O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI
O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA’LIMI MARKAZI

S. M. QODIROV, M. O. QODIRXONOV

DVIGATELLAR VA AVTOMOBIL NAZARIYASI

(Avtomobil va dvigatel nazariyasi)

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

To‘rtinchi nashri

Cho‘lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent – 2017

UO‘K 621.43:629.33(075)
KBK 39.35ya722
Q 53

Oliy va o‘rta maxsus kasb-hunar ta’limi o‘quv metodik birlashmalar faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash nashrga tavsiya etgan

Taqrizchilar:

M. Orifjonov *– texnika fanlari doktori, dotsent;*
O. G‘anixo‘jayev *– professor.*

Professor ***Sh.Sh. Muhamedjonovning*** *tahriri ostida.*

Q 53 Dvigatellar va avtomobil nazariyasi [matn]: kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma/ S.M. Qodirov, M.O. Qodirxonov; O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi; o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi markazi. – T.: Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2017. – 328 b.
ISBN 978-9943-05-868-2

Kasb-hunar kollejlarining avtomobilsozlik, avtomobillarga texnik xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan o‘quv qo‘llanmaning birinchi qismida ichki yonuv dvigatellarida sodir bo‘ladigan jarayonlarning nazariyasi hamda ularning ish sikli, quvvati va yonilg‘ining kam sarflanishiga ijobiy ta’sir etuvchi omillar tahlil qilingan; yonilg‘i va uning kimyoviy reaksiyalari bayon etilgan. Karburatorli dvigatellarda yonilg‘i va havo aralashtirish apparatining ishlash prinsipi, dizellarda yonilg‘i berish apparatlarining ishlashi hamda yonuvchi aralashma hosil qilish jarayonlari ko‘rib chiqilgan. Dvigatellarni sinash usullari va bu maqsadda qo‘llaniladigan asboblar, sinash natijasida olinadigan xarakteristikalar (tavsiflar), shuningdek, dvigatel konstruksiyalarining kelajakda rivojlanishi bayon etilgan.

O‘quv qo‘llanmaning ikkinchi qismida avtomobilning ekspluatatsion xususiyatlari nazariyasi, shuningdek, ekspluatatsion xususiyatlarning ko‘rsatkichlarini hisoblash va eksperimental aniqlash usullari ko‘rsatilgan. Avtomobilni ekspluatatsiya qilish sharoitlarini uning ekspluatatsion xususiyatlariga ta’siri va bu xususiyatlarni yaxshilash usullari yoritilgan.

UO‘K 621.43:629.33(075)
KBK 39.35ya722

© S.M. Qodirov va M.O. Qodirxonov, 2017
© Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2016
© Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2017

ISBN 978-9943-05-868-2

Asosiy ko‘rsatkichlarning o‘lchov birliklari

№ T.r	Ko‘rsat-kichlar	O‘lchami		Birliklar nisbati
		SI tizimida, ГОСТ 9867-61	MKGSS tizi-mida, ГОСТ 7664-61	
1.	Bosim, p	Pa	kG/sm^2	1 kG/sm^2 = 10^5 Pa =100 kPa = 0.1 MPa
2.	Temperatura (harorat) $t;T$	°C; K	°C; K	—
3.	Hajm, V	m^3	m^3	—
4.	Solishtirma hajm, v	m^3/kg	m^3/kg	—
5.	Zichlik, ρ	kg/m^3	kg/m^3	—
6.	Solishtirma og‘irlik, γ	N/m^3	kg/m^3	1 kg/m^3 = 9,80665 N/m^3
7.	Issiqlik sig‘imi, C	J/(kg · grad)	kkal/(kg · grad)	1 kkal/(kg · grad) = =4187 J/(kg · grad)
8.	Issiqlik, Q	J	kal	1 kal = 4,187 J
9.	Gaz doimiysi, R	J/(kg · grad)	kG · N/ (kg · grad)	1 kG · m /(kg × × grad) = 9,80665 J/(kg · grad)
10.	Gazlarning universal doimiysi, R_u	J/(kmol · grad)	kG · m/ (kmol · grad)	1 kGm/(kmol × × grad) = 9,80665 J/(kmol · grad)
11.	Ichki energiya, U	mJ/kmol	kkal/kmol	1 kall/kmol = =0,00418 mJ/kmol
12.	Yonish issiqligi, Ni	J/kg	kal/kg	1 kal/kg = = 4,187 J/kg
13.	Quvvat, N	kVt	o.k.	1 o.k= 0,735,49 kVt = 0,735 kVt
14.	Ish, L	J	kG · m	1 kG· m= 9,80665 J
15.	Burovchi moment, M	N · m	kG · m	1 kG · m = 9,80665 N · m

Davomi

16.	Bir soatlik sarf, G'	kg/soat	kg/soat	—
17.	Yonilg'ining solishtirma sarfi, g	g/kVt · soat	g/(o.k · soat)	1 g/(o.k · soat)= =0,7355 g/ (kW × soat)
18.	Hajmiy sarf, V'	m^3/soat, m^3/sek	m^3/soat, m^3/sek	— —
19.	Aylanishlar chastotasi, n	s^{-1}; min^{-1}	ayl/min	1 ayl/min = 1 min^{-1} 1 ayl/min = 0,10471 rad/s
20.	Tezlik, Va	m/s	m/sek	
21.	Tezlanish, Ja	m/s^2	m/sek^2	—
22.	Vaqt, τ	s; soat	sek, soat	—
23.	Burchak tezlik, ω	rad/s	rad/sek	—
24.	Burchak tezlanish, E'	rad/s^2	rad/sek^2	
25.	Massa, m	kG	kgk · sek^2/m	1 kgk · s^2/m = = 9,80665 kG
26.	Kuch, P'	N	kgk	1 kgk = 9, 80665 N
27.	Inersiya momenti, I	kg · m^2	kgk · m · sek^2	1 kgk · m · s^2 = = 9,80665 kg · m^2

KIRISH

Respublikamizda barcha turdagi avtomobillarni ishlab chiqarish yildan yilga oshmoqda. Ekspluatatsiyada bo‘lgan avtomobillarning soni kundan kunga ko‘paymoqda.

Avtomobillarni xalq xo‘jaligining turli sohalarida ratsional ekspluatatsiya qilish, yuk va yo‘lovchi tashish quvvatini oshirish hamda uning tannarxini kamaytirish va boshqa vazifalarni hal qilishda avtomobilning ekspluatatsion xususiyatlarini o‘rganish katta ahamiyatga ega.

Avtomobilning yuk tashish quvvatini oshirish va tannarxini kamaytirish uchun uning o‘rtacha harakat tezligini oshirish, yonilg‘i sarfini kamaytirish, haydovchi va yo‘lovchilarga maksimal qulaylik yaratish, transportning harakat xavfsizligini ta’minlash zarur.

Texnik-mexanik tayyor avtomobilni ishlatib, avtomobilning ekspluatatsiyasi va ta’miri bilan shug‘ullanadi. Bundan ravshanki, avtomobillar ekspluatatsiyasini to‘g‘ri tashkil etish uchun dvigatel nazariyasini chuqur o‘rganishlari va avtomobilning ekspluatatsion xususiyatlarini ish sharoitiga moslab avtomobil tanlashlari zarur. Bundan tashqari, dvigatel va avtomobillar nazariyasi yangi dvigatellar va avtomobillar loyihalash, yangi modellarni esa tezroq chiqarish uchun zarur. Nazariyaning asosiy xulosalari dvigatel va avtomobil qismlarini hisoblashda qo‘llaniladi.

Hozirgi zamon transport vositalari (avtomobil, traktor, yo‘l qurish mashinalari)ga kuch agregati sifatida, asosan, porshenli ichki yonuv dvigatellari o‘rnatiladi. Bunday dvigatellarda ish aralashmasi yonganda hosil bo‘lgan issiqlik energiyasi mexanikaviy energiyasiga aylanadi. Ichki yonuv dvigatellarida barcha turdagi yonilg‘ilarni ishlatish mumkin. Ular ixchamligi, ishga chidamliligi va yonilg‘ini kam sarflashi bilan boshqa dvigatellardan ustun turadi.

Birinchi ichki yonuv dvigateli Lenuar (1860-yil Fransiya) va N. Otto (1877-yil Germaniya) tomonidan ishlab chiqildi. Bu dvigatellarda yonilg‘i sifatida gaz ishlatildi.

XIX asrning oxiriga kelib, ichki yonuv dvigatellarida gaz o‘rniga suyuq yonilg‘ilar ishlatila boshladi, chunki bu vaqtga kelib neftni qayta ishlash sanoati rivojlangan edi.

Rossiyada 1889-yilda muhandis I.S. Kostovich uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatelning birinchi namunasini ishlab chiqdi, 1899-yilga kelib hozirgi zamon dizelining sanoat namunasi ishlab chiqildi.

Shuni ta’kidlash lozimki, bu dvigatel nemis muhandisi R. Dizel (1897) tomonidan yaratilgan bo‘lib, kerosinda ishlaydigan dvigateldan ancha tejamli ishlar edi. Dizel deb atalgan bu dvigatelda yonish jarayoni havoning siqilishi natijasida sodir bo‘ladi. Karburatorli dvigatellarga nisbatan dizellarda yonilg‘ining sarfi tejamli bo‘lgani uchun hozir ular barcha transport vositalarida ishlatilmoqda.

Karburatorli (uchqun bilan o‘t oldiriladigan) dvigatellar yengil avtomobillarga, yengil va o‘rtacha yuk ko‘taradigan avtomobillarga o‘rnatiladi.

Ichki yonuv dvigatellarining keng ko‘lamda rivojlanishida rus olimlaridan professor V.I. Grinevetskiy, Rossiya Fanlar akademiyasining muxbir a’zosi N.R. Briling, akademik B.S. Stechkin va professor E.Q Mazingning xizmatlari katta.

Bundan tashqari, dvigatellar konstruksiyalarini rivojlantirishda ko‘pgina zavod (ЗИЛ, ГАЗ, АЗЛК, ЯМЗ, МАЗ, АМЗ, BTZ, ХТЗ) va ilmiy-tadqiqot institutlari (НАМИ, НАТИ, ЦНИДИ, ЦНИТА) ham tegishli ishlarni amalga oshirganlar.

Ichki yonuv dvigatellari quyidagi turlarga bo‘linadi.

1. Vazifasi bo‘yicha: statsionar dvigatellar; avtomobil, traktor va yo‘l qurish mashinalariga o‘rnatiladigan dvigatellar.

2. Ishlatiladigan yonilg‘ining turi bo‘yicha: yengil suyuq yonilg‘i (benzin, benzol, kerosin, ligroin va spirt) bilan ishlaydigan dvigatellar; og‘ir suyuq yonilg‘i (mazut, solyar moyi, dizel yonilg‘isi va gazoyl) bilan ishlaydigan dvigatellar; gaz holatidagi yonilg‘i (tabiiy va generator gazlari) bilan va aralash yonilg‘i (gaz va benzin) bilan ishlaydigan dvigatellar.

3. Issiqlik energiyasini mexanikaviy energiyaga aylantirish usuli bo‘yicha: porshenli; gaz turbinali va rotor-porshenli dvigatellar.

4. Ish aralashmasini hosil qilish usuli bo‘yicha: silindrdan tashqarida; silindr ichida ish aralashmasi hosil qilinadigan dvigatellar.

5. Ish aralashmasini yondirish usuli bo‘yicha: uchqun bilan o‘t oldiriladigan; siqish natijasida o‘t oldiriladigan; forkamerali (alanga bilan o‘t oldiriladigan) dvigatellar.

6. Ish siklini amalga oshirish usuli bo‘yicha: to‘rt va ikki taktli dvigatellar.

7. Yuklanish o‘zgarganda dvigatelni rostlash usuli bo‘yicha: ish aralashmasining sifati; ish aralashmasining miqdori; ish aralashmasining ham sifati, ham miqdori rostlanadigan dvigatellar.

8. Silindrlarning joylashishi bo‘yicha: vertikal (tik) qatorli, gorizontal-qatorli; V-simon; yulduz shaklli va silindrlari qarama-qarshi yotuvchi dvigatellar.

9. Sovitish usuli bo‘yicha: suyuqlik bilan sovitiladigan dvigatellar; havo bilan sovitiladigan dvigatellar.

Birinchi qism

ICHKI YONUV DVIGATELLARI NAZARIYASI

I bob. TEXNIK TERMODINAMIKADAN MA'LUMOTLAR

1.1. ISH JISMINING HOLATINI BELGILOVCHI KO'RSATKICHLAR

Texnik termodinamika fani issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishida sodir bo'ladigan jarayonlarni, bu aylanishlar qanchalik samarali ekanligini tekshiradi va u o'z navbatida ma'lum fizika qonunlariga asoslanadi.

Issiqlik dvigatellari nazariyasining tadqiqi sifatida ideal gazlar qo'llaniladi. Ideal gaz deganda molekulalari orasida tortishish kuchi va geometrik o'lchami bo'lmagan gaz tushuniladi.

Ish jismining holati temperatura, bosim yoki zichlik orqali belgilanadi.

Barcha termodinamik hisoblashlarda absolut temperatura (harorat) dan foydalaniladi va u quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$T = t + 273, \text{ K}.$$

Jismning massa birligiga to'g'ri keladigan hajm solishtirma hajm deb ataladi va u Q harfi bilan belgilanadi. Uning o'lchov birligi m^3/kg, ya'ni

$$Q = 1/\rho, \quad m^3/kg.$$

Hajm birligiga to'g'ri kelgan massa zichlik deyiladi va u ρ bilan belgilanadi, ya'ni

$$\rho = \frac{1}{Q}, \qquad \frac{kg}{m^3}.$$

Gazning p bosimi S yuza birligiga ta'sir qiluvchi F kuch bilan o'lchanadi:

$$p = \frac{F}{S}.$$

SI tizimida bosimning o'lchov birligi qilib 1 N kuchning 1 m^2 yuzaga to'g'ri kelgan bosimi (N/m^2) qabul qilingan. Bu

o‘lchov kichik bo‘lganligi uchun amalda 1 bar (1 bar = $1 \cdot 10^5$ N/m^2 = 10 N/sm^2) qabul qilingan. Gazning bosimi manometrlar yordamida o‘lchanadi va ular kG/sm^2 da darajalangan bo‘ladi. Manometrlar atmosfera bosimidan yuqori (ortiqcha) bosim p_{man} ni o‘lchaydi. Shuning uchun absolut bosim

$$p_{abs} = p_0 + p_{man}.$$

Siyraklik vakuummetr bilan o‘lchanadi, bu holda absolut bosim

$$p_{abs} = p_0 - p_{siyr}.$$

Ko‘pincha p_0 ni 1 kG/sm^2 ga teng deb olinadi.

Ideal gazlarning holati xarakteristik tenglama yoki Klapeyron – Mendeleyev tenglamasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$pV = RT$$

bunda R – universal gaz doimiysi, Nm/(kg·grad) yoki J/(kg·grad) da o‘lchanadi. R har bir gaz uchun o‘zgarmas miqdordir.

G kg gaz uchun Klapeyron – Mendeleyev tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$pV = GRT,$$

bunda V – G kg gazning hajmi, ya’ni $V = G \cdot v$.

Avogadro qonuniga binoan bir xil hajmdagi turli gazlarning bir xil bosim va temperaturadagi molekulalari soni teng bo‘ladi, ya’ni

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2},$$

bunda μ_1, μ_2 – gazlarning molekulyar massalari, kilogramm-mol (kmol).

Berilgan gazning hajmini aniqlash uchun uning molekulyar massasi μ ni solishtirma hajmi v ga ko‘paytirish lozim, ya’ni

$$V_\mu = \mu v, \text{ m}^3/\text{kmol}.$$

1 kmol gazning zichligi, molekulyar massasi va hajmi orasidagi bog‘lanish quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho = \frac{\mu}{V_\mu} \quad \text{yoki} \quad v = \frac{V_\mu}{\mu}.$$

Masalan, bosimi p_0 = 0,1 MPa va temperaturasi t_0 = 0°C bo‘lgan 1 kmol gaz (kislorod O_2) ning hajmi V_μ aniqlansin.

Ma’lumki, kislorodning molekulyar massasi $\mu_{0_2} = 32$, solishtirma hajmi esa v = 0,7 m³/kg.

Demak $v_\mu = \mu_{0_2} \cdot 0{,}7 = 22{,}4$ m³/kmol bo‘ladi.

Avogadro qonuniga binoan temperaturasi 0°C va bosimi p_0 = 0,1 MPa bo‘lgan 1 kmol ideal gazning hajmi 22,4 m³/kmol ga teng. Ideal gazning bosimi p_0 = 0,1 MPa va temperaturasi 15°C bo‘lsa, V_μ = 24,4 m³/kmol bo‘ladi. Texnik hisoblashlarda bosim p_0 = 1,0 kG/sm² va t_0 = 15°C deb olingani uchun V_μ = 24,4 m³/kmol qiymat ko‘proq ishlatiladi. Bunda gaz doimiysining qiymatini ishlatishga to‘g‘ri keladi. Gaz doimiysi har qanday 1 kmol gaz uchun o‘zgarmas miqdor bo‘lib, universal gaz doimiysi deyiladi. Uning qiymati esa R_μ = 8314 J/(kmol · grad) ga teng. Gaz temperaturasini 1°C ga oshirish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdori gazning issiqlik sig‘imi deb ataladi va C harfi bilan belgilanadi, u kJ da o‘lchanadi.

Texnik termodinamikada mol issiqlik sig‘imi $\mu C'$, kJ/(mol × grad); massa issiqlik sig‘imi C, kJ/(kg · grad); hajmiy issiqlik sig‘im C', kJ/(m³ · grad) birliklari qo‘llaniladi va ular orasidagi o‘zaro bog‘lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{\mu \cdot C'}{\mu}, \text{kJ/(kg} \cdot \text{grad)};$$

$$C^1 = \frac{\mu \cdot C}{V_\mu}, \text{kJ/(m}^3 \cdot \text{grad)};$$

$$C' = C \cdot \rho, \text{kJ/(m}^3 \cdot \text{grad)},$$

bunda V_μ va ρ — 1 kmol gazning hajmi va zichligi.

Ideal gazlarning issiqlik sig‘imi faqat temperaturaga bog‘liq bo‘ladi. Gazning o‘zgarmas bosimdagi issiqlik sig‘imini aniqlash uchun uning massa C_v yoki mol μC_v issiqlik sig‘imlari ma’lum bo‘lishi kerak:

$$C_\rho = C_v + \frac{8{,}314}{\mu}, \text{kJ/(kg} \cdot \text{grad)};$$

$$C_p = \mu\ C_v + 8,314, \text{kJ/(kmol} \cdot \text{grad)}.$$

Hisoblash kaloriyalarda olib borilganda 8,314 o‘rniga 1,986 olinadi. Bu formulalardagi ikkinchi hadlar p=const da, temperatura – 1°C o‘zgarganda gazning ish bajarishiga sarflanadigan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

1.1-jadval

Gàz	0... 1500°C oralig‘ida	1500... 3000°C oralig‘ida
Kislorod	μC_v = 21,130+0,0034t μC_p = 29,444+0,003408t	μC_v = 23,656+0,001558t μC_p = 31,970+0,001558t
Havo tarkibidagi azot	μC_v = 20,419+0,002486t μC_p = 28,733+0,002486t	μC_v = 22,374+0,001224t μC_p = 30,688+0,001424t
Havo	μC_v = 20,484+0,002687t μC_p = 28,798+0,002687t	μC_v = 22,374+0,001424t μC_p = 30,688+0,001424t
Suv bug‘i	μC_v = 24,715+0,005604t μC_p = 33,029+0,005604t	μC_v = 27,235+0,003909t μC_p = 35,549+0,003909t
Karbonat angidrid	μC_v = 29,762+6,010749t μC_p = 38,076+0,010749t	μC_v = 39,888+0,003184t μC_p = 48,202+0,003184t

1.1-jadvalda har xil gazlar uchun mol issiqlik sig‘imi μC_v va μC_p ning temperaturaga bog‘liqligi keltirilgan.

G kg gazni qizdirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori (1.1-jadval) quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$V = \text{const bo‘lganda, } Q_v = G(C_v \Big|_0^{t_2} t_2 - C_v \Big|_0^{t_1} t_1);$$

$$p = \text{const bo‘lganda, } Q_p = G(C_p \Big|_0^{t_2} t_2 - C_p \Big|_0^{t_1} t_1).$$

1.2. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

Fizika kursidan ma’lumki, gaz atomlari va molekulalarining kinetik hamda potensial energiyalarining yig‘indisi gazning ichki energiyasi deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$U = E_k + E_p.$$

Ichki energiyaning o‘zgarishi gazning boshlang‘ich va oxirgi parametrlariga bog‘liq, ya’ni $\Delta U = Cv(t_2 - t_1)$. Termo-

dinamika kursida, asosan, qaytar jarayonlar ko‘rib chiqiladi. Bunday jarayon mavjud bo‘lishi uchun issiqlik manbaidan va harakatlanuvchi porshenli silindrdagi ish jismidan iborat tizim termik izolatsiyalangan bo‘lishi, ya’ni issiqlik atrof-muhitga sarflanmasligi lozim. Qaytar jarayonlarni o‘rganish issiqlikdan eng unumli foydalanish sharoitlarini aniqlashga imkon beradi. Aslida, issiqlik mashinalarida (ichki yonuv dvigatellarida) real jarayonlar juda qisqa vaqt ichida sodir bo‘ladi, bu esa qaytar jarayonlarni olishga imkon bermaydi. Bunga sabab, real gazlarda molekulalararo ishqalanishning mavjudligi, shuningdek, gaz molekulalarining silindr devorlariga ishqalanishi natijasida (ham siqilish, ham kengayish jarayonlarida) issiqlik ajralib chiqishidir. Ichki yonuv dvigatellariga xos bunday jarayonlar qaytmas bo‘ladi.

Qaytmas jarayonlarni qaytar jarayonlarga taqqoslash yo‘li bilan real jarayonlarda qo‘shimcha isrof bo‘ladigan issiqlik topiladi. Shuni aytish kerakki, isrof bo‘lgan issiqlik qanchalik kam bo‘lsa, ichki yonuv dvigatelidagi jarayonlar shuncha mukammal tashkil qilingan bo‘ladi.

Termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha ta’riflash mumkin. Ma’lum miqdorda mexanik ish bajarish uchun bu ishga ekvivalent miqdordagi issiqlik energiyasi sarflanishi zarur, ya’ni

$$Q = L, \text{ J},$$

bunda Q — sarflangan issiqlik energiyasi, J yoki kkal;
L — bajarilgan ish, J yoki kG·m.

Tajribalarga asoslanib kkal bilan kG·m orasidagi bog‘lanish quyidagicha hisoblanadi: 1 kkal = 427 kG·m, ya’ni 1 kkal issiqlik sarflab 427 kG·m ish bajarish mumkin:

$$A = \frac{1}{427} \text{ kkal/(kG} \cdot \text{m)}.$$

Ichki yonuv dvigatellarida hosil bo‘ladigan energiya bir soat davomida bajarilgan ish qiymati bilan o‘lchanadi. Shuning uchun energiyaning o‘lchov birligi qilib ot kuchi·soat (o. k.·soat); kilovatt-soat (kVt·soat) qabul qilingan.

Ko‘pgina hollarda issiqlik birliklarini ish birliklariga aylantirishga to‘g‘ri keladi. Bu ishni osonlashtirish maqsadida

1.2-jadvalda issiqlik va ish birliklari orasidagi bog‘lanishlar keltirilgan.

1.2-jadval

O‘lchov birliklari	kJ	kkal	kG · m	kVt · soat	o.k. · soat
1 kJ	1	0,239	102	0,000278	0,000378
1 kkal	4,1868	1	427	0,00116	0,00158
1 kG · m	0,00981	0,00234	1	0,00000272	0,0000374
1 kVt · soat	3600	860	367200	1	1,36
1 o.k.· soat	2648	632,4	270000	0,736	1

Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi

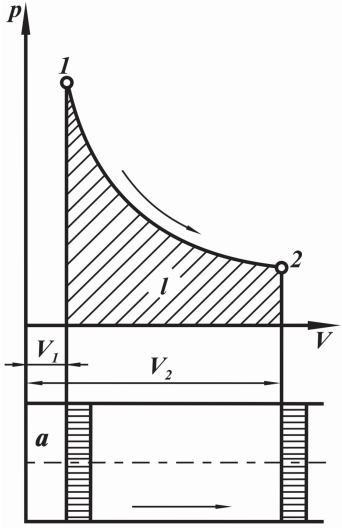
Silindrning yuqori qismidagi *a* hajmli gazga *q* miqdorda issiqlik berilganda gaz bajaradigan jarayonni ko‘rib chiqamiz (1.1-rasm). Bu holda porshen o‘ng tomonga erkin siljiydi va tashqi kuchlarga qarshi *l* ish bajaradi, ya’ni kengayish jarayoni sodir bo‘ladi. *l* ish bajarish uchun issiqlikning bir qismi, ya’ni, $q = l$ sarflanadi. Bu jarayon uchun termodinamika birinchi qonunining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$q = q_1 + q_2 = 1 + \Delta U;$$

bunda $\Delta U = C_v\,(T_2 - T_1)$ – gaz ichki energiyasining o‘zgarishi. Ish jismining holati cheksiz o‘zgarganda termodinamika birinchi qonunining differensial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$dq = dl + dU.$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalar har qanday siqish va kengayish jarayonlarini ifodalaydi. Tenglamaning barcha hadlari qanday jarayon bo‘layotganligiga qarab musbat yoki manfiy qiymatlarni olishi mumkin. Ichki yonuv dvigatellarida



1.1-rasm. **Gazning bajargan ishini grafik usulda aniqlash**

turli xil jarayonlar sodir bo‘lib, bu jarayonlar davomida issiqlik beriladi ($+q$) yoki olinadi ($-q$), bunda ichki energiya ortadi ($+\Delta U$) yoki kamayadi ($-\Delta U$). Ish faqat ichki energiya hisobiga (q=0) yoki aksincha, faqat berilayotgan issiqlik hisobiga ($\Delta U = 0$) bajariladi va nihoyat l=0 bo‘lsa ham jarayon bo‘lishi mumkin. Bular quyidagi jarayonlardir:

a) izoxorik jarayon – gaz holatining o‘zgarmas hajm (V = const) da o‘zgarishi;

b) izobarik jarayon – gaz holatining o‘zgarmas bosim (p = const)da o‘zgarishi;

d) izotermik jarayon – gaz holatining o‘zgarmas temperatura (T = const)da o‘zgarishi;

e) adiabatik jarayon – gaz holatining issiqlik berilmaydigan va issiqlik olinmaydigan (q = 0) vaqtdagi o‘zgarishi;

f) gaz holatining politropik o‘zgarish jarayoni.

Gaz holatining politropik o‘zgarish jarayonidan boshqa jarayonlarda gaz holatini ifodalovchi parametrlardan biri o‘zgarmas deb olinadi.

Issiqlik dvigatellarida esa gazning hamma parametrlari (p, V, T va U) o‘zgaruvchan bo‘ladi va ayni vaqtda ish hajmi bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashuvi sodir bo‘ladi. Real dvigatellardagi siqish va kengayish jarayonlari politropik jarayon bo‘lib, ularning tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

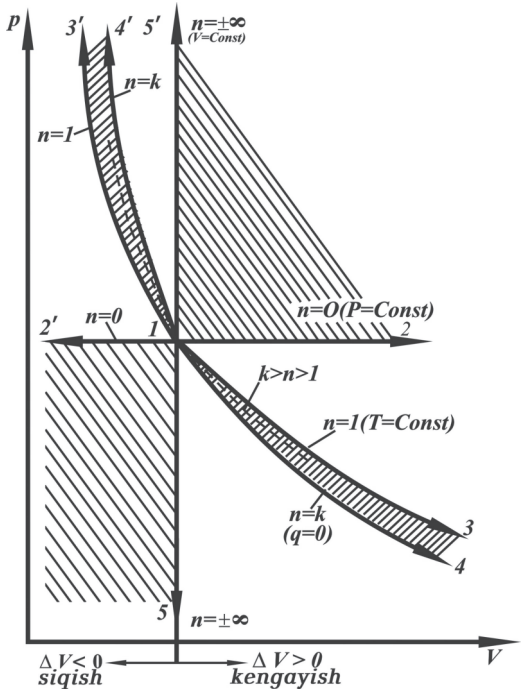
$$pV^n = \text{const}.$$

Politropa ko‘rsatkichi n jarayonning bajarilish xarakteriga bog‘liq bo‘lib, jarayonning boshlang‘ich (p_1, V_1) va oxirgi (p_2, V_2) parametrlari ma’lum bo‘lsa, u quyidagicha topiladi:

$$n = \frac{\lg \dfrac{p_1}{p_2}}{\lg \dfrac{V_2}{V_1}}.$$

Yuqorida keltirilgan jarayonlar politropik jarayonning xususiy hollaridir. n ning qiymati ma’lum bo‘lsa, barcha jarayonlarni olish mumkin (1.2-rasm).

Ichki yonuv dvigatellarida 44' va 33' oraliqlarda siqish hamda kengayish jarayonlari sodir bo‘ladi.



1.2-rasm. **Politropik jarayonlarning *p*−*V* koordinatalar tizimida tasviri**

1.3. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI

Termodinamikaning birinchi qonuni bir turdagi energiyaning boshqa turdagi energiyaga ekvivalent ekanligini ko‘rsatadi, lekin issiqlik energiyasining mexanik ishga qanday sharoitlarda aylanishi mumkinligini belgilamaydi.

Barcha turdagi energiyalar issiqlik energiyasiga o‘z-o‘zidan aylanadi, lekin teskari jarayon, ya’ni issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishi uchun (ichki yonuv dvigatellaridagi kabi) issiqlik sarflab, ish bajarish talab qilinadi. Shu sababdan termodinamikaning ikkinchi qonuni issiqlik energiyasini mexanik ishga aylantirish uchun zarur bo‘lgan shartlarni o‘rgatadi. Bu qonunni ta’riflash uchun misol tariqasida porshenli issiqlik dvigatelining ishlash sxemasini ko‘rib chiqish lozim (1.3-rasm). Silindr ichida almashtirilmaydigan doimiy 1 kg ish jismi bor deb faraz qilaylik. Uning boshlang‘ich para-

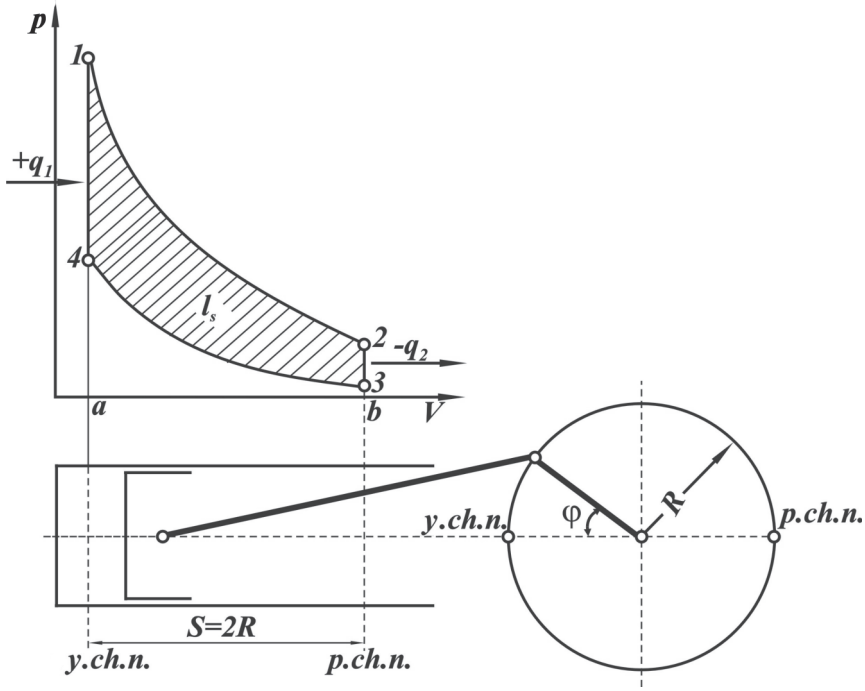
metrlari yuqorigi chekka nuqta (y.ch.n)da p_1, V_1, T_1 va U_1 qiymatlar bilan belgilanadi. Porshen yu.ch.n. dan pastki chekka nuqta (p.ch.n.) ga harakatlanganda gaz V_2 hajmgacha kengayadi va tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi. Bu paytda porshen $S = 2R$ yo'lni bosib o'tadi, tirsakli val esa yarimaylanaga buriladi. *2* nuqtada gaz quyidagi parametrlarga ega bo'ladi: $V_2 > V_1$; $p_2 < p_1$; $T_2 < T_1$ va $U_2 < U_1$. *1—2* kengayish jarayoni issiqlik almashinmay sodir bo'ladi. Kengayish ishi l_{keng} ichki energiyaning kamayishi hisobiga sodir bo'lib, *12ab1* yuza bilan aniqlanadi hamda kinetik energiya tarzida dvigatelning maxovigida to'planadi. *1—2* kengayish jarayonini takrorlash uchun ish jismi boshlang'ich holatga keltirilishi, ya'ni $l_{siq} = l_{keng}$ ish bajarilishi lozim. Bu holda siqish ishi l_{siq} 21*ab*2 yuza bilan aniqlanadi. Bu maqsadda dvigatel maxovigida to'plangan kinetik energiyadan foydalaniladi. Shu holdagina gaz siqilishi davomida kengayish jarayonidagi kabi oraliq holatlardan o'tadi. Demak, bunday ideal dvigatelda har qancha sikl sodir bo'lmasin, $l_{siq} = l_{keng}$ bo'lgani uchun bu dvigatel foydali ish bajara olmaydi (avtomobilni harakatga keltirmaydi). Amalda energiyani isrofsiz dastlabki qiymatga qaytarish mumkin bo'lmaganligi sababli ish jismi boshlang'ich holatga qayta olmaydi va dvigatel to'xtaydi.

Issiqlik dvigatellarida foydali ish bajarish uchun issiqlikning bir qismi q_2 p. ch. n. da $V =$ const jarayonida «sovuq» manbaga uzatilishi kerak. Bunda 3 nuqtadagi gaz parametrlari quyidagicha bo'ladi: $p_3 < p_2$; $V_2 = V_3$; $T_3 < T_2$; $U_3 < U_2$.

Siqish jarayoni *34* ni bajarish uchun maxovikda to'plangan kinetik energiyadan foydalanamiz. Bu holda siqish jarayonida bajarilgan ish (*34 ab3* yuza) kengayish jarayonida bajarilgan ish (*12 ba1* yuza) dan kichik bo'ladi.

Kengayish jarayonini takrorlash uchun gazning parametrlarini *1* nuqtadagi holatga qaytarish zarur. Buning uchun porshen yu.ch.n da qo'zgalmas holatda bo'lganda $V =$ const jarayonida gazga issiqlik manbayidan q_1 miqdorda issiqlik uzatiladi. Yuqorida ko'rsatilgan shartlar bajarilgan holdagina jarayonlarning to'xtovsiz takrorlanishini ta'minlash mumkin. Bu jarayonlar *12341* berk siklni tashkil qiladi va uning ishi;

$$l_s = \underset{1-2}{l_{keng}} - \underset{3-4}{l_{siq}}$$



1.3-rasm. **Issiqlik dvigateli siklining *p-V* koordinatalar tizimida tasviri**

issiqlik miqdori esa $q_s = q_1 - q_2$ bo‘ladi. Demak, siklda berilgan barcha issiqlik energiyasini mexanik ishga aylantirib bo‘lmaydi.

Mexanik energiya olish uchun ish jismiga q_1 miqdorda issiqlik beradigan «issiq» manba va aksincha, issiqlikning foydali ishga aylanmaydigan qismi q_2 beriladigan «sovuq» manba bo‘lishi lozim.

Siklning samaradorligi foydali ish bajarishga sarf bo‘lgan issiqlik miqdorining berilgan issiqlik miqdoriga nisbati bilan ifodalanadi va u termik foydali ish koeffitsiyenti (f.i.k.) bilan belgilanadi:

$\eta_t = \frac{q_s}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} < 1$ (chunki har doim $q_2 > 0$). Bundan ish jismiga berilgan barcha issiqlikni ishga aylantiradigan dvigatel qurib bo‘lmaydi, degan xulosa kelib chiqadi. Demak, termik f.i.k. qancha katta bo‘lsa, issiqlikning foydali ishga

aylangan qismi shunchalik ko‘p bo‘ladi. Berilgan temperaturalar oralig‘ida qanday ideal sikl eng katta f.i.k. ga ega bo‘lishini birinchi bo‘lib Sadi Karno (1824) ko‘rsatdi.

Bunday siklning termik f.i.k. «issiq» va «sovuq» manbalarning temperaturalariga bog‘liq bo‘lib, ish jismiga bog‘liq emas, ya’ni $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, bunda: T_1 — «issiq» manba temperaturasi, T_2 — «sovuq» manba temperaturasi. Mazkur temperaturalar oralig‘ida Karno sikli eng katta f.i.k. ga ega.

Masalan, ichki yonuv dvigatellari uchun xarakterli bo‘lgan T_1 = 2700 K va T_2 = 300 K temperaturalar oralig‘ida Karno siklining termik f.i.k. η_t = 0,90 bo‘ladi, ammo bunday siklning maksimal bosimi taxminan 1000 MPa, siqish darajasi esa ε = 1500 bo‘ladi. Demak, bunday dvigatelni ishlab chiqarish maqsadga muvofiq emas.

Shu bilan biz termodinamika asoslarini qisqacha ko‘rib chiqdik. Umid qilamizki, bu tushunchalar ichki yonuv dvigatellari nazariyasini o‘rganish uchun yetarli bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Ish jismining nazoratini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlarni ayting.

2. Termodinamikaning birinchi qonununing asosi: ichki energiya, issiqlik va bajarilgan ishni ayting.

3. Termodinamika birinchi qonuni tenglamasini yozing.

4. Termodinamikaning ikkinchi qonunini ayting.

II bob. ICHKI YONUV DVIGATELLARINING NAZARIY SIKLLARI

2.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Texnik termodinamika kursida nazariy sikllar ko'rib o'tilgan edi. Ularda ish jismi o'zgarmas bo'lib, issiqlik temperaturasi T_1 bo'lgan tashqi «issiq» manbadan beriladi va ish sodir bo'lgach, u boshqa, temperaturasi $T_2 < T_1$ bo'lgan tashqi «sovuq» manbaga qaytariladi. Real ichki yonuv dvigatellarida esa issiqlik yonish kamerasida (yonilg'i va havo aralashmasining yonishi natijasida) hosil bo'ladi.

Dvigatel silindri ichida har gal yangidan yonish jarayoni davom etishi uchun yangi aralashma kirishi, yonishi va issiqlik chiqarib ish bajarishi hamda silindrdan chiqarib yuborilishi zarur.

Havo bilan yonilg'i aralashmasining silindr ichida yonishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi jarayonlarning to'plami haqiqiy sikl deyiladi.

Ichki yonuv dvigatellarida haqiqiy sikl jarayonida energiyaning bir qator qo'shimcha sarflanishi yuz beradi, ya'ni issiqlikdan foydalanish darajasi nazariy siklga qaraganda kamroq bo'ladi.

Haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish darajasini bilish uchun porshenli dvigatellarning nazariy sikllarini tahlil qilish kerak. Nazariy va haqiqiy sikllarning foydali ish koeffitsiyentlari (f.i.k.) qiymatlarini solishtirish real dvigatelda issiqlikdan foydalanish darajasini bilib olishga imkon beradi.

Nazariy sikllarni tahlil qilishda quyidagi cheklanishlar qabul qilinadi:

a) silindr ichida o'zgarmas miqdorda ish jismi (masalan, havo) bo'lib, unda kiritish va chiqarish jarayonlari sodir bo'lmaydi, ya'ni u berk siklda harakat qiladi;

b) ish jismining issiqlik sig'imi temperaturaga bog'liq emas;

d) ish jismiga issiqlik tashqaridan, ya'ni «issiq» manbadan siklning ma'lum bir davrida beriladi;

e) siqish va kengayish jarayonlarida tashqi muhit bilan issiqlik almashinishi sodir bo‘lmaydi (adiabatik jarayonlar).

Quyida hozirgi zamon ichki yonuv dvigatellarining sikllariga mos keladigan uch xil nazariy siklni ko‘rib chiqamiz:

a) issiqlik o‘zgarmas hajmda beriladigan sikl (karburatorli dvigatellarga mos keladi);

b) issiqlik o‘zgarmas bosimda beriladigan sikl (kompressorli dizellarga mos keladi).

d) issiqlikning bir qismi o‘zgarmas hajmda, qolgan qismi esa o‘zgarmas bosimda (issiqlik aralash usulda) beriladigan sikl (tezyurar dizellarga mos keladi).

Bu uch siklda issiqlik «sovuq» manbaga o‘zgarmas hajmda beriladi deb faraz qilinadi.

2.2. ISSIQLIK O‘ZGARMAS HAJMDA (V = const) BERILADIGAN SIKL

Issiqlik o‘zgarmas hajmda beriladigan sikl $p - V$ koordinatalar sistemasida (2.1-rasm) tasvirlangan. Bunda *ac* — siqish jarayoni, *cz* — issiqlik berish jarayoni, *zb* — kengayish jarayoni va *ba* — issiqlik qaytarish jarayoni. *ac* va *zb* jarayonlar adiabatik bo‘lib, bu jarayonlar tashqi muhit bilan issiqlik almashmay sodir bo‘ladi. *cz* jarayonda hajm o‘zgarmagani holda ish jismiga «issiq» manbadan q_1 issiqlik berilganda ish jismining temperaturasi va bosimi ko‘tariladi. Natijada, ish jismi porshenni p.ch.n. tomon siljitib kengayadi. Porshen p.ch.n. ga kelgan vaqtda q_2 issiqlik «sovuq» manbaga beriladi. Bu siklni tahlil qilish uchun quyidagi belgilarni kiritamiz:

D — silindr diametri;

R — krivoship radiusi;

S — porshen yo‘li, $S = 2R$;

V_h — ish hajmi;

V_c — yonish kamerasining hajmi;

V_a — silindrning to‘la hajmi;

ε — siqish darajasi, $\varepsilon = \dfrac{V_a}{V_c}$;

K — adiabata ko‘rsatkichi, $K = \dfrac{C_p}{C_v}$;

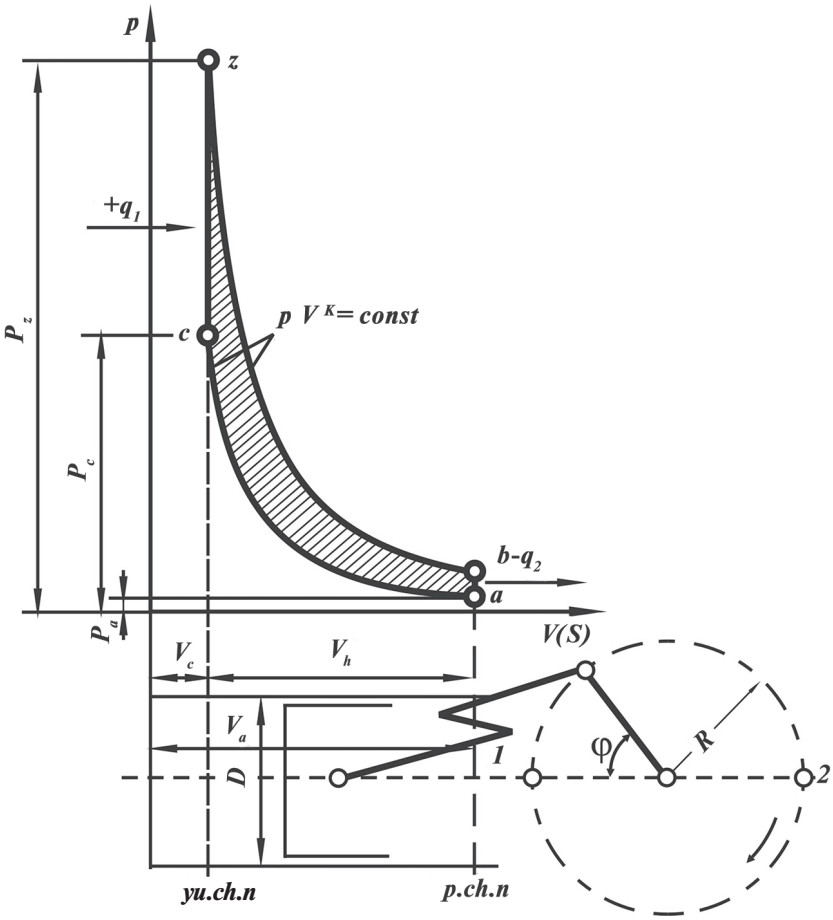
λ – bosimning ortish darajasi, $\lambda = \frac{p_z}{p_c}$;

φ – tirsakli valning burilish burchagi.

Silindr ichida 1 kg ish jismi bor deb faraz qilsak, ish jismiga «issiq» manbadan berilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q_1 = C_v\,(T_z - T_c),\ \text{J/kg}.$$

«Sovuq» manbaga berilgan issiqlik miqdori esa $q_2 = C_v\,(T_b - T_a)$ J/kg ga teng. q_1 va q_2 issiqlik miqdorlarining



2.1-rasm. **Issiqlik o‘zgarmas hajmda beriladigan sikl**

qiymatlari ma'lum bo'lsa, termodinamika qonuniga binoan siklning termik f.i.k. quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_v(T_{bc} - T_a)}{C_v(T_z - T_c)} = 1 - \frac{T_b - T_a}{T_z - T_c}.$$

Siklning xarakterli nuqtalaridagi temperaturalar boshlang'ich temperatura T_a orqali quyidagicha ifodalanadi:

c — nuqtadagi temperatura

$$T_c = T_a \left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{k-1} = T_a \cdot \varepsilon^{k-1},$$

z — nuqtadagi temperatura

$$T_z = T_c \cdot \frac{p_z}{p_c} = \lambda \cdot T_c = T_a \cdot \lambda \cdot \varepsilon^{k-1},$$

b — nuqtadagi temperatura

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b}\right)^{k-1} = T_z \cdot \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{\kappa-1} = T_z \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} = \lambda \cdot T_a,$$

bunda $\frac{V_z}{V_b} = \frac{V_c}{V_a}$.

Temperaturalarning bu qiymatlarini termik f.i.k. formulasiga qo'ysak, qisqartirishlardan so'ng siklning termik f.i.k. quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}.$$

$p-V$ koordinatalar sistemasida sikl davomida bajarilgan l_s ish shtrixlangan *aczba* yuza bilan aniqlanadi.

Dvigatellar sikl davomida bajarilgan l_s ishning silindr ish hajmi V_h ga nisbati bilan taqqoslanadi. Buning uchun bajarilgan ish shartli ravishda yuzasi l_s ga teng bo'lgan to'g'ri to'rtburchak shaklida tasvirlanadi (2.2-rasm). To'rtburchaklikning asosi silindrning ish hajmi V_h ga teng, ordinatasi (bosim) esa quyidagicha topiladi:

$$p_s = \frac{l_s}{V_h}.$$

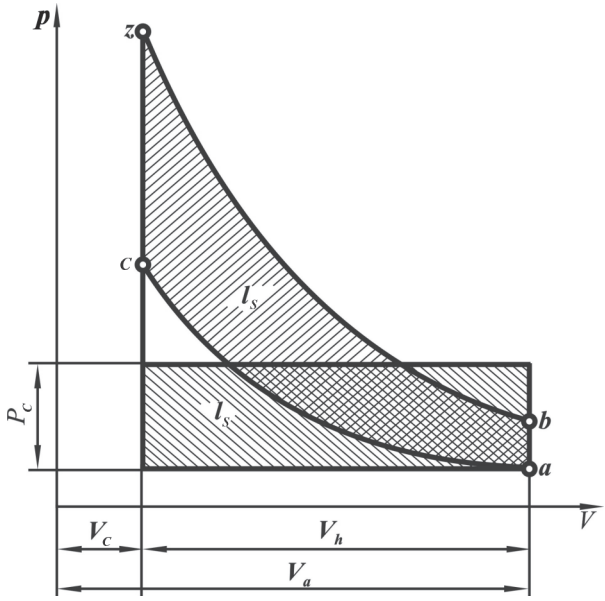
Siklning o‘rtacha bosimi p_s ning son qiymati ma’lum shartli o‘zgarmas bosimga teng bo‘lib, u porshenga y.ch.n. dan p.ch.n. ga kelguncha ta’sir qiladi va shu vaqt ichida l_s ish bajaradi.

Tahlil qilinayotgan V = const sikl uchun o‘rtacha bosimni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

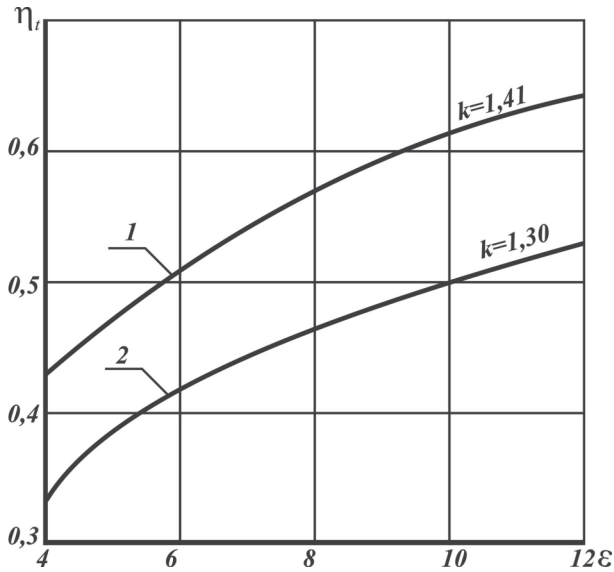
$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^{\kappa} \cdot (\lambda - 1)}{(\varepsilon - 1)(\kappa - 1)} \cdot \eta_t . \qquad (*)$$

(*) tenglamani tahlil qilish, ko‘rilayotgan siklning termik f.i.k. asosan siqish darajasi ε va adiabata ko‘rsatkichi k ga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi. ε va k ortishi bilan η_t ortadi, lekin termik f.i.k. bosimning ortish darajasi λ ga bog‘liq emas.

2.3-rasmda issiqlik o‘zgarmas hajmda beriladigan sikl uchun η_t ning ε ga bog‘liqlik grafigi adiabata ko‘rsatkichining ikki qiymati uchun keltirilgan: *1* – dvigatelning silindriga ish gazi o‘rnida havo (k = 1,41) kiritilgan; *2* – adiabata ko‘rsatkichi k = 1,3 bo‘lgan gaz kiritilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki,



2.2-rasm. **Siklning o‘rtacha bosimini aniqlash**



2.3-rasm. **Issiqlik** *V = const* **da beriladigan sikl uchun** η_t **ning** ε **ga bog'liqlik grafigi (*k* ning ikki qiymati uchun)**

siqish darajasining ortishi bilan termik f.i.k. juda sezilarli darajada o'sadi. Kichik adiabata ko'rsatkichlariga kichik termik f.i.k. lar to'g'ri keladi. Demak, termik f.i.k. qiymatini oshirish uchun siqish darajasini imkoni boricha ko'tarish kerak.

Shu sababdan hozirgi zamon karburatorli dvigatellarining siqish darajasi «ortib» boryapti. Lekin ko'rilayotgan sikl uchun siqish darajasini ma'lum chegaradan oshirib yuborish mumkin emas, chunki bu holda yonilg'ining normal taqsimlanmasdan (detonatsiyali) yonishi yoki yondirish vaqtidan ilgari o'z-o'zidan yona boshlashi kuzatiladi. Bundan tashqari, siqish darajasi benzinning naviga ham bog'liq. Dvigateldagi siqish darajasining ortishi bilan ishlatiladigan benzinning oktan soniga ham ortib borishi shart. Shu sababli karburatorli dvigatellarda siqish darajasi ε = 6...9,5 oralig'ida bo'ladi.

Karburatorli dvigatellarda yonilg'i sifatida gaz ishlatilganda siqish darajasini oshirishga imkon tug'iladi, chunki gazning oktan soni 100 dan katta. Shu sababli bunday dvigatellarda ε = 7...11 oralig'ida bo'ladi. (*) tenglamaning tahlili shuni ko'rsatadiki, siklning o'rtacha bosimi p_s boshlang'ich bosim p_a va bosimning ortish darajasi λ ga to'g'ri proporsionaldir

(2.4-rasm). Demak, siklning o‘rtacha bosimini oshirish uchun *cz* jarayonida berilgan issiqlik miqdorini hamda boshlang‘ich bosim p_a ni oshirish kerak.

Termik f.i.k. ning o‘sishi issiqlikdan unumli foydalanilganini ko‘rsatadi.

2.3. ISSIQLIK O‘ZGARMAS BOSIMDA (*p*=const) BERILADIGAN SIKL

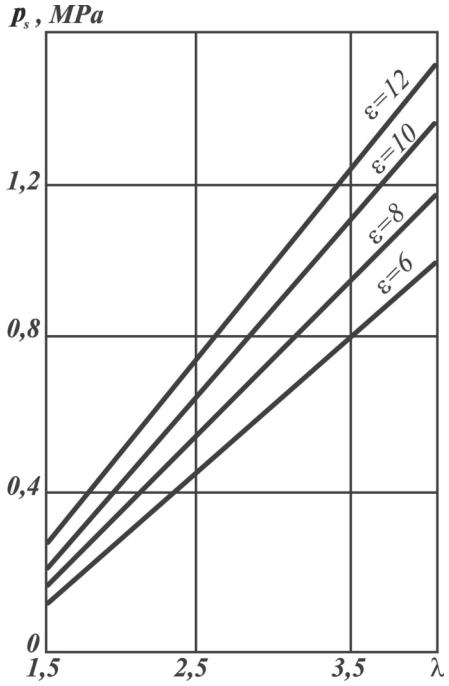
Issiqlik o‘zgarmas bosimda beriladigan sikl $p - V$ koordinatalar sistemasida ko‘rsatilgan (2.5-rasm). Bu siklda *cz* issiqlik «issiq» manbadan o‘zgarmas bosim ostida beriladi va u 1 kg ish jismi uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$q_1 = C_p(T_z - T_c)$$

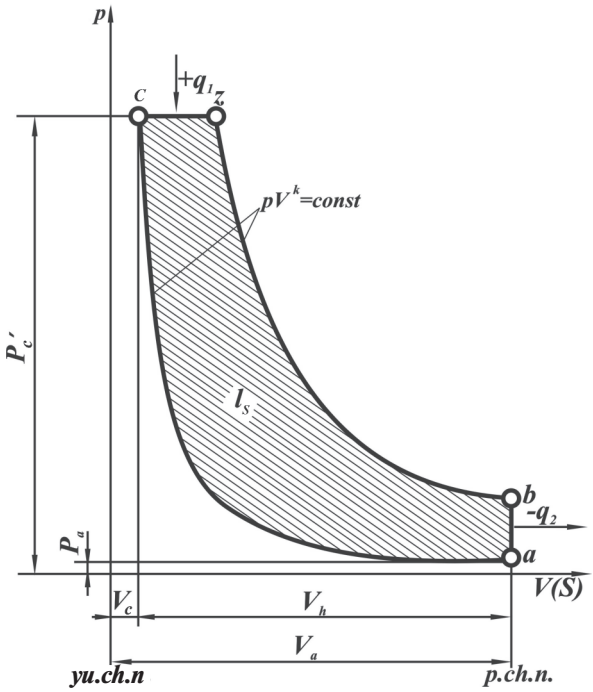
ba jarayonida «sovuq» manbaga berilgan issiqlik miqdori q_2 quyidagicha bo‘ladi:

$$q_2 = C_v(T_b - T_a).$$

Bu siklning termik f.i.k.



2.4-rasm. **ε ning har xil qiymatlari uchun p_s bosimning λ ga bog‘liqligi**



2.5-rasm. **Issiqlik o‘zgarmas bosimda beriladigan sikl**

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v(T_b - T_a)}{C_p(T_z - T_c)}.$$

Lekin $\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$; $\frac{C_v}{C_p} = \frac{1}{k}$ va dastlabki kengayish darajasi $p = \frac{V_z}{V_c} = \frac{T_z}{T_c}$ ekanligini nazarga olib, *c, z, b* nuqtalardagi temperaturalarni boshlang‘ich temperatura T_a orqali ifodalasak, siklning termik f.i.k. quyidagi ko‘rinishga keladi:

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

Siklning o‘rtacha bosimi esa

$$p_s = p_k \frac{\varepsilon^k \cdot k(\rho - 1)}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \cdot \eta_t .$$

Demak, siklning termik f.i.k. siqish darajasi ε, adiabata ko‘rsatkichi k va birlamchi kengayish darajasi ρ ga bog‘liq. Siqish darajasi ε va adiabata ko‘rsatkichi k ortishi bilan termik f.i.k. ham ortadi, lekin ρ ning ortishi η_t ning kamayishiga olib keladi (2.6-rasm).

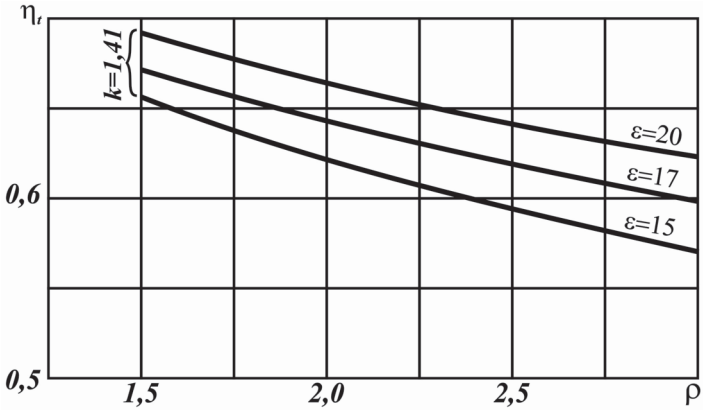
Ko‘rilayotgan siklga yaqin siklda ishlaydigan dvigatelda yuklamani oshirish uchun «issiq» manbadan beriladigan issiqlik miqdorini oshirish kerak, lekin bu ρ ning ortishiga sabab bo‘ladi.

Demak, siklda beriladigan issiqlik miqdori oshishi bilan termik f.i.k. kamayadi. Buni shunday tushuntirish mumkin: berilgan q_1 issiqlik oshganda «sovuq» manbaga qaytarilgan issiqlik ko‘proq bo‘ladi va natijada q_2/q_1 nisbat ortadi, bu esa o‘z navbatida η_t ning kamayishiga olib keladi.

Avtomobil va traktor dizellari kam yuklamalarda ishlaganda ularning termik f.i.k. ortadi, ya’ni issiqlikdan unumli foydalaniladi.

Siklning o‘rtacha bosimi p_s ni orttirish uchun *cz* jarayonida issiqlikni ko‘proq berish kerak.

Natijada yuqorida aytib o‘tganimizdek η_t ortadi, lekin η_t biroz kamayadi. Ko‘rib o‘tilgan sikl sekin yurar kompressorli dizellar uchun taxminan to‘g‘ri keladi.



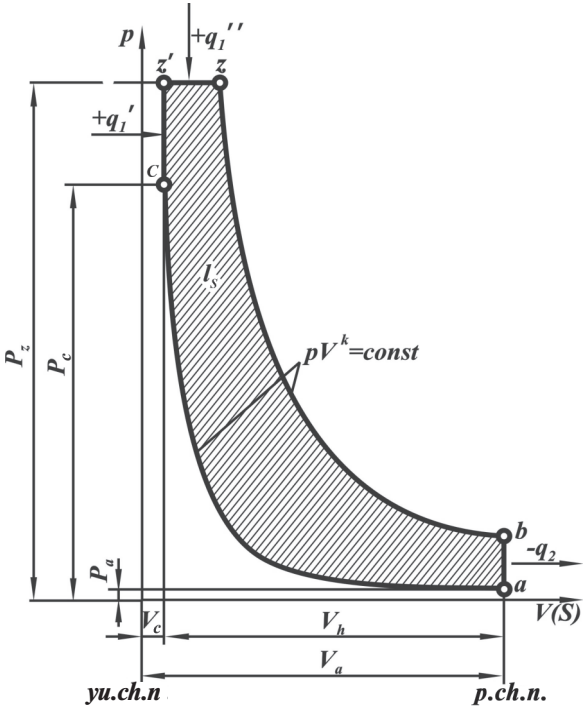
2.6-rasm. **Issiqlik o‘zgarmas bosimda beriladigan sikl uchun η_t ning ρ ga bog‘liqligi grafigi**

2.4. ISSIQLIK ARALASH USULDA BERILADIGAN SIKL

Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl *p-V* koordinatalar sistemasida ko‘rsatilgan (2.7-rasm). Bu siklda $q_1^{'} = c_v(T_z - T_c)$ miqdor issiqlik *cz* jarayonida o‘zgarmas hajmda $q_1^{''} = C_p(T_z - T_z^{'})$ miqdor issiqlik esa *zz'* jarayonida o‘zgarmas bosimda beriladi va 1 kg ish jismi uchun «issiq» manbadan berilgan issiqlikning umumiy miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q_1 = q_1^{'} + q_2^{''} = c_v(T_z - T_c) + c_p(T_z - T_z^{'}) = c_v T_c \left[\left(\frac{T_z^{'}}{T_c} - 1 \right) + \frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{T_z^{'}}{T_c} \times \right.$$

$$\left. \times \left(\frac{T_z}{T_z^{'}} - 1 \right) \right] = C_v T_c \left[\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1) \right].$$



2.7-rasm. **Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl**

ba jarayonida «sovuq» manbaga berilgan issiqlik miqdori quyidagicha bo‘ladi:

$$q_2 = C_v(T_b - T_a)$$

Bunday siklning termik f.i.k. η_t va o‘rtacha bosimi p_s soddalashtirishlardan so‘ng quyidagicha topiladi:

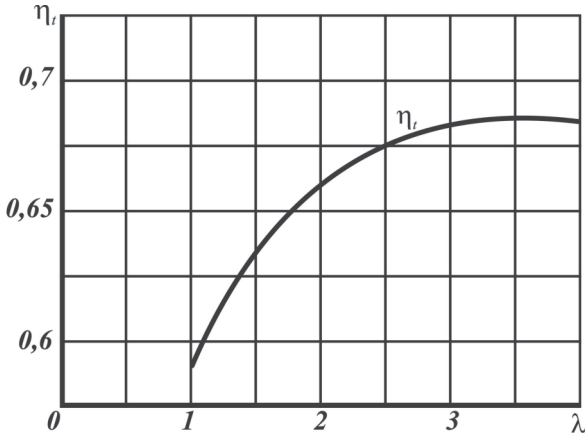
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}.$$

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k \left[\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)\right]}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \cdot \eta_t.$$

Demak, issiqlik aralash usulda beriladigan siklning termik f.i.k. ham siqish darajasi ε ga, bosimning ko‘tarilish darajasi λ ga (o‘zgarmas hajmda berilgan issiqlik miqdoriga) va birlamchi kengayish darajasi ρ ga (o‘zgarmas bosim ostida berilgan issiqlik miqdoriga) bog‘liq ekan.

Izlanishlar shuni ko‘rsatadiki, qanchalik ko‘p issiqlik o‘zgarmas hajmda, ya’ni *cz* jarayonida berilsa, aralash usulda issiqlik beriladigan siklning termik f.i.k. shuncha yuqori bo‘ladi (2.8-rasm).

η_t ning qiymati issiqlik aralash usulda va V = const da beriladigan sikllar hamda ε ning uch xil qiymati uchun 2.1-jadvalda keltirilgan.



2.8-rasm. **Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl uchun η_t ning *p* ga bog‘liqligi**

2.1-jadval

Sikl	ε	η_t	Dvigatel turi
$V =$ const	17	0,686	Karburatorli dvigatel
$\begin{cases} q_1' \ V = const \\ q_2'' \ p = const \end{cases}$	17	0,684	Tezyurar dizel
$V =$ const	10	0,610	Karburatorli dvigatel
$V =$ const	9	0,596	Karburatorli dvigatel

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, bir xil siqish darajasiga ega bo‘lgan sikllarni taqqoslasak, eng yuqori termik f.i.k. ga issiqlik o‘zgarmas hajmda berilganda erishilar ekan. Amalda bunday siqish darajasiga ega bo‘lgan karburatorli dvigatelni detonatsiyali yonish sababli ishlatib bo‘lmaydi. Natijada karburatorli dvigatellar normal ishlashi uchun ularda siqish darajasi pasaytiriladi (ε = 9...10).

Tezyurar dizellar issiqlik aralash usulda beriladigan sikllarga yaqin siklda ishlaydi. Bu dvigatellarda qo‘llaniladigan dizel yonilg‘isining (ε = 16...23) siqish darajasi yuqori bo‘ladi. Bu esa dizellarda karburatorli dvigatellarga qaraganda yuqori termik f.i.k. olish imkonini beradi. 2.8-rasmda issiqlik aralash usulda beriladigan sikl uchun η_t ning λ ga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Bu siklda λ ortishi bilan η_t ham ortadi. Hozirgi zamon tezyurar dizellarida qo‘llaniladigan λ ning qiymati 1,2...2,0; ρ ning qiymati esa 1,4...2,2 ga teng. (*) formuladan ko‘rinib turibdiki, issiqlik aralash usulda beriladigan siklning o‘rtacha bosimi boshlang‘ich bosim p_a, ε va η_t ga bog‘liq bo‘lib, ular qancha katta bo‘lsa, p_s ham shuncha katta bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Nazariy sikllar deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik o‘zgarmas hajmda beriladigan sikl nima?
3. Issiqlik o‘zgarmas bosimda qanday o‘zgaradi?
4. Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl nima?

III bob. YONILG‘I VA UNING YONISH KIMYOVIY REAKSIYALARI

3.1. YONILG‘I

Ichki yonuv dvigatellarida suyuq va gaz holatidagi yonilg‘i ishlatiladi.

Suyuq yonilg‘ilar har xil uglevodorodlardan tashkil topgan bo‘lib, ular parafin uglevodorodlar (alkanlar) C_nH_{2n+2}, naften uglevodorodlar (siklanlar) C_nH_{2n}, C_nH_{2n-2}; aromatik uglevodorodlar C_nH_{2n-6}, C_nH_{2n-12} va boshqalardan iborat.

Ichki yonuv dvigatellari uchun ishlatiladigan suyuq yonilg‘ilarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, uning elementar tarkibi uglerod C, vodorod H_2 va oz miqdordagi kislorod O_2 dan tashkil topgan. Yonilg‘ilarning ba’zi navlarida juda oz miqdorda oltingugurt S uchraydi.

Gaz bilan ishlaydigan dvigatellarda yonilg‘i sifatida tabiiy gaz, sanoat gazlari va qattiq holdagi yonilg‘ini gazga aylantirib olingan gazlar qo‘llaniladi. Massa yoki hajm birligidagi yonilg‘ining to‘la yonishidan hosil bo‘lgan issiqlik miqdoriga *yonilg‘ining yonish issiqligi* deb ataladi va u yonilg‘ining eng asosiy ko‘rsatkichlaridan hisoblanadi.

Yonilg‘ining yuqori H_0 va quyi H_u yonish issiqligi bo‘ladi.

Yuqori yonish issiqligi (H_0) deb, massa va hajm birligidagi yonilg‘ining to‘la yonishi natijasida hosil bo‘lgan va yonish mahsulotlarini boshlang‘ich temperaturagacha sovitganda sovituvchi muhitga beriladigan issiqlik miqdoriga aytiladi.

Ichki yonuv dvigatellarida ishlatilgan gazlar yuqori temperaturada tashqariga chiqarib tashlanadi, ularning temperaturasi tashqi muhit temperaturasidan ancha yuqori bo‘ladi va o‘zi bilan suv bug‘ini olib ketadi. Shuning uchun hisoblashlarda suv bug‘ining kondensatsiyalanishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori hisobga olinmaydi. Massa yoki hajm birligidagi yonilg‘i yonganda hosil bo‘ladigan issiqlik miqdoridan suv bug‘ining kondensatsiyalanishida ajralib chiquvchi issiqlik miqdorining ayirmasi *yonilg‘ining quyi yonish issiqligi* H_u deyiladi.

Dvigatellarni hisoblashda H_u ning qiymatidan foydalaniladi. Buning uchun yonilg‘ining elementar tarkibi va yuqori yonish issiqligi H_0 ma’lum bo‘lishi kerak:

$$H_u = H_0 - 2512\ (9H + W), \quad kJ/kg$$

yoki

$$H_u = H_0 - 600\ (9H + W), \quad kkal/kg.$$

Odatda, 1 kg suv bug‘ini hosil qilish uchun 2512 kJ/kg yoki 600 kkal/kg issiqlik miqdori sarflanadi.

1 kg yonilg‘i yonganda 9H suv bug‘i hosil bo‘ladi, 1 kg yonilg‘ida H massa vodorod bo‘ladi;

W – 1 kg yonilg‘idagi namlik miqdori.

Yonilg‘ining faqat elementar tarkibi (C, H_2, O_{yo} va S) ma’lum bo‘lgan hollarda ham uning quyi yonish issiqligini aniqlash mumkin. Buning uchun D.I. Mendeleyev formulasidan foydalaniladi:

$$H_u = (34{,}013C+125{,}6H-10{,}9\ (O_{yo}-S) - 2{,}512\ (9H+W)\ 10^6, \quad J/kg$$

yoki

$$H_u = 8100S + 30000H - 2600\ (O_{yo} - S) - 600\ (9N + W), \quad kkal/kg.$$

Bug‘lanuvchanlik yonilg‘ining asosiy ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi va u yonilg‘ining fraksion tarkibiga qarab belgilanadi. Yonilg‘ining bug‘lanuvchanligi maxsus asbobda aniqlanadi. Buning uchun yonilg‘i asbobga solinadi va asta-sekin qizdiriladi. Yonilg‘i qizigan sari bug‘lana boshlaydi.

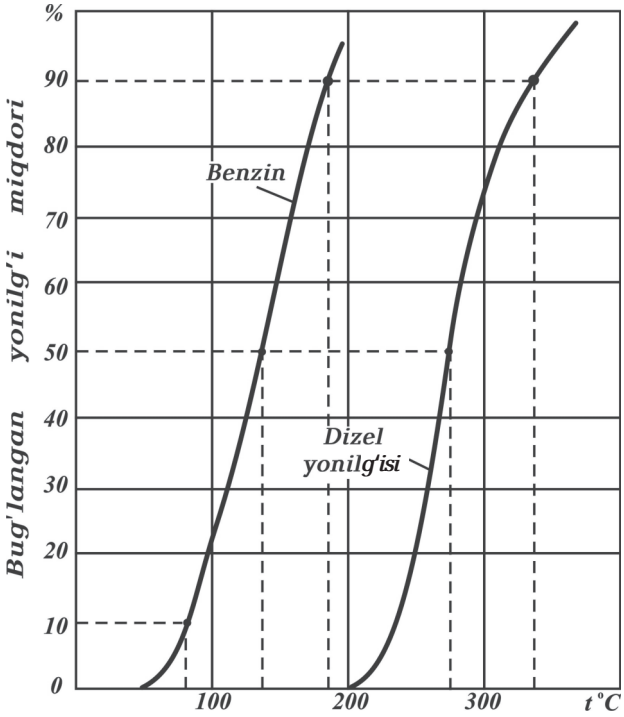
Xarakterli nuqtalar deb yonilg‘ining 10, 50, 90 va 100% qaynab bug‘ga aylangan temperaturasi qabul qilingan. Bu ma’lumotlarga binoan yonilg‘i fraksion tarkibining temperaturaga bog‘liqligini aniqlaymiz. Yonilg‘i bilan havo aralashmasining sifati, tez yonishi va dvigatelning ishga tez tushish xususiyatlari yonilg‘ining fraksion tarkibiga bog‘liq. Ichki yonuv dvigatellarida ishlatiladigan suyuq yonilg‘ilarning fraksiyalar bo‘yicha haydalish egri chiziqlari 3.1-rasmda ko‘rsatilgan, asosiy ko‘rsatkichlari esa 3.1-jadvalda keltirilgan.

Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda yonilg‘i sifatida benzin ishlatiladi. Benzinning asosiy ko‘rsatkichlaridan biri uning detonatsiyaga chidamliligidir. Har bir dvigatel uchun

uning siqish darajasiga qarab benzin navi tanlanadi. Agar shu dvigatelga boshqa navdagi benzin ishlatilsa, uning silindrida yonish jarayoni buziladi, noto‘g‘ri ketadi, ya’ni yonish sharoitlari buziladi, detonatsiya paydo bo‘ladi. Dvigatelni bunday sharoitda ishlatishga yo‘l qo‘yilmaydi.

Benzinlarning detonatsiyaga chidamliligi oktan soni bilan xarakterlanadi va shu maqsad uchun mo‘ljallangan maxsus dvigatelda, aniq belgilangan sharoitlarda sinash yo‘li bilan aniqlanadi. Bu dvigatelning muhim xususiyati shundaki, unda siqish darajasini o‘zgartirish mumkin.

Benzinning oktan soni etalon yonilg‘ilar yordamida aniqlanadi. Etalon yonilg‘ilar sifatida detonatsion chidamliligi juda katta bo‘lgan izooktan (iC_8H_{18}) va detonatsion chidamliligi juda kichik bo‘lgan geptan (nC_7H_{16}) ishlatiladi. Bu dvigatelda sinash vaqtida yonilg‘i sifatida izooktan va geptan aralashmasi ishlatiladi. Yonish jarayonida detonatsiya hodisasi har xil siqish



3.1-rasm. **Suyuq yonilg‘ilarni fraksiyalar bo‘yicha haydash egri chiziqlari**

darajasida, ya'ni aralashmadagi yonilg'ilarning foiz miqdoriga qarab sodir bo'ladi. Izooktan qancha ko'p bo'lsa, detonatsiya hodisasi shuncha katta siqish darajasida sodir bo'ladi. Demak, yonilg'i sifatida toza izooktan ishlatilgandagina yuqori siqish darajasiga ega bo'lamiz. Geptanning aralashmadagi foiz miqdori oshib borishi bilan, dvigatelning normal ishlashi uchun kerak bo'ladigan siqish darajasi kamayib boradi. Misol uchun bizda noma'lum oktan sonli benzin bor deb faraz qilamiz. Uning oktan soni quyidagicha aniqlanadi.

Buning uchun maxsus dvigatelda shunday siqish darajasi o'rnatish kerakki, bu holda tekshirilayotgan yonilg'i bilinar-bilinmas detonatsiya bilan yonsin. Demak, bu benzin qanday siqish darajasida (ε) detonatsiyaga moyilligini bilib oldik. So'ngra dvigatelni izooktan va geptan aralashmasidan iborat bo'lgan yonilg'i ishlatib sinaymiz. Bu aralashmaning shunday tarkibini topishimiz kerakki, uning detonatsiyaga moyilligi yuqoridagidek siqish darajasida sodir bo'lsin. Demak, bu aralashmadagi izooktanning foiz miqdori benzinning oktan sonini beradi.

Tekshirilayotgan yonilg'i (benzin) bilan izooktan va normal geptan aralashmasining (bir xil siqish darajasida ε = const) detonatsiyaga moyilligi teng bo'lsa, u holda aralashmadagi izooktanning foiz miqdori oktan soni deyiladi.

Agar sinalayotgan yonilg'i va aralashma (93% izooktan va 7% geptan) bir xil sharoitda detonatsiya bilan yonsa, yonilg'ining oktan soni 93 ga teng bo'ladi.

Har bir karburatorli dvigatel uchun ishlatilishi lozim bo'lgan benzinning oktan soni ko'rsatmalarda keltiriladi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda qo'llaniladigan benzinlarning oktan soni 66 dan 93 gacha bo'ladi.

Sinashlarning ko'rsatishicha gaz holidagi yonilg'ilarning oktan soni 90... 110 ga teng. Demak, avtomobil dvigatellari oktan soni katta bo'lgan gaz holidagi yonilg'i bilan ishlaganda ularning siqish darajasini oshirish kerak, aks holda ularning quvvati biroz pasayadi, chunki gazlarning quyi yonish issiqligi benzinnikidan kam.

Dizel yonilg'ilariga qo'yiladigan talablarni ko'rib chiqamiz. Yuqorida aytib o'tganimizdek, dizelning yonish kamerasiga purkalgan yonilg'i havoning yuqori temperaturasi (500–600°C)

3.1-jadval

Avtomobil va traktor dvigatellarida ishlatiladigan suyuq yonilg‘ilarning asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar	Avtomobil benzini	Dizel yonilg‘isi
Yonilg‘ining elementar massa tarkibi: C		
H_2	0,855	0,870
O_{yo}	0,145	0,126
O‘rtacha molekular massasi, kg	–	0,004
Quyi yonish issiqligi:	110–120	180–200
MJ/kg da	44	42,5
kkal/kg da	10500	10150
Temperatura, °C:		
haydashning boshlanishi	35	185–1200
10% yonilg‘ini haydash	55–70	200–225
50% yonilg‘ini haydash	100–125	240–280
90% yonilg‘ini haydash	160–195	290–350
Haydashning tugallanishi (ko‘pi bilan)	185–205	330–360

ta’sirida oson alangalanishi lozim. Bu dizel yonilg‘isiga qo‘yiladigan asosiy talablardan biridir. Dizelda yonuvchi aralashma silindr ichida siqish takti oxirida hosil qilinadi. Lekin yonish jarayoni yonilg‘i purkalgan zahoti boshlanmasdan, biroz kechroq boshlanadi. Shuning uchun alangalanishning kechikish davri yonilg‘i berilgan paytdan boshlab, yonish boshlanguncha bo‘lgan vaqt oralig‘i bilan o‘lchanadi. Alangalanishning kechikish davri purkash boshlangan paytdagi havoning termodinamik parametrlariga, yonilg‘ining fizik-kimyoviy xossalariga va yonilg‘i berish apparaturasida hosil qilinadigan bosimga bog‘liq. Dizel yonilg‘isining alangalanuvchanligi setan soni bilan xarakterlanadi. Setan soni qancha yuqori bo‘lsa, alangalanishning kechikish davri shuncha qisqa bo‘ladi. Yonilg‘ining setan soni maxsus dvigatellarda aniqlanadi. Buning uchun tekshirilayotgan yonilg‘ini etalon aralashma bilan oson alangalanuvchan setan ($C_{16}H_{34}$, uning setan soni 100 ga teng) va qiyin alangalanuvchan α – metilnaftalin (uning setan soni 0 ga teng) o‘zaro taqqoslab topiladi. Bunda yonilg‘ilar alangalanishining kechikish davri aniqlanadi. Masalan, setan soni noma’lum bo‘lgan dizel yonilg‘isining alangalanish davri etalon

aralashma (45% setan + 55% α − metilnaftalin) ning alangalanish davriga teng bo‘lsa, u holda yonilg‘ining setan soni etalon aralashmasidagi setanning foiz miqdori bilan aniqlanadi. Yuqoridagi misolda dizel yonilg‘isining setan soni 45 ga teng. Umuman, dizel yonilg‘ilarning setan soni 40...50 bo‘ladi.

Yonilg‘ining muhim sifat ko‘rsatkichlaridan biri uning temperaturasi va fraksion tarkibiga bog‘liq bo‘lgan qovushqoqligidir. Yonilg‘ining fraksion tarkibi qancha og‘ir bo‘lsa, uning qovushqoqligi shuncha yuqori bo‘ladi. Bunday yonilg‘ilarda temperatura pasayishi bilan qovushqoqlik tez o‘sadi.

Masalan, benzinning temperaturasi + 20°C dan −20°C gacha o‘zgarsa, uning qovushqoqligi 2 marta, dizel yonilg‘isiniki esa 5−10 marta oshadi. Yonilg‘ining qovushqoqligi purkalish sifati va yonilg‘ining havo bilan aralashishiga ta’sir ko‘rsatadi. Kun sovuq bo‘lganda dizellarni ishga tushirishning qiyinlashishini yonilg‘ining shu xususiyati bilan tushuntiriladi.

3.2. YONILG‘INING YONISH REAKSIYALARI

Dvigatel silindri ichida yonilg‘i bilan havo aralashmasining yonishi juda muhim va murakkab jarayon bo‘lib, shu davrgacha to‘liq tekshirilmagan.

Yonilg‘i yonishi natijasida ajralib chiqadigan issiqlik effektini yonilg‘i tarkibiga kiruvchi uglerod C va vodorod H_2 ning kislorod O_2 bilan kimyoviy reaksiyalari orqali aniqlash mumkin.

1 kg suyuq yonilg‘i, C kg uglerod (C), H kg vodorod (H_2) va O_{yo} kg kislorod (O_2) dan iborat. Bularning yig‘indisi:

$$C + H + O_{yo} = 1 \text{ kg}.$$

Yonilg‘ining to‘la yonishi

Yonilg‘i to‘la yonishi uchun kislorod yetarli bo‘lishi zarur. Bu holda uglerodning oksidlanishidan karbonat angidrid, vodorodning oksidlanishidan esa suv bug‘i hosil bo‘ladi.

Yonilg‘i to‘la yonganda uglerod va kislorodning bittadan molekulasi o‘zaro birikib karbonat angidrid hosil bo‘ladi:

$$C + O_2 = CO_2$$

Vodorod yonganda uning ikkita molekulasi kislorodning bitta molekulasi bilan birikib, suv bug‘ining ikkita molekulasini hosil qiladi:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

Uglerod, vodorod va kislorodning molekular massalarini hisobga olib, yuqoridagi tenglamalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$12 \text{ kg } (C) + 32 \text{ kg } (O_2) = 44 \text{ kg } (CO_2),$$

$$4 \text{ kg } (H_2) + 32 \text{ kg } (O_2) = 36 \text{ kg}(H_2O).$$

1 kg uglerod uchun:

$$1\text{kg } (C) + \frac{8}{3} \text{ kg } (O_2) = \frac{11}{3} \text{ kg } (CO)_2 \qquad (a)$$

1 kg vodorod uchun quyidagicha bo‘ladi:

$$1 \text{ kg } (H_2) + 8 \text{ kg } (O_2) = 9 \text{ kg } (H_2O) \qquad (b)$$

(*a*) tenglama shuni ko‘rsatadiki, 1 kg uglerod to‘la yonishi uchun $\frac{8}{3}$ kg kislorod kerak va buning natijasida $\frac{11}{3}$ kg CO_2 hosil bo‘ladi. (b) tenglamaga binoan 1 kg vodorod to‘la yonishi uchun 8 kg kislorod kerak, bunda 9 kg suv bug‘i hosil bo‘ladi.

1 kg yonilg‘ining to‘la yonishi uchun kerak bo‘ladigan kislorod miqdori (*a*) va (*b*) tenglamalarni hisobga olib quyidagicha aniqlanadi. Buning uchun (*a*) va (*b*) tenglamalarning o‘ng va chap qismlarini mos ravishda C va H ga, ya’ni 1 kg yonilg‘idagi uglerod va vodorodning ulushlariga ko‘paytirish kerak:

$$C \text{ kg } (C) + \frac{8}{3} \text{ C kg} \leftarrow (O_2) = \frac{11}{3} \text{ C kg } (CO_2) \qquad (d)$$

$$H \text{ kg } (H_2) + 8 \text{ H kg} \leftarrow (O_2) = 9 \text{ H kg } (H_2O) \qquad (e)$$

1 kg yonilg‘ining to‘la yonishi uchun zarur bo‘lgan havoning nazariy miqdori

(*d*) va (*e*) tenglamalarga binoan C kg uglerod va H kg vodorodning to‘la yonishi uchun ($\frac{8}{3}$ C +8 H) kg kislorod talab

etilar ekan. Agar yonilg‘i tarkibidagi kislorod O_{yo} ni hisobga olsak, 1 kg yonilg‘ining to‘la yonishi uchun kerakli minimal kislorod miqdori bo‘ladi.

Ichki yonuv dvigatellarida silindr ichiga sof holda kislorod kiritib bo‘lmaydi, balki tashqi muhitdan havo kiritilib, uning tarkibidagi kislorod ishlatiladi. Havo tarkibidagi kislorodning massasi 23 % ni tashkil etadi. Demak, 1 kg yonilg‘ining to‘la yonishi uchun zarur bo‘lgan havoning nazariy miqdori quyidagicha bo‘ladi:

$$O_{2min} = \frac{8}{3}\ C + 8H - O_{yo},\ \text{kg}.$$

Ichki yonuv dvigatellarida silindr ichiga sof holda kislorod kiritib bo‘lmaydi, balki tashqi muhitdan havo kiritilib, uning tarkibidagi kislorod ishlatiladi. Havo tarkibidagi kislorodning massasi 23% ni tashkil etadi. Demak, 1 kg yonilg‘ining to‘la yonishi uchun zarur bo‘lgan havoning nazariy miqdori:

$$l_o = \frac{1}{0,23}(\frac{8}{3}C + 8H - O_{yo}),\ \text{kg}.$$

Havoning qolgan qismi (77 %) azotni tashkil qilib, yonishda qatnashmaydi va ishlatilgan gazlar bilan dvigatel silindridan chiqarish jarayonida chiqib ketadi.

Yonilg‘ining chala yonishi

Karburatorli dvigatellarni ekspluatatsiya qilish shuni ko‘rsatadiki, ular umumiy vaqtning 70—80 foizi davomida, asosan, kichik va o‘rta yuklamalarda ishlar ekan. Bu hollarda yonish jarayonida kislorodni me’yoridan kamroq berish kerak, chunki bunday ish aralashmasi tez yonish xususiyatiga ega bo‘ladi. Bundan tashqari, dvigatelni yurgizishda va undan katta quvvat talab qilinganda ham kamroq kislorod, ya’ni havo berish lozim bo‘ladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, kislorodning miqdori keragidan biroz kam bo‘lsa, yonish jarayoni tez ketadi. Bunda kislorodning yetishmaganligidan uglerod to‘la yonmaydi va uning bir qismi is gazi (CO) ni hosil qiladi, vodorodning ozroq qismi esa butunlay yonmay qoladi, ya’ni

$$2C + O_2 = 2CO$$

yoki

$$24 \text{ kg (C)} + 32 \text{ kg } (O_2) = 56 \text{ kg (CO)}$$

Uglerodning CO ga aylangan qismini φ bilan belgilaymiz. U holda C kg uglerodning CO ga aylangan qismi φ C kg, CO_2 ga aylangan qismi esa $(1-\varphi)$ C kg bo‘ladi. Ko‘p hollarda vodorod to‘la yonadi deb faraz qilinadi. Karburatorli dvigatellarning silindrida 1 kg yonilg‘ining chala yonishi uchun kerak bo‘ladigan havo miqdori quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$l_0 = \frac{1}{0,23}\left[\frac{4}{3}(2-\varphi)\text{C} + 8\text{H} - \text{O}_{yo}\right], \text{kg}.$$

Havoning ortiqlik koeffitsiyenti

Avtotraktor ichki yonuv dvigatellarida ularning ish rejimlariga mos ravishda yonish reaksiyalarida qatnashayotgan havoning miqdori ham o‘zgarishi shart, ya’ni havo miqdori yonilg‘ining to‘la yonishi uchun kerakli bo‘lgan nazariy miqdoridan ko‘p yoki kam bo‘ladi va *havoning ortiqlik koeffitsiyenti* α orqali ifodalanadi. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti deb, 1 kg yonilg‘ini yondirish uchun silindr ichiga kiritilgan havoning haqiqiy miqdori l ni nazariy (zarur) miqdori l_0 ga nisbatiga aytiladi, ya’ni

$$\alpha = \frac{l}{l_0}.$$

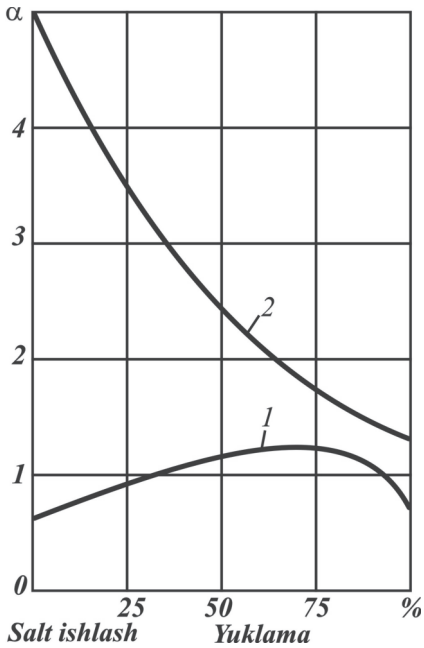
Havoning ortiqlik koeffitsiyenti karburatorli dvigatellarda 0,8...1,2; dizellarda esa 1,3...6,0 ga teng. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti birdan katta bo‘lsa, suyuq aralashma birdan kichik bo‘lsa, quyuq aralashma deyiladi.

Dizellarda α har doim birdan katta bo‘ladi. Shu sababli ular karburatorli dvigatelga nisbatan tejamli ishlaydi.

3.2-rasmda α ning yuklamaga qarab o‘zgarishi tasvirlangan. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti α ma’lum bo‘lsa, uglerodning CO ga aylangan qismi quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\varphi = 2(1-\alpha)\left(1 + \frac{3\text{H}}{\text{C}}\right).$$

Misol. $\alpha = 0{,}9$ bo‘lsa, $\varphi = 2(1 - 0{,}9)\left(1 + \frac{3 \cdot 0{,}145}{0{,}855}\right) = 0{,}302$ bo‘ladi, ya’ni uglerodning 30,2% CO ga aylanadi.



3.2-rasm. **Havo ortiqlik koeffitsiyenti α ning yuklamaga bog‘liq holda o‘zgarishi:** *1 – karburatorli dvigatel; 2 – dizel.*

3.3. YONISH MAHSULOTLARINI ZARARSIZLANTIRISH

Ichki yonuv dvigatellari silindrida yonilg‘i bilan havo aralashmasining yonishi natijasida to‘la yonish mahsulotlari bilan bir qatorda kam miqdorda bo‘lsa ham, chala yonish mahsulotlari CO, NO_X hamda yonilg‘ining parchalanish mahsulotlari (C_XH_X, S, SO_2, H_2S aldegidlar va 3,4-benzpiren) hosil bo‘ladi. Bu gazlar kishi sog‘lig‘i uchun (umuman, tirik organizm uchun) zararlidir. Ishlatilgan gazlar tarkibidagi zaharli gaz komponentlarining miqdori kimyoviy usul bilan tekshirib aniqlanadi.

Yonish mahsulotlarining zaharli komponentlariga is gazi – CO; azot oksidi – NO_X; yakka uglevodorodlar – C_XH_X (benzpiren) va boshqalar kiradi.

Is gazi CO – yonilg'ining chala yonishi natijasida hosil bo'ladi, ya'ni dvigatel, asosan, kichik yuklamalarda ishlaganda ajralib chiqadi va miqdori bo'yicha yonish mahsulotlarining 10–12% ini tashkil qilishi mumkin. Ayniqsa, avtomobil joyidan qo'zg'alayotganda is gazi ko'p ajralib chiqadi. Dizellarda is gazining miqdori nisbatan kam (0,5%) bo'ladi. Bu jihatdan dizel karburatorli dvigatellarga qaraganda katta afzalliklarga ega.

Azot oksidlari kam miqdorda bo'lib (0,8 mg/l), asosan α ning katta qiymatlarida paydo bo'ladi. Bu holda yonish mahsulotlari tarkibida CO_2 ning miqdori 250 mg/l gacha bo'lishi mumkin. H_2S esa juda oz miqdorda bo'ladi.

Kislorodli moddalar – aldegidlar 0,2 mg/l bo'ladi.

Yakka uglevodorodlarning miqdori 10–20 mkg/m^3 ni tashkil etadi. Ularning asosiysi 3,4-benzpiren bo'lib, u juda (faol) aktiv moddadir. Uning juda oz miqdori (konsentratsiyasi) ham kishi organizmini zaharlashi mumkin.

Etillangan benzin ishlatilganda qo'rg'oshin birikmalari hosil bo'ladi.

Ichki yonuv dvigatellarida ishlatilib atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar tarkibidagi xilma-xil zaharli moddalar kishi organizmini doimo zaharlab keladi va turli kasalliklar kelib chiqishiga sabab bo'lmoqda.

Avtomobil transporti rivojlangan sharoitda katta shaharlar, yirik korxona va h. k. da ishlatilgan gazlarning ko'plab yig'ilib qolishiga yo'l qo'yish mumkin emas. Shuning uchun butun dunyoda bu masalaga jiddiy e'tibor berilmoqda va bunday zaharli moddalar ajralib chiqishini kamaytirish maqsadida katta ilmiy izlanishlar hamda tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, karburatorlarni to'g'ri sozlash, karburatorli dvigatellarni kichik va o'rtacha yuklamalarda suyuq aralashmada ishlatish, alanga bilan o't oldirish yo'llariga katta ahamiyat berilmoqda. Chiqarish sistemasida ishlatilgan gazlarni qaytadan yoqish usullari ham qo'llanilyapti.

Karburatorli dvigatellar va dizellarning tovush pasaytirgichlariga (glushitel) gazlarni neytrallashtiruvchi moddalar

(neytralizatorlar) quyilib, ishlatilgan gazlar neytralizatordan o‘tganda zaharli moddalardan tozalanadi.

Karburatorli dvigatellarning asosiy kamchiliklaridan biri, ular ayniqsa yuklamasiz (salt) ishlaganida ko‘p miqdorda zaharli moddalar ajralib chiqishidir. Bu kamchilikni kamaytirish maqsadida maxsus siyraklikni cheklagichlar o‘rnatilmoqda. Karburatorli dvigatellar kichik va o‘rtacha yuklama bilan ishlaganida ularning tejamliligi keskin kamayadi.

Bu kamchiliklarni yo‘qotish uchun yonilg‘ini alanga (mash’al) bilan yondirish usuli qo‘llaniladi. Dizellardagi ishlatilgan gazlar tarkibida zaharli moddalarning va tutunning ko‘p yoki kam bo‘lishida yonilg‘i uzatuvchi asboblarning to‘g‘ri va soz ishlashi katta ahamiyatga ega. Agar yonilg‘i purkash asboblari (yuqori bosimli nasos va forsunka) to‘g‘ri va puxta rostlangan bo‘lsa, zaharli moddalar juda kam ajralib chiqadi. Ayrim hollarda tutunni kamaytirish maqsadida dizel yonilg‘isiga tutunga qarshi qo‘shimcha moddalar qo‘shiladi.

Nazorat savollari

1. Yonilg‘i nima? Yonilg‘i fraksiyalarini tushuntiring.

2. Yonilg‘ining yonish reaksiyalarini to‘liq va chala yozing.

3. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti nima?

4. Yonish mahsulotlarni zararlantirishni tushuntiring.

IV bob. ICHKI YONUV DVIGATELLARINING SIKLLARI

4.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Nazariy sikllarni tahlil qilganimizda issiqlik siklning ma'lum bir davrida «issiq» manbadan beriladi deb faraz qilgan edik. Ichki yonuv dvigatellarining haqiqiy sikllarida issiqlik olish uchun uning silindriga kiritilgan yonuvchi aralashmani yondirish zarur. Tabiiyki, issiqlik bu yo'l bilan olinganda termodinamikaning ikkinchi qonunida e'tiborga olinmagan qo'shimcha issiqlik sarfi sodir bo'ladi. Real dvigatelda issiqlik silindr devorlariga beriladi va uning bir qismi ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketadi, boshqa qismi esa o'ziga ekvivalent miqdorda ish bajaradi.

Qaytadan ish bajarish uchun yonish jarayoni sodir bo'lgan silindrni yonish mahsulotlaridan tozalash va uni yangi yonuvchi aralashma bilan to'ldirish lozim. Buning uchun qo'shimcha ish sarflanadi. Siqish va kengayish jarayonlari tashqi muhit bilan issiqlik almashib sodir bo'ladi, yonilg'ining yonishi esa ma'lum vaqt davom etadi va kengayish jarayonida uzil-kesil tugaydi. Siqish va kengayish jarayonlarining bu xarakterda kechishi natijasida qo'shimcha issiqlik sarflanadi.

Haqiqiy siklda nazariy siklga nisbatan issiqlik qo'shimcha isrof bo'lganidan, haqiqiy siklning f.i.k. nazariy siklning f.i.k dan doim kichik bo'ladi. Issiqlikdan foydalanishning mukammalligini haqiqiy va nazariy sikllarda bajarilgan foydali ishlarni o'zaro taqqoslab baholash mumkin.

Haqiqiy sikl davomida bajarilgan ish maxsus asbob — bosim indikatori yordamida aniqlanadi. Bu asbob silindrdagi bosimni sikl davomida tirsakli valning aylanish burchagiga mos ravishda o'zgarishini ossillograf qog'oziga $p - \varphi$ koordinatalar sistemasida yozadi (4.1-rasm). Olingan indikator diagrammadan siklning ishini aniqlash uchun uni $p - V$ koordinatalar sistemasida qayta qurish kerak (4.2-rasm). Buning uchun porshenning yurish yo'li bilan tirsakli valning burilish burchagi orasi-

dagi bog‘lanish ma’lum bo‘lishi kerak. Bu holda indikator diagrammaning yuzasi siklning haqiqiy indikator ishi L_i ni beradi. Real dvigatellarda issiqlikdan foydalanish effektivligi indikator f.i.k. orqali baholanadi va u η_i bilan belgilanadi:

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_1},$$

bunda L_i – indikator ishi; Q_1 – silindrga kiritilgan issiqlik miqdori.

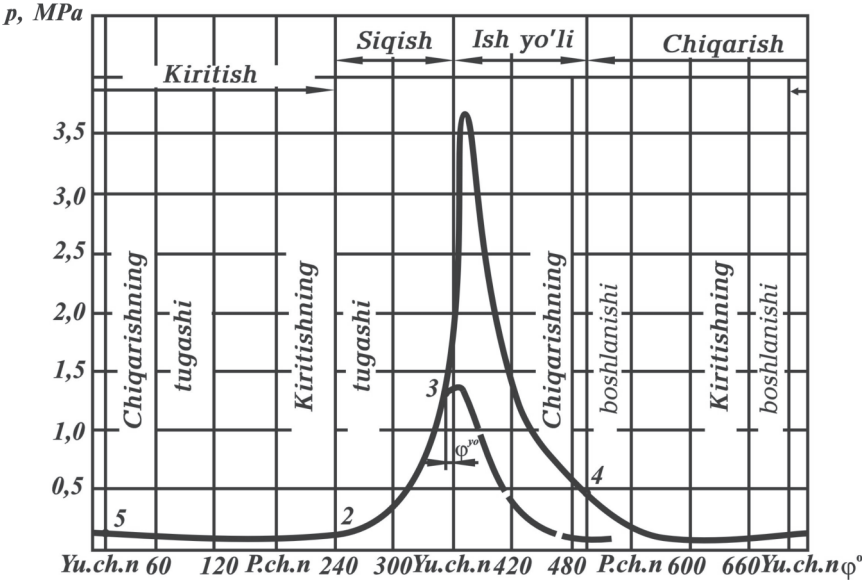
Agar foydali ish 1 kg yonilg‘i yonishi natijasida olingan desak, u holda

$$\eta_i = \frac{l_i}{H_u}$$

yoki

$$\eta_i = \frac{AL_i}{Q_1},$$

bunda $A = \frac{1}{427}$ kkal/kG · m; L_i – kG · m va Q_1 – kkal.



4.1-rasm. **Bosim indikatori yordamida olingan indikator diagramma**

Haqiqiy siklning indikator f.i.k. nazariy siklning termik f.i.k. ga qanchalik yaqin bo‘lsa, haqiqiy sikl shunchalik mukammal tashkil qilingan bo‘ladi. Sikllar nisbiy f.i.k.

$$\eta_0 = \frac{\eta_i}{\eta_t}$$

bilan taqqoslanadi. Hozirgi dvigatellarda η_0 = 0,65... 0,80 ga teng. Demak, haqiqiy sikllarda issiqlikdan foydalanish darajasi nazariy sikllarnikiga nisbatan past bo‘lib, 65—80% ni tashkil qiladi.

4.2. TO‘RT TAKTLI DVIGATELNING ISH SIKLI

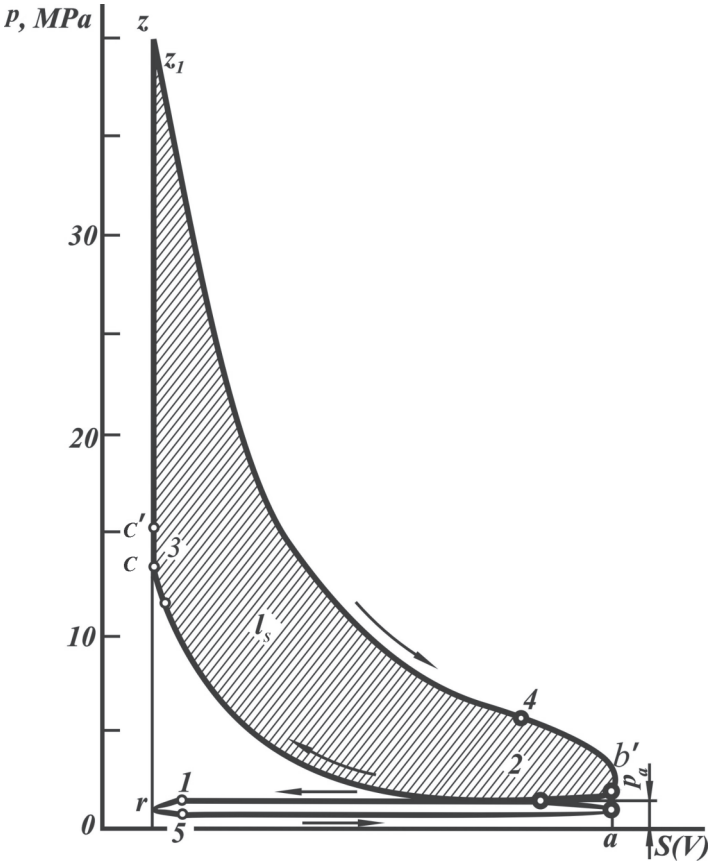
Zamonaviy avtomobil dvigatellari ikki va to‘rt taktli sikllarda hamda yuklama va tezlik rejimlarining keng ko‘lamda o‘zgarishlari bilan ishlaydi. Quyida avtomobil dvigatellariga xos bo‘lgan sikllarning ishini ko‘rib chiqamiz.

Karburatorli dvigatel

Karburatorli dvigatellarda tirsakli valning aylanishlar chastotasi 6000—8000 min^{-1} ga teng bo‘lib, ularning siklda ish bajarishi uchun juda qisqa vaqt (0,15—0,02s) ajratilgan. Shu qisqa vaqt ichida silindrga yonuvchi aralashma kirishi, siqish jarayoni sodir bo‘lishi, yonilg‘i bug‘lanishi va havo bilan aralashishi, uchqun berilishi, aralashma yonishi, ish bajarilishi va ishlatilgan gazlar atmosferaga chiqarib yuborilishi kerak. Siklning samaradorligini oshirishda yonish jarayoniga katta ahamiyat berish kerak, chunki bu jarayon qanchalik to‘g‘ri tashkil qilinsa, siklda shuncha katta ish bajariladi.

4.1-rasmda to‘rt taktli karburatorli dvigatelning indikator diagrammasi $p-\varphi$ koordinatalar sistemasida ko‘rsatilgan. Shu diagrammaning $p-V$ koordinatalar sistemasida qayta qurilgani 4.2-rasmda ko‘rsatilgan. Bu dvigatelda kiritish klapani ochila boshlashi (1-nuqta) bilan karburatorda hosil bo‘lgan yonuvchi aralashma silindr ichiga kiradi va bu jarayon kiritish klapani yopilganda tugaydi (2-nuqta). Bu jarayon kiritish jarayoni deb ataladi. Kiritish jarayoni davomida havo va yonuvchi aralashma dvigatelning kirish yo‘lida (havo tozalagich, karburator, dros-

sel-qopqoq, kiritish klapani) qarshiliklarga duch keladi, natijada uning bosimi kamayadi. Dvigatel silindriga tushgan yonuvchi aralashma ilgarigi sikldan qolgan yonish mahsulotlari bilan aralashib ish aralashmasini hosil qiladi. Shuni aytib o‘tish kerakki, 1-nuqtada klapan y.ch.n ga 5—20° yetmasdan ochilib, 2-nuqtada p.ch.n dan 40—70° o‘tgandan so‘ng yopiladi. Siqish jarayoni 2-nuqtadan, ya’ni kiritish klapani yopilishi bilan boshlanadi. Ish aralashmasining temperaturasi issiqlik beriladigan yuzalar (silindr, golovka, porshen)ning o‘rtacha temperaturasidan farq qilganligi uchun siqish jarayonida o‘zaro issiqlik almashinishi sodir bo‘ladi. Siqish jarayonining birinchi davrida issiqlik silindr devorlaridan ish aralashmasiga beri-



4.2-rasm. **To‘rt taktli karburatorli dvigatelning *p—V* koordinatalar tizimidagi indikator diagrammasi**

ladi, so‘ngra siqish natijasida ish aralashmasining temperaturasi ortadi va issiqlik, aksincha, aralashmadan silindr devorlariga beriladi.

Karburatorli dvigatellarda ish aralashmasi elektr uchquni bilan yondiriladi. Yonish boshlangandan so‘ng ish aralashmasining svecha atrofidagi qismi alangalanadi va yonish kamerasi bo‘ylab yuqori tezlik (30...50 m/s) bilan tarqaladi. Aralashmaning asosiy massasi porshen yu.ch.n. ga yaqin (kengayish boshlanishida) bo‘lganda yonib tugasa, ya’ni yonish jarayoni o‘zgarmas hajmda ketsa, bu holda issiqlikdan juda yaxshi foydalanilgan bo‘ladi va siklning indikator f.i.k. ortadi. Buning uchun aralashmani ilgariroq, ya’ni porshen yu.ch.n. ga kelmasdan yondirish kerak (3-nuqta). Bunday sharoitda yonish jarayoni juda qisqa vaqt oralig‘ida, ya’ni tirsakli valning burilish burchagi yu.ch.n. ga 10...15° yetmasdan va yu.ch.n. dan 15...20° o‘tib ketgan davr oralig‘ida sodir bo‘ladi, bu holda temperatura va bosimning tez o‘zgarishi kuzatiladi.

Kengayish jarayoni (ish yo‘li) da yonish davom etadi, silindr devorlari bilan issiqlik almashinadi, issiqlikning bir qismi atmosferaga chiqarib yuboriladi. Natijada f.i.k. kamayadi.

Ishlatilgan gazlar chiqarish klapani ochilishi bilan (4-nuqta) tashqariga chiqarila boshlanadi. Bu vaqtda silindr ichidagi bosim atmosfera bosimiga nisbatan ancha yuqori bo‘lganligi uchun ishlatilgan gazlar juda katta tezlik bilan tashqariga chiqa boshlaydi. Chiqarish jarayoni porshen yu.ch.n. ga yetguncha davom etadi va chiqarish klapani yopilishi bilan tugaydi (5-nuqta). Chiqarish jarayoni uzoq vaqt davom etishiga qaramasdan (~260°) silindrning ichida ishlatilgan gazlarning ozroq qismi qoladi va ular qoldiq gazlar koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi.

Dizel

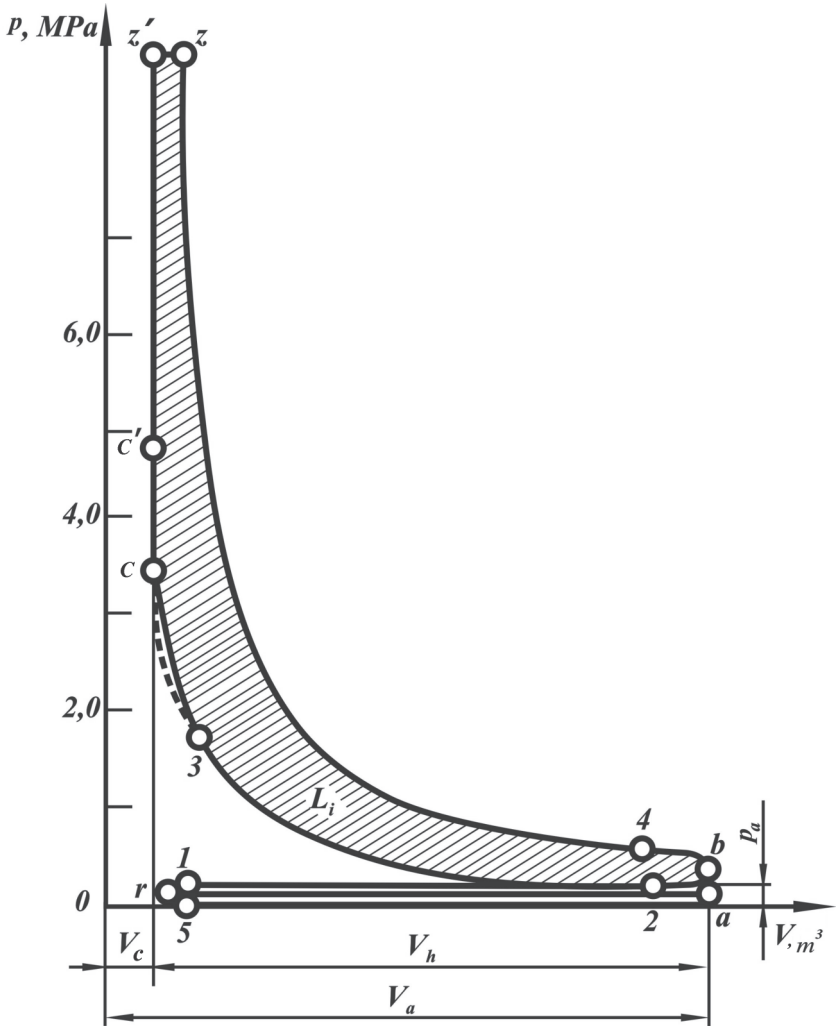
Tezyurar dizellarning tirsakli vali 800...3000 min^{-1} (yuk avtomobillari) va 4500...5000 min^{-1} (yengil avtomobillar) chastota bilan aylanadi. Bunday sharoitlarda dizel siklining kechishi juda qisqa muddat (0,15...0,05 s) larda sodir bo‘lishi kerak. Ayniqsa, ish aralashmasini hosil qilish va yonish jarayonlariga katta ahamiyat berish zarur. 4.3-rasmda to‘rt taktli

nadduvsiz dizelning $p-V$ koordinatalar sistemasidagi indikator diagrammasi keltirilgan. Dizelda kiritish klapani ochilganda (1-nuqta) silindr ichiga faqat havo kiradi, kiritish jarayoni porshen y.ch.n. dan p.ch.n. ga yetib kelguncha davom etadi va 2-nuqtada, ya'ni klapan yopilishi bilan tugaydi.

Karburatorli dvigateldagi kabi dizelda ham kiritish klapani yopilishi bilan (2-nuqta) porshen p.ch.n. dan y.ch.n. ga harakat qilganda silindr ichida siqish jarayoni sodir bo'ladi. Bu vaqtda kiritilgan havo bilan silindr devorlari o'rtasida o'zaro issiqlik almashinishi ketadi. Yonish kamerasiga yonilg'ini purkash porshen y.ch.n. ga yaqinlashganida (3-nuqta) boshlanadi. Dizel silindriga yonilg'ini purkash porshen y.ch.n. ga 10...20° yetmasdan boshlanadi. Bu paytda siqilgan havoning temperaturasi yuqori bo'lib (800...1000° K), purkalgan yonilg'ining zarralari havoga qo'shilishi bilan o'z-o'zidan yona boshlaydi. Purkash ko'pgina hollarda yonish vaqtida tugaydi. Demak, dizelda ish aralashmasini hosil qilish uchun ajratilgan vaqt juda qisqa bo'lib, uni to'g'ri tashkil qila bilish katta ahamiyatga ega. Bunday sharoitda yonilg'i purkash asboblariga va havoning uyurma harakatiga bo'lgan talab oshadi.

Yuqori bosimli yonilg'i nasosi va kichik teshiklari bo'lgan forsunka dizelning yonish kamerasiga yonilg'ini mayda zarrachalarga to'zitib purkaydi. Siqilgan havoning uyurma harakati ta'sirida ish aralashmasi hosil bo'ladi. Kameraning qaysi qismida aralashmaning tarkibi yonishga tayyor bo'lsa, o'sha yerdan yona boshlaydi va tezlikda butun kamera bo'ylab tarqaladi. Silindrga purkalgan yonilg'i ma'lum vaqt o'tishi bilan yona boshlaydi. Bu davr alangalanishning kechikish davri deyiladi. Bu davr ichida havo bilan yonilg'i aralashish va alangalanishga tayyorlanadi. Demak, dizelda yonish jarayoni karburatorli dvigateldagidek sodir bo'lmaydi. Yonish jarayonida bosim avval juda tez ko'tariladi ($c'z'$ uchastka), so'ngra qisqa vaqt davomida (zz' uchastka) bosim deyarli o'zgarmaydi. Yonish kengayish jarayonida ham davom etadi va bu paytda karburatorli dvigatelda bo'lgani singari, yonish mahsulotlari bilan silindr devorlari o'rtasida issiqlik almashinuvi sodir bo'ladi. Demak, bu almashinuvda issiqlikning bir qismi isrof bo'ladi, bir qismi esa atmosferaga chiqib ketadi. Ishlatilgan gazlarning chiqishi chiqarish klapani ochilganda 4-nuqtada

boshlanib, porshen p.ch.n. dan y.ch.n. ga kelguncha davom etadi va klapan yopilganda (5-nuqtada) tugaydi.



4.3-rasm. **To‘rt taktli «nadduv»siz dizelning *p*–*V* koordinatalar tizimidagi indikator diagrammasi**

Nazorat savollari

1. *Ichki yonuv dvigatellarining haqiqiy sikllari nima? Umumiy ma'lumotlar haqida ayting.*
2. *Karbyuratorli dvigatelning indikatoli diagrammasini ayting.*
3. *Dvigatelning indikator diagrammasi nima?*

V bob. ICHKI YONUV DVIGATELLARIDA SODIR BO‘LADIGAN JARAYONLAR

Dvigatelning eng katta quvvati, burovchi momenti, uning tejamliligi, yeyilishga chidamliligi va boshqa ish ko‘rsatkichlari ayrim sikl davomida sodir bo‘ladigan jarayonlarning borish xarakteriga bog‘liq.

Dvigatellarning yangi konstruksiyalarini yaratishda tajribalar orqali aniqlangan va dvigatelning ayrim ko‘rsatkichlariga hamda ularda sodir bo‘ladigan jarayonlarga ijobiy ta’sir ko‘rsatadigan omillarni hisobga olish zarur.

Quyida dvigatellarda sodir bo‘ladigan jarayonlar va ularga ta’sir etuvchi omillarning tahlilini ko‘rib chiqamiz.

5.1. GAZ ALMASHINISH JARAYONI

Kiritish va chiqarish jarayonlarining xarakteristikalari

Kiritish jarayonida silindr ichiga yonuvchi aralashma (karburatorli dvigatellarda) yoki havo (dizelda) kiritiladi.

Silindr ichiga yonuvchi aralashmani yoki havoni ko‘p miqdorda kiritish uchun porshen sekin harakat qilishi, silindrda qoldiq gazlar bo‘lmasligi, kiritish klapanlarining kesim yuzalari katta bo‘lishi, issiqlik tarqaladigan yuzalarning temperaturasi tashqi muhitning temperaturasiga teng bo‘lishi lozim. Bunday sharoitda silindrga kirgan havo yoki yonuvchi aralashma porshen p.ch.n. ga yetganida silindr hajmini to‘liq qoplaydi va uning bosimi hamda temperaturasi atmosferanikiga tenglashadi.

Silindr ichiga kiradigan havo massasining eng ko‘p nazariy miqdori quyidagicha aniqlandi:

$$G_0 = V_a \cdot \rho_0, \text{ kg};$$

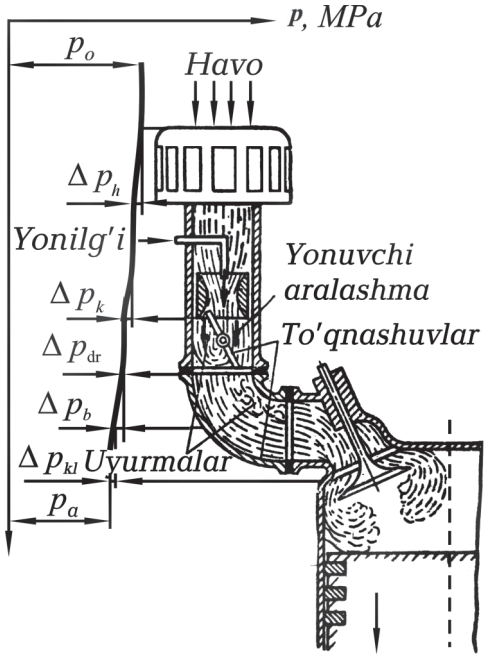
bunda V_a – silindrning to‘la hajmi, m^3;

ρ_0 – havoning normal bosim va temperaturadagi zichligi, kg/m³.

Amalda kiritish jarayonida yuqorida ko‘rsatilgan sharoitlarni yaratib bo‘lmaydi, chunki real dvigatellarda porshen ma’lum tezlikda harakatlanadi va silindrda albatta qoldiq gazlar bo‘ladi.

5.1-rasmda to‘rt taktli karburatorli dvigatelning kiritish sistemasida avval havo, so‘ngra yonuvchi aralashmaning harakat sxemasi ko‘rsatilgan. Havo kiritish sistemasiga tashqi muhitdan ρ_0 bosim va T_0 temperatura bilan kiradi.

Havo tarkibida hamma vaqt chang zarrachalari bo‘ladi va bunday havoni silindrga kiritishdan oldin tozalash zarur. Silindr devorlari, porshen halqalari va boshqa detallarning tez yeyilishiga chang sabab bo‘ladi. Havoni changdan tozalash uchun havo tozalagichlar (havo filtrlari) ishlatiladi. Havo tozalagichlarda tozalangan havo karburator diffuzoridan katta tezlikda o‘tib, to‘zitkichdan chiqayotgan yonilg‘i bilan aralashadi va yonuvchi aralashma hosil qiladi.

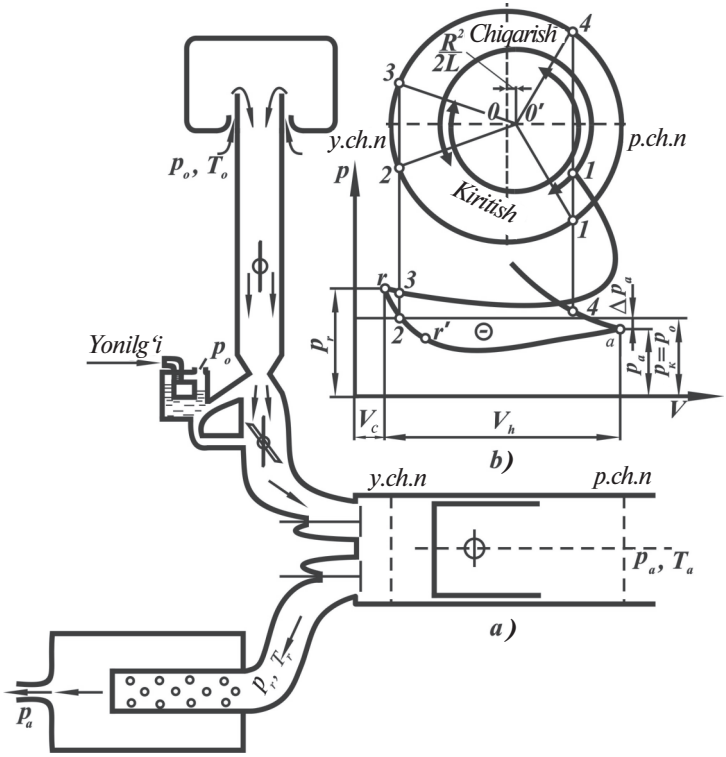


5.1-rasm. **Karburatorli dvigatelning kiritish sistemasi bo‘ylab zaryad harakatining sxemasi**

Havo yoki yonuvchi aralashma dvigatelning kiritish sistemasida gidravlik qarshiliklarga duch kelib, girdoblanadi, natijada havoning devorlar bilan ishqalanishi va o‘zaro ichki ishqalanishi kuchayadi. Gidravlik qarshiliklar ta’sirida kiritish sistemasidagi havoning bosimi atmosfera bosimidan past ($p_a < p_0$) bo‘ladi.

5.1-rasmda havo va yonuvchi aralashmaning kiritish sistemasidan o‘tayotgan vaqtdagi bosimining o‘zgarish xarakteri tasvirlangan.

To‘rt taktli karburatorli dvigatelda va nadduvsiz dizelda ishlatilgan gazlarni tashqariga chiqarish va yangi zaryadni kiritish (gaz almashinish) jarayonining sxemasi hamda indikator diagrammalari 5.2-rasmda tasvirlangan.



5.2-rasm. **Karburatorli dvigatel va «nadduv»siz dizelda gaz almashish jarayonining tafsiflari:**

a – gaz almashish sistemasining sxemasi;

b – gaz almashish jarayonining diagrammasi.

5.3-rasmda bu jarayon nadduvli dizel uchun tasvirlangan.

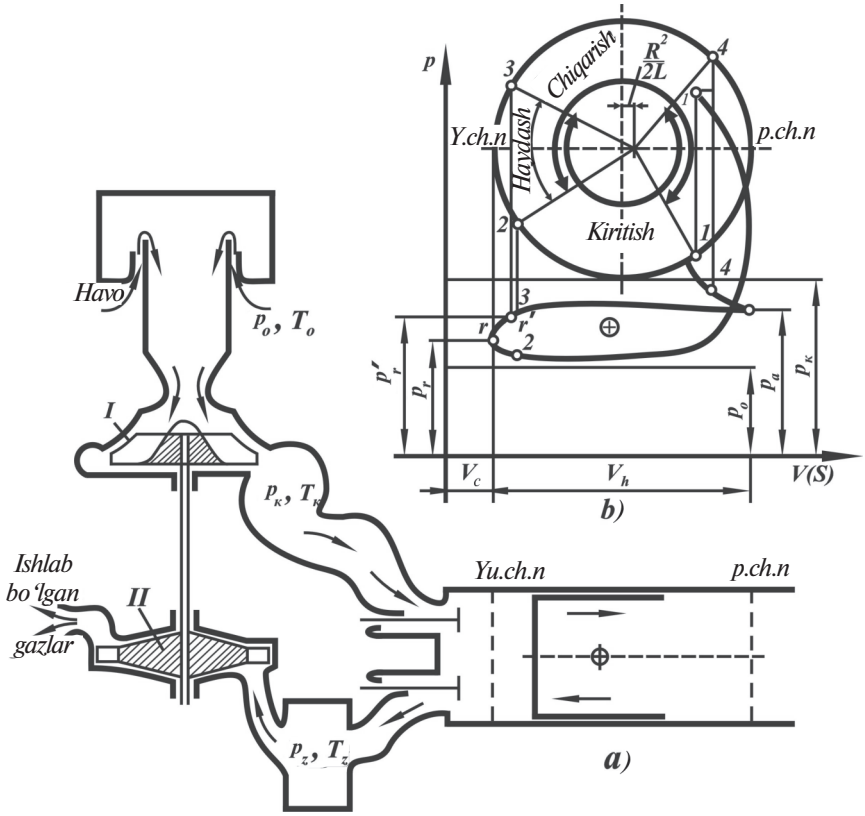
Nadduvli dizelda havo avval kompressorda p_k bosimgacha siqiladi, natijada uning temperaturasi T_k gacha oshadi. Kompressor esa turbina bilan harakatga keltiriladi. Ishlatilgan gazlar silindrlardan chiqib resiverga kiradi, so‘ng resiverdan bir tekisda chiqib turbinani aylantiradi. Resiverdagi bosim p_r atmosfera bosimi p_0 dan katta, lekin p_k dan kichik bo‘ladi, shuning uchun gaz almashinish diagrammasining ko‘p qismida chiqarish jarayonini xarakterlovchi *12 r* chiziq kiritish chizig‘i *3a4* dan pastda joylashadi. Demak, nadduvli dizelda gaz almashinish jarayonida foydali ish bajariladi.

Nadduvsiz dizelda kiritish jarayonida havo atmosferadan kiradi va gaz almashinish jarayoni 5.2-rasmda ko‘rsatilgandek bo‘ladi. Faqat gidravlik qarshiliklar va shunga mos holda Δp_a ning miqdori kichik bo‘ladi, chunki dizelda karburator va drossel-qopqoq bo‘lmaydi. Shu sababli dizelning to‘ldirish koeffitsiyenti karburatorli dvigatelnikidan katta bo‘ladi.

5.2-*b* rasm va 5.3-*b* rasmda gaz taqsimlash fazalari, ya’ni yangi zaryad kiritish va ishlatilgan gazlarni chiqarish jarayonlari tasvirlangan*. Kiritish va chiqarish klapanlarining ochilish hamda yopilish paytlari gaz taqsimlash fazalari va indikator diagrammalarida bir xil nomli nuqtalar bilan belgilangan.

Zo‘riqishlarni kamaytirish uchun klapanlar ochilish va yopilish paytida sekin harakat qilishi kerak. Aks holda gaz taqsimlash mexanizmlari sinishi mumkin. Silindrni yangi zaryad bilan ko‘proq to‘ldirish uchun klapanlarning havo o‘tish yuzalari katta bo‘lishi kerak. Bu talablarni gaz taqsimlash fazalarini kengaytirish yo‘li bilan ham ta’minlash mumkin. Buning uchun klapanlarning ochilish va yopilish paytlarini to‘g‘ri tanlash lozim.

Avtomobil va traktor dvigatellarida chiqarish klapani porshen p.ch.n. ga 45...70° yetmasdan ochiladi (1-nuqta, 5.2-rasm) va silindr ichidagi yonish mahsulotlari katta tezlik bilan chiqa boshlaydi. Bu jarayon erkin chiqarish deb atalib, porshen p.ch.n. ga kelguncha davom etadi. Yonish mahsulotlarining qolgan qismi porshen yu.ch.n. ga tomon harakat qilganda haydab chiqariladi va tirsakli val yu.ch.n. dan 2...25° o‘tganida chiqarish klapani yopiladi (2-nuqta). Bu nuqtada chiqarish jarayoni tugaydi. Kiritish klapani chiqarish jarayoni-



5.3-rasm. **To'rt taktli «nadduv»li dizelda gaz almashish jarayonining tafsiflari:**

a – gaz turbinali «nadduv»li dvigatelning sxemasi; b – gaz almashish jarayonining diagrammasi. I – kompressor; II – gaz turbina.

ning oxirida porshen y.ch.n. ga 5...20° yetmasdan ochiladi (3-nuqta). Shunday qilib, ma'lum vaqt davomida (*3r2* nuqtalar oralig'ida) ikkala klapan ochiq holatda bo'ladi. Klapanlarning bunday ishlashi to'ldirish jarayoniga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Kiritish klapani barvaqt ochilgani uchun silindr ichidagi ishlatilgan gazlar yangi zaryad yordamida haydaladi. Bundan tashqari, ishlatilgan gazlar haydalganda tezlik bilan tashqariga chiqqani uchun porshen yu.ch.n. tomon harakatlansa ham gazlar o'z inersiyasi bilan tashqariga chiqishda davom etadi. Bu payt kiritish klapanlarining ostida siyraklanish hosil bo'lib, silindrga ko'proq zaryad kiradi.

Nadduvli dvigatellarda (5.3-*b* rasm) kiritish va chiqarish klapanlarining bir vaqtda ochiq bo‘lishi yonish kamerasini tozalash uchun yaxshi sharoit yaratadi.

Kiritish klapani tirsakli val p.ch.n. dan 30...70° o‘tganida yopiladi (4-nuqta 5.2-rasm) va so‘ngra siqish jarayoni boshlanadi. Kiritish klapanining bunday kech yopilishi kiritish trubalarida hosil bo‘ladigan inersiya kuchlaridan foydalanib, silindrga ko‘proq havo yoki aralashma kiritishga imkon beradi.

5.2. SIQISH JARAYONI

Nadduvli va nadduvsiz to‘rt taktli dvigatellarda kiritish klapanlari berkitilgandan keyin, ikki taktli dvigatellarda esa gaz almashuv jarayoni tugagandan so‘ng porshen silindrda y.ch.n. ga tomon harakat qilganda siqish jarayoni sodir bo‘ladi. Silindrga kirgan yangi zaryadning temperaturasi va bosimi siqish natijasida ortadi. Siqish darajasi karburatorli dvigatellarda detonatsiyali yonishning paydo bo‘lishi bilan, dizellarda esa dizel yonilg‘isining o‘z-o‘zidan alangalanish temperaturasi bilan cheklangan bo‘ladi. Shu sababli siqish jarayoni oxirida zaryadning temperaturasi va bosimi ma’lum chegarada bo‘ladi. Dizellarda siqish jarayoni oxirida temperatura va bosimning oshishi bilan siklning unumdorligi oshadi hamda issiqlikdan foydalanish yaxshilanadi.

Siqish jarayoni oxirida silindrdagi zaryadning uyurma harakatini tezlashtirish uchun yonish kamerasi, kiritish kanallari va klapanlari maxsus shaklda tayyorlanadi.

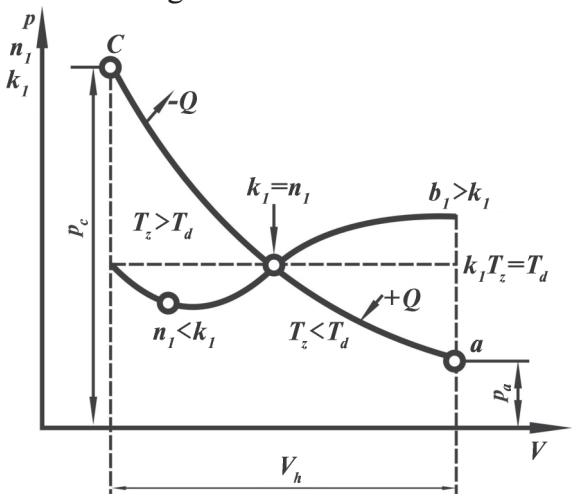
5.4-rasmda haqiqiy siklda siqish jarayonining sodir bo‘lish xarakteri ko‘rsatilgan. Siqish jarayonining birinchi davrida zaryadning temperaturasi silindr devorlari, kallagi va porshen tubining temperaturasidan past bo‘lgani uchun zaryad qiziydi. Porshenning yu.ch.n. ga tomon harakati davomida zaryad tobora ko‘proq siqiladi va uning temperaturasi T_3 hamda silindr devorlarining o‘rtacha temperaturasi T_d orasidagi farq kamayib boradi. Porshenning ma’lum bir nuqtasida zaryad va silindr devorlarining temperaturasi tenglashadi. Porshenning keyingi yu.ch.n. ga tomon harakatida $T_3 > T_d$ bo‘lib qoladi, natijada issiqlik oqimi o‘z yo‘nalishini o‘zgartiradi va siqilgan zaryaddan silindr devorlariga issiqlik o‘ta boshlaydi. Zaryad tempe-

raturasining o‘zgarishiga mos ravishda politropa ko‘rsatkichi ham o‘zgaradi. Siqishning birinchi davrida $n_1 = k$, ikkinchi davrida $n_1 > k$, uchinchi davrida esa $n_1 < k$ bo‘ladi. Lekin hisoblashlarda o‘zgaruvchan politropa ko‘rsatkichi ishlatilmasdan, uning o‘rtacha qiymati qo‘llaniladi. Bu holda siqish jarayoni oxiridagi (*c* nuqtada) temperatura va bosimni politropa tenglamasi pV^{n1} = const orqali aniqlash mumkin:

$$p_c = p_a\left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{n_1} \text{ va } \left(\frac{T_c}{T_a}\right)=\left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{n_1-1},$$

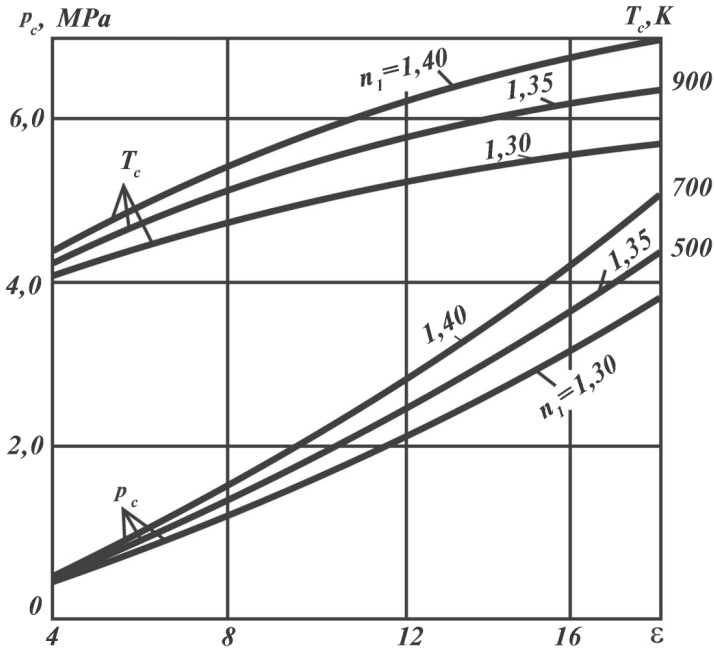
ammo $\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$ bo‘lgani uchun $p_c = p_a\varepsilon^{n_1}$ *va* $T_c = T_a\varepsilon^{n_1-1}$ bo‘ladi.

5.5-rasmda siqish jarayoni oxiridagi bosim p_c va temperatura T_s ning ε va n_1 ga bog‘liqligi tasvirlangan. Avtomobil dvigatellarida qo‘llaniladigan siqish darajalari ε siqish jarayoni oxiridagi bosim va temperatura hamda politropa ko‘rsatkichi n_1 5.1-jadvalda keltirilgan.



5.4-rasm. **Haqiqiy siklda siqish jarayonining xarakteristikasi**

Misol. Siqish darajasi $\varepsilon = 8$ va politropa ko‘rsatkichi $n_1 = 1{,}34$ bo‘lgan karburatorli dvigatel uchun kiritish jarayoni oxiridagi ikki xil temperatura $T_a = 335°$ K; 365° K va bosim $p_a = 0{,}085$; 0,079 MPa uchun, siqish jarayoni oxiridagi temperatura T_c va bosim p_c aniqlansin.



5.5-rasm. **Siqish jarayoni oxiridagi bosim p_s ning ε ga bog‘liqlik grafigi (n_1 ning har xil qiymatlarida)**

1) $p_c = p_a \quad \varepsilon^{n_1} = 0,085 \quad 8^{1,34} = 1,38 \ MPa;$

2) $p_c = p_a \quad \varepsilon^{n_1} = 0,079 \quad 8^{1,34} = 1,263 \ MPa.$

Siqish jarayoni oxiridagi temperatura:

1) $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} = 335 \cdot 8^{0,34} = 680^{\circ} \ K;$

2) $T_c = 365 \cdot 8^{0,34} = 743^{\circ} \ K.$

Demak, O‘rta Osiyo iqlim sharoitiga mos temperaturada p_c va p_a bosimlar pasayar ekan, siqish jarayoni oxiridagi temperatura esa ortadi.

Bu dizellarda yonish jarayonini yaxshilashga olib kelsa, karburatorli dvigatellarga salbiy ta’sir qilishi mumkin.

5.1-jadvalda ichki yonuv dvigatellarida qo‘llaniladigan siqish darajalari va siqish jarayonining ko‘rsatkichlari keltirilgan.

5.1-jadval

Dvigatel turi	ε	n_1	p_c , MPa	T_c ,°K
Karburatorli	6–9	1,3–1,37	0,57–0,16	600–750
Dizellar:				
ajratilmagan kamerali	16–17	1,34– 1,38	3,88–5,88	800–1050
ajratilgan kamerali	18–21	1,34–1,40	2,81–4,20	700–900
gazli	5–10	1,3–1,37	0,55–1,1	480–650

5.3. UCHQUN BILAN O‘T OLDIRILADIGAN DVIGATELLARDA YONISH JARAYONI

1. Umumiy ma’lumotlar

Ichki yonuv dvigatellarining yonish kamerasida ish aralashmasi yonganida yonilg‘ining kimyoviy energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi va natijada mexanik ish bajariladi. Bunday o‘zgarishlar porshen yu.ch.n. atrofida bo‘lganida, ya’ni ma’lum vaqt oralig‘ida yuz beradi.

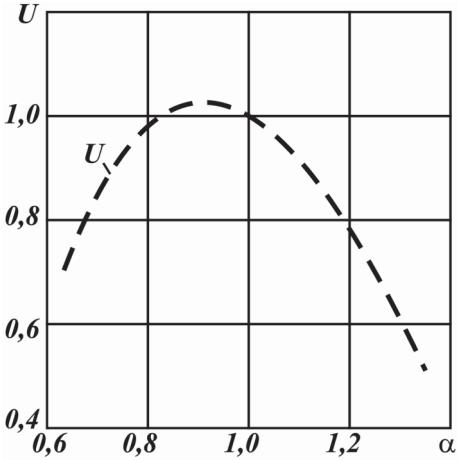
Yonish jarayonining samaradorligiga bir qancha omillar, jumladan, aralashmaning tarkibi, uni hosil qilish usuli va yonilg‘i yondirishni ilgarilatish burchagi, dvigatelning yuklamasi va aylanishlar chastotasi, yonish kamerasining shakli, siqish darajasi va boshqalar ta’sir etadi. Shuning uchun yonish jarayonini karburatorli dvigatellar va dizellar uchun alohida ko‘rib chiqish kerak. Yonish jarayoni murakkab reaksiya bo‘lib, uni qisqa vaqt ichida amalga oshirish lozim. Karburatorli dvigatelga uchqun ish aralashma ma’lum temperaturaga ega bo‘lganda, siqish jarayoni oxirida berilishi kerak. Chunki yuqori temperaturalarda yonish reaksiyalarining tezligi ortadi va yonish jarayoni qisqa vaqt ichida tugallanadi.

Alanganing tarqalish tezligi yonuvchi aralashmaning tarkibiga, ya’ni havoning ortiqlik koeffitsiyentiga bog‘liq. Benzin va gazda ishlaydigan dvigatellarda yonish jarayoni normal kechishi uchun havoning ortiqlik koeffitsiyenti α = 0,7... 1,2 bo‘lishi kerak. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti bu miqdordan oshib yoki kamayib ketsa ish aralashmasi yonmaydi, chunki yonish uchun sharoit yaratilmaydi. *Alanga tarqalishining yuqori to‘yinganlik chegarasi* deb, aralashmani yondirishga imkon beruvchi havo ortiqlik koeffitsiyentining eng kichik qiymati

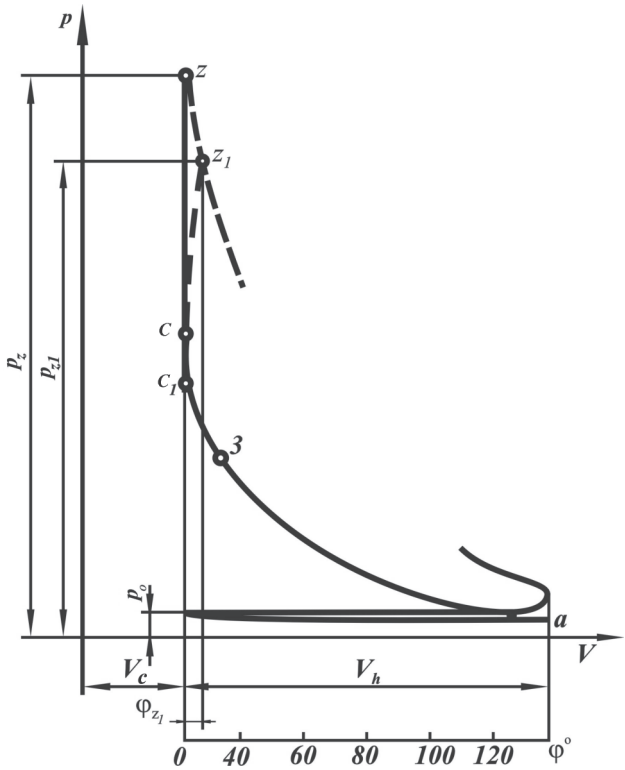
α_{min} ga aytiladi. *Alanga tarqalishining quyi to'yinganlik chegarasi* deb, aralashmani yondirishga imkon beruvchi havo ortiqlik koeffitsiyentining eng katta qiymati α_{max} ga aytiladi. Uglevodorodli yonilg'ilarda α = 0,85...0,9 bo'lganda alanganing tarqalish tezligi eng yuqori qiymatga erishadi. 5.6-rasmda misol tariqasida propan alangasining tarqalish tezligi α ga bog'liq holda ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinadiki, α ning miqdori optimal qiymatdan oshsa yoki kamaysa, alanganing tarqalish tezligi biroz pasayadi. Ish aralashmasi juda suyuqlashsa yoki quyuqlashsa, yonish tezligi keskin kamayib ketadi. Yonish tezligi temperaturaning kvadratiga proporsional ravishda oshadi, bosim ko'tarilganda esa biroz pasayadi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonuvchi aralashma gaz yoki benzin bug'lari va havodan tashkil topgan bo'lib, uni alangalanuvchanlik chegarasidan tashqarida yondirib bo'lmaydi. Ish aralashmasida qoldiq gazlar ko'p bo'lsa, alangalanuvchanlik chegaralari qisqaradi.

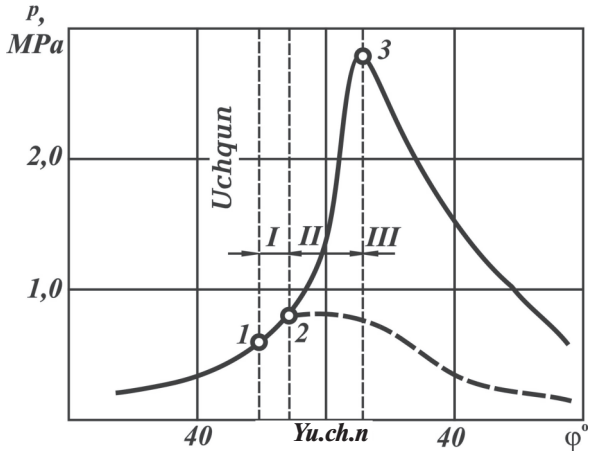
Shuning uchun, karburatorli dvigatellarning yuklamasi o'zgarganda yonilg'i va havoning miqdorini shunday o'zgartirish kerakki, natijada har qanday yuklamada ham yonuvchi aralashma alangalanuvchanlik chegarasida bo'lsin. Karburatorli dvigatellarda silindrga berilayotgan yonuvchi aralashmaning tarkibi va miqdori drossel-qopqoqning holati bilan belgilanadi. Dvigatel kam yuklama bilan ishlasa (avtomobilni yurgizib yuborishda, kichik tezlikda harakat qilishda), drossel-qopqoq berkitiladi, natijada aralashma quyuqlashadi. Bu esa dviga-



5.6-rasm. **Alanga frontining tarqalish tezligi (propan-havo)**



5.7-rasm. **Karburatorli dvigatelning indikator diagrammasi**



5.8-rasm. **Karburatorli dvigatelda yonish jarayonining $p-\varphi$ koordinatalar tizimidagi diagrammasi**

telning tejamliligini pasaytiradi va issiqlikdan foydalanishni yomonlashtiradi.

5.7-rasmda $p - V$ koordinatalar sistemasida karburatorli dvigatel uchun yonish jarayonining indikator diagrammasi tasvirlangan, ushbu siklga mos bo‘lgan nazariy sikldagi issiqlik uzatish esa shtrix chiziqlar bilan ko‘rsatilgan. Haqiqiy siklda yonish jarayoni ma’lum vaqt (0,001 s) oralig‘ida sodir bo‘ladi, bu davrda porshen tirsakli valning $\varphi_{z1} = 10...25°$ burchakka burilishiga mos yo‘lni bosadi. Diagrammadan ko‘rinib turibdiki, yonish davrida (tirsakli val 20° ga burilganda) yonish jarayonini xarakterlovchi c_1z_1 chiziq $V =$ const chizig‘idan ko‘p chetlashmaydi. Yonish jarayonini $p - V$ koordinatalar sistemasida ko‘rib chiqish qiyin, shuning uchun bu jarayonni $p - \varphi$, koordinatalar sistemasida ko‘rib chiqish ancha qulaydir. Yonish jarayonining bunday diagrammalari bosim indikatori yordamida dvigatellarni sinash paytida yozib olinadi.

5.8-rasmda karburatorli dvigatelning indikator diagrammasi siklning xarakterli nuqtalari bilan ko‘rsatilgan. Yonish kamerasiga elektr uchquni berilmagan holdagi kengayish jarayoni shtrix chiziq bilan ko‘rsatilgan. Yonish natijasida ajralib chiqqan issiqlikdan unumli foydalanish uchun ish aralashmasini porshen yu.ch.n. yaqinida bo‘lganida tez yonishini ta’minlash zarur. Buning uchun yonish kamerasiga elektr uchquni porshen yu.ch.n. ga bir necha gradus yetmasdan berilishi kerak. Tirsakli valning uchqun berilgan paytdan yu.ch.n. gacha burilish burchagiga *o‘t oldirishni ilgarilatish* burchagi deyiladi va φ_{yo} bilan belgilanadi. Uchqun chiqqan zonada juda yuqori temperatura (10000 °C) hosil bo‘ladi. Agar ish aralashmasi yonish darajasiga yetgan bo‘lsa, u holda aralashma alangalana boshlaydi. Uchqun berilgandan keyin yonish jarayonining boshlanishiga kimyoviy tayyorgarlik uchun sekundning mingdan bir ulushicha vaqt kerak.

Elektr uchquni yonish kamerasiga *1* nuqtada berilgan bo‘lsa ham, alanga paydo bo‘lmaganligi uchun bosimning I nuqtadan II nuqtagacha ko‘tarilishi uchqun berilmagan holdagidek yuz beradi. II nuqtada ko‘zga ko‘rinadigan alanga paydo bo‘ladi, bosim esa sezilarli darajada tez ko‘tarila boshlaydi. Bu paytda alanga yonish kamerasi bo‘ylab tez tarqalishi natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori juda tez ko‘payadi, bu esa bosim

va temperaturaning bir necha marta ko‘tarilishiga olib keladi. Siklning temperaturasi o‘zining eng katta qiymatiga eng katta bosimda emas, balki biroz keyinroq erishadi. Bunga asosiy sabab shuki, shiddatli yonish jarayoni bosim eng katta qiymatiga erishgandan keyin ham davom etadi. Lekin porshenning p.ch.n. ga tomon harakatlanishi va gazlarning kengayishi natijasida bosim kamayadi.

Yonish jarayonining turli davrlarida olingan fotosuratlar kamerada yongan va yonmagan aralashmani ajratib turuvchi — yorug‘lanuvchi chegara (kontur) borligini ko‘rsatadi. Alanga ko‘lami deb nomlangan bu chegara yonish reaksiyalari rivojlanayotgan aralashmaning yupqa qatlamidan iborat.

Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarning yonish jarayonini shartli ravishda uchta fazaga bo‘lish mumkin:

Birinchi faza — elektr uchquni berilgan paytdan boshlab, bosimning birdan ko‘tarilishigacha o‘tgan davr. Bu faza yonishning boshlang‘ich fazasi deb ataladi. Birinchi faza vaqtida, yonuvchi aralashmaning taxminan 6—8 foizi yonadi.

Ikkinchi — asosiy faza — bosimning birdan ko‘tarilish paytidan boshlab maksimal $p_{z\,\max}$ qiymatiga erishguncha o‘tgan davr. Ikkinchi faza davomida yonuvchi aralashmaning taxminan 80 foizi yonadi. Bu davrda bosimning tez ko‘tarilishi kuzatiladi. Yonish jarayonining shiddatliligi deb ataluvchi kattalik K tirsakli valning har bir gradus burilishiga to‘g‘ri keladigan bosimning ko‘tarilish tezligi bilan xarakterlanadi:

$$K = \frac{\Delta p}{\Delta \varphi}, \text{ MPa/grad};$$

bubda Δp bosimlar ayirmasi.

Uchinchi faza — bosim maksimumga erishgan paytdan yonilg‘ining yonib tugashigacha bo‘lgan davr. Yonish jarayoni to‘g‘ri uyushtirilgan karburatorli dvigatellarda uchinchi fazaning davom etish davri katta emas va kengayish jarayonining o‘rtalarida tugaydi. Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayoni shiddatliligining o‘rtacha qiymati $K = 1...2$ bar/grad = 0,1...0,2 MPa/grad ga teng.

— yonish jarayoniga quyidagi omillar ta’sir etadi:

— o‘t oldirishni ilgarilatish burchagi;

— ish aralashmasining tarkibi;

– aylanishlar chastotasining yonish jarayoniga ta'siri;
– yuklamaning yonish jarayoniga ta'siri;
– siqish darajasining ta'siri;
– yonish kamerasi shaklining va yondirish svechalari joylashishining yonish jarayoniga ta'siri.

2. Detonatsiyali yonish. Detonatsiyaning paydo bo'lishiga ta'sir etuvchi omillar

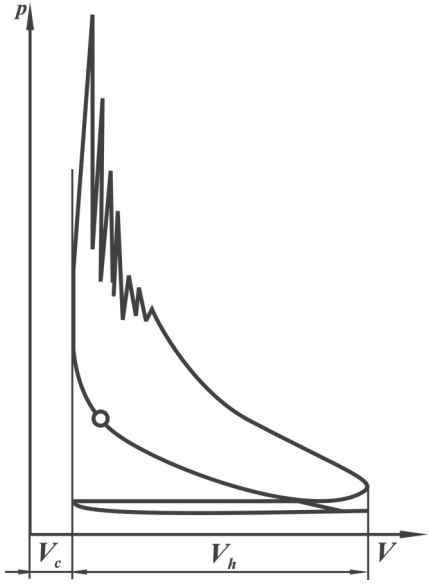
Karburatorli dvigatellarda ba'zan jaranglagan metall tovushlari eshitiladi. Bu hodisa dvigatellarning siqish darajasiga mos bo'lmagan benzin ishlatilganda, dvigatelni o'chirganda, katta yuklamada ishlaganda sodir bo'ladi. Bu tovushlar detonatsiyali yonishning belgisidir. Detonatsiya nisbatan kuchsiz bo'lganda bu tovushlar vaqt-vaqti bilan eshitiladi, hamda xuddi porshen barmog'i va shatunning yuqori vtulkasi orasidagi tirqish qiymati me'yordan kattalashganda paydo bo'ladigan tovushga o'xshaydi. Agar detonatsiya kuchaysa, bu tovushlar uzluksiz eshitilib turadi. Dvigatel notekis ishlaydi va tirsakli valning aylanishlar chastotasi kamayib ketadi, silindr va silindrlar kallagi qiziydi, ishlatilgan gazlarda esa qora tutun paydo bo'ladi.

Agar dvigatel bunday holatda uzoq muddat ishlasa, porshenning chetlari, silindrlar bilan kallak orasidagi qistirma, shuningdek, yondirish svechasining elektrodlari va izolatorlari kuyib ketishi mumkin. Detonatsiya natijasida hosil bo'lgan yuqori bosim krivoship-shatunli mexanizmda zarbli yuklamalar hosil qilib shatun podshipnigidagi antifriksion (ishqalanishni kamaytiradigan) qatlamni ishdan chiqaradi. Zarbli yuklamalar ta'sirida moy pardalari yirtiladi, bu esa silindrlar gilzalari yuqori qismining tez yeyilishiga olib keladi. Shu sabablarga ko'ra detonatsiya bilan ishlashga yo'l qo'yilmaydi.

Detonatsiyali yonish jarayonida alanga ko'lami oldida yonmay qolgan ish aralashmalar siqilib, uning temperaturasi ko'tariladi. Natijada yonilg'i molekulalarida kimyoviy oksidlanish reaksiyasi sodir bo'lib «peroksid» birikmalar hosil bo'ladi. Yetarli darajada yuqori temperatura va bosimga ega bo'lgan bu birikmalar o'z-o'zidan yonib ketadi. Bunday xarakterda boshlangan yonish jarayoni juda katta tezlik bilan

ish aralashmasining qo‘shni qatlamlariga tarqaladi va bu qatlamlarda ham betartib yonish jarayoni boshlanadi.

Bu holda yonish jarayonini boshqarib bo‘lmaydi. Bunday yonish jarayonida hosil bo‘lgan zarbli to‘lqinlar juda katta tezlik bilan butun yonish kamerasi bo‘ylab tarqaladi va devorlardan qaytib, metall tovushlar paydo qiladi. Zarb to‘lqinlari kimyoviy reaksiya endigina tugayotgan zonalarga ta’sir qilib, detonatsiyali portlashlar hosil qiladi. Bunday detonatsiyali to‘lqinlarning tarqalish tezligi 2000...2300 m/s gacha yetadi.



5.9-rasm. **Detonatsiyali yonish diagrammasi**

5.9-rasmda karburatorli dvigatellarda detonatsiyali yonishning indikator diagrammasi ko‘rsatilgan. Bu holda yonish va kengayish jarayonlarida bosimning o‘zgarishi arrasimon shaklga ega.

Detonatsiyali yonishning paydo bo‘lishiga ta’sir qiluvchi omillar:

– siqish darajasi;

– yonish kamerasining shakli va yondirish svechalarining joylashuvi;

– silindrlar soni va o‘lchami;

– porshen va silindrlar kallagining materiali;

– ish aralashmasining tarkibi;
– aylanishlar chastotasi;
– dvigatel yuklamasi;
– yondirishni ilgarilatish burchagi;
– qurum hosil bo‘lishi;
– dvigatelni sovitish.

5.4. DIZELLARDA YONISH JARAYONI

Umumiy ma’lumot

Dizellar silindrida yonuvchi aralashma siqish jarayonining oxirida hosil bo‘ladi. Shuning uchun siqish jarayonida faqat havo siqiladi. Yonish kamerasiga yonilg‘ini purkash porshen yu.ch.n. ga kelmasdan biroz vaqtliroq, ya’ni siqish jarayoni oxirida amalga oshiriladi. Natijada siqilgan havo bilan mayda zarrachalarga parchalangan yonilg‘i o‘zaro qo‘shilib yonuvchi aralashmani hosil qiladi. Dizellarda ishlatiladigan yonilg‘i (dizel yonilg‘i)dan bir jinsli aralashma hosil qilish mumkin emas, shuning uchun u yuqori va pastki alangalanish chegarasiga ega bo‘lmaydi. Yonilg‘i zarralari yonish kamerasining hajmi bo‘ylab notekis taqsimlanadi. Natijada kameraning ayrim joylarida bug‘langan yonilg‘i bilan havo aralashib alangalanish chegarasida turgan zonalar hosil bo‘ladi va yonish kamerasining ushbu zonalarida bug‘langan yonilg‘ining alangalanishi ro‘y beradi. So‘ngra alanga yonish kamerasining barcha hajmini egallaydi. Demak, dizellarda yonish jarayoni karburatorli dvigatellarga nisbatan murakkabroq kechadi va uni boshqarish mumkin emas.

Yonish kamerasining hajmi bo‘ylab aralashmaning notekis taqsimlanishi dizellarda yonuvchi aralashma tarkibini sifatli rostlashga imkon beradi.

Aralashma tarkibini sifatli rostlashda dizelning yuklamasi kamaysa, silindrga kirayotgan havoning miqdori o‘zgarmay qoladi. Bu holda silindrga purkalayotgan yonilg‘ining miqdori kamaytiriladi. Natijada havo ortiqlik koeffitsiyentining o‘rtacha qiymati ortadi va dizel salt ishlaganda $a = 5...6$ bo‘ladi.

Dizellarda qo‘llaniladigan siqish darajasi purkalgan yonilg‘ining o‘z-o‘zidan alangalanishini ta’minlashi lozim. Shu

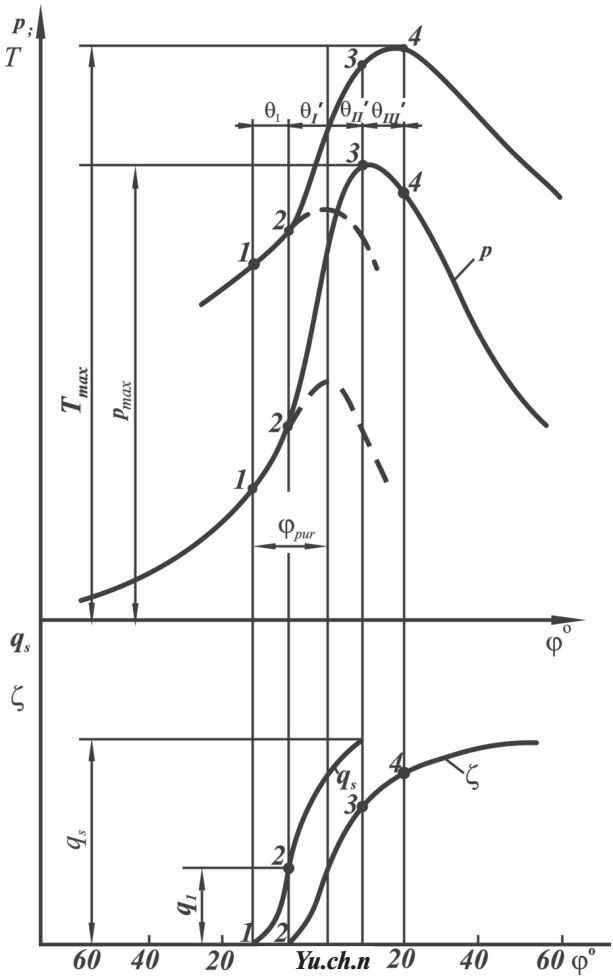
sababli siqish jarayoni oxirida havoning temperaturasi dizel yonilg‘isining alangalanish temperaturasidan taxminan 150...250° yuqori bo‘lib, 700...900 K ni tashkil qiladi.

5.11-rasmda dizellarda yonish jarayonini xarakterlovchi ko‘rsatkichlarning o‘zgarish sxemasi ko‘rsatilgan. Rasmda silindrdagi bosim p va temperatura T ning tirsakli valning burilish burchagi φ bo‘yicha o‘zgarish chiziqlari keltirilgan, shtrix chiziqlar bilan yonish jarayoni sodir bo‘lmagan siklning diagrammalari ko‘rsatilgan. Pastki sxemada yonish kamerasiga purkalgan q_s va yongan yonilg‘i ζ miqdorlari keltirilgan.

Yuqorida ko‘rib o‘tganimizdek, karburatorli dvigatellarda uchqun porshen yu.ch.n. ga bir necha gradus yetmasdan beriladi. Dizelda ham karburatorli dvigateldagi kabi (uchqun o‘rniga) yonilg‘i purkash porshen yu.ch.n. ga (*1* nuqta) yetmasdan boshlanadi. Bu burchak yonilg‘i purkay boshlashni ilgarilatish burchagi deb ataladi va u φ_{pur} bilan belgilanadi.

Dizelda yonish jarayonini quyidagi fazalarga ajratish mumkin.

Birinchi faza. θ_i burchak bilan belgilanib, alangalanishning kechikish davri deb ataladi. Bu davr *1* nuqtadan *2* nuqtagacha, ya’ni yonilg‘i purkalgandan ko‘zga ko‘rinarli alanga hosil bo‘lguncha davom etadi. Bu paytda silindr ichidagi bosimning o‘sishi havoning yanada siqilishi bilan tushuntiriladi. Bu davrda yongan yonilg‘i alangalanmaydi, yonilg‘i tomchilari qisman bug‘lanib kimyoviy oksidlanish reaksiyalari sodir bo‘ladi. Bu jarayonlarning ketishi uchun birmuncha vaqt talab qilinadi. Shu vaqt ichida silindrga q_1 mg yonilg‘i tushadi va u siqilgan havo bilan aralashib alangalanishga tayyorlanadi. Natijada *2* nuqtada ko‘zga ko‘rinarli yonish boshlanadi, bosim va temperaturani ifodalovchi egri chiziq *2* nuqtada shtrixlangan egri chiziqdan chetlashadi. Shu paytdan boshlab yonish jarayoni jadallashib, bosim p tez ko‘tariladi va qisqa vaqt oralig‘ida p_z qiymatga erishadi. **Asosiy yoki tez yonish fazasi** deb ataluvchi bu davrda tirsakli val θ_1 burchakka buriladi (*2* va *3* nuqtalar oralig‘i). Lekin sikl temperaturasining maksimal qiymati bosimning eng katta qiymatiga mos kelmaydi, u *4* nuqtada o‘zining eng katta qiymatiga erishadi. Bu davr **sekin yonish fazasi** deb ataladi va θ_{11} bilan belgilanadi. Bu paytda yonilg‘ining asosiy qismi yonib bo‘ladi. Dizellarda asosiy yonish fazasida



5.10-rasm. **Dizelda yonilg‘i berish va yonish jarayonlari**

bosimning oshish tezligi yonish kamerasining turiga bog‘liq bo‘lib, u 0,4... 1,0 MPa/grad. atrofida bo‘ladi.

Yuqorida aytganimizdek, ζ egri chiziq yongan yonilg‘i miqdorini ifodalaydi. Bundan ko‘rinib turibdiki, eng katta bosim p_z ga erishish paytida kiritilgan yonilg‘ining faqat bir qismi yonadi. Dizelda yonish jarayoni eng katta bosimga erishilgandan keyin ham, diagrammaning 3—4 qismida katta issiqlik chiqarib davom etadi. Bu paytda bosimning biroz pasayishi kuzatiladi, chunki porshen p.ch.n. ga tomon harakat

qiladi. Lekin yonilg‘ining yonishi davom etganligi tufayli temperatura ortadi (4 nuqta).

4 nuqtadan keyingi kengayish jarayonida yonilg‘ining yonib bo‘lishi ro‘y beradi va u *yonib bo‘lish fazasi* deb ataladi. Bu faza θ_{III} bilan belgilanadi. Yonishning aniq tugash vaqtini aniqlash juda qiyin. Dizellarda yonib bo‘lish fazasi karburatorli dvigatellarga nisbatan ko‘proq davom etadi. Dizelning samarali ishlashi yaxshi bo‘lishi uchun yonish jarayoni mumkin qadar qisqa vaqt davom etishi va sikl bosimi bir tekis oshishi kerak. Aks holda dizel shiddatli va taqillab ishlaydi.

Dizellarda yonish jarayoniga quyidagi omillar ta’sir etadi:

– alangalanishning kechikish davri;
– yonilg‘ining fizik va kimyoviy xossalari;
– siqilgan havoning bosimi va temperaturasi;
– yonish kamerasida havoning uyurmali harakati;
– yonilg‘i berish apparatlari;
– yonish kamerasi;
– yonilg‘i purkay boshlashni ilgarilatish burchagi;
– yuklama va ish aralashmasining tarkibi;
– aylanishlar chastotasi.

5.5. KENGAYISH JARAYONI

Ichki yonuv dvigatellarida yongan ish aralashmasining kengayishi natijasida issiqlik energiyasi mexanik energiyaga aylanib, foydali ish bajariladi. Haqiqiy siklda yonish mahsulotlari yuqori temperaturada kengaygani uchun issiqlikning bir qismi tashqi muhitga silindrning kallagi, devorlari va porshenning tubi orqali uzatiladi. Natijada yonish mahsulotlarining temperaturasi pasayadi. Yonish jarayonini *z* nuqtada tugallashning iloji bo‘lmagani uchun kengayish jarayonida ham issiqlik ajralishi davom etadi. Demak, kengayish jarayonida issiqlik almashinuvi murakkab xarakterga ega bo‘lib, bu jarayonning o‘zgaruvchan politropa ko‘rsatkichini aniqlash qiyin.

Lekin hisoblarni soddalashtirish maqsadida kengayish jarayoni politropaning o‘rtacha n_2 ko‘rsatkichi bo‘yicha sodir bo‘ladi deb qabul qilinadi. U holda kengayish jarayoni *z* nuqtadan (5.12-rasm) boshlanadi deb faraz qilib, politropa

tenglamasi bo‘yicha kengayish oxiridagi (*b* nuqta) bosim va temperatura quyidagicha aniqlanadi:

$$p_b = p_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2}.$$

Dizel uchun *z* nuqta yu.ch.n. ga nisbatan *z*1*z* masofaga surilgan bo‘ladi. Shu sababli $V_z/V_b=\delta$ ni so‘nggi kengayish darajasi deyiladi.

Bu holda dizellar uchun kengayish oxiridagi bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p_b = p_z \frac{1}{\delta^{n_2}}.$$

Karburatorli dvigatellarda $\frac{V_b}{V_z} = \frac{V_a}{V_c} = \varepsilon = \delta$ bo‘lgani uchun

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}}.$$

Dizellar uchun kengayish jarayoni oxiridagi harorat:

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}.$$

Karburatorli dvigatellar uchun esa

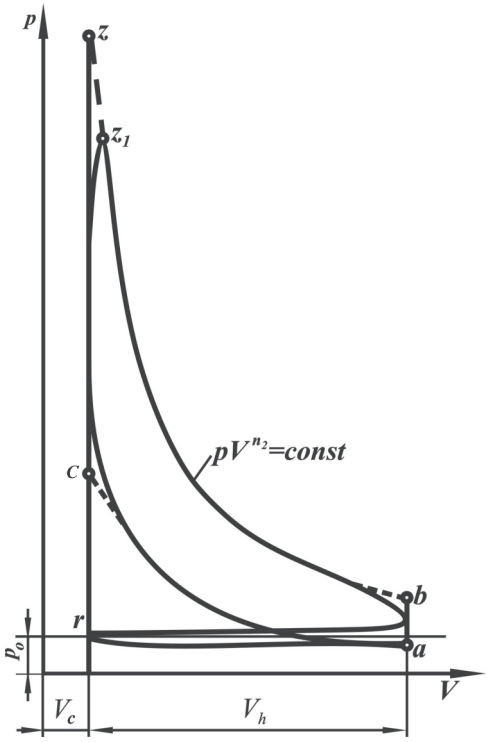
$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}},$$

bunda n_2 — politropaning o‘rtacha ko‘rsatkichi va u tajriba asosida tanlanadi. 5.13-rasmda n_2 ning qiymati ЯМЗ-238 dizeli uchun ko‘rsatilgan. Dvigatellar uchun kengayish oxiridagi bosim va temperaturaning hamda n_2 qiymatlari 5.3-jadvalda keltirilgan:

5.3-jadval

	n_2	p_b, bar	T_b, °K	p_b, MPa
Dizel	1,18...1,23	2...6,0	800...1200	0,23...0,6
Karbyuratorli dvigatel	1,23...1,30	4...6	1400...1700	0,4..0,6

Kengayish jarayonidan so‘ng chiqarish jarayoni sodir bo‘ladi. Chiqarish klapani ochilishi bilan ishlatilgan gazlar dvigatel silindridan katta tezlikda chiqa boshlaydi va natijada, qattiq shovqin hosil bo‘ladi. Shovqinni kamaytirish uchun chiqarish trubalariga shovqin so‘ndirgich o‘rnatiladi. Ishlatilgan gazlar so‘ndirgichdan o‘tayotganda kengayib, o‘z tezligini ancha yo‘qotadi va tashqi muhitga shovqinsiz chiqadi. Yonish mahsulotlaridagi zaharli moddalarni kamaytirish maqsadida chiqarish trubalariga neytralizatorlar o‘rnatiladi. Bu holda shovqin so‘ndirgich va neytralizator birgalikda yasaladi. Chiqarish sistemasiga shovqin so‘ndirgich o‘rnatilganda, uning qarshiligi biroz ortib, chiqarish davrida silindr ichidagi bosim (p_b) ko‘tariladi. Natijada silindrdagi qoldiq gazlarning miqdori ortib, to‘ldirish koeffitsiyenti kamayadi. Bu esa dvigatel quvvatining biroz pasayishiga olib keladi. Chiqarish trubalariga akustik shovqin so‘ndirgich o‘rnatilganda dvigatel ortiqcha quvvat sarflamaydi.

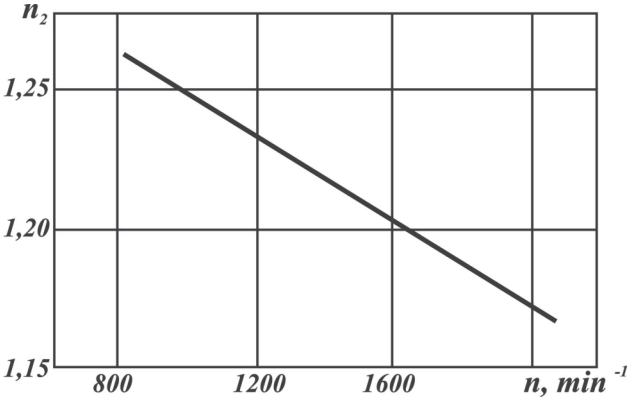


5.11-rasm. **Kengayish jarayonining diagrammasi**

Dvigatel quvvatini oshirish usullaridan biri nadduvdir. Quvvatni oshirish uchun ishlatilgan gazlarning kinetik energiyasidan foydalaniladi. Buning uchun chiqarish trubalariga gaz turbinasi ulanadi.

Dvigatel silindrlaridan chiqayotgan ishlatilgan gazlar turbina kurakchalarini harakatga keltiradi. Turbina o‘z navbatida kompressorni harakatga keltiradi va silindrga bosim ostida havo haydaladi.

Chiqarish trubalariga gaz bilan aylantiriladigan turbina o‘rnatish chiqarish sistemasining qarshiligining biroz ortishiga olib keladi, lekin bunga sarflangan quvvat nadduvdan olinadigan foydadan juda kichikdir. Nadduv orqali dvigatel quvvatini 70% gacha oshirish mumkin.



5.12-rasm. ***n_2* ning aylanishlar chastotasiga bog‘liqligi (ЯМЗ-238 dizeli)**

Nazorat savollari

1. *Gaz almashinuv jarayonini tushuntiring.*
2. *Karbyuratorli dvigatelda havo va yonuvchi aralashma kiritish jarayonini ayting.*
3. *Karbyuratorli dvigatel va nadduvsiz dvigatelda gaz almashish jarayonlarining tavsiflarini ayting.*
4. *Nadduvli dvigatelda gaz almashish jarayoni nima?*
5. *Siqish jarayonini tushuntiring.*
6. *Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayoni qanday kechadi?*
7. *Detonatsiyali yonish. Detonatsiyaning paydo bo‘lishiga ta’sir etuvchi omillarni tushuntiring.*
8. *Dvigatelda yonish jarayoni qanday kechadi?*
9. *Kengayish jarayoni nima?*

VI bob. SIKLNING O‘RTACHA BOSIMI, DVIGATELNING QUVVATI VA TEJAMLILIGI

6.1. SIKLNING O‘RTACHA INDIKATOR BOSIMI

Karburatorli dvigatel

To‘rt taktli karburatorli dvigatelning bajargan ishi haqiqiy siklning indikator diagrammasidagi $a_1fkz_1lb_1a_1$ yuza bilan aniqlanadi (6.1-*a* rasm).

Dvigatelning haqiqiy indikator diagrammasi yozib olinmagan bo‘lsa, u siklning indikator ishi L_{ih} ni hisoblash bilan qurilgan qirrali diagrammadagi *aczba* yuza orqali aniqlanadi.

Bu holda siklning L_i indikator ishi kengayishda bajarilgan L_{zb} ish bilan siqishda bajarilgan L_{ac} ishning ayirmasiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$L_{ih}=L_{zb}-L_{ac}.$$

Agar karburatorli dvigatelning indikator diagrammasi yozib olingan bo‘lsa, u holda siklning o‘rtacha indikator bosimi p_i quyidagicha topiladi (6.2-rasm):

$$p_i = \frac{L_i}{V_h}.$$

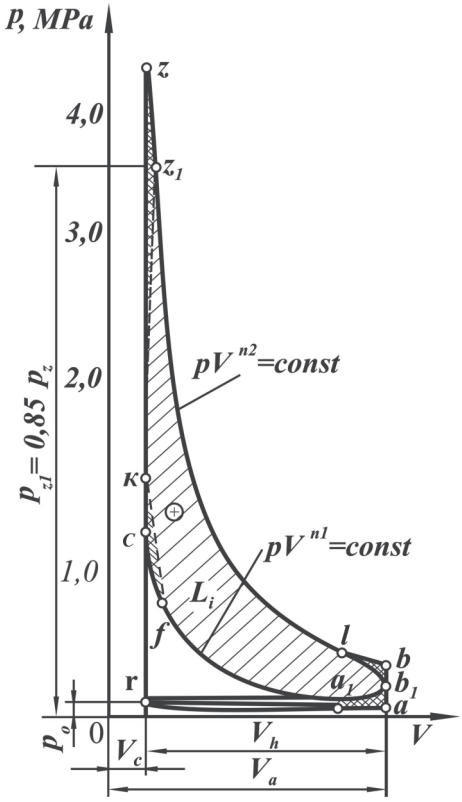
Siklning o‘rtacha indikator bosimi shartli, doimiy ta’sir ko‘rsatuvchi ortiqcha bosimni ifodalaydi. Bunday bosimda porshen bir marta o‘z yo‘lini bosib o‘tganda gazlarning bajargan ishi siklning indikator ishiga teng.

Dizel uchun haqiqiy ($a_1c_1c_2z_2lb_1a_1$) va hisoblash yo‘li bilan qurilgan indikator diagrammalar (acz^1zba) 6.3-rasmda ko‘rsatilgan. Siklning hisoblangan indikator ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$L_{ih} = L_{z^1z} + L_{zb} - L_{ac}.$$

Dizel uchun ham $p_i=L_i/V_h$ (6.2-rasm).

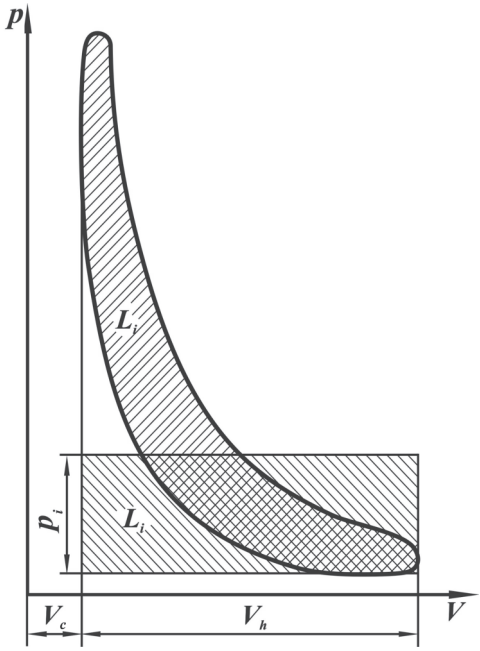
6.1-jadvalda turli dvigatellarning o‘rtacha indikator bosimi keltirilgan.



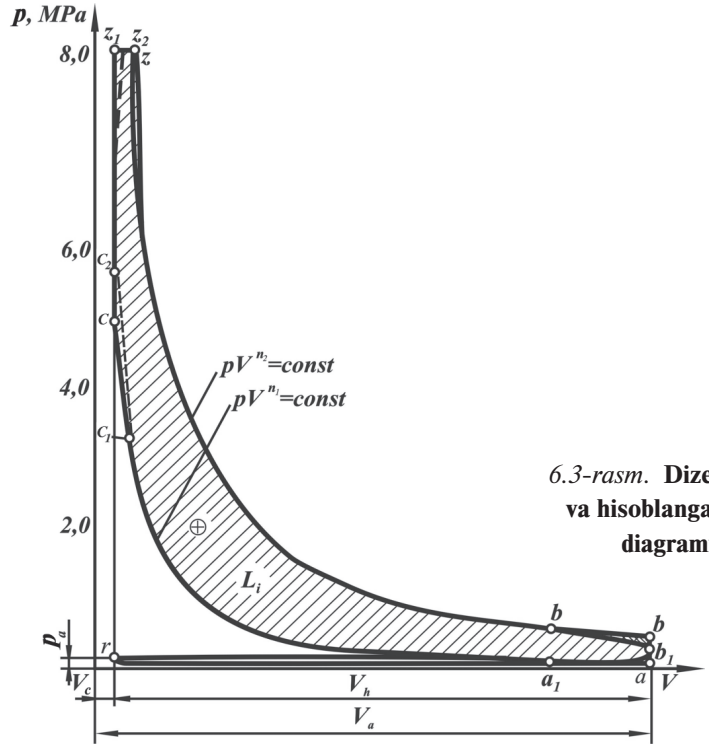
6.1-rasm. **Karburatorli dvigatelning haqiqiy va hisoblangan indikator diagrammalari**

6.1-jadval

Dvigatel turi	**p_i , kG/sm²**	**p_i ,MPa**
Karburatorli dvigatellar	8 ...12	0,8 ...1,2
Gaz dvigatellar	5 ...7	0,5 ...0,7
Dizellar (nadduvsiz)	7,5 ...10,5	0,75 ...1,05
Nadduvli dizellar	12 va yuqori	1,2 va yuqori
Bu qiymatlar dvigatel to‘la yuklama bilan ishlaganda olingan		



6.2-rasm. **Haqiqiy siklning indikator bosimini aniqlash**



6.3-rasm. **Dizelning haqiqiy va hisoblangan indikator diagrammalari**

Dvigatellarda yuklama kamayishi bilan o‘rtacha indikator bosim p_i ham kamayadi va uning eng kichik qiymati dvigatelning salt ishlashiga to‘g‘ri keladi.

Bu holda yonishdan hosil bo‘lgan indikator bosim ishqalanishga, gaz almashuviga va yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga sarf bo‘ladi, ya’ni $p_i = p_m$ bo‘ladi.

6.2. DVIGATELNING INDIKATOR QUVVATI

Indikator quvvat deb vaqt birligida bajarilgan indikator ishga aytiladi.

Yuqoridagi ifodalarga binoan, dvigatelning bir silindrida, bir sikl davomida bajarilgan indikator ish quyidagicha aniqlanadi:

$$L_i = p_i \cdot V_h.$$

Dvigatelda bir sekund davomida bajariladigan ish siklla-rining soni $\frac{2n}{\tau}$ ga teng.

Bir silindrdan olinadigan indikator quvvat quyidagiga teng:

$$N_{i_s} = \frac{2n}{\tau} p_i V_h, \text{ Vt},$$

i ta silindrga ega bo‘lgan dvigatelning indikator quvvati

$$N_i = \frac{2}{\tau} p_i V_h n i, \text{ Vt}.$$

bunda $2n$ – porshenning bir sekunddagi yurish soni;

τ – dvigatel takti;

p_i – o‘rtacha indikator bosim, N/m^2;

V_h – silindrning ish hajmi, m^3;

n – tirsakli valning bir sekunddagi aylanishlar chastotasi.

Indikator quvvat kW larda quyidagicha ifodalanadi:

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{300\ \tau},$$

bunda p_i – bar, V-litr, n-min^{-1} hisobida berilgan.

6.3. DVIGATELDA MEXANIK YO‘QOTISHLAR

Silindrda hosil bo‘ladigan indikator ishning hammasi foydali ishga aylanmaydi, uning bir qismi dvigatel juft detallaridagi ishqalanishga, gaz almashuv jarayonini bajarishga va yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga sarflanadi. Ishqalanish silindr-porshen halqalari; tirsakli val – podshipniklar; taqsimlash vali-podshipniklar va boshqa juftlar orasida hosil bo‘ladi.

Mexanik yo‘qotishlar quvvati isrof bo‘lgan barcha quvvatlar yig‘indisiga teng, ya’ni

$$N_m = N_{\text{ishq}} + N_{\text{yo.m}} + N_{\text{gaz}} ,$$

bunda N_{ishq} – ishqalanishga sarflanadigan quvvat;

$N_{\text{yo.m}}$ – yordamchi mexanizmlar (suv va moy nasoslari, havo haydagich, generator) ni harakatlantirishga sarflanadigan quvvat;

N_{gaz} – yangi zaryadni kiritishga va ishlatilgan gazlarni chiqarishga sarflanadigan quvvat.

Ikki va to‘rt taktli nadduvli dvigatellarda kompressorni harakatga keltirish uchun qo‘shimcha quvvat sarflanadi.

Bu holda:

$$N_m = N_{\text{ishq}} + N_{\text{yo.m}} + N_{\text{gaz}} + N_k,$$

bunda,

N_k – kompressorni harakatga keltirish uchun sarflanadigan quvvat, bu quvvat dvigatelning tirsakli vali kompressor bilan mexanik bog‘liq bo‘lsa hisobga olinadi.

Mexanik yo‘qotishlar quvvati N_m ni quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

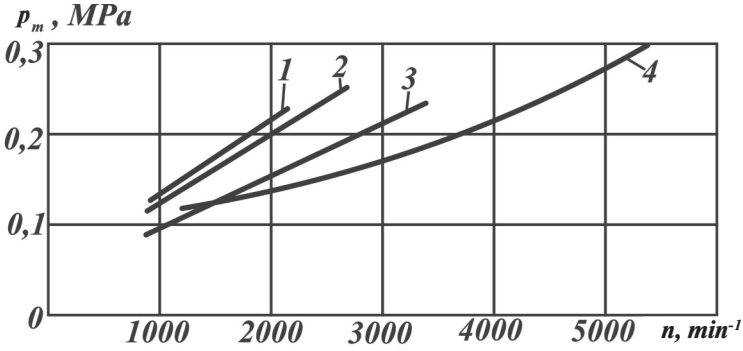
$$N_{\text{m}} = \frac{p_m \cdot V_h \cdot n \cdot i}{300\ \tau},$$

bunda p_m – mexanik yo‘qotishlarning o‘rtacha bosimi, bar.

Mexanik yo‘qotishlarning o‘rtacha bosimini mexanik yo‘qotishlar quvvati kabi quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p_m = p_{\text{ishq}} + p_{\text{yo.m}} + p_{\text{gaz}} + p_{\text{k}}.$$

p_{ishq}, $p_{\text{yo.m}}$, p_{gaz}, p_{k} – ishqalanishga, yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga, gazlar almashuviga va komp-



6.4-rasm. **Mexanik yo'qotishlar o'rtacha bosimi p_m ning aylanishlar chastotasiga bog'liqligi:**
1 – ЯМЗ-238 dizeli; 2 – ЯМЗ-740 dizeli; 3 – ЗИЛ-130 dvigateli; 4 – Moskvich-412 dvigateli.

ressorni harakatga keltirishga sarflanadigan o'rtacha indikator bosimning ulushlari. To'rt taktli nadduvsiz dvigatellarda mexanik yo'qotishlarning 70%, asosan, juftlar orasidagi ishqalanishlarga sarf bo'ladi.

Mexanik yo'qotishlar quvvati dvigatelning turi, silindr diametri, porshen yo'li, tezlik, yuklama va ish sharoitlariga bog'liq.

Bir qator dvigatellar uchun mexanik yuqotishlar o'rtacha bosimi p_m ning aylanishlar chastotasiga bog'liqlik grafiklari 6.4-rasmda keltirilgan.

Grafiklardan ko'rinib turibdiki, bir xil aylanishlar chastotasi n da dizellarda p_m karburatorli dvigatellarga nisbatan katta. Bundan tashqari, yuk avtomobillari dvigatellaridagi p_m yengil avtomobillar dvigatellaridagiga nisbatan katta bo'ladi.

To'rt taktli kompressorsiz dvigatellar uchun mexanik yo'qotishlarning o'rtacha bosimini quyidagi empirik formula orqali aniqlash mumkin:

$$p_m = a + bV_n,$$

bunda a va b – dvigatelning turiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas koeffitsiyentlar bo'lib, ularning qiymatlari quyida keltirilgan. V_n – porshenning o'rtacha harakatlanish tezligi, m/s.

Dizellarda p_m yonish kamerasining turiga ham bog'liq. Ajratilgan yonish kamerali dizellarda qarshiliklar katta bo'lgani uchun p_m ham katta bo'ladi.

Dvigatel turi	*a*	*b*
Karburatorli dvigatel:		
S/D>1	0,50	0,155
S/D<1	0,40	0,135
Dizel:		
a) ajratilmagan		
yonish kamerali	1,03	0,12
b) ajratilgan yonish		
kamerali	1,05	0,138

Dizellarda yonilg‘i uzatish apparati ishqalanish juftlarining soni, dvigatelning texnik holati (silindrlar blokida va kallagida nakip (quyqa) qattiq tuz qatlami borligi, silindr qobirg‘alarida changning bo‘lishi), sovituvchi suv va moyning temperaturasi ham mexanik yo‘qotishlarning o‘rtacha bosimiga ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli dvigatelning normal ishlashi uchun talab qilinadigan sovituvchi suv va moy temperaturasi texnik shartlarda ko‘rsatiladi.

6.4. EFFEKTIV QUVVAT VA MEXANIK F.I.K.

Dvigatelning effektiv quvvati N_e deb, tirsakli valdan olinadigan va ish mashinasi (avtomobil, traktor)ni harakatga keltirish uchun sarflanadigan quvvatga aytiladi. Agar indikator quvvat va mexanik yo‘qotishlarga sarflanadigan quvvat ma’lum bo‘lsa, effektiv quvvat quyidagi ifodadan hisoblanadi:

$$N_e = N_i - N_m$$

yoki o‘rtacha effektiv bosim:

$$p_e = p_i - p_m.$$

Agar p_e ma’lum bo‘lsa, effektiv quvvatning qiymati quyidagi formula yordamida topiladi:

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\ \tau}, \text{kVt}$$

p_e – effektiv bosim, silindrning hajm birligiga to‘g‘ri keladigan siklning ishini ifodalaydi, u o‘zgarmas bo‘lib, bunda porshenning bir yo‘lida gazlar bajargan ish siklda bajarilgan effektiv ishga teng bo‘ladi.

Agar indikator quvvat va bosim hamda effektiv quvvat va bosim ma’lum bo‘lsa, mexanik f.i.k. quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

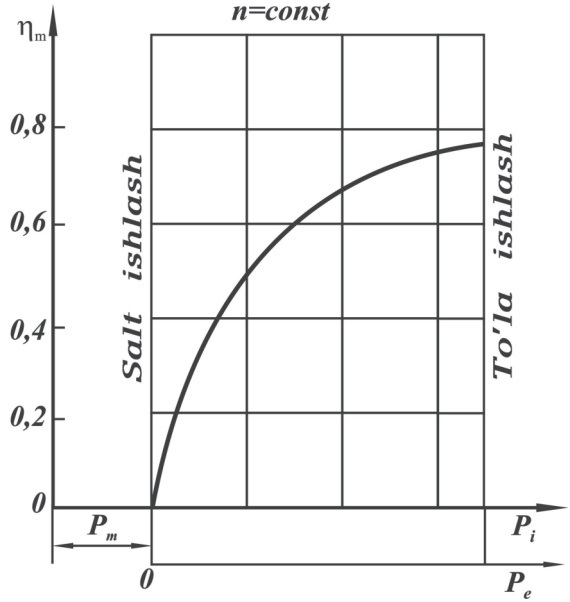
yoki

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i}.$$

Mexanik f.i.k. dvigatel yuklamasiga bog‘liq bo‘lib, yuklama oshgan sari η_m ning qiymati kattalashadi, chunki issiqlikning ko‘p qismi effektiv ishga aylanadi.

Ushbu bog‘lanish 6.5-rasmda ko‘rsatilgan. p_v bosim dvigatelga berilgan yuklamani ko‘rsatadi.

Yuqorida aytganimizdek, dvigatel salt ishlaganda $p_i = p_m$ va N_e, p_e, $\eta_m = 0$ bo‘ladi. Yuklama oshgan sari mexanik f.i.k. kattalashib, dvigatelning to‘liq yuklamasida o‘zining eng katta qiymatiga erishadi.



6.5-rasm. **Mexanik f.i.k. (η_m) ning yuklamaga bog‘liqligi**

Effektiv quvvat va mexanik yo‘qotishlar, dvigatelni tormozlash stendida sinash yo‘li bilan aniqlanadi, so‘ngra mexanik f.i.k. topiladi.

6.2-jadvalda nominal rejimda ishlayotgan turli dvigatellar uchun o‘rtacha effektiv bosim va mexanik f.i.k. ning qiymatlari keltirilgan.

6.2-jadval

Dvigatel turi	η_m	p_e, **bar**	p_e , **MPa**
Karburatorli dvigatellar	0,7...0,85	7,5...9,5	0,75...0,95
Dizellar (nadduvsiz)	0,7...0,82	6,0...8,5	0,6...0,85
Nadduvli dizellar	0,8 ..0,9	10 va yuqori	1,0 va yuqori
Ikki taktli dizellar	0,7...0,85	4,0...7,5	0,4...0,75

6.5. YONILG‘I SARFI VA F.I.K.

Barcha turdagi dvigatellarning afzalliklari yonilg‘ining solishtirma sarfi bilan taqqoslanadi. Shu sababli dvigatel sifatini xarakterlovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri quvvat yoki tezlik birliklariga to‘g‘ri keladigan yonilg‘i sarfi yoxud uning tejamliligidir. Yonilg‘ining sarfi yoki tejamliligi dvigatelni stendda sinash vaqtida ma’lum vaqt oralig‘ida sarf bo‘lgan yonilg‘i miqdori bilan o‘lchanadi.

Dvigatelni sinash ma’lum tezlik yoki yuklama rejimlarida olib boriladi (ya’ni $p_e = const$ yoki $n = const$). O‘lchashlar natijasida bir soat mobaynida sarf bo‘lgan yonilg‘i miqdori G_{yo} topiladi:

$$G_{yo} = \frac{\Delta q}{\tau} \cdot 3{,}6, \text{ kg/soat;}$$

bunda Δq – o‘lchanayotgan yonilg‘i miqdori, g; τ – sarf vaqti, s.

Dvigatelning tejamliligi yonilg‘ining solishtirma sarfi bilan xarakterlanadi va u 1 kVt yoki 1 o. k. quvvatga bir soatda sarf bo‘lgan yonilg‘ining grammlardagi miqdori bilan belgilanadi. Yonilg‘ining solishtirma sarfini aniqlash uchun dvigatelning quvvati ma’lum bo‘lishi shart. U holda yonilg‘ining solishtirma indikator sarfi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$q_i = \frac{G_{yo}}{N_i} \cdot 10^3, \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}.$$

Yonilg‘ining solishtirma effektiv sarfi:

$$q_e = \frac{G_{yo}}{N_e} \cdot 10^3, \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}.$$

Mexanik f.i.k. ma’lum bo‘lsa, q_e ni quyidagi ifoda orqali ham topish mumkin:

$$q_e = \frac{G_{yo}}{\eta_m}, \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}.$$

Haqiqiy sikllarda yonilg‘ining yonishi natijasida ajralib chiqqan issiqlikdan foydalanish darajasi indikator f.i.k. η_i orqali baholanadi va u yonilg‘ining solishtirma indikator sarfi ma’lum bo‘lsa, quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta_i = \frac{3600}{H_u \cdot q_i},$$

bunda — 3600 kJ/kVt — ko‘chirish koeffitsiyenti; H_u, MJ/kg da va q_i, g/(kVt · soat) da ifodalangan.

Indikator f.i.k. η_i ning qiymati termik f.i.k. ning qiymatidan doimo kichik bo‘ladi, chunki siklning nomukammalligi natijasida qo‘shimcha yo‘qotishlar hosil bo‘ladi. Bu farq nisbiy f.i.k. η_e orqali ifodalanadi:

$$\eta_e = \frac{\eta_i}{\eta_t} < 1.$$

Bu ifodadan ko‘rinib turibdiki, siklda issiqlikdan foydalanish qanchalik mukammal tashkil qilingan bo‘lsa, η_e birga shunchalik yaqinlashadi, ya’ni haqiqiy sikl nazariy siklga yaqinlashadi. Bu jihatdan dizellar karburatorli dvigatellarga nisbatan birmuncha afzalliklarga ega.

Effektiv ishga aylangan issiqlikning ulushi effektiv f.i.k. orqali belgilanadi.

U ham yuqoridagi ifodalar kabi aniqlanadi:

$$\eta_e = \frac{3600}{H_u q_e}.$$

Agar η_i va η_m ma'lum bo'lsa, η_e quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m.$$

Nominal rejimda ishlayotganda avtomobil dvigatellari uchun yonilg'ining solishtirma sarfi, indikator va effektiv f.i.k. larning qiymati 6.3-jadvalda keltirilgan.

6.3-jadval

Dvigatel turlari	**Yonilg'ining solishtirma sarfi**				η_i	η_e
	g/(kVt soat) q_i	**g/(o.k. soat) q_i**	**g/(kVt. soat) q_e**	**g/(o.k. soat) q_e**		
Karbu-ratorli	245–300	180–220	330–325	220–260	0,28–0,35	0,25–0,29
Tezyurar dizellar	175–205	130–150	220–240	160–180	0,42–0,48	0,35–0,40
Gaz bilan ishlay-digan	–	–	–	–	0,28–0,33	0,23–0,26

Siklda issiqlikdan samarali foydalanish uchun unga ta'sir qiluvchi omillarni bilib olish kerak. Faqat bu omillarga ta'sir qilgan indikator f.i.k. ning qiymatini oshirish mumkin. Bu jihatdan, indikator f.i.k. ni topish uchun indikator diagrammadan foydalanish qulay, chunki bu holda diagramma orqali indikator ish L_i oson aniqlanadi. Demak, indikator ish ma'lum bo'lsa, η_i ni quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin: $\eta_i = \dfrac{L_i}{H_u}$.

Indikator ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L_i = p_i \cdot V_h.$$

Ish hajmi V_h ni xarakteristik tenglama orqali M_1 mol yangi zaryad va atmosfera sharoiti p_0 va T_0 uchun quyidagicha aniqlaniladi:

$$V_h = 8314 \frac{M_1 T_o}{p_o \eta_v}.$$

Bu holda L_i quyidagi ko'rinishga keladi:

$$L_i = 8314 \frac{p_i}{p_o} \cdot \frac{M_1 \cdot T_o}{\eta_v}.$$

Demak, indikator f.i.k.:

$$\eta_i = 8314 \frac{p_i}{p_o} \cdot \frac{M_i}{H_u} \cdot \frac{T_o}{\eta_v}$$

bo‘ladi.

$$M_1 = \alpha L_0 = \frac{\alpha l_o}{\mu_h} \text{ va } \mu_h \cdot R = 8314$$

ekanligi hisobga olsa, yuqoridagi ifoda quyidagicha yoziladi:

$$\eta_i = 8314 \frac{p_i \alpha \cdot l_o}{R \cdot \mu_h \rho_o \cdot H_u \cdot \eta_v} = \frac{p_i \alpha \cdot l_o}{H_u \cdot \eta_v \cdot \rho_o}.$$

Agar p_i bar va H_u MJ/kg deb olinsa, tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\eta_i = \frac{\alpha \cdot l_o \cdot p_i}{10 H_u \cdot \eta_v \rho_o}.$$

Indikator f.i.k. ma’lum bo‘lsa, yonilg‘ining solishtirma indikator sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i} \text{ yoki } g_i = \frac{3600 \rho_o \eta_v}{\alpha l_o p_i}, \text{ g/(kVt·soat)},$$

nadduvli dvigatel uchun $\rho_0 = \rho_k$ bo‘ladi.

Yonilg‘ining solishtirma effektiv sarfi $g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$ va o‘rtacha effektiv bosimi $p_e = p_i \eta_m$ ekanligini hisobga olib, yonilg‘ining effektiv sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$g_e = 36000 \frac{\rho_o \eta_v}{\alpha \cdot l_o \cdot p_e}, \text{ g/(kVt soat)}.$$

6.6. DVIGATELNING ISSIQLIK BALANSI

Dvigatelning issiqlik balansi silindrlarda yongan yonilg‘i issiqligining nimalarga sarflanishini ko‘rsatadi. Dvigatel konstruksiyasini o‘zgartirib va ba’zi omillarga ta’sir qilib,

issiqlikdan foydalanishni yaxshilash mumkin. Dvigatelning issiqlik balansi uni stendda har xil sharoitlarda sinash natijasida olinadi.

Buning uchun dvigatelning effektiv quvvati, yonilg‘i va suvning soatli sarfi, dvigatelga kirayotgan va undan chiqayotgan suvning temperaturasi, ishlatilgan gazlar va yangi zaryadning temperaturasi o‘lchanishi shart. Bu holda issiqlik balansi formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Q_u = Q_e + Q_{sov} + Q_r + Q_{ch.yo} + Q_{qol} ,$$

bunda

Q_u — dvigatelga berilgan issiqlikning umumiy miqdori;

Q_e — dvigatelning effektiv ishiga sarflangan issiqlik;

Q_{sov} — sovituvchi muhitga berilgan issiqlik;

Q_r — ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik;

$Q_{ch.yo}$ — chala yonish natijasida ajralib chiqmagan issiqlik;

Q_{qol} — issiqlik balansining qoldiq qismi, u hisobga olinmagan issiqlik sarfini (moyga beriladigan issiqlik va h.k. ni) bildiradi.

Issiqlik balansining har bir tashkil etuvchisini dvigatelga kiritilgan umumiy issiqlik miqdori Q_u ga bo‘lsak, issiqlik balansining tashkil etuvchilari foiz hisobida ifodalanadi:

$$q_e = \frac{Q_e}{Q_u}100\%, \quad q_{sov} = \frac{Q_{sov}}{Q_y}100\% \text{ va hokazo.}$$

Bu holda:

$$q_u = q_e + q_{sov} + q_r + q_{ch.yo} + q_{qol} = 100\%.$$

Bir soat davomida dvigatelga berilgan issiqlikning umumiy miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_u = H_u G_{yo}, \text{ kJ/soat;}$$

bunda G_{yo} — yonilg‘ining soatli sarfi.

Effektiv ishga sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q_e = 3600\ N_e,. \text{ kJ/soat;}$$

bunda N_e — effektiv quvvat, kVt.

Sikl davomida sovituvchi muhitga berilayotgan issiqlik miqdorini aniqlash uchun bir soat davomida dvigatel orqali

o‘tgan suvning miqdori G_{suv}, dvigatelga kirayotgan va chiqayotgan suvning temperaturalari $t_{chiq.}$ va $t_{kir.}$ ma’lum bo‘lishi kerak. Bu holda:

$$Q_{suv} = 4{,}186\ G_{suv}\ (t_{chiq.} + t_{kir.}),\ \text{kJ/soat};$$

bunda 4,186 – suvning issiqlik sig‘imi, kJ/kg.grad.
Ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik miqdori Q_r ni aniqlash uchun quyidagilar topiladi:

a) $G_{yo} \cdot M_2 \cdot \mu C_p' t_r$ – 1 soat davomida silindrdan ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik miqdori, kJ/soat;

b) $G_{yo} \cdot M_1 \cdot \mu C_p t_0$ – 1 soat davomida silindrga yangi zaryad bilan kiritilgan issiqlik miqdori, kJ/soat;

d) t_r – ishlatilgan gazlarning chiqarish trubasidan keyin o‘lchangan temperaturasi, °C;

e) t_0 – dvigatel silindriga kirgan yangi zaryadining temperaturasi, °C.

Yonilg‘ining chala yonishi natijasida ajralib chiqmagan issiqlik miqdori Q_{chyo} odatda, $a \leq 1$ bo‘lsa, alohida hisoblanmaydi va Q_{qol} ga qo‘shiladi, ya’ni

$$Q_{qol} = Q_u - (Q_e + Q_{sov} + Q_r).$$

Dvigatelni sinashda $a < 1$ bo‘lsa, yonilg‘ining chala yonishi natijasida ajralib chiqmagan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

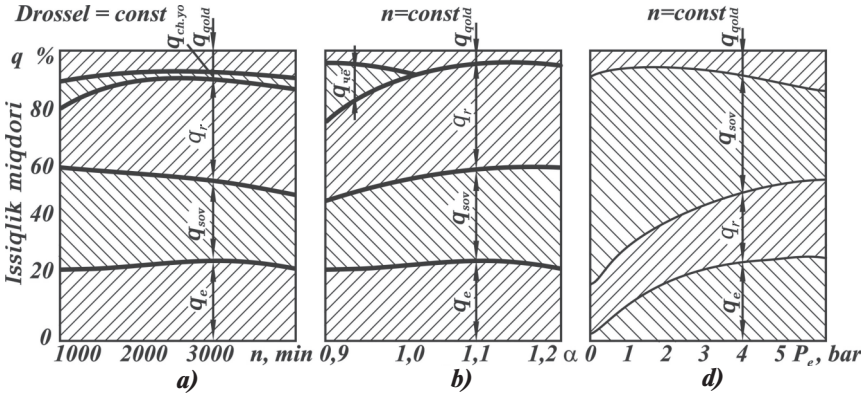
$$Q_{chyo} = \Delta H_u \cdot G_{yo}.$$

Bu holda

$$Q_{qol} = Q_u - (Q_e + Q_{sov} + Q_r + Q_{chyo}).$$

Karburatorli dvigatelning drossel-qopqog‘i to‘liq ochib ishlatilganda issiqlik balansining aylanishlar chastotasiga qarab o‘zgarish xarakteri 6.10-*a* rasmda ko‘rsatilgan. Aylanishlar chastotasi 1000 min^{-1} dan 4200 min^{-1} gacha oshganda foydalaniladigan effektiv issiqlik q_e 24% dan 27,5% gacha ortadi; sovituvchi suvga beriladigan issiqlik miqdori esa 36% dan 27% gacha kamayadi; ishlatilgan gazlar olib ketgan issiqlik miqdori sezilarli darajada ortadi.

Aralashma tarkibi *a* ning issiqlik balansiga ta’siri 6.6-*b* rasmda ko‘rsatilgan. Grafiklardan ko‘rinib turibdiki, a = 1,1...1,15 bo‘lganda issiqlikdan samarali foydalaniladi,



6.6-rasm. **Dvigatelning issiqlik balansi:**
a, b – karburatorli dvigatel; *d* – dizel.

a = 0,85 bo‘lganda esa chala yonish natijasida issiqlikning 20% yo‘qotiladi.

Dizel issiqlik balansining yuklama bo‘yicha o‘zgarishi 6.6-*d* rasmda tasvirlangan. Dizellarda yuklama ortishi bilan q_e, q_r ning qiymatlari ortadi, q_{sov} esa sezilarli darajada kamayadi.

6.4-jadvalda dvigatellar nominal rejimda ishlaganda ularning issiqlik balansi (% hisobida) berilgan.

6.4-jadval

Dvigatel turi	$q_e = \eta_e$	q_{sov}	q_r	$q_{ch.yo}$	q_{qol}
Karburatorli dvigatel	21...28	12...27	30...55	0...45	3...10
Dizel: nadduvsiz nadduvli	29...42 35...45	15...35 10...25	25...45 25...40	0...5 0...5	2...5 2...5

Nazorat savollari

1. Siklning o‘rtacha indikator bosimi karbyuratorli dvigatelda qanday bo‘ladi?
2. Dizelning haqiqiy va hisoblangan indikator diagrammalarini tushuntiring.
3. Dvigatelning indikator quvvati nima?
4. Dvigatelda mexanik yo‘qotishlar qanday bo‘ladi?
5. Effektiv quvvat va mexanik f.i.k. nima?
6. Yonilg‘i sarfi va f.i.k. nima?
7. Dvigatelning issiqlik balansini tushuntiring.

VII bob. UCHQUN BILAN O‘T OLDIRILADIGAN DVIGATELLARDA ARALASHMA HOSIL QILISH

Karburator uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarning asosiy agregatlaridan biri bo‘lib, unda dvigatelning ish rejimlariga mos holda yonuvchi aralashma tayyorlanadi va silindrlarga beriladi. Dvigatel hosil qiladigan quvvat va uning tejamliligi karburatorning to‘g‘ri rostlanganligiga, ya’ni ishlash sifatiga bog‘liq.

Havo tozalagichdan o‘tgan havo katta tezlik bilan karburatorning diffuzori (tor qismi)dan o‘tayotganida purkagichdan chiqayotgan yonilg‘ini to‘zitadi va u bilan aralashib, ish aralashmasini hosil qiladi. Karburator quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak:

— bir jinsli yonuvchi aralashma hosil qilishi;

— barcha yuklama va tezlik rejimlarida zarur tarkibli yonuvchi aralashma hosil qilishi;

— qisqa vaqt ichida dvigatelning kerakli ish rejimini ta’minlashi;

— tuzilishi oddiy va ekspluatatsiya qilish qulay bo‘lishi kerak.

Karburatorda yonuvchi aralashma tayyorlash jarayonining sifati yonilg‘ining karburatsiyalanish xossalari deb ataluvchi xususiyatlar bilan aniqlanadi. Yonilg‘ining karburatsiyalanish xossalariga bug‘lanuvchanlik, zichlik, bug‘lanish issiqligi, sirt tarangligi kiradi. Bundan tashqari, karburatsiyalanish jarayoniga havoning temperaturasi, shu jarayonga ajratilgan vaqt, dvigatelning ish rejimi va boshqalar ta’sir qiladi. Odatda, har bir karburatorli dvigatel uchun mos karburator tanlanadi, chunki diffuzor bo‘g‘izini va jiklorning o‘tkazish kesimlarini tanlab, yonuvchi aralashmaning kerakli tarkibini olish mumkin.

Hozirgi zamon tezyurar dvigatellarga o‘rnatiladigan karburatorlarda quyidagi yordamchi tuzilmalar: ekonomayzer; ekonostat; salt ishlash tizimi; tezlatish nasosi va yurgizib yuborish tizimi mavjud.

7.1. K-88A KARBURATORINING TUZILISHI VA ISHLASHI

Zamonaviy avtomobil dvigatellarida, asosan, havo oqimi yuqoridan pastga yo‘nalgan karburatorlar o‘rnatiladi, chunki ular qisqa, qarshiligi kam bo‘lgan kiritish quvurlarini qo‘llashga imkon beradi, bu esa dvigatelni yangi zaryadga to‘ldirishni yaxshilaydi va uning litrli quvvatini oshiradi. Bunday karburatorlar silindrga tushayotgan yonuvchi aralashmaning tarkibi bir xil bo‘lishini ta’minlaydi. Ekspluatatsiya sharoitlarida esa karburatorlarga texnik xizmat ko‘rsatish osonlashadi.

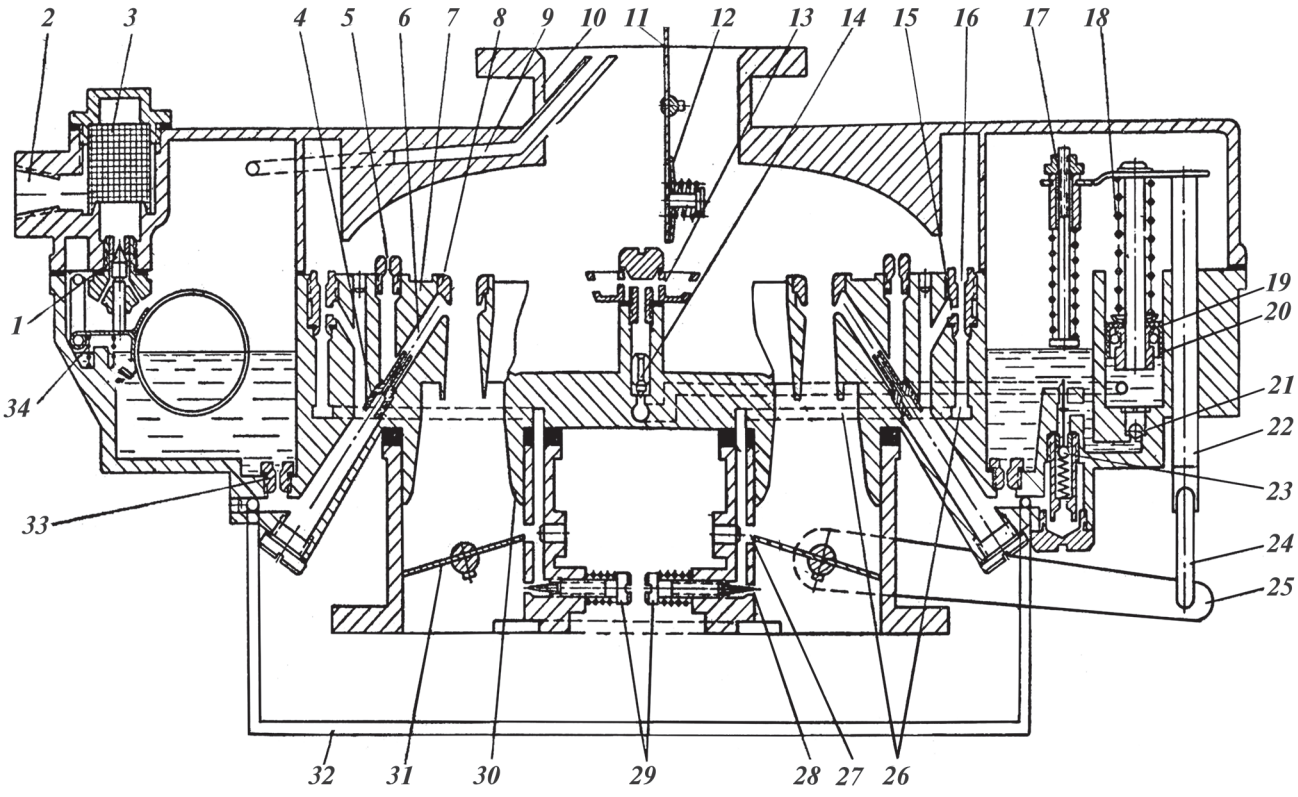
7.1-rasmda ЗИЛ-130 avtomobilining dvigateliga o‘rnatiladigan ikki kamerali K-88A karburatorining sxemasi ko‘rsatilgan. Karburatorda ikkala kamera uchun umumiy bo‘lgan kirish quvuri *10* bor. Trubadagi havo qopqog‘i *11* ga prujinali klapan *12* o‘rnatilgan; yonilg‘i qalqovuchli kameraga kirish teshigi *2* va filtr *3* orqali tushadi. Ikkala kamera uchun tezlatish nasosi va mexanik harakatlanuvchi ekonomayzer umumiydir. Muvozanatlash kanali *9* havo tozalagich ifloslanib qolganda yonuvchi aralashma tarkibining o‘zgarmasligini ta’minlaydi. Ikkala kamerada bir xil kichik diffuzorlar *8*, katta diffuzorlar *30* va drossel-qopqoq *31* joylashgan. Ushbu karburatorlarda yuqorida ko‘rib o‘tilgan tizimlarning barchasi mavjud.

Asosiy dozalash tizimi asosiy jiklorlar *33*, to‘la quvvat jiklorlari *4* va havo jiklorlari *5* dan iborat.

Salt ishlash tizimi havo jiklori *16* va yonilg‘i jiklori *15*, kanallar *26*, rostlash vintlari *29* bilan jihozlangan chiqish teshiklari *27* va *28* dan iborat.

---

1 — qalqovuchli mexanizmning yonilg‘i klapani; 2 — kirish teshigi; 3 — yonilg‘i filtri; 4 — to‘la quvvat jiklori; 5 — asosiy tizimning havo jiklori; 6 — asosiy dozalash tizimining kanali; 7 — perimichka; 8 — kichik diffuzor; 9 — muvozanatlash kanali; 10 — kiritish patrubkasi; 11 — havo zaslonkasi; 12 — klapan; 13 — tezlatish nasosining purkash teshiklari; 14 — tezlatish nasosining ignasimon klapani; 15 — salt ishlash tizimining yonilg‘i jiklori; 16 — salt ishlash tizimining havoyi jiklori; 17 — turtkich; 18—tezlashtirish nasosi prujinasi; 19 — porshen; 20 — charm manjeta; 21 — sharsimon kiritish klapani; 22 — shtok; 23 — ekonomayzer klapani; 24 — tortqi; 25 — richag; 26 — salt ishlash tizimining birlashtirish kanallari; 27 — salt ishlash tizimining yuqori teshigi; 28 — salt ishlash tizimining pastki sozlanadigan teshigi; 29 — salt ishlaganda aralashma tarkibini rostlash vintlari; 30 — katta diffuzor; 31 — drossel zaslonkasi; 32 — birlashtiruvchi yonilg‘i kanali; 33 — asosiy jiklor; 34 — qalqovuch prujinasi.



7.1-rasm. **K-88 A karburatorni sxemasi**

Tezlatish nasosi drossel-qopqoq orqali mexanik harakatga keltiriladi. Drossel-qopqoq *31* ochilganda porshen *19* manjet *20* bilan birga richag *25* va tortqi *23* yordamida siljiydi. Bunda porshen ostida yonilg'ining bosimi ortadi. Sharikli kiritish klapani *21* yonilg'ining qalqovuchli kameraga o'tishiga to'sqinlik qiladi, ninali chiqarish klapani *14* esa yonilg'ini tezlatish nasosining to'zitish teshiklari *13* ga o'tkazib yuboradi. Bu aralashmaning suyuqlashib va quvvatning kamayib ketishiga yo'l qo'ymaslik uchun zarur bo'lgan miqdorda yonilg'i berishni ta'minlaydi. Mexanik harakatga keltiriladigan ekonomayzer ham turtkich *17* orqali boshqariladi. Buning uchun drossel-qopqoq katta ochilishi kerak, bunda, turtkich *17* klapan *23* ni ochadi. Natijada, yonilg'ining qo'shimcha miqdori qalqovuchli kameradan asosiy jiklorlarga o'tmasdan, to'la quvvat jiklorlariga o'tadi, qiya kanallar orqali esa yonilg'i kichik diffuzorlarning halqasimon chiqish teshiklariga keladi va dvigatelning kerakli rejimi ta'minlanadi.

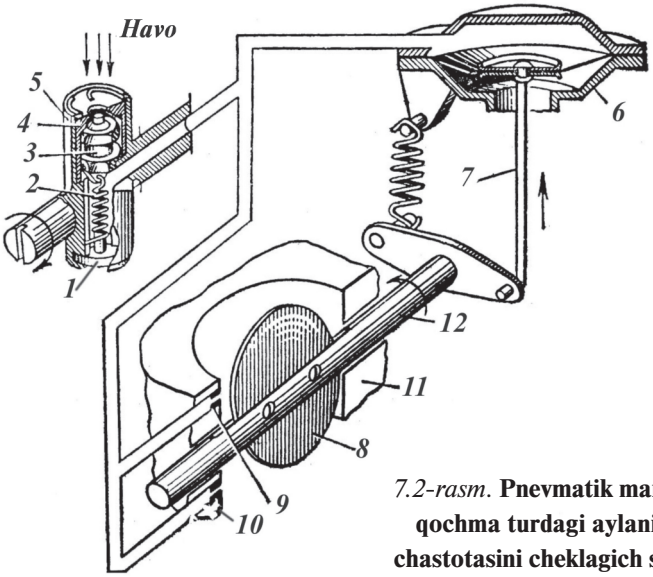
Karburatorli dvigatellarning eng katta va eng kichik rejimlarida turg'un ishlashini ta'minlashi uchun karburatorga pnevmatik markazdan qochma turdagi mexanizm o'rnatiladi. Bu mexanizmning ishlashi esa quyida keltirilgan.

7.2. KARBURATORLI DVIGATELNING ENG KATTA TEZLIK REJIMINI ROSTLASH

Karburatorli dvigatelning eng katta tezlik rejimini rostlash uchun aylanishlar chastotasi rostlagichi yoki cheklagich qo'llaniladi.

Masalan, ЗИЛ-130 va ГАЗ-53 avtomobil dvigatellarining karburatoriga pnevmatik markazdan qochma turdagi aylanishlar chastotasi rostlagichi o'rnatilgan (7.2-rasm). Bu rostlagich (cheklagich) o'rindiq *4* va prujina *2* li klapan *3* o'rnatilgan rotor *5* dan hamda rostlovchi qopqoq *8* ni harakatga keltiruvchi diafragmali mexanizm *6* dan iborat. Diafragma ustida jiklorlar *9* va *10* yordamida hosil qilinadigan siyraklanish klapan *3* orqali havoning kelishi hisobiga pasayadi.

Har bir dvigatel ma'lum aylanishlar chastotasiga erishgach, klapan *3* ning havo o'tish kesimi kichrayadi va diafragma tepasida siyraklanish ortadi.



7.2-rasm. **Pnevmatik markazdan qochma turdagi aylanishlar chastotasini cheklagich sxemasi**

Natijada, bundan keyin aylanishlar chastotasi biroz oshsa ham, diafragma yuqoriga egiladi va drossel-qopqoq *8* yopila boshlaydi, bu esa dvigatelni yangi zaryad bilan to‘ldirishni pasaytiradi, dvigatelning aylanishlar chastotasi biroz pasayadi va nominal qiymatga tushib qoladi. Shunday qilib, dvigatelning nominal yoki maksimal aylanishlar chastotasi ushbu usulda bir me’yorda ushlab turiladi.

Salt ishlash rejimida siyraklanishni cheklash

Majburiy salt ishlash rejimi va dvigatel bilan tormozlash avtomobil harakati umumiy vaqtining 20% ini tashkil qiladi. Bu rejimlarda karburatorli dvigatelning kiritish quvurlarida katta siyraklanish hosil bo‘ladi, yonish jarayoni yomonlashadi, natijada sikllarning 90% ida umuman yonish bo‘lmaydi va dvigatel noturg‘un ishlaydi, ishlatilgan gazlarning zaharliligi bir necha marta ortib ketadi. Bundan tashqari, katta siyraklanish natijasida karter moyining yonish kamerasiga ko‘plab o‘tishi kuzatiladi. Bu esa o‘z navbatida qurum hosil bo‘lishiga va dvigatelning tutun chiqarib ishlashiga olib keladi.

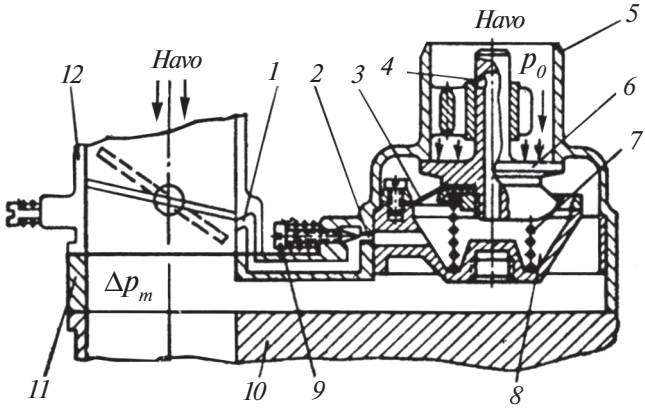
Yuqorida ko‘rsatilgan kamchiliklarni yo‘qotishning eng qulay usuli, dvigatelning kiritish quvurini atmosfera bilan

maxsus *siyraklanishni cheklagich* deb ataluvchi klapan orqali bog‘lash va ekonomayzer orqali yonilg‘i berishni to‘xtatishdir. Bunday cheklagich siyraklanishning kamayishiga qaramasdan klapanning keskin ochilishini va ochiq holatda bo‘lishini ta’minlashi kerak. Bu asosiy talablardan biridir. Dvigatelning ish rejimlariga mos holda klapanning yopilish vaqtidagi siyraklanishi ham har xil bo‘ladi, shuning uchun klapanning ochilish va yopilish paytlarini mustaqil rostlash talab qilinadi.

Bu vazifa avtomatik tarzda bajarilishi shart. Avtomatik klapanli siyraklanishni cheklagich sxemasi 7.3-rasmda ko‘rsatilgan.

Siyraklanishni cheklagich *11* karburator *12* va dvigatelning kiritish quvuri *10* oralig‘iga o‘rnatiladi. Klapan *6* cheklagichning bo‘g‘izi *5* ni kiritish quvurining bo‘shlig‘idan ajratib turadi, prujina *7* esa klapanni o‘rindiqda siqib turadi. Diafragma *3* klapan korpusi bilan birga o‘tish kamerasi *8* ni hosil qiladi, undagi bosim esa rostlash vinti *9* va teshik *2* yordamida rostlanadi. Kamera *8* dagi bosim atmosfera bosimidan kichik, lekin kiritish quvuridagi bosimdan katta bo‘ladi.

Kameradagi va kiritish quvuridagi bosimlarning o‘zaro ta’siri natijasida yuqoriga yo‘nalgan kuch yuzaga keladi. Bu kuch prujina kuchi bilan birga klapanning ochilishiga to‘sqinlik qiladi. Kameradagi bosim klapanning holatini boshqaradi, shuning uchun kamera *8* boshqarish kamerasi deb ataladi. Salt ishlash paytida kiritish quvuridagi siyraklanish Δp_k ma’lum



7.3-rasm. **Salt ishlash rejimida siyraklashishni cheklagich sxemasi**

qiymatdan oshishi bilan klapan *6* o‘rindiqdan chetlashadi. Klapan siljishi bilan teshiklar *4* berkiladi va kamerada siyraklanish ortib, kiritish quvuridagi siyraklanishga tenglashib qoladi. Klapan kiritish quvuri va boshqarish kamerasidagi siyraklanish pasayguncha ochiq qoladi.

Dvigatelga yuklama berilganda klapan avtomatik tarzda berkiladi, chunki bu holda boshqarish kamerasidagi bosim oshadi. Bunda rostlash vintining kanali *1* ochilayotgan drossel-qopqoqning yuqorisida bo‘ladi.

Majburiy salt ishlash rejimida yonilg‘i berishni to‘xtatish uchun karburatorga ta’sir etish, salt ishlash yonilg‘i jiklorining oldidagi siyraklanishni kamaytirish kerak. Bunga salt ishlash tizimi kanalini atmosfera bilan tutashtirish orqali erishiladi.

7.3. YONILG‘I PURKAB ARALASHMA HOSIL QILISH

Karburatorning tuzilishi murakkab bo‘lib, u ko‘pgina tizim va tuzilmalardan tashkil topgan. Shu sababli, uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda yonilg‘ini kiritish quvuriga bevosita purkab aralashma hosil qilish usuli ham qo‘llanilmoqda.

Bu usul quyidagi afzalliklarga ega: har xil silindrlardagi yonuvchi aralashmaning bir jinsli va bir tarkibli bo‘lishiga erishiladi; bir xil ish hajmida dvigatel katta nominal quvvatga ega bo‘ladi, chunki karburator bo‘lmagani sababli, to‘ldirish koeffitsiyenti katta bo‘ladi; bir xil siqish darajasida oktan soniga 2...3 birlik kam bo‘lgan yonilg‘ilarni hamda og‘irroq fraksiyali yonilg‘ilarni ishlatish mumkin.

Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda benzin purkashning ikki usuli qo‘llaniladi: a) silindrga purkash; b) kiritish quvuriga uzluksiz yoki vaqt-vaqti bilan purkash. Silindrga purkash kiritish yoki siqish jarayonining boshida yoxud oxirida bo‘lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. *Uchqun bilan o‘t oldiriladigan dvigatellarda aralashma hosil qilish qanday bo‘ladi?*
2. *K-88 A karbyuratorining burilishi va ishlashini tushuntiring.*
3. *Karbyuratorli dvigatelning eng katta tezlik rejimini rostlash qanday bo‘ladi?*
4. *Yonilg‘i purkab aralashma hosil qilish jarayonini tushuntiring.*

VIII bob. DIZELLARNING YONILG‘I BERISH APPARATURASI

8.1. UMUMIY MA’LUMOTLAR

Avtomobil va traktor dizellarida yonilg‘i berish apparaturasining, asosan, ikki turi qo‘llaniladi.

1. Ajratilgan yonilg‘i berish apparaturasi. Bunda yonilg‘i alohida yuqori bosimli nasosdan trubkalar orqali forsunkaga beriladi.

2. Ajratilmagan yonilg‘i berish apparaturasi. Bunda yuqori bosimli yonilg‘i nasosi va forsunka yagona moslama tarzida yasalgan bo‘lib, u *nasos-forsunka* deyiladi.

Yonilg‘ini dozalash usuli bo‘yicha zolotnikli dozalash va kiritishda drossellash sxemasi ishlatiladi. Yonilg‘i berish apparaturasiga quyidagi talablar qo‘yiladi:

1) yonilg‘ini silindrga yuqori bosim ostida purkashi, yonish kamerasining shakliga bog‘liq bo‘lgan yonilg‘i to‘zonini hosil qilish va yonish jarayonini samarali ketishini ta’minlaydigan purkash xarakteristikasini hosil qilishi lozim;

2) yonilg‘ini mayda zarralarga to‘zitishi va havo bilan aralashib, optimal yonuvchi aralashma hosil qilishi kerak;

3) avtomobilning barcha rejimlarida kerakli quvvat bilan ishlay olishini ta’minlaydigan miqdorda yonilg‘i berishi, dizelning yuklamasi o‘zgarganda qisqa vaqt ichida silindrlarga purkalayotgan yonilg‘ining miqdorini yuklamaga qarab o‘zgartira olishi zarur;

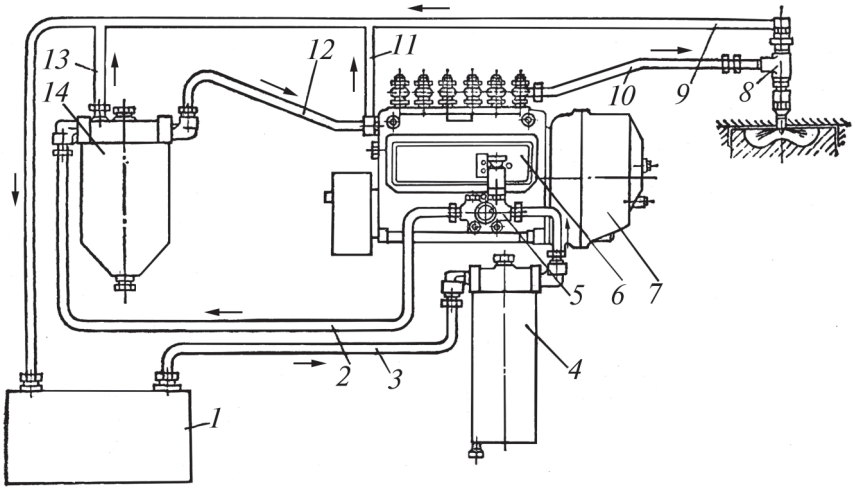
4) hamma silindrlarga bir xil purkash xarakteristikasida va bir xil miqdorda yonilg‘i uzatishi lozim. Bundan tashqari, yonilg‘i berish apparaturasining tayyorlanishi va ekspluatatsiya qilinishi oson bo‘lishi va uzoq muddat ishlashi ta’minlanishi lozim. Yonilg‘i berish apparaturasi quyidagi asosiy qismlardan tashkil topgan:

1) yonilg‘i baki, dag‘al tozalash filtri, past bosimli yonilg‘i haydash nasosi va trubkalar; 2) purkash paytini va yonilg‘i miqdorini rostlash tuzilmalari bilan jihozlangan yuqori bosimli

yonilg‘i nasosi; 3) mayin tozalash filtri; 4) yuqori bosimli trubkalar; 5) forsunkalar; 6) rostlagich (tirsakli valning aylanishlar chastotasiga mos ravishda yonilg‘i purkashning ilgarilatish burchagini rostlagich).

8.1-rasmda to‘rt taktli dizelning ajratilgan turdagi yonilg‘i tizimi ko‘rsatilgan. Yonilg‘ining silindrga tushguncha bo‘lgan harakat yo‘li strelkalar bilan ko‘rsatilgan. Yonilg‘i yordamchi nasos *5* orqali (0,15...0,17 MPa) bosim ostida yuqori bosimli nasos *6* ga beriladi. Purkalmay qolgan ortiqcha yonilg‘i trubkalar *11* orqali bakka qayta quyiladi.

Silindrga purkalishi lozim bo‘lgan yonilg‘i mexanik zarralardan tozalangan bo‘lishi shart. Shu maqsadda dag‘al va mayin filtrlar o‘rnatiladi.



8.1-rasm. **ЯМЗ-236 dizelni yonilg‘i bilan ta’minlash tizimi.**
1 — yonilg‘i baki; 2, 3, 9, 11, 12 va 13 — past bosimli yonilg‘i trubkalari; 4 — dag‘al tozalash filtri; 5 — yordamchi haydash nasosi; 6 — yuqori bosimli yonilg‘i nasosi; 7 — regulyator; 8 — forsunka; 10 — yuqori bosimli haydash trubkasi; 11 — mayin tozalash filtri.

8.2. YUQORI BOSIMLI YONILG‘I NASOSI

Nasosning tuzilishi. Yuqori bosimli yonilg‘i nasosi juda murakkab tuzilgan bo‘lib, u dvigatelning yuklamasiga mos, hamma silindrlariga forsunkalar orqali bir xil miqdorda yonilg‘i berish uchun xizmat qiladi.

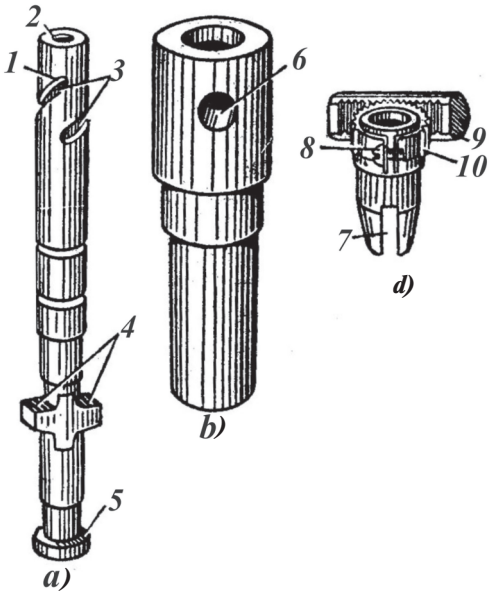
Yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarining ko‘p seksiyali va taqsimlovchi turlari ishlatiladi. Ko‘p seksiyali nasoslarda har bir ish seksiyasi yonilg‘ini faqat bir silindrga yetkazib beradi. Taqsimlovchi nasoslarda esa bitta ish seksiyasi bir nechta silindrga yonilg‘i yetkazib beradi. Bunday nasoslar bir yoki ikki plunjerli bo‘lishi mumkin. Ko‘p seksiyali yonilg‘i nasoslarida dvigatel silindriga berilayotgan yonilg‘i miqdori plunjerning holatiga bog‘liq. Plunjerning holati esa dvigatelning yuklamasiga mos ravishda reyka orqali markazdan qochma rostlagich yordamida o‘zgartiriladi.

8.2-rasmda ЯМЗ-236 dizelidagi yuqori bosimli yonilg‘i nasosining bitta seksiyasi ko‘rsatilgan. Har bir seksiyaning ish elementi plunjer 2, gilza *1* juftidan iborat. Nasos seksiyasi quyidagicha ishlaydi. Yonilg‘i nasosining vali tirsakli val yordamida harakatga keltiriladi, u ikki marta sekin aylanadi. Yonilg‘i nasosining kulachok *9* li vali aylanganda turtkich *8* ko‘tariladi. Turtkich o‘z navbatida plunjer *2* ni ko‘taradi. Turtkichning roligi kulachokning o‘zgarmas radiusli qismiga kelganda, plunjer prujina *5* ta’sirida boshlang‘ich holatiga qaytadi.

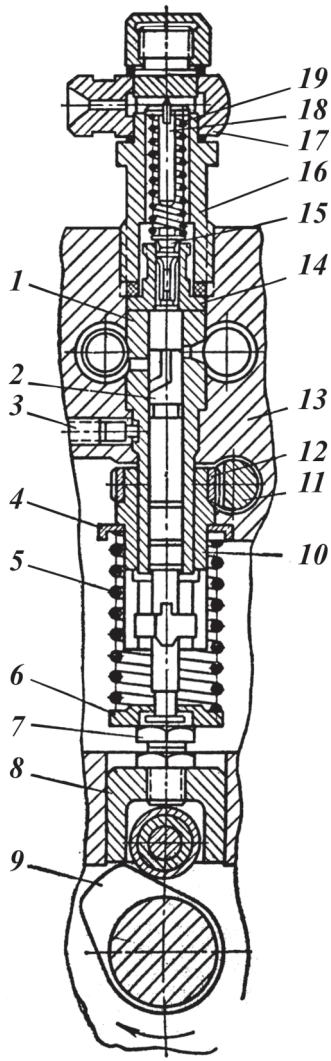
Burish vtulkasi *10* gilza *1* ga erkin o‘rnatilgan.

Yonilg‘i nasosi korpusining yuqori qismiga o‘rindiq *14* ga haydash klapani *15* o‘rnatilgan.

8.3-rasmda nasos seksiyasining detallari alohida-alohida ko‘rsatilgan. Plunjerning yuqori qismida ikkita vintsimon ariqcha *3* bor. Ular plunjer toretsi bilan markaziy *2* va ko‘ndalang kanallar orqali birlashgan. Ariqchalardan birining qirrasi 1 juda aniq ishlangan. Silindrga beriladigan yonilg‘i miqdori qirra *1* ning holatini o‘zgartirib rostlanadi. Plunjerning pastki qismidagi ikkita chiqiq *4* uni burish vtulkasi bilan biriktirish uchun, aylana chiqiq *5* esa qaytarish prujinasining pastki tarelkasini o‘rnatish uchun mo‘ljallangan. Pretsizion juftlar juda aniq tayyorlangan bo‘lib, gilza-plunjer orasidagi zazor 0,8... 1,5 mkm, nina-to‘zitkich orasidagi zazor esa 2,5... 5 mkm oralig‘ida bo‘ladi. Gilzada qarama-qarshi joylashgan ikkita teshik 6 bor. Bu teshiklarning biri yonilg‘ini plunjer tepasiga haydash uchun, ikkinchisi esa ortiqcha yonilg‘ini qayta haydash uchun xizmat qiladi. Burish vtulkasining tishli gardishi reyka bilan birlashgan, chuqurlari *7* ga esa plunjerning chiqiqlari *4* kirgiziladi.



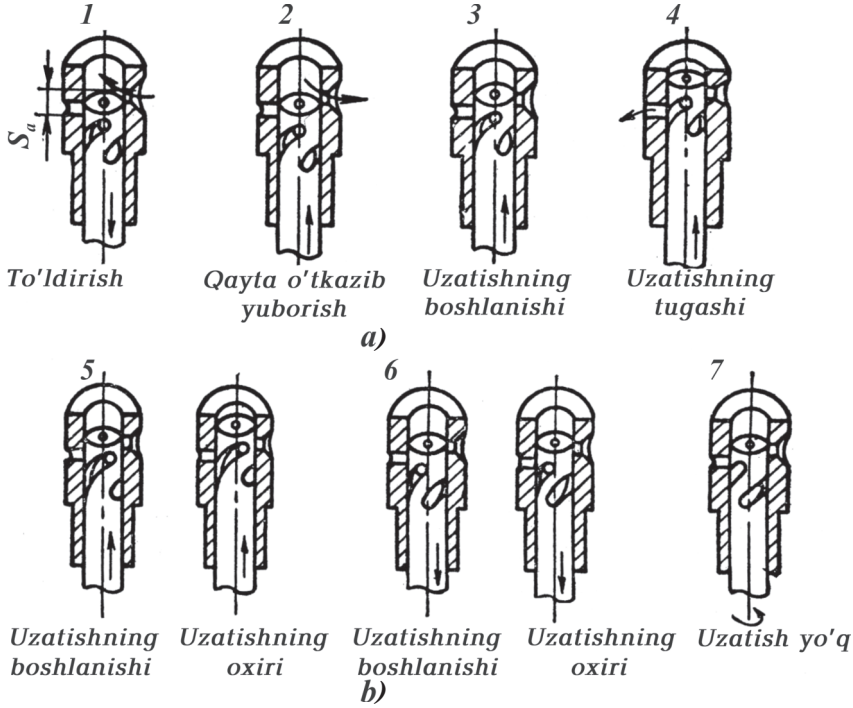
8.2-rasm. **ЯМЗ-236 dizeli yonilg'i nasosi seksiyasining detallari:**
a – plunjer; b – gilza; d – vtulka va reyka.



8.3- rasm. **ЯМЗ-236 dizelining yuqori bosimli yonilg‘i nasosi seksiyasi:**
1 – gilza; 2 – plunjer; 3 – stopor vint; 4 va 6 – tarelkalar; 5 – prujina; 7 – rostlash bolti; 8 – turtkich; 9 – kulachok; 10 – burish vtulkasi; 11 – reyka; 12– tishli gardish; 13 – nasos korpusi; 14 – o‘rindiq; 15 – haydash klapani; 16 – shtutser; 17 – nippel; 18 – cheklagich ; 19 – prujina.

Nasos seksiyasining ishlashi. Nasos seksiyasining ishini uchta jarayonga bo‘lish mumkin: to‘ldirish, so‘rish va qayta chiqarish. Plunjer pastga harakat qilganda (8.4-*a* rasm), kiritish teshigi ochiladi va plunjerning ustki bo‘shlig‘i yonilg‘i bilan to‘ladi. Plunjer yuqoriga harakat qilganda yonilg‘ining bir qismi avval gilzadagi kiritish teshigi orqali yonilg‘i keladigan kanalga qaytib chiqadi. Yonilg‘ining qaytib chiqishi plunjerning toretsi gilzadagi kiritish teshigini berkitganda tugaydi (3-sxema). Plunjer yuqoriga harakat qilishni davom etganda yonilg‘ining bosimi tez ko‘tariladi. Natijada haydash klapani *15* (8.2-rasm) ochilib, yonilg‘i katta bosimli trubkalar orqali forsunkalarga keladi va silindrlarga purkaladi.

Plunjerning vintsimon qirrasi gilzadagi qayta chiqarish teshigini ochganda (4-sxema) nasosdan forsunkaga yonilg‘i yuborish to‘xtaydi va plunjer yuqoriga harakat qilishni yana davom ettirsa, yonilg‘i qaytarish kanaliga chiqarib yuboriladi.



8.4-rasm. **Plunjer juftining ishlashi (*a*) va purkalayotgan yonilg‘i miqdorini rostlash sxemasi (*b*)**

Natijada plunjer ustidagi bosim tez pasayadi, haydash klapani esa prujina va nasos shtutseridagi bosim ta'sirida o'rindiqqa o'tiradi. Ayni vaqtda nasos bilan forsunkaga yonilg'i haydash va purkash to'xtaydi.

Kiritish teshigi yopilgan paytdan boshlab gilzadagi qayta chiqarish teshigi ochilguncha bo'lgan davr ichida plunjerning o'tgan yo'li plunjerning aktiv yo'li S_a deb ataladi. Aktiv yo'lni plunjer yuzasi f_p ga ko'paytirsak, plunjer bilan siqib chiqarilgan yonilg'ining nazariy miqdorini topamiz:

$$V_{yo} = S_a \cdot f_p .$$

Sikl davomida yonish kamerasiga purkaladigan haqiqiy yonilg'ining miqdori quyidagicha hisoblanadi:

$$V_{haq} = V_{yo} \cdot \eta_n = S_a \cdot f_p \cdot \eta_p ,$$

bunda: η_p – yonilg'i berish koeffitsiyenti, η_p = 0,75...0,8. Bu koeffitsiyent plunjerli juftdagi va to'zitkichdagi zazorlar orqali yonilg'ining sizishini, uning siqiluvchanligini hamda yonilg'i berish tizimining deformatsiyasini hisobga oladi.

Dvigatelning yuklamasi o'zgarishi bilan silindrga uzatilayotgan yonilg'ining miqdori ham o'zgarishi kerak. Buning uchun plunjer reyka va markazdan qochma rostlagich yordamida buriladi, natijada uning aktiv yo'li (8.4-*b* rasm) va yonilg'i miqdori o'zgaradi.

Tezyurar dizellarda qo'llaniladigan plunjerlarda yonilg'i bera boshlash vaqti juda kam o'zgaradi.

Dvigatelga siklda ko'proq yonilg'i berish uchun plunjerning aktiv yo'li kattalashtiriladi. Bunda chiqarish teshigi kech ochiladi (5-sxema).

Yonilg'i miqdorini kamaytirish uchun plunjer teskari tomonga buraladi, natijada uning aktiv yo'li qisqaradi. Bu holda chiqarish teshigi barvaqt ochiladi (6-sxema).

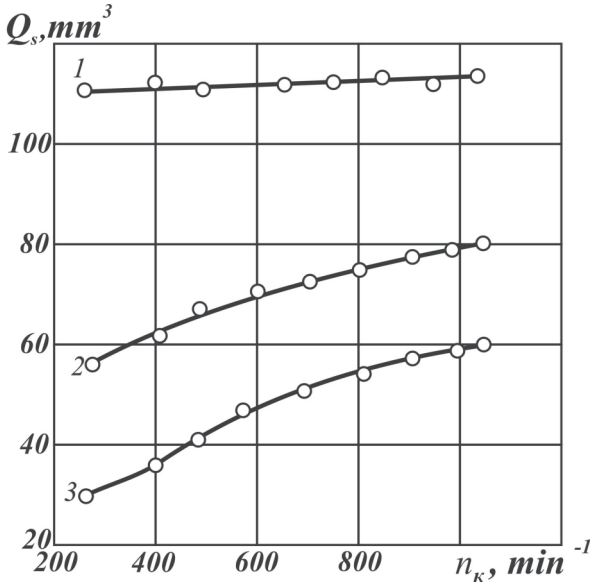
Yonilg'i berishni to'xtatish uchun reyka to'la tortilib chiqarilishi kerak. Bu holda plunjerning vintsimon qirrasi chiqarish teshigini kiritish teshigi berkilishidan oldinroq ochadi (7-sxema).

Natijada forsunka orqali yonilg'i purkash to'xtaydi, chunki plunjerning ustki hajmi bir vaqtning o'zida ham chiqarish, ham kiritish teshiklari bilan bog'langan bo'ladi.

Dizellarda beriladigan yonilg‘ining maksimal miqdori chegaralangan bo‘lib, rostlagichdagi boshqarish richagining siljishini cheklash bilan amalga oshiriladi. Nasos-forsunkalarda zolotnik tipidagi yuqori bosimli nasos va klapan-soplo to‘zitkichli forsunka bir agregatga birlashtirilgan bo‘ladi. Nasos-forsunkaning plunjerli yuqorida ko‘rib o‘tilgan ЯМЗ nasosining plunjeridan ikkita ishchi vintsimon qirrasi borligi bilan farq qiladi. Yuqoridagi qirra yonilg‘i purkashning boshlanish vaqti, ikkinchisi (pastkisi) esa yonilg‘i purkashning tugash vaqtini reykaning holatiga qarab boshqaradi. Purkalayotgan yonilg‘i miqdori qirralar yordamida o‘zgartiriladi. Nasos-forsunkaning plunjeri ham reyka yordamida buraladi.

АР-20А3 nasos-forsunkadan purkalayotgan yonilg‘ining miqdori kamayishi natijasida yonilg‘i berish kechroq, ya’ni y.ch.n. yaqinida boshlanadi. Yonilg‘i purkash esa ilgariroq tugaydi. Bu holda yonishning effektivligi yaxshi bo‘ladi, natijada dvigatelning tejamliligi ham yomonlashmaydi.

ЯМЗ-236 dizelining yonilg‘i nasosidan har siklda beriladigan yonilg‘i Q_s ning kulachokli val aylanishlar chastotasi n_k ga bog‘liqligi reykaning uch holati uchun 8.5-rasmda keltirilgan.



8.5-rasm. **ЯМЗ-236 dizeli yonilg‘i nasosining tafsifi**

Grafiklarning ko‘rsatishicha kam yuklamalarda aylanishlar chastotasining oshishi bilan siklda beriladigan yonilg‘i miqdori to‘la yuklamadagiga qaraganda ko‘proq oshadi (*2* va *3* egri chiziqlar). Bu kamchilikni yo‘qotish maqsadida nasosga korrektorlar o‘rnatiladi.

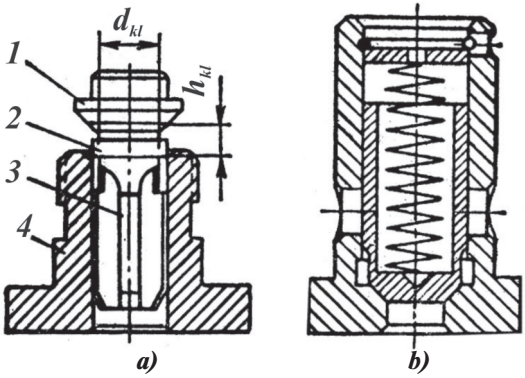
Yonish jarayonining optimal kechishi uchun yonilg‘ini purkash to‘xtaganda yuqori bosimli yonilg‘i trubkasida bosim tez kamayishi kerak. Aks holda qayta purkash jarayoni sodir bo‘lib, u kichik bosimlarda davom etadi. Natijada yonilg‘ining tomchilari yaxshi parchalanmasdan, chala yonadi va koks hosil qiladi.

Yonilg‘i berishni keskin tugallash hamda yuqori bosimli trubkalarda bosimni tez pasaytirish uchun yonilg‘i nasosiga haydash klapani o‘rnatiladi. Chiqarish teshigi ochilishi bilan bu klapan o‘z o‘rindig‘iga o‘tirib plunjer usti hajmini yuqori bosimli trubkalardan ajratib qo‘yadi. Natijada purkash keskin tugaydi. Qo‘ziqorinsimon haydash klapani (8.6-*a* rasm) zichlovchi konusli qalpoq *1*, bo‘shatuvchi belbog‘ *2* va yonilg‘i o‘tkazuvchi to‘rtta ariqchali xvostovik *3* dan iborat. Klapan normal holatda o‘z o‘rindig‘i *4* da o‘tiradi.

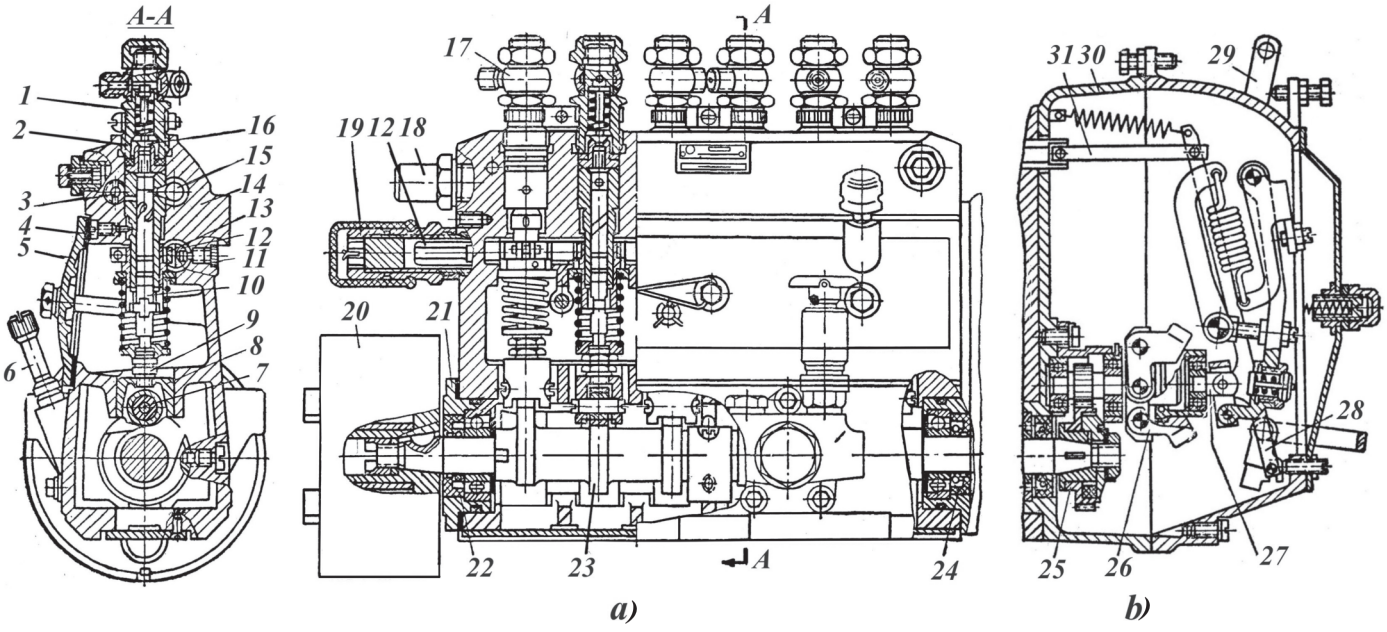
Uning ish jarayoni yuqorida ko‘rib o‘tilgan. Klapan va o‘rindiq birgalikda aniq geometrik o‘lchamlarda tayyorlanadi va ulardan bittasi ishdan chiqsa ikkalasi ham yangilanadi.

Zolotnikli haydash klapani (8.6-*b* rasm) qo‘ziqorinsimon klapanga o‘xshash ishlaydi.

ЯМЗ-236 dizelining yonilg‘i nasosi. ЯМЗ-236 dizeliga o‘rnatiladigan yuqori bosimli olti seksiyali zolotnikli yonilg‘i nasosi (8.7-rasm) quyidagicha tuzilgan.



8.6-rasm. **Yonilg‘i haydash klapanlari:** *a – qo‘ziqorinsimon; b – zolotnikli.*



8.7-rasm. **ЯМЗ-236 dizelning yuqori bosimli yonilg‘i nasosi:**
a – nasosning kesimlari; b – regulator.

Oltita seksiya – nasos korpusi *14* ning yuqori qismidagi uyalarda joylashgan. Gilzalar stoporlash vintlari *11* yordamida bir xil holatda o‘rnatiladi. Gilzalardagi kiritish va chiqarish teshiklari joylashgan sathda korpusning uzunligi bo‘ylab ikkita gorizontal kanal o‘tgan: kanal *3* orqali yonilg‘i plunjer seksiyalariga yuboriladi, kanal *15* orqali esa yonilg‘i purkash tugaganidan so‘ng plunjer seksiyalaridan qayta olib ketiladi.

Korpusning yon tarafidagi kanalda vtulkalar vositasida reyka *12* o‘rnatilgan. Nasosning reykasi har bir seksiyaning tishli gardishi bilan ilashgan.

Gilzalar o‘rnatiladigan uyalar ostida chuqurchalar bo‘lib, bu chuqurchalarga burish vtulkalarining tishli gardishi *13* kiritiladi. Chuqurchalarning pastki qismiga o‘tkazish belbog‘lari yasalgan bo‘lib, ularga prujinalarning yuqori tarelkalari tayanadi.

Nasos seksiyalari bo‘shlig‘ini kulachokli val bo‘shlig‘idan ajratadigan to‘siqda turtkichlar *8* ni o‘rnatish uchun maxsus uyalar yasalgan. Nasosning kulachokli vali *23* da oltita tangensial profilli kulachok va ekssentrik bor. Kulachoklar turtkichlarni harakatga keltiradi; ekssentrik esa yonilg‘i haydaydigan yordamchi porshenli nasosni ishga soladi.

Nasosning kulachokli valiga purkashning ilgarilash muftasi 20 o‘rnatilgan, uning qarama-qarshi tomoniga rostlagichni harakatlantiruvchi yetakchi shesterna *25* ning gupchagi mahkamlangan. Rostlagich esa nasos korpusiga biriktirilgan.

V-simon to‘rt taktli olti silindrli dizelda yonilg‘i nasosi seksiyalarining ish tartibi 142536 tartibida bo‘ladi va yonilg‘i berish kulachokli val har 45° va 75° burchakka burilganda takrorlanadi, bu esa dvigatelda ish jarayonlarining takrorlanishiga mos keladi. Yonilg‘i nasosining bir seksiyasi har siklda 111...113 mm^3 yonilg‘i beradi.

Ko‘rib chiqilgan yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarida haydash seksiyalarining soni dvigatel silindrining soniga teng.

Taqsimlovchi yuqori bosimli yonilg‘i nasosi

Keyingi vaqtlarda tezyurar kam quvvatli dizellarda taqsimlovchi nasoslar ishlatila boshlandi. Bunday nasoslarda bitta seksiya yonilg‘ini dvigatelning ish tartibiga mos holda 2...4

silindrga yetkazib beradi. Bu nasoslar ko‘p plunjerli nasoslardan arzonligi va ixchamligi bilan farq qiladi. Nasosning kulachokli vali bir marta aylanganda plunjer aktiv yo‘lni silindrlar soniga teng (2...4) marta takror o‘tadi.

Taqsimlovchi *НД-22* nasosining yuqori bosimli seksiyasi va yonilg‘i miqdorini o‘zgartirish sxemasi 8.8-*a* va *b* rasmda ko‘rsatilgan. Bu nasosda plunjer 1 kulachok ta’sirida o‘z vtulkasi *2* da qaytma-ilgarilama harakat qiladi. Undan tashqari, plunjer o‘z o‘qi atrofida ichi tishli gardish *3* yordamida aylanib, yonilg‘ini forsunkalarga taqsimlab beradi. Forsunkalarga yonilg‘ini berish plunjerning yuqoriga harakatida uning qirrasi to‘ldirish darchalari *4* ni berkitgandan so‘ng boshlanadi. Taqsimlash ariqchasi *5* plunjerdagi ko‘ndalang teshik *6* ga mos kelganda plunjerning tepa qismida siqilgan yonilg‘i bosim ostida forsunkaning shtutseri *7* ga haydaladi yonilg‘i yuqori bosimli trubkalar orqali forsunkaga boradi va purkaladi. Yonilg‘ini purkash plunjerdagi teshik *8* dozator *9* dan chiqishi bilan tugaydi. Bu holda plunjerning yuqori qismidagi bosim keskin pasayadi va yonilg‘ini berish to‘xtaydi.

Silindrga berilayotgan yonilg‘ining miqdori dozator yordamida rostlanadi. Buning uchun dozator plunjerning o‘qi bo‘ylab barcha rejimli rostlagich yordamida suriladi. Siklda beriladigan yonilg‘ining maksimal miqdoriga dozator yuqorida joylashganda erishiladi.

8.3. FORSUNKALAR

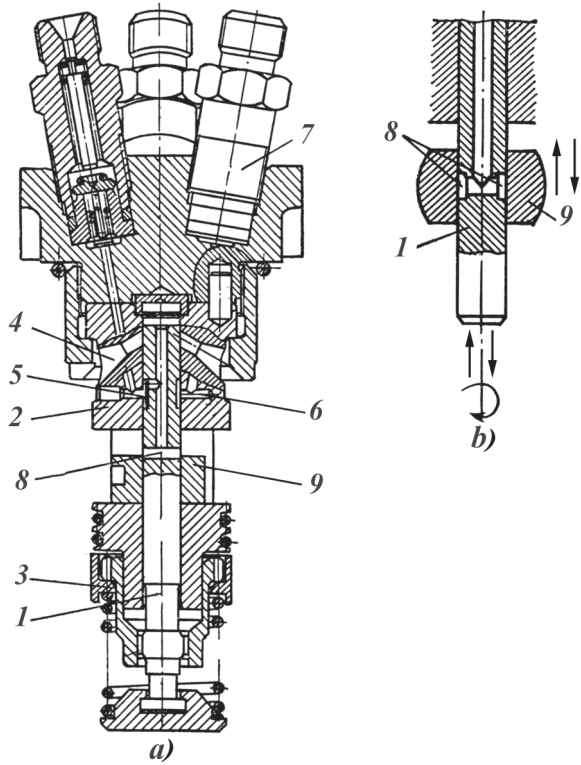
Dizellarda, asosan, ochiq va yopiq forsunkalar ishlatiladi.

Ajratilmagan kamerali to‘rt taktli dizellarda yopiq to‘zitkichli forsunkalar ishlatiladi.

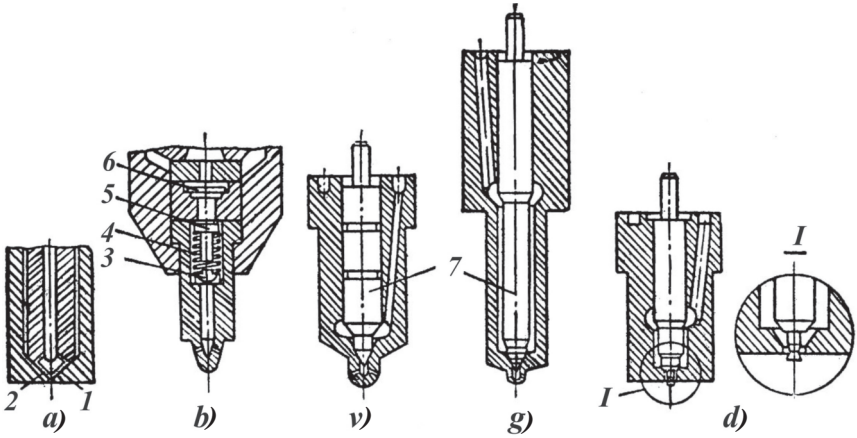
Forsunka ninasi prujinasining siqilishi 15...22 MPa ga mo‘ljallangan. Ikki taktli *ЯМЗ* dizellarida klapan-soploli forsunka ishlatiladi. Klapan 4...5 MPa bosimda ochiladi va bunda purkash boshlanadi.

Ajratilgan kamerali dizellarda ochiq forsunkalar ishlatiladi. Ularda ochiq yoki shtiftli to‘zitkich o‘rnatiladi. Shtift ninasi prujinasining siqilishi 10...15 MPa ga mo‘ljallangan.

8.9-rasmda to‘zitkichlarning konstruksiyasi ko‘rsatilgan. Ochiq to‘zitkich forsunkadan (8.9-*a* rasm) yonilg‘i purkash



8.8-rasm. **Taqsimlovchi tipdagi НД-22 nasosining yuqori bosimli seksiyasi (*a*) va yonilg‘i miqdorini o‘zgartirish sxemasi (*b*)**



8.9-rasm. **Forsunkalarga o‘rnatiladigan to‘zitkichlarning konstruksiyalari:**
a — ochiq to‘zitkich; b — klapan-soploli to‘zitkich; d va e — yopiq to‘zitkich; f — shtiftli to‘zitkich.

to‘zitkich ichidagi silindrdagi bosimlar farqi soplo teshiklarining qarshiligini yenga olganda boshlanadi.

8.9-*b* rasmda nasos-forsunkada qo‘llaniladigan yopiq klapan-soploli to‘zitkich ko‘rsatilgan. Bu to‘zitkich plastinasimon klapan *6*, nazorat klapan *5*, cheklagich *3*, prujina *4* va oraliq vtulkadan iborat.

Plastinasimon klapan forsunkadagi bosim silindrdagi bosimdan kam bo‘lganda gazlarni o‘tkazmaydi. Nazorat klapani esa ochiq forsunkaga xos kamchilikni (purkash oxirida yonilg‘ining tomchilashini) yo‘qotadi va u bosim 4,0...6,5 MPa bo‘lgandagina ochiladi.

Klapanning ochilish bosimi maksimal purkash bosimidan ancha kam bo‘lganligi uchun ko‘pincha bunday forsunka ochiq forsunka deyiladi.

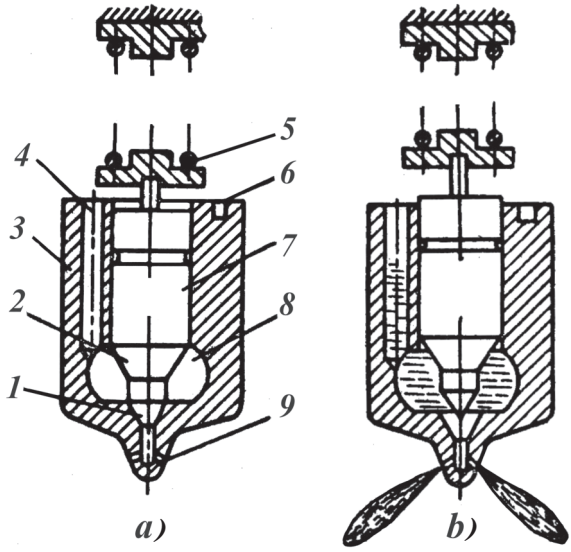
8.9-*d* va *e* rasmda yopiq to‘zitkichlarning sxemasi ko‘rsatilgan. Nina yopiq to‘zitkichning asosiy elementi bo‘lib, har gal silindrga yonilg‘i purkalgandan so‘ng yuqori bosimli yonilg‘i berish yo‘lini yonish kamerasidan ajratib qo‘yadi.

Normal holatda nina *7* ning konusi *1* prujina *5* ta’sirida to‘zitkich korpusidagi o‘rindiqda siqilgan bo‘ladi (8.10-*a* rasm). Nasosdan yonilg‘i kelishi bilan yuqori bosimli trubkada, shuningdek, to‘zitkichning ichida bosim juda tez ko‘tariladi. Ninaning konussimon sirti *2* ga ta’sir qiluvchi bu bosim prujina kuchidan oshganda p_{pr} = 15,0...20,0 MPa nina ko‘tariladi va yonish kamerasiga katta bosim hamda tezlikda soplo teshiklari 9 orqali yonilg‘i purkaladi (8.10-*b* rasm). Yonilg‘i berish tugashi bilan yuqori bosimli trubkalarda hamda to‘zitkich korpusining ichki qismida bosim keskin pasayadi va prujinaning bosimidan kam bo‘lib qoladi.

Natijada ninaning konussimon sirti to‘zitkichning konus sirtiga zich o‘tiradi va silindrga yonilg‘i purkash keskin tugallanadi. Nina o‘z uyasiga tez o‘tirgandagina purkash oxirida silindrga yonilg‘i oqib ketishini va soplo teshiklarining kokslanib qolishini yo‘qotish mumkin. Bu vazifani esa haydash klapani bajaradi.

8.9-*d* rasmda ajratilgan kamerali dizellarda qo‘llaniladigan forsunkaning shtiftli to‘zitkichi ko‘rsatilgan.

Purkashning boshlanish bosimini nina prujinasining tarangligini rostlash yo‘li bilan o‘zgartirish mumkin.



8.10- rasm. **Yopiq forsunkaning ishlash sxemasi:**
a — to'zitkichning ignasi tushirilgan (yonilg'i berilmaydi); b — igna ko'tarilgan (yonilg'i purkaladi).

Ninaning ishlash sharoitini yaxshilash va muddatini oshirish maqsadida nina hamda to'zitkichning korpusi uzunroq qilib yasaladi, chunki bu holda detallarni sovitish sharoiti ancha yaxshi bo'ladi. Ajratilmagan kamerali dizellarda 2...11 ta teshikli to'zitkichlar ishlatiladi. Teshiklar diametri 0,15... 0,45 mm bo'ladi. Ajratilgan kamerali dizellarda bir teshikli yoki shtiftli to'zitkichlar ishlatiladi. Teshikning diametri nisbatan katta (1...2 mm) bo'ladi.

Yopiq to'zitkichlarda ninaning yurish yo'li 0,3...0,45 mm, nina bilan to'zitkich korpusining orasidagi zazor 2,5 mkm, o'rindiq konusining burchagi 58...60°, nina konusining burchagi esa mos holda katta qilib tayyorlanadi.

Misol tariqasida to'rt taktli ЯМЗ-236 va ЯМЗ-740 dizellarida ishlatiladigan forsunkalarning konstruksiyasi 8.11-*a*, *b* rasmda ko'rsatilgan.

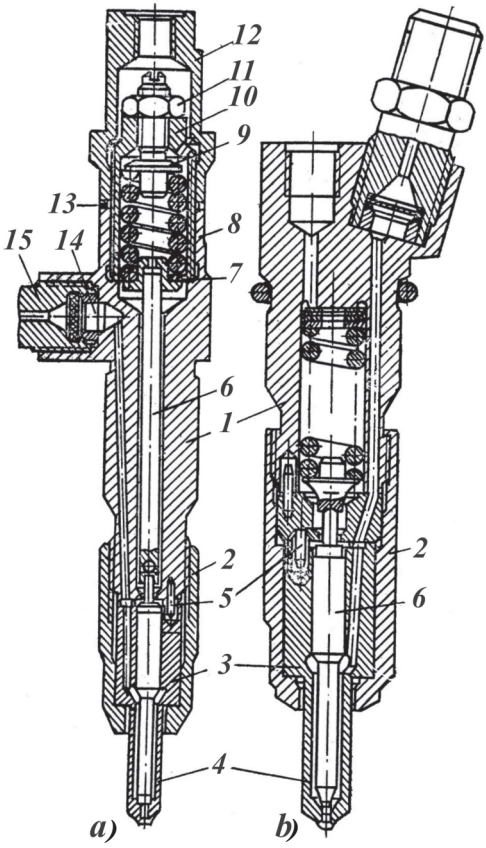
Nina *4* li to'zitkich *3* gayka *2* yordamida forsunka korpusi *1* ga mahkamlanadi, nina esa prujina *8* va turtkich *6* vositasida o'rindiqda siqiladi. Prujinaning pastki qismi tarelka *7* ga, yuqori qismi esa rostlash vinti 9 ga tayanadi. Rostlash vinti *11* stakan *10* ga buralib, kontrgayka *11* bilan mahkamlangan. Stakanga buraladigan qalpoq *12* bilan korpus orasida qistirma *13* bor. Prujinaning tarangligini rostlash vinti yordamida o'zgartirish mumkin.

Yonilg‘i yuqori bosim ostida forsunkaga shtutser *15* va sim to‘rlardan tuzilgan filtr *14* orqali keladi. So‘ngra u to‘zitkichga tushadi va nina ko‘tarilganda silindrga purkaladi.

Forsunka silindrlar golovkasiga skoba yordamida mahkamlangan, skoba esa qalpoq *12* ning aylana chiqig‘iga tiraladi.

Nina va purkagich korpusi oralig‘idan sizgan yonilg‘i shtutser orqali yig‘ish kanaliga o‘tadi.

ЯМЗ dizellariga o‘rnatiladigan forsunkalarning to‘zitkichida diametri 0,34 mm li to‘rtta teshik har xil burchak ostida joylashgan bo‘lib, yonish kamerasidagi havodan to‘la foydalanishni ta’minlaydi.



8.11-rasm. ЯМЗ **dizellariga o‘rnatiladigan yopiq forsunkalar:**
a – ЯМЗ-236 dizeli uchun;
b – ЯМЗ-740 dizeli uchun.

To‘zitkich forsunkaning korpusida yonish kamerasiga nisbatan aniq holatda ikkita shtift *5* bilan o‘rnatiladi. Ninaning ko‘tarilishi 0,28...0,38 mm, prujinaning tarangligi 15,0 ± 0,5 MPa.

Dizellarning eng katta quvvati tirsakli valning nominal aylanishlar chastotasiga to‘g‘ri keladi. Biror sabab bilan aylanishlar chastotasi nominal qiymatidan oshib ketsa, mexanik va termik yuklamalar oshib, dvigatelda avariya sodir bo‘lishi mumkin.

Dizel tezlik xarakteristikalarining tahlilidan ma’lumki, reykaning barcha holatlarida dvigatel eng katta quvvatga nominal tezlikda erishadi. Dizellarda yuklama tez pasaytirilganda tirsakli valning aylanishlar chastotasi keskin oshib ketadi, bunda agar rostlagich bo‘lmasa, yonilg‘i ko‘p kelib dizel haddan tashqari tez ishlaydi. Shu sababli dizellarga maksimal aylanishlar chastotasini cheklaydigan rostlagich o‘rnatiladi.

Transport dvigatelining salt rejimda turg‘un ishlashi katta ahamiyatga ega. Dvigatel salt ishlaganda uning indikator ishi mexanik isroflar ishiga teng ($p_i = p_m$) bo‘lsa, u ravon ishlaydi.

Ikki va undan ortiq rejimli rostlagich bilan jihozlangan dizellarning aylanishlar chastotasi 800... 1000 ayl/min bo‘lganda minimal aylanishlar chastotasi rostlagichi ishlaydi. Maksimal aylanishlar chastotasi rostlagichi $n_{nom} = 1700$ min^{-1} dan boshlab ta’sir qiladi.

Dizellarning barcha rejimli mexanik rostlagichi ularning barcha rejimlarda turg‘un ishlashini ta’minlaydi.

Nazorat savollari

1. Dizellarning yonilg‘i berish apparaturasini tushuntiring.

2. Yuqori bosimli yonilg‘i nasosi. Nasos sektsiyasining ishlashi qanday?

3. Taqsimlovchi yuqori bosimli yonilg‘i nasosi qanday ishlaydi?

4. Forsunkalar ishlash sxemalarini tushuntiring.

IX bob. DIZELLARDA YONUVCHI ARALASHMA HOSIL QILISH

Dizellarda yonilg‘i tez va to‘la yonishi kerak. Bu esa yonilg‘i aralashmasining tayyorlanish sifatiga bog‘liq. Katta yuklamalarda katta tezlik rejimlarida aralashma sifatiga yuqori talab qo‘yiladi.

Dizelda yonuvchi aralashma siqish jarayonining oxirida, silindr ichida hosil qilinadi. Karburatorli dvigatellardan farqli, dizelda aralashma hosil qilish uchun ajratilgan vaqt juda cheklangan bo‘lib, 0,01...0,02 sekundni tashkil qiladi. Dizelda yonilg‘i purkash y.ch.n. ga bir necha gradus yetmasdan boshlanadi. Alangalanishning kechikish davriga teng vaqt ichida silindrga yonilg‘ining faqat bir qismi tushadi. Katta yuklamalarda esa yonilg‘ini purkash yonish jarayoni boshlangandan keyin ham davom etadi. Bu holda aralashma hosil qilish qiyinlashadi. Shu sababli dizellarda purkashga ajratilgan vaqt juda cheklangan bo‘lib, tirsakli valning 15...30° buralishiga to‘g‘ri keladi. Yonish jarayoni yaxshi rivojlanishi uchun kameradagi havoning harakat tezligi nisbatan katta bo‘lishi va purkalayotgan yonilg‘i zarralari kameraning hamma hajmi bo‘ylab tekis taqsimlanishi lozim. Yonilg‘ini purkash, ya’ni mayda zarrachalarga to‘zitish va yonuvchi aralashma hosil qilish usuli yonilg‘i berish apparaturasiga hamda yonish kamerasiga ko‘p jihatdan bog‘liq.

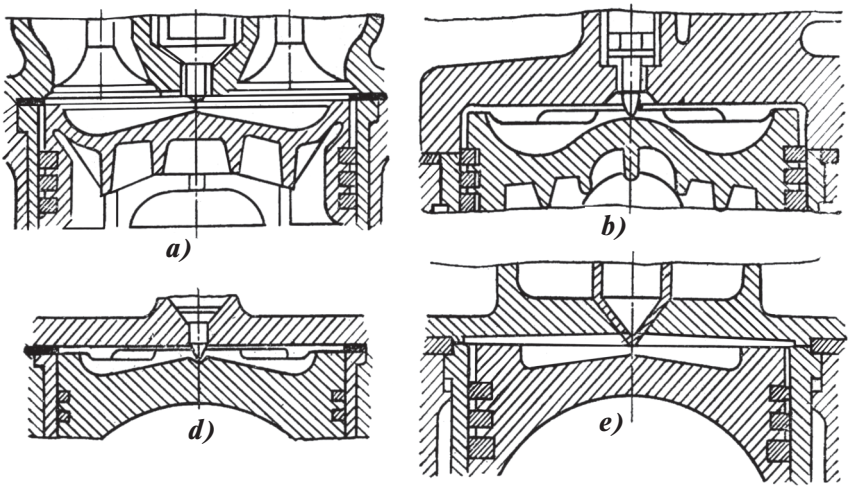
9.1. YONISH KAMERALARI

Avtomobil va traktor dizellarida ikki xil yonish kameralari qo‘llaniladi: ajratilmagan (bir bo‘shliqli) va ajratilgan (ikki bo‘shliqli). Ajratilmagan kameralar, asosan, porshenda; ajratilgan kameralarning bir qismi porshenda, qolgan qismi golovkada joylashgan bo‘ladi.

Ajratilmagan yonish kameralari sifatida porshen tubida joylashgan kamera va golovka tekisligi orasiga joylashgan hajm

xizmat qiladi. Bunday kameralarda yonuvchi aralashma hosil qilishning hajmiy, hajmiy-pardali va pardali usullari mavjud.

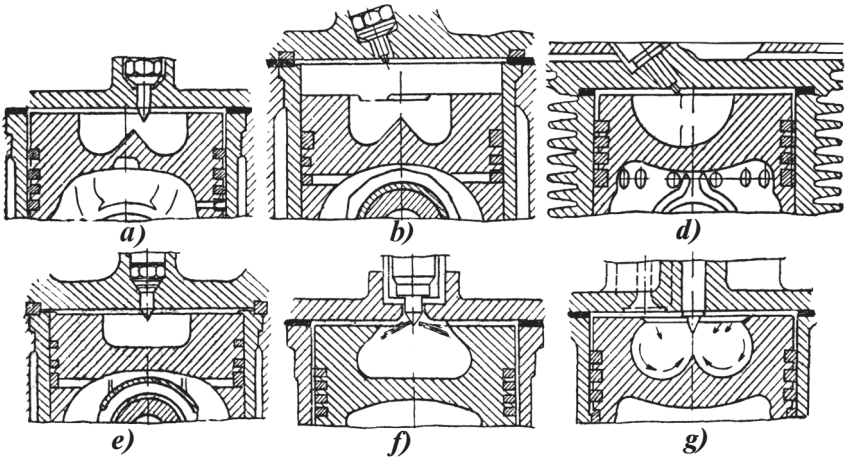
Yonuvchi aralashmani hajmiy usulda tayyorlash (9.1-rasm). Yonuvchi aralashma kameraning butun hajmida hosil qilinadi. Bunday kameralarda siqilgan havoning temperaturasi kamera devorlari temperaturasidan ancha yuqori bo‘ladi. Yonilg‘i nisbatan «sovuq» kamera devorlariga urilganda yonish jarayoni yomonlashadi, qurum hosil bo‘ladi va dizel tutun chiqarib ishlaydi. Bunday kameralarning shakli va o‘lchami forsunkaning purkagichidan chiqayotgan yonilg‘i to‘zonining uzunligi va konusiga mos bo‘lishi shart. Forsunka silindr o‘qi bo‘ylab o‘rnatilgan, yonilg‘i uning soplosidagi kichik (d = 0,15 mm) teshiklardan purkaladi. Soplo teshiklari 5...11 ta bo‘lishi mumkin va ular aylana bo‘ylab tekis joylashadi.



9.1-rasm. **Hajmiy yonuvchi aralashma hosil qiluvchi kamerasi bor dizelning yonish kameralari:**
a – ЯМЗ-204, 206; b – D-12A; d – DB-67; e – Kammins V-6-140.

O‘z-o‘zidan alangalanish yonilg‘i to‘zonlarining chekkalaridan boshlanadi, chunki u yerda mayda zarrachalar ko‘p bo‘ladi va alangalanish uchun kerakli konsentratsiyada yonuvchi aralashma hosil bo‘ladi. Bu aralashma issiqlik ta’sirida yona boshlaydi. So‘ngra alanga butun to‘zonni qamrab oladi va kameraning chekka qismlariga ham tez tarqaladi. Yonuvchi

aralashma hosil qilishda, asosan, yonilg‘i to‘zonining kinetik energiyasi va qisman siqilgan havoning energiyasidan foydalaniladi. Bunday kameralarning diametri katta bo‘lganligi sababli havoning harakat tezligi kichik bo‘ladi. Shuning uchun yonilg‘ini purkash bosimi katta (100,0...140,0 MPa) bo‘lishi kerak. Bunday katta bosimni nasos-forsunkada hosil qilinadi.

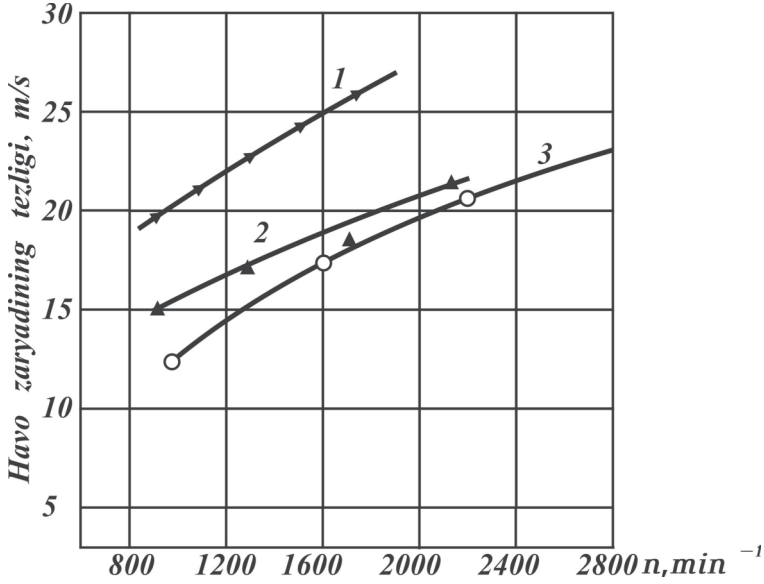


9.2-rasm. **Hajmiy-pardali yonuvchi aralashma hosil qiluvchi dizelning yonish kameralari:**

a – ЯМЗ-236, 238 dizellarida; b – ЯМЗ-740, 741 dizellarida; d – D37M dizelida; e – ЯМЗ-810 dizelida; f – SNIDI kamerasida; g – Zaurer dizelida.

Hajmiy-pardali yonuvchi aralashma hosil qilish. Bunda ham yonilg‘i kameraning barcha hajmiga purkaladi. Kamera devorlariga parda shaklida qoplanadigan yonilg‘ining miqdori kamera bo‘g‘izining diametriga, yonilg‘i uzatish apparaturasining ko‘rsatkichlariga (purkash bosimi, soplo teshiklarining diametri), kameradagi havoning zichligi va tezligiga, purkagichning kameraga nisbatan joylashishiga qarab turlicha bo‘ladi. Bundan tashqari, dvigatelning turli yuklama va tezlik rejimlariga qarab ham kamera devorlariga qoplanayotgan yonilg‘ining miqdori o‘zgaradi. Avtotraktor dizellarida shunday rejimlar (kichik yuklamalar va kichik aylanishlar chastotasi) ham bo‘ladiki, bunda purkalgan yonilg‘i kamera devorlariga yetib bormaydi va kamera hajmida to‘planadi (bu holda yonilg‘i pardasi hosil bo‘lmaydi). Bunday sharoitlarda yonish jarayoni yuqorida keltirilgan hajmiy aralashma hosil qilish

usulidagidek bo‘ladi. Bu guruh dizellarga katta yuklamalarda yonilg‘ining ma’lum qismi kamera devorlariga tushadigan kameralar turkumi kiradi. Lekin bunday kameralarda pardali aralashma hosil qilish usulidagi kabi parda hosil qilish uchun maxsus sharoitlar yaratilmaydi. Bu tipdagi kameralar 9.2-a; -g rasmda ko‘rsatilgan. Purkagich teshiklarining soni 3...5 ta bo‘ladi. Purkalayotgan yonilg‘ining porshen bilan golovka orasidagi zazorga tushishi maqsadga muvofiq emas, chunki bu holda yonish jarayoni hamda siklda issiqlikdan foydalanish yomonlashadi. Yonuvchi aralashma hosil qilish uchun yonilg‘i va havo zaryadining o‘zaro ta’siridan foydalaniladi. Bu guruh dizellarida silindr o‘qi bo‘ylab hosil bo‘ladigan havoning aylanma harakatidan foydalaniladi. Bunday harakat kiritish taktida tashkil qilinadi hamda siqish va yonish jarayonlarida saqlab qolinadi. Kamera bo‘g‘izining diametri silindr diametridan kichik bo‘lgani uchun porshen siqish jarayonida y.ch.n. ga tomon harakat qilganda zaryad silindrdan porshenda joylashgan yonish kamerasiga oqib o‘tadi.



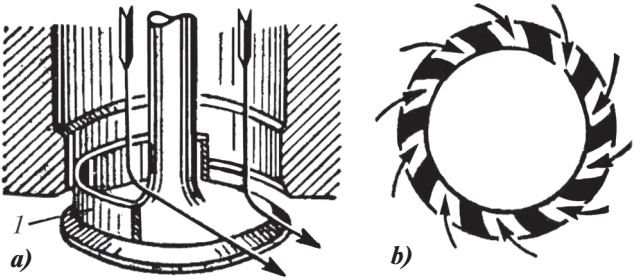
9.3-rasm. **Yonish kamerasida zaryad aylanish tezligining tirsakli val aylanishlar chastotasiga bog‘liqlik grafigi:**
1 – D-37 M dizeli; 2 – ЯМЗ-236 dizeli; 3 – tez yurar dizel S/D= 96/115 (Gesselman tipidagi kamerali).

Porshen y.ch.n. ga yaqinlashishi bilan oqib o‘tish tezligi osha boshlaydi va y.ch.n. ga 9...15° qolganda yuqori (25...35 m/s) tezlikka erishadi. 9.3-rasmda ba’zi dizellar uchun havo zaryadining tezligi ko‘rsatilgan. Purkalgan yonilg‘ining ko‘p qismi yonish kamerasining o‘zida, qolgan qismi esa kamera devorlaridan bug‘lanib, havo bilan keskin aralashadi va yonadi.

Ba’zi to‘rt taktli dizellarda havoning uyurma harakatini hosil qilish uchun kiritish klapaniga ekran (9.4-rasm) qo‘yiladi yoki kiritish kanallarining ayrim qismlari toraytiriladi yoxud vint shaklida yasaladi. Bunday kameralarda havo zaryadining energiyasi katta bo‘lganligi sababli yonilg‘i berish apparaturasiga bo‘lgan talab nisbatan kam. Shuning uchun yonilg‘i berish apparaturasini tanlash oson bo‘ladi. Bunday kameralarda purkash bosimi 30,0...50,0 MPa ga teng. Demak, purkash bosimi, yonilg‘i to‘zonining uzunligi, purkagich teshiklarining diametri katta ahamiyatga ega emas va ular dvigatelning ko‘rsatkichlariga katta ta’sir ko‘rsatmaydi. Ayni vaqtda havo zaryadining tezligi bilan bog‘liq bo‘lgan omillar dvigatel ko‘rsatkichlariga katta ta’sir ko‘rsatadi. Bunday kamerali dizellar nisbatan ko‘p tarqalgan bo‘lib, ularning tejamliligi ancha yaxshi (q_e = 200...220 g/(kVt · soat), effektiv bosimi esa p_e = 0,78...0,82 MPa. Bunday dizellarni ishga tushirish nisbatan oson va ularning aylanish chastotasi — 3200 min^{-1} gacha bo‘ladi.

Pardali yonuvchi aralashma hosil qilish. Yuqorida qayd qilganimizdek, hajmiy va hajmiy-pardali aralashma hosil qilish usullarida yonish jarayoni shiddatli bo‘ladi. Bu kamchilikni bartaraf qilish hamda tutun chiqarib ishlashni kamaytirish maqsadida pardali aralashma hosil qilish usuli qo‘llaniladi.

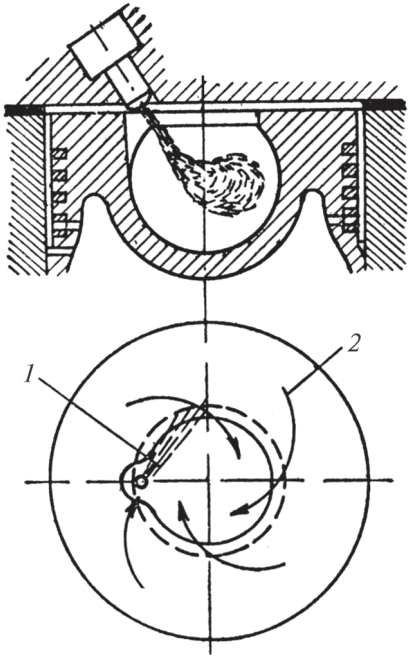
Bu usulda aralashma hosil qilish uchun quyidagilar bo‘lishi shart: *a*) alangalanishda qatnashadigan yonilg‘i miqdorini qisqartirish (5% dan oshmasligi kerak); *b*) yonilg‘ining asta-



9.4-rasm. **Havoning uyurma harakatini tashkil qilish usullari:**
a — klapanga ekran o‘rnatish;
b — teshiklar orqali urinma holda kiritish.

sekin oksidlanishini va qizishini ta'minlash; *d*) yonilg'ini issiq havo bilan jadal aralashtirish; bu esa alangalanish paytigacha bir xil tartibli aralashma olishni va aralashmaning shiddatsiz yonishini ta'minlaydi. Asosiy maqsad quyidagidan iborat. Yonish jarayonini boshqarib (birlamchi alangalanishning jadalligini pasaytirib, yonilg'ining asta-sekin lekin tez va to'la oksidlanishini ta'minlash), siklda issiqlikdan foydalanish samaradorligini oshirish. Bu usulda aralashma hosil qilish va yonish jarayonini tashkil qilish M jarayoni nomi bilan mashhur. 9.5-rasmda M jarayoni ishlatilgan MAN (GFR) dizelining yonish kamerasi ko'rsatilgan.

Sfera shaklidagi kamera porshenda joylashgan bo'lib, nisbatan keng bo'g'izga ega (d_b/D_s = 0,34...0,38). Kameradagi havo harakatining tezligi 50... 60 m/s ni tashkil qiladi. Porshen y.ch.n. ga kelganda havoning eng ko'p (70% atrofida) qismi yonish kamerasida bo'ladi. Purkagichda soplo teshiklari ikkita bo'lib, ulardan biri yonilg'ini kamera devorlariga o'tkir burchak ostida havo oqimiga mos holda purkab beradi, natijada 15 mkm qalinlikda suyuq yonilg'i pardasi hosil bo'ladi. Ikkinchi teshik orqali kamera hajmiga faqat 5% yonilg'i purkaladi.



9.5-rasm. **Pardali aralashma hosil qilinadigan kamera:** *1 – yonilg'i fakeli: 2 – havoning yo'nalishi.*

Alangalanish jarayoni kamera hajmida boshlanadi. Kamera yuzidagi yonilg‘i pardasi purkash tugallanishi bilan bug‘lana boshlaydi. Bug‘langan yonilg‘i havo bilan aralashib yonish zonasiga tushadi va yona boshlaydi. Kamerada havoning aylanma harakati mavjud bo‘lgani uchun ishlatiladigan issiq gazlar yonish kamerasining markaziga intiladi, nisbatan sovuq havo esa kamera devorlari bo‘ylab harakat qiladi va yonish zonasini kislorod bilan ta’minlaydi. Bu esa yonish jarayonini shovqinsiz, ravon borishini ta’minlaydi. Bu kameralarda ham purkash xarakteristikalari va ko‘rsatkichlari siklda issiqlikdan foydalanishga kam ta’sir ko‘rsatganligi uchun yonilg‘i berish apparaturasiga qo‘yilgan talab katta emas. Purkashning davomliligi 30... 40° ni tashkil qiladi. Bunday dizellar tejamli (q_{emin} = 29...215 g/(kVt · soat) ishlaydi. Effektiv bosimi esa 0,85 MPa (α_{min} = 1,15...1,20).

Ishlatilgan gazlarning tutuni kam bo‘ladi, chunki yonish vaqtida bir xil tarkibli aralashma hosil qilinadi va yonish to‘la bo‘ladi. Bunday yonish kameralarida turli xil dizel yonilg‘ilarini, shuningdek, benzin va kerosinni ham ishlatish mumkin. Bu tipdagi dizellarda kichik oktan sonli benzinlarni ishlatganda ham yonish jarayonining shiddati 0,5 MPa/grad dan oshmaydi. Yonish kamerasining devorlari nisbatan sovuq bo‘lganda effektiv aralashma hosil qilish qiyin bo‘ladi. Bu esa dvigatelni tutun chiqarib ishlashiga olib keladi va uni yurgizib yuborish qiyinlashadi. Bunday kamerali dizellar «Ikarus» avtobuslariga o‘rnatilgan.

Ajratilgan yonish kameralari. Ma’lumki, ajratilmagan yonish kameralarida dvigatelning ko‘rsatkichlari yonilg‘i berish apparaturasining xarakteristikalari va holatiga ko‘proq bog‘liq bo‘ladi. Bu esa yonilg‘i berish apparaturasining konstruksiyasini murakkablashtiradi va tannarxini oshiradi. Yonuvchi aralashma hosil qilish energiyasi yonilg‘i va havoning kinetik energiyalarining yig‘indisidan iborat, ya’ni $E_{ar} = E_{yonilg‘i} + E_{havo}$.

Demak, yonuvchi aralashma hosil qilishda havo zaryadining energiyasidan to‘laroq foydalanilsa, yonilg‘i apparaturasiga bo‘lgan talab pasayadi. Bunga havo zaryadining tezligini oshirib va ajratilgan yonish kameralarini qo‘llab erishish mumkin. Bu holda yonish kamerasi ikkita o‘zaro birlashtirilgan (asosiy va yordamchi) kameralardan iborat bo‘ladi. Yordamchi

kamera, asosan, silindr golovkasida yoki blokda joylashgan bo‘lib, o‘zgarmas hajmga ega. Siqish jarayoni oxirida havo zaryadining asosiy kameradan yordamchi kameraga kanal orqali o‘tishida uning tezligi va energiyasi ortadi. Bu energiya siklning foydali indikator ishidan olinadi, natijada siklda issiqlikdan foydalanish biroz yomonlashadi. Bunda zaryadning uyurma harakatini tashkil qilish uchun kiritish tizimiga hech qanday moslamalar o‘rnatilmaydi. Zaryadning tezligi va xarakteri kamera hajmlarining nisbatiga, birlashtiruvchi kanalning o‘lchamiga va dvigatelning ish rejimiga bog‘liq.

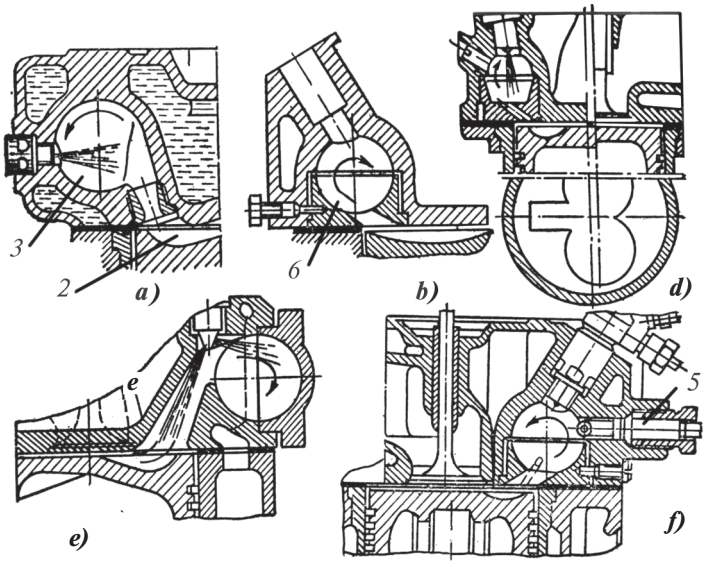
Avtomobil va traktorlarda uyurmali yonish kameralari (uyurma kamerali dizellar) va old kameralar (old kamerali dizellar) ishlatiladi. Bu kameralarda aralashma hosil qilish turlicha bo‘lgani uchun ularni alohida-alohida ko‘rib chiqamiz.

Uyurma kamerali dizellar. Bu turdagi kameralar 9.6-*a*, *b*, *d*, *e* va *f* rasmlarda tasvirlangan.

Porshen y.ch.n. ga tomon harakat qilganda zaryadning bir qismi porshenning ustidagi bo‘shliqdan birlashtiruvchi kanal orqali uyurmali kamera *3* ga o‘tadi. Kanalning yo‘nalishi, shuningdek, uyurmali kameraning shakli uning ichida havo zaryadining aylanma harakatga kelishini ta’minlaydi. Oqib o‘tayotgan zaryadning tezligi siqish paytida ortadi va porshen y.ch.n. ga 9...15° yetmasdan tezlik eng katta (100...200 m/s) qiymatga erishadi. Bu esa oddiy shtift-soploli (bir teshikli) to‘zitkich qo‘llash imkonini beradi.

Siqish oxirida uyurmali kameraga purkalgan yonilg‘i uyurmali harakatga kelgan havo bilan aralashadi, bug‘lanadi va qisman yonadi, natijada uyurmali kameradagi bosim oshadi. Bu bosim porshenning yuqori qismidagi bosimdan ancha (0,4...0,6 MPa) katta bo‘ladi va yonib ulgurmagan yonilg‘i hamda yonish mahsulotlari katta tezlikda asosiy kamera *2* ga o‘tadi. Natijada yonilg‘i bilan havoning aralashishiga, ish aralashmasining yaxshi yonishiga qulay sharoit yaratiladi. Asosiy kamera *2* birlashtiruvchi kanal tagida maxsus chuqurcha shaklida yasaladi. Uyurmali kameradan oqib tushayotgan yonilg‘i va havo aralashmasi shu chuqurchaga tushadi, bu joyda havoning ko‘p qismi to‘plangani uchun yonilg‘i – havo aralashmasining tez yonib ketishi ta’minlanadi. Bu kameraning xususiyati shundaki, pastki ajraladigan yarimsfera 6 silindrlar

golovkasiga zazor bilan o‘rnatilgan. Uyurmali kameraning faqat pastki torets sirti zichlangan. Dvigatel ishlaganda bu yarimsfera kuchli qiziydi, to‘la yuklamada uning temperaturasi 700°C gacha yetadi. Bu esa alangalanishning kechikish davrini qisqartiradi va yonish jarayonining ravon ketishini ta’minlaydi.



9.6-rasm. **Uyurma kameralarning turlari**

Cho‘g‘lanish svechasi *5* dizelni past temperaturalarda yurgizib yuborishni osonlashtirish uchun qo‘llaniladi. Svechaning metall spirali akkumulatorlar batareyasidan tok olib kuchli qiziydi va uyurmali kameradagi havoni qizdiradi. Natijada yonilg‘i bug‘lanadi va dizelni ishga tushirish tezlashadi.

Dizellarning ma’lum konstruksiyalaridagi uyurmali kameraning hajmi yonish kamerasi umumiy hajmining 0,4...0,55 qismini tashkil etadi.

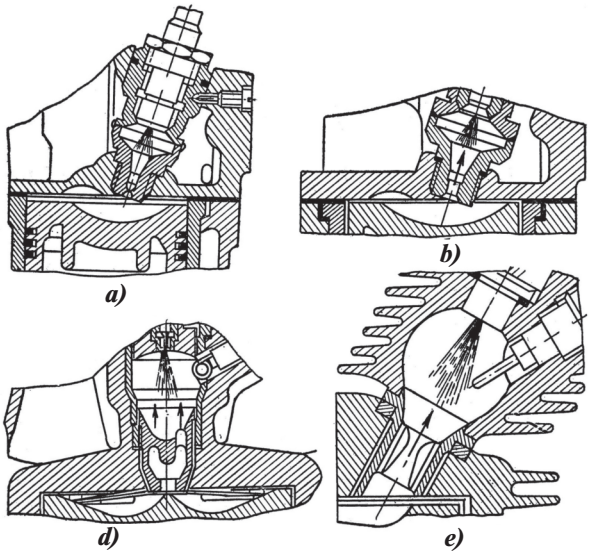
Bu kameralarda aralashma tayyorlash jarayoni mukammal bo‘lganligi sababli α_{min} = 1,15...1,25 oralig‘ida bo‘ladi va dizel bu holda tutun chiqarmay ishlaydi, effektiv bosimning qiymati katta bo‘lishi ta’minlanadi.

Old kamerali dizellarda (9.7-rasm) old kameraning hajmi yonish kamerasining 25...40 % ini tashkil qiladi. Old kamera asosiy yonish kamerasi bilan bitta yoki bir nechta kanal orqali birlashadi. Siqish jarayonida havoning bir qismi porshenning

ustki qismidan old kameraga oqib o‘tadi hamda uning tezligi 200 m/s va undan yuqori bo‘ladi. Zaryad bu tezlikka porshen y.ch.n. ga yaqinlashganda erishadi. Taxminan shu paytda old kameraga bir soploli (d = 1 mm) yoki shtiftli to‘zitkich orqali havo oqimiga qarshi yonilg‘i purkaladi. Alangalanish jarayoni old kameraning issiq zonasida boshlanadi. Old kameraning hajmi nisbatan kichik bo‘lgani uchun unda yonilg‘ining bir qismi yonadi, natijada bu kamerada bosim tez ko‘tariladi va kameralardagi bosimlar farqi 1,2...1,5 MPa ga yetadi, yonib tugamagan yonilg‘i va yonish mahsulotlari katta tezlikda asosiy kameraga otilib chiqadi, bu yerda u havo bilan aralashib to‘la yonadi.

Asosiy kamerada yonishning shiddati kichik bo‘ladi va dvigatel «yumshoq» (tovushsiz) ishlaydi. Bunday kameralarda yonuvchi aralashmaning sifati dvigatelning tezlik rejimiga bog‘liq emas, shu sababli bu dvigatellarning aylanishlar chastotasi katta bo‘ladi. Uyurmali va old kamerali dizellarda aralashma hosil qilish turlicha bo‘lsa ham, ularning ajratilmagan kameraga nisbatan afzalliklari umumiydir.

1. Ajratilgan yonish kameralari ishlatilganda, ularda havoning tezligi juda katta bo‘lganligi uchun yonilg‘i bilan havo yaxshi aralashadi. Bu esa ajratilmagan yonish kameralaridagiga nisbatan yonilg‘ini past bosimda purkashga, shuningdek, bitta



9.7-rasm.
Old kameralar

katta teshikka ega bo‘lgan to‘zitkichli forsunka ishlatishga imkon beradi.

2. Ajratilgan yonish kamerali dizellarning yordamchi kameralarida issiq zonalar borligi sababli alangalanishning kechikish davri ajratilmagan kamerali dizellarga nisbatan ancha kam bo‘ladi. Bu esa hech qanday qiyinchiliksiz bunday dizellarda har xil yonilg‘ilar ishlatishga imkon beradi.

3. Bu dizellarning asosiy kamerasidagi siklning eng yuqori bosimi nisbatan kichik bo‘lib, old kameralar uchun 5,0...6,0 MPa, uyurmali kameralar uchun esa 6,0...7,0 MPa bo‘ladi. Yonish jarayonining shiddati $d_p/d\varphi$ = 0,2...0,4 MPa/grad atrofida o‘zgaradi. Bu esa krivoship-shatunli mexanizmga tushayotgan kuchni kamaytiradi.

4. Aralashma hosil qilish mukammal bo‘lganligi uchun ishlatilgan gazlarning zaharliligi va tutuni kam bo‘ladi.

5. Ajratilgan yonish kamerali dizellarning tejamliligi havo zaryadining bir kameradan ikkinchisiga oqib o‘tish paytida issiqlikning yo‘qotilishi tufayli, ajratilmagan kamerali dizellarnikiga qaraganda yomonroq bo‘ladi (q_e = 258...288 g/(kVt soat).

6. Dvigatelni yurgizib yuborish nisbatan qiyin. Buni osonlashtirish uchun ε = 18...21 oralig‘ida tanlanadi va qizdirish svechasi o‘rnatiladi.

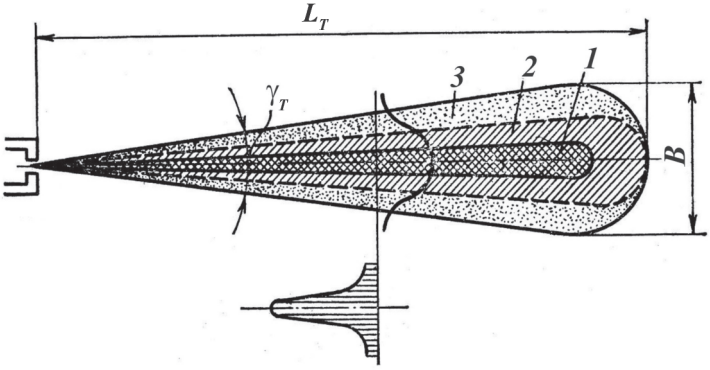
Uyurmali va old kamerali aralashma hosil qilish usuli yengil avtomobillarda, yuqori aylanishlar chastotasiga (n = 4000...4500 min^{-1}) ega bo‘lgan dizellarda, shuningdek, traktor dizellarida qo‘llaniladi.

9.2. YONILG‘INI PURKASH

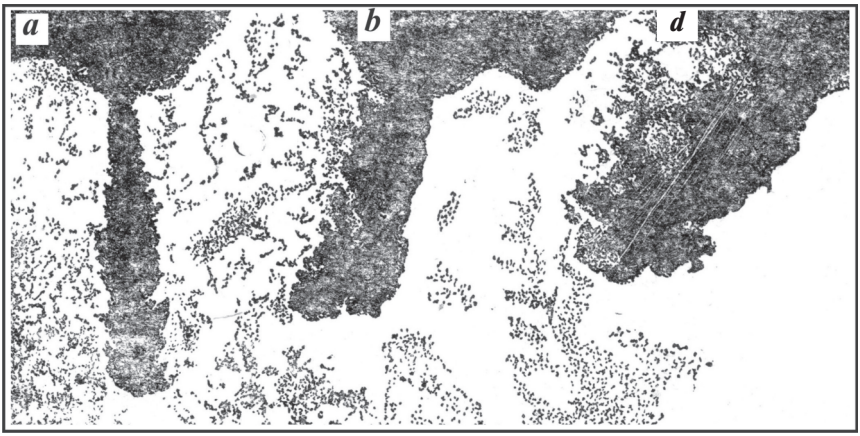
Yonilg‘i yonish kamerasiga forsunkadagi to‘zitkich (purkagich) soplosining teshigi orqali yuqori bosim ostida purkaladi. Natijada yonilg‘i mayda zarralarga parchalanib, yonilg‘i to‘zonini hosil qiladi. Purkalgan yonilg‘ining to‘zishi va to‘zonning yonish kamerasiga kirishi yonilg‘ining qovushqoqligiga, sirt taranglik kuchiga, purkash bosimiga, soplo teshigining o‘lchamlariga, shakliga va tayyorlanish sifatiga hamda siqilgan havoning purkash paytidagi harakat tezligiga bog‘liq. Soplo teshigidan otilib chiqayotgan yonilg‘i harakatlanuvchi, juda

ko‘p ($5 \cdot 10^5$ ... $20 \cdot 10^6$) mayda zarrachalarga parchalanib yonilg‘i to‘zonini hosil qiladi. Bu jarayonni fotosuratga olish zarrachalar to‘zonda soni va o‘lchami jihatidan juda notekis taqsimlanganligini ko‘rsatadi. Bunday to‘zonning tuzilishini purkash jarayonini juda qisqa vaqtlar oralig‘ida rasmga olib chizish mumkin. Yonilg‘i to‘zoni (9.8-rasm) uch qismdan iborat: 1-qism o‘zak deb ataladi va u yirik tomchilar hamda parchalanib ulgurmagan yonilg‘i oqimlaridan tashkil topadi; 2-qism yirik zarrachalardan iborat; 3-qism mayda zarrachalardan iborat. To‘zon kengligi — B, uzunligi L_T va konus burchagi γ_T, yonish kamerasining shakli hamda turiga qarab tanlanadi. Yonilg‘i purkash teshiklarining soni kameralardagi havo zaryadining energiyasiga, kamera turiga bog‘liq. Zaryadning energiyasi qancha yuqori bo‘lsa, soplo teshiklarining soni shuncha kam bo‘ladi. 9.9-*a* rasmda ko‘rsatilgan yonilg‘i to‘zonining tuzilishi havo zaryadi harakatsiz bo‘lganda olingan. Agar yonilg‘i harakatdagi zaryadga purkalsa uning shakli va trayektoriyasi o‘zgaradi (9.9-*d* va *b* rasm).

9.9-rasmda yuqorida ko‘rib o‘tilgan yonish kameralariga purkalgan yonilg‘i to‘zonining fotosuratlari ko‘rsatilgan. Fotosuratlarning ko‘rsatishicha, yonilg‘i harakatsiz muhitga purkalsa, to‘zon forsunka to‘zitkichining o‘qi bo‘ylab yo‘naladi (9.9-*a* rasm); havo to‘zonga nisbatan tik harakat qilganda esa (9.9-*d* rasm) to‘zonning tashqi qatlamlari havoning harakati bo‘ylab yo‘naladi; uyurmali kamera uchun shu narsa xarakterliki, havoning aylanma harakati ta’sirida to‘zon buraladi va yonilg‘i zarrachalarining bir qismi devorga tushadi.



9.8-rasm. **Purkalgan yonilg‘i fakeli (to‘zoni) sxemasi**



9.9-rasm. **Har xil muhitga purkalgan yonilg‘i to‘zonining tuzilishi:**
a – harakatsiz havoli muhitda; b – 15 m/s tezlikdagi havoli muhitda;
d – 35 m/s tezlikdagi havoli muhitda.

To‘zonning tashqi qatlamlaridagi mayda zarrachalar havoga ergashib qisman bug‘lanadi va alangalanish zonasiga tushadi. Natijada alangalanish boshlanadi.

Yonilg‘i berish apparaturasi yonilg‘ining yaxshi purkalishini, ya’ni bir xil o‘lchamdagi mayda zarrachalarga parchalanishini ta’minlashi kerak. Zarrachalarning kattaligi havoning uyurma harakat tezligiga va yonish kamerasining konstruksiyasiga mos bo‘lishi lozim. Agar purkash bosimi katta (140 MPa) bo‘lsa, yonilg‘i juda mayda zarrachalarga parchalanadi, lekin to‘zonning uzunligi qisqaradi. Mayda zarrachalar tezda bug‘lanib, to‘zitkich atrofida to‘planib qoladi va aralashma hosil qilish yomonlashadi, natijada dvigatelning ko‘rsatkichlari pasayadi, purkash oxirida hosil bo‘ladigan tomchilar yonish jarayonining yomonlashishiga va dvigatelning tutun chiqarib ishlashiga sabab bo‘ladi.

Ajratilmagan yonish kameralariga yonilg‘i nisbatan katta bosimda (40...140 MPa) purkaladi. Shu sababli yonilg‘i forsunkadan chiqa boshlashi bilan mayda zarrachalarga parchalanadi. Purkash bosimining ma’lum qiymatgacha o‘sishi yonilg‘ining mayda zarrachalarga parchalanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatib dvigatelning ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi. Purkash bosimi yonilg‘i apparaturasining tuzilishiga, yonish kamerasining turiga, dvigatel valining aylanishlar chastotasiga va bir

sikl davomida beriladigan yonilg‘i miqdoriga bog‘liq. Aylanishlar chastotasi va sikl davomida beriladigan yonilg‘i miqdori qancha katta bo‘lsa, purkash bosimi ham shuncha katta bo‘ladi. Bu esa yonilg‘ining bir xil va mayda zarrachalarga parchalanishiga olib keladi. Dizel salt ishlaganda purkash bosimi nisbatan past bo‘lgani uchun yonilg‘ining purkalish sifati ancha yomonlashadi. Yuqorida aytganimizdek, nasos-forsunka ishlatiladigan dizellarda (ЯМЗ) purkashning maksimal bosimi 125...150 MPa ga yetadi. Ajratilgan tipdagi yonilg‘i apparaturasi ishlatiladigan dizellarda esa (ЯМЗ, АМЗ, СДМ, Д37Е, Д-12) purkashning maksimal bosimi 40...50 MPa dan oshmaydi.

Yonilg‘i purkash ma’lum vaqt davomida sodir bo‘lgani uchun uning bosimi o‘zgaruvchan bo‘ladi.

Purkash bosimiga mos ravishda yonilg‘ining parchalanish sifati ham purkash paytida o‘zgarib turadi. Maksimal bosim purkash davrining o‘rtalariga to‘g‘ri keladi. Demak, mayda yonilg‘i zarrachalari yonish kamerasiga purkash davrining o‘rtalarida tushadi. Purkash boshlanishi va tugashida bosimning pasayishi natijasida yonilg‘ining to‘zish sifati keskin yomonlashadi. Purkash bosimining bunday xarakterda o‘zgarishi yonilg‘i tomchilarining har xil diametrda (0,01...0,03 mm) parchalanishiga sabab bo‘ladi.

Yonilg‘ining to‘zish sifati purkashning boshlanishi va oxiridagi bosimlarga bog‘liq. Bu bosimlar qancha yuqori bo‘lsa, yonilg‘ining parchalanish sifati shuncha yaxshi bo‘ladi, ya’ni yonilg‘i mayda tomchilardan iborat bo‘ladi. Natijada dizel tejamli va tutun chiqarmasdan ishlaydi. Bu maqsadda yonilg‘i nasosida tangensial profilli kulachoklar ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Dizellarda yonuvchi aralashma hosil qilishni tushuntiring.
2. Yonish kameralarining turlarini ayting.
3. Hajmiy pardali aralashma hosil qilishni tushuntiring.
4. Pardali aralashma hosil qilish nima?
5. Ajratilgan yonish kameralari qanday ishlaydi?
6. Uyurmali kamerali dizellar nima?
7. Old kamerali dizellarni tushuntiring.
8. Yonilg‘ini purkash nima?

X bob. DVIGATELLARNI SINASH

10.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Dvigatelning quvvati, burovchi momenti va tejamliligi uning qanday transport vositasiga o'rnatilishi bilan belgilanadi.

Dvigatelning asosiy ko'rsatkichlari – tashqi tezlik va yuklama tavsiflari maxsus sinash stendida olinadi. Bu stend zarur uskunalar va o'lchov asboblari bilan jihozlangan.

Dvigatellarning barcha tavsiflarini sinash stendida olish vaqtida berilgan turg'un rejim uchun quyidagi qiymatlar o'lchanadi va maxsus bayonnomalarga yoziladi:

– burovchi moment – M_e yoki tormozlash kuchi – P_t;

– tirsakli valning τ (sek) vaqt ichidagi aylanishlar chastotasi yoki minutiga aylanishlar chastotasi – Δn;

– τ (sek) vaqt ichida sarflangan yonilg'i va havoning miqdori ΔG_{yo}, V_h va ΔV_h;

– tashqi havoning, dvigatelga kirayotgan va undan chiqayotgan suyuqlikning, dvigatel moyining, chiqarish quvuridagi ishlatilgan gazlarning haroratlari °C(t_h, t_k, t_{ch}, t_m va t_r);

– tashqi muhitning, moy magistralidagi moyning bosimi, kiritish quvuridagi siyraklanish (p_0, p_m va Δp_a);

– yonishni yoki yonilg'ini purkay boshlashni ilgarilash burchaklari (θ_p, φ_{yo}) va boshqalar.

10.2. DVIGATELNING TAVSIFLARI

Avtomobil va traktorlarni ekspluatatsiya qilish shuni ko'rsatadiki, ular ish vaqtining 80 foizi davomida tezlik va yuklama keng diapazonda o'zgarib turadigan rejimda ishlaydi. Tirsakli valning har qanday aylanishlar chastotasida ham dvigatel barcha yuklamalarda turg'un ishlashi bilan birga, turli ekspluatatsiya sharoitlarida tejamli ishlashi kerak.

Dvigatelni sinash paytida tezlik, yuklama, rostlash va maxsus tavsiflari olinadi.

Tezlik tavsiflari

Tezlik tavsiflari ikki turga: tashqi va qismiy tezlik tavsiflariga bo‘linadi.

Tashqi tezlik tavsifi. Dvigatelning tashqi tezlik tavsifi deb, aylanishlar chastotasi n ga bog‘liq bo‘lgan effektiv quvvat N_e, effektiv burovchi moment M_e, yonilg‘ining soatli sarfi G_{yo} va effektiv solishtirma sarfi g_e ning egri chiziqlariga aytiladi. Bunday tavsif karburatorli dvigatellarda drossel zaslonka to‘la ochiq yoki dizelda yonilg‘i nasosining reykasi eng ko‘p yonilg‘i berish holatida bo‘lganda olinadi.

Tavsif olinayotgan paytda dvigatelning boshqa ko‘rsatkichlarini ham yozib borish maqsadga muvofiqdir, chunki bu ko‘rsatkichlar orqali yuqoridagi parametrlarning kechish xususiyatini tushuntirish mumkin.

Tashqi tezlik tavsiflarini olish shartlari: har bir dvigatel uchun tirsakli val aylanishlar chastotasining quyi chegarasi $n_{\min}$ bo‘ladi. Bunday aylanishlar chastotasida dvigatel barcha yuklamalarda turg‘un ishlaydi. Lekin biror sababga ko‘ra aylanish chastotasi $n_{\min}$ dan kichik bo‘lib qolsa, dvigatel noturg‘un ishlaydi (yuklamani qabul qila olmaydi) va to‘xtab qoladi. Bunga asosiy sabab to‘ldirish koeffitsiyentining keskin pasayib ketishi va natijada, yonish jarayonini turg‘un hosil qilib bo‘lmasligidir.

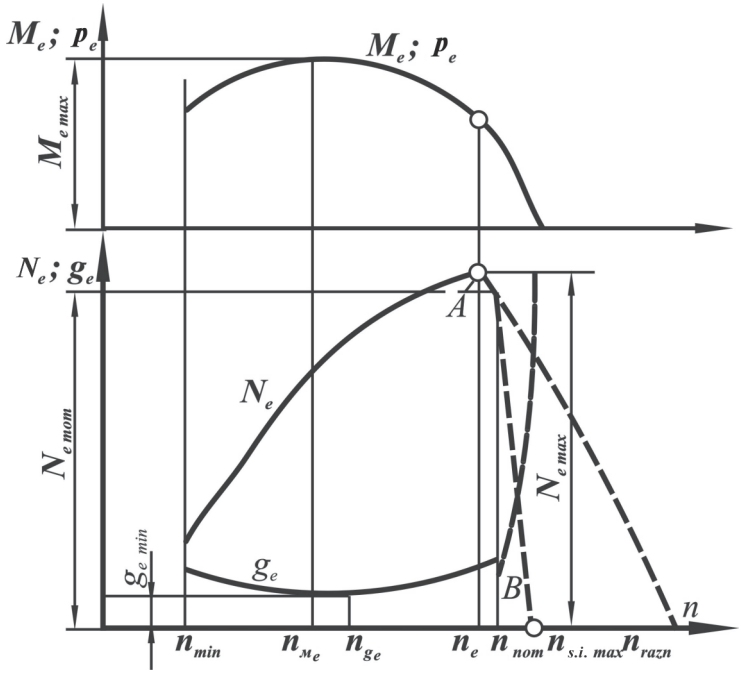
Tashqi tezlik tavsifida: n_{Me} — maksimal effektiv burovchi momentga mos keluvchi aylanishlar chastotasi; n_{yo} — yonilg‘ining effektiv solishtirma sarfi minimal bo‘lgan aylanishlar chastotasi; n_{nom} — dvigatelning nominal effektiv quvvatiga mos aylanishlar chastotasi; $n_{\mathrm{si.max}}$ — dvigatelning regulator bilan salt ishlash aylanishlar chastotasi va n_{raz} — haddan tashqari katta aylanishlar (raznos) chastotasi bo‘ladi.

Yuk avtomobillari dvigatellarida $n_{\mathrm{e}}=n_{\mathrm{nom}}$, yengil avtomobillar dvigatellarida esa $n_{\mathrm{nom}}>n_{\mathrm{e}}$ bo‘ladi.

Dvigatelni sinashdan oldin qizdiriladi, ya’ni suv va moy harorati 80...85 °C ga yetkaziladi. So‘ngra dvigatelga minimal aylanishlar chastotasida eng katta yuklama beriladi (drossel-to‘smaqopqoq to‘la ochiladi). Bu holda quyidagi parametrlar: yonilg‘i sarfi; dvigatelning effektiv burovchi momenti; aylanishlar chastotasi; havo sarfi va ishqalanishlarga sarf bo‘lgan

burovchi moment o‘lchanadi. Bundan tashqari, tashqi muhit bosimi va harorati ham o‘lchanadi. Shundan so‘ng dvigatelning aylanishlar chastotasi o‘zgartirilib, bu rejimlarda ham yuqoridagi parametrlar o‘lchanadi va jadval shaklida yozib boriladi.

10.1-rasmda dvigatelning tashqi tezlik tavsifi keltirilgan. Yengil avtomobillar dvigatellarida $n_{nom} > n_t$ bo‘lganidan, dvigatel maksimal tezlik rejimida turg‘un ishlaydi. Aylanishlar chastotasi n_{nom} qiymatdan ortishi bilan havoning gidravlik qarshiliklari ham ortib ketadi, natijada to‘ldirish koeffitsiyenti η_V va o‘rtacha effektiv bosim p_e keskin kamayib, n_{razn} chastotada $p_e = 0$ va demak, $N_e = 0$ bo‘ladi. Dvigatellarning bu rejimda ishlashiga yo‘l qo‘ymaslik kerak, chunki asosiy detallarga ta’sir qiluvchi dinamik yuklamalar keskin oshib ketadi va dvigatel ishdan chiqishi mumkin. Shu sababli dvigatellarga maksimal aylanishlar chastotasi regulatori o‘rnatiladi. Regulator rejimida ishlagan dvigatelning tavsifi *AB* uchastka bilan tavsiflanadi. Bu diapazonda drossel to‘smaqopqoq yopilib, uning o‘sishi natijasida yonilg‘ining solishtirma sarfi dastlab biroz kamayadi, lekin



10.1-rasm. **Dvigatelning tashqi tezlik tavsifi**

keyinchalik mexanik va indikator f.i.k. larning pasayishi natijasida u ko‘payadi.

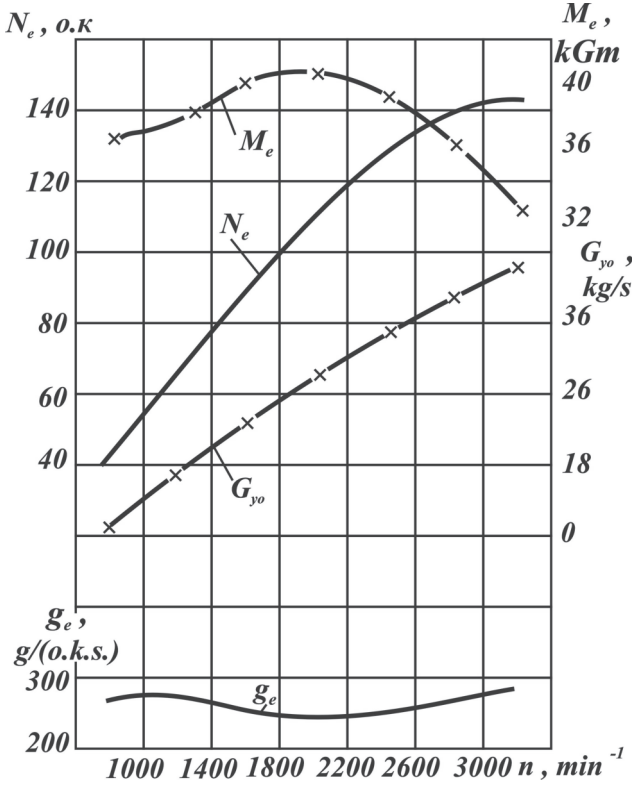
Effektiv burovchi moment M_e ning o‘zgarish xususiyatini to‘ldirish koeffitsiyentining o‘zgarishi bilan tushuntirish mumkin.

10.2-rasmda ЗИЛ-130 dvigatelining tashqi tezlik tavsifi ko‘rsatilgan. Quvvat va burovchi momentning nol indeksli qiymatlari quyidagi tenglamalar bo‘yicha maqbul sharoitlarga keltirilgan (p_0 = 760 mm sim.ust. va t =15°C):

$$N_{e0} = AN_e,$$

$$M_{e0} = AM_e.$$

A koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali topiladi:



10.2-rasm. **ЗИЛ-130 dvigatelining tashqi tezlik tavsifi**

$$A = \frac{530 + t_h}{545} \cdot \frac{p_0}{p_h};$$

bunda: t_h va p_h muhitning harorati va bosimi.

10.1-jadval

Dvigatel turlari	**Tezlik rejimi**				
	n_{nom}	n_{min}	n_{Me}	$n_{s.i.}$	$n_{razn.}$
Dizel	$2000...33_{0}$ 0_{+}	350...7-00	(0,4...0,6)-n_n	(1,05...1,07)n_n	(1,4...1,6)n_n
Karburatorli dvigatel	$3600...4_{50}$ 0_{++} $3000_{...420}$ 0_{+++} $4000...63_{0}$ 0_{+}	350...6-00	(0,4...0,6)-n_n	(1,05...1,1)n_n	(1,7...2,0)n_n

10.3-rasmda ЯМЗ-740 dizelining tashqi tezlik tavsifi ko‘rsatilgan.

Dvigatel tashqi tezlik tavsifi bo‘yicha ishlaganda aylanishlar chastotasining chekka qiymatlari 10.1-jadvalda keltirilgan.

+ yengil avtomobillarga o‘rnatiladigan dizellar;

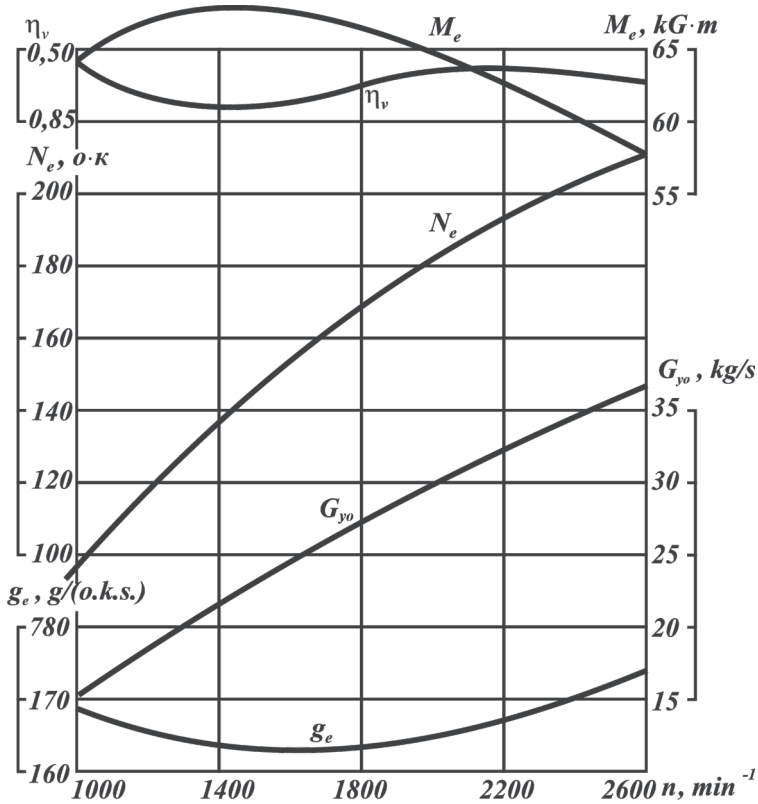
+ + yuk avtomobillari;

+ + + yengil avtomobillar.

Qismiy tezlik tavsiflari. Drossel-to‘smaqopqoqning yoki yonilg‘i berishni boshqarish reykasining turli o‘zgarmas holatlarida dvigatel ko‘rsatkichlari N_e, G_{yo}, M_e va g_e ning aylanishlar chastotasiga bog‘liqlik grafiklari qismiy tezlik tavsiflari deb ataladi.

Shu sababli qismiy tezlik tavsiflarini istalgan miqdorda olish mumkin.

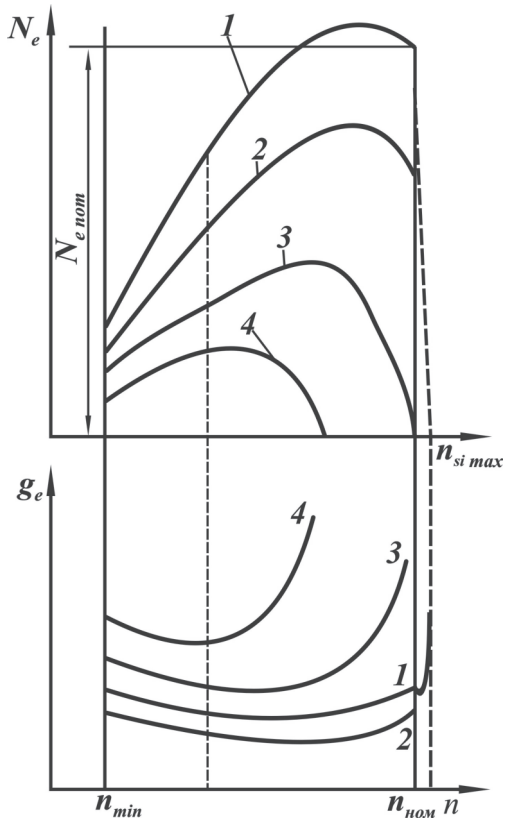
Karburatorli dvigatel va dizel uchun tashqi tezlik tavsiflari o‘zaro o‘xshash bo‘lsa ham, ularning qismiy tezlik tavsiflari bir-biridan katta farq qiladi. Shu sababli ularda qismiy tavsiflarni olish sharoitlari turlicha bo‘ladi.



10.3-rasm. **ЯМЗ-740 dizelining tashqi tezlik tavsifi**

Karburatorli dvigatelda qismiy tavsiflar (10.4-rasm) drossel-to‘smaqopqoqning har xil holatlarida olinganligi sababli uning to‘ldirish koeffitsiyenti keskin o‘zgaradi. Natijada effektiv quvvat ham o‘zgaradi. Shunisi xususiyatliki, effektiv quvvatning maksimumi drossel-to‘smaqopqoq yopila borishi bilan kichik aylanishlar chastotasi tomonga siljiydi. Shu sababli karburatorli dvigatellarda yuklama kamayganda raznos (tirsakli valning haddan tashqari katta tezlik bilan aylanish hodisasi) bo‘lmaydi.

Dizellarda yuklamani o‘zgartirish uchun yonilg‘i nasosining reykasi boshqa holatga qo‘yiladi. Yuklama kamayishi bilan to‘ldirish koeffitsiyenti η_V ning qiymati biroz ortadi. Buning natijasida effektiv quvvatning maksimal qiymati kichik aylanishlar chastotasi tomonga siljimaydi.



10.4-rasm. **Karburatorli dvigatelning qismiy tezlik tavsiflari**

Dizellarda yuklamaning kamayishiga qaramasdan yonish jarayonining davom etishi uning haddan tashqari tez ishlashiga sabab bo‘ladi. Shuning uchun dizellar salt ishlaganda ularga maksimal aylanishlar chastotasini cheklaydigan regulator o‘rnatiladi.

Bunday regulator dizelni nominal aylanishlar chastotasida ekspluatatsiya qilishni yengillashtiradi.

Dizellarning regulator tavsifini olish uchun regulatorning boshqarish organini o‘zgarmas holatda ushlab turib, yuklamani salt ishlashdan maksimal qiymatgacha oshiriladi va ma’lum yuklama oralig‘ida dvigatel ko‘rsatkichlarining (n, N_e, G_{yo} va g_e) o‘zgarishi yozib boriladi.

Yuklama tavsiflari

Dvigatelning yuklama tavsifi deb o‘zgarmas aylanishlar chastotasida ($n = const$) yonilg‘ining soatli va effektiv solishtirma sarflarining yuklamaga bog‘liqlik G_{yo}, $g_e = f\ (N_e)$ grafigiga aytiladi.

Yuqorida aytilganidek, yuklamani o‘zgartirish uchun drossel-to‘smaqopqoq yoki reyka boshqa holatga qo‘yiladi.

Yuklama tavsifini olish dvigatel maqbul qizdirilgandan so‘ng, ya’ni suv va moyning harorati 80...85°C ga yetganda boshlanadi. Buning uchun dvigatelning aylanishlar chastotasini $n = 0{,}5 \cdot n_{nom}$ qilib tanlanadi va shu chastotada dvigatelga to‘la yuklama beriladi hamda shu rejimda yondirishni ilgarilatish burchagining optimal qiymati tanlanadi.

Shundan so‘ng dvigatelning ko‘rsatkichlari bayonnomaga yoziladi (P_t, G_{yo}, n va h.k.). Drossel-to‘smaqopqoqning 4...5 holatida dvigatelning ko‘rsatkichlari qaytadan yoziladi va yuqorida keltirilgan formulalar orqali yonilg‘ining soatli va effektiv solishtirma sarfi hisoblab topiladi. Agar dvigatelning tashqi va qismiy tezlik tavsiflari ma’lum bo‘lsa, ular orqali ham yuklama tavsifini qurish mumkin.

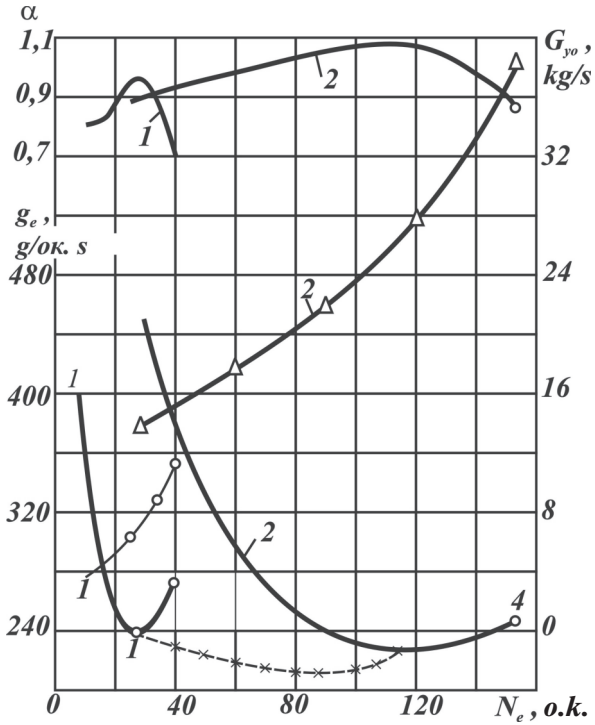
Buning uchun ma’lum aylanishlar chastotasida tezlik tavsiflari biror tik chiziq bilan kesiladi va kesishish nuqtasidagi ma’lumotlardan foydalaniladi.

Dvigatelning yuklama tavsifini olishdan asosiy maqsad dvigatel to‘la, qismiy yuklamalarda va salt ishlaganda yonilg‘ining soatli va solishtirma sarfi qanday bo‘lishini o‘rganishdir, chunki avtomobil transporti ko‘pincha (75% vaqt davomida) qismiy yuklamalarda ishlaydi.

10.5-rasmda sakkiz silindrli ЗИЛ-130 karburatorli dvigatelining yuklama tavsifi ko‘rsatilgan. Bunda havo ortiqlik koeffitsiyentining o‘zgarishi ham tasvirlangan.

Grafikning ko‘rsatishicha, eng yaxshi tejamlikka havo ortiqlik koeffitsiyentining eng katta ($\alpha > 1$) qiymatida erishiladi, chunki bunday aralashma to‘la yonadi, dvigateldan katta quvvat olish uchun $\alpha = 0{,}8...0{,}9$ bo‘lishi kerak, chunki bunday aralashma tez yonadi. Buning uchun silindrga ko‘proq yonilg‘i uzatish kerak. Bu vazifani karburatorning tezlatish nasosi bajaradi.

Shu sababli yonilg‘ining effektiv solishtirma sarfi ortadi. Kichik yuklamalarda esa drossel-to‘smaqopqoq berkila borgan sari η_V kamayadi, qoldiq gazlar ortadi va mexanik f.i.k. kamayadi. Natijada yonish jarayoni keskin yomonlashadi va yonilg‘ining solishtirma sarfi ortib ketadi.

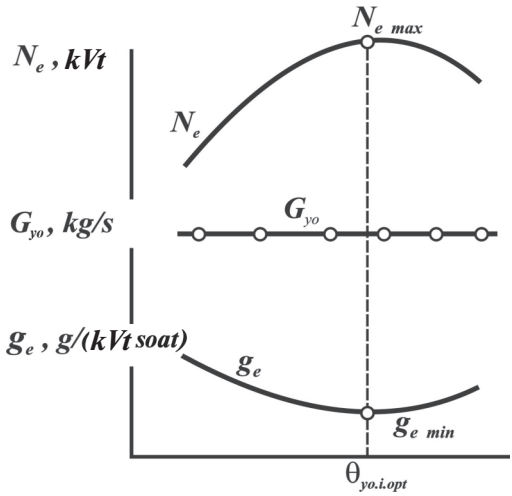


10.5-rasm. **ЗИЛ-130 dvigatelining yuklama tavsiflari**

Rostlash tavsiflari

Rostlash tavsiflari orqali yonish jarayoniga ta’sir qiluvchi omillar (yondirishni ilgarilash burchagi, yonuvchi aralashma tarkibi, dizellarda esa yonilg‘i purkay boshlashni ilgarilash burchagi va aralashmaning tutunsiz yonishini ta’minlaydigan reykaning holati) tahlil qilinadi.

Dvigatelning optimal ko‘rsatkichlarini shu parametrga bog‘liq ravishda tanlash uchun olinadigan tavsiflar rostlash tavsiflari deyiladi. Bunday tavsiflar drossel-to‘smaqopqoqning yoki reykaning o‘zgarmas holatlarida olinadi.



10.6-rasm. **Karburatorli dvigatelning yondirishni ilgarilatish burchagi bo‘yicha rostlash tavsifi**

Bu sharoitlarda dvigatelning quvvati va tejamliligi yondirishni ilgarilash burchagiga yoki yonilg‘i purkay boshlashni ilgarilash burchagiga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

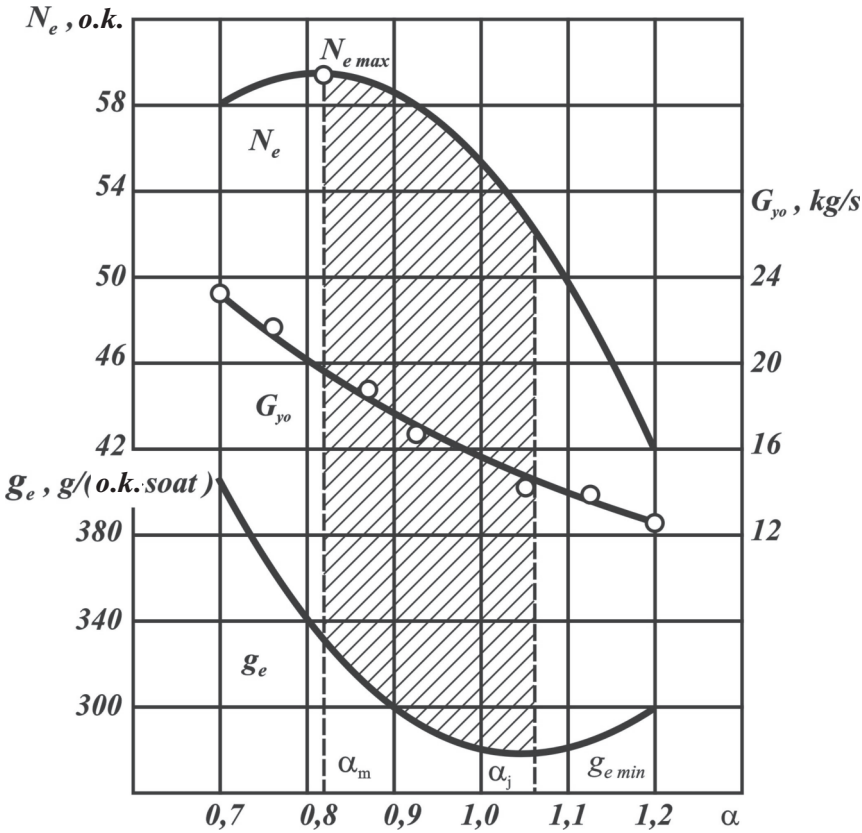
Bunday tavsiflar turli yuklamalarda va tirsakli valning har xil aylanishlar chastotasida olinadi. Natijada yuklama va tezlik rejimlariga bog‘liq bo‘lgan yondirishni ilgarilash burchagining optimal qiymati tanlanadi. Bu qiymat turli dvigatel uchun turlichadir, chunki u yonish kamerasining turiga, siqish darajasiga va boshqa omillarga bog‘liqdir.

Tirsakli valning bir xil aylanishlar chastotasida va drossel-to‘smaqopqoqning to‘la ochiq holatida yondirishni ilgarilash burchagi $\theta_{yo.i.}$ bo‘yicha olingan rostlash tavsifi 10.6-rasmda ko‘rsatilgan.

Grafikda yondirishni ilgarilash burchagining optimal qiymati $\theta_{yo.i..opt.}$ shtrix chiziq bilan ko‘rsatilgan. Grafikning ko‘rsatishicha, aylanishlar chastotasi ortishi va yuklama kamayishi bilan yondirishni ilgarilash burchagining optimal qiymatlari kattalashadi.

Bu vazifani markazdan qochma vakuum regulatorlar bajaradi. Ish aralashmasi tarkibining dvigatel quvvati va yonilg‘ining solishtirma sarfiga ta’sirini ifodalovchi rostlash tavsifi 10.7-rasmda keltirilgan.

Grafiklarni tahlil qilish eng katta quvvat $\alpha = 0{,}8...0{,}9$ bo‘lgandagi qiymatga, yonilg‘i solishtirma sarfining minimal qiymati esa $\alpha = 1{,}05...1{,}15$ qiymatga to‘g‘ri kelishini ko‘rsatadi. α ning boshqa qiymatlarida N_e kamayadi, g_e esa oshib ketadi.



10.7-rasm. **Karburatorli dvigatelning yonuvchi aralashma tarkibi bo‘yicha rostlash tavsifi (drossel zaslonka to‘la ochiq n=1500 min^{-1})**

Nazorat savollari

1. Dvigatellar qanday sinaladi?
2. Dvigatelning tavsiflari: tezlik tavsiflari nima?
3. Qismiy tezlik tavsiflari nima?
4. Yuklama tavsiflarini ayting.

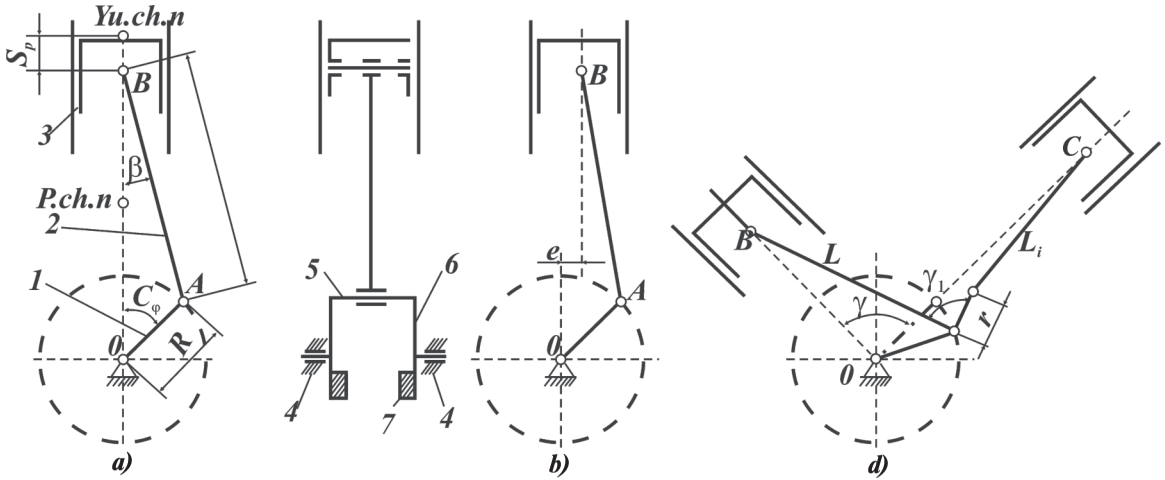
XI bob. KRIVOSHIP-SHATUNLI MEXANIZM KINEMATIKASI

11.1. ASOSIY TUSHUNCHALAR

Krivoship-shatunli mexanizm dvigatelning asosiy qismi bo‘lib, qolgan barcha tizimlar harakatni undan oladi. Bu tizim dastavval starter yordamida harakatga keltiriladi. Natijada silindrga yonilg‘i-havo aralashmasi tushadi, u siqiladi va uchqun yordamida yondiriladi, gazlar bosimi esa bir necha marta ortib ketadi (~4 MPa). Gazlar bosimi porshenga ta’sir qilib, uning borib-keladigan harakatini tirsakli valning aylanma harakatiga aylantirib beradi. Bu esa, o‘z navbatida, dvigatelning barcha tizimlarini ishga tushirib yuboradi. Dvigatel ishga tushgani zahoti starter uzib qo‘yiladi. Krivoship-shatun mexanizmi (11.1-*a* rasm) krivoship *1*, shatun *2* va porshen komplekti *3* dan tuzilgan. Krivoship tirsakli valning bir tirsagidan iborat bo‘lib, u podshipniklarda aylanuvchi tub bo‘yinlar *4*, shatun bo‘yni *5* va ikkita jag‘ *6* dan tuzilgan. Odatda, jag‘larga posangilar *7* o‘rnatiladi. Shatunning yuqori kallagi barmoqcha vositasida porshen bilan, pastki kallagi esa krivoshipning shatun bo‘yni bilan sharnirli bog‘langan. Dvigatellarda, asosan, ikki turdagi krivoship-shatunli mexanizm qo‘llaniladi:

1. Silindrning o‘qi tirsakli valning o‘qi bilan kesishadigan markaziy yoki aksial krivoship-shatunli mexanizm (11.1-*a* rasm).

2. Silindrning o‘qi tirsakli valning o‘qiga nisbatan *e* masofaga siljigan dezaksial krivoship-shatunli mexanizm (11.1-*b* rasm). Avtomobil dvigatellarida nisbiy dezaksaj $K = \frac{e}{R} = 0{,}04 \div 0{,}1$ (R — krivoship radiusi) chegarada o‘zgaradi va bu holda quyidagi afzalliklarga erishiladi: 1) dvigatelning bir tekis yeyilishi ta’minlanadi; 2) porshenning tezligi yuqori chekka nuqta yaqinida kamayadi; buning natijasida o‘zgarmas hajm hosil bo‘lib, unda yonish jarayoni yaxshilanadi; 3) porshenning yo‘li hamda tirsakli val bilan



11.1-rasm. **Krivoship-shatunli mexanizmning turlari:**
a – markaziy; b – dezaksial; d – tirkama shatunli.

taqsimlash vali orasidagi masofa qisman kattalashadi, buning natijasida dvigatelning ish hajmi ortadi, quvvati ko‘payadi. Hozirgi paytda dvigatellarda dezaksajning boshqa turi ko‘proq ishlatilmoqda, ya’ni porshen o‘qiga nisbatan uning barmog‘i *e* masofaga siljigan bo‘ladi.

Bu holda ham yuqorida sanab o‘tilgan afzalliklarga erishiladi. Bunday dvigatellarda dezaksaj taxminan $e = 0{,}02\ R$ ni tashkil etadi. Muhandislik hisoblarda, odatda, dezaksaj e’tiborga olinmaydi.

3. Ikki shatuni tirsakli valning bir bo‘yniga o‘rnatilgan mexanizmlar tirkama shatunli krivoship mexanizmi deyiladi (11.1-*d* rasm). Bunday mexanizm tank dvigatellarida qo‘llaniladi (*D-12A* dvigateli). Avtomobillarga o‘rnatiladigan *V*-simon dvigatellarda esa *2* ta shatun bitta bo‘yinda yonmayon joylashadi. *V*-simon dvigatellarda ikki shatun bir krivoshipda joylashgani uchun, uning uzunligi bir qatorli dvigatelnikidan qisqa bo‘ladi.

Avtomobil dvigatellarida markaziy krivoship-shatunli mexanizm ko‘p tarqalganligi uchun, asosan, uni ko‘rib chiqamiz va kinematikasini o‘rganamiz. Uning geometrik o‘lchamlari: krivoship radiusi *R* va shatun uzunligi L_{sh} dan iborat. *V*-simon dvigatellarda esa silindrlar o‘qlarining orasidagi burchak γ beriladi. Odatda, dvigatel loyihalanayotganda, uning geometrik parametrlari (silindrining diametri D_s, porshen yo‘li *S*) berilgan quvvat va aylanishlar soniga mos qilib tanlanadi. Buning uchun dvigatel silindrlarining soni *i*, porshen yo‘li *S* ning silindr diametri *D* ga nisbati, ya’ni *S*/*D*; dvigatelning litrli quvvati N_l ma’lum bo‘lishi kerak.

S ma’lum bo‘lsa, $R=S/2$ bo‘ladi. Shatunning uzunligi esa quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{R}{L_{sh}} = \frac{1}{2} \ldots \frac{1}{3{,}8},$$

bunda φ va β – silindr o‘qi bilan krivoship hamda shatun oralig‘idagi burchak.

Krivoship-shatunli mexanizmning kinematikasi tekshirilayotganda, tirsakli valning burchak tezligi φ o‘zgarmas deb qabul qilinadi.

11.2. KRIVOSHIP-SHATUNLI MEXANIZMDAGI KINEMATIK BOG‘LANISHLAR

Krivoshipning burchak tezligi ω uning burchak ko‘chishi φ dan vaqt t bo‘yicha birinchi darajali hosila olish yo‘li bilan topiladi, ya’ni $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$. Agar aylanishlar chastotasi $n = const$ bo‘lsa, $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ ga teng bo‘ladi. Krivoship-shatunli mexanizm kinematikasini hisoblashdan maqsad porshenning yo‘li, tezligi va tezlanishini aniqlashdir. Krivoship φ burchakka burilganda porshen yuqori chekka nuqtadan (11.1-*a* rasm) S_p masofaga siljiydi va u quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$S_p = R\left[(1-\cos\varphi) + \frac{\lambda}{4}(1-\cos 2\varphi)\right].$$

Bu ifoda shuni ko‘rsatadiki, $\varphi = 0°$ bo‘lganda $S_p = 0°$; bo‘lganda esa $S_p = R\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$ hamda $\varphi = 180°$ bo‘lganda $S_p = 2R$ bo‘lar ekan. Undan tashqari S_p ning qiymati γ/R ga ham bog‘liq. Demak, porshen bir tekis harakat qilmas ekan, ya’ni krivoship y.ch.n.dan dastlabki 90° ($\varphi = 90°$)ga burilganida, porshen o‘tgan yo‘l uning keyingi 90° ga burilgandagi yo‘lidan katta bo‘ladi. Porshenning yo‘li birinchi va ikkinchi tartibli garmonik siljishlar orqali ifodalanishi mumkin:

$$S_p = S_p^I + S_p^{II} \;;\quad S_p^I = R(1-\cos\varphi) \;;\quad S_p^{II} = R\cdot\frac{\lambda}{4}(1-\cos 2\varphi).$$

11.2-rasmda porshen yo‘lining φ burchakka bog‘liqlik grafigi va uning tashkil etuvchilari keltirilgan.

Porshenning tezligi v_p uning yo‘li tenglamasidan birinchi darajali hosila olish orqali aniqlanadi:

$$v_p = \frac{dS_p}{dt} = \frac{d\varphi}{dt}\cdot\frac{dS_p}{d\varphi} = R\cdot\omega\left(sin\varphi + \frac{\lambda}{4}sin2\varphi\right).$$

11.3-rasmda porshen tezligi va uni tashkil etuvchilarning φ burchakka bog‘liqlik egri chiziqlari keltirilgan. Porshenning o‘rtacha tezligi, agar porshen yo‘li va tirsakli valning ayla-

nishlari soni n ma'lum va o'zgarmas bo'lsa, quyidagicha hisoblanadi:

$$v_{p.o'rt} = \frac{2S \cdot n}{60} = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{2}{\pi} R\omega .$$

Hozirgi zamon tezyurar avtomobil dvigatellari uchun $v_{p.o'rt}$=10...16 m/s ga teng.

Porshenning tezlanishini aniqlash uchun uning tezligi ifodasidan vaqt bo'yicha birinchi darajali hosila olish kerak:

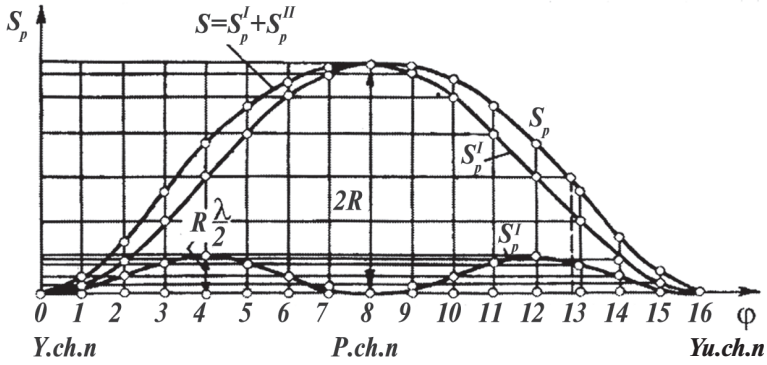
$$j_p = \frac{dv_p}{dt} = R \cdot \omega^2 \left(\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi\right).$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, porshenning tezlanishi ham birinchi va ikkinchi darajali garmonika (davriy tebranish)lardan iborat. 11.4-rasmda porshen tezlanishining φ burchakka bog'liqlik grafigi keltirilgan. $\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi$ ning φ burchak bo'yicha o'zgarish qiymatlari λ/R ning turli qiymatlari uchun 11.1-jadvalda keltirilgan. Xulosa qilib aytganda, krivoship-shatunli mexanizm kinematikasini o'rganishdan asosiy maqsad porshen komplektining tezlanishini aniqlashdir. Chunki kelajakda bu ifodadan foydalanib, borib-keladigan massalarning inersiya kuchi aniqlanadi.

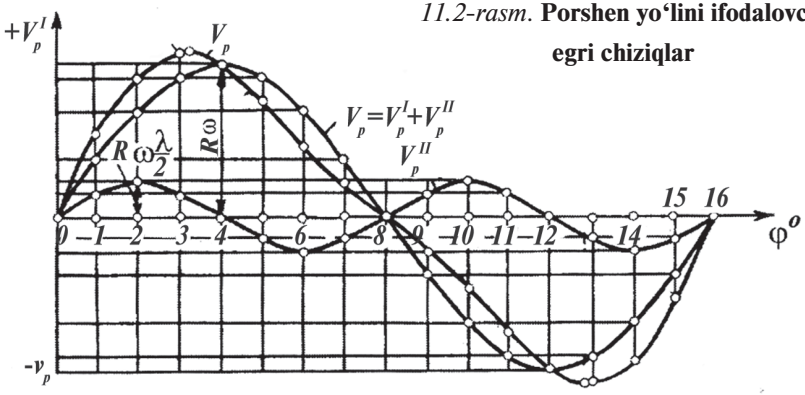
11.1-jadval

Ichki yonuv dvigatellarida λ va φ ning o'zgarishiga mos $\cos\varphi + \lambda\cos 2\varphi$ qiymatning o'zgarishi

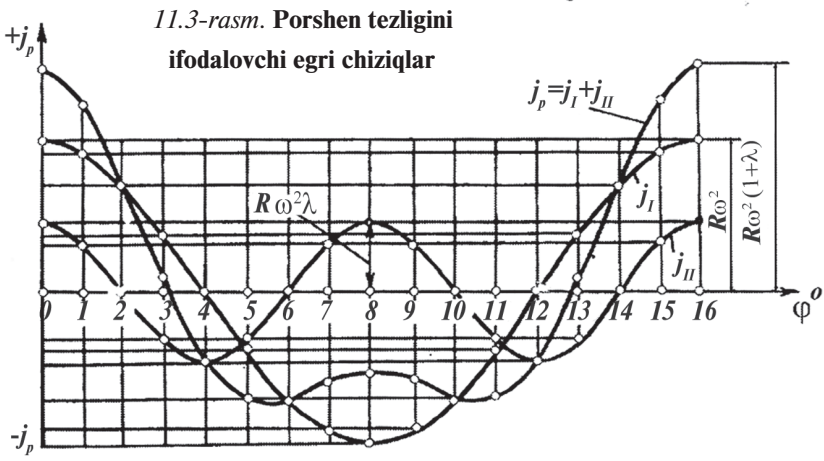
$\varphi_{t.v.b}$ / / λ	Ishorasi	$\frac{1}{3,2}$	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{3,6}$	$\frac{1}{3,8}$	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{1}{4,2}$	Ishorasi	λ / / $\varphi_{t.v.b}$°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	+	1,312	1,294	1,278	1,263	1,250	1,233	+	360
10	+	1,278	1,261	1,246	1,232	1,220	1,208	+	350
30	+	1,022	1,103	1,005	0,998	0,991	0,985	+	330
60	+	0,344	0,353	0,361	0,368	0,375	0,381	+	300
80	+	0,120	0,103	0,087	0,074	0,061	0,050	–	280
90	–	0,312	0,294	0,278	0,263	0,250	0,283	–	270
100	–	0,467	0,450	0,435	0,421	0,409	0,397	–	260
120	–	0,656	0,647	0,639	0,632	0,625	0,619	–	240
150	–	0,710	0,719	0,727	0,734	0,741	0,747	–	210
170	–	0,691	0,708	0,724	0,737	0,750	0,761	–	190
180	–	0,687	0,706	0,722	0,737	0,750	0,762	–	180



11.2-rasm. **Porshen yo'lini ifodalovchi egri chiziqlar**



11.3-rasm. **Porshen tezligini ifodalovchi egri chiziqlar**



Nazorat savollari

1. Krivoship-shatunli mexanizm kinematikasini ayting.

2. K-Sh-M dagi kinematik bog'lanishlarni ayting.

3. Porshen yo'li nima? 4. Porshen tezligi nima? 5. Porshen tezlanishi nima?

XII bob. KRIVOSHIP-SHATUNLI MEXANIZM DINAMIKASI

Dvigatel detallarining chidamliligini va podshipniklarning yuklanishlarini hisoblash uchun krivoship-shatunli mexanizmga ta'sir qiluvchi barcha kuchlarni bilish talab qilinadi. Bu kuchlar quyidagilardan iborat:

– gazlarning bosim kuchi;

– harakatlanuvchi mexanizmlar massalarining inersiya kuchi;

– ishqalanish kuchi.

Inersiya kuchlari krivoship-shatunli mexanizmning harakatlanuvchi massalariga qarab ikki turga bo'linadi; Ilgarilama-qaytma harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchlari (j indeksli). Aylanma harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchlari (R indeksli).

12.1. KRIVOSHIP-SHATUNLI MEXANIZMNING MASSALARINI KELTIRISH

1. Shatun massasini keltirish. Porshenli dvigatelning shatuni murakkab harakat qiladi. Hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida shatunning massasi ikki shartli massa bilan almashtiriladi.

Ulardan biri m_1 (12.1-*a* rasm) shatunning yuqori kallagi (porshen barmog'i) o'qida, ikkinchi m_2 massa esa shatunning pastki kallagi (krivoship) o'qida joylashtiriladi. Buning uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

a) ikki massaning yig'indisi shatun massasiga teng bo'lishi, ya'ni $m_{sh} = m_1 + m_2$;

b) massalarning shatun o'qi bo'yicha olingan inersiya momentlarining yig'indisi shatunning inersiya momenti I_{sh} ga teng bo'lishi, ya'ni $I_{sh} = m_1 l_1^2 + m_2 (l - l_1)^2$. Odatda, shatun sterjenining massasi uning og'irlik markazida joylashadi va

nisbatan kichik bo‘lganligi uchun hisobga olinmaydi. Statistik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, hozirgi zamon tezyurar avtomobil dvigatellari uchun shatun massalarini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$m_1 = (0,2-0,3)m_{sh}; \quad m_2 = (0,7-0,8)m_{sh}; \quad l_1 = (0,7-0,8)l\ .$$

2. Aylanma harakat qiluvchi massalarni keltirish. Aylanma harakat qiluvchi massalarga shatunning pastki kallagiga joylashgan massa m_2 va krivoship massasi m_k kiradi. Massalarni keltirishning asosiy shartlaridan biri muvozanatlashmagan haqiqiy massalarning markazdan qochma inersiya kuchlari keltirilgan massalarning inersiya kuchlariga teng bo‘lishidir.

Krivoshipning muvozanatlashmagan qismlarining massasi shatun bo‘ynining o‘qiga keltiriladi. Shatun bo‘yni va uning atrofidagi jag‘larning massasi bir o‘qda joylashgan deb qabul qilinadi va ularning og‘irlik markazi tirsakli val o‘qidan R masofada joylashganligi uchun ularni keltirish talab qilinmaydi. Jag‘ning o‘rta qismi (avsb kontur) ning og‘irlik markazi ρ radiusga ega va u R radiusga keltiriladi, ya’ni

$$m_j = \rho\omega^2 = m_{jr} \cdot R\omega^2\ ,$$

bu yerda: $m_{jr} = m_j \cdot \dfrac{\rho}{R}$.

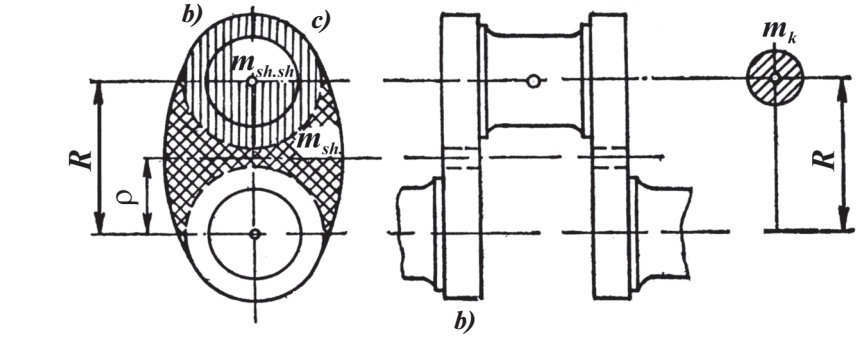
Buning uchun, odatda m_{sh} ma’lum bo‘lishi kerak.

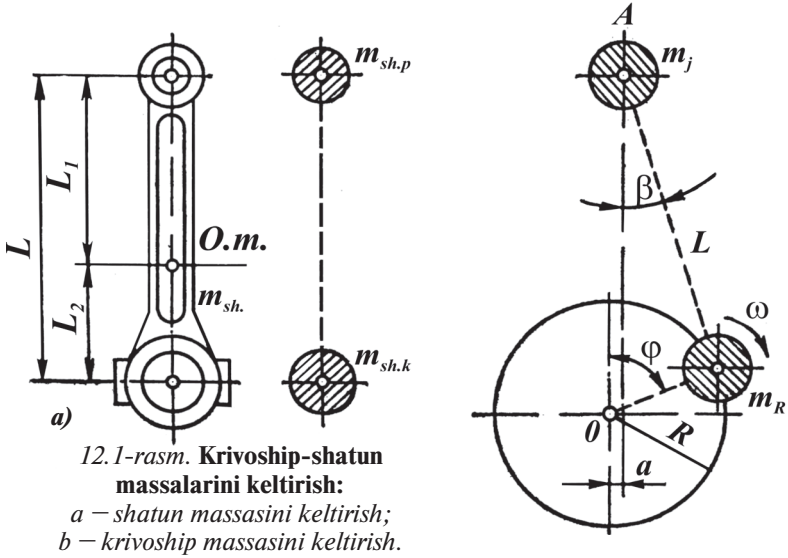
Bu qiymatlar 12.1-jadval yordamida topiladi.

Karburatorli dvigatellar *12.1-jadval*

T/r	Dvigatellar-ning markasi	Silindr diametri, mm da, D	Porshenlar guruhining og‘irligi, kg da G_p	Shatun bosh kallagining og‘ir-ligi, kg da G_{sh}
1.	M3MA-400	67,5	0,331	0,17
2.	M3MA-407	76	0,441	0,23
3.	M3MA-408	76	0,441	0,23
4.	M3MA-412	76	0,441	0,23
5.	MeM3-965	66	0,287	0,125
6.	M-20	82	0,627	0,273
7.	M-21	92	0,722	0,277
8.	M-24	92	0,722	0,230

9.	ГАЗ-12	82	0,627	0,273
10.	ГА-13	100	0,908	0,341
11.	ЗИЛ-110	90	0,786	0,452
12.	ЗИЛ-111	100	1,034	0,285
13.	ЗИЛ-120	101,6	1,160	0,410
14.	ЗИЛ-130	100	1,187	0,353
15.	ЗИЛ-375	108	1,307	0,353
16.	ГАЗ-51	82	0,627	0,273
17.	ГАЗ-66	92	0,822	0,270
18.	ГАЗ-53	92	0,675	0,255
19.	ГАЗ-41	100	0,908	0,341
20.	УРАЛ-5М	101,6	0,216	0,415





12.1-rasm. **Krivoship-shatun massalarini keltirish:**
a – shatun massasini keltirish;
b – krivoship massasini keltirish.

Dizel dvigatellar

T/r	Dvigatellar-ning markasi	Silindr diametri, mm da, D	Porshenlar guruhining og'irligi, kg da G_p	Shatun bosh kallagining og'irligi, kg da G_{sh}
1.	Д-16	95	1,338	0,447
2.	Д-20	125	3,732	1,632
3.	Д-30	95	1,335	0,447
4.	Д-37 М(Е)	105	1,407	0,598
5.	Д-35	100	1,956	0,987
6.	Д-48	105	2,700	–
7.	Д-54	125	5,362	1,630
8.	Д-75	125	5,362	1,630
9.	СМД-7	115	3,20	0,92
10.	СМД-14	120	3,83	1,00
11.	КМД-46	145	5,931	2,600
12.	6КМД-50	145	5,931	2,600
13.	А-01М	130	4,047	1,18
14.	А-41	130	4,047	1,07
15.	ЯМЗ-238	130	4,120	1,00
16.	ЯМЗ-236	130	4,120	1,00
17.	КамАЗ-740	120	3,35	0,945

Krivoshipning barcha massalarini keltirish:

$$m_к = m_{sh.b} + 2m_{jr} = m_{sh.b} + 2m_j \cdot \frac{\rho}{R}.$$

bunda: $m_{sh.b}$ – shatun bo'ynining massasi. Demak, aylanma harakat qiluvchi massalar quyidagicha aniqlanadi:

$$m_r = m_к + m_2 .$$

V-simon dvigatellarda $m_г = m_к + 2m_2$ bo'ladi.

Tirsakli valda posangilar mavjudligi uchun ularning massasini ham shatun bo'ynining o'qiga keltirish lozim. Odatda, posangilar massasi krivoship massasiga mos tanlanadi va uni muvozanatlaydi.

3. Borib-kelib harakatlanuvchi qismlar massasi. Krivoship-shatunli mexanizmning ilgarilama-qaytma harakatlanuvchi

qismlarining massasi porshen barmog‘ining markaziga qo‘yilgan bo‘lib, u porshen komplektining massasi va shatun massasining porshen barmog‘i o‘qiga keltirilgan qismi yig‘indisidan iborat, ya’ni:

$$m_j = m_{p.к} + m_1 .$$

Porshen komplekti massasi porshenning, porshen halqalarining, porshen barmog‘i va stopor halqalarning massasini o‘z ichiga oladi. Dvigatelni dinamik hisoblash vaqtida mpk, msh va mk massalar loyihalanayotgan dvigatelga mos keladigan mavjud hozirgi zamon dvigatelining massalariga o‘zaro teng deb qabul qilinadi. Odatda, porshen komplekti, shatun va krivoshiplarning og‘irligi beriladi. Ushbu ma’lumotlar 12.1-jadvalda keltirilgan.

12.2. KRIVOSHIP-SHATUNLI MEXANIZMDA TA’SIR ETUVCHI KUCHLAR

1. Borib-kelib harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchlari $\omega = const$ hol uchun quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P_j = -m_j \cdot j_p = -mR \cdot \omega^2 (\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi).$$

Bu kuch ikki (birinchi va ikkinchi darajali) kuchning yig‘indisi sifatida aks ettirilishi mumkin:

$$P_j = P_j^{'} + P_j^{''};$$

$$P_j^{'} = C \cdot \cos \ \varphi;$$

$$P_j^{''} = \lambda \cdot C \cdot \cos \ \varphi,$$

bunda $C = -m_j R \cdot \omega^2$. Bu inersiya kuchlari silindrning o‘qi bo‘ylab ta’sir qiladi va uning grafigi porshenning tezlanish grafigining aksi (faqat boshqa masshtabda) sifatida tasvirlanadi. Yo‘nalishiga qarab musbat va manfiy bo‘lishi mumkin. 12.2-*b* rasmda bu inersiya kuchlarining tirsakli valning burilish burchagiga bog‘liqlik grafigi keltirilgan.

2. Aylanma harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchlari har doim krivoshipning radiusi bo‘ylab ta’sir etib, qiymati o‘zgarmas bo‘ladi. Ular shatun bo‘yni markaziga qo‘yilgan bo‘lib, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P_{к} = -m_r \cdot R \cdot \omega^2 = const \cdot$$

Inersiya kuchi P_r krivoship bilan birga aylanadi va muvozanatlanmaganligi uchun val podshipniklari va karter orqali dvigatel o‘rindiqlariga ta’sir etadi.

3. Gazlarning bosim kuchi dvigatelning indikator diagrammasidan olinadi. Buning uchun dvigatelning issiqlik hisobi bajarilgan bo‘lishi va $p-\varphi$ va $p-V$ koordinatalar tizimiga mos ravishda indikator diagrammasi, ya’ni uning yoyilmasi qurilgan (chizilgan) bo‘lishi kerak (12.2-rasm, *b*). Porshenga ta’sir qiluvchi gazlarning bosimi p_g va porshen yuzi F_p ma’lum bo‘lsa, gazlarning bosim kuchi quyidagicha hisoblanadi:

$$P_g = (p_g - p_o) \cdot F_p,$$

bu yerda p_o — atmosfera bosimi.

4. Yig‘indi kuchlar. Yuqorida keltirilgan kuchlar P_g, P_j shuni ko‘rsatadiki, ular silindr o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi, lekin ishoralari har xil bo‘lishi mumkin.

Shu sababdan porshenga ta’sir qiluvchi yig‘indi kuchlar hosil bo‘ladi, ya’ni $\overline{P_\Sigma} = \overline{P_g} + \overline{P_j}$. 12.2-*b* rasmda $\overline{P_\Sigma}$ kuchning tirsakli valning burilish burchagi φ ga qarab o‘zgarish grafigi tasvirlangan. Bu kuch porshen barmog‘iga (*A* nuqta) ta’sir qiladi deb qabul qilingan.

U shatun o‘qi (S_Σ kuchi) va barmoq bo‘ylab gilzaga ta’sir qiladi (N_Σ kuchi) gan kuchlarga ajratiladi (12.3-rasm):

$$N_\Sigma = P_\Sigma \cdot tg; \qquad S_\Sigma = P_\Sigma \cdot \frac{1}{\cos\beta}.$$

S_Σ kuchni shatun bo‘yni markaziga ko‘chirib $(S'_\Sigma = S_\Sigma)$, uni tashkil qiluvchilarga ajratamiz.

Krivoshipning radiusi bo‘ylab yo‘nalgan normal kuch:

$$K_\Sigma = S_\Sigma cos(\varphi + \beta) = P_\Sigma \cdot \frac{cos(\varphi + \beta)}{\cos\beta};$$

krivoshipning radiusiga urinma bo‘lgan tangensial kuch:

$$T_\Sigma = S_\Sigma \sin(\varphi + \beta) = P_\Sigma \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos\beta}.$$

12.2-12.3 va 12.4-jadvallarda $tg\beta$; $\frac{\sin\ (\varphi+\beta)}{\cos\beta}$ va $\frac{\cos\ (\varphi+\beta)}{\cos\beta}$ trigonometrik funksiyalarning qiymati har xil λ lar φ uchun burchakning barcha qiymatlarida keltirilgan. N_Σ, T_Σ va K_Σ kuchlarning tirsakli valning burilish burchagi φ ga bog‘liqlik grafigi 12.2-*a*, *b*, *d, e* rasmlarda keltirilgan.

Normal kuch K_Σ ni uning ta’sir chizig‘i bo‘ylab val o‘qiga (O nuqta) ko‘chiramiz va K_Σ deb belgilaymiz $(K_\Sigma^{'} = K_\Sigma)$.

Tangensial kuch T_Σ ni ham val o‘qiga ko‘chiramiz $(T_\Sigma = T_\Sigma^{'} = T_\Sigma^{''})$.

Natijada krivoshipga ta’sir qiluvchi bir-biriga qarama-qarshi yo‘nalgan kuchlar jufti $(T_\Sigma$ *ва* $T_\Sigma^{'})$ hosil bo‘ladi va ular *R* yelkada moment hosil qiladi.

Bu moment tirsakli valni harakatga keltiradi va quyidagicha hisoblanadi:

$$M_{bur} = T_\Sigma \cdot R = P_\Sigma \cdot R\frac{\sin(\varphi+\beta)}{\cos\beta}.$$

$K_\Sigma^{'}$ va $T_\Sigma^{''}$ kuchlar qo‘shilib $S_\Sigma^{''}$ kuchini hosil qiladi.

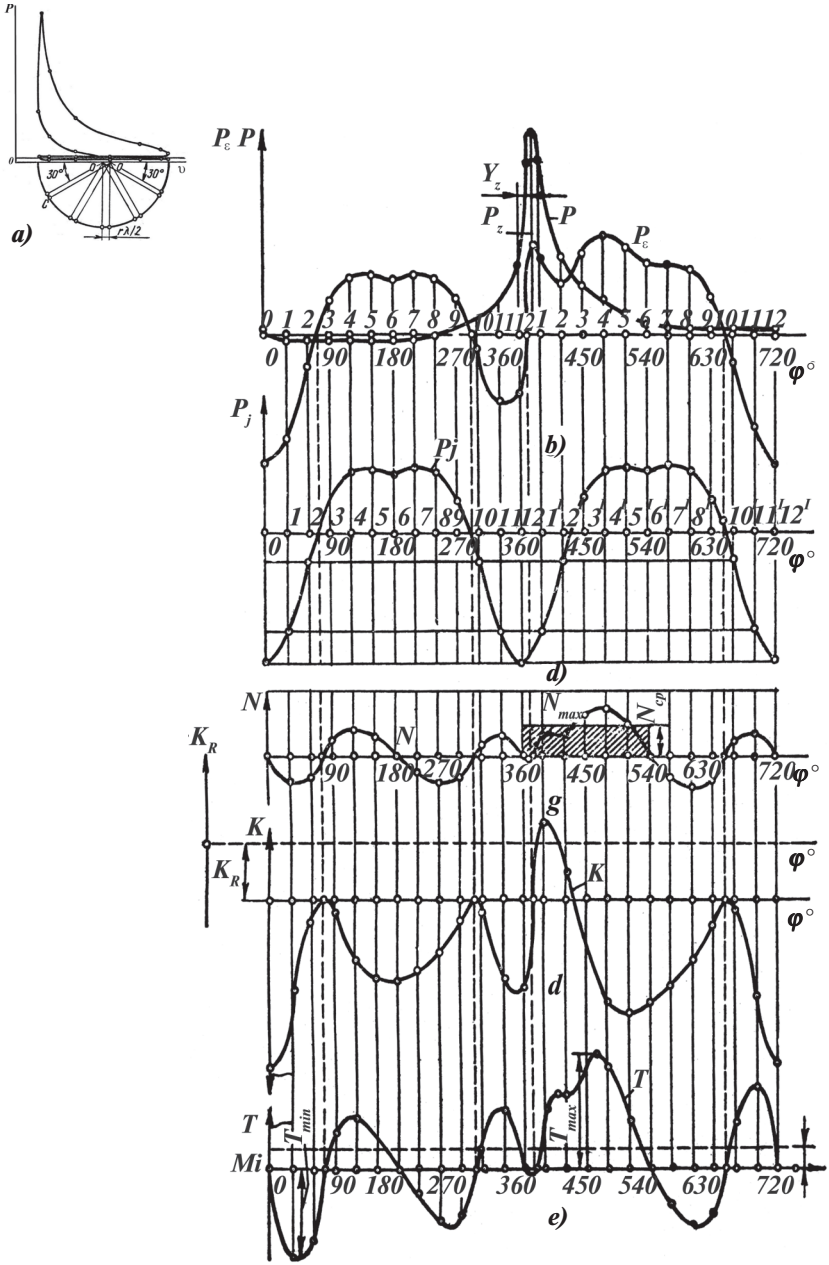
Bu kuch shatun o‘qi bo‘ylab ta’sir qilayotgan kuchga tengdir $(S_\Sigma^{'} = S_\Sigma)$ va u valning o‘zak podshipniklariga ta’sir qiladi (12.3-*a* rasm).

O‘z navbatida $S_\Sigma^{''}$ kuchi tashkil qiluvchilar $N_\Sigma^{'}$ (silindr o‘qiga tik) va $P_\Sigma^{'}$ (silindr o‘qi bo‘ylab) larga ajratiladi.

N_Σ va $N_\Sigma^{'}$ kuchlar *h* yelkada moment hosil qiladi.

Bu moment to‘ntaruvchi moment deb ataladi va qiymati jihatidan burovchi momentga teng bo‘lib, unga qarama-qarshi tomonga yo‘nalgandir.

$M_{to'n} = -M_{bur}$ ekanligi quyidagicha isbotlanadi.



12.2-rasm. **Indikator diagrammani *p—V* koordinatadan *p—φ* koordinataga o‘tkazish va krivoship-shatunli mexanizmga ta’sir etuvchi umumiy kuchlarning sxemasi va grafigi**

12.2-jadval

Ichki yonuv dvigatellarida λ va φ ning o‘zgarishiga mos tgβ qiymatning o‘zgarishi

$\varphi_{t^\circ.v.b}$ / λ	**Ishorasi**	$\frac{1}{3,2}$	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{3,6}$	$\frac{1}{3,8}$	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{1}{4,2}$	**Ishorasi**	$\lambda / \varphi_{t.v.b}^{\circ}$
0	+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	+	360
10	+	0,0545	0,511	0,0483	004570	0,0435	0,413	–	350
30	+	0,1581	0,1487	0,1327	0,1260	0,1198	0,1198	–	330
60	+	0,2811	0,2634	0,2473	0,2341	0,2218	0,2107	–	300
80	+	0,3233	0,3025	0,2844	0,2683	0,2540	0,2413	–	280
90	+	0,3291	0,3077	0,2891	0,2728	0,2582	0,2453	–	270
100	+	0,3233	0,3026	0,2844	0,2683	0,2540	0,2413	–	260
120	+	0,2811	0,2634	0,2478	0,2341	0,2218	0,2107	–	240
150	+	0,1581	0,1483	0,1403	0,1327	0,1260	0,1198	–	210
170	+	0,1545	0,0511	0,0483	0,0450	0,0435	0,0413	–	190
180	+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	–	180

12.3-jadval

Ichki yonuv dvigatellarida λ va φ ning o‘zgarishiga mos $\frac{\sin\ (\varphi+\beta)}{\cos\beta}$ qiymatning o‘zgarishi

$\varphi_{t^\circ.v.b}$ / λ	**Ishorasi**	$\frac{1}{3,2}$	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{3,6}$	$\frac{1}{3,8}$	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{1}{4,2}$	**Ishorasi**	$\lambda / \varphi^\circ_{t.v.b}$
0	+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–	360
10	+	0,227	0,224	0,221	0,219	0,216	0,214	–	350
30	+	0,637	0,629	0,622	0,615	0,609	0,604	–	330
60	+	0,007	0,998	0,990	0,983	0,977	0,971	–	300
80	+	1,041	1,037	1,034	1,031	0,029	1,027	–	280
90	+	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	–	270
100	+	0,929	0,932	0,935	0,938	0,941	0,943	–	260
120	+	0,725	0,734	0,742	0,749	0,755	0,761	–	240
150	+	0,363	0,371	0,379	0,385	0,391	0,391	–	210
170	+	0,120	0,123	0,126	0,129	0,131	0,133	–	190
180	+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–	180

12.4-jadval

Ichki yonuv dvigatellarida λ va φ ning o‘zgarishiga mos $\frac{\cos(\varphi+\beta)}{\cos\beta}$ qiymatning o‘zgarishi

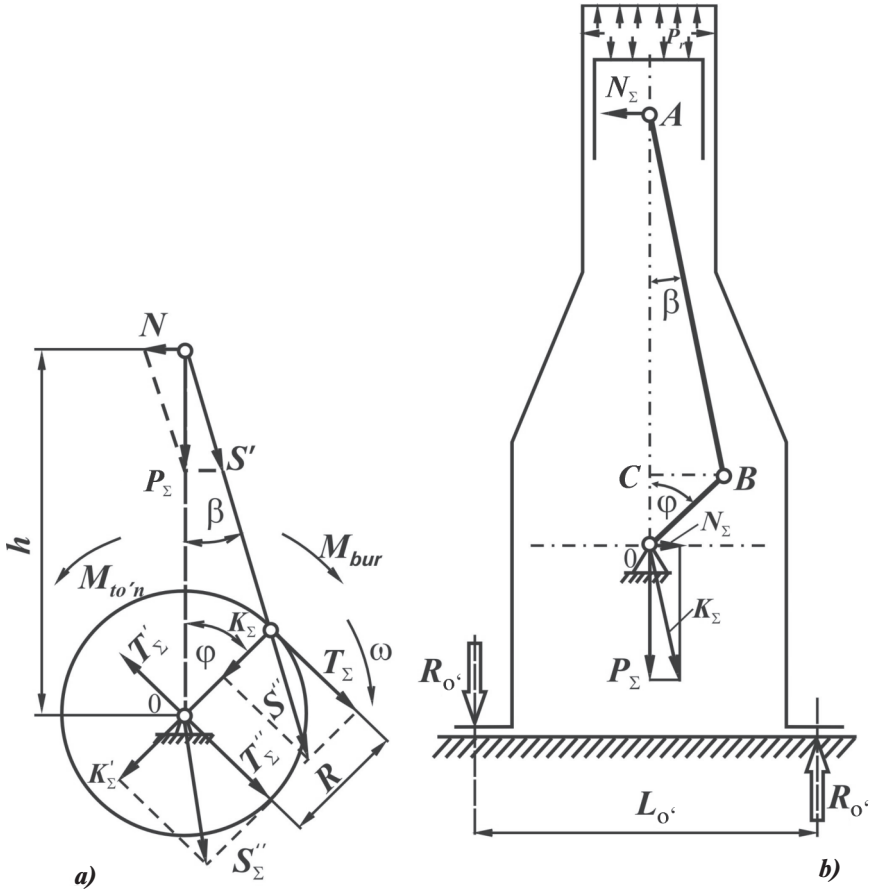
$\varphi_{t^\circ.v.b}$ / λ	**Ishorasi**	$\frac{1}{3,2}$	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{3,6}$	$\frac{1}{3,8}$	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{1}{4,2}$	**Ishorasi**	$\lambda / \varphi^\circ_{t.v.b}$
0	+	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	+	360
10	+	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,978	–	350
30	+	0,787	0,792	0,796	0,8000	0,803	0,806	–	330
60	+	0,257	0,272	0,285	0,297	0,307	0,317	–	300
80	+	0,145	0,124	0,106	0,091	0,091	0,076	–	280
90	–	0,329	0,308	0,289	0,273	0,258	0,245	–	270
100	–	0,492	0,472	0,454	0,438	0,424	0,411	–	260
120	–	0,743	0,728	0,715	0,703	0,692	0,682	–	240
150	–	0,945	0,940	0,936	0,932	0,929	0,926	–	210
170	–	0,994	0,994	0,993	0,993	0,991	0,992	–	190
180	–	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	–	180

12.3-rasmga binoan:

$$M_{to'n} = -N_{\Sigma} h = -P_{\Sigma} tg\beta \quad h = -P_{\Sigma} tg\beta \frac{\sin(\varphi+\beta)}{\sin\beta} =$$

$$= -P_{\Sigma} \frac{\sin(\varphi+\beta)}{\cos\beta} \cdot R = -T_{\Sigma} \cdot R = -M_{bur}.$$

Burovchi moment avtomobil transmissiyasi orqali g‘ildiraklarga, to‘ntaruvchi moment esa krivoship mexanizmining



12.3-rasm. ***a*** **— Krivoship-shatunli mexanizmga ta’sir etuvchi kuch va momentlarning umumiy sxemasi;**
b **— reaktiv momentni aniqlash uchun sxema**

harakatlanmaydigan qismlari orqali dvigatel o‘rindiqlariga ta’sir etadi va reaktiv moment $R_{o'}$ orqali muvozanatlanadi. Bu moment dvigatelning o‘rindiqlari orasidagi masofa $L_{o'}$ ga bog‘liqdir, ya’ni (12.3-*b* rasm):

$$R_{o'} = \frac{M_{to'n}}{L_{o'}} = -\frac{M_{bur}}{L_{o'}}.$$

12.3-rasmda *k* o‘rsatilgan barcha kuchlar va momentlarning yo‘nalishi musbat deb qabul qilinadi. N_Σ, K_Σ va T_Σ kuchlarining qiymati φ ning ma’lum qiymatlari uchun aniqlanadi va egri chiziq orqali birlashtirib chiqiladi, natijada bu kuchlarning tirsakli valning burilish burchagi orqali ifodalangan grafigi hosil bo‘ladi.

Tangensial kuchlarning grafigi bir vaqtning o‘zida bir silindrli dvigatelning yoki bir silindrning burovchi momentini, faqat boshqa masshtabda ko‘rsatadi, chunki $M_{bur} = T_\Sigma \cdot R$.

Bundan keyin tirsakli valning shatun va tub podshipniklariga ta’sir qiluvchi kuchlar aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. *K-Sh-M dinamikasi nima?*
2. *K-Sh-M massalarini keltirish nima?*
3. *K-Sh-M da ta’sir etuvchi kuchlar nima?*
4. *P-φ koordinatasida indikator diagramma qanday?*
5. *P-φ koordinatasida inersiya kuchlarini ayting.*
6. *P-φ koordinatasida normal kuchlar nima?*
7. *P-φ koordinatasida tandensial kuchlar nima?*
8. *P-φ koordinatasida krivoship radiusi bo‘ylab yo‘nalgan normal kuchni ayting.*
9. *K-Sh-M da ta’sir etuvchi kuch va momentlarning umumiy sxemasini tushuntiring.*

XIII bob. DVIGATELLARNI MUVOZANATLASH VA ULARNING RAVON ISHLASHINI TA'MINLASH

Dvigatelning turg'unlashgan rejimda ishlash davrida uning tayanchlariga qiymati va yo'nalishi o'zgarmas kuchlar ta'sir qilsa, u holda dvigatel muvozanatlashgan deb hisoblanadi. Dvigatelga ichki va tashqi kuchlar ta'sir qiladi. Ular o'z navbatida muvozanatlangan va muvozanatlanmagan bo'lishi mumkin. Odatda, tashqi kuchlar e'tiborga olinmaydi. Ularga dvigatelning og'irligi, chiqariladigan gazlardan paydo bo'ladigan reaktiv kuchlar, tashqi mexanizmlarning harakatiga qarshilik qiluvchi kuchlarning momenti kiradi.

Ichki kuchlar esa borib-keladigan massalarning inersiya kuchlari P_j dan, aylanuvchi massalarning markazdan qochma kuchi K_R dan, burovchi va to'ntaruvchi (M_{bur}, $M_{to'n}$) momentlardan iboratdir. Bu kuchlar va momentlar dvigatel tirsakli valining burilish burchagi bo'ylab davriy o'zgarishi sababli dvigatelning muvozanatiga ta'sir qiladi.

Ko'p silindrli dvigatellarning ayrim silindrlarida muvozanatlashmagan P_j va K_R kuchlar birgalikda muvozanatlanmagan erkin inersiya kuchlari va momentlarini hosil qilishi mumkin. Ushbu kuchlar birgalikda erkin momentni hosil qilmasa va ularning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lsa, bunday kuchlar muvozanatlashgan deyiladi. Odatda, reaktiv (to'ntaruvchi) burovchi momentni muvozanatlab bo'lmaydi va u avtomobilning ramasiga uzatiladi.

Burovchi moment ham φ burchakka nisbatan o'zgarganligi sababli uning kam o'zgarishini ta'minlash maqsadida silindrlar soni ko'proq va ularda ish taktlarining kechishi ma'lum burchak oralig'ida tanlanadi.

Odatda, katta qiymatga ega bo'lgan kuch va momentlar muvozanatlashtiriladi. Bularga inersiya kuchlari (P_{iI}; P_{iII} va K_R) dan tashqari ulardan hosil bo'ladigan erkin momentlar kiradi (M_I; M_{II}; M_R).

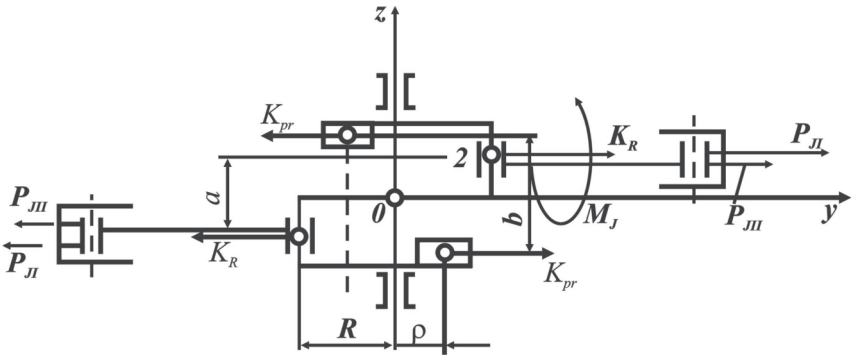
Quyida hozirgi zamon dvigatellarini muvozanatlash masalalarini ko‘rib chiqamiz.

13.1. SILINDRLARI BIR TEKISLIKDA JOYLASHGAN DVIGATELLARNI MUVOZANATLASH

Odatda, bunday dvigatellar ikki, uch, to‘rt va olti silindrli bo‘ladi. Silindrlari soni bir xil bo‘lsa-da, krivoshiplari orasidagi burchak farq qilishi mumkin.

Quyida dvigatellarning sxemalari va ularni muvozanatlash keltirilgan. Dvigatel to‘la muvozanatlanishi uchun birinchi va ikkinchi darajali inersiya kuchlari va ularning momentlari, markazdan qochma kuchlarning momenti nolga teng bo‘lishi kerak.

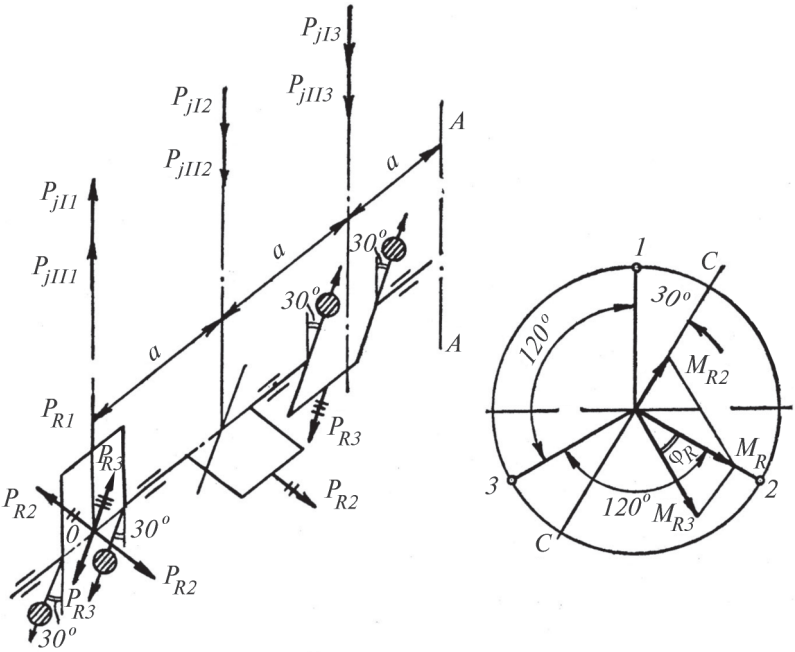
13.1-jadvalni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, ushbu dvigatellarda ayrim kuch va momentlar muvozanatlanmay qolar ekan. Lekin ularning yo‘nalishini (ta’sir tekisligini) qo‘shimcha posangilar yordamida o‘zgartirish mumkin.



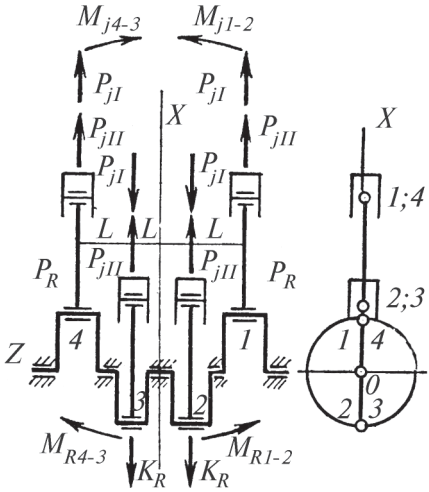
13.1-rasm. **Ikki silindrli dvigatellarni muvozanatlash**

13.1-jadval

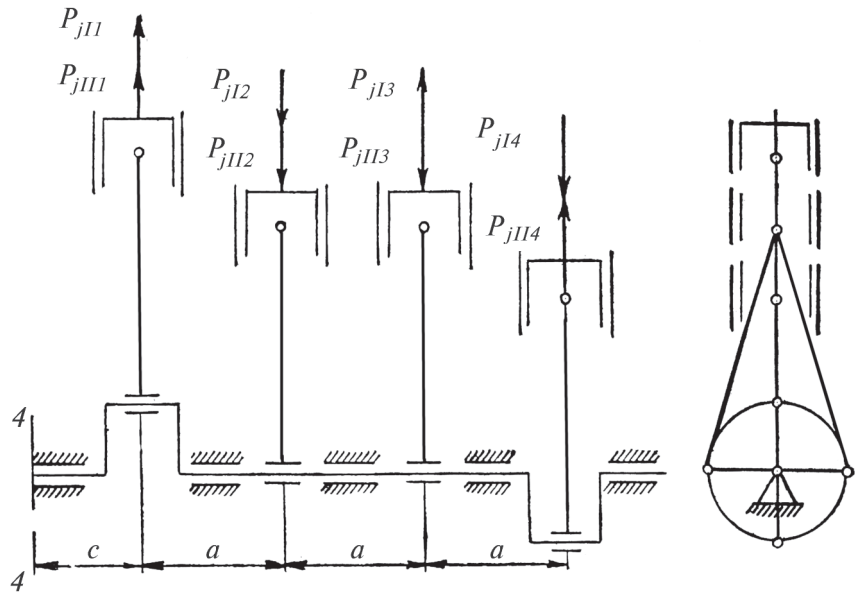
Silindrlar soni	Tirsakli val krivoshiplari orasidagi burchak	Krivoship-shatunli mexanizmga ta'sir qiluvchi inersiya kuchlari va momentlarining qiymati
2	180° 13.1-rasm	$\sum_{l=1}^{l=2} P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 2mR\omega^2\lambda\cos 2\varphi;\ \sum P_R = 0;$ $M_1 = mR\omega^2\cos\varphi\cdot\alpha;\quad M_{II} = 0;\quad M_R = m_R\cdot\omega^2 R\cdot в$
3	120° 13.2-rasm	$\sum_{l=1}^{l=3} P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\sum M_1 = m\cdot R\cdot\omega^2\cdot$ $\cdot\alpha\cdot(1,5\cos\varphi - 0,866\sin\varphi)$ $\sum M_{II} = mR\omega^2\alpha(1,5\cos\varphi + 0,866\sin\varphi);$ $\sum M_R = 1,732 P_R\cdot\alpha$
4	120° 13.3-rasm	$\sum_{l=1}^{l=4} P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 4mR\omega^2\lambda\cos 2\varphi;\ \sum P_R = 0;$ $\sum M_1 = 0;\ \sum M_{II} = 0;\ \sum M_R = 0$
4	90° 13.4-rasm	$\sum P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\ \sum M_1 = \alpha\cdot$ $mR\omega^2\cdot(3\cos\varphi - \sin\varphi);\sum M_{II} = 0;\ \sum M_R = \sqrt{10}\quad P_R\cdot\alpha\cdot$
6	120° 13.5-rasm	$\sum_{l=1}^{l=6} P_j = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\sum M_1 = 0;\ \sum M_{II} = 0;$ $\sum M_R = 0$
6	60° 13.6-rasm	$\sum P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\ \sum M_1 = \alpha\cdot mR\omega^2\cdot$ $\cdot(3\cos\varphi - \sin\varphi);\ \sum M_{II} = 0;\ \sum M_R = \sqrt{10}\quad P_R\cdot\alpha\cdot$



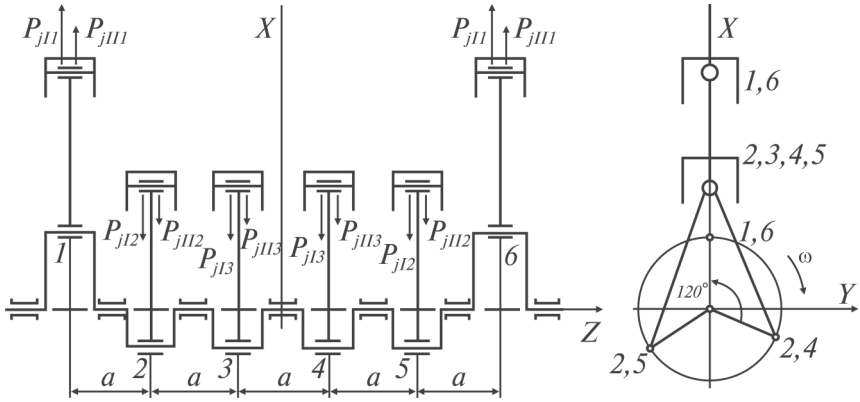
13.2-rasm. **Uch silindrli dvigatelni muvozanatlash**



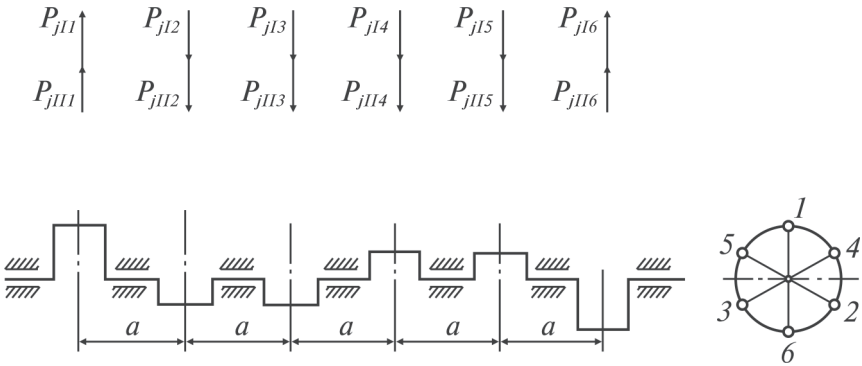
13.3-rasm. **T o‘rt silindrli dvigatelni muvozanatlash (tirsakli val krivoshiplari orasidagi burchak 180°)**



13.4-rasm. **To‘rt silindrli dvigatelni muvozanatlash (krivoshiplari orasidagi burchak 90°)**



13.5-rasm. **Olti silindrli dvigatelni muvozanatlash (krivoshiplari orasidagi burchak 120°)**



13.6-rasm. **Olti silindrli dvigatelni muvozanatlash (krivoshiplari orasidagi burchak 60°)**

13.2. SILINDRLARI V-SIMON JOYLASHGAN DVIGATELLARNI MUVOZANATLASH

Odatda, *V*-simon dvigatellarni muvozanatlashda ular ikkita bir qatorli dvigatellardan tashkil topgan, deb qaraladi. Agar qatorli dvigateldagi (silindrlar soni va tirsakli valning tuzilishi o‘xshash bo‘lsa) inersiya kuchlari muvozanatlashgan bo‘lsa, ikki qatorli (*V*-simon) dvigatelda ham shu tartibdagi inersiya kuchlari muvozanatlashgan bo‘ladi.

V-simon dvigatellarda muvozanatlashmagan kuchlarning qiymati har bir qatorning silindrlaridagi muvozanatlashmagan inersiya kuchlari vektorlarining geometrik yig‘indisi orqali aniqlanadi. Bu holda qatorlar orasidagi burchak hisobga olinishi zarur.

V-simon dvigatellar qatorlari orasidagi burchak 60° va 90° li qilib tayyorlanadi. Umumiy holda qatorlar orasidagi burchak γ deb qabul qilinadi va inersiya kuchlari quyidagicha hisoblanadi. Birinchi darajali inersiya kuchi:

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_i^I = \sqrt{P_{jIch}^2 + P_{jIo'}^2 + 2P_{jIch} \cdot P_{jIo'} \cdot \cos\gamma}\ .$$

Chap silindrning birinchi tartibli inersiya kuchi:

$$P_{jIch} = mR\omega^2 \cos\varphi\ ;$$

o‘ng silindrniki esa $P_{jIo'} = mR\omega^2 \cos\varphi(\gamma - \varphi)$ bo‘ladi.

Ikkinchi tartibli inersiya kuchi:

$$\sum_{j=1}^{j=2} P_j^{II} = \sqrt{P_{jIIch}^2 + P_{jIIo'} + 2P_{jIIch} \cdot P_{jIIo'} \cdot \cos\gamma},$$

bunda:

$$P_{jIIch} = m \cdot R \cdot \omega^2 \lambda \cos 2\varphi \text{ bo‘ladi.}$$

$$P_{jIIo'} = m \cdot R \cdot \omega^2 \lambda \cos 2(\gamma - \varphi) \text{ bo‘ladi.}$$

Markazdan qochma inersiya kuchi:

$$\sum P_R = m_R \cdot R \cdot \omega^2,$$

bunda:

$$m_R = m_{tirsak} + \frac{2}{3}(m_{sh.ch}. + m_{sh.o'}).$$

Inersiya kuchlarining momentlari esa muvozanatlashgandir, ya’ni

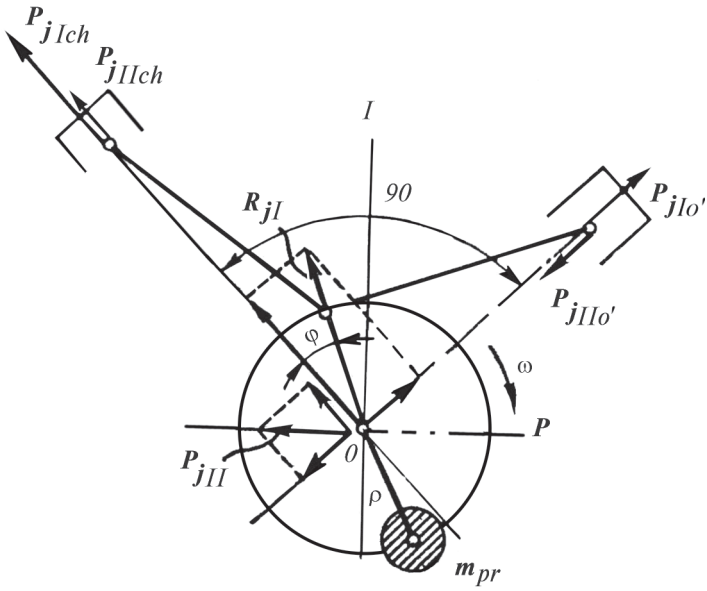
$$\sum M_1 = 0; \quad \sum M_2 = 0; \quad \sum M_R = 0.$$

Quyida ikki, to‘rt, olti va sakkiz silindrli V-simon dvigatellarda hosil bo‘ladigan inersiya kuchlari va momentlarining qiymatlari va muvozanatlanishi keltirilgan (13.2-jadval).

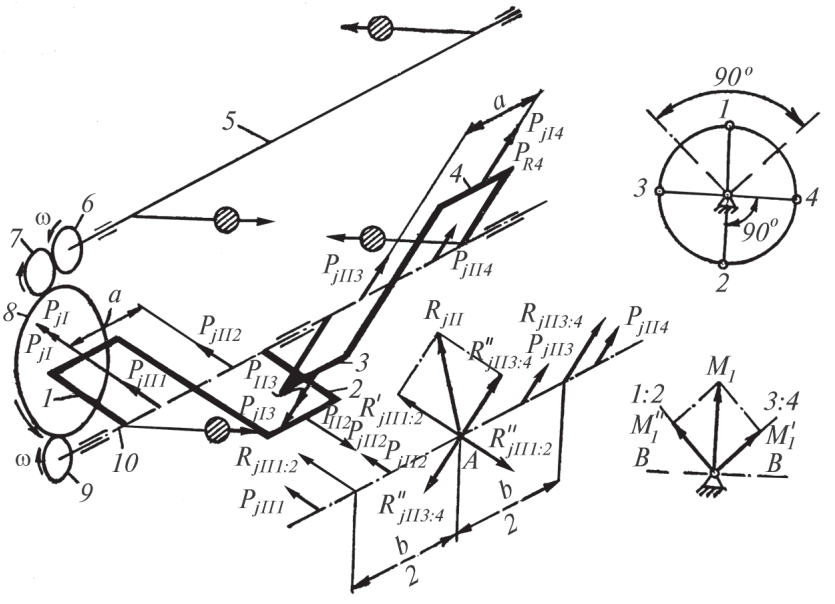
13.2-jadval

Silindrlar soni	**Tirsakli val krivoshiplari orasidagi burchak**	**Krivoship-shatunli mexanizmga ta’sir qiluvchi inersiya kuchlari va momentlarining qiymati**
2	90° 13.7-rasm	$\sum P_j^I = m_j R\omega^2$; $\sum P_j^{II} = \sqrt{2}m$; $R\omega^2\lambda\cos 2\varphi$; $\sum P_R = m_R \cdot R \cdot \omega^2$; $\sum M_1 = 0$; $\sum M_{II} = 0$; $\sum M_R = 0$;
4	90° 13.8-rasm	$\sum P_j^I = 0$; $\sum P_j^{II} = 2\sqrt{2}m_j\ R\omega^2 \cos 2\varphi$; $\sum P_R = 0$; $\sum M_1 = \sqrt{2}m_i R\omega^2 \cdot \cos\varphi \cdot \alpha$; $\sum M_{II} = \sqrt{2}m_j R\omega^2 b\lambda \cos 2\varphi$; $\sum M_R = \sqrt{2}m_R \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \alpha$

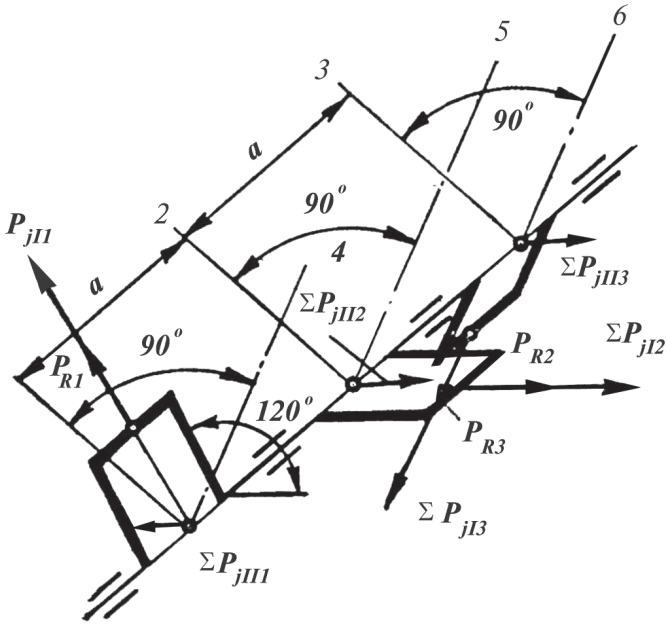
6	90° Krivoship-lar orasidagi burchak 120° 13.9-rasm	$\sum P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\ \sum M_1 = 1,732 m_j \cdot$ $\cdot R\omega^2 \cdot \alpha; \sum M_{II} = \sqrt{2} m_j \cdot R\omega^2 \lambda \cdot \alpha (1,5\cos 2\varphi + 0,866 \sin 2\varphi)$ $\sum M_R = 1,732 \cdot m_R \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \alpha$
6	60° Krivoship-lar orasidagi burchak 60° 13.10-rasm	$\sum P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0; \sum M_1 = 1,5 m_j R\ \ \omega^2 \alpha;$ $\sum M_{II} = 1,5 m_j\ \ R\ \ \omega^2 \alpha \cdot \lambda;$ $\sum M_R = m_R \cdot R\omega^2 (2a + b) + 1,732 m_R R\omega^2 (a + b)$
8	90° 13.11-rasm	$\sum P_j^I = 0;\ \sum P_j^{II} = 0;\ \sum P_R = 0;\ \sum M_1 = \sqrt{10} m \cdot R\ \ \omega^2 \alpha;$ $\sum M_{II} = 0;\ \ \sum M_R = \sqrt{10} m_R \cdot R\omega^2 \alpha$



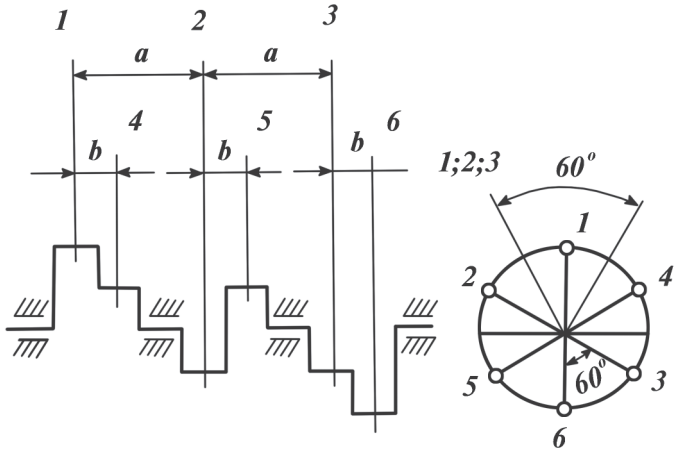
13.7-rasm. **Ikki silindrli *V*-simon (γ=90°) dvigatelni muvozanatlash**



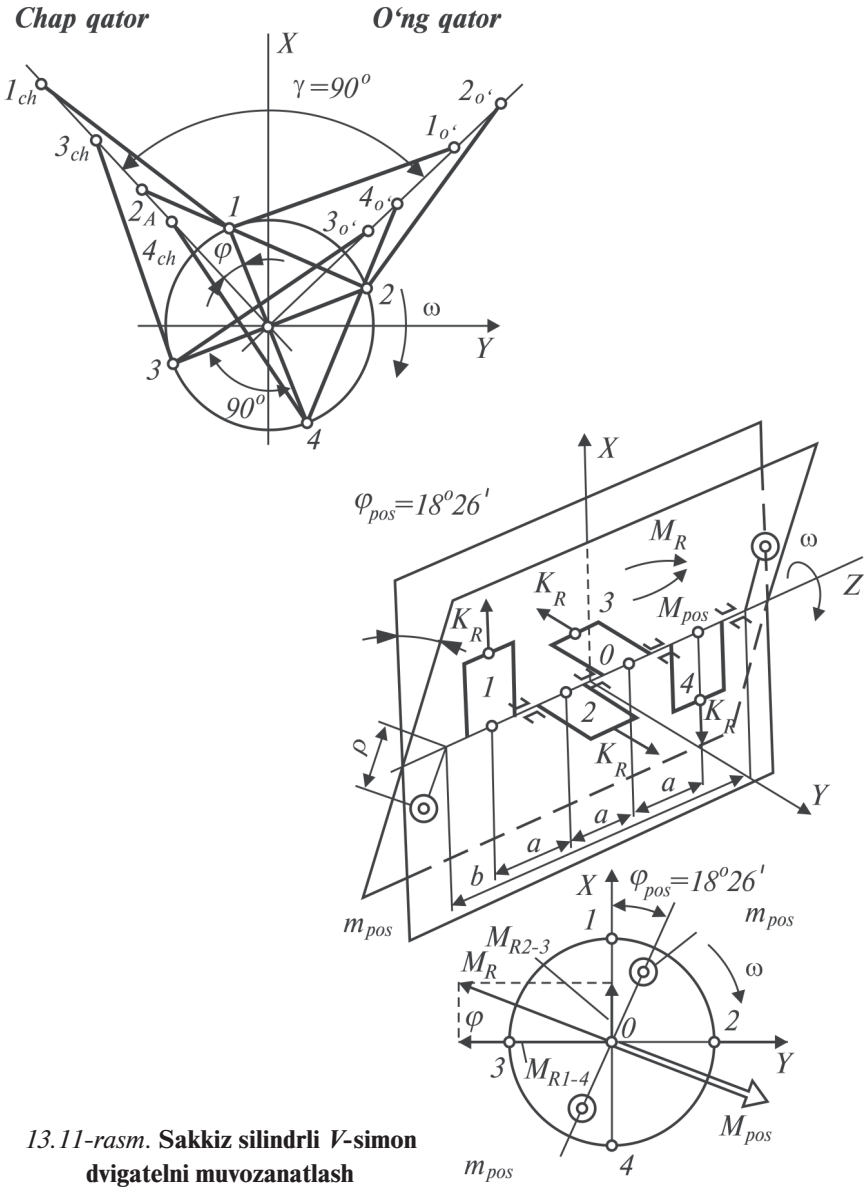
13.8-rasm. **To‘rt silindrli *V*-simon dvigatelni muvozanatlash**



13.9-rasm. **Olti silindrli *V*-simon dvigatelni muvozanatlash (krivoshiplari orasidagi burchak 120°)**



13.10-rasm. **Olti silindrli *V*-simon dvigatelni muvozanatlash (krivoshiplari orasidagi burchak 60°)**



13.11-rasm. **Sakkiz silindrli *V*-simon dvigatelni muvozanatlash**

Nazorat savollari

1. Dvigatellarni muvozanatlash nima?

2. Silindrlari bir tekslikda joylashgan dvigatellarni muvozanatlashni ayting.

3. 5-simon dvigatellarni muvozanatlash nima?