sayından asılı olaraq qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün $\xi_z = 0.8 \div 0.95$ hədlərində qəbul edilir.

Yanma kamerinin soyutma səthinin azalması, yanıb qurtarma mərhələsinin kiçilməsi, yanma sürətinin və sıxma dərəcəsinin artması ξ_z əmsalının artmasına səbəb olan əsas amillərdən hesab olunur. Bundan başqa mühərrikin yükünün və dövrlər sayının azalması nəticəsində istilikdən istifadə olunma əmsalı aşağı düşür.

(14.2) ifadəsinin üzərində müəyyən çevrilmələr aparmaqla yanma tənliyini hesablama üçün münasib şəkllə salmaq olar.

İstiliyi sabit həcmdə verilən ($V = const$) sikllə işləyən qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün yanma tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$\xi_z H_{i\gamma.qar.} + (mc'_v)_{t_0}^t \cdot t_c = \mu (mc''_v)_{t_0}^t \cdot t_z, \quad (14.3)$$

burada: $H_{i\gamma.qar.}$ – (11.11) ifadəsi ilə təyin olunan işçi qarışığın aşağı yanma istiliyi;

$(mc'_v)_{t_0}^t$ – (13.10) ifadəsi ilə təyin olunan sıxma prosesinin sonunda işçi qarışığın orta

$$\text{molekulyar istilik tutumu} \left[\frac{kC}{\text{kmol} \cdot \text{der}} \right],$$

$(mc''_v)_{t_0}^t$ – yanma məhsullarının sabit həcmdəki orta molekulyar istilik tutumudur

$$\left[\frac{kC}{\text{kmol} \cdot \text{der}} \right]:$$

$$(mc''_v)_{t_0}^t = \frac{1}{M_2} \left[M_{CO_2} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{CO} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{H_2} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{H_2O} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{N_2} (mc''_v)_{t_0}^t \right]. \quad (14.4)$$

14.4. Dizel mühərrikləri üçün yanma tənliyi.

Dizel mühərriklərində yanma prosesi nəzəri olaraq əvvəlcə sabit həcmdə (cz' xətti üzrə), sonra isə sabit təzyiqdə ($z'z$ xətti üzrə) baş verir (şəkil 14.2). Həqiqətdə isə yanma bir qədər dəyişən həcm və təzyiqdə gedir ($fc''z_{hz''}$). Lakin yanma tənliyinin çıxarılışında prosesin nəzəri sikldə olduğu kimi getdiyi qəbul olunur.

Qəbul olunmuş şərtə əsasən dizel mühərriki üçün yanma tənliyi ümumi halda aşağıdakı kimi yazıla bilər ($\alpha \geq 1$ halı üçün):

$$H_u - Q_{itki} = (U_z - U_c) + L_{cz}. \quad (14.5)$$

Nəzəri yanma prosesi üçün istilik balans tənliyini (14.5) daha qısa şəkildə də yazmaq olar:

$$\xi_z H_u = (U_z - U_c) + L_{cz}. \quad (14.6)$$

İstilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) qiyməti dizellərdə də qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə nəzərdən keçirilən amillərdən asılı olur. Lakin burada dissosiasiyanın təsiri nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçikdir (çünki dizeldə $\alpha > 1$ olduğundan, yanma temperaturu 2000 K-ə,

bəzi hallarda isə 2400 K-ə qədər olur). Dizellərdə yanib qurtarma daha çox olduğundan ξ_z -in qiyməti qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərə nisbətən bir qədər aşağı olur:

- itisürətli bölünməmiş yanma kamerli dizel mühərrikləri üçün $\xi_z = 0.7 \div 0.88$;
- bölünmüş yanma kamerli dizellər üçün $\xi_z = 0.65 \div 0.8$.

(14.6) tənliyindəki hədlərin ifadələri yerinə yazılıb müəyyən çevrilmələr aparılsa, qarışıq sikl üzrə ($V = \text{const}$ və $P = \text{const}$) işləyən dizel mühərrikləri üçün yanma tənliyi aşağıdakı kimi olur:

$$\xi_z H_{\text{iş.qar.}} + [(mc'_v)_{t_0}^t + 8.315\lambda] \cdot t_c + 2270(\lambda - \mu) = \mu (mc''_p)_{t_0}^t \cdot t_z, \quad (14.7)$$

burada: $\lambda = \frac{P_z}{P_c}$ – təzyiqin yüksəlmə dərəcəsidir,

$$RT_0 = 8.315 \cdot 273 = 2270,$$

$(mc''_p)_{t_0}^t = (mc''_v)_{t_0}^t + 8.315 \left[\frac{kC}{\text{kmol} \cdot \text{der}} \right]$ – yanma məhsullarının sabit təzyiqdəki orta molekulyar istilik tutumudur:

$$(mc''_v)_{t_0}^t = \frac{1}{M_2} \left[M_{\text{CO}_2} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{\text{H}_2\text{O}} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{\text{O}_2} (mc''_v)_{t_0}^t + M_{\text{N}_2} (mc''_v)_{t_0}^t \right] \left[\frac{kC}{\text{kmol} \cdot \text{der}} \right]. \quad (14.8)$$

Dizel mühərriklərində təzyiqin yüksəlmə dərəcəsi başlıca olaraq silindrə verilən yanacağın miqdarından, yanma kamerinin formasından və yanıcı qarışığın hazırlanma üsulundan asılı olub təcrübələrə əsasən təyin edilir. Bundan başqa, induksiya periodunun artması nəticəsində də λ böyüyür. Müxtəlif tip dizel mühərrikləri üçün λ aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- bölünməmiş yanma kamerli və həcmi qarışdırılmalı dizellər üçün $\lambda = 1.6 \div 2.5$;
- burulğan və ön yanma kamerli, o cümlədən bölünməmiş və təbəqəli qarışdırılmalı dizellər üçün $\lambda = 1.2 \div 1.8$;
- üstəlik üfurməli dizellər üçün λ yanmada temperatur və təzyiqin buraxıla bilən qiymətlərinə əsasən təyin edilir.

14.5. Yanma prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.

Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün (14.3) və (14.7) tənliklərinə iki məchul daxildir: görünən yanmanın sonundakı temperatur t_z və həmin temperaturda yanma məhsullarının sabit həcmdə və sabit təzyiqdə orta molekulyar istilik tutumları $(mc''_v)_{t_0}^t$ və $(mc''_p)_{t_0}^t$. Ona görə də yanmanın sonundakı temperatur bu tənliklərdən iki üsulla tapıla bilər. Əvvəlcə t_z -ə müəyyən qiymətlər verib yanma məhsullarının orta molekulyar istilik tutumları müvafiq olaraq cədvəllərdən tapılır və daha sonra isə yanma tənliyinin eyniliyə çevrilib-çevrilmədiyi yoxlanılır. T_z -in eyniliyin alınmasını təmin edən qiyməti axtarılan qiymət olur. Yaxud da yanma məhsullarının istilik tutumlarının hesablandığı empirik düsturlardan (cədvəl 7) istifadə edərək, yanma tənliklərini kvadrat tənlik şəklinə gətirib, onu həll edərək t_z -i təyin edirlər:

$$At_z^2 + Bt_z - C = 0. \quad (14.9)$$

burada A , B və C – çevrilmələr nəticəsində alınan məlum ədədi qiymətlərdir.

Bu kvadrat tənliyin müsbət kökü yanma prosesinin sonundakı temperaturdur:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (14.10)$$

$$T_z = t_z + 273 \text{ [K]}. \quad (14.11)$$

İstiliyi sabit həcmdə ($V = \text{const}$) verilən sikkə ilə işləyən qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün yanmanın sonundakı təzyiq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$P_z V_z = (M_2 + M_r) RT_z, \quad (14.12)$$

$$P_c V_c = (M_1 + M_r) RT_c. \quad (14.13)$$

Bu tənlikləri tərəf-tərəfə bölüb $V_z = V_c$ və $\mu = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}$ olduğunu nəzərə alsaq aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$P_z = \frac{\mu P_c T_z}{T_c} \text{ [MPa]}. \quad (14.14)$$

Təzyiqin yüksəlmə dərəcəsi:

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}. \quad (14.15)$$

Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə $\lambda = 3.2 \div 4.2$ hədlərində dəyişir.

Qarışıq sikllə işləyən dizel mühərrikləri üçün yanmanın sonundakı təzyiq:

$$P_z = \lambda P_c \text{ [MPa]}. \quad (14.16)$$

Bu mühərriklər üçün (14.12) və (14.13) tənliklərinin tərəf-tərəfə bölsək alarıq:

$$\rho = \mu \left(\frac{P_c}{P_z} \right) \left(\frac{T_z}{T_c} \right) = \frac{\mu \lambda T_z}{T_c}. \quad (14.17)$$

burada ρ – həcmnin qabaqcadan genişlənmə dərəcəsidir:

$$\rho = \frac{V_z}{V_c}. \quad (14.18)$$

Qabaqcadan genişlənmə prosesində porşenin azad etdiyi həcm:

$$V_z - V_c = V_c (\rho - 1). \quad (14.19)$$

Dizel mühərriklərində $\rho = 1.2 \div 1.7$ hədlərində dəyişir.

Yanmanın sonundakı həqiqi təzyiq:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə

$$P_{zh} = 0.85 P_z \text{ [MPa]}, \quad (14.20)$$

- dizel mühərriklərində

$$P_{zh} = P_z \text{ [MPa]}. \quad (14.21)$$

Müasir avtomobil və traktor mühərrikləri üçün yanma sonundakı temperatur və təzyiq tam yük rejimlərində aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə

$$T_z = 2400 \div 2900 \text{ K},$$

$$P_z = 3.5 \div 7.5 \text{ MPa},$$

$$P_{zh} = 3 \div 6.5 \text{ MPa},$$

-dizel mühərriklərində

$$T_z = 1800 \div 2300 \text{ K},$$

$$P_{zh} = P_z = 5 \div 12.0 \text{ MPa}.$$

Dizel mühərriklərində yanmanın sonundakı temperaturun az olması aşağıdakı amillərlə bağlıdır:

- hava artıqlıq əmsalının böyük olması nəticəsində silindrdəki havanın qızdırılması üçün əlavə istiliyin sərf olunması;
- görünən yanma mərhələsində istilikdən istifadə olunma əmsalının kiçik olması;
- genişlənmə zamanı yanma prosesinin və yanib qurtarmanın xarakterinin fərqli olması;
- həcmnin qabaqcadan genişlənməsi prosesində (zz' hissəsi) işin görülməsi üçün müəyyən istiliyin sərf olunması.

YOXLAMA SUALLAR

1. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesi necə baş verir və hansı mərhələlərdən ibarətdir?
2. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesinin I mərhələsi necə adlanır, bu mərhələ ərzində nə baş verir və bu mərhələyə hansı amillər təsir göstərir?
3. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yanma prosesinin II və III mərhələləri necə adlanır, bu mərhələlər ərzində nə baş verir və bu mərhələlərə hansı amillər təsir göstərir?
4. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə alışdırmanın tezləşdirmə bucağı, sıxma dərəcəsi və yanma kamerinin forması yanma prosesinə necə təsir göstərir?
5. Vaxtından qabaq alışma nədir, bu zaman nə baş verir və onun xarakterik əlamətləri hansılardır?
6. Dizel mühərriklərində yanma prosesi necə baş verir və hansı mərhələlərdən ibarətdir?
7. Dizel mühərriklərində yanma prosesinin I və II mərhələləri necə adlanır, bu mərhələlər ərzində nə baş verir və bu mərhələlərə hansı amillər təsir göstərir?
8. Dizel mühərriklərində yanma prosesinin III və IV mərhələləri necə adlanır, bu mərhələlər ərzində nə baş verir və bu mərhələlərə hansı amillər təsir göstərir?
9. Dizel mühərriklərində yanacağın xassələri, yanıcı və işçi qarışığının tərkibi yanma prosesinə necə təsir göstərir?
10. Dizel mühərriklərində sıxma dərəcəsi, üstəlik doldurma və işçi qarışığının hazırlanma üsulu yanma prosesinə necə təsir göstərir?
11. Dizel mühərriklərində yanma kamerində olan qızmış hissələr, mühərrikin iş rejimi və püskürmənin qabaqlama bucağı yanma prosesinə necə təsir göstərir?
12. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün yanma tənliyinin ifadəsi necədir?
13. Dizel mühərrikləri üçün yanma tənliyinin ifadəsi necədir?
14. Qıgılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərində yanmanın sonunda silindrdəki qazların temperaturu necə təyin edilir? Yanmanın sonunda silindrdəki qazların temperaturu hansı hədlərdə dəyişir?
15. Dizel mühərriklərində yanmanın sonundakı temperaturun az olmasına hansı amillər təsir göstərir?

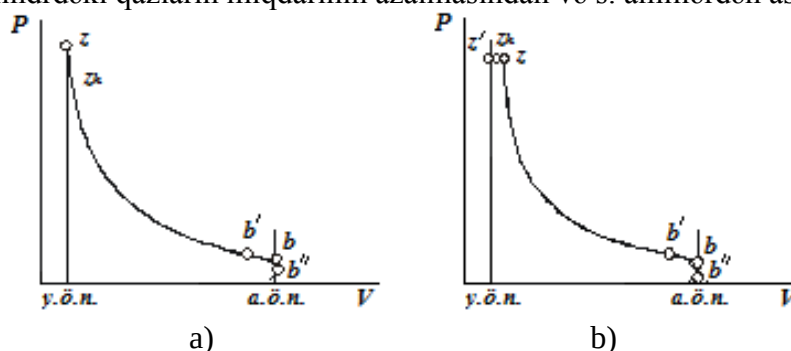
Mühazirə 15
Genişlənmə prosesinin gedişi.
Genişlənmə prosesinin sonundakı təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.

15.1. Genişlənmə prosesinin gedişi və politrop göstəricisinin seçilməsi.

Genişlənmə prosesi nəticəsində yanacaqın yanmasından alınan istilik enerjisinin mexaniki işə çevrilməsi baş verir.

Şəkil 15.1-də genişlənmə prosesi zamanı qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərində silindrdəki təzyiqin dəyişməsi göstərilmişdir.

$z_h b'' b''$ ayrıləri genişlənmə prosesi zamanı silindrdəki təzyiqin dəyişməsini göstərir. Əslində, real mühərriklərdə genişlənmə çox mürəkkəb qanunauyğunluqla baş verir. Belə ki, bu qanunauyğunluq silindr daxilindəki qazlarla ətraf mühit arasındakı istilik mübadiləsindən, yanıb qurtarma mərhələsində istilik ayrılmasından, silindrdən karterə qaz sızmasından, temperaturun getdikcə azalması nəticəsində yanma məhsullarının istilik tutumunun kiçilməsindən, xaric klapanı açıldıqdan sonra (b' nöqtəsi) silindrdəki qazların miqdarının azalmasından və s. amillərdən asılıdır.



Şəkil 15.1. Genişlənmə prosesi zamanı təzyiqin dəyişməsi:
a-qığılcımla alışdırılmalı mühərrikdə; b-dizel mühərrikində.

Sıxma prosesi kimi genişlənmə prosesi də dəyişən göstəricili politrop üzrə gedir. Belə ki, genişlənmə prosesinin başlanğıcında politrop göstəricisi 0-dan 1-ə qədər artır, çünki bu müddətdə yanacaq qalan hissəcikləri o qədər intensiv yanır ki, qazların temperaturu artır. Bundan sonra politrop göstəricisi bir qədər də artaraq silindrdəki qazların adiabat göstəricisinə bərabər olur. Bunun səbəbi yanıb qurtarma mərhələsində ayrılan istiliyin silindrdən aparılan istiliyə bərabərləşməsidir. Daha sonra isə ayrılan istiliyin aparılan istilikdən kiçik olması nəticəsində politrop göstəricisinin qiyməti adiabat göstəricisindən də böyük olur. Lakin genişlənmə prosesinin hesabını sadələşdirmək məqsədi ilə bu prosesin sabit göstəricili politrop olduğu qəbul edilir.

Politrop göstəricisinin orta qiyməti müxtəlif amillərdən asılı olaraq təcrübələrə əsasən müəyyənləşdirilir. İstilikdən istifadə olunma əmsalının, porşenin gedişinin silindrin diametrinə olan nisbəti və soyudulma intensivliyinin böyüməsi genişlənmə prosesinin politrop göstəricisinin (n_2) də böyüməsinə səbəb olur. Mühərrikin yükünün və silindrin ölçülərinin ($S/D = \text{const}$ olduğu halda) artması isə politrop göstəricisinin orta qiymətini azaldır. Mühərrikin sürətinin böyüməsi nəticəsində də, bir qayda olaraq, n_2 kiçilir.

Genişlənmə prosesinin orta politrop göstəricisinin təcrübələrdən tapılan qiyməti adiabat göstəricisindən (k_2) çox az fərqlənir və adətən bir qədər kiçik olur. Ona görə də yeni mühərriklərin layihə olunmasının ilkin mərhələsində n_2 k_2 -yə görə qiymətləndirilə bilər. Bunun üçün isə xüsusi nomoqramlardan istifadə olunur (şəkil 15.2 və 15.3).

Genişlənmənin adiabat göstəricisi aşağıdakı iki tənliyin birgə həlli nəticəsində təyin edilir:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün

$$k_2 = 1 + \frac{(\lg T_z - \lg T_b)}{\lg \varepsilon}, \quad (15.1)$$

-dizel mühərrikləri üçün

$$k_2 = 1 + \frac{(\lg T_z - \lg T_b)}{\lg \delta}, \quad (15.2)$$

$$k_2 = 1 + \frac{8.315}{(mc_v'')_{t_b}^{t_z}}, \quad (15.3)$$

burada

$$(mc_v'')_{t_b}^{t_z} = \frac{(mc_v'')_{t_0}^{t_z} \cdot t_z - (mc_v'')_{t_0}^{t_b} \cdot t_b}{t_z - t_b}. \quad (15.4)$$

Nomoqramlara görə k_2 aşağıdakı kimi təyin edilir: sıxma dərəcəsinin ε (dizel mühərrikləri üçün isə sonradan genişlənmə dərəcəsinin δ) və yanmanın sonundakı temperaturun (T_z) qiymətlərinə görə $\alpha = 1$ olduqda k_2 -nin qiymətlərinə uyğun gələn nöqtə tapılır. Verilən α -da k_2 -ni təyin etmək üçün tapılmış nöqtə əvvəlcə üfüqi istiqamətdə $\alpha = 1$ -ə, daha sonra isə köməkçi əyrilərə paralel olaraq verilmiş α -ya uyğun gələn şaquli xəttin üzərinə köçürülür.

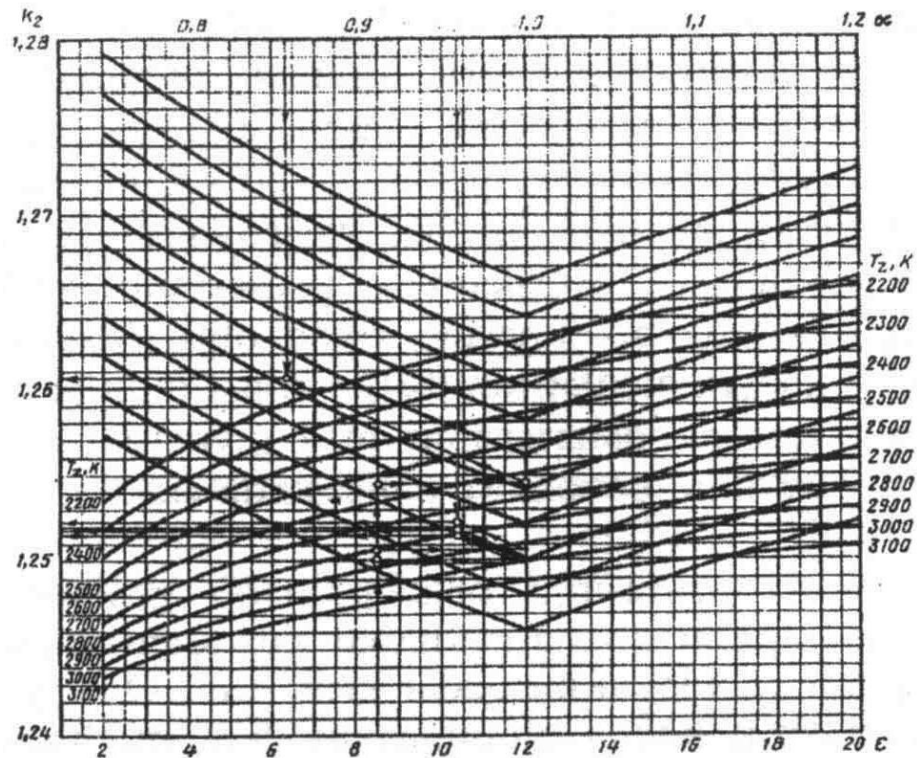
Müasir avtomobil və traktor mühərrikləri üçün politrop göstəricisinin orta qiyməti aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

Qıgılıcım ilə alışdırılmalı mühərriklər üçün $n_2 = 1.23 \div 1.30$;

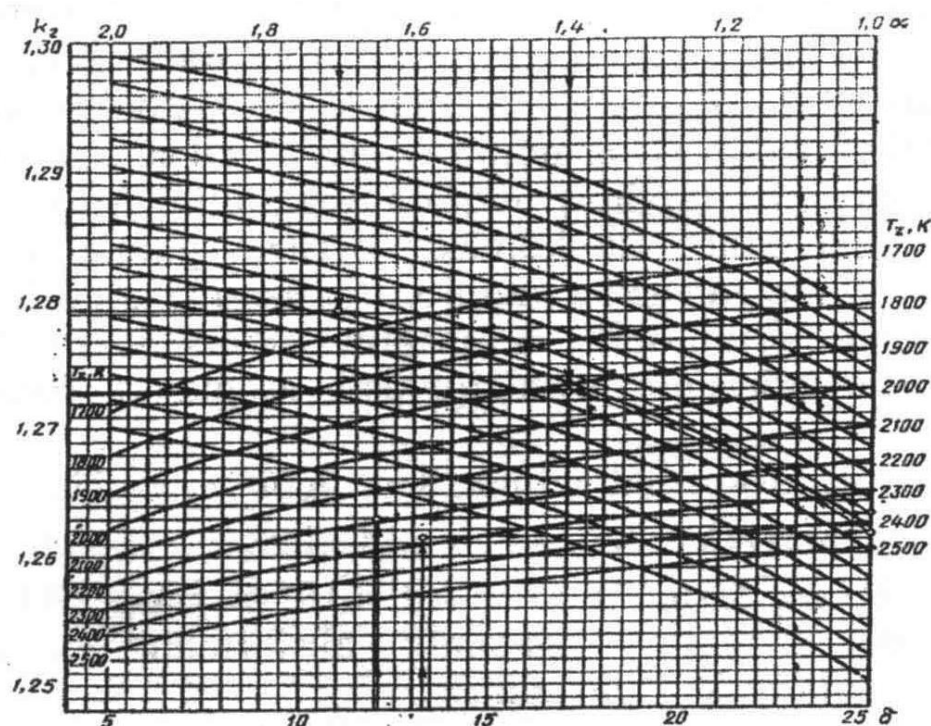
Dizel mühərrikləri üçün $n_2 = 1.18 \div 1.28$.

Qaz mühərrikləri üçün $n_2 = 1.25 \div 1.35$.

Qeyd etmək lazımdır ki, şəkil 15.2 və 15.3-dəki nomoqramlara görə, qıgılıcım ilə alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün k_2 təyin edilir.



Şəkil 15.2. Qıgılıcım ilə alışdırılmalı mühərriklərində k_2 -ni təyin etmək üçün nomoqram.



Şəkil 15.3. Dizel mühərriklərində k_2 -ni təyin etmək üçün nomoqram.

15.2. Genişlənmə prosesinin sonunda təzyiq və temperaturun təyin edilməsi.

Genişlənmənin sonunda silindrdəki qazların təzyiq və temperaturu həmin proses üçün yazılan politrop tənliklərindən tapıla bilər:

$$P_z V_z^{n_2} = P_b V_b^{n_2}, \quad (15.5)$$

$$T_z V_z^{n_2-1} = T_b V_b^{n_2-1}. \quad (15.6)$$

(15.5) tənliyindən:

$$P_b = P_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2}. \quad (15.7)$$

(15.6) tənliyindən:

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2-1}. \quad (15.8)$$

Bu tənliklərə əsasən qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün $V_c = V_z$ olduğunu nəzərə alsaq:

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}}, \quad (15.9)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}. \quad (15.10)$$

Dizel mühərrikləri üçün isə:

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}, \quad (15.11)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \quad (15.12)$$

burada δ – həcmnin sonradan genişlənmə dərəcəsidir:

$$\delta = \frac{V_b}{V_z}. \quad (15.13)$$

Bu ifadənin hər tərəfini V_c -ə bölsək, alarıq:

$$\delta = \frac{V_b/V_c}{V_z/V_c} = \frac{\varepsilon}{\rho}. \quad (15.14)$$

Genişlənmə prosesinin sonunda silindrdəki qazların təzyiq və temperaturu aşağıdakı hədlərdə olur:

- qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün

$$P_b = 0.35 \div 0.6 \text{ MPa} \text{ və } T_o = 1200 \div 1700 \text{ K},$$

- dizel mühərrikləri üçün

$$P_b = 0.20 \div 0.5 \text{ MPa} \text{ və } T_o = 1000 \div 1200 \text{ K}.$$

Dizellərdə P_b -nin qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərə nəzərən aşağı olması onlarda genişlənmə dərəcəsinin artıqlığı, T_b -nin aşağı olması isə həm genişlənmə dərəcəsinin çoxluğu, həm də genişlənmənin başlanğıc temperaturunun azlığı ilə izah olunur.

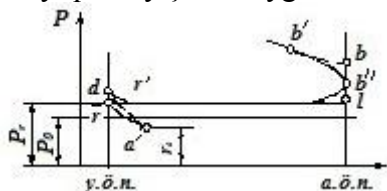
YOXLAMA SUALLAR

1. Genişlənmə prosesində nə baş verir və bu zaman politrop göstəricisi necə dəyişir?
2. Genişlənmənin adiabat göstəricisi necə təyin edilir?
3. Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərində genişlənmə prosesinin sonunda silindrdəki qazların təzyiqi və temperaturu necə təyin edilir?
4. Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərində genişlənmə prosesinin sonunda silindrdəki qazların təzyiqi və temperaturu hansı hədlərdə dəyişir?

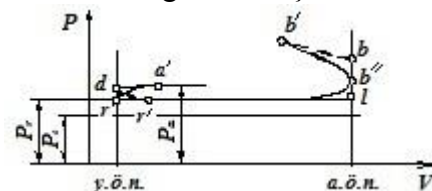
Mühazirə 16
Xaricətmə prosesinin gedişi.
Xaricətmə prosesinin sonundakı temperaturun yoxlanması.

Xaricətmə prosesi ərzində işlənmiş qazlar silindrdən xaric edilir.

Dördtaktlı üstəlik üfurməsiz və üstəlik üfurməli mühərriklərdə xaricətmə prosesi zamanı silindrdəki təzyiqin dəyişməsi uyğun olaraq şəkil 16.1 və şəkil 16.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 16.1. Dördtaktlı üstəlik üfurməsiz mühərrikdə xaricətmə prosesində silindrdəki təzyiqin dəyişməsi.



Şəkil 16.2. Dördtaktlı üstəlik üfurməli mühərrikdə xaricətmə prosesində silindrdəki təzyiqin dəyişməsi.

Bu şəkillərdə $b'b''r'da'$ ayrıləri xaricətmə prosesində silindrdəki təzyiqin həqiqi dəyişməsini göstərir. Əyrilər üzərindəki b' nöqtəsi xaricətmə klapanının açıldığı a' nöqtəsi ilə bağlandığı anlara uyğun gəlir. bl və lr düz xətləri nəzəri xaricətmə prosesidir. b və r nöqtələrinin koordinatları təyin olunduqdan sonra həmin düz xətlər $b''r'r$ ayrıləri ilə əvəz edilir.

Xaricətmə klapanının tez açılması genişlənmənin faydalı sahəsinin azalmasına ($b'bb''b'$ qədər) səbəb olursa da bunun nəticəsində silindrin yanma məhsullarından təmizlənməsi yaxşılaşır və işlənmiş qazların silindrdən çıxarılması üçün sərf olunan iş azalır. Müasir nəqliyyat mühərriklərində xaricətmə klapanı porşen a.ö.n.-ə $40\div 80^\circ$ qalmış açılır (b' nöqtəsi) və bu andan başlayaraq işlənmiş qazlar $600\div 700$ m/s kritik sürəti ilə silindrdən çıxır. Üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə a.ö.n. yaxınlığında, üstəlik üfurməli mühərriklər də isə bir qədər sonra qurtaran bu period ərzində (sərbəst xaricətmə) işlənmiş qazların təxminən $60\div 70$ %-i silindrdən xaric olur. Porşenin y.ö.n.-ə doğru hərəkəti zamanı qazların klapanın keçid sahəsindən axma sürəti $200\div 250$ m/s-yə, prosesin sonunda isə $60\div 100$ m/s-yə çatır (məcburi xaricətmə). Mühərrikin nominal iş rejimində xaricətmə prosesi ərzində qazların axma sürətinin orta qiyməti $60\div 150$ m/s hədlərində dəyişir.

Xaricətmə klapanı porşen y.ö.n.-dən $10\div 50^\circ$ keçmiş bağlanır ki, bu da silindrdən böyük sürətlə çıxan qaz axınının yaratdığı ejeksiya effekti hesabına silindrin yaxşı təmizlənməsinə səbəb olur.

Xaricətmə prosesinin sonunda təzyiq və temperatur (P_r və T_r) sorma prosesinin əvvəlində verilmiş qiymətlərinin düzgün qəbul olunub-olunmadığı aşağıdakı kimi yoxlanılır:

$$T'_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}}. \quad (16.1)$$

Xəta aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta = \frac{T'_r - T_r}{T_r} \cdot 100\%. \quad (16.2)$$

Əgər xəta 5 %-dən çox olarsa, onda $T'_r = T_r$ qəbul edilərək hesablama təkrar olunur. Xətanın 5 %-dən kiçik olması isə hesabın qənaətbəxş olduğunu göstərir.

Yeni mühərrik layihə edilərkən nasos itkilərinin və qalıq qazlar əmsalının böyüməsinin qarşısını almaq məqsədi ilə P_r -i kiçiltmək lazımdır. Bundan başqa xaricətmə təzyiqinin yüksəlməsi doldurma əmsalının kiçilməsinə, yanma prosesinin pisləşməsinə və qalıq qazların təzyiq və temperaturunun artmasına səbəb olur. Üstəlik üfurməli mühərriklərdə xaricətmənin sonunda təzyiqin artması, bir qayda olaraq, doldurmadakı təzyiqin artırılması ilə kompensasiya edilə bilər.

YOXLAMA SUALLAR

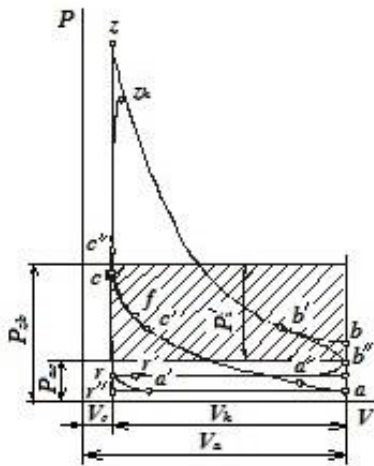
1. Xaricetmə prosesində nə baş verir və bu prosesin mühərrikin f.i.ə.-na təsiri necədir?
2. Xaricetmə klapanının tez açılmasında və gec bağlanması məqsəd nədir?
3. Xaricetmə prosesinin sonundakı xaric qazların temperaturunun düzgün qəbul olunduğu necə yoxlanılır?

Mühazirə 17
Mühərrikin indikator parametrləri.
Mühərrikin nəzəri və həqiqi orta indikator təzyiqləri. Mühərrikin indikator gücü.

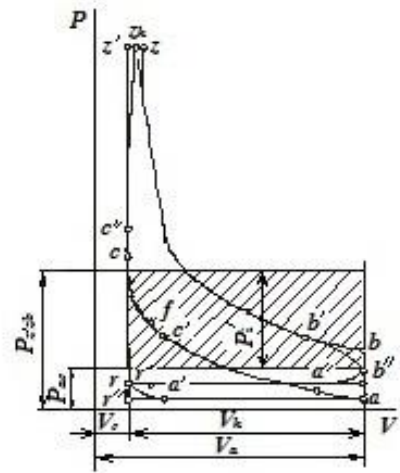
17.1. Orta indikator təzyiqi.

Daxili yanma mühərrikinin işçi sikli orta indikator təzyiqi, indikator gücü və indikator f.i.ə. ilə xarakterizə edilir.

Qıgılıcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərində işçi sikl ərzində silindrdəki təzyiqin dəyişməsi şəkil 17.1 və şəkil 17.2-də göstərilmişdir. Diaqramların yuvarlaqlaşdırılmamışdan əvvəlki sahələri ($aczb$) müəyyən miqyasla bir sikl ərzində qazların gördüyü nəzəri hesabi işə bərabərdir. Bu işin porşenin gedişinə nisbətində *nəzəri orta indikator təzyiqi* deyilir. Daha doğrusu, orta indikator təzyiqi porşenə təsir edən elə bir sabit şərti təzyiqdir ki, bu təzyiqin bir gediş ərzində gördüyü iş siklin indikator işinə bərabər olsun.



Şəkil 17.1. Qıgılıcımla alışdırılmalı mühərrikin indikator diaqramı.



Şəkil 17.2. Dizel mühərrikinin indikator diaqramı.

Nəzəri orta indikator təzyiqi (P'_i) indikator diaqramına (şəkil 17.1 və şəkil 17.2) görə qrafiki olaraq aşağıdakı kimi tapılır:

a) əvvəlcə, işçi qarışığın sıxılma işinə ekvivalent olan ac əyrisi altında qalan sahə hesablanır və bu sahə porşenin gedişinə bölünərək sıxma prosesinin orta təzyiqi (P_{ac}) alınır;

b) sonra, genişlənmə işinə ekvivalent olan zb (şəkil 17.1) və yaxud $z'zb$ (şəkil 17.2) əyrisi altında qalan sahə hesablanır və bu sahə porşenin gedişinə bölünərək genişlənmə prosesinin orta təzyiqi (P_{zb} və yaxud $P_{z'zb}$) tapılır;

c) daha sonra, nəzəri orta indikator təzyiqi təyin edilir;

- qıgılıcımla alışdırılmalı mühərrikləri üçün $P'_i = P_{zb} - P_{ac}$;

- dizel mühərrikləri üçün $P'_i = P_{z'zb} - P_{ac}$;

d) sonra işə tərəfləri P'_i və V_h olan düzbucaqlının ştrixlənmiş sahəsi indikator diaqramının $ac(z')zba$ sahəsi ilə müqayisə edilir. Əgər P_{ac} , P_{zb} , $P_{z'zb}$ və P'_i düzgün təyin edilərsə, onda həmin sahələr bərabər olmalıdır.

Nəzəri orta indikator təzyiqi analitik üsulla aşağıdakı kimi təyin edilir.

İstilik sabit həcmdə verilən ($V = \text{const}$) sikllə işləyən qıgılıcımla alışdırılmalı mühərriklər üçün (şəkil 17.1) nəzəri orta indikator təzyiqi analitik yolla aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] [\text{MPa}]. \quad (17.1)$$

Qarışıq sikllə işləyən dizel mühərrikləri üçün (şəkil 17.2):

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) + \lambda(\rho - 1) \right] [MPa]. \quad (17.2)$$

Həqiqi siklin orta indikator təzyiqi (P_i) nəzəri orta indikator təzyiqindən (P'_i) hesabi indikator diaqramının c , z və b nöqtələrində aparılan yuvarlaqlaşdırmalara görə kiçilən sahəsinə mütənasib olaraq fərqlənir.

Nəzəri orta indikator təzyiqinin həqiqi və hesabi sikllərin fərqlənməsi nəticəsində azalması diaqramın yuvarlaqlaşdırılmasını nəzərə alan əmsal (ν) və nasos itkilərinin orta təzyiqi (ΔP_i) ilə qiymətləndirilir.

Diaqramın yuvarlaqlaşdırılmasını nəzərə alan əmsal (ν) diaqramın *natamamlıq əmsalı* da adlanır və qığılcımla alışıdırılmalı mühərriklər üçün $\nu = 0.94 \div 0.97$, dizel mühərrikləri üçün isə $\nu = 0.92 \div 0.95$ hədlərində qəbul edilir.

Sorma və xaric proseslərində nasos itkilərinin orta təzyiqi:

$$\Delta P_i = P_r - P_a [MPa]. \quad (17.3)$$

Dördtaktlı üstəlik üfurməsiz mühərriklərdə ΔP_i həmişə müsbət olur. Mexaniki əlaqəli üstəlik üfurməli mühərriklərdə $P_r < P_a$ olduğundan ΔP_i mənfi, qaz əlaqəli üstəlik üfurməli mühərriklərdə isə P_a təzyiqi P_r -dən böyük, həm də kiçik ola bildiyinə görə ΔP_i də mənfi və yaxud müsbət qiymət ala bilər.

Hesablamalar aparən zaman nasos itkiləri mexaniki itkilərdə nəzərə alındığından orta indikator təzyiqinin (P_i) nəzəri orta indikator təzyiqindən (P'_i) yalnız natamamlıq əmsalına görə fərqləndiyi qəbul olunur:

$$P_i = \nu P'_i. \quad (17.4)$$

Tam yük rejimlərində müxtəlif növ dördtaktlı mühərriklər üçün P_i aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qığılcımla alışıdırılmalı mühərriklərdə $P_i = 0.7 \div 1.4 MPa$;
- üstəlik üfurməsiz dizellərdə $P_i = 0.7 \div 1.1 MPa$;
- üstəlik üfurməli dizellərdə $P_i = 0.9 \div 2.2 MPa$.

Qığılcımla alışıdırılmalı mühərriklərə nəzərən üstəlik üfurməsiz dizel mühərriklərində P_i -nin aşağı olması onlarda hava artıqlıq əmsalının böyük olması ilə izah olunur. Belə ki, α -nın böyük olmasına görə silindrin işçi həcmindən səmərəli istifadə olunmur və izafi havanın qızdırılması üçün əlavə istilik sərf olunur.

17.2. Mühərrikin indikator gücü.

Mühərrikin silindrlərində qazların vahid zamanda gördüyü iş *indikator gücü* (N_i) adlanır.

Bir sikl ərzində bir silindrə görülmə iş:

$$L_i = P_i V_h [Nm], \quad (17.5)$$

burada: P_i – orta indikator təzyiqi [Pa],

V_h – silindrin işçi həcmidir [m^3].

Mühərriklərdə 1 saniyədəki işçi sikllərin sayı $\frac{2n}{\tau}$ -ya bərabərdir (burada n – dirsəkli valın dövrlər sayı, san^{-1} ; $2n$ – bir saniyədə porşenin gedışlərinin sayı; τ – mühərrikin takt əmsalındır: ikitaktlı mühərriklər üçün $\tau = 2$, dördtaktlı mühərriklər üçün isə $\tau = 4$).

İndikator gücü;

- bir silindr üçün

$$N_{is} = \frac{2}{\tau} P_i V_h n [Vt], \quad (17.6)$$

-silindrlərinin sayı i olan mühərriklər üçün

$$N_i = \frac{2}{\tau} P_i V_h n \text{ [Vt]}. \quad (17.7)$$

Əgər (17.7) düsturunda P_i MPa, V_h litr, dövrlər sayı isə $dəq^{-1}$ ilə verilərsə onda indikator gücü kVt ilə alınar:

$$N_i = \frac{P_i V_h n}{30\tau} \text{ [kVt]}. \quad (17.8)$$

Dördtaktlı mühərriklər üçün:

$$N_i = \frac{P_i V_h n}{120} \text{ [kVt]} \quad (17.9)$$

İkitaktlı mühərriklər üçün:

$$N_i = \frac{P_i V_h n}{60} \text{ [kVt]} \quad (17.10)$$

Bir silindr üçün indikator gücü:

$$N_i = \frac{P_i V_h n}{30\tau} \text{ [kVt]} \quad (17.11)$$

YOXLAMA SUALLAR

1. Mühərrikin orta indikator təzyiqi qrafiki üsulla necə təyin edilir?
2. Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərriklərinin nəzəri orta indikator təzyiqi analitik üsulla necə təyin edilir?
3. Mühərrikin indikator gücü nəyə deyilir və necə təyin edilir?

Mühazirə 18

Mühərrikin indikator f.i.ə. və xüsusi indikator yanacaq sərfi.

Mühərrikin effektiv parametrləri. Mühərrikin mexaniki itkilərinin orta təzyiqi və gücü.

18.1. Indikator f.i.ə. və xüsusi indikator yanacaq sərfi.

İndikator f.i.ə. (η_i) mühərrikin həqiqi siklinin təkmillilik səviyyəsini göstərən parametr olub, mühərrikdə yandırılan yanacağın enerjisindən indikator işi almaq üçün nə dərəcədə istifadə olunduğunu göstərir və indikator işinə ekvivalent olan istiliyin yandırılan yanacağın verdiyi istiliyə nisbəti kimi tapılır:

$$\eta_i = \frac{L'_i}{H_u}, \quad (18.1)$$

burada: L'_i – indikator işinə ekvivalent olan istilik $\left[\frac{MC}{kq} \right]$,

H_u – yanacağın aşağı yanma istiliyidir $\left[\frac{MC}{kq} \right]$.

Göründüyü kimi, indikator f.i.ə. həqiqi sikldə bütün istilik itkilərini nəzərə alır.

Maye yanacaq ilə işləyən nəqliyyat mühərrikləri üçün:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot \alpha \cdot l_0}{H_u \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v}, \quad (18.2)$$

burada: P_i — MPa, l_0 — $\frac{kq \cdot hava}{kq \cdot yanacaq}$, H_u — $\frac{MC}{kq \cdot yanacaq}$, ρ_k — $\frac{kq}{m^3}$ ilə ifadə edilir.

Qaz yanacağı ilə işləyən mühərriklər üçün:

$$\eta_i = \frac{371.2 \cdot 10^{-6} \cdot M'_i \cdot T_{0(k)} \cdot P_i}{H'_u \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v}, \quad (18.3)$$

burada: M'_i — $\frac{mol \cdot hava}{mol \cdot yanacaq}$, T_k — K, P_i — MPa, H'_u — $\frac{MC}{m^3}$, ρ_k — $\frac{kq}{m^3}$ ilə ifadə edilir.

Müasir DYM-də η_i aşağıdakı hədlərdə dəyişir.

- qılgılcımla alışırmalı mühərriklər üçün $\eta_i = 0.26 \div 0.35$;

- dizel mühərriklər üçün $\eta_i = 0.40 \div 0.50$.

Xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i) mühərrikin vahid zamanda vahid güc almaq üçün sərf etdiyi yanacaq miqdarı olub onun qənaətliliyini xarakterizə edir. g_i -si kiçik olan mühərrik daha qənaətli hesab olunur.

Maye yanacaq ilə işləyən mühərriklərdə xüsusi indikator yanacaq sərfi isə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$g_i = \frac{3600}{\eta_i H_u} \left[\frac{qr}{kVt \cdot saat} \right] \quad (18.4)$$

və yaxud

$$g_i = \frac{3600 \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v}{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha} \left[\frac{qr}{kVt \cdot saat} \right]. \quad (18.5)$$

Qaz yanacağı ilə işləyən mühərriklərdə *xüsusi istilik sərfindən* istifadə edilir ki, bu da vahid zamanda vahid güc almaq üçün sərf olunan istilik miqdarıdır.

Xüsusi indikator istilik sərfi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$q_i = v_i H'_u \left[\frac{MC}{kVt \cdot saat} \right], \quad (18.6)$$

burada v_i – qaz yanacağıının xüsusi indikator sərfidir:

$$v_i = \frac{3.6}{\eta_i H'_u} \left[\frac{m^3}{kVt \cdot saat} \right] \quad (18.7)$$

və yaxud

$$v_i = 9700 \frac{\rho_{0(k)} \cdot \eta_v}{M'_1 \cdot T_{0(k)} \cdot P_i} \left[\frac{m^3}{kVt \cdot saat} \right]. \quad (18.8)$$

(18.8) düsturunu (18.6)-da nəzərə alsaq, yazı bilərik:

$$q_i = v_i H'_u = \frac{9700 \cdot \eta_v \cdot \rho_{0(k)} \cdot H'_u}{M'_1 \cdot T_k \cdot P_i} \left[\frac{MC}{kVt \cdot saat} \right]. \quad (18.9)$$

Mühərrikin nominal iş rejimində xüsusi yanacaq sərfələri aşağıdakı hədlərdə olur:

- qılgılcımla alışdırılmalı benzin mühərriklərində $g_i = 180 \div 275 \frac{qr}{kVt \cdot saat}$;
- dizel mühərriklərində $g_i = 170 \div 210 \frac{qr}{kVt \cdot saat}$;
- qaz mühərriklərində $q_i = 10.5 \div 13.5 \frac{MC}{kVt \cdot saat}$.

18.2. Mexaniki itkilər.

Müxtəlif mexaniki müqavimətlərin (dirsək-şatun mexanizmindəki sürtünmələri, köməkçi mexanizmlərin hərəkətə gətirilməsi və s.) dəf olunmasına, sorma və xaric proseslərinin həyata keçirilməsinə sərf olunan iş mexaniki itkilər adlandırılır. Mexaniki itkilər, ya mexaniki itkilərin orta təzyiqinə (P_m), ya da ki, mexaniki itkilərə sərf olunan gücə (N_m) görə qiymətləndirilir.

Mühərrikin hesabı zamanı mexaniki itkilərin orta təzyiqi təxmini olaraq porşenin orta sürətinə görə aşağıdakı empirik düsturlarla təyin edilir:

- silindrlərinin sayı altıya qədər və $S/D > 1$ olan qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə

$$P_m = 0.049 + 0.0152v_{por.} [MPa] \quad (18.10)$$

- $S/D < 1$ olan səkkizsilindrlı qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə

$$P_m = 0.039 + 0.0132v_{por.} [MPa] \quad (18.11)$$

- silindrlərinin sayı altıya qədər və $S/D \leq 1$ olan qılgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə

$$P_m = 0.034 + 0.0112v_{por.} [MPa] \quad (18.12)$$

- birkamerli dördtaktlı dizellərdə

$$P_m = 0.089 + 0.0118v_{por.} [MPa] \quad (18.13)$$

- önkamerli dizellərdə

$$P_m = 0.013 + 0.0153v_{por.} [MPa] \quad (18.14)$$

- burulğan yanma kamerli dizellərdə

$$P_m = 0.089 + 0.0135v_{por.} [MPa] \quad (18.15)$$

burada $v_{p.or}$ – porşenin orta sürətidir $\left[\frac{m}{s} \right]$.

Müxtəlif növ mühərriklər üçün porşenin orta sürəti aşağıdakı hədlərdə qəbul edilir:

- minik avtomobillərinin qılgılcımla alışdırılmalı benzin mühərrikləri üçün $v_{por.} = 12 \div 15 \frac{m}{s}$,

- yük avtomobillərinin qığılcımla alışdırılmalı benzin mühərrikləri üçün $v_{por.} = 9 \div 12 \frac{m}{s}$,

- qaz yanacağı ilə işləyən avtomobil mühərrikləri üçün $v_{por.} = 7 \div 11 \frac{m}{s}$.

- avtomobil dizelləri üçün $v_{por.} = 6.5 \div 12 \frac{m}{s}$; - traktor dizelləri üçün $v_{por.} = 5.5 \div 10.5 \frac{m}{s}$.

Mexaniki itkilərə sərf olunan güc isə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$N_m = \frac{P_m V_h n}{30\tau} [kVt], \quad (18.16)$$

burada P_m — MPa , V_h — dm^3 və yaxud $litr$ -lə, n isə $dəq^{-1}$ ilə ifadə edilir.

YOXLAMA SUALLAR

1. Mühərrikin indikator f.i.ə. nədir, necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
2. Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi, qaz mühərriklərində isə xüsusi indikator istilik sərfi nəyə deyilir, necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
3. Həqiqi orta indikator təzyiqi nəzəri orta indikator təzyiqindən nə ilə fərqlənir və hansı hədlərdə dəyişir?
4. Mühərrikin mexaniki itkiləri nəyə deyilir, hansı amillərdən asılıdır və hansı parametrlərlə xarakterizə edilir?
5. Mühərrikin mexaniki itkilərinin orta təzyiqi və mexaniki itkilərə sərf olunan güc necə təyin edilir?
6. Porşenin orta sürəti hansı hədlərdə dəyişir?

Mühazirə 19
Mühərrikin orta effektiv təzyiqi, effektiv gücü, effektiv və mexaniki f.i.ə.-ları, xüsusi effektiv yanacaq sərfi.

19.1. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi.

Orta effektiv təzyiq (P_e) mühərrikin dirsəkli valındakı effektiv işin silindrin işçi həcminə nisbətidir. Hesablamalarda P_e orta indikator təzyiqinə görə təyin edilir:

$$P_e = P_i - P_m \text{ [MPa]}. \quad (19.1)$$

Mexaniki əlaqəli üstəlik üfurməli mühərriklər üçün:

$$P_e = P_i - P_m - P_n \text{ [MPa]}, \quad (19.2)$$

burada P_n – üfürücü nasosun hərəkətə gətirilməsi üçün itirilən təzyiqdir.

Müxtəlif növ mühərriklər üçün nominal iş rejimində orta effektiv təzyiq aşağıdakı hədlərdə olur:

- qıgılcımla alışdırılmalı dördtaktlı mühərriklərdə

$$P_e = 0.5 \div 1.3 \text{ MPa};$$

- dördtaktlı üstəlik üfurməsiz dizellərdə

$$P_e = 0.55 \div 0.85 \text{ MPa};$$

- dördtaktlı üstəlik üfurməli dizellərdə

$$P_e = 0.8 \div 2.0 \text{ MPa};$$

- ikitaktlı yüksək dövrlü dizellərdə

$$P_e = 0.4 \div 0.75 \text{ MPa}.$$

Orta effektiv təzyiqin böyüməsi nəticəsində silindrin işçi həcmindən daha səmərəli istifadə olunur ki, bu da yüngül və yığcam konstruksiyalı mühərriklərin yaradılmasına imkan verir.

19.2. Mexaniki f.i.ə.

Mexaniki f.i.ə. mühərrikin mexaniki itkilərini xarakterizə edir və aşağıdakı nisbətlərlə ifadə edilir:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{P_i - P_m}{P_i} = 1 - \frac{P_m}{P_i}. \quad (19.3)$$

Mühərriklərdə mexaniki itkilər artdıqca η_m kiçilir. Qıgılcımla alışdırılmalı mühərriklərdə yük azaldıqca nasos itkiləri artdığından P_m də çox kəskin artır. Boş işləmə rejimində $P_i = P_m$ və $\eta_m = 0$ olur. Mühərriklərdə sürtünmələrə və köməkçi mexanizmlərin hərəkəti üçün sərf olunan itkilər azaldıqca və müəyyən hədlərə qədər yük artırıldıqda mexaniki f.i.ə. böyüyür.

Müxtəlif növ nəqliyyat mühərrikləri üçün, nominal iş rejimində, mexaniki f.i.ə. aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qıgılcımla alışdırılmalı dördtaktlı mühərriklərdə $\eta_m = 0.7 \div 0.9$;

- dördtaktlı üstəlik üfurməsiz dizellərdə $\eta_m = 0.7 \div 0.82$;

- dördtaktlı üstəlik üfurməli dizellərdə $\eta_m = 0.8 \div 0.9$;

- ikitaktlı yüksək dövrlü dizellərdə $\eta_m = 0.7 \div 0.85$.

19.3. Mühərrikin effektiv gücü.

Effektiv güc mühərrikin dirsəkli valında alınan gücdür. Effektiv güc indikator gücündən mühərrikin mexaniki itkilərinə sərf olunan güc qədər azdır:

$$N_e = N_i - N_m \text{ [kVt]}. \quad (19.4)$$

Mühərrikin mexaniki f.i.ə. məlum olarsa N_e indikator gücünə görə təyin edilə bilər:

$$N_e = N_i \eta_m \text{ [kVt]}. \quad (19.5)$$

Mühərrikin effektiv gücünü orta effektiv təzyiqə görə də hesablamaq mümkündür:

$$N_e = \frac{P_e V_h \ln}{30\tau} \text{ [kVt]}, \quad (19.6)$$

burada: V_h — dm^3 və yaxud *litrlə*, P_e — *MPa* ilə, n — $d\alpha q^{-1}$ ilə ifadə edilir.

Effektiv güc ilə mühərrikin digər parametrləri arasındakı əlaqə aşağıdakı asılılıqla ifadə olunur:

$$N_e = \frac{V_h \ln}{30\tau} \cdot \frac{H_u}{\alpha l_0} \rho_k \eta_v \eta_i \eta_m \text{ [kVt]} \quad (19.7)$$

burada H_u — $\frac{MC}{kq}$ ilə və ρ_k — $\frac{kq}{m^3}$ ilə ifadə edilir.

(19.6) və (19.7) ifadələrinin təhlili göstərir ki, mühərrikin effektiv gücü aşağıdakı tədbirlərin həyata keçirilməsi nəticəsində böyüdülmə bilər:

- a) silindrin diametrinin və porşenin gedişinin artırılması hesabına işçi həcmi böyüdülməsi;
- b) silindrlərin sayının artırılması;
- c) mühərrikin dövrlər sayının artırılması;
- d) mühərrikin dördtaktlı sikldən ikitaktlı siklə keçirilməsi;
- e) yanacağın aşağı yanma istiliyinin artırılması;
- f) yanıcı qarışığın sıxlığının və doldurma əmsalının böyüdülməsi (məsələn, üstəlik üfürmə və ətalətli doldurma tətbiq etməklə, sorma və xaricətmə sistemlərində müqavimətlərin azaldılması ilə və s.);

g) yanma prosesinin təkmilləşdirilməsi, sıxma və genişlənmə proseslərində istilik itkilərinin azaldılması nəticəsində indikator f.i.ə.-nin artırılması;

h) mühərrikin mexaniki f.i.ə.-nin yüksəldilməsi (məsələn, daha keyfiyyətli yağlardan istifadə etməklə nasos itkilərini azaltmaqla və s.).

Mühərrikin effektiv gücünü bilərək burucu momentin qiymətini tapmaq olar:

$$M_e = 1000 \frac{N_e}{\omega_e} \text{ [Nm]} \quad (19.8)$$

və ya

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{\pi n} \text{ [Nm]}, \quad (19.9)$$

burada ω_e – dirsəkli valın fırlanma tezliyidir $\left[\frac{\text{rad}}{\text{san}} \right]$.

Mühərrikin litr gücü:

$$N_l = \frac{N_e}{V_l} \left[\frac{\text{kVt}}{\text{l}} \right], \quad (19.10)$$

burada V_l – mühərrikin litrajıdır:

$$V_l = iV_h \text{ [l]}. \quad (19.11)$$

19.4. Effektiv f.i.ə. və xüsusi effektiv yanacaq sərfi.

Effektiv f.i.ə. (η_e) mühərrikdə yandırılan yanacağın enerjisindən effektiv güc almaq üçün nə dərəcədə istifadə olunduğunu göstərir.

η_e ümumi halda mühərrikin dirsəkli valındakı effektiv işə ekvivalent olan istilik miqdarının yanacağın yanması nəticəsində alınan ümumi istiliyə nisbəti kimi təyin edilir:

$$\eta_e = \frac{L_e}{H_u}, \quad (19.12)$$

burada L_e – effektiv işə ekvivalent olan istilikdir $\left[\frac{MC}{kq} \right]$.

Mühərrikin mexaniki f.i.ə. ilə effektiv f.i.ə. arasındakı əlaqə aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m. \quad (19.13)$$

Bundan başqa, maye yanacaqlarla işləyən mühərriklər üçün:

$$\eta_e = \frac{P_e}{\rho_k \eta_v} \cdot \frac{\alpha l_0}{H_u}. \quad (19.14)$$

Qaz yanacağı ilə işləyən mühərriklər üçün:

$$\eta_e = \frac{371.2 \cdot 10^{-6} P_e T_k M'_1}{\rho_k \eta_v H'_u}. \quad (19.15)$$

Müxtəlif növ mühərriklər üçün nominal iş rejimində η_e aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- qıgılcımla alıqdırmalı mühərriklər üçün $\eta_e = 0.25 \div 0.38$;
- dizel mühərrikləri üçün $\eta_e = 0.35 \div 0.42$.

Dizel mühərriklərində η_e -nin qıgılcımla alıqdırmalı mühərriklərə nisbətən böyük olması onlarda hava artıqlıq əmsalının yüksək olması nəticəsində yanma prosesinin daha tam getməsidir.

Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e) mühərrikin qənaətliliyini xarakterizə edir və maye yanacaqla işləyən mühərriklərdə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \left[\frac{q}{kVt \cdot saat} \right] \quad (19.16)$$

və yaxud

$$g_e = \frac{3600 \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v}{P_e \cdot l_0 \cdot \alpha} \left[\frac{q}{kVt \cdot saat} \right] \quad (19.17)$$

Mühərrikin saatlıq yanacaq sərfi:

$$G_y = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3} \left[\frac{kq}{saat} \right]. \quad (20.14)$$

Qaz yanacağı ilə işləyən mühərriklərdə isə qaz yanacağının xüsusi effektiv sərfi:

$$v_e = \frac{3.6}{H'_u \eta_e} \left[\frac{m^3}{kVt \cdot saat} \right] \quad (19.18)$$

və yaxud

$$v_e = \frac{9700 \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v}{P_e \cdot M'_1 \cdot T_k} \left[\frac{m^3}{kVt \cdot saat} \right]. \quad (19.19)$$

Mühərrikin saatlıq qaz yanacağı sərfi:

$$G_{q,y} = v_e \cdot N_e \left[\frac{m^3}{saat} \right]. \quad (19.20)$$

Xüsusi effektiv istilik sərfi isə

$$q_e = v_e H'_u = \frac{9700 \cdot \rho_{0(k)} \cdot \eta_v \cdot H'_u}{P_e \cdot M'_1 \cdot T_k} \left[\frac{MC}{kVt \cdot saat} \right] \quad (19.21)$$

ifadələri ilə təyin edilir.

Müasir avtomobil və traktor mühərrikləri üçün nominal yük rejimlərində xüsusi effektiv yanacaq və istilik sərfələri aşağıdakı hədlərdə dəyişir:

- maye yanacaqla işləyən qıgılcımla alıqdırmalı mühərriklər üçün $g_e = 200 \div 310 \frac{q}{kVt \cdot saat}$;
- birkamerli dizellər üçün $q_e = 210 \div 245 \frac{q}{kVt \cdot saat}$;

- burulğan və ön yanma kamerli dizellər üçün $g_e = 220 \div 260 \frac{q}{kVt \cdot saat}$;

- qaz mühərrikləri üçün $q_e = 12 \div 17 \frac{MC}{kVt \cdot saat}$.

YOXLAMA SUALLAR

1. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi nəyə deyilir, necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
2. Mühərrikin mexaniki f.i.ə. nəyə deyilir, necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?
3. Mühərrikin effektiv gücü nəyə deyilir, necə təyin edilir və onun artırılması yolları hansılardır?
4. Mühərrikin effektiv burucu momenti və litr gücü nəyə deyilir və necə təyin edilir?
5. Mühərrikin effektiv f.i.ə. və xüsusi effektiv yanacaq sərfi, qaz mühərriklərində isə xüsusi effektiv istilik sərfi nəyə deyilir, necə təyin edilir və hansı hədlərdə dəyişir?

Mühazirə 20

Mühərrikin əsas ölçülərinin təyini və istilik balansı.

20.1. Mühərrikin əsas ölçülərinin təyin edilməsi.

Mühərrikin əsas ölçüləri dedikdə silindrin diametri (D) və porşenin gedişi (S) başa düşülür. Bu ölçülər silindrin və bütün mühərrikin işçi həcmi (litrajını) təyin edir.

Mühərrikin effektiv gücü (N_e) dövrlər sayı (n), növü və işlətdiyi yanacaq, adətən, layihələndirmə üçün verilir. Orta effektiv təzyiq (P_e) isə istilik hesabı ilə tapıldığından (19.6) düsturundan mühərrikin litrajını ($V_l = iV_h$) təyin edirik:

$$V_l = \frac{30\pi N_e}{P_e n} [dm^3]. \quad (20.1)$$

Bundan sonra silindrlərin sayını (i) qəbul edərək bir silindrin işçi həcmi (V_h) hesablanır:

$$V_h = \frac{V_l}{i} [dm^3]. \quad (20.2)$$

Silindrin diametri və porşenin gedişinə əsasən də silindrin işçi həcmi hesablanırsa bilər:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S [mm^3]. \quad (20.3)$$

Silindrin işçi həcmi təyin edildikdən sonra mühərrikin əsas ölçüləri (20.3) ifadəsindən aşağıdakı iki yolla təyin edilə bilər:

1) porşenin orta sürətinin ($v_{por.}$) qəbul olunmuş qiymətinə görə

$$v_{por.} = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (20.4)$$

ifadəsindən porşenin gedişi hesablanır:

$$S = \frac{v_{por.} \cdot 3 \cdot 10^4}{n} [mm]. \quad (20.5)$$

Bundan sonra (20.3) ifadəsinə görə silindrin diametri təyin edilir:

$$D = 2 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{V_h}{\pi S}} [mm]. \quad (20.6)$$

Daha sonra isə S və D -nin təyin edilmiş qiymətləri böyük tərəfə onda bir dəqiqliyə qədər yuvarlaqlaşdırılır.

2) S/D nisbətinin qəbul olunmuş qiymətinə görə (20.3) ifadəsini aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{S}{D} \cdot D = \frac{\pi D^3}{4} \cdot \left(\frac{S}{D} \right) [dm^3]. \quad (20.7)$$

(20.7)-dən silindrin diametrini hesablayırıq:

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi \frac{S}{D}}} [mm]. \quad (20.8)$$

Porşenin gedişi isə aşağıdakı kimi tapılır:

$$S = D \cdot \left(\frac{S}{D} \right) [mm]. \quad (20.9)$$

Bundan sonra S və D -nin təyin edilmiş qiymətləri böyük tərəfə tam ədədlərə qədər yuvarlaqlaşdırılır və porşenin orta sürəti hesablanır:

$$v'_{por.} = \frac{Sn}{3 \cdot 10^4} \left[\frac{m}{s} \right]. \quad (20.10)$$

Daha sonra isə, porşenin orta sürətinin əvvəlcə qəbul olunmuş qiyməti ilə (20.10) ifadəsinə görə təyin edilmiş qiyməti arasındakı xəta tapılır:

$$\Delta = \frac{|v'_{p.or.} - v_{p.or.}|}{v_{p.or.}} \cdot 100\% . \quad (20.11)$$

Xəta 3-4 %-dən kiçik olduqda hesablamaların nəticələri qənaətbəxş hesab edilir. Əks halda $v'_{p.or.} = v_{p.or.}$ qəbul olunaraq mühərrikin effektiv göstəriciləri yenidən hesablanır.

20.2. Mühərrikin istilik balansı.

Mühərrikdə yanacağın yanması nəticəsində alınan istiliyin faydalı işə və ayrı-ayrı itkilərə hansı nisbətdə paylandığını araşdırmaq üçün istilik balansından istifadə olunur. Mühərrikin istilik balansı ümumi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$Q_{üm.} = Q_e + Q_s + Q_r + Q_n + Q_m + Q_{qal.} \left[\frac{C}{s} \right], \quad (20.12)$$

burada $Q_{üm.}$ – silindrdə yanacağın yanması nəticəsində ayrılan ümumi istilikdir:

$$Q_{üm.} = H_u \cdot \frac{G_y}{3.6} \left[\frac{C}{s} \right], \quad (20.13)$$

burada: H_u – yanacağın aşağı yanma istiliyi $\left[\frac{kC}{kq} \right]$,

G_y – mühərrikin saatlıq yanacaq sərfidir $\left[\frac{kq}{saat} \right]$.

Q_e – faydalı işə ekvivalent olan istilikdir:

$$Q_e = 1000 \cdot N_e \left[\frac{C}{s} \right] \quad (20.14)$$

və ya

$$Q_e = Q_{üm} \eta_e \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.15)$$

Q_s – soyutma sisteminə verilən istilikdir:

$$Q_s = \frac{ciD^{1+2m}n^m(H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u} \left[\frac{C}{s} \right], \quad (20.16)$$

burada $c = 0.45 \div 0.53$ – mütənəsblik əmsalı, i — silindrlərin sayı, D – silindrin diametri [sm],
 $m = 0.6 \div 0.7$ – üst göstəricisi, n – mühərrikin dövrlər sayı, $[daq^{-1}]$, ΔH_u – natamam yanma nəticəsində itirilən istilik $\left[\frac{kC}{kq} \right]$, α – hava artıqlıq əmsalıdır.

Dizel mühərriklərində $\Delta H_u = 0$ olduğundan (20.15) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$Q_s = \frac{ciD^{1+2m}n^m}{\alpha} \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.17)$$

Q_r – işlənmiş qazların apardığı istilik:

$$Q_r = \frac{H_u}{3.6} \left[M_2 \left[(mc_v'')_{t_0}^{t_r} + 8.315 \right] \cdot t_r - M_1 \left[(mc_v'')_{t_0}^{t_k} + 8.315 \right] t_k \right] \left[\frac{C}{s} \right], \quad (20.18)$$

burada $(mc_v'')_{t_0}^{t_r}$ və $(mc_v'')_{t_0}^{t_k}$ – uyğun olaraq, işlənmiş qazların və havanın sabit həcmdəki xüsusi istilik

tutumlarıdır $\left[\frac{kC}{kmol \cdot der.} \right]$,

Q_n – natamam yanma nəticəsində itirilən istilik:

$$Q_n = \Delta H_u \cdot \frac{G_y}{3.6} \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.19)$$

Dizel mühərriklərində $\Delta H_u = 0$ olduğundan $Q_n = 0$ qəbul olunur.

$$Q_m - \text{mexaniki itkilərə sərf olunan istilik: } Q_m = Q_i - Q_e \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.20)$$

Q_i – silindrdə indikator işinə çevrilən istilikdir:

$$Q_i = Q_{\text{üm}} \eta_i \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.21)$$

$Q_{\text{qal.}}$ – balansın qalıq həddidir:

$$Q_{\text{qal.}} = Q_{\text{üm.}} - (Q_e + Q_s + Q_r + Q_n + Q_m) \left[\frac{C}{s} \right]. \quad (20.22)$$

Mühərrikləri müqayisə etdikdə və yaxud istilik balansını daha əyani qiymətləndirmək lazım gəldikdə, istilik balansının hədləri faizlə (%) ifadə edilir:

$$q_e = \frac{Q_e}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%; \quad q_s = \frac{Q_s}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%; \quad q_r = \frac{Q_r}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%;$$

$$q_n = \frac{Q_n}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%; \quad q_m = \frac{Q_m}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%; \quad q_{\text{qal}} = \frac{Q_{\text{qal}}}{Q_{\text{üm}}} \cdot 100\%.$$

Qığılcımla alışdırılmalı və dizel mühərrikləri üçün istilik balansının hədləri %-lə cədvəl 2.2-də verilmişdir:

Cədvəl 20.1

S.S.	İstilik balansının hədləri [%]	Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklər	Dizel mühərrikləri	
			Üstəlik üfurməsiz	Üstəlik üfurməli
1	Faydalı işə ekvivalent olan istilik, q_e	21÷28	29÷42	35÷45
2	Soyutma sisteminə verilən istilik, q_s	12÷27	15÷35	10÷25
3	İşlənmiş qazların apardığı istilik, q_r	30÷55	25÷45	25÷40
4	Natamam yanma nəticəsində itirilən istilik, q_n	0÷20	-	-
5	Mexaniki itkilərə ekvivalent olan istilik, q_m	5÷8	7÷12	3÷7
6	Balansın qalıq həddi, q_{qal}	3÷8	2÷5	2÷5

YOXLAMA SUALLAR

1. Mühərrikin əsas konstruktiv ölçüləri, litrajı nədir və necə təyin edilir?
2. Porşenin orta sürətinə görə mühərrikin əsas konstruktiv ölçüləri necə təyin edilir?
3. S/D nisbətinə görə mühərrikin əsas konstruktiv ölçüləri necə təyin edilir?
4. Porşenin orta sürətinin qəbul olunmuş qiyməti necə yoxlanılır?
5. Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərin indikator diaqramı necə qurulur?
6. Dizel mühərriklərinin indikator diaqramı necə qurulur?
7. Nəzəri və həqiqi orta indikator təzyiqlərinin analitik üsulla alınmış qiymətləri qrafiki üsul ilə alınmış qiymətlərlə necə müqayisə olunur?
8. Qığılcımla alışdırılmalı mühərriklərin istilik balansı ümumi şəkildə necə ifadə olunur?
9. Dizel mühərriklərinin istilik balansı ümumi şəkildə necə ifadə olunur?
10. Silindrdə yanacaqın yanması nəticəsində ayrılan ümumi istilik necə təyin edilir?
11. Faydalı işə ekvivalent olan istilik necə təyin edilir?
12. Soyutma sisteminə verilən istilik necə təyin edilir?
13. Xaric qazlarının apardığı istilik necə təyin edilir?
14. Natamam yanma nəticəsində itirilən istilik necə təyin edilir?
15. Mexaniki itkilərə sərf olunan istilik necə təyin edilir?

Mühazirə 21

Reaktiv mühərriklərin yaranma tarixi haqqında məlumat və onların təsnifatı.

Tarixi. Reaktiv mühərriklərin (hava reaktiv mühərrikləri) tarixi aviasiyanın tarixi ilə qırılmaz əlaqədədir. Aviasiyanın inkişafı onun mövcud olmasının bütün tarixi ərzində, hər şeydən əvvəl aviasiya mühərriklərinin inkişafı ilə təmin olunurdu, aviasiyanın mühərriklərə qoyduğu artan tələbatlar isə aviasiya mühərriqayırmasının güclü stimulu idi.

Müstəqil olaraq Yerdən qalxan birinci təyyarə (Rayt qardaşlarının konstruksiyası olan “Flyer-1” ABŞ 1903-cü il) porşenli daxili yanma mühərriki ilə təchiz edilmişdir və qırx il ərzində bu tip mühərrik təyyarəqayırmada əsas olaraq qalırdı. Lakin İkinci Dünya müharibəsinin sonunda porşenli mühərriklərin gücünün artırılması tələbatı aviasiya mühərriklərinə qoyulan digər tələbatlarla — yığcamlılıq və çəkinin məhdudlaşması həlledilməz ziddiyyətlə qarşılaşdı. Porşenli mühərriklərin təkmilləşdirilməsi yolu ilə aviasiyanın sonrakı inkişafı mümkün deyildi və ona real alternativ olaraq, hələ XVIII və XIX əsrlərdə müxtəlif variantları təklif edilən hava-reaktiv mühərrikləri oldu.

Qazturbın mühərrikinin birinci patenti ingilis Con Barberə 1791-ci ildə verilmişdir. Hava-reaktiv mühərrikli təyyarələrin birinci layihələri XIX əsrin 60-cı illərində P.Mafiotti (İspaniya), Ş. De Luvrye (Fransa) tərəfindən yaradılmışdır. 1913-cü ildə fransız Rene Loren düzaxınlı hava-reaktiv mühərrikinin patentini aldı.



Şək.21.1. Heinkel He 178 birinci turboreaktiv təyyarə.

Turboreaktiv mühərrikli (TRM) HeS 3 havaya qalxan birinci təyyarə təyyarəçi-sınaqçı flükapitan Erix Varzisin (27 avqust 1939-cu il) idarə etdiyi fon Oxaynın konstruksiyası olan He 178 (Heynkel firması Almaniya) idi. Bu təyyarə sürətə (700 *km/saat*) görə maksimal sürətləri 650 *km/saat* keçməyən öz dövrünün bütün porşenli qırıcılarını üstələyirdi, lakin daha az qənaətliliyə malik idi və bunun nəticəsində az uçuş radiusuna malik idi. Digər tərəfdən onun uçub qalxma və enmə sürətləri porşenli təyyarələrə nisbətən böyük idi, buna görə də ona daha uzun keyfiyyətli örtüyü olan uçuş-eniş zolağı tələb olunurdu.



Şək.21.2. Dünyada birinci iriseriyalı TRM Jumo-004.

1944-cü ilin avqustundan Almaniya Yunkers firmasının Jumo-004 iki turboreaktiv mühərrikləri ilə təchiz olunan Messerschmitt Me.262 reaktiv qırıcı-bombardmançı təyyarələrin seriyalı istehsalına başlandı. 1944-cü ilin noyabrından isə həmin mühərriklərlə həm də Arado Ar 234 Blitz birinci reaktiv bombardmançı buraxılmağa başlandı. İkinci dünya müharibəsində antihitler koalisiyası üzrə formal iştirak edən reaktiv təyyarə F. Uittlin konstruksiyası olan Rolls-

Royce Derwent 8 TRM-li "Gloster Meteor" (Böyük Britaniya) idi (seriyalı istehsalı almanlardan tez başlamışdır).

Müharibədən sonrakı illərdə reaktiv mühərriqəyırma aviasiyada yeni imkanlar açdı. Bunlardan səs sürətindən yuxarı sürətlərdə uçuşlar və porşenli təyyarələrin yükləyirmə qabiliyyətini dəfələrlə üstələyən təyyarələrin yaradılması idi.

Rusiyada birinci seriyalı reaktiv təyyarə Як-3 planerinin bazasında V.Y.Klimovun mühərriqəyırma KB-da qənimət kimi ələ keçirilmiş Jumo-004 mühərrikinin adaptasiyasında РД-10 mühərriki ilə yerinə yetirilən Як-15 (1946-cı il) qırıcısı idi.

Bir ildən sonra isə A.M.Lyulka KB-da (indiki "Saturn" EİB) işlənmiş birinci, TP-1 turboreaktiv mühərriki dövlət sınağından keçdi.

Birinci rus reaktiv sərnişin avialayneri A.A.Mikulın KB-da işlənmiş РД-3М-500 (AM-3М-500) iki turboreaktiv mühərriklərlə təchiz olunmuş Tu-104 (1955) idi.

Hələ 1913-cü ildə patentlənmiş düxaxınlı hava reaktiv mühərriki (DHRM) özünün sadəliyi ilə, əsasən səsdən iti sürətlərdə potensial işləmə qabiliyyəti və atmosferin ən hündür, daha çox seyrəkli qatlarında, yəni HRM-in başqa tiplərinin işləməsi mümkün olmayan və ya az effektiv olan şəraitlərdə işləməsi konstruktorları cəlb edirdi. 1930-cu illərdə bu tip mühərriklərlə ABŞ-da (Uilyam Everi), Rusiyada (F.A.Sander, B.S.Steçkin, Y.A.Pobedonostsev) eksperimentlər aparılırdı.



Şək.21.3. DHRM ilə uçan birinci aparat Leduc 010 (Le Burje Muzeyi) idi.

Birinci uçuş — 19 noyabr 1946-cı il.

Pilotlu təyyarələrdə istifadə üçün bir sıra çatışmazlıqlara malik olaraq (yerində sıfır dartqısı, aşağı uçuş sürətlərində az effektivlik), özünün sadəliyi, o cümlədən ucuzluğu və etibarlılığı ilə pilotsuz bir dəfəlik mərmilər və qanadlı raketlər üçün DHRM HRM-nin üstün tipi sayılır. 50-ci illərdən başlayaraq ABŞ-da bir sıra eksperimental təyyarələr və müxtəlif təyinatlı seriyalı qanadlı raketlər yaradılmışdır.



Şək.21.4. PHRM Fau-1 ilə təyyarə-mərmisi (muzey eksponatı).

Pulsasiyalı hava-reaktiv mühərriki (PHRM) XIX əsrdə İsveç ixtiraçısı Martin Viberq tərəfindən ixtira edilmişdir. Ən çox məlum olan PHRM-li uçan aparat (və tək seriyalı olan) Argus-Werken firmasının istehsalı olan Argus As-014 mühərrikli alman təyyarə-mərmisi Fau-1 idi. Müharibədən sonra Fransada (SNECMA kompaniyası) və ABŞ-da (Pratt & Whitney, General Electric) pulsasiyalı hava-reaktiv mühərriklər sahəsində tədqiqatlar davam edirdi, sadə və ucuz olmasına görə bu tip kiçik mühərriklər aviamodelçilər arasında və pərəstişkar aviasiyada çox məşhurlaşdı və PHRM-nin, onların klapanlarının (tez sıradan çıxan ehtiyat hissəsi) satışını yerinə yetirən kommersiya firmaları yarandı.

Turbopərli mühərrik.

İkikonturluq dərəcəsi 2-dən yuxarı olan ikikonturlu turboreaktiv mühərrik (İTRM) *turbopərli* adlandırılır. Bu mühərriklərin ikikonturluq dərəcəsinin yuxarı qiyməti 12-ə çata bilər (Rolls-Royce Trent). İkikonturluq dərəcəsi yüksək olan İTRM, bir qayda olaraq, qarışdırma kamerası olmadan yerinə yetirilir. Belə mühərriklərin böyük giriş diametrinin olmasına görə onların xarici konturunun ucluğunu mühərrikin çəkisinin azaldılması və xarici konturun traktında hava müqavimətinin azaldılması məqsədi ilə tez-tez qısa hazırlayırlar.



Şək.21.5. Boinq -747 avialaynerinin GE90 turbopərli mühərriki.

Tətbiq sahəsi. Onu da demək lazımdır ki, 1960-cə ildən bu günə qədər təyyarə aviamühərrikkəyiymasında İTRM erasıdır. Yüksəksürətli aşağı ikikonturluq dərəcəli qırıcı-tutuculardan başlayaraq yüksək ikikonturluq dərəcəli İTRM-li çox böyük kommersiya və hərbi-nəqliyyat təyyarələrinə qədər olan bütün təyyarələrdə istifadə edilən müxtəlif tip İTRM hava-reaktiv mühərriklərinin ən çox yayılan sinfidirlər.

Turbovintli mühərrik.

Konstruktiv olaraq mühərrikin yaratdığı güc hava vintinin valına, adətən düzünə deyil, reduktor vasitəsi ilə ötürülən turbovintli mühərrik (TVM) TRM ilə oxşardır.

Turbovintli mühərriklər nəqliyyat və sərnişin aviasiyasında istifadə edilir.

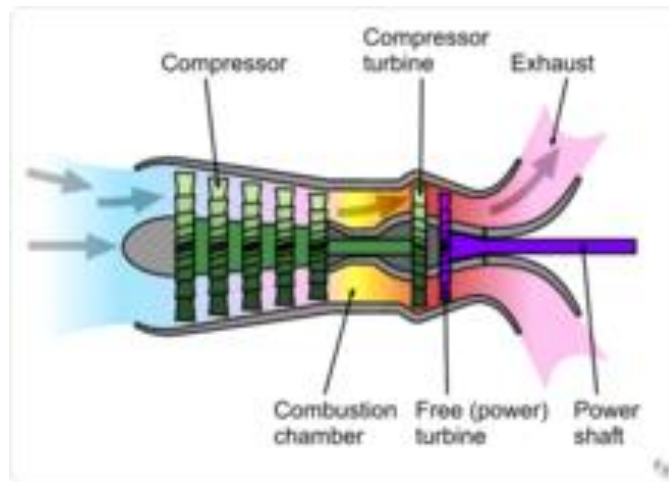


Şək.21.6. Turbovintli mühərrik. Vintin turbin valından olan intiqalı reduktor vasitəsi ilə yerinə yetirilir.

Turboval mühərriki.

Turboval mühərriklər konstruktiv olaraq turbinin əlavə kaskadının əmələ gətirdiyi gücün, ən çox hallarda reduktor vasitəsi ilə güc azaldan vala verilən turboreaktiv mühərriklərdir. Belə ki, turbin, kompressor və güc azaldan val arasında mexaniki yox, yalnız qazodinamik əlaqə vardır. Turboval mühərriklərini *dolayı reaksiyalı* HRM-nə aid edirlər. Bu mühərriklər reaktiv sayılmırlar, turbində xaric qazlarının yaratdığı reaksiya onun cəmi dartqısının 10 %-ə qədərini təşkil edir, eyni zamanda ənənəvi olaraq onları hava-reaktiv mühərriklərə aid edirlər.

Helikopterlərin vintinin intiqalı üçün istifadə edilir.



Şək.21.7. Turboval mühərrikin sxemi — güc azaldan val.

Vint-pərli mühərrik.

Turbovintli mühərrikin (TVM) istismar xarakteristikalarını yaxşılaşdırmaq üçün bir və ya iki cərgə qanadı olan xüsusi çoxqanadlı oxşəkilli *addımı dəyişən vintlər* (ADV) tətbiq edilir. Belə ADV azaldılmış diametrli vintlə əhatə olunan sahədə daha yüksək yüklənməyə məruz qalır, lakin nisbətən böyük 0.8-0.85 FİƏ saxlayırlar. Belə vintləri vint-pərli (VP), mühərriki isə açıq vint-pərli ilə turbovint-pərli (TVPM) adlandırırlar.

Bu günkü günə qədər bu tip mühərrikin yalnız bir seriyalı nümunəsi məlumdur — kreyser uçuş sürəti 670 km/saat olan Як-44 və kreyser uçuş sürəti 750 km/saat olan An-70 təyyarəsində istifadə edilən Д-27 (А.В.Івченко adına ЗМКБ "Поршень", Zaporozhye ş. Ukraina) mühərriki.

Д-27 mühərrikində soyuq hava axını iki eynioxlu bir-birinə əks istiqamətdə fırlanan, turboval mühərrikinin sərbəst dördpilləli turbinindən hərəkət alan çoxqanadlı qılınçşəkilli vintlərlə yaradılır.



Şək.21.8. Д-27 vint-pərli mühərrikli Як-44 təyyarəsi.

YOXLAMA SUALLAR

1. Reaktiv mühərriklərin ilk konstruksiyaları neçənci ildə və kim tərəfindən yaradılmışdır?
2. Reaktiv mühərriklərin işləmə prinsipi necədir və necə təsnifatlandırılır?
3. İlk turboreaktiv mühərrikin (TRM) nə vaxt yaradılmışdır, harada tətbiq edilmişdir və işləmə prinsipi necədir?
4. Turbopərli mühərrikin işləmə prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
5. Turbovintli mühərrikin işləmə prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
6. Turboval mühərrikin işləmə prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
7. Vint-pərli mühərrikin işləmə prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?

Mühazirə 22

Hava-reaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin iş prinsipi və quruluşları haqqında məlumat.

22.1. Hava-reaktiv mühərriki (HRM).

Hava-reaktiv mühərrik (HRM) — işçi cisim kimi atmosferdən götürülən hava və yanacaq havada olan oksigenlə oksidləşmə məhsullarının qarışığını istifadə edən istilik reaktiv mühərrikidir. İşçi cisim oksidləşmə reaksiyası hesabına qızır və genişlənərək reaktiv dartı əmələ gətirərək böyük sürətlə mühərrikdən çıxır.

Hava-reaktiv mühərrikləri bir qayda olaraq atmosferdə uçuş üçün nəzərdə tutulan uçuş aparatların hərəkətə gətirilməsi üçün istifadə edilir.

Hava-reaktiv mühərrikləri ingilis dilində *airbreathing jet engine* kimi tərcümə olunur.

Ümumi iş prinsipləri. HRM-nin bir-birlərindən müəyyən qədər fərqlənən konstruksiyaları, xarakteristikaları və tətbiq sahələrinin müxtəlifliyinə baxmayaraq bütün HRM üçün ümumi olan və onları başqa tip istilik mühərriklərindən fərqləndirən bir sıra prinsipləri fərqləndirmək olar.

Reaktiv dartqı. *Hava reaktiv mühərriki* — mühərrikin ucluğundan (soplo) çıxan işçi cismin reaktiv şırnağı hesabına dartqını yaradan reaktiv mühərrikdir. Bu nöqteyi-nəzərdən HRM raket mühərriki (RM) kimidir, lakin onunla fərqlənir ki, o, işçi cismin çox hissəsini ətraf mühitdən, o cümlədən HRM-də oksidləşdirici kimi istifadə edilən oksigeni də atmosferdən alır. Buna görə HRM atmosferdə uçuş zamanı raket mühərriki ilə müqayisədə üstünlüyə malikdir. Əgər raket mühərriki ilə təchiz olunan uçan aparat həm yanacaq, həm də növündən asılı olaraq yanacağın çəkisindən 2-8 dəfə çox olan oksidləşdirici daşımalıdırsa, onda HRM ancaq öz bortunda yalnız yanacaq ehtiyatına malik olmalıdır.

HRM-nin işçi cismi ucluqdan çıxışda yanacağın yanma məhsulları ilə oksigenin yanmasından sonra qalan hava fraksiyalarının qarışığıdır. Əgər 1 kq kerosinin tam oksidləşməsi üçün (HRM-nin adi yanacağı) təqribən 3.4 kq təmiz oksigen lazım olduğu halda, onda nəzərə alsaq ki, atmosfer havası çəki ilə yalnız 23 % oksigenə malik olduğundan, bu yanacağın tam oksidləşməsi üçün 14.8 kq hava lazımdır və deməli, işçi cisim ən azı öz çəkisinin 94 % qədərini ilkin atmosfer havasından ibarətdir. Praktikada, bir qayda olaraq izafi hava sərfi özünü göstərir (bəzən yanacağın tam oksidləşməsi üçün minimal lazım olanla müqayisədə bir neçə dəfə çox), məsələn, turboreaktiv mühərriklərdə yanacağın kütlə sərfi hava sərfinin 1-2 %-ni təşkil edir. Bu, HRM-nin işinin analizi zamanı, çox hallarda, dəqiqlik üçün çox xəta olmadan, HRM-nin işçi cismini həm çıxışda, həm də girişdə eyni maddə ilə — atmosfer havası kimi, mühərrikin şırnağın axma hissəsinin ixtiyari kəsiyindən keçən işçi cismin sərfini isə eyni olaraq qəbul etməyə imkan verir.

HRM-nin dinamikasını belə izah etmək olar: işçi cisim uçuş sürəti ilə mühərrikə daxil olur, ucluqdan isə reaktiv şırnağın axma sürəti ilə tərk edir. İmpuls balansından HRM-nin reaktiv dartqısı üçün sadə ifadə alınır:

$$P = G \cdot (c - v) , \quad (22.1)$$

burada P – dartqı qüvvəsi, v – uçuş sürəti, c – reaktiv şırnağın axma sürəti (mühərrikə nəzərən), G – mühərrikdən işçi cismin saniyəlik sərfi. Göründüyü kimi, mühərrikin ucluğundan işçi cismin axma sürəti uçuş sürətini üstələyən zaman HRM effektivdir: $c > v$.

İstilik reaktiv mühərrikinin ucluğundan qazın axma sürəti işçi cismin kimyəvi tərkibindən, ucluğa girişdə onun mütləq temperaturundan və mühərrikin ucluğunda işçi cismin genişlənmə dərəcəsindən asılıdır (ucluğa girişdə təzyiqin onun kəsiyindəki təzyiqə nisbəti).

İşçi cismin kimyəvi tərkibini bütün HRM üçün eyni saymaq olar. Mühərrikin iş prosesində işçi cismin temperatur və genişlənmə dərəcəsində isə müxtəlif tip HRM və bir tip HRM-nin müxtəlif nümunələri üçün böyük fərqlər vardır.

RM ilə müqayisədə HRM-nin əsas çatışmazlıqlarını da göstərmək olar:

- HRM yalnız atmosferdə, RM isə istənilən mühitdə və boşluqda işləmə qabiliyyətinə malikdir;
- HRM yalnız verilən mühərrik üçün spesifik olan, uçuş sürəti həddinə qədər effektivdir, RM-nin dartqısı isə uçuş sürətindən asılı deyil;

- HRM *çəkilyə görə xüsusi dartqısı* — mühərrikin dartqısının onun çəkisinə nisbəti, raket mühərrikindən geri qalır. Məsələn, TRM AL-31FP-də bu göstərici 8.22-ə bərabərdir, MRM (mayeli raket mühərriki) NK-33 üçün isə 128-dir. Bu o deməkdir ki, eyni dartqıda raket mühərriki bir neçə dəfə (bəzən, on dəfədən də çox) HRM-dən yüngüldür. Buna görə RM bortunda oksidləşdiricinin ehtiyatının olması mühərrikin kiçik çəkisi ilə kompensə edilən idarə olunan, hava-hava, hava-yer kiçik fəaliyyət radiuslu sürətli qanadlı raketlərdə HRM ilə müvəffəqiyyətlə rəqabət aparır.

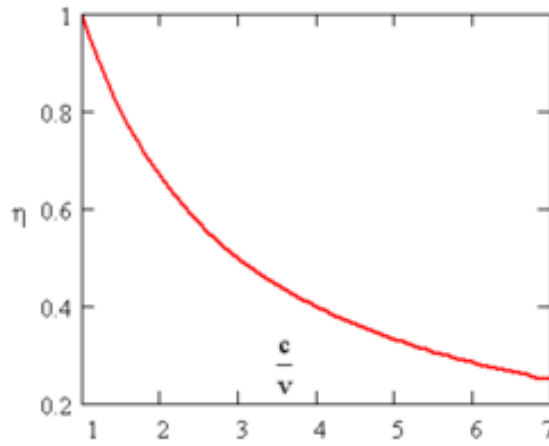
Termodinamik xüsusiyyətlər. DHRM və HRM üçün istiliyin işə çevrilməsi prosesinin termodinamikasını Brayton sikli ilə, PHRM-nin isə Hamfri sikli ilə izah edirlər. Hər iki halda reaktiv şırnağı əmələ gətirən faydalı iş onun statiki təzyiqinin bortdan kənar atmosfer təzyiqi ilə bərabərləşməsinə qədər ucluqdakı işçi cismin adiabatik genişlənməsinin gedişində yerinə yetirilir. Beləliklə, HRM üçün mütləq şərt: genişlənmə fazası başlamamışdan qabaq içi cismin təzyiqi atmosfer təzyiqini üstələməlidir və bu nə qədər çox olarsa termodinamik siklin faydalı işi və mühərrikin FİƏ bir o qədər çox olar. İşçi cisim alınan ətraf mühitdə isə mühərrik atmosfer təzyiqindədir. Deməli, HRM-nin işləməsi üçün hansı yol ilə olursa olsun mühərrikdəki işçi cismin təzyiqini atmosfer təzyiqinə nəzərən artırmaq lazımdır. HRM-nin əsas tipləri (düzaxınlı, pulsasiyalı və turboreaktiv) ilk növbədə, təzyiqin artırılma üsullarına görə fərqlənilir.

Effektivlik. HRM-nin effektivliyi FİƏ ilə təyin olunur. İstilik mühərriki kimi HRM-nin effektivliyi mühərrikin FİƏ ilə təyin olunur:

$$\eta_e = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}, \quad (22.2)$$

burada: Q_1 – isidici ilə verilən istilik miqdarı;

Q_2 – soyuducu ilə alınan istilik miqdarıdır.



Şək.22.1.Uçuş FİƏ-nin $\frac{c}{v}$ nisbətindən asılılığı.

Hərəkətdirici kimi HRM-nin effektivliyi uçuş və ya dartqı FİƏ ilə təyin olunur:

$$\eta_u = \frac{2}{1 + \frac{c}{v}}. \quad (22.3)$$

(22.1) və (22.3) formullarını müqayisə edərək belə qənaətə gəlmək olar ki, qazın ucluqdan axma sürəti ilə uçuş sürəti arasında fərq nə qədər çoxdursa, mühərrikin dartqısı bir o qədər çoxdur və uçuş FİƏ aşağıdır. Uçuş sürətlərinin və ucluqdan axan qazın sürətlərinin bərabərliyində uçuş FİƏ 1-ə bərabər, yəni 100%, lakin mühərrikin dartqısı isə 0 olacaqdır. Buna görə, HRM-nin layihələndirilməsi onun yaratdığı dartqı ilə uçuş FİƏ arasında kompromisi təşkil edir.

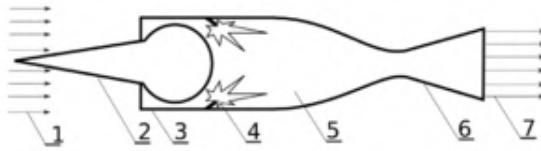
HRM-nin ümumi və ya tam FİƏ yuxarıda göstərilən iki FİƏ-nin hasilidir:

$$\eta_0 = \eta_u \cdot \eta_e$$

Hava-reaktiv mühərriklərini iki əsas qrupa ayırmaq olar. Dərtqısı tamamilə ucluqdan axan reaktiv şırnağın hesabına yaradılan düz reaksiyalı HRM və dərtqısı reaktiv şırnaqdan başqa və ya onun yerinə xüsusi hərəkətdən istifadə etməklə, məsələn propellerlə və ya helikopterin aparan vinti ilə yaradılan dolaylı reaksiyalı HRM. Mühərrikin traktında (havanın girişində) mexaniki hava kompressorunun olmasına görə də klassifikasiya tətbiq edilir: bu halda HRM kompressorsuz (DHRM, PHRM və onların variantları), qaz turbinindən hərəkəti alan kompressorlu TRM, İTRM (ikikonturlu turboreaktiv mühərrik), TVM (turbovint mühərriki) və onların variantları, həmçinin kompressor turbindən deyil, ayrıca daxili yanma mühərrikindən (hava vinti ilə və ya onsuz) hərəkət alan motokompressorlu hava reaktiv mühərrikləri.

22.2. Düzaxınlı hava-reaktiv mühərriki.

Düzaxınlı hava-reaktiv mühərriki (ingiliscə *Ramjet*) quruluşuna görə HRM sinfinin ən sadəsidir. Mühərrikin işi üçün lazım olan təzyiq artımı qarşıdan gələn hava axınının tormozlanması hesabına əldə olunur.



Şək.22.2. Maye yanacaq düzaxınlı hava-reaktiv mühərrikin (DHRM) quruluş sxemi:

1-hava axını, 2-mərkəzi gövdə, 3-giriş qurğusu, 4-yanacaq injektoru, 5-yanma kameri, 6-ucluq, 7-reaktiv şırnaq.

DHRM-nin işçi prosesini qısa olaraq aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

- mühərrikin giriş qurğusuna uçuş sürəti ilə daxil olan hava tormozlanır və sıxılır, yanma kamerinə girişdə işçi cismin təzyiqi mühərrikin axma hissəsinin bütün uzunluğu boyu maksimal qiymətə çatır.
- yanma kamerindəki sıxılmış hava ora verilən yanacağın oksidləşməsi hesabına qızdırılır, bu halda işçi cismin daxili enerjisi artır.
- işçi cisim ucluqda genişlənir və təcil alaraq qarşıdan gələn axının sürətindən böyük sürətlə axır.



Şək.22.3. "Bladhaund" raketinin "Tor" DHRM.

Giriş qurğusu və yanma kamerinə giriş.

DHRM konstruktiv olaraq kifayət qədər sadə quruluşa malikdir. Mühərrik diffuzordan havanın, yanacaq forsunkalarından isə yanacağın daxil olduğu yanma kamerindən ibarətdir. Bir qayda olaraq, yanma kamerinin həcmi yığılan-genişlənən ucluğa girişə qədər konstruksiya edilir.

Uçuş sürətindən asılı olaraq DHRM-ni səs sürətinə qədər, səs sürətindən yuxarı və hipersəslilərə ayırırlar. Bu bölgü mühərriklərin hər birinin konstruktiv xüsusiyyətləri ilə səciyyələnir.

Səs sürətinə qədər olan düzaxınlı mühərriklər.

Səs sürətinə qədər olan DHRM Max ədədi (qaz axının verilən nöqtədəki axın sürətinin hərəkət edən mühitdə yerli səs sürətinə olan nisbəti) 0.5-dən 1-ə qədər olan sürətlərdə uçuşlar üçün nəzərdə tutulur. Bu mühərriklərdə havanın tormozlanması və sıxılması giriş qurğusunun genişlənən kanalında — diffuzorda yerinə yetirilir.

Təzyiqin artma dərəcəsinin aşağı olmasına görə havanın səs sürətindən aşağı sürətlərdə tormozlanması zamanı ($M = 1$ olan zaman maksimal 1.9 %) bu mühərriklər çox kiçik termiki FİƏ-na malik olurlar (ideal prosesdə, itkiləri nəzərə almadan $M = 1$ olan zaman 16.7 %), nəticədə onlar başqa tip aviamühərriklərlə müqayisədə rəqabətə davam gətirmədilər və hal-hazırda seriya ilə buraxılmırlar.

Səsdən iti düzaxınlı mühərriklər.

Səsdən iti düzaxınlı mühərriklər (SDHRM) 1-5 Max diapazonunda uçuşlar üçün nəzərdə tutulur. Səsdən iti qaz axınının tormozlanması həmişə kəsilərək (sıçrayışla), həmçinin *kipləşdirici sıçrayış* adlanan zərbə dalğası əmələ gətirməklə baş verir. Kipləşdiricinin sıçrayışı nə qədər intensivdirsə, yəni axın sürətinin onun cəbhəsində dəyişməsi nə qədər çoxdursa, 50 %-i keçə bilən təzyiq itkiləri bir o qədər çoxdur.



Şək.22.4. Pilotsuz kəşfiyyatçı Lockheed D-21B (ABŞ).
Mərkəzi gövdəli oxa simmetrik giriş qurğulu DHRM.

Təzyiq itkilərinin minimallaşdırılması, sıxılmanı bir deyil, bir neçə ardıcıl az intensivlikli, hər birindən sonra axın sürəti azalan kipləşdirici sıçramalarında sıxılmanın təşkil edilməsi hesabına əldə edilir. Axırncı sıçrayışda sürət səs sürətindən aşağı olur və havanın sonrakı tormozlanması və sıxılması fasiləsiz olaraq diffuzorun genişlənən kanalında baş verir.

Sürətlərin səsdən iti diapazonunda DHRM səs sürətindən aşağı diapazona nəzərən nəzərəsarpacaq dərəcədə çox effektivdir. Məsələn, 3 Max sürətində ideal DHRM üçün təzyiqin artma dərəcəsi 36.7 %-dir, bu da turboreaktiv mühərriklərin yüksək təzyiqli kompressorlarının göstəriciləri ilə müqayisə olunandır (məsələn, AL-31FP TRM üçün bu göstərici 23-ə bərabərdir), termiki FİƏ isə nəzəri olaraq 64.3 %-ə çatır. Real DHRM-də bu göstəricilər aşağıdırlar, hətta 3-dən 5-ə qədər Maxın uçuş ədədi diapazonunda səsdən iti DHRM effektivliyə görə bütün digər tip HRM-ni üstələyir.

Havanın tormozlanması onun temperaturunun SDHRM-nin işçi sürətinin yuxarı həddini məhdudlaşdırır, hansı ki, $M > 5$ olan zaman 1500°C -i keçir və bu zaman yanma kamerində işçi cismin əlavə qızdırılması konstruksiya materiallarının istiyədavamlılığının məhdudluğuna görə problematiktir.

Hipersəsli düzaxınlı hava-reaktiv mühərriklər.

Hipersəsli düzaxınlı hava-reaktiv mühərriki (HDHRM, ingiliscə *Scramjet*) səs sürətindən beş dəfədən çox ($M > 5$) uçuş sürətləri ilə işləyən DHRM-dir və stratosferdə uçuş üçün nəzərdə tutulub. Hipersəsli DHRM ilə uçan aparatın mümkün tətbiq sahəsi kosmik aparatların çoxdəfəli daşıyıcısının aşağı pilləsidir.

Nəzəri olaraq HDHRM SDHRM ilə müqayisədə daha yüksək uçuş sürətlərini almağa imkan verir, ona görə ki, HDHRM-ə havanın giriş axınının yalnız müəyyən hissəsi tormozlanır, ona görə də mühərrikin bütün axma hissəsinin uzunluğunda işçi cismin axması səsdən iti olaraq qalır. Bu zaman axın özünün ilkin kinetik enerjisinin böyük hissəsini saxlayır, tormozlanma və sıxılma zamanı isə onun temperaturunun yüksəlməsi böyük deyil. Bu, səsdən iti axında yanacağı yandıraraq işçi cismi kifayət qədər qızdırmağa imkan verir və genişlənərək o, uçuş sürətini üstələyən sürətlə ucluqdan çıxır.

Müxtəlif ölkələrdə hipersəsli DHRM-nin işlənməsinin bir neçə proqramı vardır, lakin XXI əsrin başlanğıcına olan məlumatlara əsasən, bu tip mühərrik hipotetik olaraq qalır, onun seriyalı istehsalının praktiki məqsədəuyğunluğunu sübut edən uçuş sınaqlarını keçən heç bir nümunəsi yoxdur.



Şək.22.5. Hipersəsli eksperimental X-43 uçan aparatı.

Düzaxınlı nüvə mühərriki.

50-ci illərin ikinci yarısında, soyuq müharibə dövründə, ABŞ və SSRİ-də nüvə reaktorlu DHRM-nin layihələri işlənirdi. Bu mühərriklərin enerji mənbələri yanacağın yanmasının kimyəvi reaksiyası deyil, yanma kamerasının yerində yerləşdirilən nüvə reaktorlarının yaratdığı istilikdir. Belə DHRM-nin giriş qurğusundan hava, reaktorun aktiv zonasından keçir, onu soyudur və özü təqribən 3000 K-ə qədər qızır, sonra ən mükəmməl maye yanacaqlı raket mühərrikləri üçün olan axma sürətləri ilə müqayisə olunan sürətlə ucluqdan çıxır.

Belə mühərrikli uçan aparatın mümkün tətbiqi — nüvə başlığının daşıyıcısı olan qitələrarası qanadlı raketdir. Hər iki ölkədə böyük raketin həcmi ölçülərinə yerləşən yığcam azresurslu nüvə reaktorları yaradılmışdır. 1964-cü ildə ABŞ-da "Pluo" və "Tory" nüvə DHRM sınaqları proqramları üzrə "Tory-IIC" nüvə düzaxınlı mühərrikin stend atəş sınaqları keçirilmişdir. Uçuş sınaqları keçirilməmişdir, proqram 1964-cü ilin iyulunda bağlanmışdır.

Tətbiq sahəsi. DHRM yerində və aşağı uçuş sürətlərində işləmə qabiliyyətinə malik deyil. Onun effektiv olmasına tələb olunan başlanğıc sürətinə çatmaq üçün belə mühərrikli aparata, məsələn bərk yanacaqlı raket sürətləndiricisi və ya DHRM-li aparatı buraxan təyyarə-daşıyıcı ilə təchiz oluna bilən köməkçi hərəkətverici lazımdır. DHRM-nin aşağı sürətlərdə effektiv olmaması onun praktiki olaraq sərnəşin təyyarələrində tətbiqi üçün qeyri-mümkün edir, lakin 2-5 Max ədədi diapazonunda uçan birdəfəlik tətbiqli pilotsuz döyüş qanadlı raketlər üçün özünün sadəliyi, ucuzluğu və etibarlılığı ilə qəbul ediləndir. Hal-hazırda DHRM yer-hava, hava-hava, hava-yer, plotsuz kəşfiyyatçılar, uçan hədəflər sinifindən olan qanadlı raketlərin ehtiyat mühərrikləri kimi istifadə edilir. DHRM-nin bu sahədə əsas rəqibi raket mühərrikidir.

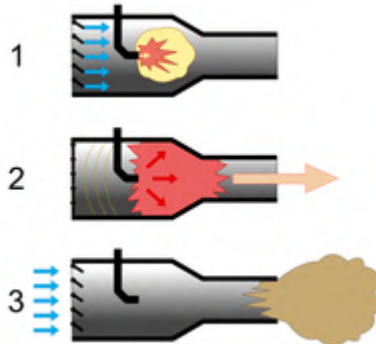


Şək.22.6. Ehtiyat DHRM-li qanadlı raket nümunəsi:
"Meteor" (Avropa Birliyi) hava-hava raketi.

22.3. Pulsasiyalı hava-reaktiv mühərriki.

Pulsasiyalı hava-reaktiv mühərriki (PHRM, ingilis termini *Pulsejet*), adından da göründüyü kimi, pulsasiya rejimində işləyir, dartqı DHRM-də və ya TRM-də olduğu kimi, arasıkəsilməz deyil, böyük mühərriklər üçün bir-neçə on *hərsdən*, kiçik mühərriklər üçün 250 Hs-ə qədər olan tezliklə bir-birinin ardınca gələn impulslar seriyası kimi yaradılır.

Konstruktiv olaraq, PHRM kiçik diametrli uzun silindrik ucluqla olan silindrik yanma kameridir. Kamerin ön hissəsi yanma kamerinə daxil olan havanın keçdiyi giriş diffuzoru ilə birləşmişdir. Diffuzorla yanma kameri arasında kamerdə və diffuzorun çıxışındakı təzyiqlər fərqlərinin təsiri ilə işləyən hava klapanı quraşdırılmışdır: diffuzordakı təzyiq kamerdəki təzyiqdən çox olarsa, onda klapan açılır və kamerə havanı buraxır, təzyiqlərin əks təsirində o, bağlanır.



Şək.22.7. PHRM-nin işləmə sxemi.

PHRM-in işçi siklini belə təsvir etmək olar:

1. Hava klapanı açılmışdır, hava yanma kamerinə daxil olur, injektor yanacaq püskürür və kamerdə yanıcı qarışıq əmələ gəlir.

2. Yanıcı qarışıq alışır və yanır, yanma kamerindəki təzyiq qəflətən artır və hava klapanını, yanacaq borusundakı əks-klapanı bağlayır. Yanma məhsulları, genişlənərək ucluqdan çıxaraq reaktiv dartqını yaradır.

3. Kamerdəki təzyiq azalır, havanın təzyiqi ilə diffuzorda hava klapanı açılır və hava kamerə daxil olmağa başlayır, yanacaq klapanı da açılır, mühərrik faza 1-ə keçir.

PHRM, onun bütün hissələrinin fəaliyyətini zamanla uzlaşdırılan avtotitrəmələr rejimində işləyir. Bu titrəmələrin tezliyi mühərrikin ölçülərindən asılıdır: mühərrik nə qədər kiçikdirsə, pulsasiyaların tezliyi də bir o qədər yüksəkdir.

Yanma prosesini yerinə yetirmək üçün kamerdə yüksək tezlikli elektrik boşalmaları yaradan alışdırma şamı quraşdırırlar və yanıcı qarışıq onunla alışdırılır. Mühərrikin bir neçə on siklindən sonra yanma kamerinin divarları o qədər qızır ki, yanıcı qarışıq onların təsirindən alışır və alışdırma şamı lazım olmur.

Mühərrikin işi üçün lazım olan PHRM-nin yanma kamerində təzyiq artımı hissə-hissə — gələn hava axınının diffuzorda tormozlanması hesabına (açıq klapan vasitəsi ilə), yanacağın qapalı həcmdə yandırılması hesabına, hərəkəti məhdudlaşdırılan bağlı klapanla, kamerin yan divarları ilə və uzun ucluqda hava sütununun ətaləti ilə əldə olunur (Hamfri sikli). PHRM-nin çoxu sıfır sürəti ilə işləyə bilər.

Pulsasiyalı mühərriklərin modifikasiyaları. PHRM-nin başqa modifikasiyaları da vardır:

- **Klapansız PHRM**, başqa sözlə U-şəkilli PHRM. Bu mühərriklərdə mexaniki hava klapanları yoxdur, işçi cismin geriye hərəkətinin dartqının azalmasına gətirib çıxarmaması üçün, mühərrikin traktının (hava daxil olma borusu) ucları aparatın hərəkət istiqamətinin əksinə yönəldilmiş "U" latın hərfi formasında yerinə yetirilir.
- **Detonasiya PHRM** (ingiliscə *Pulse detonation engine*) yanıcı qarışığın yanması detonasiya (deflarqasiya deyil) rejimində yerinə yetirilən mühərriklərdir.

Tətbiq sahəsi. PHRM-ni *səsli və qənaətsiz*, lakin *sadə və ucuz* mühərrik kimi xarakterizə edirlər. Səs və titrəyişlərin yüksək səviyyəsi onun işinin pulsasiyalı rejimindən əmələ gəlir.

PHRM-ni 0.5 Maxa qədər işçi sürət olan birdəfəlik tətbiqli pilotsuz uçan aparatlara: uçan hədəflər, pilotsuz kəşfiyyatçılar, qanadlı raketlərdə quraşdırırlar.



Şək.22.8. Klapansız U-şəkilli PHRM-nin nümunələri.

YOXLAMA SUALLAR

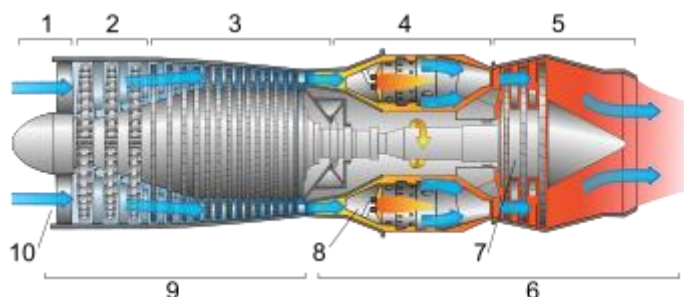
1. Hava-reaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin (HRM) iş prinsipi necədir, necə təsnifatlandırılır və hansı hissələrdən ibarətdir?
2. Hava-reaktiv mühərriklərdə reaktiv dartqı necə əldə edilir?
3. HRM-nin işçi cismi nədən hazırlanır?
4. HRM-nin dinamikası necə təyin edilir?
5. HRM-nin termodinamik xüsusiyyətləri necə təyin edilir?
6. HRM-nin effektivliyini necə təyin edilir?
7. Düzaxınlı hava-reaktiv mühərriki (DHRM) iş prinsipi necədir və hansı hissələrdən ibarətdir?
8. Səs sürətinə qədər olan düzaxınlı mühərriklərin iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
9. Səsdən iti düzaxınlı mühərriklərin iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
10. Hipersəsli düzaxınlı hava-reaktiv mühərrikinin iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?
11. Düzaxınlı nüvə mühərrikinin iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilmişdir?
- 22.2. Pulsasiyalı hava-reaktiv mühərrikin iş prinsipi necədir, necə təsnifatlandırılır və harada tətbiq edilir?

Mühazirə 23

Turboreaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin iş prinsipi və quruluşları haqqında məlumat.

23.1. Turboreaktiv mühərrik.

Turboreaktiv mühərrikdə (TRM, ingiliscə *turbojet engine*) yanma kamerinə girişdə işçi cismin sıxılması və mühərrikdən keçən hava sərfinin böyük qiyməti qarşıdan gələn hava axınının və giriş qurğusundan sonra yanma kamerindən əvvəl TRM-in traktında yerləşdirilən kompressorun birgə işi hesabına əldə olunur. Kompresor, onunla bir valda quraşdırılan və reaktiv şırnaq əmələ gələn yanma kameri ilə qızdırılan işçi cisimlə işləyən turbin vasitəsi ilə hərəkətə gətirilir. Kompressorda onun mexaniki işi hesabına olan havanın tam təzyiqinin artımı yerinə yetirilir. TRM-in çoxunun yanma kameri üzükvari formaya malikdir.



Şək.23.1. Turboreaktiv mühərrikin (TRM) quruluş sxemi:

1-hava yığılı, 2-alçaq təzyiq kompressoru, 3-yüksək təzyiq kompressoru, 4-yanma kameri, 5-turbinə və ucluqda işçi cismin genişlənməsi, 6-qaynar sahə, 7-turbin, 8-ilkin havanın yanma kamerinə daxil olma sahəsi, 9-soyuq sahə, 10-giriş qurğusu.

Qızdırılan işçi cisim yanma kamerindən keçərək turbinə daxil olur, genişlənir, onu hərəkətə gətirərək və öz enerjisinin bir hissəsini verərək ucluqda genişlənir və reaktiv dartqı yaradaraq çıxır. Kompressora görə TRM yerindən start götürə bilər və aşağı uçuş sürətlərində işləyir, bu da təyyarə mühərriki üçün lazım olan şərtidir. Bu zaman mühərrikin traktındakı təzyiq və hava sərfi yalnız kompressorun hesabına təmin edilir.

Tətbiq sahələri. XX əsrin 60-70-ci illərinə qədər kiçik ikikonturluq dərəcəli TRM hərbi və kommersiya təyyarələrin mühərrikləri kimi tətbiq edilirdi. Hal-hazırda daha qənaətlı ikikonturlu TRM (İTRM) çox yayılmışdır.

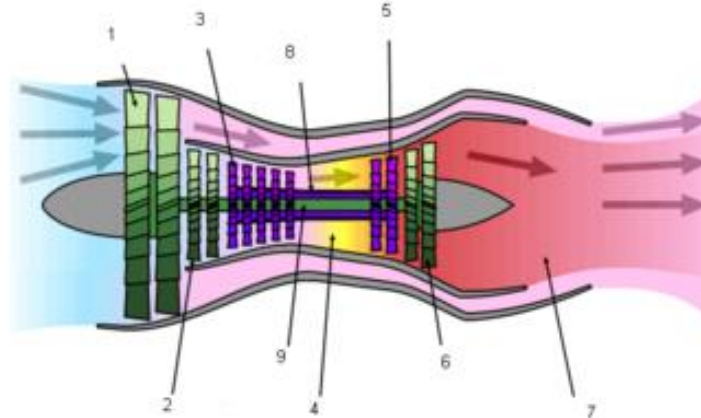


Şək.23.2. General Electric şirkətinin istehsalı olan J85 TRM.

Kompresorun 8 pilləsi və turbinin 2 pilləsi arasında üzükvari yanma kameri yerləşmişdir.

23.2. İkikonturlu turboreaktiv mühərrik.

İkikonturlu turboreaktiv mühərrik (İTRM, ingiliscə *Turbofan*) — mühərrikin xarici konturundan keçən əlavə hava kütləsinin (çəkisinin) yerdəyişməsinə imkan verən konstruksiyaya malik TRM-dir. Belə konstruksiya adi TRM-lərlə müqayisədə daha yüksək uçuş FİƏ-nı təmin edir. Rusiyada aviamühərriqayırmada İTRM-nin konsepsiyasını A.M.Lyulka təklif etmişdir. 1937-ci ildə aparılan tədqiqatların əsasında A.M.Lyulka ikikonturlu turboreaktiv mühərrikin ixtirasının ərizəsini tədim etdi (müəlliflik şəhadətnaməsini 22 aprel 1941-ci ildə verdilər).



Şək.23.3. İkikonturlu turboreaktiv mühərrikin (İTRM) quruluş sxemi:

1-pər, 2-alçaq təzyiqli kompressor, 3-yüksək təzyiqli kompressor, 4-yanma kameri, 5-yüksək təzyiqli turbin, 6-alçaq təzyiqli turbin, 7-uculuq, 8-yüksək təzyiqli rotoru, 9-alçaq təzyiqli rotoru.

Hava, giriş qurğusundan keçərək pər adlanan alçaq təzyiqli kompressoruna daxil olur. Pərdən sonra hava iki axına ayrılır. Havanın bir hissəsi xarici kontura düşür və yanma kamerasını keçərək ucluqda reaktiv şırnağı formalaşdırır. Havanın digər hissəsi isə TRM-lə tam eyni olan, yuxarıda göstəriləndiyi kimi, daxili konturdan keçir.

İTRM-in əsas parametrlərindən biri ikikonturluq dərəcəsidir, yəni xarici konturdan keçən hava sərfinin daxili konturdan keçən hava sərfinə nisbətidir:

$$m = \frac{G_2}{G_1}, \quad (23.1)$$

burada G_1 və G_2 — uyğun olaraq, daxili və xarici konturlardan keçən hava sərfidir.

(22.1) və (22.4) formullarına qayıtsaq, onda çəkinin birləşdirilməsi prinsipini bu şəkildə izah etmək olar. İTRM-də (22.4) formuluna əsasən işçi cismin ucluqdan axma sürəti ilə uçuş sürəti arasında fərqin azaldılması hesabına mühərrikin uçuş FİƏ-nın artırılması prinsipi qoyulmuşdur. (22.1) formuluna əsasən sürətlər arasında fərqin azalmasını əmələ gətirən dartqının azalması, mühərrikdən hava sərfinin artırılması hesabına kompensasiya edilir. Mühərrikdən hava sərfinin artırılmasının nəticəsi mühərrikin alın müqavimətinin və çəkisinin artırılmasına, bununla da mühərrikin giriş diametrinin artırılmasına gətirib çıxaran onun giriş qurğusunun frontal kəsiyi sahəsinin artırılmasıdır. Başqa sözlə, ikikonturluq dərəcəsi nə qədər yüksəkdirsə, bir o qədər, başqa digər bərabər şərtlərlə, mühərrik böyük diametrlə olacaqdır.

İTRM-ni 2 qrupa bölmək olar: turbindən sonra axınları qarışmış və qarışmamış İTRM.

Axınları qarışmış İTRM-də (İTRMaq) hava xarici və daxili konturlardan bir qarışma kamerasına daxil olur. Qarışma kamerasında bu axınlar qarışırlar və bir temperaturda bir ucluqdan mühərriki tərk edirlər. *Axınları qarışmamış İTRM-də* (İTRMa) isə kompressordan keçən hava axını xarici konturdan keçərək yanma kamerasına keçmədən ucluqdan mühərriki tərk edir. İTRMaq daha effektivdir, lakin qarışma kamerasının olması mühərrikin həcmi ölçülərinin (qabarit) və çəkisinin artırılmasına gətirib çıxarır.

İTRM TRM kimi təzəmlənən ucluqlarla və forsaj kameraları ilə təchiz oluna bilər. Bir qayda olaraq bu, səsdən iti hərbi təyyarələr üçün olan aşağı ikikonturluq dərəcəli İTRMaq-dir.

23.3. TRM və İTRM-nin effektivliyinin artırılmasının əlavə vasitələri.



Şək.23.4. General Electric J79 TRM-nin forsaj kameri. Ucluq tərəfdən görünüş.
Qurtaracaqda arxasında turbin görünən üstündə yanacaq injektorları quraşdırılan *yanma stabilizatoru* yerləşir.

TRM-in yanma kamerində oksigen artıqlığının olmasına baxmayaraq, bu ehtiyat gücü, turbina daxil olan işçi cismin temperaturunun məhdudluğundan yanma kamerində yanacaq sərfinin artırılması ilə düzünə reallaşdırmaq mümkün olmur. Məhdudlaşma turbin qanadlarının istiyədavamlılığından asılı olur. Bu ehtiyat, turbin və ucluq arasında yerləşdirilən *forsaj kameri* ilə təchiz edilmiş mühərriklərdə istifadə edilir. *Forsaj* rejimində bu kamerdə əlavə miqdarda yanacaq yandırılır, ucluqda işçi cismin genişlənmədən qabaq daxili enerjisi artır, nəticədə onun axma sürəti artır və mühərrikin dartqısı, bəzi hallarda 1.5 dəfədən çox yüksəlir, bu da hərbi təyyarələrdə yüksək sürətlərdə, ya da hündürlük seçmək üçün sürət artımında istifadə edilir. Əvvəllər TRM-in iş vaxtı ucluqların konstruksiyasının istiyədavamlılıq tələbindən irəli gələrək zamana görə məhdud idi. Lakin, 3-cü nəsil qırıcılarından başlayaraq bu məhdudiyyətlər aradan qaldırılmışdır. Forsaj zamanı yanacaq sərfi nəzərəcarpacaq dərəcədə artır, forsaj kamerli TRM kommersiya aviasiyasında, Tu-144 və uçuşları artıq kəsilən Konkord təyyarələri istisna olmaqla, praktiki olaraq tətbiq olunmadılar.

Tənzimlənən ucluqlar.



Şək.23.4. F-16 təyyarəsinin İTRMF F-100 tənzimlənən ucluğu, çıxış layları maksimal açılmışdır.

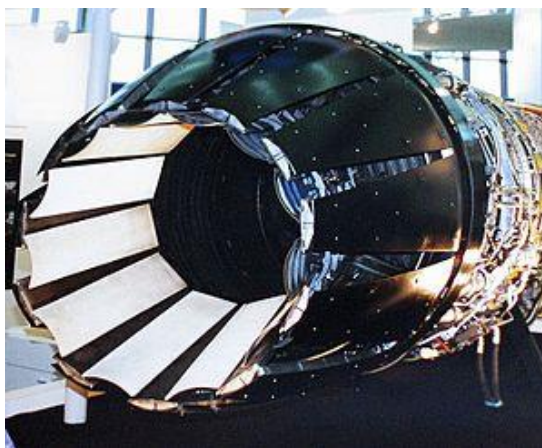


Şək.23.5. AL-21 tənzimlənən ucluğu, tənzimlənən çıxış layları maksimal bağlıdır.

Reaktiv şırnağın axma sürəti mühərriklərin müxtəlif iş rejimlərində həm səs sürətinə qədər, həm də səs sürətindən iti olan TRM tənzimlənən ucluqlarla təchiz edilir. Bu ucluqlar bir-birinə nəzərən

hərəkət edən, pilot və ya mühərrikin idarə edilməsinin avtomatik sisteminin komandası ilə uçuğun həndəsi ölçülərini dəyişməyə imkan verən, bir qayda olaraq xüsusi hidravlik və ya mexaniki intiqal ilə hərəkətə gətirilən *çıkış layı* adlandırılan uzun elementlərdən ibarətdir. Bu zaman mühərrikin müxtəlif sürət və iş rejimlərində uçuş zamanı mühərrikin işini optimallaşdırmağa imkan verən uçuğun kritik (ən dar) və çıxış kəsiklərinin ölçüləri dəyişir. Tənzimlənən uçuqlar əsasən hərbi aviasiyada forsaj kamerli TRM və İTRM-də tətbiq edilir.

Dartqı vektoru ilə idarəetmə (DVI)
Dartqı vektorunun kənara istiqamətləndirilməsi (DVKİ).



Şək.23.6. DVKİ ilə olan uçuğun kənara istiqamətləndirilən çıxış layları.



Şək.23.7. Şaquli qalxma və enməni yerinə yetirməyə imkan verən dönmə uçuqları olan Rolls-Royce Pegasus İTRM. Harrier təyyarəsində quraşdırılır.

Bəzi İTRM-də xüsusi döndərici uçuqlar ucluqdan axan işçi cismin axınının mühərrikin oxuna nəzərən meyilləndirməyə imkan verir. DVKİ axının dönməsinə görə əlavə işin yerinə yetirilməsi ilə mühərrikin dartqısının əlavə itkilərinə gətirib çıxarır və təyyarənin idarə edilməsini çətinləşdirir. Lakin bu çatışmazlıqlar maneəvərliliyin artırılması, uçub qalxma və enmə zamanı, şaquli uçma və enmə də daxil olmaqla, yolun qısaldılması hesabına tam kompensə edilir. DVKİ ancaq hərbi aviasiyada istifadə edilir.

23.4. HRM-nin müxtəlif tiplərinin başqa aviamühərriklərlə müqayisəsi.

Reaktiv mühərriklərinin effektivliyini *xüsusi impuls*la — dartqının yanacağın saniyəlik sərfinə nisbəti ilə qiymətləndirirlər. Bu göstərici həm də mühərrikin qənaətliliyinin ölçüsüdür. Aşağıda göstərilən diaqramda qrafiki formada Max ədədi formasında ifadə edilən uçuş sürətindən asılı olan müxtəlif tip HRM-nin müxtəlif tipləri üçün bu göstəricinin yuxarı qiymətləri göstərilmişdir, bu da hər tip mühərriklərin tətbiq sahəsini görməyə imkan verir.

Diaqramdan göründüyü kimi, xüsusi impulsa görə raket mühərrikləri (RM) nəzərəcarpacaq dərəcədə HRM-nin bütün tiplərindən geri qalır. Bu onunla izah edilir ki, RM-nin yanacaq sərfinə həm də HRM-nin atmosferdən götürdüyü oksidləşdirici də aid edilir, ona görə də RM-nin xüsusi impulsu BYRM (bərk yanacaqlı raket mühərriki) üçün maksimum 270 *san.* və MRM (maye yanacaqlı raket mühərriki) üçün isə 450 *san.* təşkil edir.

Hava vintlili mühərriklərin spesifikasiyalarında dartqı və xüsusi impuls adətən göstərilir. Bu mühərriklər üçün xarakterik parametrlər dartqı deyil gücdür. Vint mühərriklərinin effektivliyini və qənaətliliyini xarakterizə etmək üçün *xüsusi yanacaq sərfi* — yanacağın saatlıq sərfinin gücə olan nisbəti istifadə edilir. Porşenli DYM-nin effektivliyini turbovintlili mühərriklərlə müqayisə etmək üçün bu tip mühərriklərin iki konkret nümunələri üçün bu parametrlərin qiymətini göstərmək olar:

- Porşenli mühərrik AIII-82 — 0.381 *kq/a.q.saət*,
- Turbovintlili mühərrik (TVM) HK-12 — 0.158 *kq/a.q.saət*.

Beləliklə, turbovintlili mühərrik (1 *a.q.* hesabı ilə) 2.5 dəfə porşenli mühərriklərdən qənaətcildir və bu da HRM-nin porşenli mühərrikləri "böyük aviasiyadan" sıxışdırıb çıxarmağın əsas səbəblərindən biri sayılır. Bundan başqa, HRM çəki xarakteristikalarına görə də porşenli mühərrikləri kifayət qədər üstələyirlər.

Aviamühərriklərin çəki xarakteristikaları kimi, adətən bu göstəricilərdən istifadə edilir: *xüsusi güc* — mühərrikin gücünün onun çəkisinə nisbəti (hava vintlili mühərriklər üçün) və ya *xüsusi dartqı* — dartqının mühərrikin çəkisinə olan nisbəti (HRM və raket mühərrikləri üçün). Aşağıdakı cədvəldə müxtəlif tip bəzi aviasiya və raket mühərriklərinin müxtəlif tipləri üçün bu göstəricilər göstərilmişdir.

Aviasiya və raket mühərriklərinin xüsusi çəki xarakteristikaları

Cədvəl 7

Mühərrikin tipi	İşarəsi	Uçan aparat	Xüsusi dartqı (<i>dartqı/çəki</i>)	Xüsusi güc, <i>kVt/kq</i>
Porşenli DYM	AIII-82	Il-12, Il-14	*	1.46
TVM	HK-12	Tu-95, Tu-114, An-22	*	3.8
PHRM	Argus As-014	Təyyarə-mərmə V-1	3	
Hibrid	Pratt & Whitney J58-P4	SR-71 Blackbird	5.3	
TRM/DHRM				
Turbopərli	GE90-1150B	Boeing 747	6.3	
TRM	AL-31FP	Su-30	8.22	
BYRM	Space Shuttle	Space Shuttle daşıyıcısı	13.5	
MRM	NK-33-1	Soyuz-2, Soyuz-2-3	128	

* Vintlili mühərriklər üçün bu göstərici verilmir.

YOXLAMA SUALLAR

1. Turboreaktiv tipli aviasiya mühərriklərinin (TRM) iş prinsipi necədir, necə təsnifatlandırılır və hansı hissələrdən ibarətdir?

2. İkikonturlu turboreaktiv mühərrikin (İTRM) iş prinsipi necədir, hansı hissələrdən ibarətdir və harada tətbiq edilir?

3. TRM və İTRM-nin effektivliyinin artırılmasının əlavə vasitələri hansılardır?

4. Tənzimlənən ucluqların iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?

5. Dartqı vektoru ilə idarəetmənin (DVI) hansı üstünlüyü var?

6. Dartqı vektorunun kənara istiqamətləndirilməsinin (DVKI) iş prinsipi necədir və harada tətbiq edilir?

7. HRM-nin müxtəlif tiplərinin başqa aviamühərriklərlə müqayisədə hansı üstünlükləri var?