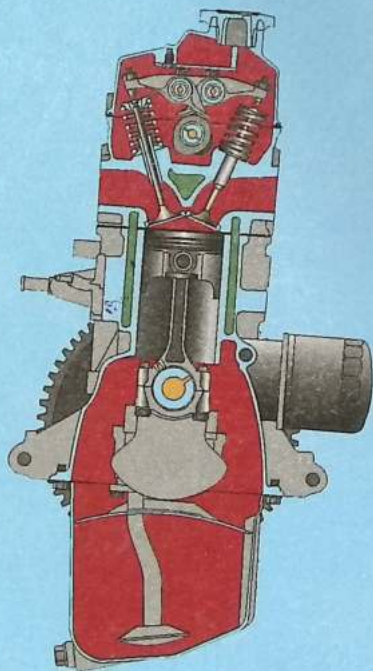


S.M.QODIROV
M.M.LORIFJONOV

AVTOTRAKTOR DVIGATELLARI ASOSLARI





S.M. QODIROV
M.M. ORIFJONOV

AVTOTRAKTOR DVIGATELLARI ASOSLARI

Professor J. Qulmuhamedov tahriri ostida

*Texnik kasb-hunar kollejlarining 3520570-avtomobilsozlik;
3840020-avtomobillarga texnik xizmat ko'rsatish va
ta'mirlash yo'nalishi talabalari uchun*

«Zarqalam»
Toshkent — 2007

621.3

Q 53

Ushbu darslikda texnik termodinamika asoslari, avtotraktorlarning ichki yonuv dvigatellarida sodir bo'ladigan ish jarayonlarining nazariyasi hamda dvigatelning ish sikli, quvvati va tejamliligiga ta'sir qiluvchi omillarning taxlili berilgan.

Kitobda dvigatellarning xarakteristikallari, uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonilg'i bilan havoni aralashtirish jarayoni asoslari va dizellarda yonilg'i berish apparatlarining ishlashi hamda aralashma hosil qilish jarayonlari to'g'risida ma'lumotlar berilgan.

Dvigatellarni sinash usullari va bu maqsadda qo'llaniladigan asboblarning to'g'risida qisqacha ma'lumotlar keltirilgan.

Darslik nafaqat "Transport vositalarini ishlatish va ta'mirlash" va "Avtomobilsozlik" balki, "Qishloq xo'jalik mashinalarini ishlatish va ta'mirlash" ixtisosligi talabalariga ham mo'ljallangan.

Taqrizchilar: professor M.Toshpo'latov
dotsent D. Hoshimov

SamQXI Axborot

Inv No 365977

KIRISH

DVIGATELLAR RIVOJLANISHINING QISQACHA TARIXI

Avtomobil va traktorlar, yo'l qurish mashinalari hamda ko'pgina transport vositalarida asosan porshenli ichki yonuv dvigatellari ishlatiladi. Bunday dvigatellarning boshqa issiqlik dvigatellaridan farqi shundaki, havo bilan yonilg'i aralashmasining yonish jarayoni va issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishi silindr ichida sodir bo'ladi.

Ichki yonuv dvigatellari o'zining ixchamligi, yonilg'ini kam sarflashi, ishga chidamliligi hamda suyuq va gaz holdagi yonilg'ilarni ishlatish mumkinligi kabi afzalliklari tufayli XIX asrning ikkinchi yarmi boshlaridayoq bug' mashinalarining o'rniga ishlatila boshladi.

Gaz bilan ishlaydigan dastlabki ichki yonuv dvigatellari Ye. Lenuar (1860-y., Fransiya), N. Otto va Ye. Langenning (1867-y. Germaniya) ikki taktli dvigatellari va N. Ottoning (1876-y.) to'rt taktli aralashmani oldindan siqish dvigatelidan iborat edi.

XIX asrning oxiriga kelib sanoatda neftni qayta ishlash katta yo'lga qo'yilishi natijasida ish aralashmasi uchqun bilan yondiriladigan karbyuratorli dvigatellar va havoni siqishdan o't oladigan dvigatellar - dizellar yaratildi hamda ishlab chiqarila boshlandi.

Rossiyada uchqun bilan yondiriladigan birinchi ichki yonuv dvigateli 1889-yilda injener I.S. Kostovichning loyihasi bilan qurildi. 1899-yilda Peterburgdagi E. Nobel zavodida (hozirgi "Russkiy dizel" zavodida) havoning siqilishidan o't oladigan tejimli dvigatelning sanoat nusxasi ishlab chiqildi. Bu dvigatel nemis injeneri R. Dizel (1897-y) tomonidan yasalgan, kerosin bilan ishlaydigan dvigateldan farqli o'laroq, qayta ishlanmagan tabiiy neft va uning tarkibiy qismlari bilan ishlay olar edi. Dizel deb atalgan bu dvigatel qisqa vaqt ichida takomillashtirildi va statsionar energetik uskunalarda, kemalarda ko'plab ishlatila boshladi. Hozirgi paytda dizellar teplovoz, traktor, yo'l qurish mashinalari, o'rta hamda og'ir yuk avtomobillarida xatto yengil avtomobillarda ham ishlatilmoqda.

Karbyuratorli dvigatellar avtomobil transportida ko'plab ishlatiladi. Ular barcha yengil avtomobillarga, yengil va o'rta yuk avtomobillariga o'rnatiladi.

Karbyuratorli dvigatellar va dizellar uzluksiz takomillashmoqda: tejimli va quvvat birligiga to'g'ri keladigan massasi oz puxta dvigatellar ishlab chiqarilmoqda.

Ichki yonuv dvigatellarining keng ko'lamda rivojlanyashi ularning jarayonlari nazariyasini tadqiq etishga va ishlab chiqishga ancha bog'liq. 1906-yili Moskva oliy texnika bilim yurtining professori V. I. Grinevetskiy

dvigatelni issiqlik jihatidan hisoblash usulini birinchi bo'lib yaratdi. Bu usul keyinchalik sobiq SSSR FA ning muxbir a'zosi N. R. Briling, prof. Ye. K. Mazing, akad. B. S. Stechkin va boshqalar tomonidan rivojlantirildi, to'ldirildi.

Avtomobil va traktorlarning energetik uskunalarining rivojlanishi shuni ko'rsatadiki, hozirgi vaqtda ichki yonuv dvigateli ularning asosiy kuch agregati bo'lib xizmat qilmoqda.

DVIGATELLAR KLASSIFIKATSIYASI

Ichki yonuv dvigatellarini har xil belgilariga qarab quyidagicha klassifikatsiyalash mumkin:

1. Vazifasiga ko'ra:

a) kichik va o'rta quvvatli elektr stansiyalarda, nasosli uskunalarni harakatlantirishda, qishloq xo'jaligida va hokazolarda ishlatiladigan statsionar (joyidan qo'zg'atmay ishlatiladigan) dvigatellar;

b) avtomobil, traktor, qayiq, lokomotiv va boshqa transport vositalariga o'rnatilgan transport dvigatellari.

2. Ishlatiladigan yonilg'ining turiga qarab:

a) yengil suyuq yonilg'i (benzin, benzol, kerosin, ligroin va spirt) bilan ishlaydigan;

b) og'ir suyuq yonilgi (mazut, solyar moyi, dizel yonilg'isi va gazoyl) bilan ishlaydigan;

v) gaz holatidagi yonilg'i (tabiiy, sun'iy va boshqa gazlar) bilan ishlaydigan;

g) aralash yonilg'i bilan ishlaydigan dvigatellar. Bunday dvigatellar uchun asosiy yonilg'i gaz hisoblanadi, lekin yurgizib yuborishda suyuq yonilg'i ishlatiladi;

d) har xil yonilg'i (benzin, kerosin, dizel yonilg'isi va boshqalar) bilan ishlaydigan ko'p yonilg'ili dvigatellar.

3. Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirish usuli bo'yicha dvigatellar quyidagi turlarga bo'linadi:

a) porshenli dvigatellar; bularda yonish jarayoni va issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishi silindr ichida sodir bo'ladi;

b) gaz turbinali dvigatellar — bularda yonish jarayoni maxsus yonish kamerasida sodir bo'lib, issiqlik energiyasi gaz turbinasi g'ildiragining kurakchalari yordamida mexanik ishga aylanadi.

4. Yonuvchi aralashma hosil qilish bo'yicha porshenli dvigatellar quyidagi turlarga bo'linadi:

a) yonuvchi aralashma silindrdan tashqarida hosil qilinadigan dvigatel: barcha karbyuratorli va gaz dvigatellar hamda yonilg'i kiritish trubasiga qaladigan dvigatellar ana shu usulda ishlaydi;

b) yonuvchi aralashma ichkarida hosil qilinadigan dvigatel: bunday dvigatelda kiritish jarayonida silindrga faqat havo kiritiladi, ish aralashmasi esa silindr ichida hosil bo'ladi; dizellar, yonilg'i silindrga purkaladigan va uchqun bilan yondiriladigan dvigatellar hamda gaz silindrga siqish jarayonining boshlanishida beriladigan gaz dvigatellar ana shu usulda ishlaydi.

5. Ish aralashmasini yondirish usuli bo'yicha dvigatellar quyidagi turlarga bo'linadi¹:

- a) ish aralashmasi elektr uchquni bilan yondiriladigan dvigatellar;
- b) siqish natijasida o't oldiriladigan dvigatellar (dizellar);
- v) forkamerali, alanga bilan o't oldiriladigan dvigatellar; bunday dvigatellarda ish aralashmasi kichik hajmli maxsus yonish kamerasida (forkamerada) uchqun yordamida o't oldiriladi, keyinchalik yonish jarayoni asosiy kamerada sodir bo'ladi;

g) gaz yonilg'isiga ozgina dizel yonilg'isini purkab yondiriladigan dvigatel. Dizel yonilg'isi siqilish natijasida o't oladi va silindrda gaz-suyuqlik aralashmasi yonadi.

6. Porshenli dvigatellar ish siklining bajarilish usuliga qarab quyidagicha bo'ladi:

- a) silindrga tashqaridan havo bosimsiz kiritiladigan;
- b) yangi zaryad (havo) bosim bilan kiritiladigan to'rt taktli dvigatellar;

7. Yuklama o'zgargandagi sozlash usuliga qarab quyidagi dvigatellar bo'ladi:

a) yonuvchi aralashmaning sifati sozlanadigan dvigatellar; bunday dvigatelda yuklama o'zgarishi bilan silindrga kirayotgan yonilg'ining miqdorini ozaytirib yoki ko'paytirib yonuvchi aralashmaning tarkibi o'zgartiriladi;

b) yonuvchi aralashmaning miqdori sozlanadigan dvigatellar; yuklama o'zgarishi bilan yonuvchi aralashmaning tarkibi emas, balki uning miqdori o'zgaradi;

v) yuklamaga qarab yonuvchi aralashmaning ham miqdori, ham tarkibi o'zgaradigan dvigatellar.

8. Tuzilishi jihatidan dvigatellar quyidagicha bo'ladi:

a) porshenli dvigatellar; bular o'z navbatida quyidagicha bo'ladi: silindrlarining joylanishiga qarab: vertikal qatorli, gorizontallik qatorli, V-simon, yulduz shaklli va qarama-qarshi yotuvchi silindrlilar.

¹Dvigatellarning bu turlari xalq xo'jaligida keng ko'lamda ishlatiladigan ichki yonuv dvigatellariga mansubdir. Maxsus (reaktiv, raketa va boshqa) dvigatellar bunda ko'rib o'tilmaydi.

Porshenlarining joylanishi bo'yicha bir porshenli (har silindrda bir porshen va bir ish bo'shlig'i bo'ladi); qarama-qarshi harakat qiluvchi porshenli (ish bo'shlig'i bir silindrda qarama-qarshi tomonlarga harakatlanuvchi ikki porshen o'rtasida joylashgan); ikki tomonlama ishlaydigan porshenli (porshenning ikki tarafida yonish kameralari bo'ladi);

b) rotor-porshenli dvigatellar;

9. Sovitish usuli bo'yicha dvigatellar quyidagicha bo'ladi:

a) suyuqlik bilan sovutiladigan; b) havo bilan sovutiladigan.

Avtomobillarga ish aralashmasi uchqun bilan yondiriladigan (karbyuratorli, gaz apparaturali, yonilg'i purkaladigan) va siqilishdan o'toladigan (dizel) porshenli dvigatellar o'rnatiladi. Traktorlarda, yo'l qurish mashinalarida esa asosan dizellar o'rnatiladi.

BIRINCHI QISM

TEXNIK TERMODINAMIKA ASOSLARI

I bob

IDEAL GAZLARNING XOSSALARI

1. UMUMIY MA'LUMOT

Uglevodorodlardan iborat yonilg'ilar (benzin, gaz, dizel yonilg'isi) havodagi kislorod bilan kimyoviy reaksiyaga kirganda issiqlik ajraladi. Bu usulda olinadigan issiqlik energiyasi qisman mexanik ishga aylantirilishi mumkin. Issiqlikning mexanik energiyaga aylanish prinsipi issiqlik dvigatelida qo'llaniladi. Porshenli ichki yonuv dvigatellarida barcha kimyoviy reaksiyalar va gazlar bajaradigan mexanik ish silindr ichida sodir bo'ladi. Issiqlik tashuvchi gazlar ish jismi deb ataladi.

Issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishida sodir bo'ladigan hodisalar va bu aylanishlardan texnikada foydalanganda ularning qanchalik samarali ekanligi texnik termodinamika fanida o'rganiladi.

Texnik termodinamika asoslari ma'lum fizika qonunlariga asoslanadi.

Texnik termodinamikada, ichki yonuv dvigatellarida issiqlikdan samarali foydalanishni tasvirlovchi umumiy qonunlarni o'rganishda ish jismi sifatida ideal gazlar qo'llaniladi. Ideal gaz deganda molekularining o'zaro tortishish kuchi va geometrik o'lchami bo'lmagan gaz tushuniladi. Bunday tushuncha dvigatellarda qo'llaniladigan ish gazlarining xossalarini o'rganishda katta xatoliklarga olib kelmaydi, chunki, yonish jarayonida hosil bo'ladigan bosim va temperatura (harorat) natijasida real gazlar molekularining o'zaro tortishish kuchi juda ham kichik va ular orasidagi masofa molekular o'lchamidan katta bo'ladi.

1.2. ISH JISMINING HOLATINI BELGILOVCHI KO'RSATKICHLAR

Ish jismining holati *holat ko'rsatkichlari* deb ataluvchi birliklar bilan aniqlanadi. Asosiy holat ko'rsatkichlari temperatura, bosim va solishtirma hajm yoki zichlikdan iborat. Bu holat ko'rsatkichlari o'zaro ma'lum bog'lanishda bo'ladi va ulardan faqat ikkitasi mustaqil bo'lishi mumkin.

1. Temperatura

Temperatura jismning issiqlik holatini, uning qiziganlik darajasini bildiradi va eng muhim qiymatlardan biri hisoblanadi. GOST ga binoan temperaturani Kelvin gradusida ($T^{\circ}K$) va Selsiy gradusida ($t^{\circ}S$) o'lchash mumkin.

Barcha termodinamik hisoblashlarda absolyut termodinamik temperaturadan foydalaniladi va u Selsiy graduslari bilan o'lchanadi.

Kelvin graduslari T va Selsiy graduslari t bilan ifodalangan temperatura orasidagi bog'lanish quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$T = t + 273^0, K. \quad (1.1)$$

Temperatura graduslarga bo'lingan simobli termometrlar yoki termoparalar yordamida o'lchanadi. Temperaturani o'lchaydigan boshqa asboblarda ham bor.

2. Solishtirma hajm va zichlik

Jismning massa birligi egallagan hajm solishtirma hajm deb ataladi va ν bilan belgilanadi. Solishtirma hajm SI sistemasida m^3 / kg bilan o'lchanadi.

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

$$\rho = \frac{1}{\nu}, \text{ kg/m}^3 \quad (1.2)$$

3. Bosim

Ish qazni o'rta qabul qilinadigan ideal gaz tartibsiz harakatdagi juda ko'p molekulalardan iborat. Bunday harakat natijasida gaz o'zi joylashgan idishning devorlariga bosim kuchi bilan ta'sir qiladi. Molekulalar tartibsiz harakat qilganliklari sababli bir tomonga yo'nalmasdan, ularning bosim kuchi idish devorlariga baravar ta'sir etadi.

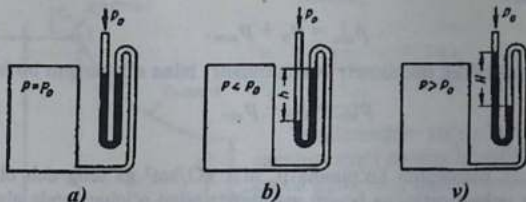
Gazning bosimi yuzaga S birligiga ta'sir qiluvchi kuch F bilan o'lchanadi:

$$p = \frac{F}{S}, \text{ kG / m}^2 \quad (1.3)$$

Kichik bosimlarni o'lchashda suyuqlik to'ldirilgan U-simon naychadan foydalaniladi. Naychani bir uchi bosimi o'lchanadigan idishga ulanadi (1.1-rasm).

Agar idishdagi bosim p atmosfera bosimi p_0 ga teng bo'lsa, u holda suyuqlik naychani ikkala tirsagida bir sathda bo'ladi (1.1-rasm, a). Agar $p < p_0$ bo'lsa, chap tirsakdagi suyuqlik sathi o'ng tomondagiga qaraganda pastroqda joylashadi (1.1-rasm, b). Ular orasidagi farq

$p_{abs} = p_0 - h$ gazning idish devorlariga absolyut bosimini bildiradi. h ning qiymati vakuum yoki havoning siyraklashishi deyiladi. Agar idishdagi gazning bosimi atmosfera bosimidan katta bo'lsa, naychani o'ng tirsagidagi suyuqlikning sathi chapdagiga nisbatan pastroq joylashadi.



1.1-rasm. Idishdagi gazning bosimi va siyraklanishini o'lchaydigan asboblari

Idishdagi bosim bilan atmosfera bosimi orasidagi farq ustunning balandligi H (1.1-rasm, v) bilan va gazning absolyut bosimi $p_{abs} = p_0 + H$ bilan aniqlanadi. Agar U -simon naychaga suyuqlik o'rni simob solinsa, u holda balandligi H ga teng bo'lgan simob ustuni yuzi S ga o'z og'irligiga teng bo'lgan kuch bilan ta'sir qiladi. Demak,

$$\rho \cdot S = V \cdot \rho_{sim} \cdot g \quad (1.4)$$

bo'ladi, bu yerda: ρ_{sim} - simobning zichligi;
 V - simob ustunining hajmi;
 g - simob og'irligi.

Agar tenglamaning chap va o'ng qismini S ga bo'lsak va $\frac{V}{S} = H$ ekanligini hisobga olsak, u holda:

$$p = H \cdot \rho_{sim} \cdot g, n/m^2 \quad (1.5)$$

bo'ladi, bu yerda ρ_{sim} - simobning zichligi, kg/m^3 .

SI sistemasida 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 ($1 \text{ bar} = 1 \cdot 10^5 n/m^2 = 10 n/sm^2$) yoki uning ulush birliklari Mn/m^2 ($1 Mn/m^2 = 1 \cdot 10^6 n/m^2$) qabul qilingan.

MKGSS sistemasida bosim kG/m^2 da o'lchanadi.

Amalda 1 sm^2 yuzaga to'g'ri keluvchi bosim, ya'ni $1 kG/sm^2 = 10 kG/m^2$ qo'llaniladi. Hozirgi davrda bosimni o'lchash uchun ishlatiladigan manometr deb ataladigan asboblari kG/sm^2 da darajalangan. Manometrlar atmosfera bosimidan yuqori (ortiqcha) bosim p_{man} ni o'lchaydi. Shuning uchun hisoblashda manometr bilan o'lchangan bosimga barometr bo'yicha aniqlangan atmosfera bosimini qo'shish kerak.

Demak,

$$P_{abs} = P_0 + P_{man}. \quad (1.6)$$

Agar siyraklik manometr (vakuummetr) bilan o'lchangan bo'lsa,

$$P_{abs} = P_0 - P_{siyr} \quad (1.7)$$

bo'ladi.

Texnik hisoblarda ko'pincha p_0 ni 1 kG/sm^2 ga teng deb olinadi. Shuning uchun ortiqcha bosim manometr bilan o'lchanganda absolyut bosim

$$p_{abs} = p_{man} + 1, \text{ kG/sm}^2 \quad (1.8)$$

bo'ladi.

Quyida asosiy ikki o'lchov birliklari orasidagi bog'lanish keltirilgan. Bular keyinchalik tenglamalarni keltirib chiqarishda va hisoblarda qo'llaniladi:

$1 \text{ bar } 10 \text{ n/sm}^2 = 105 \text{ n/m}^2 = 1,02 \text{ at} = 750 \text{ mm sim. ust.} = 10200 \text{ mm suv. ust.}$

$1 \text{ kG/sm}^2 = 104 \text{ kG/m}^2 = 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar} = 735,6 \text{ mm sim. ust.} = 10.000 \text{ mm suv. ust.}$

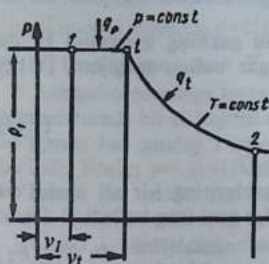
Shunday qilib, 2% noaniqlik bilan $1 \text{ bar} = 1 \text{ kG/sm}^2$ deb olish mumkin.

1.3. IDEAL GAZLARNING XOSSALARI

Ordinatalar o'qi bo'ylab bosim p , absissalar o'qi bo'ylab esa gazning solishtirma hajmi v yozilgan koordinatalar sistemasida 1 kg massaga ega bo'lgan ideal gazning kengayish jarayonini tekshiramiz (1.2-rasm).

Gazning 1 nuqtadagi boshlang'ich holati T_1 , p_1 va v_1 parametrlari bilan belgilanadi. Dastlab, gazga (q_p miqdorda issiqlik beriladi, shunda gaz p_1 bosimi o'zgarmagan holda t nuqtadagi ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi. t nuqtadagi gaz holatining ko'rsatkichlari $p_t = p_1$, v_t va T_t bo'ladi. So'ngra gazga q_1 miqdorda issiqlik beriladi. Shunda gaz nuqta t dan nuqta 2 gacha o'zgaras temperaturada kengayadi va kengayish jarayonining oxirida gazning ko'rsatkichlari p_2 , $T_2 = T_1$ va v_2 bo'ladi.

$1-t$ jarayonini tekshiramiz. Gey Lyussak qonuniga binoan barcha ideal gazlar o'zgaras bosimda 1°S qizdirilganda 0°S dagi hajmining $\frac{1}{273}$ qismiga kengayadi.



1.2-rasm. Ideal gazning kengayish jarayoni

Demak,

$$\frac{v_1}{v_t} = \frac{1 + \frac{1}{273} t_1}{1 + \frac{1}{273} t_t} = \frac{273 + t_1}{273 + t_t} = \frac{T_1}{T_t} \quad (1.9)$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, gazning holati doimiy bosimda o'zgar-ganda gazlarning hajmi temperaturaga to'g'ri proporsional o'zgaradi.

Endi gazning nuqta t dan nuqta 2 gacha kengayish jarayonini ko'rib chiqamiz. Boyle-Mariott qonuniga binoan o'zgarmas temperaturada sodir bo'ladigan jarayonda gazning hajmi bosimga teskari

proporsional o'zgaradi

$$\frac{v_2}{v_t} = \frac{p_t}{p_2} \quad (1.10)$$

Lekin, shartga binoan, $T_1 = T_2$ va $p_1 = p_t$. U holda (1.9) va (1.10) tenglamalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$v_t = v_1 \frac{T_2}{T_1} \quad \text{va} \quad v_t = v_2 \frac{p_2}{p_1}.$$

Demak,

$$v_1 \frac{T_2}{T_1} = v_2 \frac{p_2}{p_1}$$

yoki:

$$\frac{v_1 p_1}{T_1} = \frac{v_2 p_2}{T_2} = R, \text{ nm}/(\text{kg} \cdot \text{grad.}) \text{ yoki } \text{j}/(\text{kg} \cdot \text{grad.}), \quad (1.11)$$

bunda R - har bir gaz uchun o'zgarmas miqdor bo'lib, u gazning holatiga bog'liq emas. U 1 kg gaz uchun gaz doimiysi deyiladi va nm/(kg. grad.) yoki j/(kg. grad.) hisobida o'lchanadi.

(1.11) tenglamadan

$$pv = RT \quad (1.12)$$

kelib chiqadi.

(1.12) tenglama gaz holatining xarakteristik tenglamasi yoki **Klapeyron tenglamasi** deyiladi.

Tenglamaning o'ng va chap qismini gazning massasini kg da ifodalovchi G ga ko'paytirsak, G kg gaz uchun tenglama (1.12) quyidagicha yoziladi.

$$pV = GRT, \quad (1.13)$$

bu yerda V - G kg gazning hajmi; $V = vG$.

Avogadro qonuniga binoan turli gazlarning bir xil bosim va temperaturadagi bir xil hajmida molekular soni teng bo'ladi.

Biz ko'rayotgan gazlarning molekulyar massalarini μ_1 va μ_2 , ularning massalarini esa G_1 va G_2 deb belgilasak, yuqoridagi Avogadro qonuniga asoslangan shartga binoan quyidagilarni yozish mumkin:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}. \quad (1.14)$$

(1.14) tenglama massalar nisbatining molekulyar massalar nisbatiga tengligini ko'rsatadi.

Gazning miqdorini *kilogramm-mol* bilan aniqlash qulay bo'ladi. *Kilogramm-mol* yoki kilomol ($kmol$) gazning molekulyar massasiga son jihatdan teng bo'lgan kilogrammlarda ifodalangan massasidir.

Molekulyar massa μ ning solishtirma hajmi v ga ko'paytmasi mazkur $kmol$ gazning hajmini belgilaydi:

$$V_\mu = \mu v, m^3 / kmol. \quad (1.15)$$

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

$$\rho = \frac{\mu}{\mu v} = \frac{\mu}{V_\mu}. \quad (1.16)$$

Demak,

$$v = \frac{\mu v}{\mu} = \frac{V_\mu}{\mu} \quad (1.17)$$

Agar gazning solishtirma hajmi va molekulyar massasi ma'lum bo'lsa, (1.17) tenglamadan foydalanib, 1 $kmol$ gazning hajmini topish mumkin.

Normal fizik holatdagi ($p = 1,013 \text{ bar} = 1,033 \text{ kG/sm}^2$ va $t = 0^\circ S$) 1 k mol gazning hajmi V_μ ni hisoblaymiz. Misol uchun kislorod O_2 ni

ko'rib chiqamiz. Kislorodning molekulyar massasi $\mu_{O_2} = 32$, solishtirma hajmi normal sharoitda ($t=0^\circ\text{S}$ va $p=1,013 \text{ bar}$) $v_{O_2} = 0.7 \text{ m}^3/\text{kg}$. U holda (1.17) tenglamaga asosan: $V_\mu = \mu v = 32 \cdot 0,7 = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ bo'ladi.

Avogadro qonuniga ko'ra, turli gazlarning massalari bir xil bosim va temperaturada bir xil hajmni egallaydi. Demak, $t = 0^\circ\text{S}$ va $p = 1,013 \text{ bar}$ bo'lganda har qanday 1 kmol ideal gazning hajmi $V = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ bo'ladi. Bosim $p = 0,981 \text{ bar} = 1,0 \text{ kG/sm}^2$ va temperatura $t=15^\circ\text{S}$ bo'lganda har qanday gaz uchun $V=24,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ bo'ladi. Bu qiymat texnik hisoblashlarda keng qo'llaniladi.

(1.12) tenglamaning chap va o'ng qismini molekulyar massaga ko'paytiramiz, u holda

$$p v \mu = \mu R T \quad (1.18)$$

bo'ladi.

Agar $T=273^\circ\text{K}$, $p=101300 \text{ n/m}^2 = 1,013 \text{ bar}$ va $V=22,4146 \text{ m}^3/\text{kmol}$ bo'lsa, (1.18) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$R = \frac{101300 \cdot 22,4146}{273 \mu} = \frac{8314}{\mu} \quad (1.19)$$

Eski birliklarda

$$R = \frac{1,033 \cdot 10^4 \cdot 22,4146}{273 \mu} = \frac{848}{\mu}$$

Agar gazning molekulyar massasi ma'lum bo'lsa (1.19), tenglamadan gaz doimiysining qiymatini topish mumkin.

(1.19) formuladan

$$\mu R = R_\mu = 8314 \text{ J/(kmol.grad)}. \quad (1.20)$$

yoki

$$R_\mu = 848 \text{ kG.m/(kmol.grad)}.$$

Demak, gaz doimiysi R har qanday 1 kmol gaz uchun o'zgarmas miqdor bo'lib, universal gaz doimiysi deyiladi.

μR ning qiymatini (1.18) tenglamaga qo'yib, 1 kmol gaz uchun xarakteristik tenglamani hosil qilamiz:

$$p \mu v = p V_\mu = \mu R T = 8314 T. \quad (1.21)$$

Eski birliklarda $\rho V \mu = 848 T$.

1-misol. Harakatchan porshenli silindr ichida $t_1 = 15^\circ S$ o'zgaras temperaturada $0,01 \text{ m}^3$ gaz siqiladi. Siqilish boshida havoning bosimi $p_1 = 1 \text{ bar}$, oxirida esa $p_2 = 5 \text{ bar}$.

Gazning siqilish oxiridagi hajmi topilsin.

Boyl Mariott qonuniga ko'ra (1.10) tenglamadan:

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,01 \cdot \frac{1}{5} = 0,002 \text{ m}^3$$

2-misol. Quyidagilar, ya'ni bosim $p = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ n/m}^2 = 1,02 \cdot 10^4 \text{ kG/m}^2$, temperatura $t = 15^\circ S$ va kislorodning solishtirma hajmi $v = 0,749 \text{ m}^3/\text{sek}$ ma'lum; kislorodning gaz doimiysi topilsin.

(1.12) xarakteristik tenglamaga binoan:

$$R = \frac{pv}{T} = \frac{10^5 \cdot 0,749}{273 + 15} = 260 \text{ j/(kg.grad.)}$$

Eski birliklarda

$$R = \frac{1,02 \cdot 10^4 \cdot 0,749}{288} = 26,5 \text{ kG.m/(kg.grad)}$$

3-misol. Havoning zichligi topilsin ($p = 20 \text{ bar}$, temperatura $t = 300^\circ S$, havoning molekulyar massasi $\mu_h = 28,97$)

(1.2) va (1.11) tenglamalardan:

$$\frac{p_h}{\rho_h T_h} = \frac{p}{\rho T}$$

Bundan

$$\rho = \rho_h \frac{p}{p_h} \cdot \frac{T_h}{T}$$

(1.16) tenglamadan

$$p_h = \frac{\mu}{V_\mu}$$

$p_h = 1,013 \text{ bar}$ va $t_h = 0^\circ S$ bo'lganda $V_\mu = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ bo'ladi. Bu holda har qanday gaz uchun

$$\rho = \frac{\mu}{22,4} \cdot \frac{p}{1,013} \cdot \frac{273}{T} = 12,03 \frac{\mu p}{T}, \text{ kg/m}^3.$$

Agar bosim bar hisobida berilgan bo'lsa, bu tenglamani har qanday gaz uchun tatbiq etish mumkin.

Bizning misol uchun:

$$\rho_h = 12,03 \cdot \frac{28,97 \cdot 20}{573} = 12,164 \text{ kg/m}^3.$$

4-misol. Hajmi $V = 1,2 \text{ m}^3$ li ballondagi $t = 30^\circ\text{S}$ temperaturali havo tashqariga chiqarilmoqda.

Klapanni ochishga qadar ballondagi havoning bosimi $p = 95 \text{ bar} = 9,5 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2 = 97 \text{ kG/sm}^2$ edi. Klapan yopilgandan so'ng bosim $p_2 = 43 \text{ bar} = 43 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2 = 44 \text{ kG/sm}^2$ bo'lib qoldi. Havo chiqayotganda uning temperaturasi o'zgarmay qoldi. Havoning molekulyar massasi $\mu_h = 28,97$.

Ballondan chiqib ketgan havoning midori topilsin.

(13) xarakteristik tenglamadan foydalanib quyidagini yozish mumkin: ballondan havo chiqishdan oldin

$$p_1 V = G_1 RT;$$

chiqqandan so'ng

$$p_2 V = G_2 RT,$$

bunda R -havoning gaz doimiysi;

G_1 va G_2 - havoning ballondan chiqishdan oldingi va chiqqandan keyingi massasi.

Chiqib ketgan havoning miqdori

$$G = G_1 - G_2 = \frac{V}{RT} (p_1 - p_2).$$

(1.19) tenglamadan havoning gaz doimiysi aniqlanadi:

$$R = \frac{8314}{28,97} = 287 \text{ j/(kg)}.$$

Shunday qilib

$$G = \frac{1,2(95 - 43) \cdot 10^5}{287(273 + 30)} = 72 \text{ kg}.$$

Hisob eski birliklarda olib borilganda (bosim kG/m^2 hisobida bo'lganda):

$$R = 29,27 \text{ kG} \cdot \text{m} / (\text{kg} \cdot \text{grad});$$

$$G = \frac{1,2(97 - 44) \cdot 10^4}{29,27 \cdot 303} = 72 \text{ kg}.$$

1.4. IDEAL GAZLAR ARALASHMASI

Ichki yonuv dvigatellarida yonilg'i bilan havo kislorodining kimyoviy reaksiyasi natijasida yonish mahsulotlari hosil bo'ladi. Bu mahsulotlar gazlar (karbonat anhidrid, is gazi, suv bug'i, vodorod, kislorod, azot va boshqalar) aralashmasidan iborat. Dvigateldagi ayrim jarayonlarni va uning ko'rsatkichlarini o'rganayotganda gazlar aralashmasining tarkibini va har qaysi gazning miqdorini bilish zarur bo'ladi.

Gazlar aralashmasi quyidagilarga asoslanib hisoblanadi. Har bir gaz berilgan barcha hajmni egallaydi va aralashma tarkibida "parsial" bosim deb ataluvchi o'z bosimi p_i ga ega bo'ladi. Aralashmaning bosimi barcha parsial bosimlarning yig'indisiga teng (Dalton qonuni).

Gazlar aralashmasi massa va hajm birliklarida beriladi.

1. Gazlar aralashmasi komponentlarining miqdorini massa birliklarida aniqlash

Gazlar aralashmasini tashkil etuvchi barcha komponentlar massalarining yig'indisi aralashma massasiga teng:

$$\sum_{i=1}^{i=n} G_i = G_1 + G_2 + \dots G_n = G_{ar}, \text{ kg.} \quad (1.22)$$

Har bir gazning massa ulushi quyidagicha topiladi:

$$g_i = \frac{G_i}{G_{ar}}, \quad (1.23)$$

G_i - mazkur gaz komponentining massasi, kg.

Gazlarning barcha massa ulushlarining yig'indisi 1 ga teng:

$$\sum_{i=1}^{i=n} g_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} G_i}{G_{ar}} = 1. \quad (1.24)$$

2. Gazlar aralashmasi komponentlarining miqdorini hajm birligida aniqlash

Aralashmada partsial bosim p_i ostidagi gazga T_{ar} temperaturada aralashma bosimi p_{ar} ta'sir etsa, u aralashmaning barcha hajmi V_{ar} ni emas, balki uning bir qismi V_i ni egallaydi. Bu hajm parsial V_i hajm deyiladi.

Parsial hajmlar yig'indisi aralashma hajmiga teng:

$$\sum_{i=1}^{i=n} V_i = V_{ar} . \quad (1.25)$$

Gazning hajmiy ulushi quyidagicha topiladi:

$$r_i = \frac{V_i}{V_{ar}} \quad (1.26)$$

va

$$\sum_{i=1}^{i=n} r_i = r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1 . \quad (1.27)$$

Gaz komponentining o'zgarmas temperaturada V_i hajmgacha siqilishini ko'rgan edik. Shuning uchun har qanday i komponent uchun (1.10) tenglamani tatbiq etish mumkin:

$$\frac{p_i}{p_{ar}} = \frac{V_i}{V_{ar}}$$

bundan har bir gazning parsial bosimi:

$$p_i = \frac{V_i}{V_{ar}} p_{ar} = r_i p_{ar} . \quad (1.28)$$

Agar gaz tarkibi hajm birligida emas, balki M_i kmol da berilgan bo'lsa, u holda aralashmadagi har bir gazning nisbiy ulushi m_i son jihatdan hajmiy ulushi r_i ga teng bo'ladi, binobarin:

$$m_i = \frac{M_i}{M_{ar}} = r_i , \quad (1.29)$$

bu yerda: M_{ar} - gazlar aralashmasining hajmi, kmol.

Agar aralashmaning massa ulushi ma'lum bo'lsa, uning hajmiy tarkibini quyidagicha aniqlash mumkin

$$r_i = \frac{M_i}{M_{ar}} = \frac{\mu_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \mu_i} \cdot \frac{g_i}{\sum_{i=1}^{i=n} g_i} . \quad (1.30)$$

SamQXI Axborot
resurs markazi
Inv № 365947¹⁷

3. Aralashmaning o'rtacha molekulyar massasini aniqlash

Gazlar aralashmasini hisoblashda aralashmaning o'rtacha molekulyar massasi μ_{ar} ni bildiruvchi kattalikdan foydalanish ma'qul bo'ladi. Aslida gazlar aralashmasi har xil gazlardan iborat bo'lgani uchun bu tushuncha shartlidir. Bunda ko'rilayotgan gaz bir jinsli molekulalardan iborat va uning massasi aralashma massasiga, kmol lar soni esa M_{ar} ga teng deb qabul qilinadi.

Bunday gaz uchun gazlar aralashmasining umumiy massasi:

$$G_{ar} = M_{ar} \mu_{ar}, \quad (1.31)$$

bundan

$$\mu_{ar} = \frac{G_{ar}}{M_{ar}}. \quad (1.32)$$

Agar aralashma hajmiy ulushlarda berilgan bo'lsa, u holda

$$G_{ar} = G_1 + G_2 + \dots + G_n,$$

$$G_1 = \mu_1 M_1; \quad G_2 = \mu_2 M_2; \quad \dots + \mu_n M_n,$$

(1.29) va (1.32) ifodalardan:

$$\mu_{ar} = \mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n$$

yoki

$$\mu_{ar} = \sum_{i=1}^{i=n} \mu_i r_i. \quad (1.33)$$

Agar aralashma massaviy ulushlarda berilgan bo'lsa,

$$\mu_{ar} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_i}{\mu_i}} \quad (1.34)$$

bo'ladi.

4. Aralashmaning gaz doimiysini aniqlash

Agar aralashma tarkibidagi har qaysi gazning massa ulushi ma'lum bo'lsa, G kg gaz uchun xarakteristik tenglamadan foydalanib, aralashmaning gaz doimiysini aniqlash mumkin:

$$R_{ar} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i R_i. \quad (1.35)$$

Agar aralashma hajmiy ulushlarda berilgan bo'lsa, u holda gaz doimiysi (1.20) va (1.33) formulalar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$R_{ar} = \frac{8314}{\mu_{ar}} = \frac{814}{\sum_{i=1}^{i=n} \mu_i r_i} \quad (1.36)$$

5-misol. Quruq havoning molekulyar massasi va uning gaz doimiysi topilsin. Havodagi kislorod va azotning massa ulushlari $g_{O_2} = 0,232$ va $g_{N_2} = 0,768$. Havodagi kislorod va azotning hajm ulushlari ham topilsin. (1.34) formulaga binoan:

$$\mu_h = \frac{1}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{1}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}}$$

(1.36) ifodaga ko'ra:

$$R_h = \frac{8314}{\mu_h} = \frac{8314}{28,97} = 287 \text{ j/(kg)}.$$

(1.30) formulaga binoan:

$$r_{O_2} = \frac{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}}}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{\frac{0,232}{32}}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}} = 0,209;$$

$$r_{N_2} = \frac{\frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{\frac{0,768}{28}}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}} = 0,791.$$

Buni (1.27) tenglama bo'yicha tekshiramiz:

$$r_{O_2} + r_{N_2} = 0,209 + 0,791 = 1.$$

6-misol. 1 kg suyuq yonilg'ining yonishidan hosil bo'lgan mahsulotlarning massa va hajm tarkiblari quyidagicha:

$$G_{CO_2} = 2,182 \text{ kg}; \quad M_{CO_2} = 0,0495 \text{ kmol};$$

$$G_{CO} = 0,6 \text{ kg}; \quad M_{CO} = 0,0214 \text{ kmol};$$

$$G_{H_2O} = 1,305 \text{ kg}; \quad M_{H_2O} = 0,0725 \text{ kmol};$$

$$G_{N_2} = 10,333 \text{ kg}; \quad M_{N_2} = 0,366 \text{ kmol};$$

$$G_{ar} = 14,41 \text{ kg}; \quad M_{ar} = 0,5124 \text{ kmol}.$$

Aralashma tarkibidagi har bir gazning massa va hajm ulushlari, aralashmaning gaz doimiysi va tuyulma molekulyar massasi topilsin.

(1,23) formulaga binoan har bir gazning massa ulushini topamiz:

$$g_{CO_2} = \frac{2,182}{14,42} = 0,151; \quad g_{CO} = \frac{0,6}{14,42} = 0,0415;$$

$$g_{H_2O} = \frac{1,305}{14,42} = 0,0905; \quad g_{N_2} = \frac{10,333}{14,42} = 0,716;$$

Tekshirish:

$$g_{CO_2} + g_{CO} + g_{H_2O} + g_{N_2} = 0,151 + 0,0415 + 0,0905 + 0,716 = 0,999 \approx 1,0.$$

(1,80) tenglamaga binoan har bir gazning hajm ulushini topamiz:

$$r_{CO_2} = \frac{0,0495}{0,5124} = 0,0966; \quad r_{CO} = \frac{0,0214}{0,5124} = 0,0417;$$

$$r_{H_2O} = \frac{0,0725}{0,5124} = 0,1415; \quad r_{N_2} = \frac{0,366}{0,5124} = 0,72;$$

Tekshirish:

$$0,0966 + 0,0417 + 0,1415 + 0,72 = 0,9998 \approx 1,0.$$

Aralashmadagi alohida komponentlarning molekulyar massalari:

$$\mu_{CO_2} = 44; \quad \mu_{CO} = 28; \quad \mu_{H_2O} = 18; \quad \mu_{N_2} = 28.$$

(1,33) ifoda orqali aralashmaning molekulyar massasini topamiz:

$$\mu_{ar} = 44 \cdot 0,0966 + 28 \cdot 0,0417 + 18 \cdot 0,1415 + 28 \cdot 0,72 = 28,14.$$

(1,36) tenglama orqali aralashmaning gaz doimiysini topamiz

$$R_{ar} = \frac{8314}{28,14} = 293 \text{ j/ (kg} \cdot \text{K)}.$$

1.5. GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI

1. Umumiy ma'lumot

Gaz miqdori birligini l^* isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori gazning issiqlik sig'imi deb ataladi va c harfi bilan belgilanadi. Texnik hisoblashda issiqlik sig'im kilojoule da o'lchanadi. Eski birliklar sistemasida issiqlik sig'im kilokaloriyalarda o'lchanadi.

Gazlar miqdorining qanday birliklarda o'lchanishiga qarab: mol issiqlik sig'im μc , $\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{grad})$; massa issiqlik sig'im c , $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$; hajm issiqlik sig'im c' , $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad})$ bo'ladi.

Hajm issiqlik sig'imini aniqlashda uning qanday bosim va temperaturaga taalluqli ekanligini ko'rsatish kerak.

Hajm issiqlik sig'imi normal fizik sharoitlarda aniqlanadi.

Massa, hajm va mol issiqlik sig'imlari orasidagi o'zaro bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$c = \frac{\mu c}{\mu}, \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad}), \quad (1.37)$$

$$c = \frac{\mu c}{V_{\mu}}, \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad}), \quad (1.38)$$

Yoki

$$c' = c \rho \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad}). \quad (1.39)$$

Bu yerda V_{μ} va ρ - 1 kmol gazning hajmi va mazkur bosim hamda temperaturadagi zichligi.

Ideal gazning qonuniyatlariga bo'ysunadigan gazlarning issiqlik sig'imi faqat temperaturaga bog'liq bo'ladi.

Gazlarning o'rtacha va haqiqiy issiqlik sig'imi degan tushunchalar bor.

Cheksiz kam miqdorda berilgan issiqlik Δq ning cheksiz oz darajada oshgan temperaturaga nisbati haqiqiy issiqlik sig'imi deb ataladi.

$$c_{\text{haqiqiy}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (1.40)$$

O'rtacha issiqlik sig'im temperaturalar oralig'i t_1 dan t_2 gacha bo'lganda gazni 1° qizdirish uchun berilgan o'rtacha issiqlik miqdorini bildiradi:

$$c_{\text{o'rta}} = \frac{q}{t_2 - t_1}, \quad (1.41)$$

2. Gazlar aralashmasining issiqlik sig'imi

Agar gazlar aralashmasi massa ulushlarida berilgan bo'lsa, u holda uning massa issiqlik sig'imi aralashmani tashkil etuvchi har qaysi gaz massa ulushlarining issiqlik sig'imlariga ko'paytmasining yig'indiisga teng

$$c_{ar} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i c_i. \quad (1.44)$$

Aralashmaning hajm ulushlaridagi issiqlik sig'imi:

$$c'_{ar} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i c'_i. \quad (1.45)$$

Aralashmaning kilomolda berilgan issiqlik sig'imini hisoblashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\mu_{ar} c_{ar} = \sum_{i=1}^{i=n} \mu_i c_i r_i. \quad (1.46)$$

3. Gazni qizdirish uchun beriladigan issiqlik miqdori

Gazni qizdirish uchun beriladigan issiqlik miqdorini hisoblash uchun o'rtacha issiqlik sig'imi miqdoridan foydalaniladi. U taxminiy formulalar bilan hisoblanadi yoki jadvallardan topiladi (1.1- jadvalga qarang).

1 kg gazni t_1 dan t_2 temperaturagacha qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash uchun, gazni 0°S dan t_1 va t_2 temperaturagacha qizdirishga sarflanadigan issiqlik miqdori q_1 va q_2 ni topish kerak:

$$q = q_2 - q_1 = c_{ar} \Big|_0^{t_2} t_2 - c_{ar} \Big|_0^{t_1} t_1. \quad (1.47)$$

G kg gaz o'zgarmas hajmda qizdirilsa:

$$Q_v = G(c_v \Big|_0^{t_2} t_2 - c_v \Big|_0^{t_1} t_1); \quad (1.48)$$

o'zgarmas bosimda qizdirilganda esa:

$$Q_p = G(c_p \Big|_0^{t_2} t_2 - c_p \Big|_0^{t_1} t_1). \quad (1.49)$$

7-misol. Havoning 0° dan 15°S gacha va 0° dan 1000°S gacha temperaturalar oralig'idagi o'rtacha massa issiqlik sig'imi 1.1-jadvaldan foydalanib topilsin.

Temperatura 0° dan 15°S ga oshganda o'rtacha issiqlik sig'imining qanchaga o'zgarganini interpolyatsiya yo'li bilan topamiz:

$$\Delta\mu_{c_v} = \frac{(20,838 - 20,758) \cdot 15}{100} = 0,012 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{grad}).$$

Temperatura 0° dan 15° S gacha o'zgarganda havoning o'rtacha issiqlik sig'imi:

$$\mu_{c_v} \Big|_0^{15^\circ} = 20,758 + 0,012 = 20,77 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{grad}).$$

Kaloriyalarda hisoblangan issiqlik sig'im:

$$\Delta\mu_{c_v} = \frac{(4,977 - 4,958) \cdot 15}{100} = 0,00285 \text{ kkal}/(\text{kmol} \cdot \text{grad})$$

va

$$\mu_{c_v} \Big|_0^{15^\circ} = 4,958 + 0,00285 = 4,961 \text{ kkal}/(\text{kmol} \cdot \text{grad}).$$

Temperatura 0° dan 15° S ga o'zgarganda doimiy hajmda o'rtacha massa issiqlik sig'im:

$$c_v \Big|_0^{15^\circ} = \frac{\mu_{c_v}}{\mu_x}.$$

Havoning molekulyar massasi $\mu_h = 28,97$ bo'lgani uchun:

$$c_v \Big|_0^{15^\circ} = \frac{20,77}{28,97} = 0,717 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$$

yoki

$$c_v \Big|_0^{15^\circ} = \frac{4,961}{28,97} = 0,171 \text{ kkal}/(\text{kg} \cdot \text{grad}).$$

Yuqoridagidek o'zgarimas bosimda o'rtacha massa issiqlik sig'imi quyidagicha topiladi:

$$c_v \Big|_0^{15^\circ} = 0,717 + \frac{8,314}{28,97} = 1,004 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$$

yoki

$$c_v \Big|_0^{15^\circ} = 0,171 + \frac{1,986}{28,97} = 0,24 \text{ kkal}/(\text{kg} \cdot \text{grad}).$$

0° dan 1000° S gacha temperaturalar oralig'i uchun (1.1-jadvalga qarang),

$$c_v \Big|_{0^{\circ}}^{1000^{\circ}} = \frac{23,283}{28,97} = 0,806 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$$

va

$$c_v \Big|_{0^{\circ}}^{1000^{\circ}} = 0,806 + \frac{8,314}{28,97} = 1,093 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad}).$$

Kaloriyalarda hisoblaganda:

$$c_v \Big|_{0^{\circ}}^{1000^{\circ}} = \frac{5,561}{28,97} = 0,192 \text{ kkal}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$$

va

$$c_v \Big|_{0^{\circ}}^{1000^{\circ}} = 0,192 + \frac{1,986}{28,97} = 0,2607 \text{ kkal}/(\text{kg} \cdot \text{grad}).$$

8-misol. 10 m³ havoning bosimi $p = 1,0 \text{ bar} = 10^5 \text{ n/m}^2$ va o'zgarmas bo'lsa, uni 15° dan 1000°S gacha qizdirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori aniqlansin.

Isitilishi zarur bo'lgan havo massasini (1.13) tenglama orqali topamiz:

$$G = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 10}{(273 + 15) \cdot 287} = 12,1 \text{ kg}.$$

Sarflangan issiqlik miqdori, [(1.49) tenglamaga qarang] oldingi misolda topilgan ma'lumotlarni hisobga olganda quyidagicha bo'ladi:

$$Q_s = 12,1(1,093 \cdot 1000 - 1,004 \cdot 15) = 13000 \text{ kJ}$$

yoki:

$$Q_s = 12,1(0,2607 \cdot 1000 - 0,24 \cdot 15) = 3106 \text{ kkal}.$$

II bob

TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

2.1. JARAYON ISHI VA ICHKI ENERGIYA

1. Jarayon ishi

p-V koordinatalar tizimiidan foydalanib, ordinatalar o'qiga bosim p, absissalar o'qiga esa hajm V ni qo'yamizda, ish hajmining mumkin bo'lgan holat o'zgarish jarayonlarini ko'ramiz. Harakatchan porshenli silindrning A hajmida 1 kg gaz bor, deb faraz qilaylik (1.3-rasm). Jarayonning boshlanishida porshen I-I holatda bo'lganda, gazning ko'rsatkichlari p_1 , T_1 va v_1 bo'ladi. Agar porshenning boshqa tomonidagi bosim p_2 dan kichik bo'lsa, u holda porshen o'ngga siljiydi va bosimlar tenglashganda II - II holatni oladi. Shunda hajm A kattalashib, kengayish jarayoni sodir bo'ladi. Bu jarayon I a" 2 egri chiziq bilan tasvirlanadi; kengayish jarayonida ish jismi, tashqi kuchlarni yengib, foydali ish bajaradi. Agar porshen chapga harakat qilishga majbur etilsa, hajm A kichiklashib, I a' 2' egri chiziq bilan tasvirlangan jarayon gazni siqish jarayoni sodir bo'ladi. Bu jarayonda porshenni II - II holatgacha siljitib, gazni 2' nuqtadagi holatgacha siqish uchun, tashqaridan ish sarflanadi.

Porshenning juda ham kichik ΔS_1 ga siljishidagi I a" kengayish jarayonini ko'ramiz, bunda bosim juda ham kam o'zgarganligi uchun uni o'zgarmas va p_1 ga teng deb olish mumkin. Porshen yuzini F bilan belgilab, bu holda bajariladigan elementar ishini quyidagicha yozamiz:

$$\Delta l_1 = p_1 \cdot F \cdot \Delta S_1. \quad (2.1)$$

Ko'paytma $F \cdot \Delta S_1 = \Delta v_1$ 2.1-rasmda kesishgan chiziqlar bilan belgilangan yuzaga teng.

Bu fikrimizni 1-2 egri chiziq bilan belgilangan kengayish jarayonining hammasiga tatbiq qilib, ya'ni bu jarayonni porshenning juda ko'p kichik siljishlardan tashkil topgan deb faraz qilamiz va barcha elementar yuzalarni qo'shib, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$l_{keng} = \sum_{i=1}^{i=n} F \cdot p_i \cdot \Delta S_i = 12abl \text{ yuza}. \quad (2.2)$$

Demak, kengayish jarayoni 12 da gazning bajargan ishi cheksiz ko'p mayda ishlar Δl ning yig'indisi bilan aniqlanadi. Bu ish bosimning o'zgarishini ifodalovchi 12 egri chiziq, ikkita chekka ordinata va absissalar o'qidagi ab

to'mni bilan cheklangan yuzaga teng. *ab* kesma porshen I-I holatdan II-II holatigacha harakatlarganda hajmning to'la o'zgarishini ifodalaydi.

Aga porshenning chap tomonidagi hajmda G kg ish jismi bo'lsa, u holda bajariladigan ish quyidagicha bo'ladi:

$$L = Gl.$$

(2.3)

Porshening bilan ifodalangan jarayonda 12'cb1 yuza jismni siqishga qatnashgan isha teng.

Shuni aytish kerakki, kengayishda olinadigan yoki siqishda qatnashgan ish miqdori ko'rilayotgan jarayonda bosimning qanday o'zgarishiga, u jarayonning bajarilish xarakteriga bog'liq. Ayni vaqtda gazning harakatidagi (2 va 2' nuqtalar) ish jismning holatini tasvirllovchi parametrlar jarayonning qanday kechganligiga (masalan, jarayonning 12' va 2' nuqtalar) bog'liq bo'ylab sodir bo'lganligiga) bog'liq emas.

2. Ichki energiya

Gazlarning harakatida ko'riladigan molekulyar kinetik nazariyasiga ko'ra, har qanday gazning molekullari ilgarilanma va aylanma harakatda bo'ladi. Gazning molekulasini tashkil qiluvchi atomlar tebranma harakatda bo'ladi. Bu harakatlarning to'plami gazning kinetik energiyasi E_k ni tasvirlaydi. Bundan tashqari, gaz molekullari potensial energiya E_p ga ham ega. Bu energiya molekullarning tutinish kuchlari va atomlarning tebranishidan kelib chiqadi.

Gaz atomlari va molekullarining kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi gazning ichki energiyasi deb ataladi:

$$U = E_k + E_p.$$

(2.4)

Gaz holatini aniqlovchi mustaqil ikki ko'rsatkichning bir qiymatli funksiyasi ichki energiyani bildiradi. Shuning uchun ichki energiyaning o'zgarishi jarayonning borishiga bog'liq bo'lmay, uning faqat boshlang'ich va oxirgi ko'rsatkichlariga bog'liq.

Demak ichki energiyaning o'zgarishi (2.1-rasm)

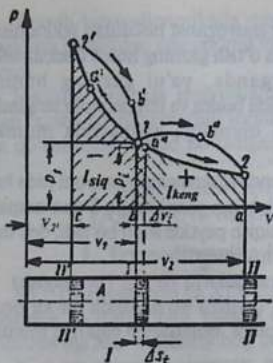
$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = \Delta U_{2 \rightarrow 1} = \Delta U$$

(2.5)

bo'ladi.

Aylanma jarayonlarda (masalan, 1a'2b'1 jarayoni) ish jismi boshlang'ich holatga qaytib kelganidan, ichki energiyaning o'zgarishi nolga teng.

Xossalari ideal gazlar kengligiga mos keladigan kuchli siyraklashtirilgan gazlar bilan o'tkazilgan tajribalar (Joul tajribalari) ning ko'rsatishicha, ideal



2.1.-rasm. Gazning kengayish va siqish jarayonlarida bajarilgan ishini grafik usulda aniqlash

gazlar ichki energiyasining o'zgarishi faqat temperaturaga bog'liq.

Agar jarayon o'zgarmas hajmda bajarilsa, ichki energiya-ning o'zgarish qiymatini aniqlash mumkin. Bu jarayonda gaz ish bajarmagani sababli barcha issiqlik ichki energiya-ning o'zgarishiga sarf bo'ladi.

Amaliy hollarda jarayonlar temperatura t_1 dan t_2 gacha (yoki T_1 dan T_2 gacha) o'zgarganda ko'rib chiqiladi va $C = \text{const}$ deb qabul qilinadi. Bu holda 1 kg ish jismi ichki energiyasining o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta u \Big|_{t_1}^{t_2} = q_v = c_v(t_2 - t_1) = c_v(T_2 - T_1). \quad (2.6)$$

G kg uchun

$$\Delta U \Big|_{t_1}^{t_2} = G c_v(t_2 - t_1) \quad (2.7)$$

bo'ladi.

1 kmol uchun esa

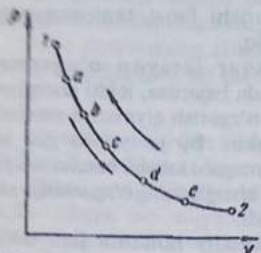
$$\Delta u \Big|_{t_1}^{t_2} = \mu c_v(t_2 - t_1) \quad (2.8)$$

bo'ladi.

2.2. QAYTAR VA QAYTMAS JARAYONLAR HAQIDA TUSHUNCHA

Gaz bajaradigan termodinamik jarayonlarni taxlil qilishda ideal gazlar uchun topilgan xarakteristik tenglamalardan foydalaniladi. Bu holda gaz joylashgan barcha hajmda uning bosimi va temperaturasi bir xil bo'lgandagina borayotgan jarayonlarni taxlil qilish mumkin. Bu hol gazning muvozanat holatida ekanligini bildiradi.

2.2-rasmda p - V koordinatalarda kengayish jarayoni 12 ko'rsatilgan. Gaz istalgan vaqtda a , b , c va hokazo nuqtalarning ko'rsatkichlari bilan ifodalanadigan muvozanat holatda bo'ladi.



2.2- rasm. Qaytuvchan jarayonning p - V koordinatalarida tasviri

Bir muvozanat holatidan ikkinchisiga bu xilda o'tish gazning holati cheksiz sekin o'zgarganda, ya'ni gazning hamma massasida bosim va temperatura tenglashib bir xil qiymatga erishganda mumkin bo'ladi.

Bunday muvozanat jarayoni juda ham sekinlik bilan gazni nuqta 2 dan nuqta 1 gacha siqish paytida sodir bo'ladi, deb faraz qilish mumkin.

Jarayonlarni to'g'ri (kengayish) va teskari (siqish) yo'nalishda bir xil oraliq muvozanat holatlarida bajarish mumkin

bo'lsa, ular qaytar jarayonlar deyiladi.

Qaytar jarayonning sodir bo'lishi uchun teskari jarayonda (siqish) ish jismidan ajraladigan issiqlik o'z manbaiga, ya'ni to'g'ri jarayonda (kengayish) olingan manbaga qaytarilishi shart. Buning uchun ish jismi ko'rilyotgan har bir cheksiz oz vaqt oralig'ida issiqlik manbaiga urinishi lozim; manbaning temperaturasi ish jisminikidan cheksiz kichik qiymat qadar farq qiladi.

Umumiy holda, bunday issiqlik almashinishi ketma-ket joylashgan cheksiz ko'p issiqlik manbalari mavjud bo'lib, ularning temperaturalari bir-biridan cheksiz oz farq qilgan sharoitda yuz beradi. Bu hol, ish jismining muvoziy kengayish jarayoni $1abcde2$ da issiqlikni issiqlik manбайдan olishiga, teskari muvoziy siqish jarayoni $2ecdb1$ da esa issiqlikni o'sha manbaning o'ziga qaytarishiga imkon beradi. Demak, qaytar jarayonda ish jismi va issiqlik manbai kengayish jarayonida istalgan paytda egallangan holatiga qaytadi. Shuni aytish kerakki, qaytar jarayonning mavjud bo'lishi uchun issiqlik manбайдan va harakatlanuvchi porshenli silindrdagi ish jisimidan iborat sistema termik izolyatsiyalangan bo'lishi, ya'ni issiqlik atrof muhitga sarflanmasligi lozim. Aslida issiqlik mashinalarida sodir bo'ladigan real jarayonlar juda qisqa vaqt ichida o'tadi, bu esa muvoziy va qaytar jarayonlarni olishga imkon bermaydi. Bundan tashqari real jarayonlarda molekulalararo ishqalanishlarning mavjudligi, shuningdek gazning idish devorlariga ishqalanishi natijasida ham to'g'ri, ham teskari jarayonlarda issiqlik ajraladi. Bu ham qaytar jarayon hosil qilishga imkon bermaydi. Ichki yonuv dvigatellariga xos bunday jarayonlar qaytmas bo'ladi. Bundan tashqari, dvigatellarda yonilg'i va havo aralashmasi yonganda ish jismining kimyoviy tarkibi ham o'zgaradi.

Texnik termodinamikada qaytar jarayonlar ko'rib chiqiladi. Ularni o'rganish issiqlikdan eng unumli foydalanish sharoitlarini aniqlashga imkon beradi.

Haqiqiy qaytmas jarayonlarni qaytar jarayonlarga taqqoslash yo'li bilan tajriba koeffitsiyentlari topiladi. Bu koeffitsiyentlar real jarayonlarga xos qo'shimcha nobud bo'ladigan issiqlikni hisobga oladi.

2.3. TERMODINAMIKA BIRINCHI QONUNINING TA'RIFI VA TENGLAMASI

1. Termodinamika birinchi qonunining ta'rifi

XVIII asrning oxiri va XIX asrning birinchi yarmida o'tkazilgan tajribalarning ko'rsatishicha, issiqlik energiyasining mexanik energiyaga aylanishida ma'lum miqdoriy bog'lanish bor. Gazlar kinetik nazariyasining M. V. Lomonosov aniqlagan asosiy qonun-qoidalari aniqlangan va keyinchalik bu nazariyaning rivojlanishi hamda o'tkazilgan tadqiqotlar energiyaning saqlanish, bir turdan ikkinchisiga aylanish qonunini aniqlash va tushuntirishga imkon berdi.

Texnik termodinamikada birinchi qonun quyidagicha ta'riflanadi: issiqlik va mexanik ish ekvivalentdir, ya'ni ma'lum miqdorda mexanik ish olish uchun bu ishga ekvivalent (teng) bo'lgan aniq miqdordagi issiqlik sarflanishi zarur.

Ekvivalentlik prinsipi umumiy holda quyidagicha yozilishi mumkin (Q va L bir xil birliklarda o'lchanganda):

$$Q=L, \quad (2.9)$$

bu yerda: Q - sarflangan issiqlik energiyasi miqdori; L- bajarilgan ish miqdori.

Mexanik energiyaning o'lchov birligi Joule bo'lib, u o'zgarmas 1 n kuchning 1 m masofada bajargan ishiga teng.

Issiqlik energiyasining o'lchov birligi qilib ham *Joule* qabul qilingan. Issiqlik o'lchov birliklari tizimiga kirmagan *kaloriyalarda* o'lchanadi. MKGSS sistemasida ish birligi qilib *kilogrammometr* (kG·m) qabul qilingan.

Ko'pgina tajribalarga asoslanib, kilogrammometrlardagi ish va kilokaloriyalardagi issiqlik orasida miqdoriy bog'lanish o'rnatilgan.

1 kkal issiqlik sarflanganda 427 kG·m ish bajariladi. Bundan ishning termik ekvivalenti:

$$A = \frac{1}{427} \text{ kkal}/(\text{kG} \cdot \text{m}) . \quad (2.10)$$

Amaliy hisoblarda dvigatelning quvvati kilovatt (kVt) yoki ot kuchi (o.k.) bilan o'lchanadi.

Ko'pincha energiya bir soat davomida bajariladigan ish qiymati bilan o'lchanadi. Bu holda energiyaning o'lchov birligi *ot kuchi soat yoki kilovatt soat* bo'ladi.

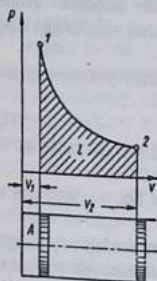
Amalda qo'llaniladigan issiqlik va ish birliklari orasidagi bog'lanishlar 2.1-jadvalda berilgan.

2.1-jadval

Issiqlik va ish birliklari orasidagi bog'lanish

O'lchov birliklari	kJ	kcal	kG·m	kVt·soat	o·k·soat
1 kJ	1	0.239	102	0.000278	0.000378
1 kcal	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

2. Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi



Silindrning A hajmidagi gaz bajaradigan jarayonni ko'rib chiqamiz (2.3- rasm). Umumiy holda, 1 kg ish jismiga q issiqlik berilib, porshen o'ng tomonga erkin siljiganda ish jismi tashqi kuchlarga qarshi l ish bajaradi. Bu ishga issiqlikning $q_1 = l$ qismini sarflaydi.

Ko'rilayotgan jarayonda ish jismiga berilayotgan issiqlikning faqat bir qismi ish bajarishga sarf bo'ladi. Gazning kengayishi (hajmning ortishi $v_2 > v_1$) bilan bir vaqtda uning temperaturasi oshadi ($T_2 > T_1$), chunki jismga berilgan issiqlikning bir qismi $q_2 = u_2$

2.3-rasm. Gazning bajargan ishini grafik usulda aniqlash $- u_1 = \Delta u$ gazning ichki energiyasining ortishiga sarf bo'ladi.

Oxirgi jarayonning nuqta 1 dan nuqta 2 gacha bunday o'tishida termodinamika birinchi qonunining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$q = q_1 + q_2 = \Delta u + l = c_v (T_2 - T_1) + l. \quad (2.11)$$

Agar c_v , q va u sistemaga kirmagan birlik kkal da ifodalansa, Al kG·m da o'lchanadi, bu holda (2.11) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$q = c_v (T_2 - T_1) + A/l.$$

Ish jismi holati cheksiz oz o'zgarganda termodinamikaning birinchi qonunini differensial tenglama bilan ifodalash mumkin

$$dq = du + dl, \quad (2.12)$$

bu yerda dq -ko'rilayotgan jarayonda ish jismiga beriladigan yoki undan olinadigan cheksiz oz miqdordagi issiqlik.

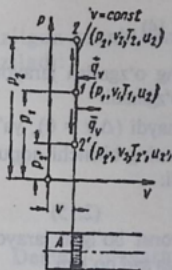
(2.10) va (2.11) tenglamalar har qanday siqish va kengayish jarayonlariga taalluqlidir.

Tenglamaning barcha hadlari musbat va manfiy qiymatlarni olishi mumkin. Masalan, kengayish jarayoni ko'rib chiqilayotgan bo'lsa, u holda gaz tashqi kuchlarga qarshi musbat ish (+l) bajaradi; siqish jarayonida tashqaridan ish (-l) sarflanadi.

Jarayon oxiridagi temperatura T_2 boshlang'ich temperatura T_1 dan katta bo'lsa, ichki energiya oshadi (+ ΔU); $T_2 < T_1$ bo'lsa, ichki energiya kamayadi (- ΔU).

Agar ish jismiga issiqlik berilsa, u holda q musbat qiymatga ega bo'ladi (+q), ish jismidan issiqlik olinsa, issiqlik q manfiy qiymatga ega bo'ladi (-q).

2.4. TERMODINAMIK JARAYONLAR



2.4-rasm. Izoxorik jarayonning bo'lishi mumkin.

p-V koordinatalarida tasviri

Issiqlik mashinalarida turli xil jarayonlar sodir bo'ladi. Bu jarayonlar vaqtida issiqlik beriladi va olinadi ($\pm q$), ichki energiya ortadi yoki kamayadi ($\pm \Delta U$). Tashqaridan issiqlik berilmaganda ($q=0$) ish faqat ichki energiya hisobiga bajarilishi mumkin yoki, aksincha, ichki energiya o'zgarmay qolganda ($\Delta U=0$) ish faqat berilayotgan issiqlik hisobiga bajariladi va nihoyat, ish jismi ish bajarmaganda ($l = 0$) ham jarayon

Bu jarayonlar quyida ko'rib chiqiladi.

1. Gaz holatining o'zgarmas hajmda o'zgarishi (izoxorik jarayon)

Silindrning (2.4-rasm) A hajmida 1 kg ish jismi joylashgan holni ko'rib chiqaylik. Porshen silindrda shunday mahkamlanganki, gazning

gazni isir o'lganda ham qimirlamaydi va binobarin, gazga issiqlik berilganda gaz hajmi o'sib borib, hajm A o'zgarmaydi. Jarayonni ifodalovchi tenglama quyidagicha yoziladi:

$$v = \text{const.} \quad (2.13)$$

Gazning nuqta 1 dagi boshlang'ich ko'rsatkichlarini p_1 ; T_1 ; v_1 ; u_1 bilan ifodalaymiz.

Ushqiridan ish jismiga q issiqlik beramiz. Bu holda, $v = \text{const}$ bo'lganda bosim, temperatura va unga mos ravishda ichki energiya ortib, issiqlik keltirish jarayonining oxiri (2' nuqta)da ko'rsatkichlar qiymati p_2 ; $v_2 = v_1$; T_2 va u_2 bo'ladi.

Agar shunga o'xshash sharoitlarda ish jismidan issiqlik olinsa, u holda bosim, temperatura va ichki energiya kamayadi. Shunda issiqlik keltirish jarayonining oxiri (2' nuqta) da gaz ko'rsatkichlarining qiymati p_2 ; $v_2 = v_1$; T_2 va u_2 bo'ladi.

$v = \text{const}$ bo'lgan jarayonda gaz ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanishni gazning ikki holati uchun yozilgan (1.12) xarakteristik tenglamadan olamiz.

1 nuqtada $p_1 v_1 = RT_1$; 2 nuqtada $p_2 v_2 = RT_2$. Ikkinchi tenglamani birinchi tenglamaga bo'lib va mazkur gaz uchun $R = \text{const}$ ekanligini nazarda tutib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.14)$$

Binobarin, o'zgaras hajmda gaz holatining o'zgarish jarayonida temperatura bosimga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi.

Ko'rib chiqilayotgan jarayonda gaz kengaymaydi ($\Delta v = 0$), ya'ni u ishlamaydi va $l = 0$. Bu holda termodinamikaning birinchi qonunini ifodalovchi (2.11) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$q_v = \Delta u = c_v (T_2 - T_1) \quad (2.15)$$

(2.14) tenglamadan ko'rinib turibdiki, $v = \text{const}$ bo'lgan jarayonda hamma issiqlik faqat ichki energiyani o'zgarishiga sarf bo'ladi.

G kg gaz uchun

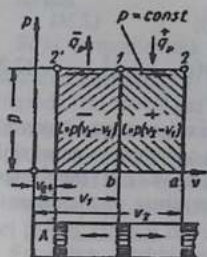
$$Q_v = \Delta U = G c_v (T_2 - T_1) \quad (2.16)$$

12 jarayonda issiqlik ish jismidan olinganda, jarayon oxiridagi gaz ko'rsatkichlarini aniqlash uchun ham (2.14) va (2.16) tenglamalardan foydalanish kerak.

+ ishora jarayonda ish jismiga issiqlikning keltirilishini va bunga mos ravishda ichki energiyani ortirishini ko'rsatadi, - ishora esa jarayon vaqtida issiqlikning olinishini va unga mos ravishda ichki energiyani

kamayishini ko'rsatadi. Bu ishoralar jarayonning oxiri va boshidagi temperaturalar qiymatini (2.15) va (2.16) tenglamalarda yozilganidek tartibda qo'yib, bir xilda aniqlanadi.

2. Gaz holatining o'zgarmas bosimda o'zgarishi (izobarik jarayon)



12 jarayonida (2.5 rasm) silindrning A hajmidagi 1 kg gazga q_p miqdorda issiqlik keltiramiz. Ko'rib chiqilayotgan jarayonda porshen erkin harakat qila oladi va issiqlik shunday miqdorda berilishi kerakki, 12 kengayish jarayoni o'zgarmas bosim ostida o'tsin. Shunga o'xshash, 12' jarayonida issiqlik shunday miqdorda olinishi kerakki, siqish jarayoni ham o'zgarmas bosimda bajarilsin.

Jarayonni ifodalovchi tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$p = \text{const.} \quad (2.17)$$

2.5- rasm. Izobarik jarayonning
p-V koordinatalarida tasviri

O'zgarmas bosimda bajariladigan jarayondagi ko'rsatkichlar orasidagi bog'lanish gazning ikki holati uchun

yozilgan xarakteristik (1.12) tenglama asosida quyidagicha yoziladi:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.18)$$

va

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.19)$$

Demak, o'zgarmas bosimda bajariladigan jarayonda gazning temperaturasi hajmga to'g'ri proporsional, zichligi esa temperaturaga teskari proporsional ravishda o'zgaradi.

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta u = c_v \cdot (T_2 - T_1). \quad (2.20)$$

Jarayonda bajarilgan ish *12ab1* yuza bilan o'lchanadi,

$$l = p(v_2 - v_1), \quad (2.21)$$

lekin $p v = RT$.

Shuning uchun

$$l = R(T_2 - T_1). \quad (2.22)$$

Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi $p = \text{const}$ bo'lgan jarayon uchun quyidagicha yoziladi:

$$q_p = \Delta u + l = c_v \cdot (T_2 - T_1) + p(\nu_2 - \nu_1) \quad (2.23)$$

G kg gaz uchun

$$L = G_p \cdot (\nu_2 - \nu_1) = GR(T_2 - T_1); \quad (2.24)$$

$$Q_p = G \cdot [c_v \cdot (T_2 - T_1) + p(\nu_2 - \nu_1)]. \quad (2.25)$$

Shuni qayd qilish kerakki, issiqlik berilishini va gazning ish bajarishini ko'rsatuvchi + ishora yoki gazdan issiqlikning olinishini va gazni siqish uchun ish sarflanishini ko'rsatuvchi - ishora (2.20) va (2.21) formulalarga jarayonning oxiri va boshlanishidagi temperatura va hajmlarning qiymatlarini qo'yib aniqlanadi.

(2.22) tenglamadan quyidagini olamiz:

$$R = \frac{l}{T_2 - T_1}, \text{ J/(kg)}. \quad (2.26)$$

Agar $T_2 - T_1 = 1^\circ$ bo'lsa, u holda $l = R$ bo'ladi. Demak, gaz doimiysining son qiymati 1 kg ideal gazning $p = \text{const}$ bo'lgan jarayonda temperatura 1° o'zgarganda bajarigan ishiga teng.

Agar gazning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi ma'lum bo'lsa, $p = \text{const}$ bo'lgan jarayonda berilgan yoki olingan issiqlik miqdorini quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin:

$$q_p = c_p (T_2 - T_1). \quad (2.27)$$

(2.20), (2.22), (2.27) va (2.15) tenglamalardan foydalanib, o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi bilan o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi orasidagi bog'lanishni topamiz:

$$q_p - q_v = c_p (T_2 - T_1) - c_v (T_2 - T_1),$$

bu yerdan Mayer tenglamasi kelib chiqadi:

$$c_p - c_v = R. \quad (2.28)$$

1 kmol ideal gaz uchun:

$$\mu \cdot c_p - \mu c_v = \mu R. \quad (2.29)$$

SI sistemasi birliklarida hisoblanganda

$$\mu \cdot c_p - \mu c_v = 8,314 \text{ kJ/(kmol} \cdot \text{grad)}$$

bo'ladi.

Hisoblashda issiqlik birligi qilib kaloriya olingan bo'lsa,

$$\mu c_p - \mu c_v = 1,986 \approx 2 \text{ kkal/(kmol} \cdot \text{grad)}$$

bo'ladi.

Ba'zi termodinamik qiymatlarni aniqlashda, ko'pincha, $\frac{c_p}{c_v} = k$ nisbatidan foydalaniladi. Ideal gaz uchun issiqlik sig'imi o'zgarmas deb olinganda ikki atomli gaz uchun (masalan, havo) $k=1,41$, uch atomli va ko'p atomli gazlar uchun esa $k = 1,29$ bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatilganidek, gazning har qanday holati p , v , T va u ko'rsatkichlar bilan tasvirlanadi.

Amalda, ko'pincha ish jismining holatini tasvirlash uchun entalpiya, ya'ni issiqlik saqlami deb ataluvchi ko'rsatkich qo'llaniladi.

Entalpiya -i ichki energiya bilan bosimning hajmga ko'paytmasi yig'indisiga teng, ya'ni 1 kg gaz uchun

$$i = u + pv, \text{ kJ yoki kkal/kg.} \quad (2.30)$$

(2.30) tenglamaga $u=C_v \cdot T$ va $RT=pv$ larni qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$i = (c_v + R)T,$$

yoki (2.28) tenglamaga binoan

$$i = c_p T, \quad (2.31)$$

bo'ladi.

Demak, entalpiya son qiymati jihatdan gazni T temperaturagacha qizdirish uchun unga o'zgarmas bosim ostida berish zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng. Agar $p=\text{const}$ bo'lgan jarayonda gazning boshlang'ich T_1 va oxirgi T_2 temperaturalari ma'lum bo'lsa, u holda berilgan issiqlik miqdori

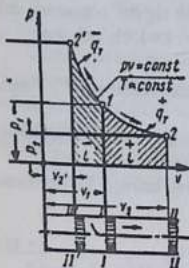
$$q_p = i_2 - i_1 = c_p (T_2 - T_1) \quad (2.32)$$

bo'ladi.

(2.27) tenglamadan aniqlanadigan q_p ning qiymati son jixatidan ish jismining boshlang'ich va oxirgi holatlari entalpiyalarining ayirmasiga teng.

3. Gaz holatining o'zgarish temperaturada o'zgarishi (izotermik jarayon)

Kengayish jarayoni 12 da (2.6-rasm) issiqlik shunday keltiriladiki, bunda gaz ish bajaradi, lekin uning temperaturasi o'zgarishdan qoladi. Xuddi shunga o'xshash siqish jarayoni 12' da issiqlik shunday olinadiki, gazni siqish uchun ish o'zgarish temperaturada sarflanadi. $T = \text{const}$ bo'lganda gazning ikki holati uchun yozilgan xarakteristik tenglamadan $p_1 v_1 = p_2 v_2 = RT$ ni olamiz.



2.6-rasm. Izotermik jarayon p-V koordinatalarida tasviri

yozamiz. $T = \text{const}$ bo'lganda ichki energianing o'zgarishi $\Delta u = 0$, demak,

$$q_T = l \quad (2.35)$$

(2.35) tenglamaga binoan, izotermik kengayish jarayoni 12 da beriladigan barcha issiqlik gazning foydali ish bajarishiga sarf bo'ladi. 12' siqish jarayonida siqishga sarf bo'ladigan barcha ish son jihatidan shu jarayonda gazdan olingan issiqlikka teng.

1 kg gazning kengayishi yoki uni siqishda bajarilgan ish

$$l = 2,303 RT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.36)$$

Agar jarayonda G kg gaz qatnashayotgan bo'lsa, u holda kengayish ishi

$$L = G \cdot l = 2,303 GRT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 G \cdot p_1 \cdot v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (2.37)$$

bo'ladi.

Binobarin izotermik jarayon tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$p \cdot v = \text{const}.$$

$$(2.33)$$

Izotermik jarayon 12 dagi ko'rsatkichlar orasidagi bog'lanish (2) tenglamaga binoan quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (2.34)$$

(2.33) tenglama p-V koordinatalarida teng tomonli giperbolabo'ladi.

Ko'rilyotgan jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasini

ichki energianing o'zgarishi $\Delta u = 0$, demak,

$$(2.35)$$

(2.35) tenglamaga binoan, izotermik kengayish jarayoni 12 da beriladigan

barcha issiqlik gazning foydali ish bajarishiga sarf bo'ladi. 12' siqish jarayonida

siqishga sarf bo'ladigan barcha ish son jihatidan shu jarayonda gazdan olingan

issiqlikka teng.

1 kg gazning kengayishi yoki uni siqishda bajarilgan ish

$$l = 2,303 RT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.36)$$

Agar jarayonda G kg gaz qatnashayotgan bo'lsa, u holda kengayish ishi

$$L = G \cdot l = 2,303 GRT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 G \cdot p_1 \cdot v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (2.37)$$

bo'ladi.

4. Gaz holatining issiqlik berilmaydigan va issiqlik olinmaydigan jarayonda o'zgarishi (adiabatik jarayon)

Ish jismi tashqi muhitdan issiqlik jihatidan butunlay izolyatsiyalangan hajmda joylashganda sodir bo'ladigan jarayonni ko'rib chiqamiz. Bu holda jismga issiqlik berilmaydi ham, undan issiqlik olinmaydi ham ($dq=0$).

Ish jismi bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashinmay sodir bo'ladigan bunday jarayon adiabatik jarayon deyiladi. 2.7-rasmda p-V koordinatalarida adiabatik jarayon ko'rsatilgan. Termodinamika birinchi qonunining differensial tenglamasini $dq=0$ deb integrallaymiz va uni soddalashtirib, adiabatik jarayonning quyidagi tenglamasini hosil qilamiz:

$$pv^k = \text{const}, \quad (2.38)$$

bu yerda adiabata ko'rsatkichi;

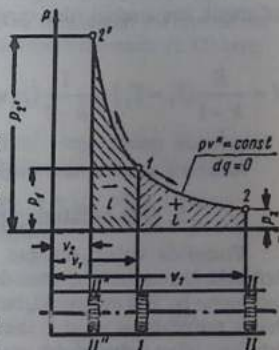
$$k = \frac{c_p}{c_v}.$$

Gazning boshlang'ich va oxirgi holatlari uchun bosim bilan hajm orasidagi bog'lanish, (2.38) tenglamaga binoan quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k. \quad (2.39)$$

Xarakteristik tenglamadan foydalanib, temperatura bilan hajm orasidagi bog'lanishni topamiz:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}. \quad (2.40)$$



2.7-rasm. Adiabatik jarayonning p-V koordinatalarida tasviri

1 kg gazning 12 kengayish jarayoni gaz bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashmasdan sodir bo'lib, ish faqat ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi. Siqish jarayonida (12' egri chiziq) ham gaz bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashinmaydi va gazning energiyasi oshadi. Haqiqatan ham, termodinamika birinchi qonunining $dq=0$, binobarin, $q=0$ bo'lgandagi jarayon uchun chiqarilgan tenglamasidan

$$\Delta u + l = 0 \quad (2.41)$$

yoki $l = c_v(T_1 - T_2)$ bo'ladi. G kg gaz uchun:

$$L = Gc_v(T_1 - T_2). \quad (2.42)$$

(2.41) tenglamani boshqacha ko'rinishda ham yozish mumkin. Buning uchun (2.38) tenglamaning o'ng va chap tomonlarini c ga bo'lamiz:

$$\frac{c_p}{c_v} - 1 = \frac{R}{c_v} \quad \text{yoki} \quad k - 1 = \frac{R}{c_v}$$

bundan

$$c_v = \frac{R}{k - 1} \quad (2.43) \text{ bo'ladi.}$$

Bu qiymatni (2.41) tenglamadagi c ning o'rniga qo'yamiz. Bu holda adiabatik jarayondagi ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$l = \frac{R}{k - 1}(T_1 - T_2) = \frac{1}{k - 1}(p_1 v_1 - p_2 v_2) = \frac{p_1 v_1}{k - 1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \quad (2.44)$$

Adiabatik siqishda ham tenglama xuddi shu ko'rinishda bo'ladi.

5. Gaz holatining politropik o'zgarish jarayoni

Yuqorida ko'rib o'tilgan jarayonlarda gaz holatini ifodalovchi ko'rsatkichlardan biri o'zgarmas deb olingan edi. Issiqlik dvigatellarida shunday jarayonlar bo'lishi mumkinki, bunda gazning hamma ko'rsatkichlari (bosim, hajm, temperatura va ichki energiya) o'zgaruvchan bo'ladi va ayni vaqtda ish jismi bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashinadi.

Texnik termodinamikada ko'rib chiqiladigan jarayonlarda issiqlikning ichki energiyaning o'zgarishiga sarflanadigan ulushi $\varphi = \frac{\Delta U}{q}$ va ish bajarishga

sarflanadigan ulushi $1 - \varphi = \frac{l}{q}$ butun jarayon davomida o'zgarmay qoladi.

Bular politropik jarayonlar deyiladi va ularning tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$pv^n = \text{const.} \quad (2.45)$$

Politropa ko'rsatkichi n jarayonning bajarilish xarakteriga bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$l = \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (2.51)$$

Politropik jarayonda berilgan va olingan issiqlik miqdori termodinamikaning birinchi qonuniga binoan quyidagicha aniqlanadi:

$$q = c(T_2 - T_1) = \Delta u + l = c_v(T_2 - T_1) + l. \quad (2.52)$$

Politropik jarayon umumlashtiruvchi jarayondir. Politropa ko'rsatkichi n ning qiymatiga qarab, yuqorida ko'rib o'tilgan jarayonlarni olish mumkin; bular politropik jarayoning xususiy hollaridir (2.8-rasm).

(2.45) tenglamani quyidagicha ko'chirib yozish mumkin:

$$p^{\frac{1}{n}} v = \text{const}.$$

$n = \pm \infty$ deb qabul qilamiz. U holda $\rho^0 v = v = \text{const}$.

Demak, $n = \pm \infty$ 15 va 15' jarayonlari bo'lganda politropik jarayonning xususiy holini, ya'ni o'zgarmas hajmdagi jarayonni olamiz.

Agar $n = 0$ bo'lsa, $p v^0 = \text{const}$ yoki $p = \text{const}$ (12 va 12' jarayonlar) bo'lib, politropik jarayonning xususiy holi, ya'ni o'zgarmas bosimdagi jarayonni olamiz. Agar $n = 1$ bo'lsa, $p = \text{const}$, ya'ni izotermik jarayon (13 va 13' jarayonlar) hosil bo'ladi: $n = k$ bo'lsa, $p v^k = \text{const}$, ya'ni adiabatik jarayon (14 va 14' jarayonlar) hosil bo'ladi.

Ichki yonuv dvigatellarida shtrixlanmagan sohadagi kengayish ($\Delta v > 0$) va siqish ($\Delta v < 0$) jarayonlari sodir bo'ladi.

Adiabatadan o'ngda joylashgan ($n = k$) politropik jarayonlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, siqish (14' egri chiziq) yoki kengayish (14 egri chiziq) jarayonlarining qaysi biri bajarilayotganidan qat'i nazar, issiqlik ish jismiga keltiriladi. Adiabatadan chapda joylashgan politropik jarayonda esa issiqlik ish jismidan olinadi.

Izotermadan o'ngda boradigan 13 yoki 13' politropik jarayonlar ($n = 1$) uchun temperaturaning, binobarin, ichki energiya ham ortishi xarakterlidir. Izotermadan chapda boradigan politropik jarayonlar uchun temperatura va ichki energiya kamayishi xarakterli.

Izobara ($n = 0$) va izoterma ($n = 1$) orasida boruvchi politropik jarayonlarning ko'rsatkichi $1 > n > 0$ atrofida bo'ladi; izoterma bilan adiabata oralig'ida ($n = k$) politropa ko'rsatkichi $k > n > 1$ atrofida; adiabata bilan izoxora ($n = \infty$) oralig'ida esa $\infty > n > k$ chegarada bo'ladi.

Politropani p - v koordinatalarida qurish uchun boshlang'ich ko'rsatkichlar p_1 va v_1 ni bilgan holda, hajmning oraliq qiymatlari v_x ni qo'yib, bosimlarni politropa tenglamasidan aniqlash lozim:

$$p_x = p_1 \left(\frac{v_1}{v_x} \right)^n.$$

Adiabata jarayoni uchun $n=k$, izotermik jarayon uchun esa $n=1$.

2.5. IDEAL GAZ ENTROPIYASI HAQIDA TUSHUNCHA

Issqlik dvigatellarini hisoblashda, ko'pincha, ish jismi holatini tasvirlaydigan va entropiya deb ataladigan (s harfi bilan belgilanadigan) ko'rsatkichdan ham foydalaniladi. Entropiyaning orttirishi quyidagi differensial tenglamadan aniqlanadi:

$$ds = \frac{dq}{T},$$

bundan

$$dq = Tds.$$

Har qanday 12 jarayonda entropiyaning o'zgarishi quyidagicha (2.9-rasm)

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T}. \quad (2.53)$$

12 jarayonda berilgan (yoki olingan) issqlik miqdori:

$$q = \int_1^2 Tds. \quad (2.54)$$

(2.53) formuladan ma'lumki, entropiya SI sistemasida $J/(kg \cdot grad)$ birligida o'lchanadi, kaloriyada berilganda esa $kcal/(kg \cdot grad)$ da o'lchanadi.

Termodinamika birinchi qonunining tenglamasidan foydalanib, (2.53) tenglamadan har qanday jarayon uchun entropiyaning o'zgarishini ko'rsatuvchi ifodani hosil qilish mumkin.

$$s_2 - s_1 = 2,303c_v \cdot \lg \frac{T_2}{T_1} + 2,303R \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (2.55)$$

$$\text{yoki} \quad s_2 - s_1 = 2,303c_p \lg \frac{T_2}{T_1} - 2,303R \lg \frac{p_2}{p_1} \quad (2.56)$$

$$\text{yoki} \quad s_2 - s_1 = 2,303c_v \lg \frac{p_2}{p_1} + 2,303c_p \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (2.57)$$

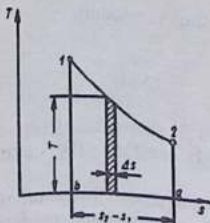
Har qanday jarayonni taxlil qilish uchun absissalar o'qi bo'ylab entropiya s , ordinatalar o'qi bo'ylab esa temperatura T qo'yilgan koordinatalar sistemasidan foydalanish qulay bo'ladi. Bunday koordinatalar sistemi entropiya yoki issiqlik diagrammasi deyiladi.

T-s koordinatalarda ixtiyoriy 12 jarayonni ko'rib chiqamiz (2.9-rasm).

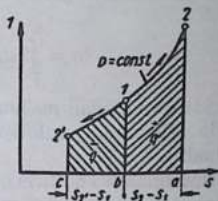
Entropiyaning cheksiz kichik orttirmasi Δs ga ega bo'lgan uchastka ajratamiz, bunda ish jismining temperaturasi T ga teng. Bu holda yuza

$T \cdot \Delta s$ ning qiymati gaz holatining o'zgarishini ifodalovchi shu cheksiz kichik uchastkada berilgan issiqlik miqdoriga ekvivalent bo'ladi, ya'ni $\Delta q = T \cdot \Delta s$. Agar hamma kichik yuzalarni qo'shib chiqsak, u holda 12 jaryonda berilgan issiqlikning umumiy miqdoriga ekvivalent bo'lgan 12a b1 yuzani hosil qilamiz.

(2.53) tenglamaga binoan entropiya orttirmasining ishorasi issiqlikning o'zgarish ishorasiga o'xshaydi, chunki temperatura har doim musbatdir.



2.9-rasm. Jarayonning T-s koordinatalarida tasviri



2.10-rasm. Izobarik jarayonning T-s koordinatalarida tasviri

Demak, entropiyaning orttirmasi mavjud bo'lsa, bunda ish jismiga issiqlik beriladi; agar entropiya kamaysa, u holda issiqlik ish jismidan olinadi.

Alohida jarayonlarning borishini T - s koordinatalarida ko'ramiz.

Izobara jarayonining kechishi 2.10-rasmda ko'rsatilgan. $p = \text{const}$ bo'lganda (2.56) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$(s_2 - s_1)_p = 2,303c_p \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (2.58)$$

Bu tenglamadan foydalanib, hamda T ga T_1 dan katta yoki kichik turli qiymatlar berib, T - s koordinatalar tizimida $p = \text{const}$ egri chizig'ini qurish mumkin. 2.10-rasmda ko'rsatilgan, 12 jarayon uchun berilgan issiqlik miqdori 12ab1 yuzaga ekvivalentdir. 12 jarayon uchun ish jismidan olingan issiqlik miqdori 1c2'l yuzaga ekvivalentdir. $v = \text{const}$ jarayonini (2.55) tenglamadan foydalanib, T - s koordinatalarida qurish mumkin. Bu tenglama izoxora jarayoni uchun quyidagicha bo'ladi:

$$(s_2 - s_1)_v = 2,303c_v \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (2.59)$$

T - s koordinatalarida bu jarayonning borishi 2.11-rasmda ko'rsatilgan. 12 jarayonda ish jismiga berilgan issiqlik miqdori 12ab1 yuzaga ekvivalent, 12 jarayonda olingan issiqlik miqdori esa 12'cb1 yuzaga ekvivalent.

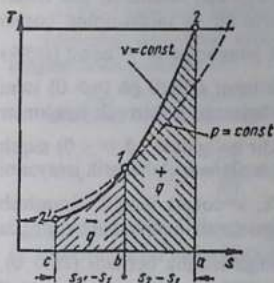
$c_p > c_v$ bo'lgani uchun (2.58) va (2.59) formulalarni o'zaro taqqoslashdan ko'rinadiki, bir xil temperaturalar intervalida entropiyaning

orttirmasi $s_2 - s_1$, $v = \text{const}$ jarayonida $p = \text{const}$ jarayonidagiga nisbatan kichik bo'ladi. Demak, $v = \text{const}$ egri chiziri $p = \text{const}$ egri chizig'iga nisbatan tikroq ketadi.

Izotermik jarayon $T = \text{const}$ T - s koordinatalarida abssissalar o'qiga parallel to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi (2.12-rasm). Bu jarayonda entropiyaning o'zgarishi (2.55) yoki (2.56) tenglamalardan aniqlanishi mumkin:

$$(s_2 - s_1)_T = 2,303R \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303R \lg \frac{p_1}{p_2}. \quad (2.60)$$

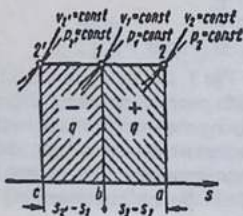
2.11-rasm. Izoxorik jarayonning T - s koordinatalarida tasviri



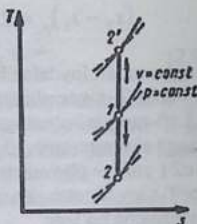
12 jarayonda berilgan issiqlik miqdori

12ab1 yuzaga, 12' jarayonda olingan issiqlik miqdori esa, 12cb1 yuzaga proporsionaldir.

Shuni qayd qilishimiz kerakki, abssissalar o'qi bo'ylab ikki izoxora 1 va 2 yoki ikki izobara p_1 va p_2 orasidagi masofa (2.60) tenglama bilan aniqlanadi. Demak, izoxora bilan izobara ekvidistant joylashadi.



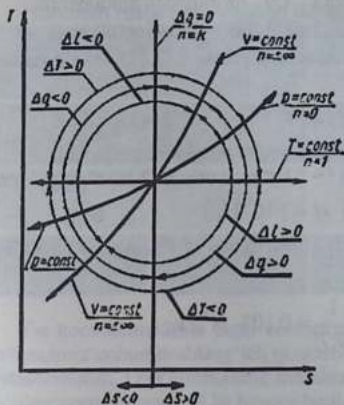
2.12-rasm. Izotermik jarayonning T-s koordinatalarida tasviri



2.13-rasm. Adiyatik jarayonning T-s koordinatalarida tasviri

Adiyatik jarayonda $\Delta q=0$ bo'lgani uchun $\Delta s=0$, ya'ni bu jarayonda entropiya o'zgarmaydi (2.13- rasm). T-s koordinatalarida adiyatik jarayon ordinatalar o'qiga parallel chiziq bilan tasvirlanadi. Gazni siqishda (12' jarayon) uning temperaturasi ortadi, kengayishda (12 jarayon) esa pasayadi.

2.14-rasmda T-s koordinatalarida siqish va kengayish jarayonlarining xususiy hollari ko'rsatilgan. Keltirilgan chegaraviy sharoitlar gaz holati parametrlarining qaysi yo'nalishda o'zgarishini va jarayonning borish xarakterlarini ko'rsatadi. Barcha politropik jarayonlar $v = \text{const}$ ($n=\infty$) chizig'idan o'ng tomonda sodir bo'lganda hajm oshadi ($\Delta v > 0$) ya'ni gaz kengayib, tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi; politropik jarayonlar $v = \text{const}$ chizig'idan chap tomonda sodir bo'lganda ($\Delta v < 0$) siqish jarayonlari bajarilib, ularga tashqaridan ish sarflanadi. Adiyatik jarayonni xarakterlovchi egri chiziqlar ($\Delta q=0$, $n=k$, $s=\text{const}$) issiqlik almashish sodir bo'ladigan jarayonlar sohasini chegaralaydi; adiyatadan o'ngda joylashgan politropik jarayonlarda ish jismiga issiqlik beriladi ($\Delta s > 0$), chapda joylashgan politropik jarayonlarda esa ish jisimidan issiqlik olinadi ($s < 0$). Izotermik jarayonlarni xarakterlovchi egri chiziqlar ($T=\text{const}$; $n=1$) bilan chegaralangan sohada temperatura va ichki energiyaning o'zgarishi



2.14-rasm. Ayrim jarayonlarning T-s koordinatalarida analizi

bilan bog'liq jarayonlar sodir bo'ladi.

1-misol. Hajmi $V = 1,0 \text{ m}^3$ =const bo'lgan yopiq idish havo bilan to'ldirilgan. Idishga o'rnatilgan manometr va termometr bosim $p = 7 \text{ bar} = 7 \text{ kG/sm}^2$ va temperatura $t_1 = 15^\circ\text{S}$ ekanligini ko'rsatdi.

Idish qizdirilib, issiqlik berish jarayonining oxirida idishdagi havoning temperaturasi $t = 100^\circ\text{S}$ ga yetkazildi.

Havoning massasi G_h issiqlik berish jarayonining oxiridagi bosim P_2 , shuningdek, ko'rilayotgan jarayonda ichki energiya u entalpiya Δi va entropiya

Δs larning o'zgarishi aniqlansin.

Jarayonlar sxematik ravishda p-V va T-s koordinatalarida quriladi. Hisoblashda quyidagilar qabul qilinadi:

$$c_v = 0,712 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{grad)} = 0,17 \text{ kkal/(kg} \cdot \text{grad)}; \quad c_p = 1,004 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{grad)} = 0,24 \text{ kkal/(kg} \cdot \text{grad)}; \quad R_h = 287 \text{ kG/(kg} \cdot \text{grad)} = 29,27 \text{ kG} \cdot \text{m/(kg} \cdot \text{grad)},$$

$$\text{barometrik bosim } p_0 = 1 \text{ kG/sm}^2 = 0,981 \text{ bar.}$$

Idishdagi havoning qizdirishdan oldingi absolyut bosimini (1.6) tenglamadan aniqlaymiz:

$$p_{\text{abs}} = p_1 = p_0 + p_{\text{man}} = 1 + 7 = 8 \text{ kG/sm}^2 \approx 8 \text{ bar} \approx 8 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2.$$

Idishdagi havoning miqdorini (1.13) ifodadan aniqlaymiz:

$$G_h = \frac{pV}{RT} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 1}{287(273 + 15)} = 9,7 \text{ kg.}$$

Qizdirish jarayonining oxiridagi havo bosimini $V = \text{const}$ bo'lganda (2.14) formula bo'yicha hisoblaymiz:

$$p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8 \frac{273 + 100}{273 + 15} = 10,3 \text{ bar} = 10,3 \text{ kG/sm}^2.$$

Ichki energiyaning orttirmasini (2.15) formuladan aniqlaymiz:

$$\Delta U = G_h c_v (T_2 - T_1) = 9,7 \cdot 0,712 (373 - 288) = 586 \text{ kJ} = 197 \text{ kkal}.$$

G kg havo uchun entalpiyaning orttirmasini (2.32) tenglamadan topamiz:

$$\Delta i = G_h c_p (T_2 - T_1) = 9,7 \cdot 1,004 \cdot 85 = 825 \text{ kJ} = 197 \text{ kkal}.$$

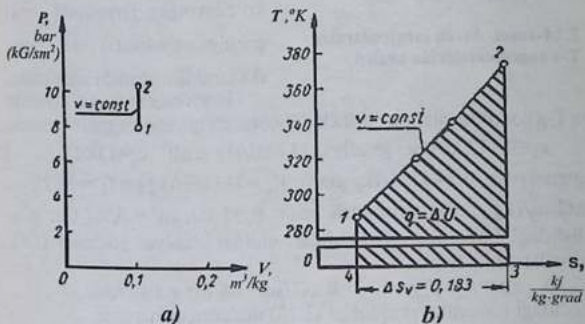
Jarayon davomida havoga berilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz.

$V = \text{const}$ bo'lgan jarayonda ish $l = 0$ bo'lgani uchun (2.16) ifodaga ko'ra

$$Q_v = \Delta U = 586 \text{ kJ} = 140 \text{ kkal} \quad \text{bo'ladi.}$$

Jarayonni p-V koordinatalarida qurish uchun (2.15-rasm, a) havoning solishtirma hajmini aniqlaymiz:

$$v_h = \frac{V}{G_h} = \frac{1}{9,7} = 0,103 \text{ m}^3 / \text{kg}$$



2.15-rasm. $V = \text{const}$ dagi jarayonning p-V va T-s koordinatalarida tasviri

Jarayonni T-s koordinatalarida qurish uchun (2.15-rasm, b) (2.59) tenglamadan foydalanamiz.

Temperaturalarning $T_1 = 288^\circ \text{ K}$ dan to $T_2 = 373^\circ \text{ K}$ gacha bo'lgan oraliqda ikki oraliq qiymati 320 va 340° K ni olib, ular uchun s ning qiymatini hisoblaymiz.

Hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga yozamiz:

$\frac{T}{T_1}$	$\lg \frac{T}{T_1}$	Δs	
		$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$	$\text{kkal}/(\text{kg} \cdot \text{grad})$
$\frac{320}{288}$	0,046	0,075	0,018
$\frac{340}{288}$	0,072	0,118	0,0233
$\frac{373}{288}$	0,112	0,183	0,044

T-s koordinatalarida faqat entropiyaning orttirmasini aniqlamoqchi bo'lganimiz uchun boshlang'ich nuqtani abssissalar o'qi bo'yicha ixtiyoriy joylashtiramiz. Diagrammaning masshtabini hisobga olganda 1234 yuza ko'rilyotgan jarayonda 4 kg havoga berilgan issiqlik miqdorini aniqlaydi.

2-misol. Harakatlanuvchi porshenli silindr ichida $G_h = 2,5$ kg havo bor. Havoning bosimi $p=8 \text{ bar} \approx 8 \text{ kG/sm}^2$; uning temperaturasi jarayon boshlanishida $t_1=15^\circ\text{S}$ ga teng. O'zgarmas bosimda ($p=\text{const.}$) havo $t_2=100^\circ\text{S}$ gacha qizdiriladi.

Berilgan issiqlik miqdori, ichki energiya o'zgarishi, bajarilgan ish, ichki energiya o'zgarishiga va ish bajarishga sarflangan issiqlik ulushi, entalpiya va entropiyalarning o'zgarishi, shuningdek, jarayonlarning boshlanishi va oxiridagi havoning solishtirma hajmi aniqlansin.

c_p va c_v qiymatlari 1-misolda berilgan. G_h kg havoga berilgan issiqlik miqdori (2.27) tenglamaga ko'ra

$$Q_p = c_p G_h (T_2 - T_1) = 1,004 \cdot 2,5 (373 - 288) = 213 \text{ kJ} = 51 \text{ kkal}$$

bo'ladi.

G_h kg havo uchun ichki energiya o'zgarishi (2.15) tenglamadan:

$$\Delta U = c_v G_h (T_2 - T_1) = 0,712 \cdot 2,5 \cdot 85 = 152 \text{ kJ} = 36,5 \text{ kkal}.$$

G_h kg havo uchun bajarilgan ish (2.23) tenglamadan:

$$L = Q - \Delta U = 213 - 152 = 61 \text{ kJ} = 14,5 \text{ kkal}.$$

Ichki energiya o'zgarishiga sarf bo'lgan issiqlik ulushi:

$$\frac{\Delta U}{Q} \cdot 100 = \frac{61}{213} 100 = 71,4 \%$$

Tashqi ish bajarishga sarflangan issiqlik ulushi:

$$\frac{L}{Q} \cdot 100 = \frac{61}{213} \cdot 100 = 28,6\%.$$

$p = \text{const}$ bo'lgan jarayonda entalpiyaning o'ttirmasi son jihatidan havoga berilgan issiqlikka teng:

$$\Delta l = c_p G_h (T_2 - T_1) = Q = 213 \text{ kJ} = 51 \text{ kkal}.$$

Jarayonning boshi va oxirida havoning solishtirma hajmi:

$$v_1 = \frac{RT_1}{p} = \frac{287 \cdot 288}{8 \cdot 10^5} = 0,103 \text{ m}^3 / \text{kg};$$

$$v_2 = \frac{287 \cdot 288}{8 \cdot 10^5} = 0,132 \text{ m}^3 / \text{kg}.$$

Entropiyaning o'ttirmasini (2.58) tenglamadan hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \Delta s_p &= 2,303 c_p \lg \frac{T_2}{T_1} = 2,303 \cdot 1,004 \lg \frac{373}{288} = 0,258 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{grad}) = \\ &= 0,062 \text{ kkal} / (\text{kg} \cdot \text{grad}). \end{aligned}$$

$p - V$ va $T - s$ koordinatalarida qurilgan jarayon 2.16-rasm, a va b da ko'rsatilgan. $T - s$ koordinatalaridagi to'g'ri burchakning yuzi 12 jarayonda havo bajargan ishga ekvivalentdir. $T - s$ koordinatalaridagi (2.17-rasm, b) 1234 yuza diagrammaning masshtabini hisobga olib hisoblansa, havoga berilgan issiqlik miqdoriga ekvivalent va 12 jarayonda entalpiyaning o'ttirmasiga son jihatidan teng bo'ladi.

3-misol. Harakatlanuvchi porshenli silindrda 0,2 kg havo kengaymoqda. Ayni vaqtda havoga issiqlik shunday miqdorda berilsinki, kengayish jarayonida havoning temperaturasi o'zgarmasin (izotermik jarayon).

Havoning boshlang'ich ko'rsatkichlari: $p_1 = 15 \text{ bar} = 15 \text{ kG/sm}^2$ va $T_1 = 800^\circ \text{K} = \text{const}$. Kengayish jarayonining oxirida $p_2 = 1 \text{ bar} = 1 \text{ kG/sm}^2$.

Jarayon boshida va oxirida havoning to'la va solishtirma hajmi, kengayishda bajargan ishi, berilgan issiqlik miqdori va entropiyaning o'zgarishi aniqlansin. Jarayon $p - V$ va $T - s$ koordinatalarida qurilcin.

Jarayon boshida va oxirida havoning to'la hajmi (1.13) tenglamadan topiladi:

$$V_1 = \frac{GRT}{p_1} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 800}{15 \cdot 10^5} = 0,0306 \text{ m}^3,$$

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,0306 \cdot \frac{15}{1} = 0,459 \text{ m}^3.$$

Jarayon boshida va oxirida havoing solishtirma hajmi:

$$v_1 = \frac{V_1}{G} = \frac{0,0306}{0,2} = 0,153 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$v_2 = \frac{0,459}{0,2} = 2,295 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Havoning kengayishida bajargan ishi (2.37) tenglamadan aniqlanadi:

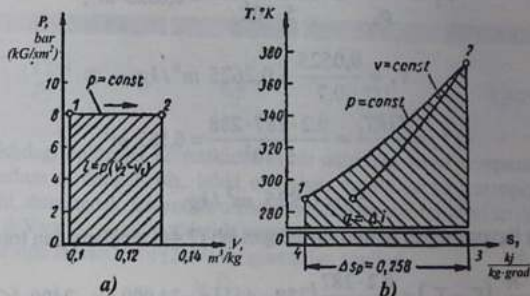
$$\begin{aligned} L &= 2,303 p_1 V_1 \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 \cdot 15 \cdot 10^5 \cdot 0,0306 \lg 15 = \\ &= 122 \cdot 10^3 \text{ j} \approx 122 \cdot 10^2 \text{ kG} \cdot \text{m}. \end{aligned}$$

Izotermik jarayonda $\Delta U = 0$, demak, $Q = L = 122 \text{ kJ} = 29,2 \text{ kkal}$.

Entropiyaning orttirilishi (2.60) tenglamadan:

$$\begin{aligned} \Delta s_T &= 2,303 R \cdot \lg \frac{p_1}{p_2} = 2,303 \cdot 287 \cdot \lg \frac{15}{1} = 780 \text{ j}/(\text{kg} \cdot \text{grad}) \\ &= 0,78 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad}). \end{aligned}$$

Izotermik jarayonni $p - V$ koordinatalarida qurish uchun bosimning uchta oraliq qiymatini olib, ularga mos bo'lgan havoning solishtirma hajmini hisoblaymiz. Ma'lumotlarni jadvalga yozamiz:



2.16-rasm. $p = \text{const}$ dagi jarayonning $p - V$ va $T - s$ koordinatalarida tasviri

$p_0, \text{ bar}$	10	5	2
$v_h = v_1 \cdot \frac{p_1}{p_h}; m^3 / kg$	0,23	0,46	1,15

2.17-rasm, a va b da p-V va T-s koordinatalarida jarayonning grafigi berilgan.

4-misol. Bir pog'onali kompressorda 0,2 kg havo siqiladi.

Siqish jarayonida havo $p_1=1$ bar dan $p_2=5$ bar gacha siqilib, tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydi (adiabatik jarayon). Havoning temperaturasi siqish jarayonining boshida $t_1=15^\circ\text{S}$ ga teng.

Havoning jarayon boshida va oxirida egallagan hajmi, siqish jarayoni oxiridagi temperaturasi, havoni siqishga va uning ichki energiyasini o'zgartirishga sarflangan ish aniqlansin. Jarayon grafigi p-V va T-s koordinatalarida qurilsin.

$$\text{Havo uchun } k = \frac{c_p}{c_v} = 1.4 \text{ (aniqrog'i } k=1,41).$$

Jarayon oxiridagi temperatura (2.38) va (1.12) tenglamalardan

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 288 \left(\frac{5}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 455^\circ\text{K}.$$

Jarayon oxirida havoning egallagan to'la hajmi (1.13) tenglamadan

$$V_2 = \frac{GRT_2}{p_2} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 455}{5 \cdot 10^5} = 0,0525 \text{ m}^3;$$

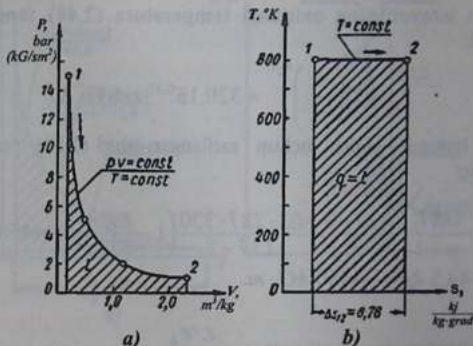
$$v_2 = \frac{0,0525}{0,2} = 0,2625 \text{ m}^3 / \text{kg};$$

$$V_1 = \frac{GRT_1}{p_1} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 288}{5 \cdot 10^5} = 0,165 \text{ m}^3;$$

$$v_1 = 0,825 \text{ m}^3 / \text{kg}.$$

G kg havoni siqish uchun sarflangan ish (2.44) tenglamadan topiladi:

$$L = \frac{G \cdot R}{k-1} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{0,2 \cdot 287}{1,4-1} (288 - 455) = -24.000 \text{ J} \approx -2400 \text{ kGm}.$$



2.17-rasm. $T = \text{const}$ dagi jarayonning p - V va T - s koordinatalarida tasviri

Minus ishorasi havoni siqishga tashqaridan ish sarflanganini ko'rsatadi. Adibatik jarayonda havoni siqish uchun sarf bo'lgan ish ichki energiyaning orttirmasiga teng: $\Delta U = L = 24 \text{ kJ} = 5,75 \text{ kkal}$.

2.18-rasm, a va b da p - V va T - s koordinatalarida siqish jarayonining grafigi qurilgan. Adibatik jarayonda $dq=0$ bo'lgani uchun $ds=0$.

5-misol. Dizelda 0,1 kg havo politropik siqilyapti. Siqishda havoning hajmi 16 marta kamayadi, bosimi esa 45 marta ortadi. Boshlang'ich temperatura $T_1 = 320^\circ \text{K}$.

p_h bar da	2	3	4
$v_h = v_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}}, m^3 / kg$	0,5	0,325	0,305

Siqishdagi politropa ko'rsatkichi siqish oxiridagi havo temperaturasi, siqish uchun sarflangan ish, ichki energiya, entalpiya va entropiyaning o'zgarishi, shuningdek, jarayonda qatnashayotgan issiqlik miqdori aniqlansin. Jarayon p - V va T - s koordinatalarida sxematik ravishda chizilsin.

Politropa ko'rsatkichi (2.49) tenglamadan topiladi:

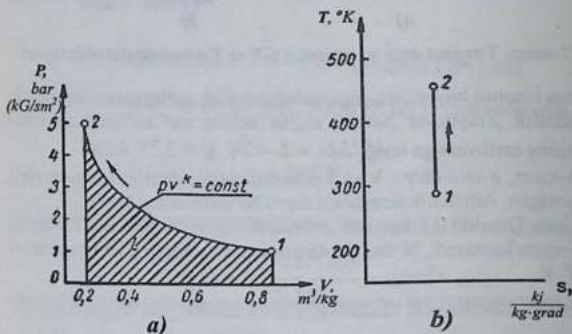
$$n = \frac{\lg \frac{p_1}{p_2}}{\lg \frac{v_2}{v_1}} = \frac{\lg 45}{\lg 16} = 1,37.$$

Siqish jarayonining oxiridagi temperatura (2.48) tenglamadan aniqlanadi:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\kappa-1} = 320.16^{0.37} = 892^\circ K.$$

G kg havoni siqish uchun sarflangan ishni (2.51) tenglamadan aniqlaymiz:

$$L = \frac{GRT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{0.1 \cdot 287 \cdot 320}{1.37-1} \left(1 - \frac{892}{320} \right) = -44500 \text{ J} = -44.5 \text{ kJ} \approx -4450 \text{ kG} \cdot \text{m}.$$



2.18-rasm. Adiabatik jarayonning p-V va T-s koordinatalarida tasviri

Ichki energiyaning o'zgarishi:

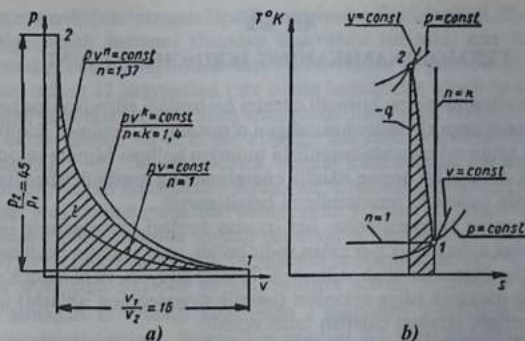
$$\Delta U = G \cdot c_v (T_2 - T_1) = 0.1 \cdot 0.712 (892 - 320) = 40.7 \text{ kJ} \approx 9.85 \text{ kkal}.$$

Entalpiyaning o'zgarishi:

$$\Delta i = G c_p (T_2 - T_1) = 0.1 \cdot 1.004 (892 - 320) = 57.6 \text{ kJ} \approx 13.8 \text{ kkal}.$$

Tekshirish:

$$\frac{\Delta i}{\Delta U} = \frac{c_p}{c_v} = k = \frac{57.6}{40.7} = 1.41.$$



2.19-rasm. Poliotropik jarayonning p-V va T-s koordinatalarida tasviri

Jarayonda qatnashuvchi issiqlik miqdori:

$$Q = \Delta U + L = 40,7 - 44,5 = -3,8 \text{ kJ} \approx -0,91 \text{ kkal}.$$

Minus ishorasi jarayonda havodan issiqlikning olinishini ko'rsatadi. Entropiyaning o'zgarishini (2.55) tenglamadan topamiz:

$$\Delta s = 2,303 \left(0,712 \lg 45 + 1,004 \lg \frac{1}{16} \right) = -0,0875 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad}).$$

Minus ishorasi ko'rib chiqilayotgan jarayonda entropiyaning kamayishini va, binobarin, issiqlikning olinishini ko'rsatadi. 2.19-rasm, a va b da p-V va T-s koordinatalarida jarayon sxema tarzida ko'rsatilgan. $n = 1,37$ bo'lganligi uchun jarayonni ko'rsatuvchi egri chiziqli adiabat $n = k = 1,4$ bilan izoterma $n = 1$ oraliq'ida joylashgan.

III bob

TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI

Termodinamikaning birinchi qonuni bir turdagi energiyaning boshqa turdagi energiyaga ekvivalent ekanligini o'rgatadi. U, berilgan issiqlikning hammasi ishga aylanganda bajarilishi mumkin bo'lgan ishning miqdorini aniqlaydi. Ammo bu qonun issiqlik energiyasining mexanik ishga qanday sharoitlarda aylanishi mumkinligini belgilamaydi.

Tajribaning ko'rsatishicha, har qanday turdagi energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi o'z-o'zidan sodir bo'lib, uning uchun hech qanday qo'shimcha sharoitlar talab etilmaydi. Teskari jarayon, ya'ni issiqlik energiyasining mexanik ishga aylanishi (issiqlik dvigatelining ishlashi) uchun issiqlik sarflab, jarayon bajarish talab etiladi.

Issiqlik dvigatelida mexanik ish hosil qilish xususiyatlari tekshirilganda, issiqlik energiyasini mexanik ishga aylantirish uchun zarur bo'lgan shartlar aniqlangan edi. Bu shartlarni o'rganish termodinamika ikkinchi qonunining asosini tashkil etadi.

3.1. Termodinamikaning ikkinchi qonunining ta'rif va siklining termik foydali ish koeffitsiyenti (F.I.K.)

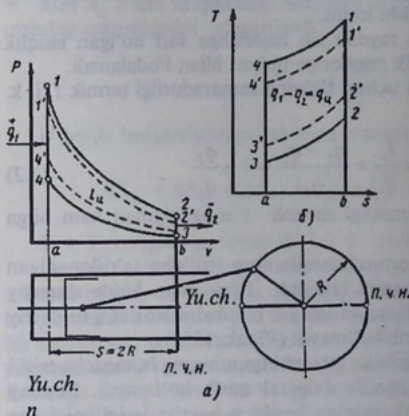
Termodinamika ikkinchi qonunining ta'rifini aniqlash uchun porshenli issiqlik dvigatelining ishlash sxemasini ko'rib chiqamiz.

Krivoship-shatunli mexanizmli issiqlik dvigatelining sxemasi 3.1-rasmda keltirilgan. Dvigatelning tirsakli valiga maxovik o'rnatilgan. Dvigatel porshenining ustki qismida almashtirilmaydigan doimiy 1 kg ish jismi bor deb faraz qilaylik. Uning boshlang'ich ko'rsatkichlari porshenning chekka chap holatida (yu. ch. n.) p_1 , V_1 , T_1 va u_1 qiymatlar bilan xarakterlanadi. Porshen bu boshlang'ich holatdan p.ch.n. ga qarab harakatlanganda gaz qaytuvchan jarayonni bajarib, 2 hajmgacha kengayadi va tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi. Porshen $S=2R$ ga teng to'la yo'lni o'tib p. ch. n. ga kelganda tirsakli val yarim aylanaga buriladi. Gaz bu paytda (diagrammadagi 2 nuqta) quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'ladi, $p_2 < p_1$; $V_2 > V_1$; $T_2 < T_1$ va $u_1 < u_2$. Jarayon issiqlik almashinmay sodir bo'lganligi uchun 12ab1 yuzaning kattaligi bilan aniqlanuvchi kengayish ishi $l_{\text{ker}}^{\text{ker}}$ ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajarilgan bo'ladi. Bu ish kinetik energiya tarzida maxovikda to'planadi.

Jarayonni takrorlash uchun (bu esa davriy ishlovchi dvigatelning asosini tashkil qiladi) ish jismi boshlang'ich holatga qaytarilishi zarur. Buning

uchun maxovikda to'plangan kinetik energiyadan foydalaniladi. Bu energiya hisobiga siqish jarayoni shunday bajarilishi lozimki, gaz kengayish jarayonidagi kabi oraliq holatlardan o'tsin. Bunda 21 jarayon qaytuvchan bo'lgani uchun 12 jarayondagi kabi oraliq holatlardan o'tadi va siqish ishi $l_{siq} = l_{keng}$ bo'ladi. Demak, bunday ideal dvigatel har qancha sikl bajarmasin, bari bir hech qanday foydali ish, masalan, avtomobilni harakatga keltirish yoki boshqa maqsadlar uchun zarur bo'lgan ish bajara olmaydi.

Issiqlik mashinalarida foydali ish olish uchun porshen p. ch. n. (2 nuqta) ga kelganda issiqlikning bir qismini temperaturasi $T_{sov} < T_2$ bo'lgan sovuq manbaga uzatish kerak. Issiqlik sovuq manbaga porshen qo'zg'almagan $U = \text{const}$ jarayonida 2 nuqtadan 3 nuqttagacha q_2 ga teng miqdorda beriladi. Bunda 3 nuqtadagi gaz ko'rsatkichlari $p_3 < p_2$; $U_2 = U_3$; $T_3 < T_2$ va $u_3 < u_4$ bo'ladi.. Maxovikda to'plangan energiyadan foydalanib, siqish jarayoni 34 ni bajaramiz, bunda porshen yu. ch. n. ga qaytadi. Siqishga sarflangan ish 3 ba 4 yuza bilan aniqlanib, u 12 ba 4 yuzadan kichik bo'ladi.



3.1-rasm. Issiqlik dvigateli siklining p-V va T-s koordinatalarida tasviri

Davriy ishlovchi dvigatelda siklni amalga oshirish uchun gazning ko'rsatkichlari yana boshlang'ich qiymatlariga ega bo'lishi kerak (1 nuqta). Buning uchun porshen yu. ch. n. da qo'zg'almas holatda bo'lgandagi $U = \text{const}$ jarayonida gazga temperaturasi $T_2 > T_1$ bo'lgan issiqlik manbaidan q_1 miqdorda issiqlik uzatiladi. Ko'rsatilgan shartlarni bajarganda jarayonlarning to'xtovsiz takrorlanishini ta'minlash mumkin. Bu jarayonlar 12341 berk siklni tashkil

qiladi. Bu sikl T-s koordinatlarida 3.1- rasm, b da ko'rsatilgan, 12ba341 yuza berilgan issiqlik miqdori q_1 ni 2ba32 yuza esa olingan issiqlik miqdori q_2 ni bildiradi.

Issiqlik dvigatelida siklning ishi $l_s = l_{keng} - l_{cli}$ bo'ladi va p-V koordinatalarida quyidagicha aniqlanadi: 12341 yuza = 12ba1 yuza - 3ba43 yuza. Bunda yuqorida ko'rsatilganlardan boshqa hech qanday qo'shimcha issiqlik berish va olish manbalari bo'lmaydi va siklga binoan T-s koordinatalarida ishga aylangan issiqlik miqdori quyidagicha bo'ladi:

$q_s = q_1 - q_2$

va 12341 yuza = 12ba341 yuza - 2ba32 yuza bilan aniqlanadi.
Demak,

$$l_s = l_{keng^{1-2}} - l_{siq^{3-4}} = q_s - q_2. \quad (3.1)$$

Siklga binoan mexanik energiya issiqlik energiyasi hisobiga olinganda, berilgan barcha issiqlik energiyasini mexanik ishga aylantirib bo'lmaydi. Ko'pgina tajribalarning ko'rsatishicha, davriy harakatlanuvchi issiqlik mashinasida issiqlik ish jismiga faqat bir manbadan beriladigan bo'lsa, foydali ish olish mumkin bo'lmaydi. Mexanik energiya olish uchun ish jismiga q_1 miqdorda issiqlik beradigan yuqori temperaturali ($T_2 > T_1$) issiqlik manbai va ish jismidagi issiqlikning foydali ishga aylanmaydigan qismi beriladigan ancha past temperaturali ($T_2 > T_1$) ikkinchi issiqlik manbai bo'lishi lozim.

Siklning samaradorligi foydali ish bajarishga sarf bo'lgan issiqlik miqdorining berilgan issiqlik miqdoriga nisbati bilan ifodalanadi.

Ideal issiqlik mashinasi uchun siklning samaradorligi termik f. i. k. qiymati bilan belgilanadi:

$$\eta_t = \frac{l_s}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}. \quad (3.2)$$

q_2 nolga teng bo'la olmasligi sababli η_t ning qiymati ham birga yetmaydi.

Yuqorida aytilganlar termodinamikaning turlicha ta'riflanadigan ikkinchi qonunining mazmunini bildiradi. Ta'riflardan birida shunday deyiladi: faqat yuk ko'taradigan va issiqlik manbaini sovitadigan davriy harakatlanuvchi dvigatel qurib bo'lmaydi (Plank, 1852).

Fizika kursida termodinamika ikkinchi qonunining boshqacha ta'rifi berilgan: ikkinchi tartibli abadiy dvigatel qurib bo'lmaydi. Bunday ta'rifning ma'nosi shuki, ish jismiga berilgan barcha issiqlikni ishga aylantiradigan dvigatel qurib bo'lmaydi.

3.1- rasmda keltirilgan siklning ko'rsatishicha, kengayish va siqish

jarayonlarini turlicha amalga oshirish mumkin, bunga 1', 2' va 3', 4' jarayonlar misol bo'ladi. Bunda l_{kcng} va l_{siq} , q_1 , q_2 va l_s ning qiymatlari har xil bo'ladi, chunki ular ayrim jarayonlarning va, umuman, siklning borish xarakteriga bog'liq.

Ish jismi boshlang'ich holatga qaytganda uning barcha parametrlari siklni boshlashdan oldingiday bo'ladi. Mazkur holda berk siklning qanday bajarilganidan qat'iy nazar, ichki energiyaning o'zgarishi $\Delta u = 0$ bo'ladi. Bu hol entalpiya va entropiyaning o'zgarishiga ham taalluqli. Berk qaytuvchan siklda $\Delta i = 0$ va $\Delta s = 0$ bo'ladi.

Real issiqlik mashinalarida bajariladigan sikllarda qaytmas jarayonlar sodir bo'ladi. Tashqi muhitdan izolyatsiyalangan sistemani ko'ramiz. Bu sistemada T_1 temperaturali A_1 manbadan $T_2 < T_1$ temperaturali A_2 jisimga berilgan issiqlik qaytmaydi. Issilik manbai A_1 dan jism A_2 ga berilayotgan issiqlik miqdori Δq jismlar A_1 va A_2 dagi issiqlik zapasiga nisbatan juda oz, shuning uchun T_1 va T_2 o'zgarimas deb faraz qilaylik.

Jism A_1 issiqlikni T_1 temperaturada berib, o'zining entropiyasini o'zgartiradi:

$$\Delta S_{A_1} = -\frac{\Delta q}{T_1}.$$

Jism A_2 o'sha miqdordagi issiqlikni T_2 temperaturada olib, u ham o'zining entropiyasini o'zgartiradi:

$$\Delta S_{A_2} = \frac{\Delta q}{T_2}.$$

U holda izolyatsiyalangan sistema entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S_{\text{uz}} = \Delta S_{A_1} + \Delta S_{A_2} = \frac{\Delta q}{T_1} + \frac{\Delta q}{T_2} = \Delta q \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

$T_1 > T_2$ bo'lganligi uchun $\Delta S > 0$ bo'ladi.

Demak, izolyatsiyalangan sistemada qaytmas jarayonlar sodir bo'lsa, u holda bunday sistemaning entropiyasi oshadi. Issiqlik doimo yuqori temperaturali manbadan past temperaturali manbaga o'z-o'zidan (tashqi ish sarflanmay) uzatiladi. Natijada sistemaniig entropiyasi maksimumga yetganda undagi temperaturalar tenglashadi. Klauzius bu xulosani cheksiz Koinotga tatbiq qilmoqchi bo'lganida Koinotning issiqlik halokati deb ataladigan, kurakda turmaydigan fikr chiqqan. Koinotda teskari yo'nalgan, ya'ni entropiya kamayib boradigan jarayonlar amalga oshishi mumkin. Amaliy tekshirishlar buni tasdiqlaydi.

3.2. Karno sikli

Siklning f. i. k. tenglamasi (3.2) ga ko'ra t qancha katta bo'lsa, issiqlikning foydali ishga aylangan qismi shuncha ko'p bo'ladi. Sadi Karno (1824 y.) berilgan temperaturalar oralig'ida qanday ideal siklning eng katta f. i. k. ga ega bo'lishini birinchi bo'lib ko'rsatdi. Karno sikli deb ataluvchi bunday sikl 1 kg ish jismi uchun 3.2-rasm, *a* da p - V koordinatalarida, 3.2-rasm, *b* da esa T - s koordinatalarida ko'rsatilgan.

Bu siklda A hajmidagi ish jismi T_1 temperaturali issiqlik manbaiga uringanda 12 kengayish jarayoni sodir bo'ladi. Ish jismi qizish natijasida kengayib, ish bajaradi. Ish jismi 12 jarayon vaqtida issiqlik manbai bilan tutashadi, silindrning devorlari va porshen tubi esa issiqlik o'tkazmaydi, shuning uchun ish jismining temperaturasi T_1 ga teng va, binobarin, 12 jarayon izotermik jarayon bo'ladi.

Ish jismi 12 jarayon oxirida issiqlik manбайдan ajraladi va porshen chekka o'ng holatga kelguncha tashqi muhit bilan issiqlik almashmay kengayishda davom etadi. (2 3 adiabatik jarayon bo'ladi.)

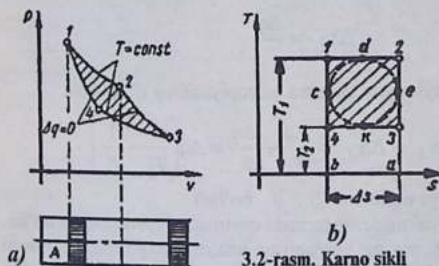
Izotermik kengayish jarayonida ish jismiga q_1 issiqlik beriladi. Bu issiqlikning hammasi ishga aylanadi, chunki termodinamikaning birinchi qonuniga binoan ichki energiya $T=\text{const}$ bo'lgan jarayonda o'zgarmaydi. 23 jarayonda, issiqlik tashqaridan berilmaganda ish ichki energiyaning kamayishi

hisobiga bajariladi.

Natijada kengayish jarayonining oxirida ish jismining temperaturasi T_2 ga teng, jarayondagi ichki energiyaning o'zgarishi esa quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta u_{2-3} = c_v(T_2 - T_1)$$

Keyingi siklning sodir bo'lishi



3.2-rasm. Karno sikli

uchun ish jismi 1 nuqtadagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanuvchi o'zining boshlang'ich holatiga qaytishi kerak, bu - porshenning chekka chap holatiga to'g'ri keladi. Ammo bunda ish jismini siqish uchun ish sarflash kerak. 34 jarayon bajarilayotganda ish jismi sovuqroq T_2 temperaturali issiqlik manbaiga urinishi lozim. U holda mazkur jarayon davomida ish jismi issiqligini sovuq manbaga berib, T_2 ga teng o'zgarmas temperaturaga ega bo'ladi (izotermik

siqish jarayoni). 4i siqish jarayoni bajarilayotganda tashqi muhit bilan issiqlik almashinmaslik uchun 4 nuqtada ish jismini sovuq manbadan ajratamiz. Shunda mazkur jarayonda temperatura oshib, 1 nuqtada T_1 qiymatga erishadi.

34 izotermik jarayonda sarf bo'lgan mexanik energiya sovuq manbaga berilgan issiqlikka aylanadi. 41 adiabatik jarayonda esa mexanik energiya hisobiga ichki energiya oshadi. $\Delta u_{4-1} = c_V(T_2 - T_1)$. $\Delta u_{4-1} = \Delta u_{1-2}$ ekanligini ko'rish qiyin emas, binobarin, sikl 12341 ning foydali ishi l_1 berilgan va olingan issiqliklarning farqi hisobiga hosil bo'ladi ($l_1 = q_1 - q_2$) va p - V hamda T - s koordinatalaridagi shtrixlangan yuza bilan aniqlanadi.

Izotermik jarayon 12 da berilgan q_1 miqdordagi issiqlik 34 izotermik jarayonni bajarayotganda q_2 miqdorda olinadi. (2.36) formulaga binoan:

$$q_1 = l_{1-2} = 2,303RT_1 \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (3.3)$$

va

$$q_2 = l_{3-4} = 2,303RT_2 \lg \frac{v_3}{v_1}. \quad (3.4)$$

Natijada siklning f. i. k. (3.2) tenglamaga binoan, quyidagicha bo'ladi;

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{2,303RT_2 \lg \frac{v_3}{v_4}}{2,303RT_1 \lg \frac{v_2}{v_1}}. \quad (3.5)$$

23 adiabatik kengayish jarayoni uchun:

$$\frac{v_3}{v_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}}. \quad (3.6)$$

41 adiabatik siqish jarayoni uchun:

$$\frac{v_4}{v_1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}}. \quad (3.7)$$

Oxirgi ikki tenglamadan quyidagilarni yozamiz:

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{v_4}{v_1} \text{ yoki } \frac{v_3}{v_4} = \frac{v_2}{v_1}, \quad (3.8)$$

shunda Karno siklining f. i. k. bunday bo'ladi:

$$\eta_i = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (3.9)$$

Karno siklining f. i. k. ni T-s koordinatalaridan foydalanib oson aniqlash mumkin (3.2- rasm, b).

Berilgan issiqlik miqdori 123ab41 yuza bilan aniqlanadi, ya'ni jismdan olingan issiqlik miqdori esa 3ab43 yuza bilan aniqlanadi, ya'ni

$$q_1 = T_1 \Delta s, \quad (3.10)$$

jismdan olingan issiqlik miqdori esa 3ab43 yuza bilan aniqlanadi, ya'ni

$$q_2 = T_2 \Delta s. \quad (3.11)$$

Shunda Karno siklining f. i. k. bunday bo'ladi:

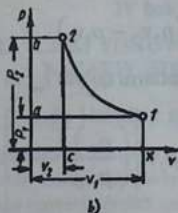
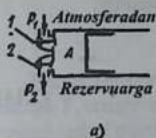
$$\eta_i = \frac{T_1 \Delta s - T_2 \Delta s}{T_1 \Delta s} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

(3.9) tenglamadan ko'rinib turibdiki, Karno siklining f. i. k. siklning faqat boshlang'ich va oxirgi temperaturalariga, ya'ni issiq va sovuq issiqlik manbalarining temperaturalariga bog'liq bo'lib, qo'llaniladigan ish jismiga bog'liq emas. Mazkur temperaturalar oralig'ida Karno sikli eng katta f. i. k. ga ega. Haqiqatan ham, shu temperaturalar oralig'ida sodir bo'ladigan boshqa har qanday siklda (3.2 rasm, b da shtrix chiziqlar bilan ko'rsatilgan) berilgan issiqlik q_1 (cdeabc yuza) Karno siklida beriladigan issiqlik (12ab1 yuza) dan har doim kichik, q_2 esa doim katta bo'ladi.

Har qanday sikl uchun qo'llaniladigan (3.2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, cdekc siklidagi $\frac{q_2}{q_1}$ nisbat 12341 Karno siklidagi nisbatdan katta bo'ladi. Demak, ko'rilyotgan siklning f. i. k. Karno siklining f. i. k dan kichik. (3.9) formulaga ko'ra, T_1 qancha katta yoki T_2 qancha kichik bo'lsa, η_i shuncha katta bo'ladi. η_i ning qiymati birga teng bo'lishi mumkin emas, chunki bunda $T_1 = \infty$ yoki $T_2 = 0$ bo'lishi kerak. T_1 va T_2 ning bunday qiymatlarini olib bo'lmaydi.

Misol tariqasida, ichki yonuv dvigatellari uchun xarakterli bo'lgan temperaturalar oralig'ida bajariladigan Karno siklini ko'rib o'tamiz (eng yuqori temperatura $T_1 = 2500\text{ K}$, eng pasti esa $T_2 = 300^\circ\text{K}$). Bu sharoitlarda Karno siklining f. i. k quyidagicha bo'ladi.

$$\eta_i = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{2500} = 0,88.$$



3.3.-rasm. Bir pog'onali kompressorning sxemasi va sikli

bajarayotgan ishning ko'p qismi harakatlanayotgan detallarning ishqalanishiga sarflangan bo'lar edi.

3.3. Kompressorning ideal sikli

Avtomobil dvigatellarida havoni siqish uchun ko'pincha, kompressor ishlatiladi.

Bir pog'onali ideal havo kompressorining siklini ko'rib chiqamiz (3.3-rasm, a). Porshen o'ngga harakatlanib, klapan ochilganda atmosferadan havo kiradi. Agar bu jarayonda bosim yo'qolmaydi ($p_1 = \text{const}$) deb qaralsa, u p - V koordinatalarida $a1$ chizig'i bilan tasvirlanadi (3.3-rasm, b). Porshen teskari harakatlanganda havo p_2 bosimgacha siqiladi, shunda chiqarish klapani 2 avtomatik ravishda ochiladi va porshen chapga harakatlanishda davom etganda havo $p_2 = \text{const}$ bosim bilan $2b$ jarayonni bajarib kompressordan chiqadi. Bu jarayon A hajmdagi havoni porshen bilan to'la chiqarib yuborguncha davom etadi.

1 kg havo uchun bajarilgan siklning ko'rsatishicha, siqishga sarflanadigan ish l_{tex} ayrim jarayonlarda bajariladigan ishlarning yig'indisiga teng, ya'ni:

$$l_{\text{tex}} = l_{\text{kir}} - l_{\text{siq}} - l_{\text{chliq}} \quad (3.12)$$

bu yerda l_{kir} - kiritish jarayonida havo bajaradigan musbat ish; $l_{\text{kir}} = p_1 v_1$; l_{siq} - havoni p_1 bosimdan p_2 bosimgacha siqish uchun sarf bo'lgan ish; l_{siq} - yuza $12sk1$ ga ekvivalent; l_{chliq} - $2b$ jarayonda havoni chiqarib yuborish uchun sarflanadigan ish: $l_{\text{chliq}} = p_2 v_2$.

Siqish ishining qiymati jarayonning borish xarakteriga bog'liq. Ko'pincha, bu jarayon tashqi muhit bilan issiqlik almashmay sodir bo'ladi, deb qaraladi. Bu holda adiabatik siqish ishi bunday bo'ladi:

$$l_{siq} = \frac{1}{k-1} (p_2 v_2 - p_1 v_1) \quad (3.13)$$

Endi (3.12) tenglamaga qiymatlarni qo'yib l_{tex} ni topamiz:

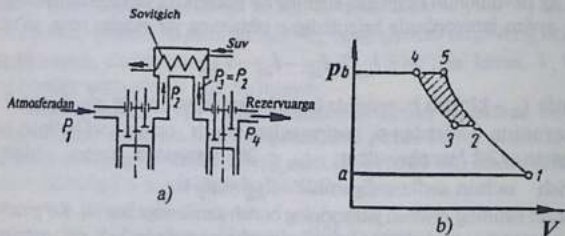
$$l_{tex} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]. \quad (3.14)$$

Havoni kompressorda siqish uchun sarflash lozim bo'lgan ish l_{tex} 12 adiabatik siqish jarayonida bajariladigan ishdan k marta katta va 12 ab1 yuza bilan aniqlanadi.

Havoni katta bosimgacha ($p_2 > 8$ bar) siqish uchun ko'p pog'onali kompressorlar ishlatiladi. Har bir pog'onaning oxirgi bosimi barcha pog'onalarda bir xil ish sarf bo'ladigan qilib tanlanadi.

Har pog'onada havoni siqqandan keyin uning temperaturasi haddan tashqari katta bo'lmasligi uchun siqilgan havo sovitgichga uzatilib boshlang'ich temperaturagacha sovitiladi. Shunday qilib, kompressorlarda havoni siqish uchun kam ish sarflanadi, silindrni moylash sharoitlari yaxshilanadi va ishqalanishga energiya kam sarf bo'ladi.

3.4-rasm, a da ikki pog'onali kompressorning sxemasi, 3.4-rasm, b da esa p - V koordinatalarida ikkala pog'onada siklning sodir bo'lishi ko'rsatilgan. 12 va 34 siqish jarayonlari kompressorda, 23 jarayon esa $p = \text{const}$ bo'lgani holda sovitgichda boradi. Shtrixlangan 23452 yuza havoni ikkinchi pog'onada siqishga sarflanadigan ishning kamayishini xarakterlaydi. Ikkinchi pog'onada ishning kam sarflanishiga havoning sovitgichda oraliq sovitilishi sabab bo'ladi.



3.4-rasm. Ikki pog'onali kompressorning sxemasi va sikli

IV bob

PORSHENLI ICHKI YONUV DVIGATELLARINING NAZARIY SIKLLARI

4.1. Umumiy ma'lumot

Texnik termodinamikada ko'rib o'tilgan nazariy sikllarda issiqlik ish jismiga T_1 temperaturali tashqi manbadan beriladi va $T_2 < T_1$ temperaturali boshqa tashqi manbaga qaytariladi deb qaralgan edi. Real dvigatelda issiqlik bevosita yonish kamerasida yonilg'i va havo aralashmasining yonishi natijasida hosil bo'ladi. Dvigatelning silindrida yonilg'ining yonishi uchun har gal hosil bo'lgan issiqlik hisobiga ish bajarilgandan keyin kengaygan, ishlatilgan gazlar silindrdan chiqarilishi va silindrga beriladigan yangi havo bilan yonilg'i aralashmasining yonishi uchun zarur sharoit yaratilishi lozim.

Havo bilan yonilg'i aralashmasining yonishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik energiyasidan mexanik energiya olishni ta'minlaydigan jarayonlarning to'plami haqiqiy sikl deb ataladi.

Ishlayotgan dvigatelda haqiqiy sikl bajarilayotganda bir qator qo'shimcha nobudgarchiliklar bo'lib, issiqlikdan foydalanish darajasi nazariy sikldagiga qaraganda kamroq bo'ladi. Haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanishning nazariy sikldagiga nisbatan qanchalik yomonlashishini bilish uchun porshenli dvigatellarning nazariy sikllarini taxlil qilish kerak. Nazariy va haqiqiy sikllarning f. i. k. qiymatlarini solishtirib, real dvigatelda issiqlikdan foydalanish darajasini bilish mumkin.

Nazariy sikllarni ko'rib chiqishda quyidagilar qabul qilinadi:

1. Dvigatelning silindrida berk sikl bajaruvchi o'zgarmas almashinmaydigan miqdorda ish jismi (masalan, havo) hamma vaqt bo'ladi. Bunda real dvigatellarga oid nobudgarchiliklar bo'lmaydi, ya'ni ishlatilgan gazlarni chiqarish va silindrga yonuvchi aralashma yoki havoning yangi portsiyasini kiritishga ish sarflanmaydi, deb qaraladi.

2. Silindrdagi ish jismining issiqlik sig'imi butun sikl davomida o'zgarmas va temperaturaga bog'liq emas deb olinadi.

3. Yonilg'i yonish kamerasida yonmaydi. Issiqlik ish jismiga tashqaridan siklning ma'lum bir davrida beriladi. Bunda real dvigatelda yonilg'i yonganda issiqlik nobud bo'lmaydi deb qaraladi.

4. Siqish va kengayish jarayonlari tashqi muxit bilan issiqlik almashmasdan sodir bo'ladi (adiabatik jarayonlar).

Termodinamikada ichki yonuv dvigatellarining bir-biridan issiqlik berish

va olish usullari jihatidan farq qiladigan nazariy sikllari ko'rib chiqiladi. Porshenli ichki yonuv dvigatellariga oid uch xil nazariy siklni ko'rib chiqamiz:

1. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladi, bu taxminan, uchqun bilan o'tdiriladigan dvigatellardagi yonish jarayoniga mos keladi.

2. Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladi, bu, taxminan, ilgarilari ko'rib o'tilgan kompressorli dizellardagi yonish jarayoniga mos keladi.

3. Issiqlikning bir qismi o'zgarmas hajmda, qolgan qismi esa o'zgarmas bosimda beriladi (issiqlik aralash usulda beriladi), bu, taxminan, kompressorli bo'lmagan tez yurar dizellardagi yonish jarayoniga mos keladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan issiqlik barcha hollarda ham o'zgarmas hajmda olinadi, deb faraz qilinadi.

4.2. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikl

4.1-rasm, a va b da issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikl $p-V$ va $T-s$ koordinatalar sistemasida tasvirlangan.

Porshen p. ch. n. dan harakatlanib tirsakli val soat strelkasi (mili) yuradigan tomonga 2 nuqtadan 1 nuqtagacha aylanganda, silindr ichidagi o'zgarmas miqdor ish jismining siqilish jarayoni ac sodir bo'ladi. Bu jarayon yuqorida qabul qilingan shartlarga binoan, tashqi muhit bilan issiqlik almashmay sodir bo'ladi (adiabatik jarayon).

Porshen yu. ch. n. ga kelganda o'zgarmas hajmda ($V_c = \text{const}$) cz jarayonida tashqaridan q_1 miqdorda issiqlik beriladi. Natijada ish jismining temperaturasi va bosimi ko'tariladi. Nazariy siklda ish jismining porshen p. ch. n. ga harakatlanganda (ish jarayonida) sodir bo'ladigan kengayish jarayoni zb da ham tashqi muhit bilan issiqlik almashinilmaydi.

q_2 - miqdor issiqlik sovuq manbaga porshen p. ch. n. ga kelganda o'zgarmas hajmda ($V_a = V_b = \text{const}$) beriladi. Quyidagi belgilarni kiritamiz (4.1-rasm):

D - silindr diametri;

R - tirsakli val krivoshipining radiusi;

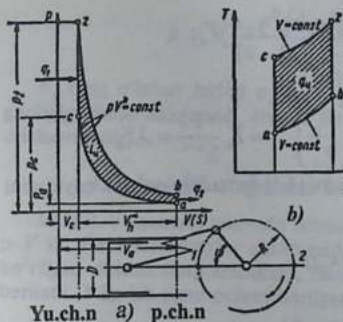
S - porshen yo'li; $S = 2R$;

V_h - porshen yu. ch. n. dan p. ch. n. gacha siljiganda bo'shaydigan

hajm (ish hajmi); $V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$;

V_c - porshen yu. ch. n. da bo'lgan paytda uning ustidagi hajm (yonish kamerasining hajmi);

V_a - porshen p. ch. n. da bo'lganda silindrning to'la hajmi;



Yu.ch.n a) p.ch.n

4.1-rasm. Porshenli dvigatelning sikli:
o'zgarmas hajmda issiqlik beriladi

ε - siqish darajasi: $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$

λ - bosimning ortish darajasi:

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c};$$

k - adiabat ko'rsatkichi:

$$k = \frac{c_p}{c_v};$$

φ - tirsakli valning burilish burchagi.

Ko'rib o'tilayotgan sikl uchun silindr ichida 1 kg ish jismi bor deb faraz qilsak, u holda ish jismiga berilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q_1 = c_v(T_z - T_c), j/kg \text{ yoki } kkal/kg,$$

olingan issiqlik miqdori esa bunday topiladi:

$$q_2 = c_v(T_b - T_a), j/kg \text{ yoki } kkal/kg,$$

q_1 va q_2 ning qiymatlari (3.2) tenglamaga qo'yilgandan so'ng termik f. i. k. quyidagicha yoziladi:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_b - T_a)}{c_v(T_z - T_c)} = 1 - \frac{T_b - T_a}{T_z - T_c}. \quad (4.1)$$

Siklning xarakterli nuqtalaridagi temperaturalarini boshlang'ich temperatura T_a orqali quyidagicha ifodalash mumkin;
ac adiabatik siqish jarayoni uchun:

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

izoxorik jarayon uchun

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

zb adiabatik kengayish jarayoni uchun

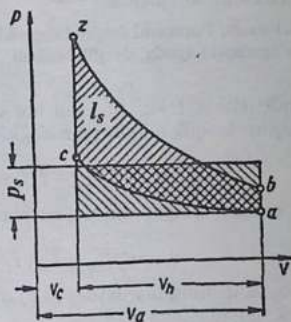
$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1} = T_z \left(\frac{V_c}{V_a} \right)^{k-1} = T_z \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = \lambda T_a.$$

Temperaturalarning bu qiymatlarini (4.1) formulaga qo'ysak quyidagini yozish mumkin;

$$\eta_i = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (4.2)$$

Sikl davomida bajarilgan ish l_s p-V koordinatalarida shtrixlangan *aczba* yuza bilan (4.1-rasm, a), olingan ishga ekvivalent issiqlik $q = q_1 - q_2$ esa T-s koordinatalarida (4.1-rasm, b) bir xil belgilangan yuza bilan aniqlanadi.

Har xil dvigatelarni o'zaro solishtirish uchun sikl davomida bajarilgan ishning silindr ish hajmiga nisbati olinadi. Buning uchun, 4.2-rasmga ko'rsatilgandek, bajarilgan ish shartli ravishda to'g'ri to'rtburchak shaklida tasavvur qilinadi. To'rtburchakning asosi silindrnining ish hajmi V_b ga teng qilib olinadi, koordinatasi esa quyidagicha bo'ladi:



4.2.-rasm. Siklning o'rtacha bosimini aniqlash

$$p_s = \frac{l_s}{V_h}, \text{ nm/m}^3 \text{ yoki } n/\text{m}^2. \quad (4.3)$$

Bosim p_s solishtirma ishni, ya'ni ish hajmi birligiga to'g'ri keladigan ishni ko'rsatadi.

p_s ning son qiymati ma'lum shartli o'zgarmas bosimga teng. Bu bosim porshenga yu. ch. n. dan p. ch. n. ga kelguncha, ya'ni silindrnining hajmi V_b qadar o'zgarguncha ta'sir etadi. p_s ning qiymati siklning o'rtacha bosimi deyiladi.

Ko'rib o'tilayotgan sikl uchun (4.2-rasm) o'rtacha bosim quyidagicha bo'ladi:

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k (\lambda - 1)}{(\varepsilon - 1) (k - 1)} \eta_t. \quad (4.4)$$

p_s ning o'lchov birligi p_a ning qanday birliklar sistemasida yozilganligiga qarab aniqlanadi, chunki formuladagi boshqa barcha qiymatlar o'lchamsizdir.

4.3. Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan sikl

Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan sikl 4.3-rasm, a va b larda p - V va T - s koordinatalar sistemasida ko'rsatilgan. Bu siklning ilgari ko'rilgan sikldan farqi shundaki, bunda issiqlik q_1 o'zgarmas bosimda beriladi. 1 kg ish jismi uchun berilgan issiqlik miqdori

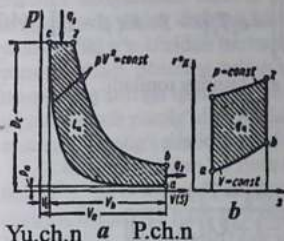
$$q_1 = c_p (T_z - T_c),$$

olingan issiqlik miqdori esa

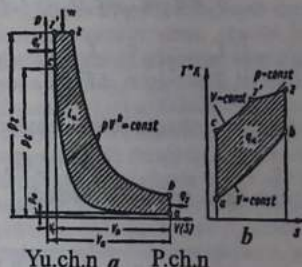
$$q_2 = c_v (T_b - T_a)$$

bo'ladi. U holda termik f. i. k quyidagicha yoziladi:

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



4.3-rasm. Porsenli dvigatelning sikli, o'zgarmas bosimda issiqlik beriladi



4.4-rasm. Porshenli dvigatelning sikli, issiqlik aralash usulda beriladi

$\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$ va $\frac{c_v}{c_p} = \frac{1}{k}$ ni nazarga olib va dastlabki kengayish darajasini

$\rho = \frac{V_z}{V_{z'}} = \frac{V_z}{V_c} = \frac{T_c}{T_{z'}}$ bilan belgilab, siklning xarakterli nuqtalaridagi temperaturalarini boshlang'ich temperatura T_a orqali ifodalaymiz va ularni formulaga qo'yib, termik f. i. k. uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^{k-1}}{k(\rho-1)}. \quad (4.5)$$

Siklning o'rtacha bosimi:

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k k (\rho - 1)}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \eta_t. \quad (4.6)$$

4.4. Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl

Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl 4.4- rasm, a va b larda p - V va T - s koordinatalar sistemada ko'rsatilgan. Bu siklning ilgari ko'rilgan sikllardan farqi shundaki, unda $q_1' = c_v(T_z' - T_c)$ miqdordagi issiqlik o'zgarmas hajmda, $q_1'' = C_p(T_z' - T_c)$ miqdordagi issiqlik esa o'zgarmas bosimda beriladi. 1 kg ish jismiga berilgan issiqlikning umumiy miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} q_1 &= q_1' + q_1'' = c_v(T_z' - T_c) + c_p(T_z' - T_c) = \\ &= c_v T_c \left[\left(\frac{T_z'}{T_c} - 1 \right) + \frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{T_z'}{T_c} \left(\frac{T_z'}{T_c} - 1 \right) \right] = c_v T_c [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)] \quad (4.7) \end{aligned}$$

Ish jismidan olingan issiqlik miqdori esa bunday topiladi:

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

Termik f. i. k. quyidagicha yoziladi:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_b - T_a)}{c_v T_c [(\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1))]}.$$

Siklning ayrim nuqtalaridagi temperaturalarini boshlang'ich temperatura T_a orqali ifodalab, yuqorida keltirilgan belgilarni hisobga olsak, termik f. i. k. quyidagicha bo'ladi:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^{k-1}}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}. \quad (4.8)$$

Siklning o'rtacha bosimi:

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)]}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \eta_i. \quad (4.9)$$

4.5. Nazariy sikllar tahlili

1. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikl

(4.2) tenglamadan ko'rinadiki, issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan siklning termik f. i. k. siqish darajasi ortishi bilan kattalashadi. Yuklama oshishi bilan issiqlik ko'p miqdorda berilganda bosimning ko'tarilish darajasi ham oshadi, lekin (4.2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, bu hol siklning termik f. i. koeffitsiyentiga ta'sir qilmaydi. Sikl termik f. i. k. ning siqish darajasiga bog'liqligi, dvigatelning silindriga ish gazi o'rnida havo ($k=1,41$) va adiabat ko'rsatkichi $k=1,3$ bo'lgan gaz kiritilgan hollar uchun 4.5-rasmda ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, siqish darajasining ortishi bilan termik f. i. k. juda sezilarli darajada o'sadi. Adiabat ko'rsatkichi k kichik bo'lganda siklning termik f. i. k. kamayadi.

Termik f. i. k. qiymatini oshirish uchun siqish darajasini mumkin qadar ko'tarish kerak. Lekin, biz ko'rayotgan siklga yaqinroq sikl bo'yicha ishlaydigan, uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda siqish darajasini ma'lum chegaradan oshirib yuborish mumkin emas, chunki bunday dvigatellarda siqish darajasi kattalashsa, yonilg'i nonormal (detonatsiyali) yonadi yoki o'z-o'zidan barvaqt yona boshlab, dvigatelning ko'rsatkichlari yomonlashadi. Shuning uchun uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda benzinning sortiga qarab, siqish darajasi $\varepsilon = 6 \div 9,5$ bo'ladi. Ba'zi hollarda yuqori oktanli yonilg'idan foydalanganda siqish darajasini 11 gacha oshirish mumkin. Yonilg'i sifatida gaz ishlatiladigan dvigatellarda $\varepsilon = 5 \div 10$ bo'ladi.

(4.4) tenglamadan ko'rinib turibdiki, siqish jarayoni katta boshlang'ich bosim p_a da boshlansa, nazariy siklning o'rtacha bosimi p_i oshadi. Siqish darajasi oshganda ham p_s kattalashadi. Ammo siqish darajasi p_s ga ko'ra termik f. i. k. ga ko'proq ta'sir qiladi. Berilgan issiqlik miqdorini oshirsak, bosimning o'sish darajasi λ va bunga mos holda siklning o'rtacha bosimi ham oshadi. Termik f. i. k. ning o'sishi berilgan issiqlikning ko'p qismi ish bajarish uchun foydalanilganini bildiradi. Demak, η_i ning oshishi p_s ning o'sishiga olib keladi.

2. Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan sikl

(4.5) tenglamadan ma'lumki issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan siklning termik f.i.k. siqish darajasi ϵ , adiabata ko'rsatkichi k va dastlabki kengayish darajasi ρ ga bog'liq.

4.6-rasmda termik f. i. k. ning dastlabki kengayish darajasi ρ ga bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu bog'lanish $k=1,41$ va $k=1,30$ qiymatlar va siqish darajasining dizellar uchun xarakterli bo'lgan uch xil qiymati uchun berilgan.

Grafiklardan ko'rinib turibdiki, siqish darajasining o'sishi bilan termik f. i. k. ham o'sadi. Adiabata ko'rsatkichi katta bo'lganda ham η_i katta qiymatga erishadi. ρ ning o'sishi η_i ning kamayishiga olib

keladi. Dvigatelning yuklamasi oshishi bilan beriladigan issiqlik miqdori q_1 ni oshirish zarur bo'lganda ρ ning qiymati kattalashadi. Demak, siklda qancha ko'p issiqlik berilsa, termik f. i. k. shuncha kamayadi. Bunga sabab shuki, q_1 oshganda sovuq manbaga $U = \text{const}$ da qaytariladigan is-

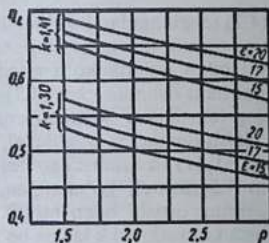
siqlik ko'proq bo'ladi va $\frac{q_2}{q_1}$ nisbat

kattalashadi [(1.28) formulaga qarang].

Avtomobil dvigatelida issiqlikdan foydalanishning samaradorligini aniqlashda η_i ning ρ ga bog'liqligi katta ahamiyatga ega. Bunday dvigatel ko'p vaqt kam yuklamalarda ishlaydi.

(4.6) formulaga binoan siklning boshlang'ich bosimi p_a adiabata ko'rsatkichi k , siqish darajasi va termik f. i. k. η_i o'sishi bilan siklning o'rtacha bosimi ham o'sadi. p_a ning o'sishi uchun issiqlik ko'proq beriladi, lekin bunda ilgari ko'rsatib o'tilganidek, η_i bir oz kamayadi.

Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan sikl taxminan sekin yurar kompressorli dizellar sikliga to'g'ri keladi. Bunday dizellar ilgari elektr generatorlarni yurgizish uchun ishlatilgan. Lekin bunday dvigatellar murakkab tuzilgani (yuqori bosimli kompressorning mavjudligi) sababli hozir ishlab chiqarilmaydi.



4.6-rasm. O'zgarmas bosimda issiqlik beriladigan siklning termik f.i.k. η_i ning dastlabki kengayish darajasiga bog'liqligi (har xil siqish darajalari va adiabata ko'rsatkichlari uchun)

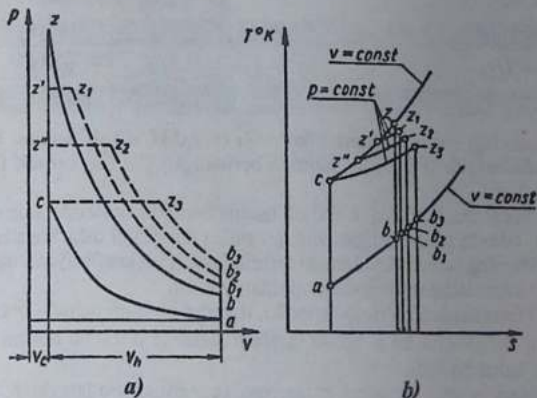
3. Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl

(4.8) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, issiqlik aralash usulda beriladigan siklning ham termik f. i. k. siqish darajasining oshishi bilan o‘sadi. Bundan tashqari, termik f. i. k. bosimning ko‘tarilish darajasi λ ga, ya‘ni o‘zgarmas hajmda ($V = \text{const}$) berilgan issiqlik miqdoriga va dastlabki kengayish darajasi ρ ga, ya‘ni o‘zgarmas bosimda berilgan issiqlik miqdoriga bog‘liq.

Hisoblarning ko‘rsatishicha o‘zgarmas hajmda issiqlik qancha ko‘p berilsa, aralash siklning termik f. i. k. shuncha yuqori bo‘ladi.

4.7-rasm, a va b da p - V va T - s koordinatalarida siqish darajasi hamda berilgan issiqlik miqdori bir xil bo‘lgandagi diagrammalar keltirilgan. Bu diagrammalar issiqlik aralash usulda beriladigan sikllarni xarakterlaydi.

$aczba$ siklda barcha issiqlik o‘zgarmas hajmda berilgan ($\rho = 1$), acz_1b_1a siklda barcha issiqlik o‘zgarmas bosimda ($\lambda = 1$) berilgan. $acz_1z_2b_2a$ va $acz''z_3b_3a$ sikllarda issiqlik aralash usulda beriladi. Ularning bir-biridan farqi shuki, $acz''z_3b_3a$ siklda o‘zgarmas bosimda beriladigan issiqlik miqdori ko‘proq, demak, o‘zgarmas hajmda beriladigan issiqlik miqdori $acz_1z_2b_1a$ sikldagiga qaraganda kamroq bo‘ladi.



4.7-rasm. Dvigatellarning nazariy sikllarida mumkin bo‘lgan issiqlik berish hollari

Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikldan issiqlik aralash usulda beriladigan siklga o'tishda kengayish oxiri (b, b_1, b_2 va h. k. nuqtalar) dagi bosim va, binobarin, temperatura ham ortadi. Ammo siklning boshlanishidagi (a nuqtadagi) temperatura o'zgarmay qoladi, shuning uchun sovuq manbaga beriladigan issiqlik miqdori $q_2 = c_v \Delta T$ issiqlik aralash usulda beriladigan siklda ko'proq bo'ladi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan barcha sikllarda berilgan issiqlik miqdori bir xil deb olingani uchun ρ ning o'sishi va bunga mos holda λ kamayishi bilan siklning termik f. i. k. kamayadi. 4.7- rasmda ko'rib o'tilgan sikllar uchun termik f. i. k.ning turli λ va ρ dagi qiymatlari 3 jadvalda va 4.8-rasmda berilgan. Hisoblashda quyidagi qiymatlar qabul qilingan $\varepsilon = 17$; $k = 1.4$; $p_a = 0,981 \text{ bar} = 1 \text{ kG/sm}^2$; $T_a = 288^\circ\text{K}$; $c = 0,713 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{grad)}$ $= 0,17 \text{ kkal/(kg.grad)}$ va $q_1 = 1950 \text{ kJ} = 466 \text{ kkal}$.

3.1-jadval

Termik f.i.k ning $q = \text{const}$ bo'lganda λ va ρ ga bog'liqligi

Sikl	λ	ρ	η_t
$aczba$	4	1	0,686
$acz'z_1b_1a$	3	1,236	0,684
$acz''z_2b_2a$	2	1,710	0,655
acz_3b_3a	1	3,130	0,584

Yuqoridagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, siqish darajasi bir xil bo'lganda issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan siklning termik f. i. k. katta bo'ladi.

Tez yurar dizellar issiqlik aralash usulda beriladigan siklga yaqin siklda ishlaydi. Ularda ishlatiladigan yonilg'i siqish darajasini oshirishga imkon beradi. Shuning uchun dizellarning termik foydali ish koeffitsiyenti uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarnikidan yuqori.

(4.9) formuladan ko'rinib turibdiki, mazkur ish jismi uchun ($k = \text{const}$) p_a , ε va η_t qancha ko'p bo'lsa, aralash siklning o'rtacha bosimi ham shuncha katta bo'ladi.

Berilgan issiqlik miqdori o'zgarmas ($q_1 = \text{const}$) bo'lganda p_s ning o'zgarishi λ va ρ ning qiymatiga bog'liq. ρ ning qiymati kamayib, bunga mos holda λ oshsa, η_t kattalashadi, natijada p_s ham oshadi.

Issiqlik miqdori q , ko'payganda $\lambda = \text{const}$ bo'lib, ρ kattalashsa, o'rtacha bosim p_s $\rho = \text{const}$ va λ kattalashadigan holdagiga nisbatan sekin oshadi. Bunga sabab shuki, berilgan issiqlik miqdorining ko'payishi bilan termik f. i. k birinchi holda kamayadi, ikkinchi holda esa bir oz kattalashadi.

Hozirgi zamon tez yurar dizellarida quyidagi siqish darajalari qo'llaniladi: to'rt taktli nadduvsiz dizellarda $\varepsilon = 16 - 20$;

nadduvli dizellarda esa $\varepsilon = 12 - 16$;

ko'p yonilg'ili dvigatellarda... $\varepsilon = 21$ gacha.

Dizel dvigatellarida detallarning mustahkamligini hisobga olgan holda yo'l qo'yilgan maksimal bosimlar hosil qilish maqsadida yonish jarayonida bosimning ko'tarilish darajasi $\lambda = 1,2 - 2,0$ dan oshmasligi lozim.

ρ ning qiymati dvigatelning yuklamasiga bog'liq bo'lib, 1,4-2,2 atrofida o'zgaradi.

1-misol. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikl uchun termik

f. i. k. va siklning o'rtala bosimi topilsin, bunda $\varepsilon = 7$; $k = \frac{c_p}{c_v} = 1,41$;

$p_a = 0,981 \text{ bar} = 1,0 \text{ kG/sm}^2$ va $\lambda = 4$.

Termik f. i. k. [(4.2) tenglamaga qarang]

$$\eta_i = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{7^{0,41}} = 0,55.$$

Siklning o'rtacha bosimi [(4.4) tenglamaga qarang]

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} (\lambda - 1) \eta_i = 1,02 \frac{7^{1,41}}{(7 - 1)(1,41 - 1)} (4 - 1) 0,55 = 10,6 \text{ bar} = 10,4 \text{ kG/sm}^2.$$

2-misol. Issiqlik aralash usulda beriladigan siklning termik f. i. k., o'rtacha bosimi topilsin, bunda $\varepsilon = 7$; $k = 1,41$; $\lambda = 2$; $T_a = 288^\circ\text{K}$; $c_v = 0,713 \text{ kJ/(kg. grad)}$; $p_a = 1,02 \text{ bar} = 1,0 \text{ kG/sm}^2$ va $q_1 = 2094 \text{ kJ} = 500 \text{ kkal}$. Termik f. i. k. (4.2) tenglamaga binoan;

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

Bu tenglamada η_i va ρ noma'lum.

ρ ni aniqlash uchun berilgan issiqlikning umumiy miqdorini (4.7) tenglamadan aniqlaymiz.

ac jarayon uchun (4.4-rasmga qarang) adiabata tenglamasidan quyidagini yozamiz:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{k-1}.$$

U holda

$$q_1 = c_v \cdot T_a \varepsilon^{k-1} [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)]$$

Bu tenglamadan dastlabki kengayish darajasini aniqlash mumkin:

$$\rho = \frac{\frac{q_1}{c_v T_a \varepsilon^{k-1}} - \lambda + 1}{k\lambda} + 1 = \frac{\frac{2094}{0,713 \cdot 288 \cdot 7^{0,41}} - 2 + 1}{1,41 \cdot 2} + 1 = 2,26.$$

Bu holda termik f. i. k:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{7^{0,41}} \cdot \frac{2 \cdot 2,26^{1,41} - 1}{2 - 1 + 1,41 - 2(2,26 - 1)} = 0,484.$$

Siklning o'rtacha bosimi [(4.9) tenglamaga qarang]

$$p_s = p_a \frac{\varepsilon^k}{(k-1)(\varepsilon-1)} [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)] \eta_t = 1,02 \cdot \frac{7^{1,41}}{(1,41-1)(7-1)} [2 - 1 + 1,41 \cdot 2(2,26 - 1)] \cdot 0,484 = 14,18 \text{ bar} = 13,9 \text{ kG/sm}^2.$$

3-misol. Issiqlik aralash usulda beriladigan siklning termik f.i.k va o'rtacha bosimi aniqlansin. Bunda 2-misoldagi ma'lumotlardan foydalaniladi, lekin $\varepsilon = 17$ qilib olinadi.

Echish:

$$\rho = \frac{\frac{2094}{0,713 \cdot 288 \cdot 7^{0,41}} - 2 + 1}{1,41 \cdot 2} + 1 = 1,78;$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{17^{0,41}} \cdot \frac{2 \cdot 1,78^{1,41} - 1}{2 - 1 + 1,41 \cdot 2(1,78 - 1)} = 0,615;$$

$$p_s = 1,02 \cdot \frac{7^{1,41} \cdot 0,615}{(1,41-1)(17-1)} [2 - 1 + 1,41 \cdot 2(1,78 - 1)] = 16,3 \text{ bar} = 16 \text{ kG/sm}^2.$$

ICHKI YONUV DVIGATELLARI NAZARIYASI

V bob. AVTOMOBIL DVIGATELLARINING HAQIQIY SIKLLARI

5.1 UMUMIY MA'LUMOT

Porshenli dvigatellarning nazariy sikllarini tekshirganimizda (IV bobga qarang) issiqlik tashqaridan beriladi deb qabul qilgan edik, issiqlikning nobud bo'lishi esa faqat termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq aniqlangan edi. Real dvigatellarda issiqlik tashqaridan berilmaydi, balki silindr ichida yonilg'ining yonishi tufayli hosil bo'ladi. Issiqlik bu usulda olinganda termodinamikaning ikkinchi qonunida e'tiborga olinmagan qo'shimcha nobudgarchilik paydo bo'ladi.

Real dvigatelda yonilg'i yonganda paydo bo'lgan issiqlikning bir qismi ekvivalent miqdordagi ishga aylangach yonilg'i yongan o'sha silindrni yonish mahsulotlaridan tozalash va unga yangi yonuvchi aralashma berish lozim. Silindrni tozalash va yangi aralashma bilan to'ldirish (gaz alma-shinuvi) uchun qo'shimcha ish sarflash kerak bo'ladi.

Siqish va kengayish jarayonlarida tashqi muhit bilan issiqlik alma-shiniladi, kengayish jarayonida esa, bundan tashqari, yonilg'i uzil-kesil yonib tugaydi. Siqish va kengayish jarayonlari bunday bajarilganda issiqlik qo'shimcha nobud bo'ladi.

Shunday qilib, haqiqiy sikllarda sodir bo'ladigan jarayonlar nazariy siklga nisbatan issiqlikning qo'shimcha nobud bo'lishiga olib keladi.

Buning natijasida haqiqiy siklning f. i. k. nazariy siklning f. i. k. dan kichik bo'ladi. Dvigatel silindrida yonilg'i yonganda olingan foydali ishni nazariy siklning ishiga solishtirib, haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish darajasini aniqlash mumkin. Buning uchun ikkala siklda siqish darajasi, bosimning oshish va dastlabki kengayish darajalari hamda berilgan issiqlik miqdorlari teng bo'lishi lozim.

Haqiqiy siklning ishini maxsus asbob-bosim indikator yordamida aniqlash mumkin. Indikator silindrdagi bosimning tirsakli valning burilish burchagiga bog'liqligini yozib beradi. Olingan indikator diagrammani $p-V$ koordinatalarida qayta tuzish mumkin.

Indikator yordamida yozilgan yoki tajriba koeffitsiyentlar yordamida tuzilgan indikator diagrammaning yuzi siklning haqiqiy indikator ishi ℓ_i ni belgilaydi.

Haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish samarasi indikator f. i. k. bilan aniqlanadi. U siklning foydali ishi L_i ga aylangan issiqlikning dvigatelga yonilg'i bilan kiritilgan barcha issiqlik Q_1 ga nisbatidan iborat, ya'ni:

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_1} \quad (5.1)$$

Agar foydali ishni 1 kg yonilg'iga nisbatan olsak, u holda

$$\eta_i = \frac{l_i}{H_u} \quad (5.2)$$

bo'ladi.

Hisoblarda kaloriya birliklaridan foydalanilsa,

$$\eta_i = \frac{AL_i}{Q_1} \quad (5.3)$$

bo'ladi, bu yerda

$$A = \frac{1}{427} \text{ kkal} / (\text{kG} \cdot \text{m}); L_i - \text{kG} \cdot \text{m} \quad \text{va} \quad Q_1 - \text{kkal}.$$

Haqiqiy va nazariy sikllarda issiqlikdan foydalanish samarasi nisbiy f. i. k. η_n bilan solishtiriladi:

$$\eta_n = \frac{\eta_i}{\eta_i} \quad (5.4)$$

Hozirgi zamon avtotraktor dvigatellarida:

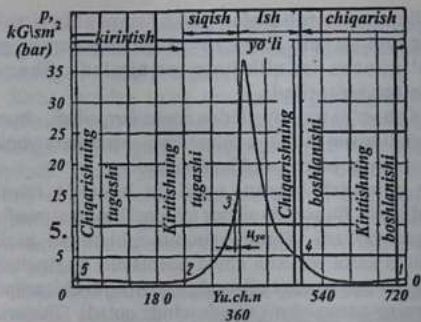
$$\eta_n = 0,65 \div 0,8.$$

5.2. TO'RT TAKTLI DVIGATELNING ISH SIKLI

Karbyuratorli dvigatel

5.1-rasmda to'rt taktili karbyuratorli dvigatelning indikator diagrammasi p - ϕ koordinatalarida keltirilgan. Bu diagrammaning p - V koordinatalar tizimida qayta tuzilgani 5.2- rasmda ko'rsatilgan.

Karbyuratorli dvigatelda (5.1 va 5.2- rasmlar) kiritish klapani ochilishi bilan (1 nuqta) karbyuratorda hosil bo'lgan yonuvchi aralashma silindr ichiga kira boshlaydi. Yonuvchi aralashmani kiritish jarayoni kiritish klapani yopilganda tugaydi (2 nuqta). Kiritish jarayonida havo va yonuvchi aralashmaning kirish yo'lida qarshilikka uchragani uchun (havo tozalagich, karbyurator, drossel zaslonkasi, kiritish klapani mavjudligidan) bosim kamayadi. Dvigatelning silindriga tushgan yonuvchi aralashma ilgari



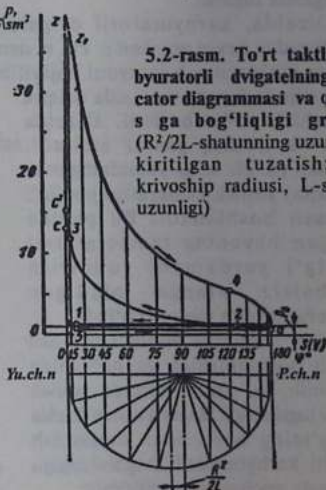
5.1-rasm. To'rt taktli karbyuratorli dvigatelning $p-\varphi$ koordinatalaridagi indikator diagrammasi ($\varphi_{y\phi}$ — yondirishni ilgarilash burchagi): 1-kiritish klapanining ochilishi; 2-kiritish klapanining bekilishi; 3-uchqun berish; 4-chiqarish klapanining ochilishi; 5-chiqarish klapanining yopilishi.

issiqlik almashish sodir bo'ladi.

Karbyuratorli dvigatellarda ish aralashmasi elektr uchquni yordamida yondiriladi. Yonish boshlangandan so'ng alanga yondirish svechasidan yonish kamerasiga katta (30-50 m/sek) tezlikda tarqaladi. Aralashmaning asosiy massasi kengayish boshlanishida porshen yu. ch. n. ga yaqin bo'lganida yonib tugasa, issiqlikdan juda yaxshi foydalanilgan bo'ladi. Buning uchun aralashmani ilgariroq, ya'ni porshen yu. ch. n. ga kelmasdan yon-

sikldan qolgan yonish mahsulotlari bilan aralashib ish aralashmasi hosil qiladi.

Kiritish klapani yopilishi bilan ish aralashmasi siqila boshlaydi. Ish aralashmasining temperaturasi issiqlik uzatuvchi yuzalarning o'rtacha temperaturasidan farq qilganligi uchun siqish jarayoni vaqtida ish aralashmasi bilan issiqlik uzatuvchi yuzalar orasida



5.2-rasm. To'rt taktli karbyuratorli dvigatelning indikator diagrammasi va φ ning s ga bog'liqligi grafigi. ($R^2/2L$ -shatunning uzunligiga kiritilgan tuzatish; R -krivoship radiusi, L -shatun uzunligi)

dirish kerak (3 nuqta). Bunday sharoitlarda yonish jarayonida tirsakli valning burilish burchagi yu. ch. n. ga $10-15^\circ$ yetmasdan va yu. ch. n. dan $15-20^\circ$ o'tguncha issiqlik juda tez ajraladi. Shunda temperatura va bosim tez ko'tariladi.

Kengayish jarayoni (ish yo'li) nazariy sikldan ancha farq qiladi, chunki bu jarayonda issiqlik tashqi sovuq muhitga chiqarilayotganda ham yonish davom etadi va gazlar devorlar bilan issiqlik almashadi.

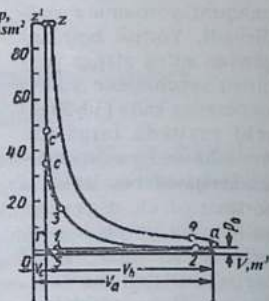
Ishlatilgan gazlar chiqarish klapani ochilishi bilan (4 nuqta) tashqariga chiqarila boshlaydi. Bu paytda silindr ichidagi bosim atmosfera bosimidan ancha yuqori bo'ladi. Shuning uchun ishlatilgan gazlar silindrdan tashqariga juda katta tezlikda chiqa boshlaydi. Keyinchalik porshen *p.ch. n.* dan *yu.ch.n.* ga harakat qilganda gazlar siqib chiqariladi. Shunga qaramay gazlarning ozroq qismi silindr ichida qoladi. Chiqarish jarayoni chiqarish klapani yopilishi bilan tugaydi (5 nuqta).

2. Dizel

To'rt taktli dizelda (5.3 rasm) kiritish klapani ochilganda (1 nuqta) silindrga faqat havo kiradi; havo kiritish jarayoni 2 nuqtada kiritish klapani yopilganda tugaydi.

Dizelda, karbyuratorli dvigateldagi kabi, kiritish klapani yopilgandan keyin porshen *p. ch. n.* dan *yu. ch. n.* ga harakat qilganda silindr ichida siqish jarayoni bajarilib, ayni vaqtda kiritilgan havo bilan silindr devorlari orasida issiqlik almashish sodir bo'ladi. Dizelda havo va qoldiq gazlar siqiladi. Porshen *yu. ch. n.* ga yaqinlashganda (3 nuqta) yonish kamerasiga yonilg'i purkash boshlanadi. Bu paytda siqilgan havoning temperaturasi yonilg'i yordamchi yondirish manbaisiz alanga oladigan temperaturadan yuqori bo'ladi.

Dizel silindriga yonilg'i purkash yonish boshlanishiga oz qolganida boshlanib, ko'pgina hollarda yonish davrida tugallanadi. Shuning uchun dizelda yonilg'ining havo bilan aralashish sharoiti karbyuratorli dvigateldagiga qaraganda anchagina murakkabdir.



5.3-rasm. To'rt taktli dizelning p-V koordinatalardagi indikator diagrammasi

Dizelda yuqori bosimli yonilg'i nasosi va mayda teshiklari bo'lgan to'zitgichli forsunkalar ishlatilishi tufayli yonish kamerasiga mayda zarralarga aylantirilgan yonilg'i beriladi.

Biroz vaqtdan so'ng (bu davrda purkalgan yonilg'i alangalanishga tayyorlanadi va u alangalanishning kechikish davri deyiladi) aralashmaning yonishga tayyor qismi alangalanadi, so'ngra alanga butun kameraga tarqaladi. Yonish jarayonining boshida bosim juda tez ko'tariladi (c'z' qismi) so'ngra biroz vaqt davomida (z'z qismida) bosim deyarli o'zgarmaydi. Yonilg'ining yonishi kengayish jarayonida tugaydi, bu paytda ham yonish mahsulotlari bilan silindr devorlari orasida issiqlik almashish sodir bo'ladi.

Ishlatilgan gazlarni tashqariga chiqarish 4 nuqtada, chiqarish klapani ochilganda boshlanib, 5 nuqtada, klapan yopilganda tugallanadi.

VI bob
YONILG'I VA UNING YONISH
KIMYOVIY REAKSIYALARI

6.1 YONILG'I

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

Suyuq yonilg'i har xil uglevodorodlar: parafin uglevodorodlari (alkanlar) $C_n H_{2n+2}$, naften uglevodorodlari (siklanlar) $C_n H_{2n}$; $C_n H_{2n-2}$ va boshqalar, aromatik uglevodorodlar $C_n H_{2n-6}$; $C_n H_{2n-12}$ va boshqalar aralashmasidan iborat.

Ichki yonuv dvigatellarida ishlatiladigan suyuq yonilg'i taxlil qilinganda uning elementar tarkibi, ya'ni uglerod C, vodorod H_2 va oz miqdordagi kislorod O_2 ning miqdori aniqlanadi. Yonilg'ilarning ba'zi sortlarida juda oz miqdorda oltingugurt S bo'ladi.

Avtomobil dvigatellarida gaz holatidagi yonilg'i sifatida asosan neft chiqarilayotganda olinadigan tabiiy gaz, sanoatda neftni qayta ishlash va boshqa jarayonlarda hosil bo'ladigan sanoat gazlari va qattiq yonilg'ini gazga aylantirib olingan gazlar ishlatiladi.

Massa yoki hajm birligidagi yonilg'ining to'la yonishidan hosil bo'lgan issiqlik miqdori uning yonish issiqligi deyiladi.

Yonish issiqligi yonilg'ining eng asosiy ko'rsatkichlaridan hisoblanadi.

Yonilg'ining yuqori va quyi yonish issiqligi bo'ladi.

Yuqori yonish issiqligi H_0 — massa va hajm birligidagi yonilg'ining to'la yonishi natijasida hosil bo'lgan va yonish mahsulotlarini boshlang'ich temperaturagacha sovitganda sovituvchi muhitga berilishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdori.

Ichki yonuv dvigatellarida ishlatilgan gazlar atrofda havoning temperaturasidan ancha yuqori temperaturada tashqariga chiqarib tashlanadi va ular kondensatga aylanmagan suv bug'ini o'zi bilan olib ketadi. Shuning uchun hisoblarda suv bug'ining kondensatlanishida ajralib chiqqan issiqlik miqdori hisobga olinmaydi.

Yonilg'ining massa yoki hajm birligi yonganda hosil bo'ladigan issiqlik miqdoridan suv bug'ining kondensatlanishida hosul bo'ladigan issiqlik miqdorining ayirmasi yonilg'ining **quyi yonish issiqligi** deyiladi va H_u bilan belgilanadi.

Agar tadqiqotlar natijasida yonilg'ining elementar tarkibi va yuqori yonish issiqligi ma'lum bo'lsa, uning quyi yonish issiqligini aniqlash mumkin:

$$H_u = H_0 - 2512(9H + W), \text{ kJ/kg} \quad (6.1)$$

yoki kaloriya birligida

$$H_u = H_0 - 600(9H + W), \text{ kkal/kg},$$

bu yerda 2512 kJ/kg yoki 600 kkal/kg – 1 kg suv bug'i hosil qilish uchun sarflanadigan texnik hisoblarda qabul qilinadigan issiqlik miqdori;

9H – 1 kg yonilg'i yonganda hosil bo'lgan suv bug'i; H–1 kg yonilg'idagi vodorodning massa ulushi;

W – 1 kg yonilg'idagi nam miqdori.

Agar yonilg'ining elementar tarkibi ma'lum bo'lsa, uning quyi yonish issiqligini D. I. Mendelev formulasiidan topish mumkin:

$$H_u = [34,013C + 125,6H - 10,9(O - S) - 2,512(9H + W)] \cdot 10^6, \text{ J/kg}$$

(6.2) yoki

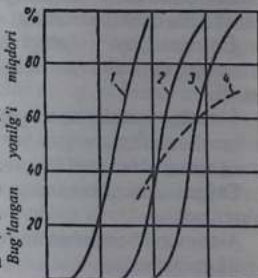
$$H_u = 8100C + 30000H - 2600(O - S) - 600(9H + W), \text{ kkal/kg}$$

bu yerda C, H, O va S – yonilg'ining tarkibiga kiruvchi elementlarning massa ulushlari.

Ichki yonuv dvigatellarida ishlatiladigan yonilg'ining asosiy qismi neftdan olinadi.

Bug'lanuvchanlik yonilg'ining fraksion tarkibiga qarab belgilanadi va asosiy ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Yonilg'ining bug'lanuvchanligi uni maxsus asbobda qizdirish yo'li bilan aniqlanadi. Bunday asbobda qaynash temperaturasi har xil bo'lgan fraksiyalar navbat bilan bug'lanadi. Har turdagi yonilg'i uchun mos temperaturalaragi fraksion tarkibi o'rnatiladi. Yonilg'ining 10, 50, 90 va 100%, qaynab bug'ga aylangan temperaturalar xarakterli nuqtalar bo'ladi. Bu ma'lumotlar asosida asosan yonilg'ining fraksion tarkibining temperaturaga bog'liqligini ko'rsatuvchi, fraksiyalarga ajratib, haydash egri chizig'i yasaladi. Yonilg'i bilan havo aralashmasining sifati va yonishi, shuningdek, dvigatelning yurgizib yuborilish xususiyatlari yonilg'ining fraksion tarkibiga bog'liq.

6.1-rasmda yonilg'ilarning fraksiyalarga ajratib haydash egri chiziqlari, 6.1-jadvalda esa dvigatellarda



6.1-rasm. Turli yonilg'ilarni fraksiyalarga ajratib haydash egri chiziqlari

ishlatiladigan yonilg'ilarning asosiy ko'rsat-kichlari keltirilgan.

Benzin uchun asosiy ko'rsatkichlardan biri detonatsion chidamlilikdir.

Agar yonilg'ining detonatsion chidamliligi mazkur tipdagi dvigatel uchun qabul qilingan detonatsion chidamlilikdan past bo'lsa, dvigatelning silindrida yonish sharoitlari buziladi (detonatsiya paydo bo'ladi) va bunday sharoitlarda dvigatelni ishlatishga yo'l qo'yilmaydi.

Oson bug'lanuvchi yonilg'ilarning detonatsion chidamliligi oktan soni bilan xarakterlanadi.

Yonilg'ining oktan soni bu maqsad uchun mo'ljallangan maxsus dvigatelda aniq belgilangan sharoitlarda sinash yo'li bilan aniqlanadi. Bu dvigatelning o'ziga xos xususiyati shundaki, uning siqish darajasini o'zgartirish mumkin. Oktan sonini aniqlashda etalon yonilg'ilar sifatida detonatsion chidamliligi katta bo'lgan izooktan (iC_8H_{18}) va detonatsiyaga moyil bo'lgan heptan (nC_7H_{16}) ishlatiladi. Izooktan va heptan aralashmasi tekshirilayotganda aralashmadagi har qaysi yonilg'ining foiz miqdoriga qarab detonatsiya hodisalari turli siqish darajalarida sodir bo'ladi.

Yonilg'i sifatida sof izooktan ishlatilganda yuqori siqish darajasiga ega bo'lamiz. Izooktan bilan heptan aralashtirilganda aralashmaning normal yonishi uchun siqish darajasini kamaytirish kerak. Heptanning aralashmadagi foiz miqdori qancha ko'p bo'lsa, dvigatelning normal ishlashi uchun kerak bo'ladigan siqish darajasi shuncha past bo'ladi.

Yonilg'ining oktan sonini topish uchun maxsus dvigatelda tekshirilayotgan yonilg'i bilinar-bilinmas detonatsiya bilan yonadigan siqish darajasi hosil qilinadi. Bu ma'lumotlar dvigatelni izooktan bilan heptan aralashmasida sinash natijalariga taqqoslanadi va dvigatelning xuddi shunday sharoitlarda qanday tarkibdagi aralashmada ishlashi aniqlanadi.

Detonatsiyaga moyilligi tekshirilayotgan yonilg'inikiga teng bo'lgan normal heptanli aralashmadagi izooktanning foiz miqdori oktan soni deb ataladi.

Masalan, sinalayotgan yonilg'i 80% izooktan bilan 20% heptandan tuzilgan aralashma singari bir xil sharoitda detonatsiyali yona boshlasa, yonilg'ining oktan soni 80 ga teng bo'ladi.

Dvigatel uchun benzinning oktan soni texnik shartlarda va instruksiyalarda ko'rsatiladi.

Avtomobil benzinlarining (motor usulida aniqlangan) oktan soni 66 dan 95 gacha bo'ladi.

**Avtomobil dvigatellarida ishlatiladigan yonilg'ilarning
asosiy ko'rsatkichlari**

Ko'rsatkichlar	Avtomobil benzini	Dizel yonilg'isi
Yonilg'ining elementar massa tarkibi:		
C	0,855	0,870
H	0,145	0,126
Oyo	--	0,004
O'rtacha molekulyar massasi, kg	110-120	180-200
Quyi yonish issiqligi:		
Mj/kg da	44	42,5
Kkal/kg da	10500	10150
Temperatura, °S:		
haydashning boshlanishi	35	185-200
10% yonilg'ini haydash	55-70	200-225
50% " " " " " "	100-125	240-280
90% " " " " " "	160-195	290-350
haydashning tugallanishi (ko'pi bilan)	185-205	330-360

Gazsimon yonilg'ilarning oktan soni 90 dan 110 gacha bo'ladi. Shuning uchun avtomobil dvigatellari gaz bilan ishlaganda ularning siqish darajasini oshirish kerak,

Dizel yonilg'isi dvigatelning silindriga siqish taktining oxirida, havoning temperaturasi yuqori darajaga yetganida purkaladi. Dizel yonilg'isiga qo'yiladigan asosiy talab shundan iboratki, yonilg'i qizdirilgan havoga purkalganda oson alangalanishi lozim. Yonilg'ining oson alangalanishi yonilg'i berilgan paytdan boshlab alanga olgungacha o'tgan vaqt oralig'i bilan aniqlanadi. Bu vaqt oralig'i alangalanishning kechikish vaqti deb ataladi va yonilg'i purkalgan paytdagi havoning termodinamik ko'rsatkichlariga hamda yonilg'ining fizik va ximiyaviy xossalariga ko'p darajada bog'liq bo'ladi. Yonilg'ining alangalanuvchanligi setan soni bilan aniqlanadi. Bir xil sharoitlarda yonilg'i purkalgan paytda uning setan soni alangalanishning kechikish vaqti bilan aniqlanadi.

Setan soni qancha yuqori bo'lsa, alangalanishning kechikish vaqti shuncha kam bo'ladi.

Setan soni maxsus dvigatellarda tekshiriladigan yonilg'ini etalon aralashma bilan taqqoslab aniqlanadi. Bu aralashma setan soni 100 ga teng bo'lgan oson alangalanuvchi setan ($C_{16}H_{34}$) va setan soni 0 ga teng

bo'lgan qiyin alanganuvchi α = metilnaftalindan iborat. Dizel yonilg'isining setan soni 45-50 atrofida bo'ladi.

Yonilg'ining muxim sifat ko'rsatkichlaridan biri uning qovushoqligidir. Yonilg'ining qovushoqligi uning temperaturasi va fraksion tarkibiga bog'liq. Og'ir fraksiyalardan tuzilgan yonilg'ining qovushoqligi yuqori bo'ladi. Yonilg'ining fraksion tarkibi qancha og'ir bo'lsa, temperatura pasayishi bilan qovushoqlik shuncha tez osha boradi. Masalan, benzinning temperaturasi $+20^{\circ}\text{S}$ dan -20°S gacha o'zgarsa, uning qovushoqligi taxminan 2 marta, dizel yonilg'ilariniki esa 5-10 marta oshadi. Yonilg'ining purkagandagi to'zish va havo bilan aralashish sifati uning qovushoqligiga bog'liq.

6.2. YONILG'INING YONISH REAKSIYALARI

Dvigatelning silindrida yonilg'ining yonishi murakkab jarayondir.

Yonilg'i yonganda hosil bo'ladigan issiqlik effektini aniqlash uchun yonilg'i tarkibidagi ayrim elementlarning kislorod bilan reaksiyasining so'nggi natijasini bilish zarur. Bu natijalarni yonilg'i uglevodorodning kislorod bilan ximiyaviy reaksiyasi tenglamalari yordamida aniqlash mumkin.

6.1-jadvalga muvofiq 1 kg suyuq yonilg'ining massa elementar tarkibi C kg (C) uglerod, H kg (H_2) vodorod va O_{yo} kg (O_2) kisloroddan iborat.

Bularning yig'indisi

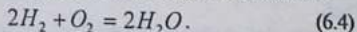
$$C + H + \text{O}_{\text{yo}} = 1 \text{ kg}.$$

1. Yonilg'ining to'la yonishi

Kislorod yetarli miqdorda bo'lsa, uglerodning oksidlanishidan karbonat angidrid, vodorodning oksidlanishidan esa suv bug'i hosil bo'ladi. Yonilg'i to'la yonsa uglerodning har bir molekulasini kislorodning bir molekulasini bilan birikadi; natijada bir molekula karbonat angidrid hosil bo'ladi:



Vodorod yonganda uning ikkita molekulasini kislorodning bitta molekulasini bilan birikadi va ikki molekula suv bug'i hosil bo'ladi:



Uglerodning molekulyar massasi 12, vodorodniki 2 va kislorodniki 32 ga teng bo'lgani uchun yuqoridagi tenglamalarni massa birliklarda quyidagicha yozish mumkin:

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

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

1 kg uglerod uchun:

$$1 \text{ kg } (C) + \frac{8}{3} \text{ kg } (O_2) = \frac{11}{3} \text{ kg } (CO_2) \quad (6.5)$$

va 1 kg vodorod uchun:

$$1 \text{ kg } (H) + 8 \text{ kg } (O_2) = 9 \text{ kg } (H_2O). \quad (6.6)$$

(6.5) tenglamaga ko'ra 1 kg uglerodning to'la yonishi uchun

$$\frac{8}{3} \text{ kg kislorod kerak, buning natijasida } \frac{11}{3} \text{ kg } (CO_2) \text{ hosil bo'ladi.}$$

(6.6) tenglamaga ko'ra, 1 kg vodorodning to'la yonishi uchun 8 kg kislorod kerak, natijada 9 kg suv bug'i hosil bo'ladi.

1kg yonilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'ladigan kislorodning miqdorini aniqlash uchun (6.5)va (6.6) tenglamalarning o'ng va chap qismlarini mos ravishda C va H ga-1 kg yonilg'idagi uglerod hamda vodorodning ulushlariga ko'paytirish kerak.

Demak, 1 kg yonilg'i uchun:

$$C \text{ kg } (C) + \frac{8}{3} C \text{ kg } (O_2) = \frac{11}{3} C \text{ kg } (CO_2); \quad (6.7)$$

$$H \text{ kg } (H_2) + 8H \text{ kg } (O_2) = 9H \text{ kg } (H_2O). \quad (6.8)$$

2. 1 kg yonilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori

C kg uglerod va H kg vodorodning yonishi uchun $(\frac{8}{3}C + 8H)$ kg kislorod talab etiladi. Agar yonilg'ining tarkibidagi kislorod O_{yo} ning miqdorini hisobga olsak, 1 kg yonilg'ining to'la yonishi uchun talab etiladigan kislorodning eng kam miqdori:

$$O_{\min} = \frac{8}{3}C + 8H - O_{yo}, \text{ kg} \quad (6.9)$$

bo'ladi.

Dvigatellarda yonilg'ining yonishi uchun kiritish jarayonida silindr ichiga kiritiladigan havoning kislorodi ishlatiladi. Ma'lumki, havo tarkibidagi kislorodning massasi 23% ni tashkil etadi. Demak, 1 kg yonilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_{yo} \right), \text{kg} \quad (6.10)$$

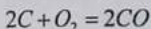
bo'ladi.

Havodagi azot yonishda qatnashmaydi va dvigatelning silindridan chiqarish jarayonida ishlatilgan gazlar bilan birga chiqib ketadi.

3. Yonilg'ining chala yonishi

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda eng ko'p quvvat olish rejimida va boshqa ba'zi rejimlarda yonish jarayonida kislorodni me'yordan kamroq berish kerak. Tajribalarning ko'rsatishicha, kislorod yetishmaganda yonilg'idagi uglerodning bir qismi is gazi hosil qiladi, vodorodning bir qismi esa butunlay yonmay qoladi.

Uglerod is gaziga aylanganda uning 2 ta molekulasi kislorodning bir molekulasi bilan birikib 2 molekula is gazi hosil qiladi:



yoki

$$24 \text{ kg } (C) + 32 \text{ kg } (O_2) = 56 \text{ kg } (CO). \quad (6.11)$$

Yonilg'idagi uglerodning CO ga aylangan ulushini bilan belgilaymiz. U holda yonilg'idagi uglerod C ning CO₂ ga aylangan qismi φ C kg, CO₂ ga aylangai qismi esa $(1 - \varphi)$ C kg bo'ladi.

(6.5) va (6.11) tenglamalardan uglerodning CO₂ ga aylangan qismi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$(1 - \varphi)C \text{ kg } (C) + \frac{8}{3}(1 - \varphi)C \text{ kg } (O_2) = \frac{11}{3} \cdot (1 - \varphi)C \text{ kg } (CO_2). \quad (6.12)$$

Uglerodning CO ga aylangan qismi uchun esa bunday yoziladi:

$$\varphi C \text{ kg } (C) + \frac{4}{3}\varphi C \text{ kg } (O_2) = \frac{7}{3} \cdot \varphi C \text{ kg } (CO). \quad (6.13)$$

Agar vodorod to'la yonadi deb faraz qilsak, u holda uning yonish reaksiyasi (6.8) tenglamadan aniqlanadi.

1 kg yonilg'ining chala yonishi uchun kerak bo'ladigan havo miqdori:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left[\frac{4}{3} (2 - \varphi) C + 8H - O_{yo} \right], \text{ kg} . \quad (6.14)$$

4. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti

Dvigatelda uning ish rejimiga qarab, yonilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'lgan havo miqdori nazariy miqdoridan ko'p yoki kam bo'lishi mumkin.

1 kg yonilg'ining yonishi uchun silindrga kiritilgan havoning haqiqiy miqdorining nazariy miqdoriga nisbati havoning ortiqlik koeffitsiyenti deb ataladi va α bilan belgilanadi.

Bu koeffitsiyent

$$\alpha = \frac{l}{l_0} . \quad (6.15)$$

Bu yerda l —1 kg yonilg'ining yonishida qatnashadigan havoning haqiqiy massa miqdori, kg.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda havoning ortiqlik koeffitsiyenti birdan katta va birdan kichik bo'lishi mumkin. Karbyuratorli avtomobil dvigatellarda ish sharoitiga qarab, α 0,85 dan 1,15 gacha o'zgaradi.

Dizellarda havoning ortiqlik koeffitsiyenti doim birdan katta va dvigatelning yuklamasiga qarab, 1,3 dan 5 gacha o'zgaradi.

Quyuq aralashma ($\alpha < 1$) yonganda havoning ortiqlik koeffitsiyenti ma'lum bo'lsa, uglerodning yonib CO ga aylangan ulushini quyidagicha topish mumkin:

$$\varphi = 2(1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C} \right) . \quad (6.16)$$

5. Yonuvchi aralashma va yonish mahsulotlari miqdorini aniqlash

Dvigatelning silindriga tushayotgan yonuvchi aralashma havo va yonilg'idan iborat bo'ladi.

1 kg yonilg'i yonganda yonuvchi aralashmaning umumiy massasi:

$$G_1 = 1 + \alpha l_0, \text{ kg} . \quad (6.17)$$

Yonish mahsulotlarining massasini aniqlash uchun ularning tarkibidagi ayrim gazlarning massalarini qo'shish kerak.

To'la yonish ($\alpha \geq 1$). Yonilg'i to'la yonganda uning yonish mahsulotlari karbonat anhidrid, suv bug'i; yonishda qatnashmagan ortiqcha kislorod va azotdan iborat bo'ladi.

(6.6) va (6.7) tenglamalarga ko'ra 1 kg yonilg'i to'la yonganda hosil bo'lgan karbonat anhidridning miqdori:

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C, \text{ kg}, \quad (6.18)$$

suv bug'ining miqdori esa

$$G_{H_2O} = 9H, \text{ kg}, \quad (6.19)$$

bo'ladi.

Ortiqcha kislorodning miqdorini aniqlash uchun silindr ichiga kirgan kislorodning umumiy miqdori $0,23 \alpha l_0$ bo'lib yonishda uning $0,23 l_0$ kg ishtirok etishi nazarga olinadi. U holda yonishda qatnashmagan va yonish mahsulotlarida bo'lgan kislorodning miqdorni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$G_{O_2} = 0,23\alpha l_0 - 0,23l_0 = 0,23(\alpha - 1)l_0, \text{ kg} \quad (6.20)$$

Bu tenglamadan ma'lum bo'lishicha, $\alpha = 1$ bo'lsa, $G_{O_2} = 0$, bo'ladi. Yonish mahsulotlaridagi azot miqdori:

$$G_{N_2} = 0,77\alpha l_0, \text{ kg} \quad (6.21)$$

Yonish mahsulotlarining umumiy miqdori:

$$G_2 = \frac{11}{3} C + 9H + (\alpha - 0,23)l_0. \quad (6.22)$$

(6.17) formuladan foydalansak,

$$G_2 = C + H + O_{yo} + \alpha l_0 = 1 + \alpha l_0 = G_1 \quad (6.23)$$

bo'ladi.

Chala yonish ($\alpha < 1$). Yonilg'i chala yonganda yonish mahsulotlarida kislorod bo'lmaydi. 1 kg yonilg'i yongandagi yonish mahsulotlarining massalarini 6.13. 6.14 va 6.9, 6.22 formulalardan aniqlash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} G_{co_2} &= \frac{11}{3} (1 - \alpha) C, \text{ kg}; \\ G_{co} &= \frac{7}{3} C, \text{ kg}; \\ G_{H_2O} &= 9H, \text{ kg}; \\ G_{N_2} &= 0,77\alpha l_0, \text{ kg}. \end{aligned} \right\} \quad (6.24)$$

Bu holda yonish mahsulotlarining umumiy miqdori:

$$G_2 = \frac{11}{3} C - \frac{4}{3} \varphi C + 9H + 0,77\alpha l_0. \quad (6.25)$$

To'la yonishdagi kabi

$$G_2 = G_1 = 1 + \alpha l_0$$

bo'ladi.

Yonuvchi aralashmaning va yonish mahsulotlarining miqdorini mol hisobida aniqlash. Dvigatelning asosiy o'lchamlarini topish maqsadida uni issiqlikka hisoblashda yonuvchi aralashmaning va yonish mahsulotlarining miqdorini kmol hisobida ifodalash kerak. Hisoblarni kmol hisobida olib borish uchun yonish mahsulotlarining tarkibiga kiruvchi ayrim gazlarning va yonuvchi aralashmaning massalarini ularning molekulyar massalariga bo'lish kerak.

Karbyuratorli dvigatellarda 1 kg yonilg'i yonganda yonuvchi aralashmaning haqiqiy miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$M_1 = \frac{\alpha l_0}{\mu_h} + \frac{1}{\mu_{yo}} = \alpha L_0 + \frac{1}{\mu_{yo}} \text{ kmol}. \quad (6.26)$$

Bu yerda μ_h - havoning molekulyar massasi, $\mu_h = 28,97$;

μ_{yo} - yonilg'ining molekulyar massasi;

L_0 - 1 kg yonilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori, kmol.

Har xil yonilg'ilar uchun μ_{yo} ning miqdori 6.1-jadvalda keltirilgan.

$\mu_{yo} \approx 110$ bo'lgani uchun taxminiy hisoblarda $\frac{1}{\mu_{yo}}$ ning qiymati e'tiborga olinmaydi.

Dizellarning silindriga kiritish taktida faqat havo kirgani uchun

$$M_1 = \frac{\alpha l_0}{\mu_h} = \alpha L_0, \text{ kmol} \quad (6.27)$$

bo'ladi.

Yonilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori

$$L_0 = \frac{L}{\mu_h} = \frac{1}{0,23 - 20,97} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_{yo} \right) = 0,15 \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_{yo} \right), \text{ kmol} \quad (6.28)$$

yoki

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_{yo}}{32} \right), \text{ kmol} . \quad (6.29)$$

Karbonat angidrid gazi:

$$M_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot \frac{C}{14} = \frac{C}{12}, \text{ kmol};$$

suftugi:

$$M_{H_2O} = \frac{9H}{18} = \frac{H}{2}, \text{ kmol};$$

azot:

$$M_{N_2} = \frac{0,77\alpha l_0}{28} = \frac{0,77\alpha l_0 \mu_h}{28} = 0,79\alpha L_0, \text{ kmol};$$

kinlorod:

$$M_{O_2} = \frac{0,23(\alpha - 1)l_0}{32} = 0,23(\alpha - 1)L_0, \text{ kmol}$$

$\alpha \geq 1$ bo'lganda yonish mahsulotlarining ulushlari quyidagicha hisoblanadi:

$\alpha \geq 1$ bo'lganda yonish mahsulotlarining kmol hisobidagi umumiy miqdori

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,79\alpha L_0 + 0,21(\alpha - 1)L_0$$

yoki

$$(6.29) \text{ tenglamadan: } M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + \alpha L_0 + 0,21L_0. \quad (6.31)$$

demak,

$$0,21L_0 = \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_{yw}}{32},$$

1 kg yonilg'i chala yonganda ($\alpha < 1$) hosil bo'ladigan yonish mahsulotlarining ulushlarini (6.13) va (6.9) tenglamalardan aniqlaymiz.

karbonat anhidrid gazi:

is gazi:

suv bug'i:

azot:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12}(1 - \varphi), \text{ kmol};$$

$$M_{CO} = \frac{G}{12}\varphi, \text{ kmol};$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ kmol};$$

$$M_{N_2} = 0,79\alpha L_0, \text{ kmol};$$

(6.32)

($\alpha < 1$) bo'lganda yonish mahsulotlarining kmol hisobidagi umumiy miqdori

(6.26), (6.27) va (6.32) tenglamalardan ko'rinib turibdiki mahsulotlarining kmol hisobidagi miqdori M_2 yonuvchi aralashmasiga teng emas. Yonish natijasida mollar miqdorining o'zgarishi

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,79\alpha L_0.$$

$$\Delta M = M_2 - M_1, \text{ kmol}$$

Karbyuratorli dvigatellarda aralashma to'la yonganda ($\alpha \geq 1$) (6.26) va (6.32) tenglamalardan quyidagini yozamiz:

$$\Delta M = \frac{H}{4} + \frac{O_{yo}}{32} - \frac{1}{\mu_{yo}}, kmol. \quad (6.35)$$

Aralashma chala yonganda, ($\alpha < 1$) esa (6.26) va (6.34) tenglamalardan:

$$\Delta M = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} - 0,21\alpha L_0 - \frac{1}{\mu_{yo}}, kmol. \quad (6.36)$$

Dizellar uchun ($\alpha \geq 1$) bo'lganda (6.27) va (6.32) tenglamalardan

$$\Delta M = \frac{H}{4} + \frac{O_{yo}}{32}, kmol. \quad (6.37)$$

Orttirma ΔM kmol shuni ko'rsatadiki, suyuq yonilg'ilar yonganda hosil bo'lgan yonish mahsulotlarining hajmi yonuvchi aralashmaning hajmidan katta bo'ladi. Hajmning bunday o'zgarishi shuni ko'rsatadiki, yonish jarayonida hosil bo'lgan gazlar foydali ish bajaradi.

Yonishdagi hajmning o'zgarishi yonish mahsulotlarining kmol hisobidagi miqdori M_2 ning yangi yonuvchi aralashmaning miqdori M_1 ga nisbati bilan aniqlanadi. Bu nisbat μ_0 bilan belgilanib, yangi aralashmaning molekulyar o'zgarishining nazariy koeffitsiyenti deb ataladi:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1}. \quad (6.38)$$

Uchqun bilan o't oldiriladigan benzinli dvigatellarda aralashma to'la yonganda, ya'ni ($\alpha < 1$) bo'lganda (6.26) va (6.35) tenglamalardan quyidagini yozamiz:

$$\mu_0 = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O_{yo}}{32} - \frac{1}{\mu_{yo}}}{\alpha L_0 + \frac{1}{\mu_{yo}}}. \quad (6.39)$$

Aralashma chala yonganda, ya'ni ($\alpha < 1$) bo'lganda (6.25) va (6.34) tenglamalardan:

$$\mu_o = 1 + \frac{\frac{C}{12} + \frac{H}{2} - 0,21 \alpha L_o - \frac{1}{\mu_{yo}}}{\alpha L_o + \frac{1}{\mu_{yo}}} \quad (6.40)$$

Dizellar uchun (6.27) va (6.37) tenglamalardan:

$$\mu_o = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O_{yo}}{32}}{\alpha L_o} \quad (6.41)$$

1-misol. Elementar tarkibi $C=0,855$, $H=0,145$, molekulyar massasi $\mu_{yo}=114$ bo'lgan 1 kg avtomobil benzinining yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori l_o kg va L_o kmol; yonish jarayonida ishtirok etadigan havoning haqiqiy miqdori l_o kg va L_o kmol hamda yangi aralashmaning umumiy miqdori, yonish mahsulotlarining tarkibidagi alohida gazlarning miqdori va ularning umumiy miqdori, kg va kmol; yonishdagi hajmning orttirishi ΔM va molekulyar o'zgarishning nazariy koeffitsiyenti μ_o aniqlansin. Hisoblashda havoning ortiqlik koeffitsiyenti ikki xil olinadi: $\alpha=0,9$ (quyuq aralashma) va $\alpha=1,15$ (suyuq aralashma).

1 kg yonilg'ining yonishi uchun kerakli havoning nazariy miqdori, (6.11) tenglamaga binoan, $O_{yo}=0$ bo'lganda quyidagicha aniqlanadi:

$$l_o = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,91 \text{ kg};$$

$$L_o = \frac{l_o}{\mu_h} = \frac{14,91}{28,97} = 0,515 \text{ kmol};$$

yoki (6.29) tengdamaga binoan

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,515 \text{ kmol}$$

bo'ladi.

1 kg yonilg'ining yonishida qatnashadigan havoning haqiqiy miqdori:

$$\alpha = 0,9 \text{ bo'lsa, } \alpha l_o = 0,9 \cdot 14,91 = 13,42 \text{ kg},$$

$$\alpha L_o = 0,9 \cdot 0,515 = 0,463 \text{ kmol};$$

$$\alpha = 1,15 \text{ bo'lsa, } \alpha l_0 = 1,15 \cdot 14,91 = 17,15 \text{ kg;}$$

$$\alpha l_0 = 1,15 \cdot 0,515 = 0,592 \text{ kmol.}$$

1 kg yonilg'ining yonishdagi yangi yonuvchi aralashmaning umumiy miqdori:

$$\alpha = 0,9 \text{ bo'lsa, } G = 1 + \alpha l_0 = 1 + 13,42 = 14,42 \text{ kg;}$$

$$M_1 = \frac{1}{\mu_{yo}} + \alpha l_0 = \frac{1}{144} + 0,463 = 0,472 \text{ kmol.}$$

$$\alpha = 1,15 \text{ bo'lsa,}$$

$$G_1 = 1 + 17,15 = 18,15 \text{ kg;}$$

$$M_1 = \frac{1}{144} + 0,592 = 0,601 \text{ kmol.}$$

Yonish mahsulotlari tarkibidagi alohida gazlar miqdori va ularning umumiy miqdori:

$\alpha = 0,9$ bo'lsa,
uglerodning yonib is gazi CO ga aylangan qismi (6.12) tenglamaga binoan:

$$\varphi = 2(1 - 0,9) \left(\frac{1 + 30,145}{0,855} \right) = 0,302.$$

Uglerodniig yonib, karbonat anhidrid CO_2 ga aylangan qismi:

$$1 - \varphi = 1 - 0,302 = 0,698.$$

Karbonat anhidridning miqdori (6.24) tenglamaga binoan:

$$G_{\text{co}_2} = \frac{11}{3} \cdot 0,855 \cdot 0,698 = 2,182 \text{ kg;}$$

va (6.31) tengldmaga binoan:

$$M_{\text{co}_2} = \frac{0,855}{12} \cdot 0,698 = 0,0497 \text{ kmol;}$$

is gazining miqdori (6.24) tenglamaga ko'ra:

$$G_{\text{co}} = \frac{7}{3} \cdot 0,302 \cdot 0,855 = 0,6 \text{ kg}$$

va (6.31) tenglamaga binoan:

$$M_{CO} = \frac{0,855}{12} \cdot 0,302 = 0,0216 \text{ kmol};$$

suv bug'ining miqdori (6.24) tenglamaga ko'ra:

$$G_{H_2O} = 9 \cdot 0,145 = 1,305 \text{ kg},$$

va (6.31) tenglamaga binoan:

$$M_{H_2O} = \frac{0,145}{2} = 0,0725 \text{ kmol};$$

azot miqdori (6.24) tenglamaga ko'ra:

$$G_{N_2} = 0,77 \cdot 13,42 = 10,333 \text{ kg},$$

va (6.33) tenglamaga binoan:

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot 0,463 = 0,366 \text{ kmol}.$$

Yonish mahsulotlarining umumiy miqdori:

$$G_2 = 2,182 + 0,6 + 1,305 + 10,333 = 14,42 \text{ kg};$$

$$M_2 = 0,0497 + 0,0216 + 0,0725 + 0,366 = 0,5098 \text{ kmol};$$

$\alpha = 1,15$ bo'lsa, karbonat angidrid miqdori (6.19) va (6.30) tenglamalarga ko'ra:

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot 0,855 = 3,135 \text{ kg};$$

$$M_{CO_2} = \frac{0,855}{12} = 0,0712 \text{ kmol};$$

suv bug'i miqdori (6.20) va (6.30) tenglamalarga ko'ra:

$$G_{H_2O} = 9 \cdot 0,145 = 1,305 \text{ kg};$$

$$M_{H_2O} = \frac{0,145}{2} = 0,0725 \text{ kmol};$$

kislorod miqdori (6.21) va (6.30) tenglamaga ko'ra:

$$G_{O_2} = 0,23(1,15 - 1)14,91 = 0,514 \text{ kg};$$

$$M_{O_2} = 0,23(1,15 - 1)0,515 = 0,0162 \text{ kmol};$$

azot miqdori (6.22) va (6.30) tenglamalarga ko'ra:

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha \ell_o = 0,77 \cdot 17,25 = 13,2 \text{ kg},$$

$$M_{N_2} = 0,79 \alpha L_o = 0,79 \cdot 0,592 = 0,468 \text{ kmol}.$$

Yonish mahsulotlarining umumiy miqdori:

$$G_2 = 3,135 + 1,305 + 0,514 + 13,2 = 18,15 \text{ kg};$$

$$M_2 = 0,0712 + 0,0725 + 0,0162 + 0,468 = 0,6279 \text{ kmol}.$$

Hajm ortirmasi ΔM va molekulyar o'zgarishning nazariy koeffitsiyenti μ_o :

$$\alpha = 0,9 \text{ bo'lsa},$$

$$\Delta M = M_2 - M_1 = 0,5098 - 0,472 = 0,0378;$$

$$\mu_o = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,5098}{0,472} = 1,08;$$

$$\alpha = 1,15 \text{ bo'lsa}$$

$$\Delta M = 0,6279 - 0,601 = 0,0269;$$

$$\mu_o = \frac{0,6279}{0,601} = 1,05.$$

6.3. ATMOSFERAGA CHIQRILIB TASHLANADIGAN YONISH MAHSULOTLARINI ZARARSIZLANTIRISH

Yonilg'i bilan havo aralashmasi yonganda to'la yonish mahsulotlari bilan birga oz miqdorda bo'lsa ham chala oksidlanish mahsulotlari va yonilg'ining parchalanish mahsulotlari hosil bo'ladi. Buni ishlatilgan gaz namunalari tekshirib aniqlash mumkin.

Atmosferaga chiqarilib tashlanadigan yonish mahsulotlarining ayrimlari zaharli va odam sog'lig'i uchun zararlidir.

Ishlatilgan gazlarning zaharli komponentlari quyidagilardan iborat:

1. Is gazi CO-yonilg'ining chala yonishi natijasida hosil bo'ladi. Quyuq aralashma ($\alpha < 1$) yonganda is gazining hajmiy miqdori yonish mahsulotlarining 10-12 %ini tashkil qilishi mumkin. Dizellarda yonish jarayonida $\alpha > 1$ bo'lishiga qaramay is gazining miqdori aralashmaning chala yonishi natijasida 0,5% gacha yetishi mumkin.

2. Azot (II) oksid NO va azot (IV) oksid NO_2 kam miqdorda ($0,8 \text{ mg/l}$ gacha) bo'ladi.

3. Oltingugurt (IV) oksid SO_2 hamda vodorod sulfid H_2S - dvigatel oltingugurtli yonilg'ida ishlaganda hosil bo'ladi. Ishlatilgan gazlarda SO_2 ning miqdori 250 mg/l gacha, H_2S esa juda oz bo'ladi.

4. Tarkibida kislorodi bo'lgan moddalar, asosan aldegidlar ($0,2 \text{ mg/l}$ gacha).

Yakka uglevodorodlar. Bu uglevodorodlardan biri — 3,4 benzpiren aktiv modda bo'lib, konsentratsiyasi juda oz bo'lganda ham odamni zaharlashi mumkin. Yonish mahsulotlarida $10\text{-}20 \text{ mkg/m}^3$ gacha 3,4-benzpiren uchrashi mumkin.

6. Etillangan benzin ishlatilganda hosil bo'ladigan qo'rg'oshin birikmalari.

Hozirgi sharoitda ko'plab avtomobil transportidan foydalanadigan katta shaharlarda, karyerlarda va hokazolarda tarkibida zaharli moddalar bo'lgan ishlatilgan gazlarning yig'ilib qolishiga yo'l qo'yish yaramaydi. Shuning uchun hozirgi paytda ishlatilgan gazlardagi zaharli moddalarni kamaytirish borasida qator tadqiqotlar olib borilyapti. Karbyuratorlarni to'g'ri sozlashga va karbyuratorli dvigatellarni kichik va o'rtacha yuklamalarda suyuq aralashmada ishlatish yo'llariga katta ahamiyat berilmoqda. Aralashmani dvigatelning chiqarish tizimida yondirib tugallash usullari ham qo'llanilmoqda. Karbyuratorli dvigatellarda va dizellarda tovush pasaytirgichlar o'rniga maxsus neytralizatorlar o'rnatilmoqda. Karbyuratorli dvigatellarda salt ishlaganda siyraklikni cheklagich ishlatiladi.

Karbyuratorli dvigatellar kichik va o'rtacha yuklama bilan ishlaganda ularning tejamliligini yaxshilash bilan bir vaqtda ishlatilgan gazlardagi zaharni kamaytirishning asosiy usullaridan biri yonilg'ini mash'al bilan yondirishdan iborat.

Dizel dvigatellarida ishlatilgan gazlarning zaharini va tutunini kamaytirishda yonilg'i uzatuvchi asboblarni to'g'ri va puxta rostlash katta ahamiyatga ega. Ba'zi hollarda tutunni kamaytirish uchun dizel yonilg'isiga tutunga qarshi moddalar qo'shiladi.

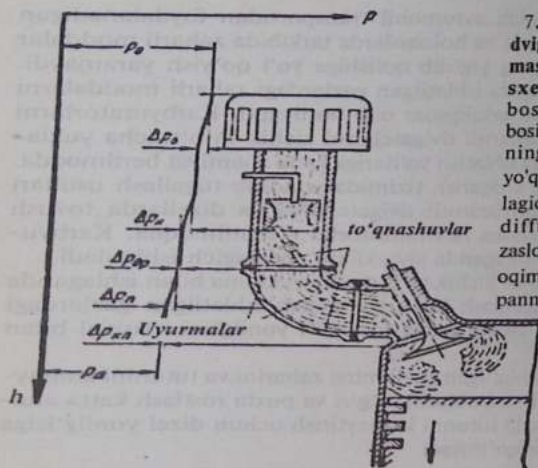
VII bob

AVTOMOBIL DVIGATELLARIDA SODIR BO'LADIGAN JARAYONLARNI TEKSHIRISH

Tajriba va hisoblarning ko'rsatishicha dvigatelning eng katta quvvati, tejamliligi, yeyilishga chidamliligi va boshqa ish ko'rsatkichlari ayrim jarayonlarning borish xarakterlariga bog'liq.

Dvigatellarning yangi konstruksiyalarini yaratishda va yetilinishda, oddiy ish sharoitlarida dvigatelning ko'rsatkichlarini ayrim jarayonlarning borishiga ta'sir etuvchi omillarni to'g'ri tanlash yo'li bilan yaxshilash mumkin.

Dvigatellarda sodir bo'ladigan jarayonlar quyida tekshiriladi.

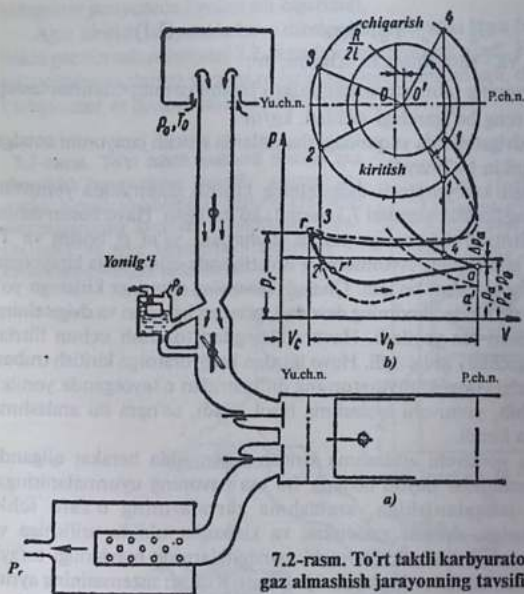


7.1-rasm. Karbyuratorli dvigatelning kiritish sistemasida zaryad harakatining sxemasi: p_0 - atmosfera bosimi; p_s - silindrdagi bosim; k - kiritish sistemasining uzunligi; bosimning yo'qotilishi; Δp_h - havo tozalagichda; Δp_k - karbyurator diffuzorida; p_d - drossel zaslonka oldida; Δp_n - zaryad oqimi burilganda; $\Delta p_{\kappa n}$ - klanning o'tkazish kesimida.

7.1. KIRITISH JARAYONI

1. KIRITISH JARAYONLARINING TAVSIFI

Aralashma tashqarida hosil bo'ladigan dvigatellarda kiritish jarayoni vaqtida silindr ichiga yonuvchi aralashma, dizellarda esa havo kiritiladi.



7.2-rasm. To'rt taktili karbyuratorli dvigatelda gaz almashish jarayonning tavsifi:

a-yangi zaryad kiritish va ishlatilgan gazlarni chiqarish sistemalarining sxemasi; b-gaz almashish jarayonining indikator diagrammasi va gaz taqsimlash fazalari; ----- to'liq nagruzka; - - - salt ishlash.

Porshen juda sekin harakatlansa, silindrda qoldiq gazlar bo'lmasa va kiritish yo'llarining kesimlari katta, issiqlik beruvchi yuzalarning temperaturasi esa tashqi muhitning temperaturasi ga teng bo'lsa, silindrga havo yoki yonuvchi aralashma eng ko'p miqdorda kirishi mumkin. Bunday sharoitda silindr ichiga kirgan havo yoki yonuvchi aralashma porshen p. ch. n. ga yetgan paytda silindrning hajmini to'ldiradi. Silindrdagi bosim va temperatura esa atmosfera sharoitiga mos bo'ladi.

Fikrni soddalashtirish uchun kiritish jarayonida silindrga faqat havo kiradi, deb faraz qilsak, u holda siklda silindrga kirishi mumkin bo'lgan havoning eng ko'p nazariy miqdori quyidagicha topiladi.

$$G_0 = V_a \cdot \rho_0, \text{ kg}, \quad (7.1)$$

bu yerda V_a – silindrning to'la hajmi, m^3 ;

ρ_0 — havoning (atmosfera sharoitdagi) bosimi va temperaturasi tashqi muhitnikiga teng bo'lgandagi zichligi, kg/m^3 .

Haqiqiy dvigatellarda yuqoridagi sharoitlarda kiritish jarayonini amalga oshirish mumkin bo'lmaydi.

To'rt taktli karbyuratorli dvigatelning kiritish sistemasida yonuvchi aralashmaning harakat sxemasi 7.1-rasmda ko'rsatilgan. Havo bosim ostida berilmasa, kiritish sistemasiga tashqi muhitdan, ya'ni p_0 bosim va T_0 temperatura bilan kiradi. Avtomobillar ishlatilganda silindrlarga kirayotgan havoda chang zarralari bo'ladi. Changli havoning silindrga kirishiga yo'l qo'yilmaydi, aks holda silindrning devorlari, porshen halqalari va dvigatelning boshqa detallari tez yeyiladi. Havoni changdan tozalash uchun filtrlar (havo tozalagichlar) ishlatiladi. Havo filtrdan karbyuratorga kiritish trubasi bo'ylab boradi. Havo karbyuratorning diffuzoridan o'tayotganda yonilg'i bilan aralashib, yonuvchi aralashma hosil qiladi, so'ngra bu aralashma silindr ichiga kiradi.

Havo va yonuvchi aralashma kiritish sistemasida harakat qilganda gidravlik qarshiliklar paydo bo'ladi. Bu esa havoning uyurmalanishiga, devorlarga ishqalanishiga, aralashma zarralarining o'zaro ichki ishqalanishlariga, drossel zaslonkasi va klapanlar oldida urilishiga va hokazolarga sabab bo'ladi. Gidravlik qarshiliklarning mavjudligi tufayli kiritish sistemasida havoning bosimi pasayadi. Kiritish sistemasining ayrim uchastkalarida bosimning o'zgarish xarakteri 7.1-rasmda ko'rsatilgan.

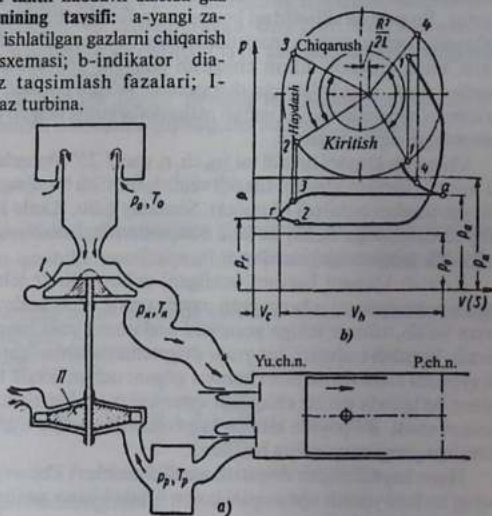
Ishlatilgan gazlarni chiqarish va yangi zaryadni kiritish jarayonlarining indikator diagrammalari to'rt taktli karbyuratorli dvigatel va dizel uchun tegishli 7.1 va 7.2 rasmlarda tasvirlangan.

Karbyuratorli dvigatelda (7.2-rasm) bu jarayonlar havo atmosferadan p_0 bosim va T_0 temperaturada kirayotgan holat uchun ko'rib o'tilgan. Nadduvli (silindrlariga havo haydaladigan) dizellar uchun gaz almashish jarayonining borishi 7.3 rasmda ko'rsatilgan. Bu holda havo avval kompressorida p_k bosimgacha siqiladi, shunda uning temperaturasi T_k gacha oshadi. Kompressor gaz turbina orqali harakatga keltiriladi. Ishlatilgan gazlar silindrlardan chiqarish klapanlari orqali o'tib, turbina oldiga o'rnatilgan resiverga kiradi, so'ng bir tekisda chiqib, turbinani aylantiradi. Resiverdagi bosim p_r atmosfera bosimi p_0 dan doim katta, lekin p_k dan kichik bo'ladi, shuning uchun gaz almashuv diagrammasining ko'p qismida chiqarish jarayonini xarakterlovchi 12 r chizig'i kiritish chizig'i

3a4 dan pastda joylashadi. Indikator diagrammaning bu uchastkasida gaz almashuv jarayonida foydali ish bajariladi.

Agar kiritish jarayonida havo dizelga atmosferadan kirsra (nadduvsiz), u holda gaz almashuv jarayoni 7.2-rasmda ko'rsatilgandek o'tadi. Faqat gidravlik yo'qotishlar va shunga yarasha p_a ning miqdori kichik bo'ladi, chunki dizelda karbyurator va drossel zaslonkasi bo'lmaydi.

7.3-rasm. To'rt taktli nadduvli dizelda gaz almashish jarayonining tavsifi: a-yangi zaryadni kiritish va ishlatilgan gazlarni chiqarish sistemalarining sxemasi; b-indikator diagramma va gaz taqsimlash fazalari; I-kompressor, II-gaz turbina.



7.2-rasm, b va 7.3- rasm, b da klapanlarning ochilish va yopilish paytlarini hamda yangi zaryad kiritish va ishlatilgan gazlarni chiqarish jarayonlarining umumiy davom etishini tirsakli valning burilish burchaklarida xarakterlovchi gaz taqsimlash fazalari ko'rsatilgan. Gaz taqsimlash fazalari va indikator diagrammalardagi bir xil nomli nuqtalar kiritish va chiqarish klapanlarining ochilish va yopilish paytlarini aniqlaydi.

Klapanlar ochilish boshida va yopilish paytida sekin harakatlanishi kerak. Aks holda katta zo'riqishlar paydo bo'lib, gaz taqsimlash

mexanizmining qismlari sinishi mumkin. Ayni vaqtda yangi zaryadni kiritish va ishlatilgan gazlarni siqib chiqarish jarayonlari jadal o'tayotgan paytda silindrni yangi zaryad bilan ko'proq to'ldirish uchun klapanlarning havo o'tish yuzalari katta bo'lishi kerak. Yuqoridagi talablarni bajarish uchun gaz taqsimlash fazalarini mos holda kengaytirish, ya'ni klapanlarning ochilishi va yopilishi porshenning chekka holatlarida boshlanmasligi lozim.

To'rt taktli avtomobil dvigatelida chiqarish klapani kengayish jarayonida porshen p. ch. n. ga $45 - 70^\circ$ yetmasdan ochiladi (7.2-rasm 1 nuqta). Bu paytda silindrdagi bosim atmosfera bosimidan 4-5 marta katta bo'lganligi uchun yonish maxsulotlarining bir qismi atmosferaga juda katta tezlik bilan chiqadi. Erkin chiqarish jarayoni deb ataluvchi bu jarayon porshen p. ch. n. ga kelguncha davom etadi, so'ngra porshen qaytib, yu. ch. n. ga tomon harakatlanganda yonish mahsulotlarinng qolgan qismini chiqarish sistemasiga siqib chiqaradi.

Chiqarish klapani tirsakli val yu. ch. n. dan $2-25^\circ$ o'tganda yopila boshlaydi (2 nuqta); kiritish klapani tirsakli valning burilish burchagi yu. ch. n. ga $5-20^\circ$ yetmasdan ochiladi (3 nuqta). Shunday qilib, ikkala klapan biror vaqt ichyda baravariga ochiq bo'ladi. Klapanlarning baravariga ochiq bo'lishi to'ldirish jarayonini yaxshilaydi.

Kiritish klapani barvaqt ochilgani uchun silindr ichidagi ishlatilgan gazlar p₂ bosimigacha kengaygan paytda uning o'tish kesimi yetarli darajada katta bo'lib, silindr ichiga yonuvchi aralashma yoki havo ko'p miqdorda kiradi, bundan tashqari, tez yurar dvigatellarda ishlatilgan gazlar chiqarish jarayonida katta tezlik bilan harakat qilgani uchun ikkala klapan baravariga ochiq bo'lganda gazlar chiqarish sistemasiga o'z inersiyasi bilan chiqishda davom etadi. Bu paytda kiritish klapanlarining ostida siyraklik hosil bo'lib, silindrga yangi zaryad kira boshlaydi.

Havo haydaladigan dvigatellarda (7.3-rasm, v) klapanlarning baravariga ochiq bo'lishi yonish kamerasini bosim ostida kirayotgan havo bilan tozalash uchun foydalaniladi.

Kiritish klapani siqish jarayonining boshlanishi oldidan (7.2-rasm, 4 nuqta), ya'ni porshen p. ch. n. dan $30-70^\circ$ o'tganda yopiladi. Kiritish klapanining yopilishi kechiktirilsa, kiritish truboprovodlarida hosil bo'ladigan inersiya kuchlaridan foydalanib, silindrga ko'proq havo yoki aralashma kiritish mumkin bo'ladi.

2. Kiritish jarayonini xarakterlovchi ko'rsatkichlarni aniqlash

Bosim. Yuqorida keltirilgan indikator diagrammalardan (7.2 va 7.3-smlarga qarang) va kiritish sistemasida zaryadning harakat sxemasidan

(7.1-rasmga qarang) ko'rinib turibdiki, kiritish jarayonidagi gidravlik yo'qotishlar natijasida silindr ichidagi bosim ma'lum vaqtdan so'ng atmosfera bosimi p_0 dan (nadduvsiz, ya'ni havo haydash qo'llanilmagan dvigatelda) yoki p_k dan (nadduvli dvigatelda) Δp_a miqdoricha past bo'ladi. Bu yo'qotishlarning miqdori kiritish sistemasi yuzalarining ishlanish sifatiga, burilish joylarining borligiga, drossel zaslonkasining holatiga, klapaning ochilish darajasiga va boshqalarga bog'liq. Tajribalarning ko'rsatishicha, bosimning yo'qotilishi Δp_a zaryad harakat tezliginilg kvadratiga to'g'ri proporsional.

Siqilmaydigan suyuqlik uchun Bernulli tenglamasidan foydalanib, bosimning yo'qotilish miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\Delta p_a = p_k - p_a = (1 + \xi_0) \frac{\omega_{kir}^2}{2} \rho_k, \quad (7.2)$$

bu yerda ξ_0 — kiritish sistemasining klapaning havo o'tish kesimiga nisbatan olingan qarshilik koeffitsiyenti; qavs ichidagi miqdor $(1 + \xi_0) = 7 \div 10$;

ω_{kir} — klapaning o'tish kesimida havoning o'rtacha harakat tezligi;
 $\omega_{kir} = 45 \div 70$ m/sek.

Eski birliklarda

$$\Delta p_a = p_k - p_a = (1 + \xi_0) \frac{\omega_{kir}^2}{2g} \rho_0, \text{ kG/m}^2,$$

bu yerda ρ_0 — kG /m³ hisobida va g-m/sek² hisobida

Dvigatel nadduvsiz ishlaganda $p_k = p_a$ va $\rho_k = \rho_0$.

Agar kiritish jarayoni p. ch. n. da tugaydi, deb faraz qilsak, u holda dvigatelning silindridagi bosim

$$p_a = p_k - \Delta p_a \quad (7.3)$$

bo'ladi.

Tajriba ma'lumotlariga binoan, nadduvsiz to'rt taktli avtomobil dvigatellarida

$p_a \approx (0,8 \div 0,9) p_0$, nadduvli dvigatellarda $p_a = (0,8 \div 0,96) p_k$ boladi.

Kiritish davrida silindrdagi bosim tashqaridagi bosimdan kichik bo'ladi, shuning uchun silindrga kirgan zaryadning zichligi va binobarin, massa miqdori ham kam bo'ladi.

Havo atmosferadan kiritilganda uning bir xil T_0 temperaturada va p_a hamda p_0 bosimdagi zichligi xarakteristik tenglamalardan quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho_a = \frac{p_a}{RT_0} \quad \text{va} \quad \rho_0 = \frac{p_0}{RT_0},$$

bundan

$$\rho_a = \rho_0 \frac{p_a}{p_0}$$

Demak p_a bosimda va T_a temperaturada zaryadning massasi

$$G = \rho_a V_a = \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} \quad (7.4)$$

bo'ladi.

Zaryad massasining gidravlik qarshiliklar ta'sirida kamayishi:

$$\Delta G = G_0 - G = \rho_0 V_a - \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} = V \rho_0 \left(1 - \frac{p_a}{p_0} \right). \quad (7.5)$$

Zaryadning qizishi. Kirayotgan zaryadning silindrning va kiritish sistemasining qizigan ichki yuzalariga urinib qizishi natijasida ham massa miqdori kamayadi.

Dvigatel to'la yuklama bilan ishlaganda issiqlik uzatuvchi yuzalarniig o'rtacha temperaturasi $150-200^\circ\text{S}$, atmosferadan kirayotgan havoning temperaturasi esa bundan anchagina past bo'ladi. Temperaturalar farqi bo'lgani uchun kiritish paytida havo ΔT qadar qiziydi, uning zichligi esa kamayadi. To'ldirish oxirida qizigan zaryadning temperaturasi:

$$T_0' = T_0 + \Delta T. \quad (7.6)$$

Zaryadning isishini va gidravlik qarshiliklarni hisobga olsak, uning to'ldirish oxiridagi zichligi

$$\rho = \frac{p_a}{RT_0}$$

yoki atmosfera sharoitlariga taalluqli ko'rsatkichlar orqali ifodallasak,

* bu yerda p - n/m^2 ; R - $\text{j/(kg}\cdot\text{grad)}$

$$\rho = \rho_0 \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0'}$$

bo'ladi.

Bu holda silindrga kirgan zaryadning miqdori:

$$G' = \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0'} \quad (7.7)$$

Yuqorida keltirilgan sabablarga binoan, zaryad massasining kamayishi;

$$\Delta G = V_a \rho_0 \left(1 - \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0'} \right) \quad (7.8)$$

Zaryadning qizish miqdori dvigatelning yuklamasiga va kiritish jarayonining davom etish vaqtiga bog'liq.

Dvigatelning silindrini yangi zaryad bilan ko'proq to'ldirish uchun kiritish davrida zaryadning kamroq qizishiga intilish kerak. Ammo karbyuratorli dvigatellarda yonish jarayonining samarali o'tishi uchun kiritish jarayonida yonilg'ini jadal bug'lantirish zarur bo'lganidan kiritish truboprovodlari maxsus qizdiriladi.

Zaryadni qizdirish uchun issiqlik sarflanadi. Zaryad ko'proq qizdirib yuborilsa, silindrni yangi zaryad bilan to'ldirish yomonlashadi. Shuning uchun yonilg'ining faqat bug'lanishi uchun zarur bo'lgan miqdorda issiqlik berish kerak.

Tajribalarning ko'rsatishicha, karbyuratorli dvigatellarda havo bilan kirgan issiqlikdan yonilg'ini bug'latish uchun foydalanishni hisobga olsak, $\Delta T = 0 \div 20^\circ$, dizellarda esa $\Delta T = 20 \div 40^\circ$ bo'ladi.

Qoldiq gazlar. Dvigatelning silindriga yangi zaryad kiritishdan oldin undan ishlatilgan gazlarni haydab chiqarish kerak. Ammo nadduvsiz dvigatellarda silindr ichini ishlatilgan gazlardan butunlay tozalashning iloji bo'lmaydi. Ishlatilgan gazlarning qoldiq gazlar deb ataluvchi qismi silindr ichida qoladi.

Dvigatel silindrlarining to'lishiga ishlatilgan gazlarning ta'siri qoldiq gazlar koeffitsiyenti γ_{qol} bilan xarakterlanadi. Bu koeffitsiyent kmol hisobida o'lgan qoldiq gazlar miqdori M_r ning silindr ichiga kiritish davrida kirgan yangi zaryadning miqdori M_1 ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\gamma_{qol} = \frac{M_r}{M_1} \quad (7.9)$$

Yonish mahsulotlarining molekulyar massasi havonikidan kam farq qilgani uchun quyidagicha qabul qilish mumkin:

$$\gamma_{qol} = \frac{G_r}{G_1} \quad (7.10)$$

Bu yerda G_r - qoldiq gazlar miqdori, kg

G_1 - yangi zaryad miqdori, kg.

Qoldiq gazlar koeffitsiyentining qiymati silindrni tozalash sifatiga bog'liq. Silindrni tozalash sifati dvigatelning turiga qarab aniqlanadi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan to'rt taktli dvigatellarning siqish darajasi kichik bo'lgani uchun yonish kamerasining hajmi dizelnikidan kattaroq bo'ladi. Shuning uchun bu dvigatellarda drossel zaslonkasi to'la ochilganda $\gamma_{qol} = 0,06 \div 0,10$, nadduvsiz dizellarda esa $\gamma_{qol} = 0,03 \div 0,06$ bo'ladi.

Hamma turdagi dvigatellarda qol ning qiymatiga tezlik rejimi ta'sir qiladi. Silindrga kirgan yangi zaryadning massa miqdori G_1 eng ko'p bo'lgandagi dvigatel valining aylanishlari sonida qol eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Aylanishlar soni oshishi bilan G_1 kamayib, G_r oshadi, natijada qol ko'payadi.

Karbyuratorli dvigatellarning yuklamasi kamayganda, ya'ni drossel zaslonkasi yopila boshlaganda G_1 kamayadi. Bu holda G_r deyarli o'zgarmay qolgani uchun qol ko'payadi. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra, chiqarish jarayonining oxirida bosim $p_r = 1,1 \div 1,25$ bar; karbyuratorli dvigatellarda ishlatilgan gazlarning temperaturasi $T_r = 900 \div 1000^\circ K$; dizellarda esa $T_r = 700 \div 900^\circ K$.

Kiritish oxiridagi temperatura. Gaz almashuv jarayonining borishiga ta'sir etuvchi omillar alohida ko'rib o'tilganda har bir omil kiritish jarayoniga alohida va navbat bilan ta'sir etadi, deb qaralgan edi.

Haqiqatda esa, gaz almashuv jarayoni bo'layotganda va, asosan, dvigatel silindriga yangi zaryad kirayotgan paytda bu jarayonni xarakterlovchi barcha hodisalar bir vaqtda sodir bo'ladi. To'rt taktli dvigatelda ishlatilgan gazlarni chiqarish asosan kiritish jarayoni boshlanguncha tugasa ham, lekin yangi zaryad ayni vaqtda qoldiq gazlarga aralashadi va silindr devorlariga tegib qiziydi. Natijada zaryadning temperaturasi kiritish oxirida tashqi havoning temperaturasidan yuqori, lekin qoldiq gazlarnikidan past bo'ladi.

To'rt taktli dvigatelda kiritish jarayoni *a* nuqtada (7.2-rasm, b) porshen p. ch. n. ga kelganda, deb faraz qilsak, aralashmaning kiritish jarayoni oxiridagi temperaturasini issiqlik balansiga asoslanib aniqlash mumkin. Issiqlik balansi yangi zaryad va qoldiq gazlar uchun ularning bir-biri

bilan aralashuvidan oldingi va aralashganidan keyingi holatlari uchun tuziladi.

Yangi zaryad bilan kirgan issiqlik miqdori uning devorlardan qizishini hisobga olsak, quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{ya.z} = c_p G_1 (T_0 + \Delta T),$$

bu yerda c_p - yangi zaryadning (karbyuratorli dvigatelda ish aralashmasining, dizelda esa havoning) o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi.

Qoldiq gazlarda qolgan issiqlik miqdori:

$$Q_r = c_p'' G_r T_r,$$

bu yerda c_p'' - yonish mahsulotlarining o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi.

Yangi zaryad bilan qoldiq gazlar bir-biriga aralashgandan keyin olingan issiqlik miqdori:

$$Q_{ar} = C_{ar} (G_1 + G_r) T_a,$$

bu yerda $c_{p,ar}$ - aralashmaning o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi.

T_a - aralashmaning kiritish jarayoni oxiridagi temperaturasi.

Issiqlik balansining shartlariga ko'ra,

$$Q_{ar} = Q_{ya.z} + Q_r$$

yoki

$$c_p G_1 (T_0 + \Delta T) + c_p G_r T_r = c_{p,ar} (G_1 + G_r) T_a$$

bo'ladi.

$c_p \approx c_p'' \approx c_{p,ar}$ deb va tenglamaning o'ng hamda chap qismlarini G_1 ga bo'lib, quyidagi ifodann olamiz:

$$T_0 + \Delta T + \frac{G_r}{G_1} T_r = \left(1 + \frac{G_r}{G_1} \right) T_a,$$

bu yerda $G_r/G_1 = \gamma_{qol}$ bo'lgani uchun

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{qol} \cdot T_r}{1 + \gamma_{qol}} \quad (7.11)$$

deb yozishimiz mumkin.

To'rt taktli nadduvsiz karbyuratorli dvigatellarda $T_a = 310 \div 350^\circ\text{K}$; to'rt taktli nadduvli dvigatellarda $T_a = 320 \div 400^\circ\text{K}$.

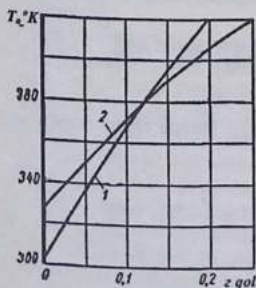
7.4-rasmda T_r va ΔT ning ikki xil qiymati uchun T_a ning qoldiq gazlar ko'effitsiyentiga bog'liqlik grafigi ko'rsatilgan. Bunda yangi zaryad dvigatelning silindriga $T_0 = 288^\circ\text{K}$ da kiradi deb olingan.

7.5-rasmda kiritish jarayoni oxirida aralashma temperaturasi T_a ning zaryadning qizish temperaturasi ΔT ga qarab o'zgarishi tasvirlangan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, kiritish jarayonining oxirida γ_{qol} va ΔT larning oshishi bilan zaryadning temperaturasi ham oshadi, natijada silindrga kirayotgan yangi zaryadning zichligi kamayadi.

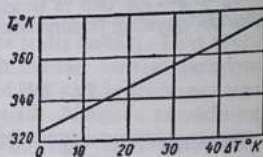
To'rt taktli dvigatellar uchun kiritish oxiridagi temperaturani (7.11) tenglama yordamida hisoblash mumkin. ΔT va γ_{qol} larning qiymatini tajriba ma'lumotlariga asoslanib, har bir turdagi dvigatel uchun alohida tanlash kerak.

To'ldirish ko'effitsiyenti. Kiritish jarayonining sifati to'ldirish ko'effitsiyenti η_v bilan aniqlanadi. To'ldirish ko'effitsiyenti η_v deganda dvigatelning silindriga kirgan yangi zaryadning haqiqiy miqdorining temperatura va bosimi atmosferanikiga teng bo'lganda dvigatelning ish hajmi η_v ga joylasha oladigan miqdoriga nisbati tushuniladi.

Karbyuratorli va gaz bilan ishlaydigan dvigatellarda yangi zaryad havo va yonilg'idan, dizellarda esa faqat havodan iborat bo'ladi. Karbyuratorli



7.4-rasm. Qoldiq gazlar ko'effitsiyenti γ_{qol} ning temperatura T_a ga ta'siri: 1- $T_0 = 288^\circ\text{K}$; $\Delta T = 15^\circ$; $T_r = 10000^\circ\text{K}$; 2- $T_0 = 288^\circ\text{K}$; $\Delta T = 40^\circ$; $T_r = 800^\circ\text{K}$



7.5-rasm. Temperatura T_a ning zaryadni qizdirish temperaturasi ΔT ga bog'liqligi: ($T_0 = 288^\circ\text{K}$; $\gamma_{qol} = 0,06$ va $T_r = 1000^\circ\text{K}$).

dvigatellar uchun to'ldirish koeffitsiyentining havo uchun hisoblangan, qiymati zaryad (havo va yonilg'idan iborat aralashma) uchun hisoblangan qiymatdan oz farq qiladi. Shu sababli bundan keyin suyuq yonilg'ida ishlovchi hammatipdagi dvigatellardayangi zaryadni havodan iborat deb hisoblaymiz.

Ko'pchilik to'rt taktli avtomobil dvigatellarida kiritish jarayonida havo atmosferadan so'riladi va uning bosimi p_0 , temperaturasi esa T_0 ga teng bo'ladi.

To'rt taktli nadduvli avtomobil dvigatellarida havo kompressordan keladi. Havoning kiritish sistemasiga kirishdagi bosimi p_k va temperaturasi T_k bo'ladi. To'ldirish koeffitsiyentining ifodasiga binoan

$$\eta_v = \frac{G_1}{G_0}, \quad (7.12)$$

bo'ladi, bu yerda, G_1 —silindrga kirgan yangi zaryadning haqiqiy miqdori, kg;

G_0 — tashqi muxit sharoitlarida silindrning ish hajmini to'ldirishi mumkin bo'lgan yangi zaryad miqdori, kg.

Atmosferadan kiritish sharti (nadduvsiz dvigatel) uchun yozilgan xarakteristik tenglamaga binoan

$$G_0 = \frac{p_0 V_h}{R_0 T_0},$$

bo'ladi, bu yerda R —yangi zaryadning gaz doimiysi.

Kiritish jarayonining oxiri uchun yozilgan xarakteristik tenglamadan silindrga kirgan yangi zaryad va qoldiq gazlarning umumiy miqdorini aniqlaymiz:

$$G_1 + G_r = \frac{p_a V_a}{R_{ar} T_a} \quad \text{yoki} \quad G_1 (1 - \gamma_{qol}) = \frac{p_a V_a}{R_{ar} T_a}$$

bu yerda R_{ar} —yangi zaryad va qoldiq gazlar aralashmasi uchun gaz doimiysi.

Bu holda

$$\eta_v = \frac{G_1}{G_0} = \frac{p_a V_a}{R_{ar} T_a} \cdot \frac{R_0 T_0}{p_0 V_h} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_{qol}}$$

bo'ladi.

$R_{or} = R_0$ deb qabul qilib va quyidagini

$$\frac{V_a}{V_h} = \frac{V_h + V_c}{V_h} = 1 + \frac{V_c}{V_h} = 1 + \frac{1}{\varepsilon - 1} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$$

hisobga olib, havoni atmosferadan kiritish holi uchun quyidagini yozamiz:

$$\eta_V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_a(1 + \gamma_{qol})} \quad (7.13)$$

To'rt taktli nadduvli dvigatellar uchun

$$T_0 = T_k \quad \text{va} \quad p_0 = p_k$$

bo'lganda

$$\eta_V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_a(1 + \gamma_{qol})} \quad (7.14)$$

bo'ladi.

(7.11) tenglamadan:

$$T_a(1 + \gamma_{qol}) = T_0 + \Delta T + \gamma_{qol} \cdot T_r.$$

(7.13) tenglamaga $T_a(1 + \gamma_{qol})$ ning qiymatini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$\eta_V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + \Delta T + \gamma_{qol} T_r} \quad (7.15)$$

yoki $T_0 = T_k$ va $p_0 = p_k$ deb olsak, u holda (nadduvli dvigatellar uchun)

$$\eta_V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \gamma_{qol} T_r} \quad (7.16)$$

bo'ladi.

3. Silindrni to'ldirishga ta'sir etuvchi omillar

(7.13) va (7.15) tenglamalarga ko'ra, to'ldirish ko'effitsiyentiga kiritish jarayonining oxiridagi bosim p_a va temperatura T_a , zaryadning qizishi ΔT , qoldiq gazlar ko'effitsiyenti T_{qol} , temperatura T_r shuningdek, siqish darajasi ε ta'sir etadi. Asosan p_a (p_0 va p_k) p_k ta'sir ko'rsatadi.

Bu miqdorlarning qiymati, yuqorida aytib o'tilgandek, bir qator omillarga bog'liq. Yangi xil dvigatellarni ishlab chiqarishga tayyorlashda bu omillarning to'ldirishga salbiy ta'sirini mumkin qadar kamaytirish kerak. Kiritish trubasining ichki yuzasiga yaxshi ishlov berilsa va tirsaklar soni kamaytirilsa, kiritish sistemasining qarshiliklari ham kamayadi; ishlatilgan gazlarni chiqarish usuli takomillashtirilsa, silindrdagi qoldiq gazlar miqdori kamayadi; karbyuratorli dvigatellarda kiritish truboprovodining qizishini sozlash yangi zaryadni ortiqcha qizishdan saqlashga imkon beradi.

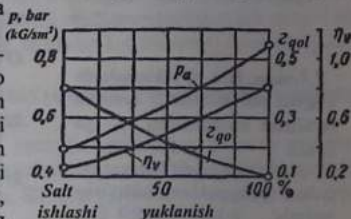
Aylanishlar soni o'zgarmas va yuklama o'zgaruvchan bo'lganda dvigatelni to'ldirish. Karbyuratorli dvigatellarda tirsakli valning aylanishlar soni o'zgarmas bo'lganda yuklamani o'zgartirish uchun drossel zaslonkasi siljiriladi, natijada silindrga kiruvchi yonuvchi aralashmaning miqdori kamayadi yoki ko'payadi.

Belgilangan aylanishlar sonida eng ko'p quvvat hosil qilish uchun drossel zaslonkasini to'la ochish kerak. Bu holda dvigatelning silindriga yonuvchi aralashma eng ko'p miqdorda kirib, to'ldirish koeffitsiyenti maksimal qiymatga ega bo'ladi.

Yuklamani kamaytirishda drossel zaslonkasi berkitiladi, natijada kiritish sistemasining o'tish yo'li torayib, gidravlik qarshiligi oshadi: bosim p_a pasayadi. 7.2 rasm, b da drossel zaslonkasi yopilgandagi gaz almashuvning indikator diagrammasi shtrix chiziq bilan ko'rsatilgan. Diagrammaga ko'ra, bu holda kiritish jarayonida silindrdagi bosim kamayadi, natijada to'ldirish koeffitsiyenti ham kamayadi.

Klapanlari yuqorida joylashgan karbyuratorli dvigatellarda drossel zaslonkasining holatiga (yoki dvigatelning yuklamasiga) qarab, qoldiq gazlar koeffitsiyenti γ_{qol} va to'ldirish koeffitsiyenti η_v ning shuningdek, bosim p_a ning o'zgarishi 7.6-rasmda ko'rsatilgan.

Dizellarning kiritish sistemasida silindrga beriladigan havo miqdorini o'zgartiruvchi hech qanday moslama yo'q, chunki dizelda yuklama purkaladigan yonilg'i miqdorini sozlash yo'li bilan o'zgartiriladi. Demak, dizellarda tirsakli valning aylanishlar soni o'zgarimganda, kiritish sistemasidagi gidravlik qarshiliklar ham o'zgarib qoladi.



7.6-rasm. Bosim P_a , qoldiq gazlar koeffitsiyenti γ_{qol} va to'ldirish koeffitsiyenti η_v ning karbyuratorli dvigatelning yuklanishiga bog'liqligi

Dizelda yuklama o'zgariganda to'ldirish koeffitsiyentining qiymatiga faqat havoning qizishi ta'sir qiladi.

Yuklama ortishi bilan issiqlikning ko'p miqdorda ajralib chiqishi natijasida silindr devorlarining, porshen tubining va silindrlar kallagining temperaturasi ko'tariladi. Natijada yuklamaning ortishi bilan silindrga kirayotgan havo ko'proq qiziydi va to'ldirish koeffitsiyenti biroz pasayadi.

Aylanishlar soni o'zgaruvchan bo'lganda dvigatelni to'ldirish. (7.2) tenglamaga ko'ra, kiritish sistemasidagi bosim pasayishi zaryad harakat tezligining kvadratiga to'g'ri proporsionaldir.

Dvigatelning aylanishlar soni oshganda zaryadning kiritish sistemasidagi harakat tezligi aylanishlar soniga taxminan proporsional holda oshadi. Bunga yarasha gidravlik qarshiliklar ko'payadi, bosim p_a esa pasayadi. Xuddi shunday hol chiqarish sistemasida ham kuzatiladi, bu yerda aylanishlar soni ortishi bilan qoldiq gazlar bosimi p_r va ularning miqdori γ_{qol} ortadi.

Dvigatelning tezlik rejimi oshganda zaryadning issiq devorga urinish vaqti qisqarib, u kam isiydi.

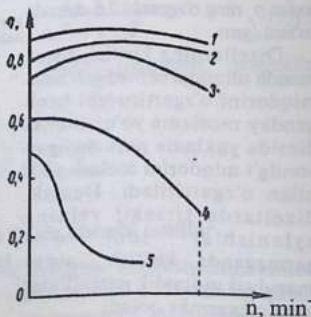
Tajribalarning ko'rsatishicha, ko'pchilik avtomobil dvigatellarida aralashmaning qizishi kiritish va chiqarish sistemalaridagi qarshilikning oshishiga nisbatan η_v ga kamroq ta'sir etadi.

Bu omillarning birgalikdagi ta'siri natijasida, gaz taqsimlash fazalari tegishli ravishda tanlangandan keyin η_v eng katta qiymatga erishgach aylanishlar soni yana oshirilsa, to'ldirish koeffitsiyenti kamayadi.

Karbyuratorli dvigatellarda va dizel dvigatellarida to'ldirish koeffitsiyentining aylanishlar soniga qarab o'zgarishi 7.7-rasmda ko'rsatilgan.

7.7-rasm. Har xil yuklamalarda dvigatel vali aylanishlar sonining to'ldirish koeffitsienti η_v ga ta'siri:

1-dizel yuklamasiz ishlaganda;
2-dizel to'liq yuklama bilan ishlaganda;
3-karbyuratorli dvigatel to'liq yuklama bilan ishlaganda;
4-karbyuratorli dvigatel qisman yuklama bilan ishlaganda;
5-karbyuratorli dvigatel yuklamasiz ishlaganda



Ikkala dvigatelda ham to'ldirish koeffitsiyenti v ning eng katta qiymati ma'lum aylanishlar soniga mos keladi.

Aylanishlar soni kamayishi bilan to'ldirish koeffitsiyenti η_1 kamayadi. Bunga zaryadning silindr devorlariga uzoq vaqt urinib, ortiqcha qizishi va gaz taqsimlash fazalarining gaz almashuv sharoitlariga mos kelmasligi sabab bo'ladi. Shuni ham aytib o'tish kerakki, aylanishlar soni kamayganda (ayniqsa porshen halqalari va silindrning ish sirti ko'p yeyilgan dvigatellarda) zaryadning porshen halqalari orqali o'tib yo'qolishi ko'payadi.

7.7-rasmdan ko'rinib turibdiki, dizel to'la yuklamada ishlaganda to'ldirish koeffitsiyenti η_1 (egri chiziq) karbyuratorli dvigatelnikiga (3 egri chiziq) qaraganda biroz yuqori bo'lib, tezlik rejimiga kam bog'liq. Bunga sabab shuki, dizelning kiritish sistemasida karbyurator va drossel zaslonkasi bo'lmaydi va gidravlik qarshiliklar kam bo'ladi.

Karbyuratorli dvigatellarda drossel zaslonkasi berkitila boshlangan sari, qarshiliklar oshib, to'ldirish koeffitsiyenti tez kamayib ketadi (4 va 5 egri chiziqlar). Drossel zaslonkasi yopilganda to'ldirish koeffitsiyentining aylanishlar soniga bunday bog'liqligi (bu to'g'rida keyinroq batafsil aytib o'tiladi) tufayli yuklamaning pasayishi natijasida aylanishlar sonining eng yuqori qiymatini chegaralaydi va dvigatelning eng kam aylanishlar sonida salt ishlashini ta'minlaydi.

Dizellarda yuklama pasayishi bilan havoning kam isishi natijasida to'ldirish koeffitsiyenti η_1 oshib boradi. 1 egri chiziq dizellarda to'ldirish koeffitsiyentining salt ishlagandagi o'zgarishini ko'rsatadi.

Siqish darajasining ta'siri. Siqish darajasi o'zgarganda dvigatelning silindrida zaryadni qizdirish sharoiti, shuningdek, qoldiq gazlar miqdori va temperaturasi o'zgaradi. Bunda alohida omillarning ta'siri o'zaro yo'qotiladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, to'ldirish koeffitsiyenti siqish darajasiga aytarlik bog'liq emas.

Silindr o'lchamlarining, porshen yo'lining silindr diametriga nisbatining va klapanlar joylanishining ta'siri.

Silindr diametri katta bo'lsa, katta diametrli klapan o'rnatish mumkin. Kiritish klapanining diametri kattalashtirilsa, kiritish jarayonida zaryadni kichik tezlikda kiritish mumkin. Shunda gidravlik yo'qotishlar kamayib, to'ldirish koeffitsiyenti oshadi.

Hozirgi vaqtda qisqa yo'lli dvigatellar keng ko'lamda ishlatilmoqda. Bu dvigatellarda porshen yo'lining silindr diametriga nisbati birdan kichik. Silindrning diametri nisbatan katta bo'lgan bunday dvigatellarning afzalliklaridan biri shundan iboratki, silindrlarning kallagida katta diametrli klapanlarni yuqoridan joylashtirish mumkin.

Karbyuratorli dvigatellar va dizellar kiritish kanallarining tuzilish sxemalari 7.8-rasmda ko'rsatilgan. Klapanlarning yuqoridan joylashishi va kiritish kanallarining mos shakllari yangi zaryadning bir tekisda kirishini ta'minlaydi. Bunday holda gidravlik qarshiliklar kamayib, to'ldirish ko'effitsiyenti ko'payadi. Bundan tashqari, maxsus shaklli kiritish kanallari ish aralashmasining silindrda ma'lum yo'nalishda harakatlanib, yaxshi aralashma hosil qilishiga va yonishiga imkon beradi.

Gaz taqsimlash fazalarining ta'siri. To'ldirish ko'effitsiyenti kiritish va chiqarish organlarining ochilish va yopilish paytlariga, ularning davom etishiga, ya'ni gaz taqsimlash fazalariga bog'liq.

Gaz taqsimlash fazalarining to'ldirish ko'effitsiyentiga ta'sirini hisoblab bo'lmaydi va ular tajriba yo'li bilan aniqlanadi. To'rt taktli dvigatellar uchun gaz taqsimlash fazalarini hisobga olgan holda to'ldirish ko'effitsiyentini quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{\varphi_1 p_a - \varphi_2 p_r}{(\varepsilon - 1)p_0} \quad (7.17)$$

bu yerda φ_1 — qo'shimcha zaryad kiritish ko'effitsiyenti, porshen pastki chekka nuqtadan yuqoriga, kiritish klapani yopilguncha harakat qilganda silindr ichiga kiradigan qo'shimcha zaryadning miqdorini hisobga oladi (7.2-rasm, b: a 4 chiziq).

φ_2 — havo haydab tozalash ko'effitsiyenti, porshen yuqori chekka nuqtaga yaqin kelib, ikkala klapan ochiq bo'lganda silindrlarning qo'shimcha tozalanishini hisobga oladi.

Agar silindrga qo'shimcha zaryad kiritishni va havo haydab tozalashni hisobga olmasak, ya'ni $\varphi_1 = \varphi_2 = 1$ desak, u holda to'rt taktli dvigatellar uchun to'ldirish ko'effitsiyenti

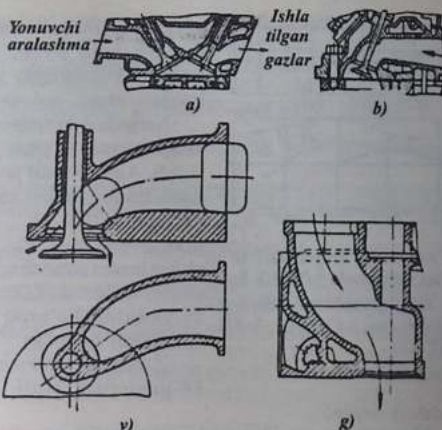
$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{p_a - p_r}{(\varepsilon - 1)p_0}; \quad (7.18)$$

qoldiq gazlar ko'effitsiyenti esa

$$\gamma_{qol} = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{p_a - p_r} \quad (7.19)$$

bo'ladi.

To'rt taktli nadduvli dvigatellarda (7.16), (7.17) va (7.18) tenglamalardagi T_0 va p_0 o'rniga T_k va p_k qo'yiladi.



7.8-rasm. Har xil yonish kamerali to'rt taktli dvigatellarning kiritish kanallarining shakllari:

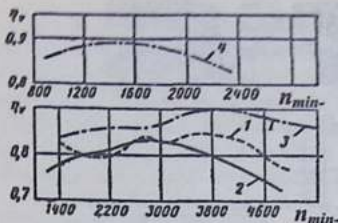
a va b - karbyuratorli dvigatellar; v va g - dizellar

Tajriba yo'li bilan tanlangan gaz taqsimlash fazalari dvigatelning tezlik rejimi ma'lum oraliqda o'zgarganda silindrlarning yaxshi to'lishiga optimal sharoit yaratib beradi. Bu shuni ko'rsatadiki, tirsakli valning aylanishlar soni keng diapazonda o'zgaruvchi avtomobil dvigatellarida hamma hollar uchun qulay bo'lgan gaz taqsimlash fazalarini tanlab bo'lmaydi. Fazalar tanlanadigan aylanishlar soni dvigatelni ishlatishda qo'yiladigan talablarga muvofiq darajada bo'lishi lozim.

Ba'zi avtomobil dvigatellarining gaz taqsimlash fazalari 7.1-jadvalda keltirilgan.

Dvigatel to'la quvvat bilan ishlaganda to'ldirish koeffitsiyentining aylanishlar soniga qarab o'zgarishi, (tashqi tezlik xarakteristikasi) 7.9-rasmda ko'rsatilgan.

Truboprovodlardagi tebranish hodisalarining ta'siri. Avtomobil dvigatellarining truboprovodlarida kiritish va chiqarish jarayonida gazlar tebranma harakatga kelib, bosimning to'liqlanishiga sabab bo'ladi. Bu hodisadan silindrga kirayotgan zaryadning massasini ko'paytirish uchun foydalanish mumkin. Masalan, chiqarish sistemasini shunday sozlash mumkinki, chiqarish jarayonining oxirida ikkala klapan baravar ochiq



7.9-rasm. Avtomobil dvigatellari to'liq yuklanish bilan ishlaganda to'ldirish koef-fitsienti η_v ning aylanishlar soniga bog'liqligi: 1-MZMA-408; 2-GAZ-21; 3-ZIL-130; 4-YAMZ-238

bo'lganda, chiqarish sistemasida siyraklik hosil bo'lib, silindrdan chiquvchi ishlatilgan gazlarning miqdori oshadi, qol esa kamayadi.

Natijada dvigatelning silindriga yangi zaryad ko'proq miqdorda kiradi. Agar kiritish jarayonining tugallanishiga yaqin (qo'shimcha zaryad kiritish davrida) truboprovod ichida kiritish klapani oldida bosim atmosfera bosimidan yuqori bo'lganda ham dvigatelga zaryadning ko'proq kirishini ta'minlash mumkin.

Zaryadning massasini bunday ko'paytirish usuli inersiyali

haydash (nadduv) deyiladi.

1-misol. Klapanlari yuqoridan joylashgan karbyuratorli avtomobil dvigatellari uchun siqish darajasi $\varepsilon = 8$; zaryadni qizdirish $\Delta T = 10^\circ$; qoldiq gazlar koefitsiyenti $\gamma_{qol} = 6\%$; qoldiq gazlar temperaturasi $T_r = 950^\circ K$; qarshilik koefitsiyenti $1 + \xi_0 = 8$; zaryadning klapan bo'g'izidagi tezligi $W_u = 58$ m/sek; tashqi muhit bosimi $p_0 = 1$ bar va tashqi muhit temperaturasi $T_0 = 288^\circ K$. Kiritish oxiridagi bosim p_a , temperatura T_a va to'ldirish koefitsiyenti η_v aniqlansin.

Kiritish jarayonida dvigatel silindriga havo kiradi deb qabul qilamiz, uning molekulyar massasi ($\mu_h = 28,97$ va $R = 287$ j/(kg · grad).

7.1-jadval

Avtomobil dvigatellarining gaz taqsimlash fazalari

Dvigatellar	Kiritish klapani		Chiqarish klapani		Ochiq holatning davomiyligi, grad	
	Ochilishning boshlanishi yu.ch.n.gacha	To'liq yopilishi, p.ch.n.dan so'ng	Ochilishning boshlanishi yu.ch.n.gacha	To'liq yopilishi, p.ch.n.dan so'ng	Kiritish klapani	Chiqarish klapani
Karbyuratorli dvigatellar						
-53	24°	64°	50°	12°	268°	252°
						46°

ZIL-111	16°	64° 36°	32°	29°	260° 50°	271°	45°
ZIL-130	31°	83°	67°	47°	294°	294°	78°
ZIL-1375	16°	71°	52°	35°	267°	267°	51°
GAZ-24	12°	60°	54°	18°	252°	252°	30°
GAZ-21	24°	64°	58°	30°	268°	268°	54°
MZMA-408	21°	55°	57°	19°	256°	256°	40°
MZMA-412	30°	70°	70°	30°	280°	280°	60°
MEAZ-966	10°	46°	46°	10°	236°	236°	20°
VAZ-2101 va VAZ-2103	12°	40°	42°	10°	232°	232°	22°
TIKO	12°	38°	46°	10°	230°	236°	22°
Dizellar							
YAMZ-236 va							
YAMZ-238	20°	56°	56°	20°	256°	256°	40°
YAMZ-240	20°	40°	66°	20°	246°	266°	40°
A-01, A-41 va							
A-01 M	20°	50°	50°	20°	250°	250°	40°
D-37 YE	16°	40°	40°	10°	236°	236°	32°
SMD-14	17°	56°	56°	17°	253°	253°	54°

Zaryadning zichligi ρ_0 va T_0 da:

$$\rho = \frac{p_0}{RT_0} = \frac{1 \cdot 10^5}{287 \cdot 288} = 1,21 \text{ kg/m}^3.$$

(7.2) tenglamaga binoan, kiritish jarayoni oxiridagi bosim:

$$p_a = p_0 - (1 + \xi_0) \frac{W_{kir}^2}{2} \rho_0 = 1 \cdot 10^5 - 8 \cdot \frac{58^2}{2} \cdot 1,21 = 83 \cdot 800 \text{ n/m}^2 \approx 0,84 \text{ bar}.$$

Eski birliklarda:

$$p_a = p_0 - (1 + \xi_0) \frac{W_{kir}^2}{2g} \rho_0 = 1,02 \cdot 10^4 - 8 \cdot \frac{58^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,21 = 8510 \approx 0,85 \text{ kG/sm}^2.$$

(7.11) tenglamaga binoan, kiritish jarayoni oxiridagi temperatura

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{qol} \cdot T_r}{1 + \gamma_{qol}} = \frac{288 + 10 + 0,06 \cdot 950}{1 + 0,06} = 334^\circ \text{K}.$$

(7.13) tenglamaga ko'ra, to'ldirish koeffitsiyenti:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_a (1 + \gamma_{qol})} = \frac{8}{8 - 1} \cdot \frac{0,84}{1,0} \cdot \frac{288}{344(1 + 0,06)} \approx 0,78.$$

7.2. SIQISH JARAYONI

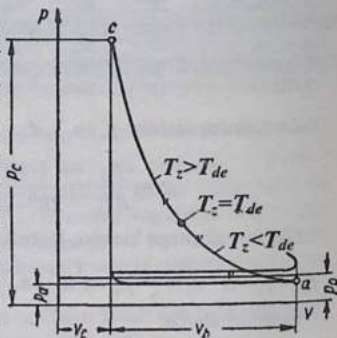
To'rt taktli dvigatelda kiritish klapani berkitilgandan keyin porshen yuqori chekka nuqtaga tomon harakatlanganda silindrda siqish jarayoni sodir bo'ladi.

Siqish natijasida zaryadning temperaturasi va bosimi ortadi. Bularning chekli qiymati siqish darajasiga bog'liq. Siqish darajasi oshishi bilan siklning samaradorligi oshadi va issiqlikdan foydalanish yaxshilanadi.

Zaryadning siqish jarayonida porshen yuqori chekka nuqtaga yaqinlashganda hosil bo'ladigan uyurma harakatini kuchaytirish uchun maxsus shakldagi yonish kameralari ishlatiladi.

To'rt taktli dvigatelning haqiqiy siklida siqish jarayonining sodir bo'lishi 7.10- rasmda ko'rsatilgan.

Siqishning birinchi davrida silindr devorlarining, silindrlar kallagining va porshen tubining temperaturasi zaryadning temperaturasidan yuqori bo'lgani uchun zaryad qiziydi. Porshen yu. ch. n. ga harakat qilganda zaryad tobora ko'proq siqiladi va uning temperaturasi T_z bilan silindr devorlarining o'rtacha temperaturasi T_{dev} orasidagi farq kamayadi. Ma'lum vaqtdan keyin zaryad va bu yuzalar temperaturasi bir xil bo'lib qoladi. Porshen yu. ch. n. ga harakatlanishda davom etib, $T_z > T_{dev}$ bo'lganda issiqlik oqimining yo'nalishini o'zgartiradi va siqilgan zaryaddan yuzalarga issiqlik o'ta boshlaydi.



7.10-rasm. Haqiqiy siklida siqish jarayonining kechish xarakteri

Siqish oxiridagi temperatura va bosimni aniqlash uchun bu jarayon o'rtacha ko'rsatkichi bo'lgan politropa bo'yicha sodir bo'ladi, deb qabul qilamiz. Bu holda siqish oxiri (c nuqta)dagi temperatura va bosimni politropa tenglamasi $pV^{n_1} = const$ bo'yicha aniqlash mumkin.

Ko'rib chiqilayotgan hol uchun:

$$p_c = p_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1};$$

$$\text{ammo } \frac{V_a}{V_c} = \varepsilon.$$

$$\text{Demak: } p_c = p_a \cdot \varepsilon^{\eta_1}. \quad (7.20)$$

Siqish oxiridagi temperaturani aniqlash uchun politropaning tenglamasi (2.48) dan foydalanamiz:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{\eta_1 - 1}. \quad (7.21)$$

Siqish jarayonidagi ayrim ko'rsatkichlarning tajribalar asosida olingan qiymatlari 7.2-jadvalda ko'rsatilgan.

2-misol. Karbyuratorli dvigatelda $\varepsilon = 8$; $p_a = 0,8$ bar; $T_a = 334^\circ\text{K}$ va $\eta_1 = 1,34$; temperatura T_c va bosim p_c aniqlansin.

Siqish oxiridagi bosim (7.20) tenglamaga binoan quyidagicha topiladi.

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{\eta_1} = 0,84 \cdot 8^{1,34} \approx 13,6 \text{ bar} \approx 13,6 \text{ kG/sm}^2.$$

Siqish oxiridagi temperatura esa (7.21) tenglamaga ko'ra

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{\eta_1 - 1} = 334 \cdot 8^{0,34} = 680^\circ\text{K}$$

bo'ladi.

7.2-jadval

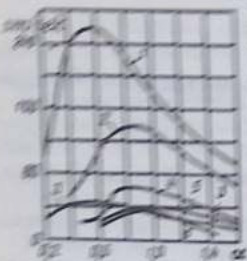
Avtomobil dvigatellari siqish jarayonining ko'rsatkichlari

Parametrlar	Dvigatel		Nadduv-siz dizel
	Karbyura-torli	gaz bilan ishlaydigan	
Siqish darajasi	6-9 (11gacha)	5-10	14-21
Siqish oxiridagi bosim, bar	9-15	7-14	35-55
Siqish oxiridagi temperatura, °K	550-750	480-650	700-900
Siqish politropasining o'rtacha ko'rsatkichi	1,3-1,37	1,3-1,37	1,32-1,4

7.3. UCHQUN BILAN O'T OLDIRILADIGAN DVIGATELLARDA YONISH JARAYONI

1. Umumiy ma'lumot

Yonish jarayonida yonilg'ining ximiyaviy energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi. Bunday aylanish ma'lum vaqt oralig'ida, porshen yu. ch. n. yaqinida bo'lganda yuz beradi.



11-rasm. Uglevodorodli va atsetilnolarda alanganing tarqalishi tezligi U ning havoning ortiqchilik ko'rsatkichi α ga bog'liqligi: 1-vedorod; 2-atsetilen; 3-is-gaz; 4-etilen; 5-propan; 6-metan.

uchun esa havoning ortiqchilik ko'rsatkichi ma'lum miqdorda bo'lishi lozim. Havoning ortiqchilik ko'rsatkichi bu miqdordan chetlashsa, bir jinsli ish amalga oshmaydi.

Havoning aralashmani yondirishga imkon beruvchi ortiqchilik ko'rsatkichining eng kichik qiymati $\alpha_{\min}$ alanga tarqalishining yuqori konsentratsion chegarasi deyiladi. Aralashmani yondirishga imkon beruvchi havoning ortiqchilik ko'rsatkichining eng katta qiymati alanga tarqalishining quyi konsentratsion chegarasi deyiladi.

Bu jinsli yonilg'ining havo bilan aralashmasi yonganda alanganing tarqalish tezligi (U) ning havoning ortiqchilik ko'rsatkichiga bog'liqligi 7.11-rasmda ko'rsatilgan. Dvitatellarda uglevodorodli yonilg'ida ($\alpha = 0.85 \pm 0.9$) bo'lganda aralashmaning yonish tezligi eng yuqori qiymatga erishadi. Aralashma shundan quyuq yoki suyuq bo'lsa, alanganing tarqalish tezligi ravon pasayib, natijada aralashma yonmay qoladi. Yonilg'ining alanganalish paytida temperatura ko'tarilsa, U (temperaturaning kvadratiga proporsional ravishda) oshadi, bosim ko'tarilganda esa alanganing tarqalish tezligi biroz pasayadi.

Tashqarida aralashma hosil qiladigan va uchqun bilan o't oldiradigan dvigatellarda gaz yoki yonilg'i bug'i va havodan tuzilgan yonuvchi

Yonilg'ining yonish jarayonining samaradorligi bir qancha omillarga, jumladan aralashma hosil qilish usuliga va yonilg'ining tarqalish tezligiga bog'liq. Shuning uchun yonilg'ining yonish jarayonini uchqun bilan o't oldiradigan dvigatellarda va dizellarda uchqun alangada ko'rib chiqish kerak.

Yonilg'ining yonish jarayoni, uning xossalari va qo'yilgan vazirda tugallanishi katta ahamiyatga ega bo'ladigan qator murakkab reaksiyalardan iborat.

Agar ish aralashmasining temperaturasi yonilg'ining reaksiya-sining boshida past bo'lsa, u holda kislorod bilan yonilg'i amalga oshmaydi. Yuqori temperaturada u bu reaksiyaning tezligi ortadi va yonilg'ining jarayoni juda tez o'tadi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, reaksiya tezligi yonuvchi aralashmaning tarkibiga, ya'ni havoning ortiqchilik ko'rsatkichiga bog'liq, bir xil jinsli yonuvchi aralashmaning yonishi

aralashma amalda bir jinsli bo'ladi va alangalanuvchanlik chegarasidan tashqarida yonmaydi.

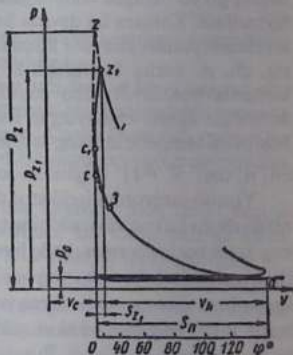
Aralashmada qoldiq gazlar mavjud bo'lsa, alangalanuvchanlik chegaralari torayadi. Shuning uchun karbyuratorli dvigatellarda yuklamaning o'zgarishi bilan bir vaqtda silindrga beriladigan yonilgi va havo miqdorini shunday o'zgartirish kerakki, har qanday yuklamada ham yonuvchi aralashma alangalanuvchanlik chegarasida bo'lsin. Karbyuratorli dvigatellarda silindrga kelayotgan yonuvchi aralashma miqdori yuklamaga qarab, drossel zaslonkasining holatini o'zgartirish yo'li bilan rostlanadi, ayni vaqtda aralashmaning tarkibi ham biroz ($\alpha = 0,85 \div 1,15$) o'zgaradi. Drossel zaslonkasini berkitib, quyuq aralashmadan foydalanilsa, dvigatel tejamsiz ishlaydi.

7.1-rasmda $p-V$ koordinatalarida yonish jarayonining indikator diagrammasi ko'rsatilgan (nazariy siklda issiqlik berish jarayoni shtrix chiziq bilan belgilangan).

Haqiqiy siklda yonish ma'lum bir vaqt oralig'ida (0,001 sek. chamasida) sodir bo'ladi, bunda porshen yu. ch. n. dan ozgina surilgan bo'ladi. Yonish davrida tirsakli val 15-25° ga buriladi.

Porshenning siljishiga qarab tirsakli valning burilish burchagi 7.12-rasmning pastki qismida ko'rsatilgan. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, yonish davrida (tirsakli val taxminan 20° burilganda) porshen qisqa CZ₁ yo'lni o'tadi, bunda yonish jarayonini xarakterlovchi chiziq $V=\text{const}$ chizig'idan ko'p chetlashmaydi. Shuning uchun yonish jarayonini $p-V$ koordinatalari sistemasida tekshirish qiyin. Bu jarayonni ordinatalar o'qi bo'ylab bosim p , absissalar o'qi bo'ylab esa tirsakli valning burilish burchagi yozilgan koordinatalar sistemasida ko'rib chiqish qulayroq. Tez yurar dvigatellarni tekshirayotganda bunday diagramma indikator yordamida yoziladi.

To'rt taktli karbyuratorli dvigatellar yonish va kengayish jarayonlarining indikator diagrammasi 7.13-rasmda



7.12-rasm. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatelda yonish jarayoni

siklning xarakterli nuqtalari bilan ko'rsatilgan. Nazariy siklda dvigatelning yonish kamerasiga elektr uchquni berilmagan va yonilg'i yonmagandagi kengayish jarayoni, diagrammaning cz qismida ($V=const$) issiqlik berish jarayoni va zz' qismida kengayishning boshlanishi shtrix chiziqlar bilan tasvirlangan.

Ish aralashmasining yuqori chekka nuqta yaqinida tez yonishi uchun (bu holda issiqlikdan unumli foydalaniladi) yonish kamerasiga elektr uchquni tirsakli val yu. ch. n. ga bir necha gradus yetmasdan berilishi kerak. Tirsakli valning uchqun berilgan paytdan yu. ch. n. gacha burilish

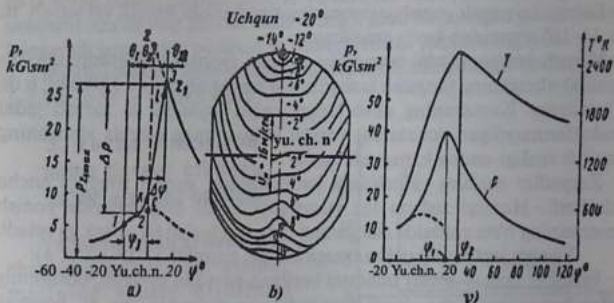
burchagi yondirishni ilgarilash burchagi deyiladi va φ_{yu} bilan belgilanadi. Uchqun chiqqan zonada bu uchqun ish aralashmasiga ham elektr, ham issiqlik tarzida ta'sir qiladi. Agar ish aralashmasi alangalanish chegaralarida bo'lsa, u holda aralashma alangalana boshlaydi.

Tajribalarning ko'rsatishicha ko'zga ko'rinadigan alanga uchqun berilgan ondayoq sodir bo'lmaydi, chunki alanganing paydo bo'lishi va aralashmani yonishga ximiyaviy tayyorlash uchun sekundning mingdan bir ulushicha vaqt kerak. Tajribalar o'tkazish vaqtida yondirishni ilgarilash burchagi yaxshi (yu. ch. n. gacha 20°) olinib, berilgan tezlik rejimida dvigatelning optimal ko'rsatkichlarga erishib ishlashini ta'minlagan.

Elektr uchquni yonish kamerasiga 1 nuqtada berilishiga qaramasdan, bosim go'yo uchqun chiqmagandek, 1 nuqtadan 2 nuqttagacha juda oz ko'tariladi. Kamera bu davrda fotosuratga olinganda uning ichida ko'zga ko'rinarli yonish jarayoni kuzatilmagan. 2 nuqtada, ya'ni tirsakli valning yu. ch. n. gacha burilishiga 8° qolganda, bosim sezilarli darajada tez ko'tarila boshlaydi. Shu paytdan boshlab alaganing keng tarqalishi natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori juda tez ko'payadi, bu esa bosim va temperaturaning sezilarli ko'tarilishiga olib keladi. Porshen yu. ch. n. dan $\varphi = 11^\circ$ o'tgandan so'ng bosim eng katta qiymatga erishgan.

Yonish jarayonini indikator diagramma bo'yicha (7.13-rasm, v) taxlil qilish shuni ko'rsatadiki, siklning temperaturasi o'zining eng katta qiymatiga eng katta bosimda emas, balki biroz kechikibroq erishar ekan. Bunga sabab shuki, shiddatli yonish jarayoni bosim maksimal qiymatga erishgandan keyin ham davom etadi. Biroq porshenning tobora kattalashib boruvchi tezlik bilan harakatlanishi va gazlarning kengayishi natijasida gazlarning bosimi kamaya boshlaydi. Bundan tashqari, issiqlikning gazlardan silindr devorlariga ko'p uzatilishi ham bosimning kamayishiga sabab bo'ladi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayonini bir necha usulda kuzatish mumkin. Yonish jarayonini silindrlar kallagiga



7.13-rasm. Yonish jarayonining tavsifi:

a-p-φ koordinatalarida indikator diagrammaning yonish jarayonini tavsiflovchi qismi; b-zaryad tarqoq yo'nalganda yonish jarayonining har xil davrlarida alanga frontining vaziyati; v-GAZ-21 dvigatelida bosim va temperaturaning tirsakli valning burilish burchagiga bog'liqligi ($\alpha=1.02$; $n=2000 \text{ min}^{-1}$); 1- uchqunning berilish payti; 2-bosimning ko'tarilish payti; φ_1, φ_2 - tirsakli valning yu.ch.n dan so'ng burilish burchaklari, bunda siklda eng katta bosim va temperatura hosil bo'ladi.

o'rnatilgan, katta bosim va temperaturalariga bardosh beradigan kvarts oyna orqali fotosuratga olish usuli eng ma'qul usuldur.

Yonish kamerasidagi yonish jarayonining turli davrlari fotosuratga olinib, tekshirilganda, yongan va yonmagan aralashmani bir biridan ajratib turuvchi yorug'lanuvchi konturning borligi aniqlangan. Alanga fronti deb atalgan bu kontur, aralashmaning yonish reaksiyalari rivojlanayotgan yupqa qatlamidan iborat bo'ladi.

Tirsakli valning har 2° burilishiga mos keluvchi juda qisqa vaqtni oralatib, yonish kamerasi fotosuratga olingan. Bu fotosuratlariga ko'ra yonish jarayonining rivojlanish xarakteri 7.13-rasm, b da ko'rsatilgan.

Alanganing tarqalish fronti to'liqinsimon chiziqlar bilan tasvirlangan. Bu chiziqlar tirsakli valning burilish burchagiga mos ravishda va zaryad ma'lum yo'nalishda harakatlanmagan hol uchun ko'rsatilgan.

Tirsakli valning $\Delta\varphi$ burilishiga mos kelgan vaqt:

$$\tau = \frac{\Delta\varphi}{6n}, \text{ sek,}$$

bu yerda n- tirsakli valning minutiga aylanishlar soni.

Ko'zga ko'rinarli yonish jarayonining tugallanishi tirsakli val yu. ch. n. dan 14-16° o'tgandan keyin aniqlangan.

Yonish jarayoni jadal boradigan zonada (yonish kamerasing o'rta qismida) alanganing tarqalish tezligining o'rtacha qiymati 7.12-rasm, b da ko'rsatilgan. Kameraning devorlariga yaqin joylarda va zaryad jadal harakatlanmaydigan zonalarda, yonish jarayonining oxirida alanganing tarqalish tezligi ancha kamayadi.

Zaryadlar ma'lum yo'nalishda harakatlansa, yonish jarayoni ancha tezlashadi. Hozirgi zamon tez yurar avtomobil dvigatellarida yonish kamerasing o'rta zonasida alanganing tarqalish tezligi 60 m/sek ga yetadi.

Yonish jarayonini uchta fazaga bo'lish mumkin (7.13-rasm, a):

Birinci faza — elektr uchquni berilgan paytdan boshlab, bosimning birdan ko'tarilishigacha o'tgan davr indikator diagrammada θ_1 burchak bilan xarakterlanadi va yonishning boshlang'ich fazasi deb ataladi. Bunga svecha elektrodlarining orasidagi yuqori temperaturali zonada (razryad paytida temperatura taxminan 10000°K ga yetadi) uncha katta bo'lmagan yonish markazlarining paydo bo'lish davri va ko'zga ko'rinarli alanganing boshlanish davri kiradi. Birinci faza vaqtida yonuvchi aralashmaning 6-8 foizi yonadi.

Ikkinchi — asosiy faza — bosimning birdan ko'tarilish paytidan boshlab maksimal bosim $P_{z, \max}$ ga erishish paytigacha (2 nuqtadan 3 nuqttagacha) o'tgan davr θ_{II} burchak bilan xarakterlanadi. Bu davr davomida alanga ish aralashmasi hajmining katta qismiga tarqaladi va juda ko'p issiqlik ajralib chiqadi. Ikkinchi faza davomida yonuvchi aralashmaning taxminan 80 foizi yonadi.

Yonishning ikkinchi fazasi indikator diagramma bo'yicha tirsakli valning har bir gradus burilishiga to'g'ri keladigan bosimning ko'tarilish tezligi bilan baholanadi. Yonish jarayonining shiddatlilikligi deb ataluvchi bu kattalikning o'rtacha qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} = \frac{P_{z, \max} - P_2}{\theta_{II}}, \text{ bar/grad yoki (kG/sm}^2\text{)/grad.} \quad (7.22)$$

Bosimning eng katta orttirmasi ($\Delta p / \Delta \varphi_{\max}$) ni aniqlash zarur bo'lganda yonish jarayonida bosimning faqat to'g'ri chiziqli bo'ylab (k nuqtadan l nuqttagacha) ko'tarilish qismi hisobga olinadi.

Uchinchi faza — θ_{III} bilan belgilanib, u indikator diagrammaning 3 nuqtasidan boshlanadi va yonilg'ining yonib tugashini xarakterlaydi. Bu ing oxirini indikator diagrammaga yozish qiyin, chunki yonilg'ining

to'la yonib bo'lish paytini aniqlab bo'lmaydi. Karbyuratorli dvigatellarda uchinchi faza oz vaqt davom etadi va to'g'ri sodir bo'layotgan yonish jarayoni kengayish jarayonida porshen yo'lining birinchi yarmida tugaydi.

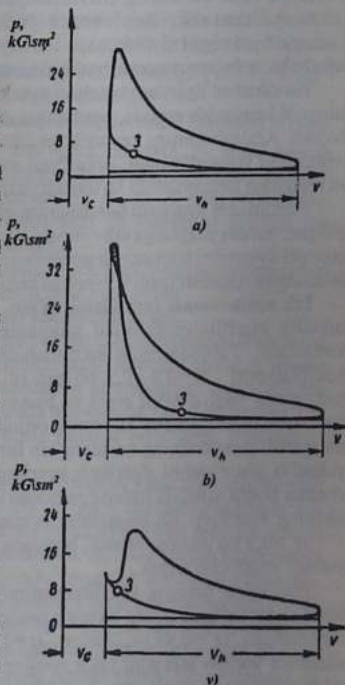
Bunday dvigatellarda yonish jarayoni shiddatligining o'rta qiyamati 1-2 bar/grad ni tashkil etadi.

2. Yonish sifatiga va uning davom etishiga ta'sir etuvchi omillar

Yondirishni ilgarilash burchining ta'siri. Ish aralash masining asosiy qismining kengayish vaqtida yu. ch. n yaqinida yonishi uchun, yonishning boshlang'ich fazasining davom etishini hisobga olgan holda, elektr uchqunin ilgariroq, tirsakli val yu. ch. n. g; bir necha gradus yetmasdan berish kerak.

Karbyuratorli dvigatelning yondirishni ilgarilash burchaklari har xil, drossel zaslonkasining holati esa o'zgarma bo'lganda olingan diagrammalari (7.14-rasmda) ko'rsatilgan.

7.14-rasm, a da tasvirlangan diagramma yondirishni ilgarilash burchagi eng qulay bo'lganda olingan. Uchqunining o'z vaqtida berilishi natijasida yonish jarayonining yuqor chekka nuqta yaqinida tugallanishi ta'minlangan. Bunday holatda dvigatel eng yuqori quvvatga va eng yaxshi tejamlilikka erishgan.



7.14-rasm. Yondirishni ilgarilash burchaklarining turli qiymatlarida karbyuratorli dvigatelning indikator diagrammalari

Yondirishni ilgariylash burchagi juda kattalashtirilganda (7.14-rasm, b) yonish jarayoni porshen yu. ch. n. ga yetib kelmasdan sodir bo'ladi, bosim tez ko'tarilib o'zining eng yuqori qiymatiga erishadi. Porshenning bundan keyingi harakati natijasida bosim kamayib, yu. ch. n. yaqinida "sirtmoq" hosil bo'ladi va uning shtrixlangan yuzasi unumsiz sarflangan ishni ko'rsatadi. Aralashma juda ilgari yondirilsa, quvvat kamayib, dvigatel tejamsiz ishlaydi. Ilgariylash burchagi juda katta bo'lsa, aralashma nonormal portlab (detonatsiyalanib) yonadi.

Yondirishni ilgariylash burchagi juda kichik bo'lsa, (7.15-rasm, v) yonish jarayoni kengayish vaqtida, porshen yu. ch. n. dan uzoqlashgan paytda sodir bo'ladi. Aralashmaning kechikib yonishi natijasida dvigatelning quvvati va tejamliligi yomonlashadi, ishlatilgan gazlarning temperaturasi kengayish va chiqarish jarayonlarida ko'tariladi va dvigatel qizib ketadi.

Yondirishni ilgariylash burchagining eng qulay qiymati yuqorida ko'rsatib o'tilgan, yonish jarayoniga ta'sir etuvchi hamma omillarga bog'liq. Burchakning qiymati dvigatelni tormozlash stendidasinab tanlanadi. Yondirishni ilgariylash burchagini tanlash usuli 9.2-bobda keltirilgan.

Ish aralashmasi tarkibining ta'siri. Aralashmaning tarkibi havoning ortiqlik ko'effitsiyentini belgilaydigan, yonish jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Turbinalarning ko'rsatishicha, tarkibidagi havoning ortiqlik ko'effitsiyentini $\alpha = 0,38-0,9$ bo'lgan ish aralashmasining yonish jarayoni juda quvvatli rivojlanadi va bunda ulanganing tarqalish tezligi juda katta qiymatga erishadi. Havoning ortiqlik ko'effitsiyentining bu qiymatlaridan yonish jarayonining boshlang'ich fazasi qisqaradi, asosiy fazasi esa tez o'tadi. Yonish jarayonining ilgariylash burchagi to'g'ri tanlangan bo'lsa, yuqori tezlikda vaqtning o'tishida tugaydi va bosim p_z ning eng katta qiymatini hamda ulanganing tezligi ta'minlaydi.

$\alpha = 0,38$ bo'lganda, asosan, boshlang'ich fazaning kattalashishi hisobiga yonish jarayoni tezlashadi.

Havoning ortiqlik ko'effitsiyentining uch xil qiymati uchun navbat bilan ko'rsatib berilgan asosiy siklning ossilogrammasi 7.15-rasm, a va v larda keltirilgan. $\alpha = 0,38$ va, ayniqsa, $\alpha = 1,14$ bo'lganda navbat bilan keluvchi sikllarda yonish jarayoni tezis rivojlan-maydi va ayrim sikllarda u juda tez rivojlanadi. Aralashma yana ham suyuqlashtirilsa, ketma-ket keluvchi sikllarning ko'pchiligida yonish jarayoni sekin rivojlanadi, bu esa dvigatelning tekis va samarasiz ishlashiga olib keladi. Aralashma tarkibidagi suyuqlashtirishni kamerasining shakli, siqish darajasi va dvigatelning tekis ishlashiga qaratib, mu'ayyan chegarada bo'lishi kerak. Aralashma shu chegaradan ortiq suyuqlashtirilsa, ularga olinmasligi va yonmasligi mumkin.

Havoning ortiqlik koeffitsiyenti $\alpha = 0,8 \div 0,9$ bo'lganda, sikl eng ko'p ish bajargani uchun karbyuratorli avtomobil dvigatellarida shu qiymatdan foydalaniladi. Agar avtomobilning harakat sharoitlariga ko'ra dvigatelning eng katta quvvatga erishishi talab etilsa, drossel zaslonkasi to'liq ochiladi va ayni vaqtda ekonomayzer ishga tushiriladi.

Eng katta quvvat hosil qilish uchun dvigatel quyuq ish aralashmasida ishlatilsa, uning tejamliligi past bo'lib, yonilg'i ko'p sarflanadi. Tejamlilikning pasayishiga kislorodning yetishmasligi ($\alpha < 1$) tufayli yonilg'ining ximiyaviy chala yonishi sabab bo'ladi.

Hozirgi zamon karbyuratorli avtomobil dvigatellarida havoning ortiqlik koeffitsiyenti $\alpha = 1,05 \div 1,15$ bo'lib, ular tejamli ishlaydi. Bu holda yonish jarayoni sekin boradi va siklning bajargan ishi kamayadi, lekin hamma yonilg'i to'la yonadi. Buning natijasida haqiqiy siklda α ning ko'rsatilgan qiymatlarida issiqlikdan to'la foydalaniladi va indikator foydali ish koeffitsiyenti eng katta qiymatga erishadi.

Yonish tezligi ish aralashmasining tarkibiga bog'liq bo'lganidan yondirishni ilgarilash burchagini ham o'zgartirish kerak.

Ish aralashmasi uyurma harakati tezligining ta'siri.

Ish aralashmasining uyurma harakati tezligi oshganda alanga frontining tarqalishi tezlashadi va yonishning ikkinchi fazasi hisobiga umumiy yonish vaqti qisqaradi. Tajribalarning ko'rsatishicha karbyuratorli dvigatellarda ish aralashmasi uyurma harakatlanganda alanganing tarqalish tezligi 15-60 m/sek ni tashkil etadi, ya'ni uyurma harakat bo'lmagan paytdagiga qaraganda 8-12 marta katta bo'ladi.

Ish aralashmasining silindrdagi uyurma harakati yangi zaryadni kiritish paytida hosil bo'ladi. Porshen yu. ch. n. ga yaqinlashayotganda ish aralashmasining yonish davridagi uyurma harakati tezligini oshirish uchun siqib chiqargichli yonish kameralari ishlatiladi. Bunday yonish kamerasida porshen yu. ch. n. ga yaqinlashayotganda yondirish svechasiga qarama-qarshi joylashgan zonada porshen va silindrlar kallagi orasida ozgina (1 mm ga yaqin) oraliq hosil bo'ladi. Zaryad bu oraliqdan yondirish svechasiga qarab haydaladi; bunda uyurma harakat kuchayadi. Siqib chiqargich mavjud bo'lsa, yonilg'ining oxirgi porsiyasi uning ichida yonib, detonatsiyaning paydo bo'lishini kamaytiradi.

Aylanishlar sonining ta'siri. Dvigatel aylanishlar sonining oshishi bilan yonish jarayoni uchun ajratilgan vaqt aylanishlar sonining o'sishiga to'g'ri proporsional ravishda kamayadi. Yonish fazalarining aylanishlar soniga bog'liqligini ko'rib chiqamiz. Aylanishlar soni oshishi bilan yonishning boshlang'ich fazasining davom etish vaqti θ_1 biroz kamayadi. Lekin bu

kamayish aylanishlar sonining oshishiga proporsional bo'lmagani uchun Θ_1 fazaning tirsakli valning burilish graduslari bilan ifodalangan qiymati oshadi.

Aylanishlar soni oshganda zaryad jadal harakatlana boshlagani uchun alanga frontining tarqalish tezligi shunday kattalashadiki, asosiy yonish fazasi Θ_{11} ning tirsakli valning aylanish burchagi bilan ifodalangan davom etish vaqti deyarli o'zgarmaydi.

Aylanishlar soni o'sishi bilan yonish fazasi Θ_{111} ning davom etish vaqti ham ortadi.

Tirsakli valning burilish burchagi yonish fazasi Θ_1 ga mos ravishda kattalashganda yu. ch. n. yaqinida sodir bo'ladigan yonish jarayonida aralashmaning yonishiga qulay sharoit yaratish uchun aylanishlar soni ko'payishi bilan yondirishning ilgarilash burchagini ham kattalashtirish kerak.

Yondirishni ilgarilash burchagi markazdan qochma regulyator bilan avtomatik ravishda o'zgartiriladi.

Dvigatel yuklamasining ta'siri. Dvigatelning yuklamasi kamayganda drossel zaslonkasini berkitib, silindrga kelayotgan yangi aralashma miqdori kamaytiriladi. Shunda bosim va temperaturaning dastlabki va oxirgi qiymatlari pasayadi; qoldiq gazlar miqdori o'zgarmaydi, qoldiq gazlar koeffitsiyenti esa ko'payadi va binobarin yangi aralashma inert gazlar bilan ko'proq ifloslanadi. Buning natijasida aralashmaning yonish sharoiti yomonlashadi, alanganing tarqalish tezligi kamayadi va yonish jarayonining boshlang'ich va asosiy fazalarining davom etish vaqti qisqaradi.

Drossel zaslonkasi berkitilganda havoning harakatlanish tezligi pasayganligi uchun diffuzorda aralashmaning hosil bo'lishi yomonlashadi.

Drossel zaslonkasi yopilganda yonish jarayonini qisman yaxshilash uchun yonuvchi aralashmaning tarkibini drosselning holatiga qarab maxsus sozlash va yondirishni ilgarilash burchagini o'zgartirish kerak.

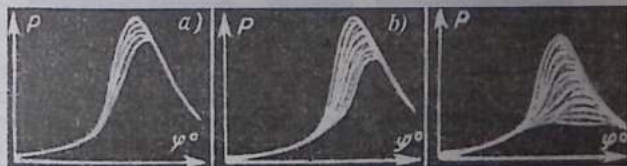
Yonuvchi aralashma tarkibini shunday sozlash kerakki, drossel zaslonkasi dvigatelning tejamli ishlashini ta'minlovchi ($\alpha = 1,05 - 1,15$) holatdan boshlab yopilganda aralashma quyuqlasha borsin. Aralashmaning quyuqlashishi yonish jarayonining tezlashishiga yordam beradi. Yondirishni ilgarilash burchagi vaquum-korrektor yordamida avtomatik tarzda kattalashtirilsa, ikkinchi yonish fazasi yu. ch. n. yaqinida sodir bo'ladi. Aralashma quyuqlashtirilganda ($\alpha < 1$) yonilg'ining kimyoviy chala yonishi natijasida issiqlikning bir qismi ajralib chiqmaydi, va yonilg'i sarfi ancha oshadi. Ayni vaqtda ishlatilgan gazlar bilan birgalikda chala yongan zaharlovchi moddalar (is gazi, va boshqa zaharli moddalar) ko'p miqdorda atmosferaga chiqarib tashlanadi.

Siqish darajasining ta'siri. Siqish darajasi oshganda siqish jarayoni oxiridagi bosim va temperatura ortadi. Temperatura va bosimning ortishi bilan yonilg'ini yonishga tayyorlash tezlashadi hamda alanganing tarqalish tezligi oshadi. Buning natijasida yonish jarayonining umumiy davom etish vaqti qisqaradi va dvigatelning ko'rsatkichlari yaxshilanadi. Siqish darajasi oshganda yondirishni ilgarilash burchagi kichiklashtiriladi.

Siqish darajasi oshganda detonatsiyali yonish, barvaqt yonish yoki o'z-o'zidan yonish hodisalari bo'lmasligi lozim, aks holda siqish darajasini oshirishdan foyda bo'lmaydi.

Yonish kamerasi shaklining va yondirish svechalari joylashishining yonish jarayoniga ta'siri. Yonish kamerasining shakli va undagi yondirish svechalarining joylashishi yonish jarayonining davom etish vaqtiga katta ta'sir ko'rsatadi. Yondirish svechasidan eng uzoqda joylashgan nuqttagacha bo'lgan oraliq kichik bo'lsa, yonish kamerasining shakli eng qulay hisoblanadi.

Yonish kameralarining eng ko'p qo'llaniladigan shakllari 7.16 rasmda ko'rsatilgan. Yondirish svechasi yonish kamerasining markazida joylashganda (7.16 rasm, b) ish aralashmasining yonishiga eng yaxshi sharoit yaratiladi, chunki alanga fronti svechadan hamma tomonga tekis tarqala oladi. Ponasimon va yarim ponasimon shakldagi yonish kameralarida klapanlar burchak ostida joylashgan va yondirish svechalari markazga nisbatan siljigan (7.16-rasm, v va g) bo'lib, bunday yonish kameralarida yonish jarayoni yaxshilanadi. Bunga yonish kamerasining svechadan eng uzoqlashgan qismida porshen tubi bilan silindrlar kallagi orasida uncha katta bo'lmagan tirqish (siqib chiqargich) ning mavjudligi sabab bo'ladi. Yonish kamerasining bunday tuzilishi ish aralashmasining oxirgi portsiyasi detonatsiyasiz yonishini ta'minlaydi, yondirish manbaiga yaqin joylashgan aralashmaning hajmini kattalashtiradi va zaryadni qo'shimcha ravishda uyurma harakatga keltiradi.



7.15-rasm. Ketma-ket kelayotgan sikllarda suratga olingan indikator diagrammalar: a- $\alpha = 0.87$; b- $\alpha = 0.98$; v- $\alpha = 1.14$

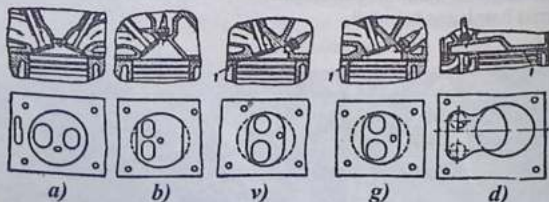
Yarim ponasimon yondirish kamerasi (7.16-rasm, g) avtomobil dvigatellarida (ZIL-130, GAZ-21, MZMA-408 dvigatellarida) keng ko'lamda ishlatiladi.

Agar klapanlar pastda joylashgan bo'lsa, 7.16-rasm, d da ko'rsatilgan yonish kamerasi ishlatiladi. Bunday yonish kamerasida ish aralashmasi siqish jarayonining oxirida jadal uyurma harakatga keladi. Bunga ish aralashmasining porshen va silindrlar kallagi orasidagi tirqishdan yondirish manbaiga qarab — siqib chiqarilishi sabab bo'ladi. Ko'rsatilgan yonish kamerasi ZIL-120, GAZ-51, GAZ-20 dvigatellarida ishlatilgan; yangi konstruksiyadagi dvigatellarda u ishlatilmaydi.

Silindrning diametri nisbatan katta bo'lganda yonish jarayonini tezlashtirish va dvigatelning buzilmay ishlashini ta'minlash uchun ba'zan ikkita yondirish svechasi o'rnatiladi. Xuddi shunday tadbirlarni gaz bilan ishlovchi dvigatellarda ham qo'llash ma'qul ko'riladi; chunki bunday dvigatellarda yonish tezligi karbyuratorli dvigatellardagiga nisbatan kam bo'ladi.

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

Karbyuratorli dvigatellarda ba'zan jaranglagan metall tovushlari eshitiladi. Bu tovush detonatsiyali yonishning belgisidir. Kuchsiz detonatsiyada bu tovushlar vaqti-vaqti bilan eshitiladi va xuddi porshen barmog'i bilan shatunning yuqori vtulkasi orasidagi zazor kattalashganda paydo bo'ladigan tovushga o'xshaydi. Detonatsiya oshishi bilan dvigatelning silindrida uzluksiz kuchli taqillash eshitiladi. Dvigatel bunday vaqtda notekis ishlaydi, tirsakli valning aylanishlar soni kamayadi, porshen, silindr va silindrlar kallagi ortiqcha qiziydi, ishlatilgan gazlarda qora tutun paydo bo'ladi.



7.16-rasm. Karbyuratorli dvigatellar yonish kameralarining xemalari: a-yarim sferik; b- chodirsimon; v-ponasimon; g-yarim ponasimon; d-klapanlar pastda joylashgan (g-simon); l-siqib chiqargich

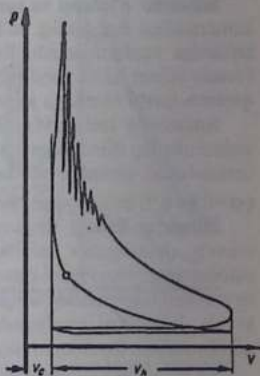
Agar dvigatel uzoq vaqt detonatsiyalanib ishlasa, porshenning chetlari, silindrlar bilan kallak orasidagi qistirmalar, shuningdek, yondirish svechasining elektrodlari va izolyatorlari kuyib ketadi. Detonatsiya natijasida hosil bo'lgan yuqori bosim krivoship - shatunli mexanizmida zarbiy yuklamalar hosil qilib, shatun podshipnigidagi antifriksion qatlamni ishdan chiqaradi. Moy pardalarining yirtilishi, shuningdek, yonish mahsulotlari tarkibidagi aktiv moddalarning ta'siri natijasida silindrlar gilzalarining yuqori qismi yeyiladi.

Yuqorida ko'rsatilgan sabablarga ko'ra, dvigatelning uzoq vaqt detonatsiyalanib ishlashiga yo'l qo'yilmaydi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, yonish jarayonida hali yonmagan ish aralashma yonish mahsulotlarining kengayishi natijasida alanga frontining oldida siqiladi va uning temperaturasi ko'tariladi. Yonish ish aralashmasining temperaturasi va bosimi ko'tarilganda yonilg'i molekullarida ximiyaviy oksidlanish reaksiyasi paydo bo'lib, peroksid birikmalar hosil bo'ladi. Yetarli darajada yuqori temperatura va bosimlarda bu birikmalar alanga fronti yetib kelmasdan o'z-o'zidan yonib ketadi. Bunday boshlangan yonish jarayoni ish aralashmasining boshqa qatlamlariga juda katta tezlikda tarqaladi, chunki bu qatlamlarda ham oksidlanish reaksiyalari o'tgan bo'ladi.

Yonish jarayonining bunday rivojlanishi natijasida zarbiy to'lqinlar hosil bo'lib, juda katta tezlikda butun yonish kamerasiga tarqaladi va, devorlardan qaytib, metall tovushlari paydo qiladi. Zarbiy to'lqinlar kimyoviy reaksiya endigina tugayotgan zonalarga ta'sir etib, detonatsiyali portlash hosil qiladi. Detonatsiyali to'lqinlar 2000-2300 m/sek tezlikda tarqaladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, detonatsiyali yonish, odatda yonish kamerasining svechadan eng uzoqdagi zonasida paydo bo'ladi. Chunki bu yerdagi ish aralashmasi eng keyin yonadi va yonib bo'lgan gazlarning bosimi ostida siqiladi hamda yuqori temperatura ta'sirida bo'ladi.



7.17-rasm. Karbyuratorli dvigatelning detonatsiyali yonishdagi indikator diagrammasi

Detonatsiyali yonishning indikator diagrammasi 7.17-rasmda ko'rsatilgan: yonish va kengayish jarayonlarida bosimni tasvirlovchi chiziq nayzasimon bo'ladi. Detonatsiyaning paydo bo'lishiga har xil omillar ta'sir qiladi.

Siqish darajasi. Siqish darajasi oshganda siqish jarayonining oxiridagi temperatura va bosim ko'tarilib, detonatsiyali yonish hosil qilishi mumkin. Shuning uchun siqish darajasining eng yuqori qiymati detonatsiyali yonish bilan chegaralanadi. Bundan boshqa sharoitlarda siqish darajasi yonilg'ining oktan sonini ko'paytirish va yonish kamerasining shaklini o'zgartirish hisobiga oshiriladi. Shuning uchun mazkur dvigatelning siqish darajasi ishlatiladigan yonilg'ini va yonish kamerasining turini hisobga olib tanlanadi.

Yonish kamerasining shakli va yondirish chaqmoqlarining joylashuvi. Yonish kamerasining shakli ma'lum darajada alanga frontining tarqalish xarakterini aniqlaydi. Ixcham yonish kamerasining markazida yondirish svehasini shunday joylashtirish kerakki (7.16 rasm, b ga qarang), bunda alanga hamma tomonga teng tarqalsin. Bu esa yonish jarayoni detonatsiyasiz o'tadigan siqish darajasini oshirishga imkon beradi. Siqib chiqargichli yonish kamerasi ishlatilsa (7.16 rasm v, g, va d ga qarang), eng oxir yonadigan ish aralashmasidan issiqlikni olib ketish yaxshilanib, dvigatelning detonatsiyaga moyilligi kamayadi.

Silindrlar o'lchami va soni. Silindrning diametri katta bo'lsa, yonish kamerasidagi alanganing yo'li olislashadi, bu esa detonatsiyaning hosil bo'lishiga yordam beradi. Bunday holda aralashmaning detonatsiyasiz yonishi uchun ikkita yondirish chaqmog'i o'rnatilib, ular diametr bo'yicha qarama-qarshi tomonga joylashtiriladi.

Aralashma tashqarida hosil bo'ladigan ko'p silindrli dvigatellarda aralashmaning silindrlarga notekis taqsimlanishi natijasida ba'zi silindrlarda detonatsiyali yonish hosil bo'lishi mumkin. Shunda quyuq aralashma ($\alpha = 0.8 \div 0.9$) berilayotgan silindrlarda detonatsiyaga moyillik paydo bo'ladi.

Silindrlar kallagi va porshen materiali. Yonish kamerasini tashkil etuvchi detallardan issiqlikni olib ketishni yaxshilab, dvigatelning detonatsiyaga moyilligini kamaytirish mumkin. Bu maqsadda silindr kallagi va porshen tayyorlashda issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materiallar ishlatish kerak. Issiqlikni cho'yandan ko'ra yaxshi o'tkazuvchi alyuminiy qotishmasidan foydalanish siqish darajasini biroz oshirishga imkon beradi.

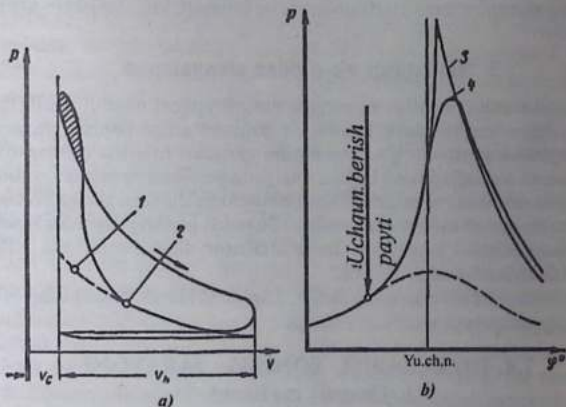
Ish aralashmasi tarkibi. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti ($\alpha = 0.8 \div 0.9$) bo'lganda ish aralashmasi detonatsiyaga ancha moyil bo'ladi, chunki bunda yonish tezligi, temperatura va bosim katta bo'lib, detonatsiyaning sodir bo'lishiga yordam beradi.

Tirsakli valning aylanishlar soni. Valning aylanishlar soni oshganda yonilg'ini ximiyaviy tayyorlash uchun ketadigan vaqt kamayadi. Bundan tashqari kiritish sistemasidagi qarshilikning oshishi tufayli qoldiq gazlar koeffitsiyenti ortadi. Buning natijasida yonish jarayonidagi bosim va temperatura kamayadi. Bu omillarning birgalikdagi ta'siri tufayli aylanishlar soni ortishi bilan dvigatelning detonatsiyaga moyilligi kamayadi.

Dvigatel yuklamasi. Yuklama kamayganda va drossel zaslonkasi mos ravishda berkitilganda qoldiq gazlar koeffitsiyenti ortadi, siqish oxiridagi temperatura va bosim esa kamayadi. Bu ikki omil dvigatelning detonatsiyaga moyilligini kamaytiradi.

Yondirishni ilgarilash burchagi. Yondirishni ilgarilash burchagi kattalashganda yonish jarayoni yu. ch. n. yaqinida sodir bo'lib, yonish jarayonining ikkinchi fazasidagi bosim va temperaturani oshiradi, bu esa detonatsiya hosil bo'lishiga yordam beradi.

Qurum hosil bo'lishi. Porshen tubidan va silindrlar kallagining yonish kamerasiga qaragan yuzasida qurum hosil bo'lsa, ulardan issiqlikni olib ketish qiyinlashadi va yonish kamerasi detallarining temperaturasi ko'tariladi. Bundan tashqari qurum hosil bo'lishi bilan siqish darajasi ham birmuncha oshadi.



7.18-rasm. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatelning indikator diagrammalari: a-barvaqt o'z-o'zidan alangalanish; 1-uchqun berish payti; 2-alangalanishning boshlanishi; 3-so'ngi o'z-o'zidan alangalanish natijasida yonish; 4-normal yonish

Bu ikki omil ish aralashmasining temperaturasi va bosimining ortishiga, binobarin, detonatsiyali yonishning ro'y berishiga sabab bo'ladi.

Agar detallarni qurum qoplaganda ham dvigatelni ishlatish zarur bo'lsa, u holda yondirishni ilgariylash burchagini kamaytirish kerak.

Dvigatelni sovitish. Ishlatilgan gazlar issiqligining bir qismi dvigatelning devorlari orqali sovitish muhitiga uzatiladi. Issiqlik uzatish kamaysa, silindr, porshen va silindrlar kallagi ortiqcha qizib, detonatsiyali yonishning ro'y berishiga sabab bo'ladi.

4. Barvaqt o'zidan-o'zi alangalanish

Ba'zi hollarda kallakda, chiqarish klapanlarida va svechalarning elektrodlarida kuchli (700—800°S dan ortiq) qizigan joylar yoki cho'g'langan qurum mavjud bo'lsa zaryad uchqun berilmasdan ham o'zidan-o'zi alangalanishi mumkin.

Zaryad o'zidan-o'zi barvaqt alangalangandagi dvigatelning indikator diagrammasi 7.18-rasm, a da ko'rsatilgan. Zaryad noto'g'ri alangalanganda xira taqillash ovozlari eshitiladi, dvigatelning quvvati kamayadi, issiqlik ko'p yo'qoladi va siqish jarayonida bosimning tez ortishi natijasida krivoship shatunli mexanizmida qo'shimcha dinamik kuchlanishlar paydo bo'ladi.

5. Navbatdagi o'z-o'zidan alangalanish

Yuqori siqish darajasiga va antidetonatorli yuqori oktanli yonilg'ilar ishlatiladigan karbyuratorli avtomobil dvigatellarida yonish jarayoni boshlangandan keyin cho'g'langan qurum zarralari ta'sirida o'zidan-o'zi alangalanish o'choqlari hosil bo'ladi. Natijada yonishning asosiy fazasida bosimni tez oshiruvchi va maksimal ko'paytiruvchi qo'shimcha alanga frontlari paydo bo'lib, yonish kamerasiga tarqaladi. Bu holda yonish jarayonida keskin taqillash (guldirash) kuzatiladi, uning indikator diagrammasi esa 7.18-rasm, b da ko'rsatilgandek bo'ladi.

Navbatdagi o'z-o'zidan alangalanish, ko'pincha kichik yuklamadan to'la yuklamaga o'tayotgan vaqtda ro'y beradi.

7.4. DIZELLARDA YONISH JARAYONI

1. Umumiy ma'lumot

Dizelning silindrida siqish jarayoni yonilg'i berilmagan vaqtda bajariladi. Yonilg'i yonish kamerasiga porshen yu. ch. n. ga kelmasdan, ya'ni yonish jarayoni boshlanishi oldidan biroz vaqt ilgari purkaladi. Yonuvchi aralashma bevosita silindrning ichida hosil bo'ladi. Dizellarda

ishlatiladigan yonilg'i (dizel yonilg'isi) bir xil jinsli aralashma hosil qilganda, u ham yuqori va pastki alangalanish chegaralariga ega bo'ladi.

Yonilg'i silindrga siqish jarayonining oxirida purkalsa, bir jinsli yonilg'i-havo aralashmasini hosil qilib bo'lmaydi. Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, purkalayotgan yonilg'i juda qisqa vaqt ichida kichik tomchilarga parchalanib, yonish kamerasiga notekis taqsimlanadi. Ayrim joylarda bug'langan yonilg'i bilan havo aralashmasi alangalanish chegarasiga kelib qoladi. Yonish kamerasining aynan shu joylarida bug'langan yonilg'i alangalanadi.

Aralashmaning yonish kamerasiga notekis taqsimlanishi dizellarda aralashmaning tarkibini sifatli rostdashga imkon beradi.

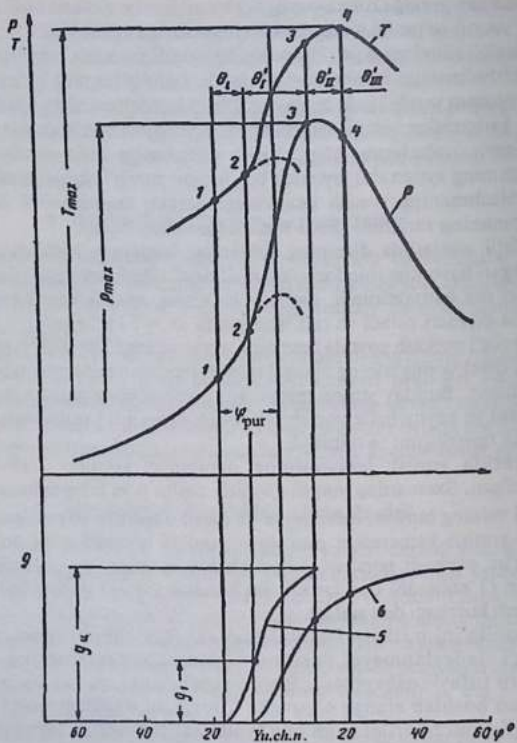
Sifatli rostdashda dizelning yuklamasi kamaygan hollarda silindrga kirayotgan havoning miqdori o'zgartirilmaydi. Purkalayotgan yonilg'ining miqdori esa kamaytiriladi, natijada havoning ortiqlik koeffitsiyentining o'ttacha qiymati ortadi va salt ishlaganda $\alpha = 5+6$ bo'ladi.

Yonilg'i purkash paytida havoning temperaturasi $700-900^{\circ}\text{K}$ ga yetadi. Bu esa dizel yonilg'isining alangalanish temperaturasidan taxminan $150-250^{\circ}$ yuqori. Bunday yuqori temperatura yonilg'ining ma'lum zonalarda yonishini va keyinchalik yonish jarayonining yonish kamerasining butun hajmiga tarqalishini ta'minlaydi.

Dizelda yonish jarayonining rivojlanish sxemasi 7.19-rasmda ko'rsatilgan. Sxemaning yuqori qismida bosim p va temperatura T ning tirsakli valning burilish burchagi φ ga qarab o'zgarishi ko'rsatilgan. 5 egri chiziq yonish kamerasiga purkalgan yonilg'i miqdori g_y ni ko'rsatadi. Yonilg'ini purkash porshen yuqori chekka nuqtaga φ_{pur} burchak yetmasdan (1 nuqtada) boshlanadi. Bu burchak yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi deb ataladi.

Yonilg'ini purkash boshlangandan keyingi birinchi davrda yonilg'i alangalanmaydi va silindr ichidagi bosim havoning yanada siqilishi tufayli oshaveradi. Bunga sabab shuki, yonilg'i purkalgan paytdan boshlab alanga olguncha biroz vaqt o'tadi; bu vaqt ichida yonilg'i tomchilari qisman bug'lanib alangalanishga tayyorlanadi.

Yonilg'ini o't olishga tayyorlash vaqti tirsakli valning Θ_1 burchakka burilishiga mos keladi (1 nuqtadan 2 nuqtagacha) va u alangalanishning kechikish davri deb ataladi. Bu davrning oxirida silindrga q_1 mg yonilg'i tushadi. Bosimni ifodalovchi egri chiziq 2 nuqtada shtrixlangan egri chiziqdan chetlashadi. Shu paytdan boshlab yonish jarayoni jadallashib, bosim tez ko'tariladi va tirsakli valning Θ_2 burchakka burilishiga mos bo'lgan qisqa vaqt ichida eng katta qiymat p_z ga erishadi. Bu vaqt oralig'i (2 va 3 nuqtalar orasidagi qism) tez yonish fazasi deb ataladi.



7.19-rasm. Dizelda yonish jarayoni

Yonishning bu fazasida bosimning oshish tezligi yonish kamerasining turiga bog'liq bo'lib, 4-10 bar/grad atrofida bo'ladi.

6 egri chiziq yongan yonilg'i miqdorini ifodalaydi. Ko'rinib turibdiki, eng katta bosimga erishish paytida kiritilgan yonilg'ining faqat bir qismi yonadi. Dizelda yonish jarayoni eng katta bosimga erishilgandan keyin

ham, burchak Θ_{11} ga mos keluvchi 3-4 qismda juda ko'p issiqlik ajralgan holda davom etadi (sekin yonish fazasi). Bu qismda porshen p. ch. n. ga qarab harakatlanganda bosimning biroz pasayishi va yonilg'ining yonishda davom etishi tufayli temperaturaning ortishi kuzatiladi.

Siklning maksimal temperaturasi 4 nuqtaga mos keladi. Bu paytda yonilg'ining asosiy qismi yonib bo'ladi. Keyinchalik 4 nuqtadan so'ng kengayishda uchinchi faza O_{III} da yonilg'i yonib bo'ladi. Yonib bo'lish oxirini aniqlash qiyin. Dizellarda yonib bo'lish fazasi uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarnikiga nisbatan ko'proq davom etadi.

Yonish jarayonining samarali o'tishi uchun, uning davom etish vaqti mumkin qadar oz bo'lishi, bosim ravon oshishi kerak. Bosimning tez oshishi dizelning shiddatli va taqillab ishlashiga sabab bo'ladi.

2. Dizellarda yonish jarayonining davom etish vaqtiga va sifatiga ta'sir etuvchi omillar

Tajribalarning ko'rsatishicha, alangalanishning kechikish davri yalpi yonish jarayonining xarakteriga ta'sir etadi. Alangalanishning kechikish davri uzoq vaqt davom etsa, yonish kamerasiga purkalgan yonilg'ining ko'p qismi bug'lanib ketadi va, keyinchalik bu yonilg'i yonish jarayoniga jalb etilganda bosim keskin ortib, dizel shiddatli ishlaydi. Shuning uchun alangalanishning kechikish davrini ma'lum chegaragacha kamaytirish kerak.

Alangalanishning kechikish davri yonish jarayonining borish sharoitiga qarab, 0,0005-0,002 sek ni tashkil etadi.

Alangalanishning kechikish davriga va yonish jarayonining xarakteriga yonilg'ining ximiyaviy va fizik xossalari; yonilg'ini purkash davrida havoning temperaturasi va bosimi; yonish kamerasida havoning uyurma harakati, xarakteri va tezligi; yonilg'i berish apparatlarining ishlash xarakteristikasi; yonish kamerasining konstruksiyasi; yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi; dizel tirsakli valining aylanishlar soni va yuklamasi ta'sir etadi.

Yonilg'ining fizik va kimyoviy xossalari. Alangalanishning kechikish davri yonilg'ining ximiyaviy tarkibiga ancha bog'liq. Yonilg'i tarkibidagi parafin uglevodorodlari alangalanishning kechikish davrini qisqartiradi va yonish jarayonining ravon borishiga sharoit yaratadi.

Yonish jarayoniga yonilg'ining fizik xossalardan uning qovushoqligi, sirtiy tarangligi va bug'lanuvchanligi ta'sir ko'rsatadi.

Alangalanishning kechikish davrini qisqartirish uchun yonilg'ining setan soniga bog'liq bo'lgan o'z-o'zidan alangalanish temperaturasini pasaytirish mumkin.

Siqilgan havoning bosimi va temperaturasi. Yonilg'i purkash paytida havoning bosimini va, ayniqsa, temperaturasini oshirish alangalanishning kechikish davrini qisqartiradi.

Yonish kamerasida havoning uyurma harakati. Yonish kamerasida havoning uyurma harakatining jadalligi va xarakteri yonish jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Buning sababi shuki, dizellarda, yonuvchi aralashma o't olish bilan bir vaqtda hosil bo'ladi. Yonilg'ining samarali yonishi uchun havoni shunday uyurma harakatga keltirish zarurki, bunda yonuvchi aralashma yonish kamerasining barcha hajmida bir tekisda hosil bo'lsin. Havoning uyurma harakati yonilg'i bug'larining serkislorodli zonalarga ko'chirishda va yonish mahsulotlarini reaksiya ro'y berayotgan zonalardan chiqarib yuborishga yordam beradi.

Dizellarda kiritish va siqish jarayonlarida havoni uyurma harakatga keltirish maqsadida turli yonish kameralari va maxsus qurilmalar ishlatiladi,

Yonilg'i berish apparaturalarining ta'siri. Yonilg'i berish apparaturalarining tuzilishi alanga mash'alining uzoqqa otilishiga, yonilg'ini to'zitish sifatiga va yonilg'i zarralaryning yonish kamerasining butun hajmiga tekis taqsimlanish darajasiga ta'sir etadi.

Yonilg'i purkashning davom etish vaqti yonilg'i berish apparatlarining tuzilishiga bog'liq bo'lib, u ham yonish jarayonining borishiga ta'sir etadi. Yonilg'i berish apparatlariga nisbatan qo'yiladigan talablar yonish kamerasining turiga bog'liq.

Yonilg'i berish apparatlarining ishlash xususiyatlari XI bobda bayon etilgan.

Yonish kamerasi. Yonish kamerasining tuzilishi va turi dizellarda yonuvchi aralashma tayyorlash va yonish jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi.

Tez yurar dizellarda ishlatiladigan yonish kameralarining turi va ularning yonuvchi aralashma tayyorlash jarayoniga hamda yonish jarayoniga ta'siri XI bobda ko'rib chiqiladi.

Yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi. Ilgarilash burchagi juda katta bo'lsa, yonilg'i yonish kamerasiga ancha past bosim va temperaturada purkala boshlanadi, bu esa alangalanishning kechikish davrini uzaytiradi. Tez yonish fazasining boshlanishida silindr ichida bug'langan yonilg'i ko'p miqdorda to'planib alangalanadi, bu esa yonish jarayonining juda shiddatli o'tishiga olib keladi. Bunday sharoitlarda yonish jarayoni samarali bo'lmaydi.

Yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi kichik bo'lsa, yonish jarayoni kengayish jarayonida sodir bo'lib, yonilg'ining ko'p qismi yonib bo'lish fazasida yonadi, natijada bu faza uzayadi. Bu holda dizelning ish ko'rsatkichlari keskin yomonlashadi, porshen silindrlar kallagi va silindr ortiqcha qiziydi, ishlatilgan gazlarning temperaturasi esa ortadi.

Yonilg'i purkay boshlashning eng qulay ilgarilash burchagi tajriba yo'li bilan tanlanadi. U yonish kamerasining turiga, siqish darajasiga,

yonilg'ining naviga, yonilg'i berish apparatlarining ishlashiga va tirsakli valning aylanishlar soniga bog'liq.

Dvigatel yuklamasining va ish aralashmasi tarkibining o'zgarishi. Dizellarda ish aralashmasining yonish kamerasiga notekis taqsimlanishi tufayli, yonish jarayoni havoning ortiqlik koeffitsiyenti katta qiymatga ega bo'lganda ham sodir bo'lishi mumkin. Shu sababga ko'ra, havoning ortiqlik koeffitsiyenti birga yaqin bo'lganda yonilg'ini to'liq yondirib bo'lmaydi.

Havoning ortiqlik koeffitsiyenti kamayganda yonish jarayonining yomonlashganini tutun chiqayotganligidan, dizelning tejamsiz ishlayotganligidan va ortiqcha qiziyotganligidan bilish mumkin. Havoning ortiqlik koeffitsiyentining eng kichik qiymati va dvigatel hosil qila oladigan eng katta quvvati bir qator omillarga bog'liq. Hozirgi vaqtda to'rt taktli avtomobil dizellarida α ning eng kichik qiymati 1,25 – 1,4 ga teng.

Dizellarda yuklama kamayganda, faqat berilayotgan yonilg'i miqdori rostlangani uchun havoning ortiqlik koeffitsiyenti ortadi. Yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi o'zgarmasa, yonish jarayoni yu. ch. n. yaqinida tugaydi, bu esa issiqlikdan foydalanishni yaxshilaydi va dvigatelning indikator foydali ish koeffitsiyentini oshiradi.

Aylanishlar sonining o'zgarishi. Yonish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni taxlil qilishdan ma'lumki, Θ_1 va Θ_{11} fazalarning tirsakli valning burilish burchagi bilan ifodalangan davom etish vaqti tirsakli valning aylanishlar sonidan qat'i nazar, mumkin qadar o'zgarmasdan qolishi kerak. Bu esa aylanishlar soni oshganda ikkala fazaning davom etish vaqtining mumkin qadar qisqarishi zarurligini bildiradi.

Aylanishlar soni ortganda yonuvchi aralashma tayyorlash va yonish jarayonlarining borish sharoiti o'zgaradi. Bunga havoning uyurma harakatining kuchayishi va yonilg'i berish apparatlari ishlash sharoitlarining o'zgarishi sabab bo'ladi. Aylanishlar soni oshganda kiritish bosimi pa ning kamayishi va siqish jarayonida issiqlik almashuv sharoitlarining o'zgarishi tufayli siqish oxiridagi temperatura va bosim ham o'zgaradi.

Sharoitlarning o'zgarishi natijasida yonish jarayonining umumiy davom etish vaqti qisqaradi. Yonish uchun kerak bo'ladigan vaqtning ayniqsa, alangalanishning kechikish davrining qisqarishi yalpi yonish jarayoni uchun talab etilgan kam bo'ladi, shuning uchun tirsakli val yonish jarayoni vaqtda kattaroq burchakka buriladi.

Yonish jarayonining yu. ch. n. yaqinida o'tishi hamda issiqlikdan unumli foydalanish uchun aylanishlar soni orta borgan sari yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagini kattalashtirish ma'qul ko'riladi. Buning uchun yonilg'i nasosining valiga maxsus ilgarilash muftasi o'rnatiladi.

7.5. KO'RINADIGAN YONISH OXIRIDAGI TEMPERATURA VA BOSIMNI ANIQLASH

1. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatelda ko'rindigan yonish oxiridagi temperaturani aniqlash

Hisoblashni osonlashtirish uchun ko'rib chiqilayotgan siklning (7.20-rasm) yonish jarayoni eng katta bosimgacha, ya'ni c nuqtadan z nuqtagacha o'zgaras hajmda boradi deb qabul qilinadi. Faqat shu narsani hisobga olish kerakki, bu davrda yonilg'i to'la yonmaydi, issiqlikning bir qismi yonish kamerasining devorlari orqali sovituvchi muhitga beriladi va yonish mahsulotlarining dissotsiatsiyalanishiga sarf bo'ladi.

Devorlar orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdoriga yonish kamerasining shakli ta'sir ko'rsatadi. Yuzasining hajmiga nisbati eng kichik bo'lgan yonish kamerasida issiqlik kam yo'qoladi. Bu nuqtai nazardan yarim sferali va chodirsimon kameralar (7.16-rasm, a va b) ishlatgan ma'qul. Klapanlari yuqorida joylashgan kameralarda yuzaning hajmga nisbati eng kichik bo'ladi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayonining oxirida temperatura 2200°S dan ortiq bo'lib, yonish mahsulotlarining bir qismi elementlarga yoki chala yonish mahsulotlariga parchalanadi (molekulalar dissotsiatsiyalanadi.)

Masalan; suv bug'i H_2O qisman vodorod va kislorodga ajraladi. Bunday parchalanishda issiqlik yutiladi. Keyinchalik kengayish jarayonida temperatura pasayganda issiqlik ajralib chiqadigan teskari jarayon kuzatiladi. Bu jarayon nisbatan past bosim va temperaturada, issiqlikdan foydalanish darajasi kamayganda yuz beradi. Buning natijasida dissotsiatsiyalanish vaqtida molekulalarning ajralishiga sarflangan hamma issiqlik amaliy jihatdan yo'qotilgan bo'lib qoladi.

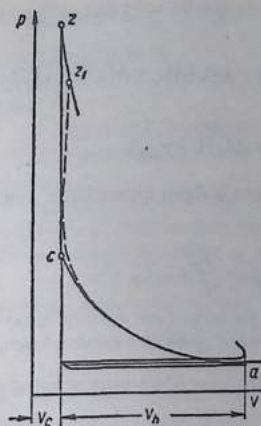
1 kg yonilg'ining yonish jarayoni ko'rib chiqilayotganda uning yonish issiqligidan faqat qisman foydalanish mumkinligi hisobga olinishi zarur:

$$H_u^0 = H_u - (Q_{a,q} + Q_{s,m})$$

bu yerda $Q_{a,q}$ — yonilg'ining kengayish jarayonida yonib tugallanishi sababli ajralmay qolgan issiqlik miqdori.

$Q_{s,m}$ — yonish kamerasining devorlari orqali sovitish muhitiga uzatilgan va yonish jarayonida dissotsiatsiyalanishga ketgan umumiy issiqlik miqdori.

Yonish issiqliklarining nisbatini $\frac{H_u}{H_u^0} = \xi$ deb belgilaymiz va bu nisbatni ko'rinuvchi yonish uchastkasida issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti deb ataymiz.



7.20-rasm. Karbyuratorli dvigatelnin hisoblangan indikator diagrammasi

Gazlarning z nuqtadagi (7.20-rasmga qarang) temperaturasi aniqlashda cz uchastkasida ajralib chiqqan hamma issiqlikning ish bajarmaganligi tufayli ($V_{cz} = \text{const}$; $l = 0$) yonish mahsulotlarining ichki energiyasini oshirishga sarflanishi nazarda tutiladi.

Agar yonish $\alpha \geq 1$ da sodir bo'lsa, termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq;

$$H_u' = \xi H_u = U_z - U_c \quad (7.23)$$

bo'ladi.

Agar yonish kislorod yetishmaganida, ya'ni $\alpha < 1$ da sodir bo'lsa, yonilg'ining chala yonishi tufayli issiqlikning bir qismi ajralib chiqmaydi:

$$\Delta H_u = 119 \cdot 852(1 - \alpha)L_0, \text{ kJ/kg.} \quad (7.24)$$

Issiqlik kilokalloriyalarda hisoblanganda (7.24) tenglamadagi

koeffitsiyent 28690 ga teng.

Bu hol uchun (7.24) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\xi(H_u - \Delta H_u) = U_z - U_c. \quad (7.25)$$

Ko'rinuvchi yonish jarayoni oxirida yonish mahsulotlarining ichki energiyasi:

$$U_z = (\mu c_v'')(M_2 + M_r)T_2.$$

Siqish jarayoni oxirida ish aralashmasining ichki energiyasi:

$$U_c = \mu c_v(M_1 + M_r)T_c,$$

bu yerda, $\mu c_v''$ — yonish mahsulotlarining o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi, mol;

μc_v — ish aralashmasining o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi, mol.

Qoldiq gazlarning miqdori yonuvchi aralashmaga nisbatan kam bo'lgani uchun $\mu c_v' = \mu c_v$ deb qabul qilish mumkin, bu yerda μc_v — havoning o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi.

U_z va U_c ning qiymatini (7.25) tenglamaga qo'yib, $\alpha \leq 1$ da quyidagini olamiz:

$$\xi(H_u - \Delta H_u) = \mu c_v(M_2 - M_r)T_z - \mu c_v(M_1 - M_r)T_c \quad (7.26)$$

Tenglamaning ikkala qismini

$$M_1 + M_2 = M_1(1 + \frac{M_r}{M_1}) = M_1(1 + \gamma_{qol})$$

ga bo'lamiz va oldingi hisoblardan ma'lum bo'lgan qiymatlarini chap tomonga o'tkazib, quyidagini yozamiz:

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + \mu c_v T_c = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} \mu c_v T_z.$$

Yonish mahsulotlari hajmining qoldiq gazlarni ham qo'shib hisoblanganda ish aralashmasining hajmiga nisbatan o'zgarishini xarakterlovchi

$\frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}$ nisbatni β orqali belgilaymiz: u molekulyar o'zgarishning haqiqiy koeffitsiyenti deb ataladi.

Suyuq yonilg'ilar uchun β doim birdan katta, ya'ni uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar uchun $\beta = 1,06 \div 1,08$ va dizellar uchun $\beta = 1,03 \div 1,06$. Bu belgini (7.26) tenglamaga kiritamiz.

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + \mu c_v T_c = \beta \mu c_v T_z. \quad (7.27)$$

Havoning ortiqlik koeffitsiyenti $\alpha \geq 1$ bo'lganda (7.27) tenglamadagi $\Delta H_u = 0$ bo'ladi.

(7.27) tenglamada qidirilayotgan temperatura T_z ning qiymati 2500-2800°K ga boradi, shuning uchun ham hisoblashlarda issiqlik sig'imining temperaturaga bog'liqligi e'tiborga olinishi kerak. Havo va ayrim gazlar issiqlik sig'imi μc_v ning turli temperaturalardagi qiymati 7.1 jadvalda keltirilgan. Agar $\alpha < 1$ bo'lganda yonilg'ining chala yonishi natijasida faqat is gazi hosil bo'ladi deb taxmin qilsak u holda, yonish mahsulotlarining issiqlik sig'imi (1.46) tenglamaga muvofiq quyidagicha bo'ladi:

$$\mu c_v = (\mu c_v)_{CO_2} \cdot \frac{M_{CO_2}}{M_2} + (\mu c_v)_{CO} \cdot \frac{M_{CO}}{M_2} + (\mu c_v)_{H_2O} \cdot \frac{M_{H_2O}}{M_2} + (\mu c_v)_{N_2} \cdot \frac{M_{N_2}}{M_2} + (\mu c_v)_{O_2} \cdot \frac{M_{O_2}}{M_2}. \quad (7.28)$$

Bu yerda M_{CO_2} , M_{CO} , M_{H_2O} , M_{N_2} va M_{O_2} — yonish mahsulotlari tarkibiga kirgan va $\alpha \geq 1$ uchun (6.30) tenglamaga muvofiq yoki $\alpha \leq 1$ uchun (6.33) tenglamaga muvofiq hisoblangan gazlarning miqdorlari, kmol.

T_z qiymatini 1.1-jadvaldan foydalanib aniqlash uchun tenglama tanlash usulida yechiladi. Bu usul quyida dizelning issiqlik hisobi misolida ko'rsatilgan.

Agar havo va yonish mahsulotlari issiqlik sig'imlarining temperaturaga analitik bog'liqligi ma'lum bo'lsa, (7.27) tenglamani yechib, temperatura T_z ni aniqlash mumkin.

Havoning o'rtacha issiqlik sig'imini taxminan va yetarli aniqlikda quyidagi tenglamadan topsa bo'ladi:

$$\mu c_v = 20,129 + 0,002411T, \text{ kJ/(kmol} \cdot \text{grad)} \quad (7.29)$$

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayonining ko'rsatkichlari, odatda, drossel zaslonkasining to'la ochiq holati uchun hisoblanadi. Bu holat uchun havoning hisoblangan ortiqlik koeffitsiyenti qisqa chegarada o'zgaradi, bunda yonilg'ining elementar standart tarkibi uchun issiqlik sig'imini quyidagicha qabul qilish mumkin:

$0,8 < \alpha < 1,0$ bo'lganda

$$\mu c_v = (1,422 + 2,5958\alpha) + (1,549 - 1,376\alpha)10^{-3}, \text{ kJ/(kmol} \cdot \text{grad)}; \quad (7.30)$$

$1 < \alpha < 2$ bo'lganda

$$\mu c_v = (20,097 + \frac{\alpha}{0,921}) + (1,549 + \frac{\alpha}{1,376})10^{-3}, \text{ kJ/(kmol} \cdot \text{grad)}. \quad (7.31)$$

μc_v va $\mu c_v''$ ning qiymatini (7.27) tenglamaga qo'yib, $0,8 < \alpha < 1,0$ uchun quyidagini yozamiz:

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + (20,129 + 0,002411T_c)T_c = \beta [18,422 + 2,5958\alpha + (1,549 + 1,376\alpha)10^{-3}T_z]T_z. \quad (7.32)$$

Bu yerda H_u va ΔH_u kJ/kg da ifodalangan. Agar H_u va ΔH_u kkal/kg bilan ifodalansa, (7.27) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{\text{gol}})} + (4,8067 + 0,000576T_c)T_c = \beta[4,4 + 0,62\alpha + (3,7 + 3,3\alpha)10^{-4}T_z] \cdot T_z.$$

1 < α < 2 bo'lib, kj/kg bilan ifodalansa:

$$\begin{aligned} & \frac{\xi H_u}{M_1(1 + \gamma_{\text{gol}})} + (20,129 - 0,002411T_c)T_c = \\ & = \beta \left[20,097 + \frac{0,921}{\alpha} + 0,921 + \left(1,549 + \frac{1,376}{\alpha} \right) 10^{-3}T_z \right] \cdot T_z. \end{aligned} \quad (7.33)$$

Agar H_u kkal/kg bilan ifodalansa, u holda

$$\begin{aligned} & \frac{\xi H_u}{M_1(1 + \gamma_{\text{gol}})} + (4,8067 + 0,000576T_c)T_c = \\ & = \beta \left[4,8 + \frac{0,22}{\alpha} + \left(3,7 + \frac{3,3}{\alpha} \right) 10^{-4}T_z \right] \cdot T_z \end{aligned} \quad \text{bo'ladi.}$$

(7.32) va (7.33) tenglamalarda temperatura noma'lum. Qolgan qiymatlarni ilgari keltirilgan formulalar yordamida xisoblash mumkin. (7.32) tenglamada

$$\frac{1}{\beta} \left[\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{\text{gol}})} + (20,129 + 0,002411T_c)T_c \right] = C$$

deb belgilasak, u holda quyidagi tenglamani olamiz:

$$(1,549 + 1,376\alpha)10^3T_z^2 + (18,422 + 2,5958\alpha)T_z - C = 0. \quad (7.34)$$

Xuddi shu usulda (7.33) tenglamani $\alpha \geq 1$ bo'lgan hol uchun yoki H_u kilokaloriyada ifodalangan tenglamani ham o'zgartirish mumkin.

2. Dizelda ko'rinuvchi yonish oxiridagi temperaturani aniqlash

Dizellarda z nuqtadagi temperaturani hisoblashda (7.21 rasm), yonish avval o'zgaras hajmda (cz' uchastkada), keyin esa o'zgaras bosimda (z"z uchastkada) ro'y beradi, deb faraz qilinadi. Dizellarda yonish jarayonida doim havo ortiq bo'ladi va hisoblashda $\alpha > 1$ deb olinadi.

Bu holda 1 kg yonilg'i uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\xi H_u = U_z + U_c + L_{zz}. \quad (7.35)$$

Bu tenglamaning (7.25) tenglamadan farqi shundaki, u cz' jarayonida ichki energiyani ortishini va z'z uchastkada o'zgaras bosimda yonish jarayonida kengayish paytida bajariladigan ishini hisobga oladi.

Havoning ortiqlik koeffitsiyenti α ma'lum qiymatga ega bo'lganda, 1 kg yonilg'ining yonishidan hosil bo'lgan yonish mahsulotlarining ko'rinuvchi yonish jarayoni oxiridagi (z nuqta) ichki energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_z = (M_2 + M_r)u_z'',$$

bu yerda u_z'' — 1 kmol yonish mahsulotlarining ichki energiyasi. Siqish jarayoni oxiridagi (c nuqta) havoning va qoldiq gazlarning ichki energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_c = (M_1 - M_r)u_c,$$

bu yerda u_c — 1 kmol yangi zaryadning ichki energiyasi.

Diagrammaning shtrixlangan yuzi z'zlmz' bilan aniqlanadigan kengayish ishi

$$L_{zz} = p_z V_z - p_c V_c,$$

bu yerda $p_c = \lambda p_c$, $V_c = V_c$ ekanligi hisobga olinsa, u holda $L_{cz} = p_c V_c - \lambda p_c V_c$ bo'ladi.

Yonish mahsulotlarining z nuqtadagi holati uchun $M_2 + M_r$ kmol yonish mahsulotlariga nisbatan yozilgan xarakteristik tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$p_z V_z = 8314(M_2 + M_r)T_z.$$

Xuddi shunga o'xshash, havo va qoldiq gazlarning c nuqtadagi holati uchun, $M_1 + M_r$ kmol hajmdagi havo va qoldiq gazlarga nisbatan yozilgan xarakteristik tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$p_c V_c = 8314(M_1 + M_r)T_c.$$

U holda kengayish ishi:

$$L_{zz} = 8314[(M_2 + M_r)T_z - \lambda(M_1 + M_r)T_c].$$

va (7.35) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned} \xi H_u &= (M_2 + M_r)u_z'' - (M_1 + M_r)u_c + \\ &+ 8314[(M_2 + M_r)T_z - \lambda(M_1 + M_r)T_c]. \end{aligned} \quad (7.36)$$

O'xshash hadlar keltirilib, ma'lum qiymatlari tenglamaning chap

tomoniga o'tkazilgandan va uning hamma hadlari $M_1 + M_r = M_1(1 + \gamma_{qol})$ ga bo'lingandan keyin quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{\xi H_u}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + u_c + 8314\lambda T_c = \beta(u_z + 8314T_z) \quad (7.37)$$

Tenglamaning chap qismiga kiruvchi $\lambda = \frac{p_z}{p_c}$ qiymat tajriba yordamida aniqlanadi.

Uning qiymatlari 7.3- jadvalda ko'rsatilgan chegarada bo'ladi.

(7.37) tenglamani yechish usuli dizel dvigatelinining issiqlik hisobi misolida ko'rsatilgan.

3. Siklning eng katta bosimini aniqlash

Har qanday sikl uchun yangi zaryadning c nuqtadagi va yonish mahsulotlarining z nuqtadagi holat xarakteristik tenglamalari quyidagicha bo'ladi.

$$p_c V_c = 8314(M_1 + M_r)T_c; \quad (7.38)$$

$$p_z V_z = 8314(M_2 + M_r)T_z. \quad (7.39)$$

(7.39) tenglamani (7.38) tenglamaga bo'lib, quyidagini hosil qilamiz.

$$\frac{p_z}{p_c} \cdot \frac{V_z}{V_c} = \frac{M_2 + M_c}{M_1 + M_r} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \beta \frac{T_z}{T_c}. \quad (7.40)$$

Yonish jarayoni o'zgarmas hajmda ro'y beradigan sikl (uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar) uchun (7.20-rasm).

$$V_z = V_c.$$

Bu holla (7.40) tenglamadan quyidagini olamiz:

$$p_z = \beta p_c \frac{T_z}{T_c}. \quad (7.41)$$

Siklning haqiqiy maksimal bosimi (7.20-rasmga qarang) hisoblab topilgan qiymatidan birmuncha kichik bo'ladi.

Tajriba ma'lumotlariga ko'ra:

$$p_{z1} \approx 0,85 p_z. \quad (7.42)$$

$\gamma_{qol} = 0,06$; siqish oxiridagi temperatura $T_c = 680^\circ K$; siqish oxiridagi bosim $p_c = 13,6$ bar; issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti $\xi = 0,85$ ma'lum; karbyuratorli dvigateldagi temperatura T_z , bosim p_z va bosimning oshish darajasi aniqlansin.

Molekulyar o'zgarishlarning haqiqiy koeffitsienti:

$$\beta = \frac{M_2 + \gamma_{qol} \cdot M_1}{H_1(1 + \gamma_{qol})} = \frac{0,5098 + 0,06 \cdot 0,472}{0,472(1 + 0,06)} = 1,07,$$

Yonilg'ining chala yonishi natijasida foydalanilmagan issiqlikning miqdori (7.24) tenglamaga binoan quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta H_u = 119852(1 - \alpha)L_0 = 119852(1 - 0,9)0,515 = 6172 \text{ kJ/kg}$$

yoki

$$\Delta H_u = 28690(1 - \alpha)L_0 = 28690(1 - 0,9)0,515 = 1477 \text{ kkal/kg}.$$

O'zgarmas qiymat

$$C = \frac{1}{\beta} \left[\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + (20,129 + 0,002411T_c) \cdot T_c \right] =$$

$$= \frac{1}{1,07} \left[\frac{0,85(44000 - 6172)}{0,472(1 + 0,06)} + (20,129 + 0,002411 \cdot 680)680 \right] = 74000$$

Kaloriyalarda hisoblanganda ozgarmas qiymat quyidagicha boladi:

$$C = \frac{1}{\beta} \left[\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{qol})} + (4,8067 + 0,000576T_c) \cdot T_c \right] = 17650.$$

Yonish oxiridagi temperaturani (7.34) tenglamadan aniqlaymiz:

$$(1,549 + 1,376\alpha)10^{-3}T_z^2 + (18,422 + 2,5958\alpha)T_z - C = 0;$$

$$(1,549 + 1,376 \cdot 0,9)10^{-3}T_z^2 + (18,422 + 2,5958 \cdot 0,9)T_z - 74000 = 0;$$

$$T_z = \frac{-20,7582 + \sqrt{20,7582^2 + 4 \cdot 2,7874 \cdot 10^{-3}74000}}{2 \cdot 2,7874 \cdot 10^{-3}} = 2630^\circ K$$

Kaloriyalarda hisoblaganda yonish oxiridagi temperatura quyidagicha bo'ladi:

$$(3,7 + 3,3\alpha)10^{-4} \cdot T_z^2 - (4,4 + 0,62\alpha)T_z - C = 0$$

$\alpha=0,9$ va $C=17650$ uchun

$$T_z = 2630^0 K$$

Yonish oxiridagi bosim (7.41) tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$p_z = \beta p_c \frac{T_z}{T_c} = 1,07 \cdot 13,6 \frac{2630}{680} = 56,4 \text{ bar}$$

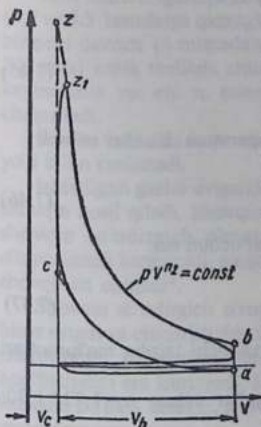
Bosimning ortish darajasi:

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c} = \frac{56,4}{13,6} = 4,15$$

Sikldagi eng katta bosimning haqiqiy qiymati:

$$p_{z_1} \approx 0,85 p_z = 0,85 \cdot 56,4 = 48 \text{ bar}$$

7.6. KENGAYISH JARAYONI



7.22-rasm. Haqiqiy siklda kengayish jarayoni

Nazariy siklda kengayish jarayoni tashqi muxit bilan issiqlik almashuvissiz sodir bo'ladi deb faraz qilinadi, ammo, haqiqatda yonish mahsulotlari yuqori temperaturada kengayib, issiqlikning bir qismini silindrlarning kallagi, devorlari va porshenning tubi orqali tashqi muhitga uzatadi. Natijada yonish mahsulotlari soviydi, yonish jarayoni z nuqtada tugamaganligi uchun kengayish jarayonida issiqlikning ajralib chiqishi davom etadi.

Shunday qilib, kengayish jarayoni bir vaqtning o'zida issiqlik kiritish, va chiqarish bilan ro'y beradi. Kiritilayotgan va chiqarilayotgan issiqlik miqdorlari orasidagi nisbat doim o'zgarib turadi. Kengayish jarayonining oxirida bosim va temperaturani aniqlash uchun u o'rtacha ko'rsatkich n_2 li politropa

bo'yicha boradi, deb qabul qilinadi. Bu holda kengayish jarayoni z nuqtadan (7.22 rasm) boshlanadi deb faraz qilib, kengayish jarayonining oxiridagi (b nuqta) bosim va temperaturani politropa tenglamasi bo'yicha aniqlash mumkin:

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

$\frac{V_b}{V_z} = \delta$ nisbat so'ngi kengayish darajasi deb ataladi.

Ushbu belgilashdan foydalanilsa, dizellar uchun bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_2}}. \quad (7.44)$$

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda:

$$V_z = V_c; V_b = V_a; \quad \text{va} \quad \frac{V_b}{V_z} = \frac{V_a}{V_c} = \varepsilon = \delta,$$

bu holda

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} \quad (7.45)$$

bo'ladi.

Kengayish jarayonining oxiridagi temperatura dizellar uchun:

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}. \quad (7.46)$$

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar uchun esa:

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}. \quad (7.47)$$

Hisoblarda politropaning o'rtacha ko'rsatkichi tajriba ma'lumotlari asosida tanlanadi.

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar uchun $n_2 = 1,23 \div 1,30$; dizellar uchun esa $n_2 = 1,18 \div 1,23$.

Kengayish oxiridagi bosim va temperatura quyidagi qiymatlarga ega: uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar uchun

$p_b = 3,50 \text{ bar (kg/sm}^2\text{) va } T_b = 1200 + 1500^\circ\text{K}$

va nadduvsiz dizellar uchun

$p_b = 2-4 \text{ bar (kg/sm}^2\text{) va } T_b = 1000 + 1250^\circ\text{K.}$

4-misol. Karbyuratorli dvigatel uchun kengayish jarayoni oxiridagi temperatura va bosim aniqlansin. Oldingi hisoblashlardan quyidagilar ma'lum:

Kengayish jarayonining oxiridagi bosimni (7.45) tenglama bo'yicha topamiz

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{56,4}{8^{1,28}} = 3,63 \text{ bar (kg/sm}^2\text{)}.$$

Kengayish jarayonining oxiridagi temperaturani (7.47) tenglamadan topamiz

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = \frac{2630}{8^{0,28}} = 1440^\circ\text{K}.$$

7.7. ISHLATILGAN GAZLARNI CHIQUARISH JARAYONI

To'rt taktli dvigatellarda chiqarish klapani shunday paytda ochiladi (5.2 va 5.3 rasmlarga qarang), silindri ishlatilgan gazlardan tozalashning birinchi davrida (4 nuqtadan p.ch.n. gacha) gazlar nisbatan katta (600-700 m/s) kritik tezlikda chiqib boshlaydi. Ishlatilgan gazlarning qolgani keyinchalik yu. ch. n. tomon harakatlanayotgan porshen bilan siqib chiqariladi.

Barcha hollarda ham chiqarish organlarining ochilish payti tajriba yo'li bilan tanlanadi.

Ishlatilgan gazlar dvigatel silindrlaridan yuqori tezlikda chiqib, qattiq shovqin hosil qiladi. Shovqinni kamaytirish uchun chiqarish trubalariga shovqin so'ndirgich o'rnatiladi. Ishlatilgan gazlar so'ndirgichdan o'tayotganda kengayadi, natijada ularning tezligi kamayib, tashqi muhitga shovqinsiz chiqadi*.

Shovqin so'ndirgich o'rnatilganda chiqarish sistemasining qarshiligi biroz ortadi va chiqarish davrida silindr ichidagi bosim ko'payadi. Bunday sharoitlarda silindrdagi qoldiq gazlarning miqdori ortadi, to'ldirish koeffitsiyenti esa kamayadi. Shuning uchun shovqin so'ndirgich shunday tuzilgan bo'lishi kerakki, shovqin qoniqarli so'ndirilishi bilan bir qatorda

* Yonish mahsulotlaridagi zaharli moddalarni kamaytirish uchun neytralizator o'rnatilganda esa shovqin shu asbobda so'nadi.

chiqarish sistemasining qarshiligi ortmasligi kerak. Akustik tipdagi shovqin so'ndirgichning qarshiligi kam bo'ladi.

Chiqarish organlarining ochilish paytida ishlatilgan gazlarning temperaturasi va bosimi nisbatan katta bo'ladi. Binobarin issiqlikning ko'p qismi ishlatilgan gazlar bilan yo'qoladi. Ishlatilgan gazlar kinetik energiyasining bir qismidan dvigatel silindrlarini havo haydab tozalashda foydalanish mumkin.

Bu holda chiqarish truboprovodlariga gaz turbinasi ulanadi. Dvigatelning silindrlaridan chiqayotgan ishlatilgan gazlar turbinada kengayadi. Shunda hosil bo'ladigan energiya kompressorni harakatga keltirish uchun ishlatiladi.

Gaz turbinasi o'rnatilganda chiqarish sistemasining qarshiligi biroz ortadi, lekin buning o'rni havo haydash qo'llanishdan olingan foyda bilan qoplanadi.

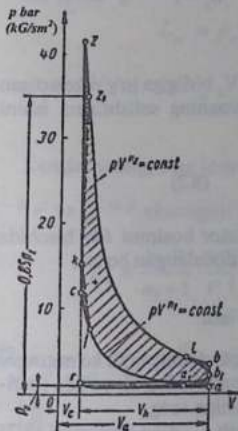
Ishlatilgan gazlarni chiqarish jarayonining asosiy korsatkichlari kiritish jarayoni ko'rib chiqilayotganda qayd qilib o'tilgan edi.

VIII bob

SIKLNING O'RTACHA BOSIMI, DVIGATELNING QUUVATI VA TEJAMLILIGI

8.1. SIKLNING O'RTACHA INDIKATOR BOSIMI

I. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatel



8.1-rasm. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatelning haqiqiy va hisoblangan indikator diagrammalari

Uchqun bilan o't oldiriladigan to'rt taktli dvigatelning bajarilgan ishi haqiqiy siklning indikator diagrammasidagi ($a_1 f k z_1 l b_1 a_1$) yuzaning kattaligi bilan taxminan aniqlanadi (8.1- rasm).

Bunday diagramma dvigatelni sinashda indikator bilan olinishi va keyin planimetr yordamida uning yuzi aniqlanishi mumkin. Masshtablar hisobga olingani holda bu yuza orqali siklning indikator ishi L_i hisoblanadi. 8.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, haqiqiy siklda bir jarayondan boshqasiga ravon o'tiladi.

Dastlabki hisoblashda haqiqiy indikator diagrammadan foydalanib, siklning ishini aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun hisoblanayotgan siklda bajarilgan ish qirrali diagrammadagi $aczb$ yuza bilan aniqlanadi. Bu holda siklning hisoblangan indikator ishi L_{th} kengayishda bajarilgan ish L_{zh} va siqishda bajarilgan ish L_{oc} ning ayirmasiga teng:

$$L_{th} = L_{zh} - L_{oc}$$

Politropik kengayish jarayonida bajarilgan ish:

$$L_{zh} = \frac{p_z V_z}{n_z - 1} \left[1 - \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_z - 1} \right] = \frac{p_c V_c}{n_z - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_z - 1}} \right) ;$$

politropik siqish jarayonida bajarilgan ish:

$$L_{ac} = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{V_c}{V_a} \right)^{n_1 - 1} \right] = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right),$$

bu holda siklning indikator ishi

$$L_{th} = p_c V_c \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]. \quad (8.1)$$

Nazariy sikldagi kabi, silindrning ish hajmi V_h birligiga to'g'ri keladigan haqiqiy siklning ishini, ya'ni qirrali diagrammaning solishtirma ishini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$p_{th} = \frac{L_{th}}{V_h}. \quad (8.2)$$

SI sistemasida hisoblashda o'rtacha indikator bosimni *bar* hisobida belgilaymiz, binobarin, L nm da, V_h esa m^3 da ifodalangan bo'lsa,

u holda $p_{th} = \frac{L_{th}}{V_h}$, $nm/m^3 = \frac{L_{th}}{V_h} 10^{-5}$, bar bo'ladi.

p_i —siklning o'rtacha indikator bosimi. U shartli doimiy ta'sir ko'rsatuvchi ortiqcha bosimni ifodalaydi. Bunday bosimda porshenning bir yo'lida (yuri-shida) gazlar bajargan ish siklning indikator ishiga teng.

(8.1) formula bo'yicha topilgan indikator ish L_{th} ning qiymatini (8.2) ifodaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$p_{th} = p_c \frac{V_c}{V_h} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right].$$

Bu yerda $P_c = P_a \varepsilon^{n_1}$ va $\frac{V_c}{V_h} = \frac{1}{\varepsilon - 1}$ bo'lgani uchun qirrali diagrammadagi o'rtacha indikator bosimni quyidagicha topamiz:

$$p_{th} = p_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\frac{1}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]. \quad (8.3)$$

2. Dizel

Dizelning hisoblash yo'li bilan chizilgan (*acz'zba*) va haqiqiy (*a₁c₁c₂z₂lb₁a₁*) indikator diagrammalari 8.2 rasmda ko'rsatilgan.

Siklning indikator ishi qirrali diagramma bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$L_1 = L_{zz'} + L_{zb} - L_{ac},$$

bu yerda

$$L_{zz'} = p_z V_z - p_{z'} V_{z'} = \lambda p_c V_c (\rho - 1);$$

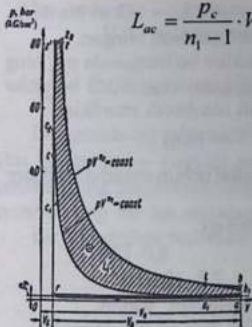
$$L_{zb} = \frac{p_z V_z}{n_2 - 1} \left[\left(1 - \frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2 - 1} \right].$$

Tenglamaning o'ng tomonini V_c ga bo'lib va ko'paytirib shuningdek,

$\frac{V_z}{V_c} = \rho$ va $\frac{V_c}{V_z} = \delta$ ekanligini e'tiborga olib, quyidagini olamiz:

$$L_{zb} = \frac{\lambda p_c V_z}{n_2 - 1} \cdot \frac{V_c}{V_c} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) = p_c V_c \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right);$$

$$L_{ac} = \frac{p_c}{n_1 - 1} \cdot V_c \left(1 - \left(\frac{V_c}{V_a} \right)^{n_1 - 1} \right) = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right).$$



8.2-rasm. Dizel dvigateling haqiqiy va hisoblangan indikator diagrammalari

Ayrim jarayonlarda bajarilgan ishlar uchun yozilgan ifodalarni boshlang'ich tenglamaga qo'yib va uni V_c ga bo'lib, $p_c = p_a \epsilon^{n_1}$ ekanligini hisobga olgan holda), dizelning qirrali diagrammasidagi o'rtacha indikator bosimini quyidagicha aniqlaymiz:

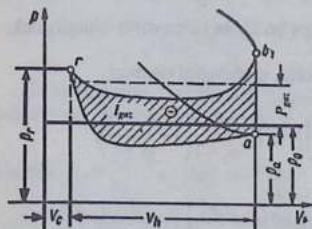
$$p_{ih} = p_a \frac{\epsilon^{n_1}}{\epsilon - 1} \left[\lambda (\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (8.4)$$

3. Qirrasiz diagramma bo'yicha o'rtacha indikator bosimni aniqlash

Ta'kidlab o'tilganidek, haqiqiy siklning indikator ishi hisoblab topilgan ishdan shtrixlangan yuza miqdoricha kam bo'ladi (8.1 va 8.2 rasmlar). Bu kamayish diagrammaning to'lalik koeffitsiyenti φ_t yordamida hisobga olinadi. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra, to'rt taktli dvigatellar uchun $\varphi_t = 0,92 \pm 0,97$. Bu holda to'rt taktli dvigatel haqiqiy siklining o'rtacha indikator bosimi:

$$p_i = \varphi_t p_{th} \quad (8.5)$$

Nadduvsiz to'rt taktli dvigatellarda gaz almashuv jarayoniga *ab*₁ ra yuza bilan aniqlanadigan ish sarf bo'ladi (8.3 rasm). Bu ishini, siklning indikator ishi kabi, ish hajmining birligiga nisbatan ifodalash mumkin:



8.3-rasm. To'rt taktli dvigatelda gaz almashishga sarf bo'ladigan ish

$$p_{gaz} = \frac{L_{gaz}}{V_h} \cdot 10^{-5}, \text{ bar} ,$$

bu yerda L_{gaz} - nm hisobida, V_h esa m^3 hisobida.

Eski birliklarda:

$$p_{gaz} = \frac{L_{gaz}}{V_h} \cdot 10^{-4}, \text{ kG/sm}^2 ,$$

bu yerda L — $kG \cdot m$ hisobida, V_h esa m^3 hisobida olingan.

Nadduv bo'lmaganda p_{gaz} ning qiymatini quyidagi ifoda bo'yicha taqriban hisoblash mumkin:

$$p_{gaz} = p_r - p_a \quad (8.6)$$

Quyida to'la yuklama bilan ishlayotgan dvigatellar uchun o'rtacha indikator bosim (bar) hisobida keltirilgan:

Suyuq yonilg'ida ishlaydigan, uchqun bilan o't oldiriladigan nadduvsiz dvigatellar	8,0-12,0
Nadduvsiz dizellar	7,5- 10,5
Nadduvli avtomobil dizellari	12 va undan yuqori.
Gazda ishlaydigan uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar uchun	5,0 - 7,0

Yuklama kamayishi bilan o'rtacha indikator bosim p_i ham kamayib boradi va uning eng kichik qiymati dvigatelning salt ishlashiga to'g'ri

keladi. Bu holda indikator ishning hammasi ishqalanishga, gaz almashuvga va yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga sarf bo'ladi.

1-misol. Karbyuratorli dvigatel siklining o'rtacha indikator bosimi aniqlansin. Quyidagilar berilgan: $p_a = 0,84$ bar; $\varepsilon = 8$; $n_1 = 1,34$; $n_2 = 1,28$; $\lambda = 4,15$ va $\Phi_t = 0,97$.

Qirrali diagramma uchun o'rtacha indikator bosim (8.3) tenglamaga binoan quyidagicha hisoblanadi:

$$p_{ia} = p_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] = 0,84 \frac{8^{1,34}}{8 - 1} \times$$

$$\times \left[\frac{4,15}{1,28 - 1} \left(1 - \frac{1}{8^{1,28 - 1}} \right) - \frac{1}{1,34 - 1} \left(1 - \frac{1}{8^{1,34 - 1}} \right) \right] = 10,1 \text{ bar (kG / sm}^2\text{)}.$$

O'rtacha indikator bosimning haqiqiy qiymati (8.5) tenglamaga qarang: $P_i = 0,97 \cdot 10,1 = 9,8$ bar (kG/sm²).

8.2. DVIKATELNING INDIKATOR QUUVATI

Bir silindrda bir sikl davomida bajarilgan indikator ish quyidagicha aniqlanadi:

$$L_i = p_i V_h,$$

bu yerda p_i — o'rtacha indikator bosim, n/m²;

V_h — silindrning ish hajmi, m³;

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S \quad (D \text{ — silindrning diametri, m; } S \text{ — porshen yo'li, m}).$$

Dvigatelda bir sekunda bajariladigan ish sikllarining soni $\frac{2n}{\tau}$ ga teng (bu yerda, n — tirsakli valning bir sekunda aylanishlar soni, $2n$ — porshenning bir sekunddagi yurish soni, τ — dvigatelning takti, ya'ni porshenning bir ish siklidagi yurish soni).

Bir silindrda indikator quvvat;

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

i silindrga ega bo'lgan dvigatelning indikator quvvati;

$$N_i = \frac{2}{\tau} p_i i V_h n, \text{ Vt.} \quad (8.7)$$

Indikator quvvatni kVt hisobida ifodalash ancha qulaylik beradi, lekin bunda p_i bar, V_h — litr va n — min^{-1} birliklarda bo'lishi kerak:

$$N_i = \frac{p_i V_h \cdot n}{300\tau}, \text{ kVt.} \quad (8.8)$$

Eski birliklarda:

$$N_i = \frac{p_i V_h \cdot n}{225\tau}, \text{ o. k.},$$

bu yerda p_i - kG/sm^2 ; V_h - litr, va n - min^{-1} hisobida berilgan.

To'rt taktli dvigatellar uchun ($\tau = 4$):

$$N_i = \frac{p_i V_h \cdot n}{1200}, \text{ kVt} \quad (8.9)$$

yoki

$$N_i = \frac{p_i V_h \cdot n}{900}, \text{ o. k.} \quad (8.10)$$

8.3. DVIGATELDA MEXANIK YO'QOTISHLAR

Indikator ishning bir qismi dvigateldagi juftlashtirilgan detallar orasida hosil bo'ladigan ishqalanishga, gaz almashuv jarayonini bajarishga va yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga sarflanadi. Ishlayotgan dvigatelda ishqalanish silindr bilan porshen halqalari, tirsakli val bilan podshipniklar orasida; maxovik va tirsakli val krivoshiplari bilan havo orasida; boshqa aylanayotgan va harakatlanayotgan detallar bilan ularning tayanchlari va yo'naltiruvchilari, (masalan, taqsimlash vali bilan uning tayanchi, uzatmalarning shesteryonkalari va hokazolar) orasida hosil bo'ladi.

Avtomobil dvigateli yuklamasiz (masalan, tishlashish muftasi ajratilgan holda) ishlayotganda indikator ishning hammasi ishqalanishga, yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga va gaz almashuvga sarf bo'ladi. Dvigatel yuklama ostida ishlayotganda issiqlik rejimi va gazlarning ta'sir kuchi o'zgarishi natijasida yo'qotishlar qiymati ham birmuncha o'zgaradi.

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

N_{ishq} — ishqalanishga sarflanadigan quvvat;

$N_{\text{y.o.m}}$ — yordamchi mexanizm (suv va moy nasoslari, ventilyator, generator va hokazo) larni harakatlantirishga sarflanadigan quvvat;

N_{gaz} — yangi zaryadni kiritishga va ishlatilgan gazlarni dvigatelning silindridan chiqarishga sarflanadigan quvvat (faqat to'rt taktli dvigatellarda e'tiborga olinadi);

N_k — kompressorni (nadduvli va ikki taktli dvigatellarda) harakatga keltirish uchun sarflanadigan quvvat; bu quvvat compressor dvigatelning tirsakli validan harakatga keltirilganda hisobga olinadi.

Sarflangan hamma quvvatlar yig'indisi mexanik yo'qotishlar quvvati deyiladi:

$$N_m = N_{ishq} + N_{yo.m} + N_{gaz} + N_k. \quad (8.11)$$

Mexanik yo'qotishlar quvvati N_m ni indikator quvvat singari quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$N_m = \frac{p_m i V_h \cdot n}{300\tau}, \text{ kVt} \quad (8.12)$$

yoki

$$N_m = \frac{p_m i V_h \cdot n}{225\tau}, \text{ o. k.} \quad (8.13)$$

Bu yerda p_m — mexanik yo'qotishlarning o'rtacha bosimi, ya'ni o'rtacha indikator bosimning mexanik yo'qotishlarga sarflanadigan qismi, bar hisobida [(8.12) tenglama] yoki kG/sm² hisobida [(8.13) tenglama]:

$$p_m = p_{ishq} + p_{yo.m} + p_{gaz} + p_k$$

p_{ishq} , $p_{yo.m}$, p_{gaz} , p_k — o'rtacha indikator bosimning ishqalanishga, yordamchi mexanizmlarni harakatga keltirishga, gaz almashuvga va kompressorni harakatga keltirishga sarf bo'lgan ulushlari.

Kompressorsiz dvigatelda mexanik yo'qotishlarning ko'p qismi (70 % ga yaqini) porshen va porshen halqalarining silindr devorlariga, hamda tirsakli val bo'yinlarining podshniplarga ishqalanishiga sarf bo'ladi.

Nadduvsiz to'rt taktli dvigatellarda gaz almashuvga sarflanadigan bosim shtrixlangan yuza b, r a b , bilan aniqlanadi (7.19- rasmga qarang). Gaz almashuvga sarflangan o'rtacha indikator bosimning ulushini (8.6) tenglamadan taxminan hisoblash mumkin.

Kompressorni harakatga keltirish uchun sarflanadigan quvvat uning turiga, f. i. k. ga va haydalayotgan havoning miqdoriga bog'liq bo'lib, maxsus formulalar yordamida hisoblanadi.

Mexanik yo'qotishlar quvvati dvigatelning turiga, silindr diametriga, porshen yo'liga, dvigatelning tezlik va yuklama rejimlariga va uni ishlatish sharoitlariga bog'liq. To'rt taktli dvigatellarni sinash natijalariga ko'ra, bosimlar yig'indisi $p'_{ishq} + p'_{yo.m} + p'_{gaz} = p'_m$ dvigatelning tezlik rejimiga bog'liq:

$$p'_m = a + b v_p. \quad (8.14)$$

Bu yerda α va b — dvigatelning turiga bog'liq o'zgarmas koeffitsiyentlar;
 v_p — porshenning o'rtacha harakatlanish tezligi, m/sek

$v_p = \frac{s \cdot n}{30}$ (s — porshen yo'li, m; n — tirsakli valning minutiga aylanishlar soni)

Uchqun bilan o't oldiriladigan to'rt taktli dvigatellar uchun:

$$p'_m \approx 0,45 + 0,145v_p. \quad (8.15)$$

Ajratilmagan yonish kamerali dizellar uchun:

$$p'_m \approx 1,05 + 0,12 \cdot v_p \quad (8.16)$$

va ajratilgan yonish kamerali dizellar uchun

$$p'_m \approx 1,05 + 0,138v_p. \quad (8.17)$$

Ajratilgan yonish kamerali dizellar uchun yozilgan formulada v_p ning oldidagi koeffitsiyentning katta bo'lishiga sabab shuki, zaryad yordamchi kameraga o'tayotganda qo'shimcha qarshiliklar paydo bo'ladi.

Mexanik yo'qotishlarning quvvati dvigateldagi sovituvchi suv va moyning temperaturasi ham bog'liq. Dvigatelni sovitadigan suvning va moyning temperaturasi ma'lum darajaga ko'tarilganda, ishqalanishga sarflanadigan quvvat kamayadi. Temperaturaning ortiqcha ko'tarilishi moy pardasining buzilishiga va yarim quruq ishqalanishga olib keladi.

Dvigatel normal ishlayotgandagi sovituvchi suvning va moyning temperaturasi texnik shartlarda ko'rsatiladi.

8.4. DVIGATELNING EFFEKTIV QUVVATI VA MEXANIK F.I.K.

Dvigatelning tirsakli validan olinadigan va ish mashinasini harakatga keltirish uchun sarflanadigan quvvat effektiv quvvat deyiladi va N_e bilan belgilanadi.

Effektiv quvvat indikator quvvatdan mexanik yo'qotishlar quvvatining ayirmasiga teng:

$$N_e = N_i - N_m. \quad (8.18)$$

Effektiv quvvatning qiymati quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$N_e = \frac{p_e i V_h \cdot n}{300\tau}, \text{ kVt} \quad (8.19)$$

yoki

$$N_e = \frac{p_e i V_h \cdot n}{225 \tau}, \text{ o.k.}$$

bu yerda

$$p_e = p_i - p_m \text{ bar yoki kG/sm}^2. \quad (8.20)$$

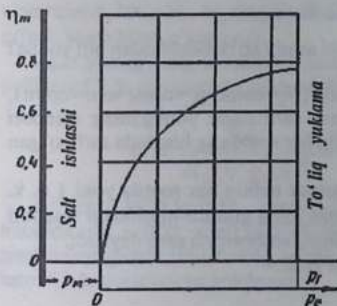
p_e — kattalik o'rtacha effektiv bosim deyiladi; bu kattalik, o'rtacha indikator bosim kabi, silindrning hajm birligiga to'g'ri keladigan siklning ishini ifodalaydi, shartli p_e doimiy ta'sir etuvchi bosim bo'lib, bunda porshenning bir yo'lida gazlar bajargan ish siklda bajarilgan effektiv ishga teng bo'ladi. Turli dvigatellar uchun p_e ning nominal rejimdagi qiymati quyida berilgan (bar hisobida);

Nadduvsiz uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar 7,5 ÷ 9,5.

Dizellar 6,0 ÷ 8,5

Nadduvli dizellar 10 va undan yuqori.

Indikator quvvatning mexanik yo'qotishlarga to'g'ri keladigan ulushi mexanik f. i. k. qiymati bo'yicha aniqlanadi:



$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_m}{N_i} = 1 - \frac{N_m}{N_i}$$

(8.21)

8.4-rasm. Mexanik f.i.k. η_m ning dvigatel yuklamasiga bog'liqligi

yoki

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{p_i - p_m}{p_i} = 1 - \frac{p_m}{p_i}. \quad (8.22)$$

Mexanik f. i. k. ning dvigatel yuklamasiga bog'liqligi 8.4-rasmda ko'rsatilgan. Abssissalar o'qi bo'ylab siklning o'rtacha indikator bosimi va effektiv bosimi yozilgan. Bunda siklning effektiv bosimi dvigatelning yuklamasini harakterlaydi. Dvigatel salt ishlaganda $p_i = p_m$ bo'ladi. Bunday sharoitlarda effektiv quvvat, o'rtacha effektiv bosim va mexanik f. i. k. nolga teng. Yuklama oshib borgan sari mexanik f. i. k. kattalashib, dvigatelning to'la yuklamasida eng yuqori qiymatiga erishadi.

Effektiv quvvat, mexanik yo'qotishlar, mexanik f. i. k. dvigatelni tormozlash stendida sinash yo'li bilan aniqlanadi.

Nominal rejimda (yuklama 100%) ishlayotgan turli dvigatellar uchun mexanik f. i. k. ning qiymati quyida keltirilgan:

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellar. . . 0,70 ÷ 0,85

Dizellar 0,70 ÷ 0,82

Nadduvli dizellar 0,80 ÷ 0,90

Bir qator dvigatellar uchun mexanik yo'qotishlar o'rtacha bosimining tirsakli valning aylanishlari soniga qarab o'zgarishi 8.5-rasmda berilgan.

8.5.DVIGATELNING TEJAMLILIGI VA F. I. K.

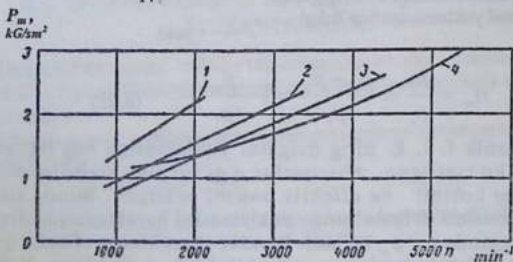
Dvigatelning sifatini harakterlovchi asosiy ko'rsatkichlardan biri yonilg'i sarfi yoki uning tejamliligidir.

Dvigatelni stendda ma'lum rejimda ($N_1 = \text{const}$, $p_1 = \text{const}$ va $n = \text{const}$), sinash vaqtida ma'lum quvvat uchun sarflangan yonilg'ining miqdori o'lchanadi. O'lchash natijalari bo'yicha har soatda kg hisobida sarf bo'lgan yonilg'i miqdori G_{yo} aniqlanadi.

Dvigatelning tejamliligi 1 kVt quvvat uchun har soatda yoki 1 o. k. quvvatga har soatda sarf bo'lgan yonilg'ining gramm hisobidagi miqdori bilan baholanadi. Bu miqdor yonilg'ining solishtirma sarfi deyiladi.

Yonilg'ining solishtirma indikator sarfi:

$$g_i = \frac{G_{yo}}{N} \cdot 10^3, G/(kVt \cdot \text{soat}). \quad (8.23)$$



8.5-rasm. Mexanik yo'qotishlarning o'rtacha bosimi p_n ning aylanishlar soniga bog'liqligi: 1-YAMZ-238 dizeli; 2-ZIL-130 karbyuratorli dvigatel; 3-GAZ-21A karbyuratorli dvigatel; 4-tez yurar karbyuratorli dvigatel

Yonilg'ining solishtirma effektiv sarfi:

$$g_e = \frac{G_{yo}}{N_e} \cdot 10^3, \text{ G/(kVt} \cdot \text{soat)} \quad (8.24)$$

yoki: $N_e = \eta_m \cdot N_i$ bo'lgani uchun:

$$g_e = \frac{G_{yo}}{\eta_m N_e} \cdot 10^3 = \frac{g_i}{\eta_m}, \text{ G/(kVt} \cdot \text{soat)}. \quad (8.25)$$

(8.23), (8.24) va (8.25) formulalarda quvvat kVt hisobida ifodalangan. Eski birliklar sistemasida hisoblanganda formulalarning ko'rinishi o'zgaraydi, lekin N_i , N_e ning qiymati o. k. da ifodalanadi. Bu holda g_e va g_i g/(o.k. soat) bilan o'lchanadi.

Agar yonilg'ining solishtirma indikator sarfi ma'lum bo'lsa, u holda indikator f. i. k. quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_i = \frac{3600}{H_u 10^3 g_i 10^{-3}} = \frac{3600}{H_u g_i}, \quad (8.26)$$

bu yerda 3600 kJ/(kVt · soat) — ko'chirish koeffitsiyenti, H_u MJ/kg hisobida va g_i g/(kVt · soat) hisobida ifodalangan. Eski birliklar sistemasida hisoblanayotganda [H_u kkal/kg hisobida va g_i g/(o.k.soat) hisobida] indikator f. i. k. quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_i = \frac{632}{H_u g_i 10^{-3}},$$

bu yerda, 632 kkal/(o. k. soat) — ishning issiqlik ekvivalenti.

Indikator f. i. k. siklning nomukammalligi natijasida hosil bo'ladigan qo'shimcha yo'qotishlar tufayli termik f. i. k. dan kichik bo'ladi. Bu qo'shimcha yo'qotishlar nisbiy f. i. k. bilan baholanadi. (8.26) tenglamada qabul qilingan o'lchov birliklarini hisobga olganda, nisbiy f. i. k. quyidagicha yoziladi:

$$\eta_n = \frac{\eta_i}{\eta_t} = \frac{1}{\eta_t} \cdot \frac{3600}{H_u g_i}, \quad (8.27)$$

bu yerdan

$$\eta_t = \eta_i \cdot \eta_n. \quad (8.28)$$

Issiqlikning effektiv ishga aylangan ulushi effektiv f. i. k. bo'yicha aniqlanadi. Agar H_u ni mj/kg va g_e ni $\text{g/(kVt} \cdot \text{soat)}$ hisobida ifodalasak, u

$$\text{holda effektiv f. i. k. quyidagicha bo'ladi: } \eta_e = \frac{3600}{H_u g_e} \cdot 10^3 \quad (8.29)$$

Eski birliklarda [H_u kkal/kg va g_e g/(o.k. soat)] hisobida]:

$$\eta_e = \frac{632}{H_u g_e} \cdot 10^3$$

(8.28) tenglamani hisobga olib, quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_n \cdot \eta_m = \eta_i \cdot \eta_m \quad (8.30)$$

Hozirgi zamon avtomobil dvigatellari uchun nominal rejimda yonilg'ining solishtirma sarfi, indikator va effektiv f. i. k. larining qiymati 8.1-jadvalda berilgan.

8.1-jadval

Nominal rejimda ishlayotgan avtomobil dvigatellari uchun yonilg'ining solishtirma sarfi, indikator va effektiv f.i.k.

Dvigatelning turi	Yonilg'ini solishtirma sarfi				Indikator f.i.k η_i	Effektiv f.i.k. η_e
	g/(kVt. soat)	g/(o.k. soat)	g/(kVt. soat)	g/(o.k. soat)		
Karbyuratorli	245-300	180-220	330-325	220-260	0.28-0.35	0.25-0.29
Tez yurar dizellar	175-205	130-150	220-240	160-180	0.42-0.48	0.36-0.40
Gaz bilan ishlaydigan	-	-	-	-	0.28-0.33	0.23-0.26

indikator

effektiv

Agar dvigatelni sinash natijasida yonilg'ining soatli sarfi va quvvati ma'lum bo'lsa, yonilg'ining solishtirma sarfini yuqorida keltirilgan formulalar bilan aniqlash mumkin.

Dvigatellarning ish ko'rsatkichlariga ta'sir etuvchi omillarni taxlil qilish va ko'zda tutilgan tejamlilikni dastlabki hisoblash uchun quyidagi ifodalardan foydalanish ma'qul ko'riladi. Indikator f. i. k.

$$\eta_i = \frac{L_i}{H_n} \quad (8.31)$$

bu yerda L_i -dvigatelning silindrida 1 kg yonilg'i yonganda hosil bo'lgan indikator ish, j.

Indikator ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L_i = p_i \cdot V_h ,$$

bu yerda p_i — n/m^2 , V_h — m^3 .

Ish hajmi V_h ni tashqi muhit sharoitlari M_i mol yangi zaryad uchun yozilgan karakteristik tenglamadan aniqlash mumkin.

$$V_h = 8314 \frac{M_i T_0}{\eta_{i'}} .$$

Bu holda

$$L_i = 8314 \frac{p_i}{p_0} \frac{M_i T_0}{\eta_{i'}} . \quad (8.32)$$

L_i ning qiymatini (8.31) tenglamaga qo'ygandan keyin (8.32) tenglamadan quyidagini olamiz:

$$\eta_i = 8314 \frac{p_i}{p_0} \frac{M_i T_0}{H_u \eta_{i'}} . \quad (8.33)$$

(8.33) tenglamadagi $\frac{T_0}{p_0}$ ning qiymatini gaz doimiysi R va xarakteristik tenglama bo'yicha havoning zichligi ρ_0 orqali ifodalash mumkin. Nadduvsiz dvigatel ishlayotganda

$$\frac{T_0}{p_0} = \frac{1}{R \rho_0} .$$

Suyuq yonilg'i bilan ishlaydigan barcha dvigatellarda yangi zaryad faqat havodan iborat deb faraz qilsak, ya'ni uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatel uchun $\frac{1}{\mu_0}$ ning qiymatini hisobga olmasak, yangi zaryadning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$M_i = \alpha L_0 = \frac{\alpha L_0}{\mu_h} .$$

bu holda $\mu_h R = 8314$ ni hisobga olsak, quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\eta_i = 8341 \frac{p_i \alpha \mu_h}{8314 \mu_h \rho_0 \eta_{i'} H_u} . \quad (8.34)$$

Agar p_i bar va H_u mj/kg hisobida o'lchansa, (8.34) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\eta_i = \frac{\alpha'_0 p_i}{10 H_u \rho_0 \eta_V} \quad (8.35)$$

Hisoblash eski birliklar sistemasida olib borilsa (p_i - kG/sm² va H_u kkal/kg), u holda:

$$\eta_i = 23,426 \frac{\alpha'_0 p_i}{10 H_u \rho_0 \eta_V} \quad (8.26)$$

tenglamaga ko'ra

$$g_i = \frac{36000}{H_u \eta_i} \quad (8.36)$$

Bu yerda η_i ning o'miga uning (8.35) tenglamadagi qiymatini yozamiz:

$$g_i = 36000 \frac{\rho_0 \eta_V}{\alpha'_0 p_i} \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)} \quad (8.37)$$

Eski birliklar tizimida hisoblasak, ya'ni ρ_i - kG/sm² va zichlik ρ_0 kg/m³ bilan ifodalansa, u holda

$$g_i = 27000 \frac{\rho_0 \eta_V}{\alpha'_0 p_i} \text{ , g/(o. k. soat)*}$$

Yonilg'ining solishtirma effektiv sarfi $g_e = \frac{q_i}{\eta_m}$ - va o'rtacha effektiv bosim $p_e = \eta_m \cdot p_i$ bo'lganligi uchun

$$g_e = 36000 \frac{\rho_0 \eta_V}{\alpha'_0 p_e} \text{ , g/(kVt} \cdot \text{soat)} \quad (8.38)$$

yoki eski birliklar sistemasi qo'llanilganda

$$g_e = 27000 \frac{\rho_0 \eta_V}{\alpha'_0 p_e} \text{ , g/(o. k. soat) bo'ladi.}$$

* Nadduvli dvigatel uchun $\rho_0 = \rho_k$ bo'ladi

2-misol. To'rt taktli karbyuratorli dvigatel zaslonkasi to'la ochiq holida ishlaganda uning o'rtaacha effektiv bosimi p_e , yonilg'ining solishtirma effektiv sarfi g_e va foydali ish koeffitsiyentlari aniqlansin. Dvigatel tinakli valining aylanishlar soni $n = 5500 \text{ min}^{-1}$ porshenning o'rtaacha tezligi esa $v_p = 13 \text{ m/sek}$.

Ilgarigi hisoblardan $\ell_0 = 14,91 \text{ kg}$; $\alpha = 0,9$; $\rho_0 = 1,21 \text{ kg/m}^3$;

$p_a = 0,84 \text{ bar (kG/sm}^2\text{)}$; $H_u = 44 \text{ MJ/kg} = 10500 \text{ kkal/kg}$

$\eta_v = 0,78$ va $p_i = 9,8 \text{ bar (kG/sm}^2\text{)}$

(8.15) tenglamaga binoan, ishqalanishga, gaz almashuviga va yordamchi mexanizmlari harakatga keltirishga sarf bo'ladigan o'rtaacha bosimning ulushi quyidagicha topiladi:

$$p_m = 0,45 + 0,145 v_p = 0,45 + 0,145 \cdot 13 = 2,35 \text{ bar (kG/sm}^2\text{)}.$$

O'rtaacha effektiv bosim

$$p_e = p_i - p_m = 9,8 - 2,35 = 7,45 \text{ bar (kG/sm}^2\text{)}.$$

Mexanik f. i. k.

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{259}{0,76} = 0,76.$$

Yonilg'ining indikator solishtirma sarfi

$$g_i = 36000 \frac{\rho_0 \eta_v}{\alpha \ell_0 p_i} = 36000 \frac{0,78 \cdot 1,21}{0,9 \cdot 14,91 \cdot 9,8} = 259 \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}$$

yoki

$$g_i = 27000 \frac{\rho_0 \eta_v}{\alpha \ell_0 p_i} = 27000 \frac{1,21 \cdot 0,78}{0,9 \cdot 14,91 \cdot 9,8} = 192 \text{ g/(o. k. soat)}$$

yonilg'ining effektiv solishtirma sarfi

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{256}{0,76} = 342 \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}$$

yoki

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{192}{0,76} = 252 \text{ g/(o. k. soat)}.$$

Indikator f.i.k.

$$\eta_i = \frac{3600}{H_u \cdot g_i} = \frac{3600}{44 \cdot 259} = 0,316$$

Yoki eski birliklar tizimida:

$$\eta_i = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u \cdot g_i} = \frac{632 \cdot 10^3}{10500 \cdot 192} = 0,315$$

Effektiv f.i.k

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,316 \cdot 0,76 = 0,24$$

8.6. DVIGATELNING TEJAMLILIGI VA QUVVATIGA TA'SIR QILUVCHI OMILLAR

1. Dvigatelning tejamliligiga ta'sir etuvchi omillar

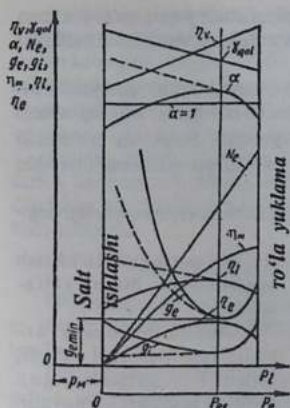
(8.37) va (8.38) tenglamalar shuni ko'rsatadiki, yonilg'ining solishtirma sarfi dvigatelning kiritish sistemasiga kirayotgan yangi zaryadning ko'rsatkichlari ρ_0 ga to'ldirish koeffitsiyenti η_V ga, yangi zaryad miqdori

$\alpha \ell_0$ ga va o'rtacha effektiv p_e yoki indikator p_i bosimga bog'liq. (8.19) tenglamaga ko'ra, dvigatel valining aylanishlar soni o'zgarmas bo'lsa, uning effektiv quvvati faqat o'rtacha effektiv bosim p_e ga bog'liq bo'ladi. Masalan, $p_e = 0$ bo'lsa, $N_e = 0$; karbyuratorli dvigatelning maksimal quvvati drossel zaslonkasi to'la ochilganda, dizelda esa yonilg'i nasosining reykasini zarur holatga surilganda hosil bo'ladi. Nasosning reykasini surib, har siklda berilgan yonilg'i miqdori dvigatelning tutunsiz ishlab, maksimal quvvat hosil qilishini ta'minlashi lozim: binobarin, o'rtacha effektiv bosim p_e (yoki p_i) dvigatelning yuklamasini harakterlaydi.

Shuni aytish kerakki, dvigatelning tejamliligiga yuqoridagi omillarning ta'sirini ayrim-ayrim qarab bo'lmaydi, chunki bir omilning o'zgarishi bilan boshqalari ham o'zgaradi. Bu omillar uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda va dizellarda har xil o'zgaradi.

Karbyuratorli dvigatel asosiy ko'rsatkichlarining yuklamaga qarab o'zgarish harakteri 8.6-rasmda ko'rsatilgan, bunda tirsakli valning aylanishlari soni ($n = \text{const}$) va tashqi muhit sharoitlari o'zgarmas ($\rho_0 = \text{const}$) deb olingan.

O'rtacha effektiv bosim $p_e = 0$ ($p_i = p_m$) va drossel zaslonkasi salt ishlash holatiga qo'yilganda to'ldirish koeffitsiyenti η_V eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Drossel zaslonkasi ochila borishi bilan to'ldirish koeffitsiyenti ham kattalasha boradi va (o'rtacha effektiv bosim p_e eng yuqori) drossel zaslonkasi to'la ochiq bo'lganda η_V eng katta qiymatga yetadi. Buning natijasida qoldiq gazlar koeffitsiyenti γ_{qol} yuklama kamayishi bilan o'sadi, yonilg'ining yonish sharoiti esa yomonlashadi. Drossel zaslonkasi qiya



8.6-rasm. Karbyuratorli dvigatel asosiy ko'rsatkichlarining $n=\text{const}$ bo'lganda yuklanishga qarab o'zgarishi xarakteri

Yuklama p_{el} gacha oshishi bilan aralashmaning suyuqlashishi (bunda indikator f. i. k. η_l oshadi) va ayni vaqtda f. i. k. η_m ning oshishi natijasida effektiv f. i. k. η_e kattalashadi. Yuklama bundan keyin ham oshirilsa, aralashma quyuqlashtirilib, yonilg'ining issiqligidan chala foydalaniladi va buning o'mini mexanik f. i. k. η_m ning oshishi qoplay olmaydi, natijada effektiv f. i. k. p_e pasayadi. η_e bu xilda o'zgarganda unga mos ravishda yonilg'ining solishtirma effektiv sarfi g_e ham o'zgaradi.

$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$ bo'lganligi uchun dvigatel yuklamasiz ishlaganda $\eta_m = 0$ va g_e

cheksizga teng bo'ladi. Yonilg'ining eng kam solishtirma sarfi maksimal effektiv f. i. k. ga to'g'ri keladi. Yuklamaning pasayishi bilan η_l va η_m kamayadi, buning natijasida yonilg'ining solishtirma effektiv sarfi keskin oshadi.

Shuni aytish kerakki, yuklama kamayishi bilan tejamlilikning keskin yomonlashishi karbyuratorli avtomobil dvigatellarining asosiy kamchiligidir.

yopilganda yonuvchi aralashmaning yonishi uchun uni quyuqlashtirish kerak, buning uchun karbyurator maxsus sozlanadi. 8.6-rasmga ko'ra, dvigatel salt ishlaganda, havoning ortiqlik koeffitsiyenti birdan kichik bo'ladi. Yuklama p_{el} gacha oshganda havoning ortiqlik koeffitsiyenti ko'tariladi va o'zining eng katta qiymatiga dvigatel tejamli ishlaganda erishadi. Dvigatelning yuklamasini yana ko'paytirish zarur bo'lganda drossel zaslonkasini ochish bilan bir paytda ekonomayzer ham ishga tushiriladi va yonuvchi aralashma quyuqlashadi.

Ko'rsatib o'tilganidek (8.4- rasmga qarang), yuklamaning oshishi bilan mexanik f. i. k. η_m noldan maksimumgacha kattalashadi. Effektiv f. i. k. $\eta_e = \eta_l \cdot \eta_m$ bo'lganligi uchun yuklamasiz ishlashda u nolga teng bo'ladi.

Avtomobil dvigateli ko'p vaqt drossel zaslonkasi chala yopiq, ya'ni yuklama p_{ci} dan kam bo'lgan holda ishlaydi, shunda yonilg'ining solishtirma indikator sarfi gi oshadi.

Dvigatel p_{ci} dan kam yuklamada ishlaganda uning tejamliligini yaxshilash mumkin (8.6 rasmda shtrix chiziqlar bilan ko'rsatilgan). Buning uchun suyuq yonuvchi aralashmaning ($\alpha > 1$) qoniqarli yonishini ta'minlash kerak. Suyuq aralashmaning yonishini alanga bilan yondirish usulini tatbiq etib yaxshilash mumkin.

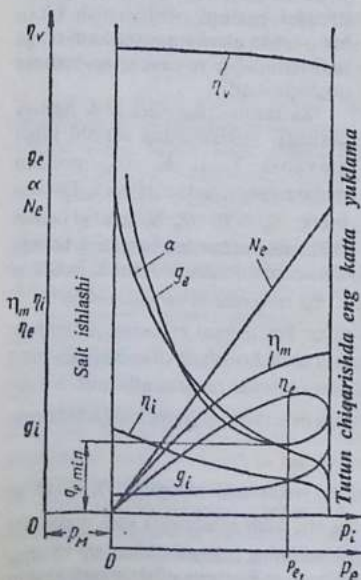
$p_0 = \text{const}$ va $n = \text{const}$ bo'lganda dizelning ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanish (8.7- rasmda) ko'rsatilgan.

Yuklama kamayganda havoning kam isishi natijasida to'ldirish koeffitsiyenti bir oz kattalashadi.

Shunda havoning ortiqlik koeffitsiyenti oshadi, chunki purkaladigan yonilg'i miqdori kamayadi. Yuklama kamayganda yonish jarayoni yu. ch. n. yaqinida tugallanadi va yonilg'ining ko'p qismi deyarli o'zgarmas hajmda yonadi, bu esa issiqlakdan foydalanishni yaxshilaydi. Natijada dizelda yuklama pasayganda indikator f. i. k. η_i oshadi, yonilgining indikator solishtirma sarfi g_i esa shunga yarasha kamayadi.

Dizelning effektiv f. i. k.

η_e va yonilg'ining solishtirma sarfi g_e karbyuratorli dvigateldagi kabi, p_{ci} ga to'g'ri keladigan ma'lum bir yuklamada (to'la yuklamaning 0,80-0,85 qismida) o'zining optimal qiymatiga ega bo'ladi.



8.7-rasm. Dizel dvigateli asosiy ko'rsatkichlarining $n = \text{const}$ bo'lganda yuklanishga qarab o'zgarishi xarakteri

Yuklamaning bundan keyingi ortishida aralashma hosil qilish sharoiti buzilib, yonish jarayoni yomonlashadi. Buning natijasida indikator f.i. k. keskin kamayadi va uning o'rmini mexanik f. i. k. ning ortishi qoplay olmaydi, provardida yonilg'ining solishtirma sarfi oshadi. Ishlatilgan gazlarda tutun paydo bo'lish payti yuklamani oshirish chegarasi hisoblanadi. Dizelning bu rejimda ishlashiga yo'l qo'yilmaydi.

Dizel p_{ci} dan kam yuklamada ishlaganda yonilg'ining effektiv solishtirma sarfi g_c karbyuratorli dvigatellardagiga nisbatan ancha ohista oshadi, bu esa dizelning afzalligidir, ya'ni dizel bunday rejimlarda yonilg'ini nisbatan kam sarflaydi.

2. Dvigatel quvvatiga ta'sir qiluvchi omillar

Dvigatelning quvvati (8.7) tenglamaga binoan, o'rta indikator bosim p_i , silindr diametri D , porshen yo'li S , aylanishlar soni n va takti τ ga bog'liq.

Demak, dvigatelning quvvatiga ta'sir qiluvchi omillarni taxlil qilish uchun, ular orasidagi bog'lanishni ko'rib chiqish kerak. Bu maqsadda (8.35) tenglamaga ko'ra quyidagini yozamiz:

$$p_i = 10 \cdot \frac{H_u \eta_i}{l_0 \alpha} \eta_v \cdot \rho_0, \text{ bar.} \quad (8.39)$$

Eski birliklarda

$$p_i = 0,0427 \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_v \cdot \rho_0, \text{ kG/sm}^2.$$

O'rta effektiv bosim:

$$p_e = \eta_m \cdot p_i = 10 \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_v \cdot \eta_m \rho_0, \text{ bar.} \quad (8.40)$$

Eski birliklarda:

$$p_e = \rho_m \cdot p_i = 0,0427 \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0, \text{ kG/sm}^2.$$

(8.9) tenglamaga p_i ning va (8.19) tenglamaga p_e ning o'rniga ularning (8.39) va (8.40) tenglamalardagi qiymatlarini qo'yib, quyidagilarni olamiz:

$$N_i = \frac{1}{30} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \eta_v \rho_0 \cdot i V_h \cdot \frac{n}{\tau}, \text{ kVt} \quad (8.41)$$

va

$$N_e = \frac{1}{30} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_l}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \cdot i \cdot V_h \cdot \frac{n}{\tau}, \text{ kVt.} \quad (8.42)$$

Bu yerda H_u Mj/kg hisobida, V_h litr hisobida va $n \text{ min}^{-1}$ hisobida olingan.

Eski birliklarda (H_u kkal/kg hisobida);

$$N_e = 0,00019 \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_l}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \cdot i \cdot V_h \cdot \frac{n}{\tau}, \text{ o. k.}$$

(8.42) tenglamaga ko'ra, silindrlar soni i va ish hajmi V_h ning ortishi bilan dvigatelning quvvati oshadi, lekin quvvatning bunday ortishi dvigatelning massasi va gabarit o'lchamlarining o'sishi bilan bog'liq. Shuning uchun ish hajmining birligiga to'g'ri keladigan quvvatni oshirish usullarini topish zarur.

Dvigatelning konstruksiyasi uning 1 litr hajmidan olinadigan quvvati bilan baholanadi. (8.42) tenglamaga ko'ra, dvigatelning litrli quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_l = \frac{N_e}{i \cdot V_h} = \frac{1}{30} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_l}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \cdot \frac{n}{\tau}, \text{ o. k./l} \quad (8.43)$$

yoki

$$N_l = 0,00019 \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_l}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \cdot \frac{n}{\tau}, \text{ o. k./l.}$$

(8.43) tenglama dvigatelning litrli quvvatiga ta'sir etuvchi asosiy omillarni taxlil qilishga yordam beradi.

1. Dvigatellarda ishlatiladigan yonilg'ilar uchun $\frac{H_u}{l_0}$ ning qiymati kam o'zgaradi va amalda N_e ga ta'sir etmaydi,

2. $\frac{\eta_l}{\alpha}$ - ning qiymati dvigatelda ish jarayonining takomillashganligini harakterlaydi. Indikator f. i. k. haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish darajasini aniqlaydi. Dvigatelning quvvatini oshirish uchun η_l / α nisbat mumkin qadar katta bo'lishi kerak. Bu qiymatning yonuvchi aralashma tarkibiga qarab o'zgarish harakteri karbyuratorli dvigatel uchun 8.8- rasm, a da berilgan.

$\alpha = 1,05 \div 1,15$ bo'lganda indikator f. i. k. eng katta qiymatga erishadi.

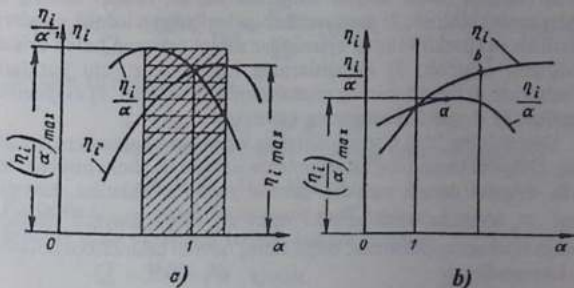
α ning qiymati bundan kattalashsa, yonish jarayoni yomonlashadi.

$\alpha = 0,85 \pm 0,9$ bo'lganda $\frac{\eta_i}{\alpha}$ nisbat eng katta qiymatga erishadi. Havoning ortiqlik koeffitsiyentining o'zgarish chegarasi karbyuratorni sozlash diapazonini cheklaydi (shtrixlangan maydon).

Dizellar uchun η_i va $\frac{\eta_i}{\alpha}$ larning α ga bog'liqligi 8.8-rasm, b da ko'rsatilgan. Ma'lumki, dizellarda yonuvchi aralashma sifatini sozlash usuli qo'llaniladi. Havoning ortiqlik koeffitsiyenti α ning kattalashishi bilan (8.7 rasmga qarang) indikator f. i. k. ortadi. Yonilg'ining to'la yonishini ta'minlaydigan α ning eng kichik qiymati doim birdan katta ($\alpha \approx 1,25 \div 1,4$) bo'ladi. Aralashma bundan ortiq quyuqlashtirilganda, ya'ni aralashmadagi havo miqdori kamaytirilsa, yonish jarayoni keskin yomonlashadi. Ishlatilgan gazlarda tutun paydo bo'ladi va dvigatel yo'l qo'yib bo'lmaydigan darajada ortiqcha qiziydi. η_i/α nisbat eng katta qiymatga erishganda (a nuqta) α ning miqdori aralashmaning yo'l qo'yilgan quyuqlik chegarasiga to'g'ri keladi. Bundan keyin α juda oz miqdorda kamaytirilsa ham, yonish jarayoni keskin yomonlashib, dvigatel qora tutun chiqarib ishlaydi. Shuning uchun dvigatelga beriladigan yonilg'i miqdori chegaralanadiki, bunda α ning chekka qiymati b nuqtaning absissasiga mos kelsin (8.8- rasm, b).

3. Ko'proq quvvat olish uchun to'ldirish koeffitsiyentini oshirish kerak.

4. Dvigatelning mexanik f. i. k. qancha katta bo'lsa litrli quvvati



8.8- rasm. Yonuvchi aralashma tarkibininig dvigatel quvvatiga va tejamligiga ta'siri: a — karbyuratorli dvigatel; b-dizel.

shuncha ko'p bo'ladi; Mexanik f. i. k. ni oshirish uchun ishqalanishga va qo'shimcha mexanizmlarni harakatlantirishga quvvat sarfini kamaytirish kerak. Juftlashtirilgan detallarga ishlov berish va dvigatelni yig'ish sifati mexanik yo'qotishlarning qiymatiga katta ta'sir qiladi. Bundan tashqari, mexanik yo'qotishlar dvigatelni moylash uchun ishlatiladigan moyning naviga va temperaturasiga, shuningdek, sovituvchi suvning temperaturasiga ham bog'liq.

5. Dvigatelni ishlatish davrida texnik talablarga qat'iy rioya qilish kerak.

6. Dvigatelning aylanishlar soni ortishi bilan uning litrli quvvati ortadi.

Aylanishlar soni yonish jarayonining qoniqarli borish sharoitiga va dvigatel asosiy detallarining yeyilishiga qarab chegaralanadi. Aylanishlar sonining yo'l qo'yiladigan chekka qiymati porshenning o'rtacha tezligi bilan aniqlanadi. Hozirgi zamon yuk avtomobillarining dvigatellari uchun nominal rejimda porshenning o'rtacha tezligi $v_p = 9 + 11$ m/sek, yengil avtomobillarning dvigatellari uchun esa $v_p = 11 + 15$ m/sek ni tashkil etadi.

Porshenning o'rtacha tezligini yo'l qo'yilgan chegarada saqlagan holda tirsakli valning aylanishlar sonini oshirish mumkin. Buning uchun porshen yo'li kamaytiriladi, ya'ni qisqa yo'lli porshen konstruksiyasidan foydalaniladi.

Qisqa yo'lli tez yurar dvigatellar nazariyasini sobiq SSSR Fanlar akademiyasining muxbir a'zosi N. R. Briling yaratgan. Porshen yo'lining diametriga nisbati $S/D = 1,0 + 0,80$ bo'lgan qisqa yo'lli dvigatel konstruksiyasidan foydalanish bir qancha afzalliklar tug'diradi: 1) porshenning o'rtacha tezligini ruxsat etilgan chegarada saqlab, tirsakli valning aylanishlar sonini oshirish; 2) sovituvchi suvga beriladigan issiqlik miqdorini kamaytirish va tirsakli valning aylanishlar sonini oshirgan holda dvigatel tejamliligini oshirish; 3) klapanlarning havo o'tkazuvchi yuzalarini kattalashtirish; 4) tirsakli valning mustahkamligini oshirish; 5) dvigatelning ixchamligi; 6) dvigatel massasining kamayishi.

7. Dvigatelning litrli quvvati silindrga kirayotgan havoning zichligiga bog'liq. Dvigatel baland tog'lik rayonlarda ishlaganda shuni hisobga olish zarurki, dvigatel dengiz sathidan qancha yuqorida ishlatilsa, havoning zichligi ρ_0 shuncha kam bo'ladi. Agar ρ_0 ning pasayishi nadduvni qo'llanish hisobiga qoplanmasa, dvigatelning quvvati balandlikka ko'tarilish bilan kamayadi.

Dvigatelning litrli quvvati nadduvni qo'llanib oshiriladi

Hozirgi zamon nadduvsiz avtomobil dvigatellarining litrli quvvati quyidagi

chegarada bo'ladi: karbyuratorli dvigatellar $N_1 = 20 + 37 \text{ kVt/l} = 27 + 50 \text{ o.k./l}$ va nadduvsiz dizellar $N_1 = 13 + 23 \text{ kVt/l} = 17 + 30 \text{ o. k. /l}$.

8.7. DVIGATELNING ISSIQLIK BALANSI

Dvigatelning issiqlik balansini uni har xil sharoitlarda tekshirish natijasida olinadi.

Issiqlik balansini tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q_u = Q_c + Q_{sov} + Q_{gaz} + Q_{ch} + Q_{qol} \quad (8.44)$$

bu yerda Q_u — dvigatel berilgan rejimda ishlaganda vaqt birligida sarf bo'lgan issiqlikning umumiy miqdori;

Q_c — dvigatelning effektiv ishiga ekvivalent issiqlik;

Q_{sov} — sovutuvchi muhitga berilgan issiqlik;

Q_{gaz} — ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik;

$Q_{ch.yo}$ — chala yonish natijasida yonilg'i issiqligining foydalanilmagan qismi;

Q_{qol} — issiqlik balansining qoldiq qismi bo'lib, u hisobga olinmagan yo'qotishlarni bildiradi. Balansning har bir tashkil etuvchisini kiritilgan umumiy issiqlik miqdoriga nisbatan foiz hisobida topish mumkin. Bu holda:

$$q_c = \frac{Q_c}{Q_u} \cdot 100\%; \quad q_{sov} = \frac{Q_{sov}}{Q_u} \cdot 100\%;$$

$$q_{ch.yo} = \frac{Q_{ch.yo}}{Q_u} \cdot 100\%; \quad q_{qol} = \frac{Q_{qol}}{Q_u} \cdot 100\%; \quad q_{gaz} = \frac{Q_{gaz}}{Q_u} \cdot 100\%.$$

Bundan ko'rinib turibdiki

$$q_c + q_{sov} + q_{gaz} + q_{ch.yo} + q_{qol} = 100\%. \quad (8.45)$$

Bir soat davomida sarf bo'lgan issiqlikning umumiy miqdori;

$$Q_u = H_u \cdot G_{yo}, \text{ kJ/soat}. \quad (8.46)$$

Bu yerda G_{yo} — yonilg'ining soatli sarfi, kg/soat.

Effektiv ishga ekvivalent bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q_c = 3600 \cdot Ne, \text{ kJ/soat}. \quad (8.47)$$

Kaloriya hisobida o'lchanadigan birliklarda $Q_c = 632 \cdot Ne$, kkal/soat.

Silindr devorlari, silindrlar kallagi, porshen va uning halqalari orqali sovutuvchi suvga beriladigan issiqlikni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$Q_{suv} = 4.186 G_{suv} (t_{chiq} - t_{kir}), \text{ kJ/soat.} \quad (8.48)$$

Bu yerda 4,186 - suvning issiqlik sig'imi, kJ/kg · grad);

Q_{suv} — bir soat davomida dvigatel orqali o'tgan suv miqdori, kg;

t_{chiq} — dvigateldan chiqayotgan suvning temperaturasi, °S;

t_{kir} — dvigatelga kirayotgan suvning temperaturasi, °S. Hisob kaloriyalarda olib borilganda (suvning issiqlik sig'imi) $C_{suv} = 1 \text{ kkal/kg} \cdot \text{grad}$:

$$Q_{sov} = G_{suv} (t_{chiq} - t_{kir}), \text{ kkal/soat.}$$

Ishlatilgan gazlar olib ketgan issiqlik:

$$Q_{gaz} = G_{yo} (M_2 \mu c_p t_r - M_1 \mu c_p t_0) \cdot \text{kJ/soat.} \quad (8.49)$$

Bu yerda $G_{yo} M_2 \mu c_p t_r$ 1 soat davomida silindrdan ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik miqdori, kJ/soat;

$G_{yo} M_1 \mu c_p t_0$ — 1 soat davomida silindrga yangi zaryad bilan kiritilgan issiqlik miqdori, kJ soat;

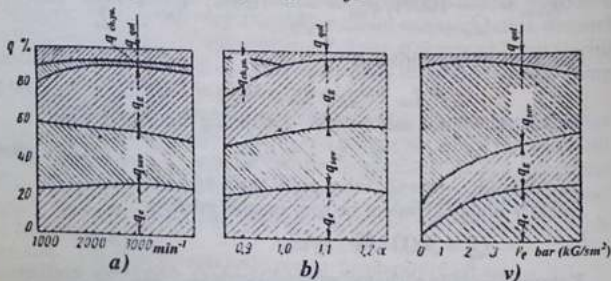
t_r — ishlatilgan gazlarning chiqarish trubasidan keyin o'lchangan temperaturasi, °S;

t_0 — dvigatel silindriga kirgan yangi zaryadning temperaturasi, °S.

Kaloriyalarga asoslangan birliklar sistemasida (8.49) formula o'zgarmaydi, lekin issiqlik sig'imi $\mu c_p'$ va μc_p kkal/kg · grad hisobida ifodalanadi.

$\alpha \geq 1$ bo'lsa, $Q_{yo.ch.}$ ning qiymati, odatda, alohida hisoblanmaydi, balki Q_{qol} ga qo'shiladi. Bu holda Q_{qol} ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$Q_{qol} = Q_u - (Q_c + Q_{suv} + Q_{gaz}), \quad (8.50)$$



8.9-rasm. Dvigatellarning issiqlik balansi: a va b- karbyuratorli dvigatellar; v-dizel

Agar sinovlar 1 da borayotgan bo'lsa, u holda kimyoviy chala yonish natijasida foydalanilmagan issiqlik miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{ch,yo} = \Delta H_u \cdot G_{yo}, \text{ kJ/soat.} \quad (8.51)$$

Bu yerda ΔH_u foydalanilmagan issiqlik miqdori.

Karbyuratorli dvigatel drossel zaslonkasini to'liq ochib ishlatilganda uning issiqlik balansining aylanishlar soniga qarab o'zgarishi 8.9- rasm, a da keltirilgan. Aylanishlar soni 3600 min^{-1} gacha oshirilganda samarali foydalaniladigan issiqlik miqdori 24% dan 27,5% ga yetadi. Aylanishlar soni oshishi bilan sovituvchi suvga beriladigan issiqlik miqdori 36% dan 27% ga tushadi, lekin ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketgan issiqlik miqdori sezilarli darajada ortadi.

Shu dvigatelning o'zi $n=2800 \text{ min}^{-1}$ tezlik rejimida ishlaganda aralashma tarkibining issiqlik balansiga ta'siri 8.9- rasm, b da ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, $\alpha = 1,1 \text{ yo } 1,15$ bo'lganda issiqlikning asosiy qismidan samarali foydalaniladi. $\alpha = 0,85$ bo'lganda yonilg'ining chala yonishi natijasida foydalanilmagan issiqlik miqdori $q_{ch,yo} = 20\%$ bo'ladi.

Dizelning yuklamaga bog'liq bo'lgan issiqlik balansi 8.9- rasm, v da tasvirlangan.

Dvigatellar nominal va unga yaqin rejimlarda ishlaganda issiqlik balansi tashkil etuvchilarining taxminiy qiymatlari 8.2- jadvalda keltirilgan.

8.2-jadval

Issiqlik balansi tashkil etuvchilarining taxminiy qiymatlari

Dvigatel turi	$q_e = \eta_e$	q_{soy}	Q_{gaz}	$q_{ch,yo}$	q_{qol}
Uchqun bilan o't oldiriladigan	21-28	12-27	30-55	0-45	3-10
Dizel	29-42	15-35	25-45	0-5	2-5

8.8. DVIGATEL ISSIQLIK HISOBINING MISOLLARI

Dvigatellarning ayrim jarayonlarini ko'rib chiqish va ularni hisoblash siklning mo'ljallangan ko'rsatkichlarini, shuningdek, quvvati va tejamliligini hamda gazlar bosimining tirsakli valning burilish burchagiga bog'liqligini aniqlashga imkon beradi. Hisob ma'lumotlariga qarab, dvigatelning asosiy o'lchamlarini (silindrning diametrini va porshen yo'lini) aniqlash va uning asosiy detallari mustahkamligini tekshirish mumkin.

Issiqlik hisoblarini olib borishda ba'zi formulalarga kiradigan boshlang'ich ma'lumotlarni va tajribaviy koeffitsiyentlarni to'g'ri tanlash zarur.

1. Karbyuratorli dvigatel

Yengil avtomobil shassisiga o'rnatish uchun mo'ljallangan to'rt taktli karbyuratorli dvigatelning issiqlik hisobi bajarilsin. Dvigatelning mumkin bo'lgan tejamlilik va asosiy o'lchamlari aniqlansin.

Ishlatish shartlariga binoan, dvigatelning effektiv quvvati $N_e = 55 \text{ kVt} = 75 \text{ o. k.}$ va bunda tirsakli valning aylanishlar soni minutiga 5500 bo'lishi kerak; silindrlar soni $i=4$, siqish darajasi $\varepsilon = 8$, havoning ortiqlik koeffitsiyenti $\alpha = 0,9$. Yonilg'i A-76 benzini bo'lib, uning elementlar tarkibi quyidagicha. $C=0,855$ va $H=0,145$; yonilgining yonish issiqligi $H_u = 44 \text{ Mj/kg} = 10500 \text{ kkal/kg}$.

Bu boshlag'ich ma'lumotlar uchun ilgari ba'zi ko'rsatkichlar hisoblanib, ular 8.3-jadvalda keltirilgan. 8.3-jadvaldagi hisob ma'lumotlari bo'yicha silindr diametrini va porshen yo'lini aniqlash mumkin.

Dvigatelning ish hajmi (8.19) tenglamaga binoan:

$$i \cdot V_h = \frac{1200 \cdot N_e}{p_e \cdot n} = \frac{1200 \cdot 55}{7,45 \cdot 5500} = 1,61 \text{ l.}$$

silindrning ish hajmi:

$$V_h = \frac{1,61}{4} = 0,4025 \text{ l.}$$

$\frac{S}{D} = 0,9$ deb qabul qilamiz. Bu holda:

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S = 0,9 \frac{\pi}{4} \cdot D^3.$$

Silindrning diametri:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_h}{0,9\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,4025}{0,9 \cdot 3,14}} = 0,83 \text{ dm} = 83 \text{ mm.}$$

$D=84 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz, bunda $S=0,9 \cdot 84=75,5 \text{ mm}$ bo'ladi. Uzil-kesil $S=76 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz, bu holda silindrning ish hajmi:

$$V_h = \frac{\pi}{4} 0,84^2 \cdot 0,76 = 0,42 \text{ l.}$$

Ayrim kattaliklarni hisoblash natijalari (8.3-jadval).

Hisoblashda quyidagilar qabul qilingan:

$p_0=1 \text{ bar}$; $T_0=288^\circ\text{K}$; $\Delta T=10$; $T_r=950^\circ\text{K}$; $\gamma_{\text{qol}}=0,06$; $n_1=1,34$; $n_2=1,28$.

Parametrlar	Parametrlarning hisobiy qiymati
1 kg yonilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori	$L_0=0,515 \text{ kmol}$
Yonishda qatnashgan havoning haqiqiy miqdori	$L=0,463 \text{ kmol}$
Yonuvchi aralashmaning miqdori:	$M_1=0,472 \text{ kmol}$
Yonish mahsulotlarining miqdori: karbonat anhidrid.....	$M_{\text{CO}_2}=0,0497 \text{ kmol}$
is gazi.....	$M_{\text{CO}}=0,0216 \text{ kmol}$
suv bug 'i.....	$M_{\text{H}_2\text{O}}=0,0725 \text{ kmol}$
azot.....	$M_{\text{N}_2}=0,366 \text{ kmol}$
Yonish mahsulotlarining umumiy miqdori	$M_2=0,5098 \text{ kmol}$
Kiritish oxiridagi bosim.	$P_a=0,84 \text{ bar}$
Kiritish oxiridagi temperatura	$T_a=334^\circ\text{K}$
To'ldirish koeffitsienti	$\eta_v=0,78$
Siqish oxiridagi bosim	$P_c=13,6 \text{ bar}$
Siqish oxiridagi temperatura	$T_c=680^\circ\text{K}$
Siklning maksimal bosimidagi yonish temperaturasi	$T_z=2630^\circ\text{K}$
Siklning hisobiy maksimal bosimi	$P_{zh}=56,4 \text{ bar}$
Siklning haqiqiy maksimal bosimi	$P_z=48 \text{ bar}$
Bosimning ko'tarilish darajasi	$\lambda=4,15$
Kengayish oxiridagi bosim.	$P_b=3,63 \text{ bar}$
Kengayish oxiridagi temperatura	$T_b=1440^\circ\text{K}$
Siklning hisobiy o'rtacha indikator bosimi	$P_{ih}=10,1 \text{ bar}$
Siklning hisobiy o'rtacha indikator bosimining haqiqiy qiymati (mo'ljallangan)	$P_i=9,8 \text{ bar}$
O'rtacha effektiv bosim	$P_e=7,45 \text{ bar}$
Mexanik f.i.k	$\eta_m=0,76$
Yo'nalg'ining indikator solishtirma sarfi	$g_i=259\text{g}/(\text{kVt}\cdot\text{soat})=192\text{g}/(\text{o.k. soat})$
Indikator f.i.k	$\eta_i=0,316$
Yo'nalg'ining effektiv solishtirma sarfi	$g_e=342\text{g}/(\text{kVt}\cdot\text{soat})=252\text{g}/(\text{o.k. soat})$
Effektiv f.i.k.	$\eta_e=0,24$

Dvigatelning ish hajmi:

$$i \cdot V_h = 4 \cdot 0,42 = 1,68 \text{ l.}$$

Porshenning o'rtacha tezligi:

$$v_p = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{0,76 \cdot 5500}{30} = 13,9 \text{ m/sek.}$$

Litrli quvvat:

$$N_l = \frac{N_e}{i \cdot V_h} = \frac{55}{1,68} = 32,3 \text{ kVt/l}$$

yoki

$$N_l = \frac{75}{1,68} = 44 \text{ o.k./l.}$$

Nominal rejimda yonilg'ining soatli sarfi:

$$G_e = g_e N_e = 342 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 18,7 \text{ kg/soat.}$$

2. Dizel

Yuk avtomobilga o'rnatiladigan to'rt taktli dizelning issiqlik hisobi bajarilsin. Issiqlik hisobi asosida dizelning mumkin bo'lgan tejamliligi va asosiy o'lchamlari aniqlansin.

Hisoblash uchun ma'lumotlar: dizelning quvvati $N_e = 170 \text{ kVt} = 230 \text{ o.k.}$; dvigatel valining aylanishlar soni $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, siqish darajasi $\varepsilon = 16,5$; havoning ortiqlik koeffitsiyenti $\alpha = 1,4$. Dvigatel porshenda joylashgan yarim ajralgan yonish kamerasiga ega. Dizel yonilg'isining elementar tarkibi: $C = 0,87$, $H = 0,126$, $O_{yo} = 0,004$, yonilg'ining yonish issiqligi $H_u = 42 \text{ MJ/kg} = 10.000 \text{ kkal/kg}$. Dvigatelga havo $p_0 = 1 \text{ bar}$ bosimda va $T_0 = 288^\circ \text{K}$ da kiradi.

Qator dizellarni sinash natijalari asosida quyidagilarni qabul qilamiz: zaryadning qizishi $\Delta T = 20^\circ$; chiqarish oxiridagi bosim $p_r = 1,15 \text{ bar}$, qoldiq gazlar temperaturasi $T_r = 850^\circ \text{K}$; kiritish oxiridagi bosim $p_a = 0,875 \text{ bar}$; qoldiq gazlar koeffitsiyenti $\gamma_{qol} = 0,03$.

1 kg yonilg'ining yonishi uchun kerak bo'lgan nazariy havoning miqdori:

Tekshirish: Havoning haqiqiy miqdori: Yangi zaryadning miqdori:

Yonish mahsulotlarining miqdori:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_{yo} \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,126 - 0,004 \right) = 14,45 \text{ kg};$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_{\text{yo}}}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,497 \text{ kmol}.$$

Tekshirish:

$$L_0 = \frac{l_0}{\mu_h} = \frac{14,45}{28,97} = 0,498 \text{ kmol}.$$

Havoning haqiqiy miqdori:

$$L = \alpha L_0 = 1,4 \cdot 0,497 = 0,696 \text{ kmol}.$$

Yangi zaryadning miqdori:

$$M_1 = L = 0,696 \text{ kmol}.$$

Yonish mahsulotlarining miqdori:

karbonat anhidrid

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0,87}{12} = 0,0725 \text{ kmol};$$

suv bug'i

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,126}{2} = 0,063 \text{ kmol};$$

kislorod

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L_0 = 0,21(1,4 - 1) \cdot 0,497 = 0,0416 \text{ kmol};$$

azot

$$M_{N_2} = 0,79\alpha L_0 = 0,79 \cdot 1,4 \cdot 0,497 = 0,55 \text{ kmol}.$$

Yonish mahsulotlarining umumiy miqdori:

$$M_2 = 0,727 \text{ kmol}.$$

Molekulyar o'zgarishning nazariy koeffitsiyenti:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,727}{0,696} = 1,045.$$

Molekulyar o'zgarishning haqiqiy koeffitsiyenti:

$$\beta = \frac{M_2 + \gamma_{\text{qol}} M_1}{M_1 (1 + \gamma_{\text{qol}})} = \frac{0,727 + 0,03 \cdot 0,696}{0,696(1 + 0,03)} = 1,043.$$

Kiritish oxiridagi temperatura:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{qol} T_r}{1 + \gamma_{qol}} = \frac{288 + 20 + 0,03 \cdot 850}{1 + 0,03} = 324^0 K$$

To'ldirish koeffitsiyenti:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{\varepsilon p_a - p_z}{(\varepsilon - 1)p_0} = \frac{288}{288 + 20} \cdot \frac{16,5 \cdot 0,875 - 1,15}{(16,5 - 1)1,0} = 0,805$$

Siqish oxiridagi temperatura va bosim ($n=1,38$ ga teng deb qabul qilamiz):

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 324 \cdot 16,5^{0,38} = 943^0 K;$$

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1} = 0,875 \cdot 16,5^{1,38} = 42 \text{ bar}.$$

Yonish oxiridagi temperaturani (7.37) tenglamadan aniqlaymiz:

$$\frac{1}{\beta} \left[\frac{\varepsilon H_u}{M_1 (1 + \gamma_{qol})} + U_c + 8,314 \lambda T_c \right] = U_z + 8,314 T_z.$$

$t_c = 670^0 C$ bo'lgan ichki energiya $U_c = \mu c_v \Big|_0^{t_c}$ ni aniqlash uchun 7.1-jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanamiz. Havo uchun $600^0 C$ $\mu c_v \Big|_0^{600} = 22,09 \text{ kJ/(kg. grad)}$; $700^0 C$ temperaturada esa $\mu c_v \Big|_0^{700} = 22,4 \text{ kJ/(kg. grad)}$ va

$$C_{\mu} C_v = \frac{22,4 - 22,09}{100} \cdot 70 = 0,2165 \text{ kJ/(kg. grad)}.$$

Demak,

$$\mu c_v \Big|_0^{670} = 22,09 + 0,2165 = 22,307 \text{ kJ/(kg. grad)}.$$

Bu holda tenglamaning chap qismi ($\lambda = 1,8$ va $\xi = 0,8$ bolgan hol uchun):

$$\frac{1}{1,043} \left[\frac{0,8 \cdot 42000}{0,696(1 + 0,03)} + 22,307 \cdot 670 + 8,314 \cdot 1,8 \cdot 943 = 77220 \right].$$

Yonish mahsulotlarining ichki energiyasini aniqlash uchun aralashmaning issiqlik sig'imini (1.46) tenglamadan topamiz:

$$\mu c_v'' = (\mu c_v)_{CO_2} \cdot r_{CO_2} + (\mu c_v)_{H_2O} \cdot r_{H_2O} + (\mu c_v)_{O_2} \cdot r_{O_2} + (\mu c_v)_{N_2} \cdot r_{N_2}$$

bu yerda

$$r_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2} = \frac{0,0725}{0,727} = 0,0998; \quad r_{H_2O} = \frac{0,063}{0,727} = 0,0867;$$

$$r_{O_2} = \frac{0,0416}{0,727} = 0,0574; \quad r_{N_2} = \frac{0,55}{0,727} = 0,7561.$$

Tekshirish:

$$r_{CO_2} + r_{H_2O} + r_{O_2} + r_{N_2} = 0,0998 + 0,0867 + 0,0574 + 0,7561 = 1,0.$$

$t_x = 1900^\circ\text{C}$ deb qabul qilamiz. Bu holda ayrim gazlar issiqlik sig'implarining 1.1-jadvalda keltirilgan qiymatlarini e'tiborga olsak, quyidagicha yozish mumkin:

$$\mu c_v'' \Big|_0^{1900} = 45,044 \cdot 0,0988 + 35,224 \cdot 0,867 + 26,691 \cdot 0,574 + \\ + 24,765 \cdot 0,756 = 27,845 \text{ kJ/(kg.grad)}.$$

Shunday qilib, yonish tenglamasining o'ng qismi son jihatidan quyidagicha bo'ladi:

$$27,845 \cdot 1900 + 8,314 \cdot 2173 = 71050.$$

Bu sonni (A) tenglamaning son qiymatiga solishtirsak, $71.050 < 77.220$ ekanligini ko'ramiz.

Faraz qilamiz. Masalan, $t_x = 2000^\circ\text{C}$ bo'lsin. Bu holda $t_x = 1900^\circ\text{C}$ uchun olib borilgan hisobdagiga o'xshash $\mu c_v'' \Big|_0^{2000} = 28,015 \text{ kJ/(kg.grad)}$ bo'ladi.

Binobarin, $28,015 \cdot 2000 + 8,314 \cdot 2273 = 78680 > 77220$.

Temperaturaning izlanayotgan qiymati $1900^\circ\text{S} < t_x < 2000^\circ\text{S}$ oralig'ida bo'ladi. Bu oraliqda ichki energiya bilan temperatura orasida chiziqli bog'lanish bor deb qabul qilib, 8.10-rasmda keltirilgan grafik bo'yicha t_x ni aniqlash mumkin: $t_x = 1995^\circ\text{S}$ yoki $T_x = 2268^\circ\text{K}$.

Yonish jarayoni oxiridagi bosim:

$$p_x = \lambda \quad p_c = 1,8 \cdot 42 = 75,5 \text{ bar(kG/sm}^2\text{)}.$$

Dastlabki kengayish darajasi

$$\rho = \frac{\beta}{\lambda} \cdot \frac{T_x}{T_c} = \frac{1,043}{1,8} \cdot \frac{2268}{943} = 1,4.$$

Keyingi kengayish darajasi

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16,5}{1,4} = 11,8$$

$n_2 = 1,24$ deb qabul qilamiz, bu hol kengayish oxiridagi bosim:

$$p_b = \frac{p_z}{\sigma^{n_2}} = \frac{75,5}{11,8^{1,24}} = 4,0 \text{ bar}(kG / sm^2).$$

Kengayish jarayoni oxiridagi temperatura:

$$T_b = \frac{T_z}{\sigma^{n_2-1}} = \frac{2268}{11,8^{0,24}} = 1250^0 K.$$

Siklning ortacha indicator bosimi, diagramma cilliqanmaganda

$$p_m = p_a \frac{\varepsilon^\lambda}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\sigma^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = 0,875 \cdot \frac{16,5^{1,38}}{16,5 - 1} \times$$

$$\times \left[1,8 (1,4 - 1) + \frac{1,8 \cdot 1,4}{1,24 - 1} \left(1 - \frac{1}{11,8^{0,24}} \right) - \frac{1}{1,38 - 1} \left(1 - \frac{1}{16,5 \cdot 1,38 - 1} \right) \right] =$$

$$= 10,1 \text{ bar}(kG / sm^2).$$

Haqiqiy siklning ortacha indicator bosimi ($\varphi_i = 0,95$) bo'lganda:

$$p_i = 0,95 \cdot 10,1 = 9,6 \text{ bar}(kG / sm^2).$$

Yarim ajratilgan yonish kamerali dizel uchun ortacha bosimning mexanik yoqotishlarga sarflanadigan qism

$$p_m = 1,05 + 0,12v_p.$$

$v_p = 10,5$ m/sek deb qabul qilamiz, bu holda

$$p_m = 1,05 + 0,12 \cdot 10,5 = 2,3 \text{ bar}(kG / sm^2).$$

Ortacha effektiv bosim

$$p_e = p_i - p_m = 9,6 - 2,3 = 7,3 \text{ bar}(kG / sm^2).$$

Mexanik f.i.k.

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{7,3}{9,6} = 0,76.$$

Yonilg'ining indicator solishtirma sarfi

$$g_i = 36000 \frac{\rho_o \eta_v}{\alpha l_o p_i};$$

$$\rho = \frac{p_o}{RT_o} = \frac{1 \cdot 10^5}{287 \cdot 288} = 1,208 \text{ kg/m}^3.$$

Bu holda

$$g_i = \frac{36.000 \cdot 1,208 \cdot 0,805}{1,4 \cdot 14,45 \cdot 9,6} = 180 \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)}$$

yoki

$$g_i = 27.000 \frac{\rho_0 \eta_v}{\alpha l_0 p_i} \approx 27000 \frac{1,208 \cdot 0,805}{1,4 \cdot 14,45 \cdot 9,6} = 135 \text{ g/(o.k.} \cdot \text{soat)}.$$

Indicator f.i.k.

$$\eta_i = \frac{3600}{H_u \cdot g_i} = \frac{3600}{42 \cdot 180} = 0,47.$$

Yonilg'ining effektiv solishtirma sarfi

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{180}{0,76} = 238 \text{ g/(kVt} \cdot \text{soat)} \text{ yoki}$$

$$g_e = \frac{136}{0,76} = 180 \text{ g/(o.k.} \cdot \text{soat)}.$$

Effektiv f.i.k.

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,47 \cdot 0,76 = 0,356.$$

Dvigatel nominal rejimda ishlaganda yonilgining soatli sarfi

$$G_e = g_e \cdot N_e = 238 \cdot 10^{-3} \cdot 170 = 40,5 \text{ kg/soat}.$$

Silindrning ish hajmi

$$V_h = \frac{300 N_e \cdot \tau}{Pe \cdot n \cdot i} = \frac{300 \cdot 170,4}{7,3 \cdot 3000 \cdot 8} = 1,165 \text{ l}.$$

$\frac{S}{D} = 0,87$ deb qabul qilamiz; $S=0,87 D$; bu holda

$$V_h = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S = \frac{\pi}{4} \cdot 0,87 D^3 = 1,165 \text{ l}$$

bu yerdan

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,165}{0,87 \cdot \pi}} = 1,19 \text{ dm} = 119 \text{ mm}.$$

Tashqi tezlik xarakteristikalarini olish shartlari. Avtomobil dvigateli tirsakli valning aylanishlar soni kam bo'lganda yuklamani qabul qila olmaydi. Chunki tirsakli val juda sekin aylanganda issiqlikning ortiqcha yo'qotilishi porshen xalqalari orqali gazning o'tib ketishi va gaz taqsimlash fazalarining mos kelmasligi sababli havo bilan silindrni to'ldirish keskin pasayib, yonish jarayonini bajarish mumkin bo'lmay qoladi. Shuning uchun tirsakli val aylanishlar sonining quyi chegarasi $n_{\min}$ belgilanadi; bunda dvigatel har qanday yuklamalarda ham turg'un ishlay oladi.

Berilgan yonilg'i uchun kiritish sistemasidagi sharoitlar o'zgarmas va yonish jarayoni mukammal bo'lganda, aylanishlar sonining barcha ish diapazonida (8.39) tenglamadagi ko'paytma

$$10 \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \rho_0 = \text{const}$$

deb qabul qilinishi mumkin.

Bu holda o'rtacha indikator bosimning tirsakli valning aylanishlar soniga qarab o'zgarish xarakterini, taxminan, to'ldirish koeffitsiyentiga o'xshash deb hisoblash mumkin.

Karbyuratorli dvigatel uchun η_v ning aylanishlar soniga qarab o'zgarish xarakteri 9.1- rasmda ko'rsatilgan. O'rtacha indikator bosim p_i va unga to'g'ri proporsional bo'lgan burovchi moment M_i ham taxminan shunday xarakterda o'zgaradi.

Dvigatel hosil qilgan o'rtacha indikator bosim yoki burovchi momentning bir qismi mexanik yo'qotishlar (p_m va M_m) ga sarf bo'ladi. Bu yo'qotishlar aylanishlar soni ortishi bilan kattalashadi va u ma'lum qiymatga yetganda dvigatelning barcha indikator ishi mexanik yo'qotishlarga sarflanadi. $P_i = P_m$ bo'lgandagi aylanishlar soni o'z chegarasiga yetgan hisoblanadi va u haddan tashqari katta aylanishlar soni $n_{\max}$ deb ataladi.

Tirsakli valning aylanishlar soni har qanday qiymatga ega bo'lganda ham ayirma $p_i - p_m = p_c$ va bunga mos holda $M_i - M_m = M_c$. Ko'rinib turibdiki, $n = n_{\max}$ bo'lsa $p_c = 0$ bo'ladi. p_i , p_c va p_m ning aylanishlar soniga bog'liqligini xarakterlaydigan egri chiziqlar burovchi momentlarning o'zgarishini ham ko'rsatadi. Buni quyidagilardan ko'rish mumkin:

Indikator burovchi moment

$$M_i = \frac{N_i}{\omega} = \frac{N_i}{2\pi n}, \quad N, m,$$

bu yerda N_i — indikator quvvat, Vt;

ω — tirsakli valning burchak tezligi, rad/sek;

n — tirsakli valning sekundiga aylanishlar soni.

N_i o'rniga (8.7) formuladagi qiymatini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$M_i = \frac{iV_h}{\pi\tau} p_i, N.m$$

Mazkur dvigatel uchun $\frac{iV_h}{\pi\tau} = const$, binobarin,

$$M_i = const P_i$$

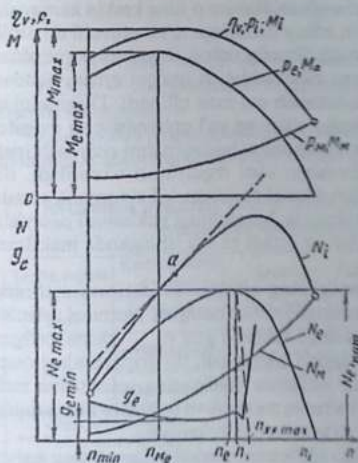
bu yerda $p_i - n/m^2$; $V_h - m^3$.

Eski birliklarda indikator burovchi moment:

$$M_i = 716,2 \frac{P_i \cdot i \cdot V_h}{225\tau} = const \cdot P_i, \text{ kG}\cdot\text{m}$$

bu yerda $p_i - kG/sm^2$; $V_h - \text{litr}$.

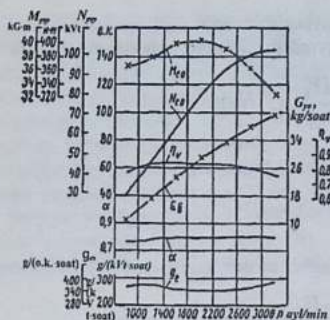
M_c va M_m uchun ham formulalar shunga o'xshash yoziladi.



9.1-rasm. Karbyuratorli dvigatel tashqi tezlik tavsifi asosiy ko'rsatkichlarining o'zgarish xarakteri

O'rtacha indikator va effektiv bosimlar orqali indikator va effektiv quvvatlarni, shuningdek, mexanik yo'qotishlar quvvatini (8.8) (8.19) va (8.12) formulalardan hisoblash mumkin.

9.1-rasmdagi shtrix chiziq indikator bosim doim $p_i = p_{max}$ bo'lganda indikator quvvatning to'g'ri chizig'i o'zgarishini ko'rsatadi. Haqiqatda indikator quvvatning egri chizig'i shtrixli chiziqqa faqat a nuqtada urinadi, boshqa aylanishlar sonida esa indikator quvvatning qiymati kam bo'ladi. Indikator quvvatning maksimumi o'rtacha indikator bosimning eng katta qiymati p_{imax} ga mos



9.2-rasm. ZIL-130 karbyuratorli dvigateling tashqi tezlik xarakteristikasi

n_{nom} dan orta borishi bilan o'rtacha effektiv bosim p_e ning keskin kamayishi natijasida quvvat oshmaydi, lekin asosiy detallarga ta'sir etuvchi dinamik yuklama va ularning yeyilishi ko'payadi. Shuning uchun dvigatelni nominaldan katta aylanishlar sonida yuklama bilan ishlatish ma'qul emas, haddan tashqari katta aylanishlar sonida ishlatish esa man qilinadi. Dvigatelning haddan tashqari katta tezlik rejimiga o'tishiga yo'l qo'ymaslik va dvigatel nominal rejimda ishlayotganda avtomobilni boshqarishni osonlashtirish uchun cheklagich-maksimal aylanishlar soni regulyatori o'rnatiladi. Bu regulyator yuklama pasayishi bilan drossel zaslonkasini avtomatik tarzda yopadi. Bunday cheklagich o'rnatilganda dvigatelning yuklamasi pasayishi bilan aylanishlar soni n_{nom} dan bir oz ortadi va salt ishlaganda maksimal qiymat $n_{salimax}$ ga erishadi.

9.1-rasmda, shuningdek, yonilg'ining effektiv solishtirma sarfining aylanishlar soniga qarab o'zgarish xarakteri ham ko'rsatilgan. Nominal aylanish soni n_{nom} dan salt ishlagandagi maksimal aylanish soni n_{smax} gacha bo'lgan diapazonda aylanishlar sonini cheklagich ta'sir qiladi. Bu diapazonda drossel zaslonkasi yopilib α ning o'sishi natijasida yonilg'ining solishtirma sarfi dastlab bir oz kamayadi, lekin keyinchalik, mexanik va indikator f.i.k.larining pasayishi natijasida (karbyuratorli dvigatellarda) ko'payadi.

9.2-rasmda sakkiz silindrli ZIL-130 karbyuratorli dvigateling tashqi tezlik xarakteristikasi, shuningdek, to'ldirish va havoning ortiqlik koeffitsiyentlarining egri chiziqlari ko'rsatilgan. Quvvat va buruvchi momentning nol indeksli qiymatlari GOST ga muvofiq quyidagi tenglamalar

kelmaydi, balki katta aylanishlar soni tomoniga surilgan bo'ladi. Effektiv quvvatning eng katta qiymatiga indikator quvvatning maksimumiga nisbatan aylanishlar soni n_e ning kichik qiymati to'g'ri keladi. O'rtacha effektiv bosimning maksimal qiymati $p_{emax} = p_{imax}$ ga qaraganda kichikroq aylanishlar sonida hosil bo'ladi.

Odatda, avtomobil dvigatellarida nominal aylanishlar soni n_{nom} n_e ga nisbatan kattaroq tanlanadi, bu esa maksimal tezlik rejimida dvigatelning turg'un ishlashini ta'minlaydi. Aylanishlar soni

bo'yicha normal sharoitlarga keltirilgan $p_0 = 1,013 \text{ bar} = 1,033 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 $= 760 \text{ mm. sim. ust. va } t_0 = 15^\circ\text{C}$:

$$N_{e_0} = AN_{e_i};$$

$$M_{e_0} = AM_{e_i};$$

bu yerda agar p_i bar bo'lsa,

$$A = \frac{1,013}{p_i} \cdot \frac{530+t}{545},$$

agar p_i kG/sm² bo'lsa,

$$A = \frac{1,013}{p_i} \cdot \frac{530+t}{545},$$

agar B_i mm sim. ust. bo'lsa,

$$A = \frac{760}{B_i} \cdot \frac{530+t}{545},$$

p_i va B_i = tashqi muhit temperaturasida sinash vaqtidagi bosim;

YAMZ — 236 avtomobil dizelining tashqi tezlik xarakteristikasi 9.3-rasmda keltirilgan.

9.1-jadvalda dvigatel tashqi tezlik xarakteristikasi bo'yicha ishlagandagi aylanishlar sonining chekka qiymatlari keltirilgan.

9.1-jadval

Avtomobil dvigateli tashqi tezlik tavsifi bo'yicha ishlagandagi aylanishlar sonining chekka qiymatlari

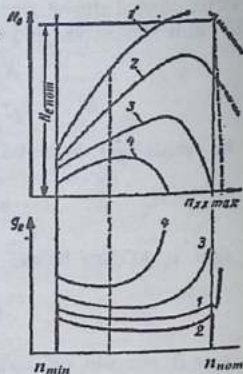
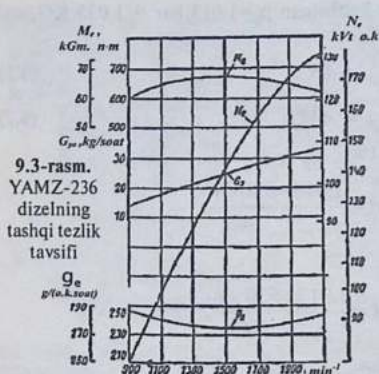
Tezlik rejimi	Karbyuratorli dvigatel	Dizel	Tezlik rejimi	Karbyuratorli dvigatel	Dizel
$n_{\min}$	300-600	350-700	$n_{\max}$	(0.4-0.6) $n_{\min}$	(0.4-0.6) $n_{\min}$
n_{nom}	4000-6000*	2000-4500***	n_{max}	(1.05-1.1) $n_{\min}$	(1.05-1.07) $n_{\min}$
	3000-4200**		$n_{\min}$	(1.7-2.0) $n_{\max}$	(1.7-2.0) $n_{\max}$

*-Yengil avtomobillar

**-Yuk avtomobillari

***-Yengil avtomobillarga o'rnatiladigan dizellar uchun aylanishlar sonining yuqori chegarasi

Qisman tezlik xarakteristikalari. Drossel zaslonkashning (karbyuratorli dvigatel) yoki yonilg'i berishni boshqarish organining (dizel) tezlik xarakteristikasi

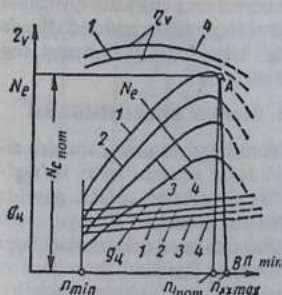


holatlarida dvigatel ko'rsatkichlarining aylanishlar soniga bog'liqligi qisman tezlik xarakteristikalar deb ataladi.

Karbyuratorli dvigatel va dizel uchun qisman xarakteristikalarini olish sharoitlari har xil.

Karbyuratorli dvigatelda qisman xarakteristikalar drossel zaslonkasining har xil holatlarida olinadi, bu esa to'ldirish koeffitsiyentining qiymatiga ta'sir etadi. Drossel zaslonkasi yopila borgan sari to'ldirish koeffitsiyenti keskinroq o'zgaradi. Shunga binoan, quvvat 9.4- rasmda ko'rsatilgandek o'zgaradi. Drossel zaslonkasi yopila borgan sari effektiv quvvatning maksimumi kichik aylanishlar soni tomonga siljiydi. Binobarin, dvigatelning yuklamasi tez pasayganda xaddan tashqari katta tezlikda ishlashiga yo'l qo'ymaslik uchun bu usuldan foydalanish mumkin.

Dizellarda yuklamani o'zgartirish uchun yonilg'i nasosining reykasi boshqa holatga qo'yiladi. Aylanishlar soni ortishi bilan yonilg'i beruvchi apparatura siklda beriladigan yonilg'i miqdori g_n ni bir oz oshiradi (9.5-rasm). Yuklama kamayishi bilan to'ldirish koeffitsiyenti η_v bir oz ortadi. Shuning uchun yuklama kamayganda aylanishlar sonining haddan tashqari katta qiymati nominal aylanishlar sonidan ancha katta bo'lib (9.1-rasmga qarang) dvigatelning zo'rayib boruvchi tezlik bilan ishlash havfini tug'diradi.



9.5-rasm. Dizelning tezlik xarakteristikalar: 1-tashqi tezlik tavsifi; 2,3,4-qisman xarakteristikalar; AB-tezlik xarakteristikalarining regulyatorli qismi.

Yuklama to'satdan pasayib, aylanishlar sonining keskin oshib ketishi mumkinligi sababli dvigatelning avariyasiga yo'l qo'ymaslik uchun dizelning salt ishlagandagi maksimal aylanishlar soni n_{max} ni cheklaydigan regulyator o'rnatish zarur. Bunday regulyator nominalga yaqin rejimda ishlaydigan dizelni boshqarishni yengillashtiradi.

Regulyatorni boshqarish organi o'zgarmas holatga qo'yilib, yuklama salt ishlashdan maksimal qiymatgacha oshirilganda olingan xarakteristika sozlagich xarakteristika deyiladi.

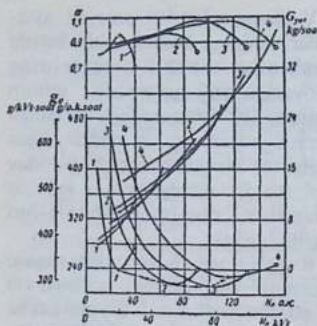
2. Yuklama xarakteristikasi

Dvigatel asosiy ko'rsatkichlarining o'zgarmas aylanishlar sonida yuklamaga bog'liqligi yuklama xarakteristika deb ataladi. Tormozlash stendida sinash paytida yuklama karbyuratorli dvigatelda drossel zaslonkasini siljitib, dizelda esa yonilg'i berishni boshqarish organini siljitib o'zgartiriladi. Yuklama xarakteristikani olish usuli yuqorida keltirilgan (8.7 va 8.8-rasmlarga qarang).

To'la yuklamada yonilg'ining soatli va solishtirma sarflari, yonilg'ining minimal effektiv solishtirma sarfi $g_{e min}$ ga mos keladigan yuklama va dvigatel salt ishlagandagi yonilg'ining soatli sarfi yuklama xarakteristikada ko'rsatilib, ular bo'yicha dvigatelni ishlash rejimini to'laroq aniqlash mumkin.

Yuklama xarakteristikalar dvigatelning tashqi va qisman tezlik xarakteristikalar bo'yicha ham tuzilishi mumkin. Buning uchun bir o'zgarmas aylanishlar sonida olingan va tezlik xarakteristikasidagi bir vertikal chiziqda joylashgan ma'lumotlardan foydalaniladi (masalan, 9.4-rasmdagi shtrixli ordinataga qarang).

Sakkiz silindrli ZIL-130 karbyuratorli dvigatelining har xil aylanishlar sonida va karbyurator standart usulda rostlanganda olingan yuklama xarakteristikalar 9.6-rasmda keltirilgan. Har bir xarakteristikaning doirachalar bilan belgilangan nuqtalari dvigatelning tashqi tezlik xarakteristikasi bo'yicha ishlash sharoitiga mos keladi. Har bir tezlik rejimida havoning ortiqlik



9.6-rasm. ZIL-130 karbyuratorli dvigatelning yuklanish tavsifi: 1- $n=800 \text{ min}^{-1}$; 2- $n=1600 \text{ min}^{-1}$; 3- $n=2400 \text{ min}^{-1}$; 4- $n=3200 \text{ min}^{-1}$

holati kiradi. Dvigatelning optimal ko'rsatkichlarini shu ko'rsatkichlarga bog'liq ravishda tanlash uchun olinadigan xarakteristikalar rostdash xarakteristikalar deyiladi.

9.7-rasmda avtomobil dvigatelining rostdash xarakteristikalar keltirilgan. Bunday xarakteristikalar drossel zaslonkasining o'zgarish holatida olinadi. Bu sharoitlarda dvigatelning quvvati va tejamliyligi yondirishni ilgarilash burchagi φ_{yo} ga bog'liq holda o'zgaradi.

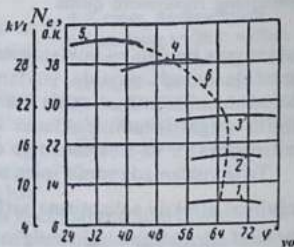
Drossel zaslonkasining bir qancha holatlari va tirsakli valning turli aylanishlar sonida olib borilgan tajriba natijalari bo'yicha dvigatelning yuklama va tezlik rejimlariga qarab yondirishni ilgarilash burchagining optimal qiymati tanlanadi.

GAZ-24 dvigateli tirsakli valining

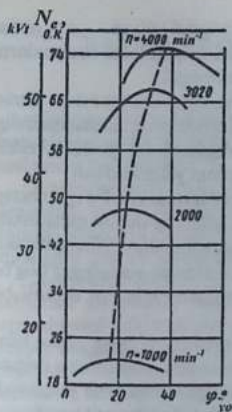
koefitsiyentining eng katta qiymatida eng yaxshi tejamliylikka erishiladi. Bunda yonilg'i bilan havo aralashmasi eng samarali yonadi.

3. Rostlash xarakteristikalar

Yonish jarayonining kechish si-fatiga ta'sir etuvchi ba'zi ko'rsat-kichlar dvigatelni sinash paytida tanlanishi mumkin. Karbyuratorli dvigatellarda bunday ko'rsatkichlarga yondirishni ilgarilash burchagi va yonuvchi aralashma tarkibi; dizellarda esa yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi va aralashmaning tutunsiz yonishini ta'minlaydigan reykaning chekka



9.7-rasm. Avtomobil karbyuratorli dvigatelining $n=3450 \text{ min}^{-1}$ va drossel zaslonkasining har xil holatlarida yondirishni ilgarilash burchagi bo'yicha rostdash tavsifi: 1- $\alpha=1.035$ va $\eta_v=0.33$; 2- $\alpha=1.10$ va $\eta_v=0.48$; 3- $\alpha=1.16$ va $\eta_v=0.63$; 4- $\alpha=1.15$ va $\eta_v=0.80$; 5- $\alpha=0.88$ va $\eta_v=0.77$; 6- karbyuratorni juda tejamli ishlashga sozlaganda yondirishi ilgarilash burchagi



9.8-rasm. GAZ-24 dvigateli tirsakli valining har xil aylanishlar sonida va drossel zaslonka to'liq ochilganda yondirishni ilgariylash burchagini roslash tavsifi

keng ko'lamda o'zgarishi mumkin. Avtomobilning turg'un rejimda harakatlaniishini saqlash uchun harakat qarshiligi o'zgarganda dvigatelning momenti bilan qarshilik momentining o'zaro tengligi dvigatelning tezlik rejimi juda oz o'zgargan holda tiklanishi lozim.

9.9-rasmda uchta dvigatelning tashqi tezlik xarakteristikalariga mos keladigan effektiv burovchi momentlarning egri chiziqlari I-III keltirilgan. Barcha dvigatellar nominal rejimda bir xil burovchi moment M_{eff} hosil qiladi.

Barcha dvigatellar tirsakli valning nominal aylanishlar sonida qarshilik momenti $M_{\Sigma 1}$ ni yenga oladi. Agar harakat sharoitlariga ko'ra qarshilik momenti ortib, $M_{\Sigma 2}$ egri chizig'iga mos kelsa, u holda birinchi dvigatel uchun turg'un rejim tirsakli valning aylanishlar soni Δn_1 qadar kamayib n_2 ga yetganda, ikkinchi dvigatel uchun Δn_2 qadar kamayib, Δn_3 ga yetganda, uchinchi dvigatel uchun esa Δn_3 qadar kamayib, n_4 ga yetganda qayta tiklanadi.

Agar avtomobilning harakat qarshiligi egri chiziq $M_{\Sigma 2}$ ga mos kelsa, u holda birinchi dvigatel uchun turg'un rejim tirsakli valning aylanishlar soni

turli aylanishlar sonida va drossel zaslonkasi to'la ochiq bo'lganda yondirishni ilgariylash burchagining dvigatel quvvatiga ta'siri 9.8-rasmda ko'rsatilgan.

Tirsakli valning turli aylanishlar sonidagi yondirishni ilgariylash burchagining optimal qiymatlari shtrix chiziq bilan birlashtirilgan. Odatda, detonatsiyaning paydo bo'lishiga yo'l qo'ymaslik maqsadida yondirishni ilgariylash burchagi kichikroq qilib olinadi.

9.3. AVTOMOBIL DVIGATELI ISHLASH REJIMINING TURG'UNLIGI VA BUROVCHI MOMENTI ZAPASI

Dvigatel turg'un rejimda hosil qilgan burovchi moment avtomobilning yurishiga qarshilik qiluvchi momentlar yig'indisiga teng. Avtomobilni ishlatganda qarshilik momenti bir qancha omillar (yo'l profili va uning holati, havo qarshiligining o'zgarishi va hokazolar) ga bog'liq bo'lib,

Δn_1 qadar kamayib, n_2 ga yetganda, ikkinchi dvigatel uchun — Δn_2 qadar kamayib, Δn_1 ga yetganda tiklanadi, uchinchi dvigatel esa uzatmalarni almashtirib qo'shmasak, bu yuklamani yenga olmaydi.

9.9-rasmdan ko'rinib turibdiki, dvigatelning burovchi momenti tikroq ko'tarilgan egri chiziq bo'ylab o'zgarsa, u holda avtomobilning harakat qarshiligi o'zgarganda aylanishlar soni qisqa chegarada o'zgaradi. Bu qarshilik keskin ortganda dvigatelning quvvati uni yenga olish uchun yetarli bo'ladi.

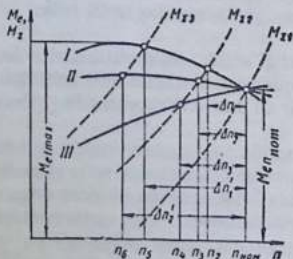
Karbyuratorli dvigatel qisman yuklamalarda ishlayotganda N_e egri chizig'i to'la yuklamadagiga qaraganda tikroq bo'ladi, shuning uchun qarshiliklar o'zgarganda aylanishlar soni qisqa chegarada o'zgaradi. Avtomobilning harakat qarshiligiga qarab Δn ning o'zgarish xarakteri dizelda yuklamaga bog'liq bo'lmaydi, chunki uning tashqi va qisman xarakteristikalari deyarli bir xil.

Avtomobil dvigateli rejimining turg'unligi burovchi moment zapasi bilan baholanadi. Burovchi moment zapasi maksimal burovchi momentning dvigatel nominal rejimda hosil qiladigan burovchi momentga nisbati bilan aniqlanadi. Moslashish koeffitsiyenti deb ataladigan bu nisbat quyidagicha aniqlanadi:

$$K = \frac{M_{e_{\max}}}{M_{en_{\text{nom}}}} \quad (9.3)$$

Dvigatelning burovchi momenti M_e o'rtacha effektiv bosimga to'g'ri proporsional, shuning uchun:

$$K = \frac{P_{e_{\max}}}{P_{en_{\text{nom}}}}$$



9.9-rasm. Burovchi momentning aylanishlar soniga qarab o'zgarishining dvigatelning turg'un ishlashiga ta'siri

Karbyuratorli dvigatellar nisbatan turg'un rejimda ishlaydi va ularning moslashish koeffitsiyenti $K=1.25 \div 1.35$ bo'ladi. Dizellarning burovchi momenti yotiqroq egri chiziq bilan xarakterlanib, ularning moslashish koeffitsiyenti 1,15 dan oshmaydi. Dizellarning moslashish koeffitsiyentini yaxshilash uchun aylanishlar soni pasayishi bilan siklda yonilg'ini ko'proq beradigan maxsus korrektor-moslamadan foydalanish zarur (XII bobga qarang).

X bob KARBYURATSIYA VA KARBYURATORLAR

10.1. UMUMIY MA'LUMOT

Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayonining yaxshi borishini ta'minlovchi asosiy omillardan biri karbyuratorda bir jinsli yonuvchi aralashma tayyorlashdir.

Karbyuratorda yonilg'i to'ziydi, qisman bug'lanadi, va havo bilan aralashib, yonish jarayonining samarali o'tishini ta'minlash uchun zarur tarkibli yonuvchi aralashma hosil bo'ladi. Dvigatelning tejamliligi va hosil qiladigan quvvati karbyuratorning sifatli ishlashiga bog'liq.

Avtomobil dvigateliga o'rnatiladigan karbyurator avtomobilni uzoq ishlatish jarayonida barcha yuklama va tezlik rejimlarida yonuvchi aralashmani to'g'ri dozalashtirish va bu dozalashtirishning stabililigini ta'minlashi lozim. Dvigatelning bir rejimdan ikkinchi rejimga tez o'tishi va o'zgaruvchan rejimlarda normal ishlashi uchun karbyurator quyidagi talablarni qondirishi kerak: 1) bir jinsli yonuvchi aralashma hosil qilishi lozim. Aralashmaning tarkibidagi yonilg'ining mumkin qadar ko'p qismi bug'lanib, havo bilan aralashishi zarur; 2) barcha yuklama va tezlik rejimlarida zarur tarkibli yonuvchi aralashma hosil qilishi lozim; 3) qisqa vaqt ichida dvigatelning zarur ish rejimini ta'minlashi kerak. Bulardan tashqari, karbyurator puxta va oddiy tuzilgan, ishlatilishi oson va qulay bo'lishi lozim.

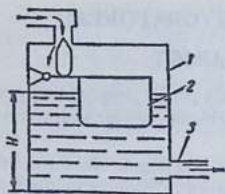
Drossel zaslonkasi to'la ochiq bo'lganda dvigatelning yangi zaryadga ko'proq to'lishi uchun karbyuratordagi qarshilik mumkin qadar oz bo'lishi zarur.

Karbyuratsiya jarayonini o'rganish uchun havoning diffuzor orqali, yonilg'ining esa jiklyor orqali o'tish shartlarini ko'rib chiqish zarur. Suyuqliklarning oqish hossalari gidrodinamika kursida o'rganiladi. Quyida gidrodinamika kursidan qisqacha ma'lumot keltirilgan.

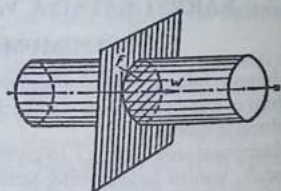
10.2. GIDRODINAMIKADAN QISQACHA MA'LUMOT

1. Asosiy tushunchalar

Suyuqlikning idishdan oqib chiqish jarayonini ko'rib chiqamiz (10.1-rasm). Bu idishdagi pastki teshikdan suyuqlik oqib chiqishi bilan bir vaqtda boshqa teshikdan suyuqlik kiradi, natijada uning satxi H o'zgarmaydi. Bunday hodisa, masalan, karbyuratorning qalqovuchli kamerasida sodir bo'ladi. Bu holda suyuqlik teshikdan vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan bir xil tezlikda oqib chiqadi. Bunday harakat turg'un harakat deyiladi. Agar suyuqlik oqib chiqishi bilan idish bo'shab borsa, u holda har bir ko'rilyotgan paytda suyuqlik ustunining balandligi o'zgarib, oqib chiqish tezligi ham kamayadi. Bunday harakat noturg'un harakat deyiladi.



10.1-rasm. Suyuqlikning idishdan oqib chiqish sxemasi: 1-idish; 2-qalqovuch; 3-nasadka



10.2-rasm. Suyuqlikning trubkadan oqib chiqish sxemasi

10.2-rasmda suyuqlik oqimi tasvirlangan. O'zaro parallel bo'lgan suyuqlik oqimlari gorizontal chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Oqimning ixtiyoriy joyidan tik tekislik o'tkazamiz. Hosil bo'lgan kesim F oqimning jonli kesimi deyiladi. Agar bu kesimda oqimning tezligi ω bo'lsa, u holda kesim orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$Q = F\omega, \text{ m}^3/\text{sek}, \quad (10.1)$$

yoki

$$G = F\omega\rho, \text{ kg/sek.} \quad (10.2)$$

Naycha orqali zichligi o'zgarmas ($\rho = \text{const}$) bo'lgan ideal suyuqlik oqib o'tyapti, deb faraz qilamiz (10.3-rasm). U holda har qanday ko'ndalang kesimdan bir xil miqdorda suyuqlik oqib o'tadi. Binobarin:

$$Q = F_1\omega_1 = F_2\omega_2 = \dots = F_n\omega_n = \text{const}. \quad (10.3)$$

(10.3) tenglama tutashlik tenglamasi deyiladi. Bu tenglamadan foydalanib, quyidagi ifodani olamiz:

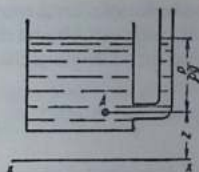
$$\omega_2 = \frac{F_1\omega_1}{F_2}. \quad (10.4)$$

Harakatlanayotgan suyuqlik energiyasining balansini tuzish uchun solishtirma energiya e tushunchasini kiritamiz. Solishtirma energiya og'irlik kuchi birligi G ga to'g'ri keladigan energiya E dir. U holda har qanday turdagi energiya uchun solishtirma energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$e = \frac{E}{G}, \text{ .M.} \quad (10.5)$$



10.3-rasm. Zichligi o'zgar-
maydigan suyuqlikning o'z-
garuvchan kesimli trubkadan
oqish sxemasi



10.4-rasm. Suyuqlikning to'la
energiyasini aniqlash

Bu formulaga ko'ra, solishtirma energiya uzunlik birligida o'lchanadi. Suyuqlikning energiyasi umumiy holda holat energiyasi, bosim energiyasi va kinetik energiya yig'indisidan ibrat.

Suyuqlik bilan to'ldirilgan idishni ko'rib chiqamiz (10.4-rasm).

Idish ostidan gorizontal xx tekisligini o'tkazib, hisobni shu tekislikka nisbatan olib boramiz.

A zonasidagi suyuqlik zarrachasining xx tekislikka nisbatan to'la holat energiyasi $E_{hol} = G_z$, holatning solishtirma energiyasi esa

$$e_{hol} = \frac{E_{hol}}{G} = z \quad (10.6)$$

bo'ladi.

Demak, holatning solishtirma energiyasi son jixatidan nuqtaning xx koordinatalar tekisligidan bo'lgan geometrik balandligiga teng.

Ko'rib chiqnayotgan zarracha A zonada atrofdagi suyuqlik bosimi ostida bo'ladi. Bu bosim quyidagicha hisoblanadigan ustun balandligiga teng:

$$H_{bos} = \frac{p}{\rho g}$$

U holda bosimning to'la energiyasi:

$$E_{bos} = G \frac{p}{\rho g}$$

bosimning solishtirma energiyasi:

$$e_{bos} = \frac{E_{bos}}{G} = \frac{p}{\rho g} \quad (10.7)$$

Holat va bosim solishtirma energiyalarining yig'indisi solishtirma potentsial energiya yoki pezometrik bosim deyiladi. Pezometrik bosim xx tekislikdan pezometrda suyuqlik sathigacha bo'lgan suyuqlik ustunining balandligiga teng:

$$H = z + \frac{p}{\rho g}$$

ω tezlikda harakatlanayotgan m massali suyuqlik zarrachasining kinetik energiyasini quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin:

$$E_{kin} = \frac{m\omega^2}{2}$$

U holda tezlik bosimi deb ataluvchi solishtirma kinetik energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$e_{kin} = \frac{m\omega^2}{2G}$$

bu yerda: $G = mg$.

Shuning uchun:

$$e_{kin} = \frac{\omega^2}{2g} \quad (10.8)$$

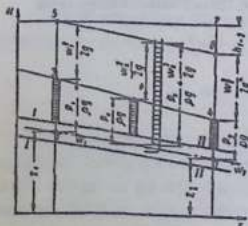
Bernulli tenglamasi

Suyuqlik zarrachasining $I-I$ -kesimdagi 1 nuqtadan $II-II$ kesimdagi 2 nuqtagacha bo'lgan harakatini ko'zdan kechiramiz. (10.5-rasm)-kesimda suyuqlik zarrachasining tezligi ω_1 bosimi p_1 va zarrachaning gorizontal tekislikdan balandligi z_1 ; $II-II$ kesimda zarrachaning ko'rsatkichlari tegishli ω_2 , p_2 va z_2 bo'ladi.

Shunday qilib, holat, bosim va kinetika solishtirma energiyalarning yig'indisi mos holda quyidagicha bo'ladi.

$I-I$ - kesimda:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g}, \quad (10.9)$$



10.5-rasm. Suyuqlikning trubkada harakatlanish sxemasi

II-II- kesimda:

$$z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}, \quad (10.10)$$

I-I- kesim bilan II-II - kesim orasidagi uchastkada suyuqlik oqqanda bosim yo'qolmaydi, deb faraz qilamiz. Bu holda energiyaning balansiga asoslanib, quyidagini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} = \text{const}. \quad (10.11)$$

Lekin haqiqatda suyuqlik oqqanda energiyaning bir qismi qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'ladi. Bosimning yo'qotilgan qismini h_{1-2} bilan ifodalaymiz, u holda (10.11) tenglama I-I kesimdan II-II kesimgacha bo'lgan uchastkada yo'qotilgan bosimni hisobga olinib, quyidagicha yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_{1-2}. \quad (10.12)$$

(10.11) va (10.12) tenglamalar ko'rib chiqilayotgan suyuqlik zarrachasi uchun Bernulli tenglamasi deyiladi. Bu tenglama tekis, sezilarli darajada og'masdan (10.3-rasmga qarang) harakat qiladigan suyuqlik oqimi uchun ham qo'llaniladi.

Bernulli tenglamasidagi barcha qo'shiluvchilar uzunlik birligida o'lchanadi. Shuning uchun abssissalar o'qiga ko'rilyotgan uchastkaning uzunligi, ordinatalar o'qiga esa solishtirma energiyalar yoki bosimlar yozilgan koordinatalar tizimidan foydalanib, suyuqlikning harakat chizig'i bo'ylab bu qiymatning o'zgarish xarakteristikasini olish mumkin. 10.5-rasmdagi 1-2 chiziq suyuqlik zarrachasining harakat trayektoriyasini; 3-4 chiziq

$z + \frac{p}{\rho g}$ ga teng bo'lgan pezometrik bosimni; 5-6 chiziq esa $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g}$ ga teng bo'lgan to'la bosimni xarakterlaydi.

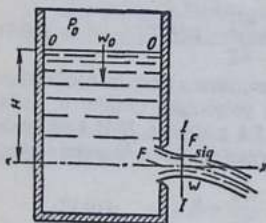
Gorizontal chiziq bilan 5-6 chiziq orasidagi kesma suyuqlik oqayotgan uchastkada bosimning yo'qotilgan qismini xarakterlaydi.

Pezometrik va tezlik bosimlarining qiymatlarini o'lchash uchun suyuqlik oqayotgan trubaga pezometr va egri nay o'rnatish kerak. Egri naycha (Pito naychasi) ning ochiq uchi suyuqlik oqimiga qarshi o'rnatiladi.

Pezometrda suyuqlik ustunining balandligi $\frac{p}{\rho g}$ qiymatga, Pito

naychasidagi balandlik esa to'la bosimga, ya'ni $\frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g}$ to'g'ri keladi. Bu tenglamalarning ayirmasi tezlik bosimi $\frac{\omega^2}{2g}$ ga teng bo'ladi.

3. Suyuqlikning oqib chiqishi



10.6-rasm. Suyuqlikning rezervuardan oqib chiqish sxemasi

Suyuqlikning idishdan kesim yuzi F bo'lgan teshik orqali tashqariga (atmosfera) oqib chiqishini ko'rib o'taylik (10.6- rasm).

Suyuqlik o'tkir qirrali teshik orqali oqib chiqayotganda teshik yaqinida siqiladi va uning ko'ndalang kesimi F_{siq} teshikning ko'ndalang kesimi F dan kichik bo'ladi.

Kesim yuzlarining nisbatini $\frac{F_{siq}}{F} = \varepsilon$ deb belgilaymiz.

Bu qiymat doim birdan kichik bo'lib, siqish koeffitsiyenti deb ataladi.

Ikki kesimni ko'rib chiqamiz: bosimi p_0 , suyuqlikning oqish tezligi ω_0 bo'lgan erkin yuza kesimi $O-O$ va oqish tezligi ω bo'lgan $I-I$ kesim.

Koordinatalar o'qini teshik o'qi bo'ylab joylashtiramiz va suyuqlik sathining shu o'qdan balandligini H bilan belgilaymiz. U holda Bernulli tenglamasi ko'rilyotgan ikki kesim uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$z_0 = \frac{p_0}{\rho g} + \frac{\omega_0^2}{2g} = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_{yo'qot},$$

bu yerda $h_{yo'qot}$ — suyuqlik teshik orqali oqib chiqqanda yo'qotilgan bosim;

$z_0 = \frac{p_0}{\rho g} + \frac{\omega_0^2}{2g} = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_{yo'qot}$ teshikning o'tkazish kesimiga nisbatan olingan qarshilik koeffitsiyenti;

$z_0 + \frac{p}{\rho g} = H$ — kesim $O-O$ dagi suyuqlik zarrachasining solishtirma

potensial energiyasi (pezometrik bosimi); $z + \frac{p}{\rho g} = 0$ — kesim $I-I$ dagi suyuqlik zarrachasining solishtirma potensial energiyasi.

Tezlik ω_0 tezlik ω ga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun $\omega_0=0$ deb qabul qilib, quyidagi ifodani yozamiz:

$$H = \frac{\omega^2}{2g} + \xi \frac{\omega^2}{2g}$$

yoki

$$H = (1 + \xi) \frac{\omega^2}{2g}$$

Bu yerdan suyuqlikning oqib chiqish tezligi:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi}} \sqrt{2gH} \quad (10.13)$$

Bu formulada $\frac{1}{\sqrt{1 + \xi}} = \varphi$ deb belgilab, uni tezlik koeffitsienti deb ataymiz. U holda

$$\omega = \varphi \sqrt{2gH}$$

bo'ladi. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra

$$\varphi \approx 0,97$$

Oqib chiquvchi suyuqlik miqdori:

$$Q = F_{sq} \omega, \text{ m}^3/\text{sek}.$$

(10.13) ifodani va oqimning siqilish koeffitsiyentini hisobga olsak:

$$Q = \xi \varphi F \sqrt{2gH} = \mu F \sqrt{2gH} \quad (10.14)$$

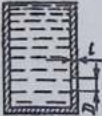
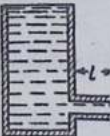
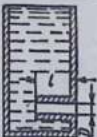
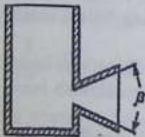
bo'ladi, bu yerda μ = sarflanish koeffitsiyenti ($\mu = \xi \cdot \varphi$);

(10.14) tenglamaga ko'ra, berilgan teshikning kesimi orqali oqib chiquvchi suyuqlik miqdori $\xi \cdot \varphi$ ko'paytma bilan aniqlanadi. Oqib chiquvchi suyuqlik miqdorini oshirish uchun teshik og'ziga turli shakldagi nasadkalar o'rnatiladi. Nasadkaning uzunligi l diametri D dan 3-4 marta katta bo'lishi lozim. Nasadka ishlatilganda oqim uning ichida siqiladi. Nasadkadan chiqishda suyuqlik oqimi nasadkaning butun kesim yuzini to'latadi va $\xi = 1$ bo'ladi.

Nasadka ishlatilganda suyuqlikning ko'p oqib chiqishiga asosiy sabab shuki, suyuqlikning eng katta siqilish zonasida siyraklanish hosil bo'lib, mazkur kesimda suyuqlikning tezligi oshadi.

Turli teshiklar va nasadkalar uchun tajriba koeffitsiyentlarining qiymatlari 10.1-jadvalda keltirilgan.

Turli nasadkalar ucun tajriba koeffitsientlarining qiymatlari

Nasadka turi	ε	ξ	φ	μ
 $l < 3D$	0,64	0,06	0,97	0,62
 $l = (3-4)D$	1	0,49	0,82	0,82*
 $l = (3-4)D$ Idish ichida joylashgan silindrik nasadka	1	1	0,71	0,71
 $l = (3-4)D$	0,98	0,06	0,97	0,95
 $l = (3-4)D$	1	3,94	0,45	0,45
Kirish qirralarini yumaloqlashda $\mu=0,97$				

10.3. ELEMENTAR KARBYURATOR

1. Elementar karbyuratorning sxemasi

Havo oqimi yuqoridan pastga yo'nalgan elementar yoki oddiy karbyuratorning sxemasi 10.7-rasm, a da ko'rsatilgan. Uning asosiy elementlari quyidagilar:

1. Havo emulsiya trakti (yo'li); bu yo'ldan toza havo va uning yonilg'i bilan aralashmasi (yonilg'i emulsiyasi) oqadi. Havo emulsiya yo'li havo tozalagichga tutashtirilgan havo kirituvchi patrubok 4, diffuzor 6 va ostki qismida drossel zaslonkasi 8 joylashgan aralashtirish kamerasi 7 dan iborat. Drossel zaslonkasi 8 o'qda buraladi.

2. Yonilg'i emulsiya yo'li. Bu yo'ldan sof yonilg'i va yonilg'i emulsiyasi oqadi.

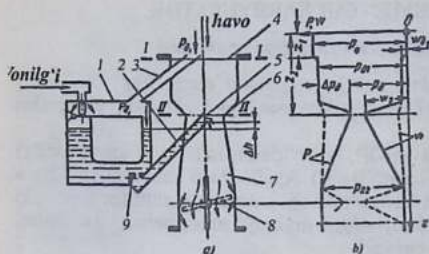
Yonilg'i emulsiya yo'li qalqovuchli konus shaklidagi berkituvchi klapanli kamera, kalibrlangan teshik, ya'ni jiklyor 9, naycha (yoki kanal) 2 va diffuzor 6 ning toraygan qismida joylashgan to'zitgich 5 dan iborat.

Kiritish jarayonida havo tashqi muhitdan havo tozalagich va karbyurator orqali ma'lum tezlik bilan kiritish trubalariga keladi. Diffuzor 6 avval torayuvchi, keyinchalik kengayuvchi konusdan iborat. Havo karbyuratorning diffuzoridan o'tganda uning bosimi o'zgaradi. Drossel zaslonkasi to'la ochilgan vaqtda traktidagi havo bosimi va tezligining o'zgarish xarakteri 10.7- rasm, b da sidiq'a chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Diffuzor torayib borgan sari u orqali o'tayotgan havo bosimi ham kamayib boradi va diffuzorning eng tor qismida o'zining eng kichik qiymati p_d ga erishadi. So'ng diffuzor kengayib borgan sari havo bosimi ham orta boradi. Qarshiliklarning mavjudligi natijasida diffuzorning oxiridagi havo bosimi p_{d1} diffuzor oldidagi havo bosimi p_{d2} dan kichik bo'ladi.

Havo harakatlanganda bosimning yo'qotilishi natijasida karbyuratorning havo-emulsiya traktidagi bosim atmosfera bosimidan doim kichik bo'ladi. Diffuzorning eng tor qismida siyraklik ko'p bo'ladi, chunki bu yerda havo maksimal tezlikda oqadi (havo ko'p sarflanganda uning tezligi taxminan 150 m/sek ga yetadi).

Yonilg'i qalqovuchli kamera 1 da joylashgan bo'lib, uning sathi taxminan o'zgarmay turadi. Qalqovuchli kameraga yonilg'i tushganda yonilg'i sathi ko'tariladi, qalqovuch yuqoriga qalqib chiqib, ignasimon klapani ko'taradi, shunda klapan yonilg'i keladigan teshikni berkitadi. Yonilg'i sarflanmasa qalqovuchli kameraga yonilg'i tushmaydi, binobarin undagi yonilg'i sathi o'zgarmaydi. Qalqovuch shunday o'rnatilishi lozimki, kameradagi yonilg'i satxi to'zitgich 5 ning og'zidan kamida $\Delta h=5 \div 8$ mm past bo'lsin. To'zitgich bunday joylashsa, dvigatel ishlamay turganda yoki avtomobil ko'p qiyalanganda yonilg'i kameradan oqib ketmaydi.



10.7-rasm. Havo oqimi pastga yo'nalgan oddiy karbyuratorning sxemasi

muvozanatlangan qalqovuchli kamera deyiladi. Bu holda kameradagi bosim havo patrubogining kirish qismidagi bosimga o'xshagan bo'ladi. Shuning uchun karbyuratorning oldida joylashgan havo filtri ifloslanganda ham yonilg'i havo aralashmasi quyuvqlashib ketmaydi.

Agar qalqovuchli kamera atmosfera bilan tutashgan bo'lsa, u muvozanatlanmagan kamera deyiladi. Bunday kameralar sodda tuzilgan karbyuratorlarda, masalan, dizellarning yurgizib yuborish dvigatellarida, shuningdek, qizigan dvigatellarni ishga tushirishni osonlashtirish uchun oddiy karbyuratorlarda ishlatiladi.

To'zitgich 5 diffuzor 6 ning bo'g'ziga o'rnatilgan bo'lib, uning yonilg'i chiqadigan uchi diffuzorning tor qismida, ya'ni eng katta siyraklanish zonasida joylashgan.

Havo-emulsiya traktida havo harakatlenganda, qalqovuchli kameradagi bosim diffuzordagi bosimdan yuqori bo'ladi. Agar qalqovuchli kamera atmosfera bilan boglangan bo'lsa, undagi siyraklik nolga teng bo'ladi. Diffuzordagi bosim qalqovuchli kameradagi bosimga nisbatan kam bo'lib, yonilg'i qalqovuchli kamera va diffuzor 6' dagi bosimlar farqi ta'sirida jiklyor 9 va to'zitgich 5 orqali diffuzor 6 ga purkaladi. Yonilg'i diffuzorda katta tezlikda o'tayotgan havo oqimiga ergashib, to'ziydi, qisman bug'lanadi, havo bilan aralashadi va kiritish trubalari orqali dvigatelning silindrlariga kiradi.

Dvigatel tirsakli vali sekin aylanib salt ishlayotgan vaqtda, ya'ni drossel zaslonkasi oxirigacha yopilganda qalqovuchli kamera bilan diffuzordagi bosimlar farqi juda oz bo'lgani uchun yonilg'i diffuzorga kelmaydi.

10.7- rasm, b da shtrix chiziqlar bilan ko'rsatilgandek, katta siyraklik va unga mos katta tezlik drossel zaslonkaning ketida hosil bo'ladi. Bunday siyraklashishdan kam yuklamada va salt ishlash paytida yonilg'ini dozalashda foydalaniladi.

Qiya qirqimli og'zi havo oqimiga qarshi o'rnatilgan naycha 3 qalqovuchli kamera 1 ni havo kiritish patrubogiga, ya'ni diffuzor oldidagi bo'shliqqa tutashtiradi, shuning uchun ham qalqovuchli kamerada yonilg'i ustidagi havo bosimi diffuzor oldidagi havo bosimi p_0 ga teng. Bunday qalqovuchli kamera

2. Elementar karbyuratorning xarakteristikasi

Yonilg'i diffuzor 6 ga tushishdan oldin (10.7-rasm, a) jiklyor 9 dan o'tadi. To'zitgich 5 dan oqib tushadigan yonilg'ining miqdori jiklyorning oldi va ketidagi bosimlar farqi, jiklyorning o'tkazish kesim yuzi va uning qarshiligi bilan aniqlanadi. Diffuzor 6 orqali o'tayotgan havoning miqdori, o'z navbatida, diffuzor oldi va ketidagi bosimlar farqi, diffuzor bo'g'zining o'tish kesim yuzi va uning qarshiligi bilan aniqlanadi.

Diffuzor bo'g'zining va jiklyorning o'tkazish kesimlarini tanlab, yonuvchi aralashmaning talab etilgan tarkibini hosil qilish mumkin. Aralashmaning tarkibi havoning ortiqlik koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. Bu koeffitsiyent quyidagicha hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{G_h}{G_{yo} I_o},$$

bu yerda G_h — 1 sek davomida diffuzor orqali o'tgan havo miqdori, kg;

G_{yo} — 1 sek davomida jiklyor orqali o'tgan yonilg'i miqdori, kg;

I_o — 1 kg yonilg'ining to'la yonishi uchun kerak bo'lgan havoning nazariy miqdori, kg.

(10.2) tenglamaga binoan diffuzordan o'tayotgan havo miqdori oqimning siqilish koeffitsiyentini hisobga olgan holda quyidagicha aniqlanadi:

$$G_h = \varepsilon_d E_d \omega_d \rho_0, \quad (10.15)$$

bu yerda ε_d — oqimning siqilish koeffitsiyenti: $\varepsilon_d = 0,95$;

F_d — diffuzor bo'g'zining o'tkazish kesimi yuzi, m^2 ;

ω_d — diffuzor bo'g'zidagi havoning tezligi, m/sek;

ρ — havoning zichligi, kg/m^3 .

Havoning karbyuratorga kirishidagi kesim I-I va diffuzordagi eng minimal kesim II — II uchun (10.7- rasm, a) Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_{a1}}{\rho_0 g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 = \frac{p_d}{\rho_d g} + \frac{\omega_d^2}{2g} + \xi_{1-II} \frac{\omega_d^2}{2g}.$$

Ko'rib chiqilayotgan kesimlar orasidagi sathlar farqi kam, shuning uchun $z_1 = z_2$ deb qabul qilish mumkin. Bosimlar orasidagi farq $p_{d1} - p_d = \Delta p_d$ kam bo'lgani uchun $p_d = p_0$ va kirishdagi havoning tezligi kichikligi sababli $\omega_1 = 0$ deb qabul qilamiz. Bu holda

$$\frac{p_{d1} - p_d}{\rho_0} = (1 + \xi) \frac{\omega_d^2}{2}$$

bo'ladi. $\frac{1}{\sqrt{1+\xi}} = \varphi$ bo'lganligi uchun havoning diffuzordagi oqish tezligi

$$\omega_d = \varphi_d \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p_d}{\rho_0}}, m / sek \quad \text{bo'ladi, (10.16)}$$

bu yerda φ_d — diffuzordagi tezlik koeffitsiyenti; $\varphi_d = 0,75 \div 0,9$;
 ω_d ning qiymatini (10.15) tenglamaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$G_h = \xi_d \varphi_d F_d \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p_d}{\rho_0} \rho_0^2}.$$

$\xi_d \varphi_d = \mu_d$ — ya'ni diffuzorning sarflash koeffitsiyentiga teng bo'lganligi uchun

$$G_h = \mu_d F_d \sqrt{2 \cdot \Delta p_d \rho_0}, \text{ kg/sek} \quad (10.17)$$

bo'ladi.

Eski birliklarda, ya'ni Δp_d kG/m² hisobida ifodalansa,

$$G_h = \mu_d F_d \sqrt{2g \cdot \Delta p_d \rho_0}$$

bo'ladi.

Qalqovuchli kameradagi yonilg'i ustuni hosil qiladigan bosimni hisobga olmay va tutashlik hamda Bernulli tenglamalaridan foydalanib, silindrga beriladigan yonilg'i miqdorini topamiz:

$$G_{y_0} = \mu_j f_j \sqrt{2 \cdot \Delta p_d \rho_{y_0}}, \text{ kg/sek} . \quad (10.18)$$

Bu yerda μ_j — jiklyorning sarflash koeffitsiyenti; $\mu_j = 0,70 \div 0,85$;

f_j — jiklyorning o'tkazish kesimi yuzi;

ρ_{y_0} — yonilg'ining zichligi, kg/sm³.

Eski birliklarda:

$$G_{y_0} = \mu_j f_j \sqrt{2g \cdot \Delta p_d \rho_{y_0}}, \text{ kg/sek}.$$

(10.17) va (10.18) tenglamalardan yonilg'ining elementar tarkibini bilgan holda va havoning nazariy zarur miqdorini hisoblab chiqib, havoning ortiqlik koeffitsiyentini aniqlash mumkin:

$$\alpha = \frac{G_h}{G_{yo} l_0} = \frac{F_d \mu_d \sqrt{2 \cdot \Delta p_d \rho_0}}{l_0 f_j \mu_j \sqrt{2 \cdot \Delta p_d \rho_{yo}}} = \frac{1}{l_0} \frac{F_d}{f_j} \cdot \frac{\mu_d}{\mu_j} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_{yo}}} \quad (10.19)$$

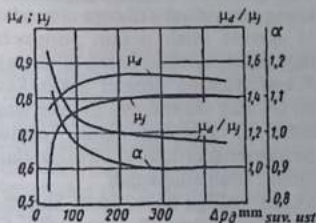
Diffuzor bo'g'zining va jiklyorning tanlangan o'lchamlari hamda berilgan yonilg'i uchun chiqarilgan (10.19) tenglamada:

$$\frac{1}{l_0} \cdot \frac{F_d}{f_j} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_{yo}}} = A_j$$

unda

$$\alpha = A_j \frac{\mu_d}{\mu_j} \quad (10.20)$$

bo'ladi.



10.8-rasm. Oddiy karbyuratorda havoning ortiqlik koeffitsiyentining diffuzor hamda jiklyor sarflash koeffitsiyentlari (μ_d ; μ_j) ning diffuzordagi siyraklik ΔP_d ga bog'liqligi

Havoning ortiqlik koeffitsiyentining elementar karbyurator diffuzoridagi siyraklashishga bog'liqligi 10.8-rasmda keltirilgan.

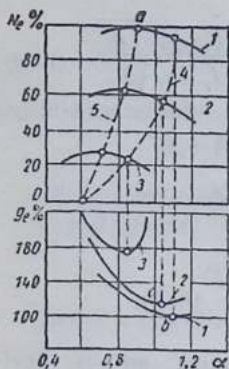
Aylanishlar soni o'zgarmagan holda dvigatelning yuklamasi oshib, drossel zaslonkasi ochilsa yoki drossel zaslonkasining holati o'zgarmasdan, aylanishlar soni oshsa, diffuzordagi siyraklashish ortadi. Jiklyor va diffuzorning sarflash koeffitsiyentlari turli xarakterda o'zgarganligi uchun yuklama ortishi bilan havoning ortiqlik koeffitsiyenti kamayadi va, binobarin, yonuvchi aralashma uzluksiz quyuqlashib

boradi, bu esa havoning sarfi oshganda yonuvchi aralashma tarkibiga nisbatan bo'lgan talabga javob bermaydi.

10.4. IDEAL KARBYURATOR

Dvigatelning yuklamasiga qarab, yonuvchi aralashmaning eng qulay tarkibini belgilash mumkin. Buning uchun dvigatelning quvvati va tejamlliligini aralashmaning tarkibiga qarab tekshirish lozim.

Drossel zaslonkasining bir qancha o'zgarmas holatlari uchun quvvatning



10.9-rasm. Dvigatel quvvati va tejamliligining havoning ortiqlik koeffitsienti α ga qarab o'zgarishi ($n=\text{const}$): 1-drossel zaslonka to'la ochiq; 2 va 3-drossel zaslonka qisman ochiq; 4-dvigatel juda tejamli ishlaganda α ning chekka qiymatlari; 5- dvigatel eng katta quvvat hosil qilganda α ning qiymatlari.

10.9-rasmdagi xuddi shunday nuqtalardagi α ning qiymatlariga to'g'ri keladi.

Amalda, maxsus quyultirish moslamalari bo'lmagan karbyurator shunday rostlanadiki, uning xarakteristikasi 3 egri chiziq bilan tasvirlanadi (10.10-rasm). Karbyuratorning xarakteristikasi 2 egri chiziq ko'rinishida bo'lsa yonuvchi aralashmaning tasodifan suyuqlashishi yonish jarayonining yomonlashishiga va quvvatning kamayishiga olib keladi. Shuning uchun karbyuratorning xarakteristikasi 1 egri chiziq ko'rinishida bo'lsa, dvigatel turg'un ishlaydi.

Elementar va ideal karbyuratorlarning xarakteristikalarini solishtirish shuni ko'rsatadiki, dvigatelning turli rejimlarda ishlashi uchun elementar karbyurator yonuvchi aralashmani kerakli tarkibda tayyorlab bera olmaydi.

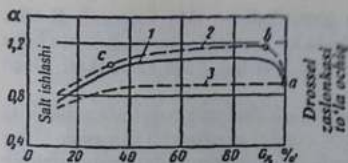
va yonilg'i solishtirma sarfining havoning ortiqlik koeffitsiyentiga bog'liqlik egri chiziqlari 10.9- rasmda keltirilgan.

Drossel zaslonkasining istalgan holatida eng katta quvvat olish uchun havoning ortiqlik koeffitsiyentining qiymati eng tejamli ishlagandagi qiymatidan kichikroq bo'lishi kerak.

Dvigatelning eng tejamli ishlashi yoki maksimal quvvat hosil qilishi uchun yonuvchi aralashma tarkibining optimal qiymatlarining chegaralari shtrix chiziqlar bilan birlashtirilgan. Bular karbyuratorning ratsional rostlanish chegaralarini aniqlaydi.

Eng katta quvvat olish uchun drossel zaslonkasi oxirigacha ochiladi. Demak, bu holda tejamlilikning pasayishini e'tiborga olmasdan eng katta quvvat olish uchun yonuvchi aralashmani quyuqlashtirish kerak (a nuqta). Yuklama kamayganda drossel zaslonkasi berkitiladi. Bunday sharoitlarda dvigatelning tejamli ishlashini ta'minlash kerak. Tejamli ishlaganda havoning ortiqlik koeffitsiyentlari b va c nuqtalar bilan aniqlanadi.

Keltirilgan taxlilga ko'ra, ideal karbyuratorning xarakteristikasi 10.10-rasmdagi (2 egri chiziq) ko'rinishda bo'lishi lozim. Bu egri chiziqda belgilangan a , b va c nuqtalar va



10.10-rasm. Ideal karbyuratorning tavsifi (G_v -drossel zaslonka to'la ochilganda havo sarfiga nisbatan foiz hisobidagi havo sarfi): 1-dvigatel turg'un ishlaydigan tavsifi; 2- ekonomayzer ishlay boshlagunga qadar drossel zaslonkasining barcha holatlarida dvigatelning tejimli ishlashi ta'minlanadigan tavsifi; 3-drossel zaslonkaning barcha holatlarida eng katta quvvatga erishiladigan tavsifi

Drossel zaslonkasi oxirigacha berk bo'lganda diffuzordagi siyraklashish keskin kamayib ketadi, havoning harakat tezligi pasayadi va yonilg'ining to'zitgich orqali diffuzorga tushishi to'xtaydi. Binobarin, dvigatelning salt va kichik yuklamalarda turg'un ishlashini ta'minlash uchun karbyuratorga salt ishlash sistemasi deb ataluvchi qo'shimcha moslama kiritiladi. Dvigatelni ishga tushirishda va drossel zaslonkasi keskin ochilganda avtomobil dvigatelining puxta ishlashi uchun ham karbyuratorga maxsus uskunalar kiritiladi.

Shunday qilib, avtomobil dvigateliga o'rnatiladigan karbyurator quyidagi asosiy sistemalarga ega: 1) elementar karbyuratorning xarakteristikasini to'g'riylaydigan kompensatsiyali asosiy dozlash sistemasi; 2) salt ishlash sistemasi; 3) quyuqlashtirgich (ekonomayzer); 4) tezlashtirish nasosi; 5) yurgizib yuborish uskunasi.

10.5. K-88A karbyuratorning tuzilishi va ishlashi

Hozirgi zamon avtomobil dvigatellarida ko'pincha havo oqimi yuqoridan pastga yo'nalgan karbyuratorlar o'rnatiladi. Bunday karbyuratorlar qisqa, qarshiligi kam kiritish trubalari ishlatishga imkon beradi, bu esa dvigatelning yangi zaryadga to'lishini yaxshilaydi va binobarin, litr quvvatini oshiradi. Bundan tashqari, bu holda ayrim silindrlarga keladigan yonuvchi aralashma tarkibi deyarli bir xil bo'ladi, karbyurator esa texnik xizmat ko'rsatishga qulayroq yasaladi.

Shuning uchun karbyuratorga dvigatelning ishlashi rejimlari talabiga muvofiq, karbyuratorning xarakteristikasini tuzatadigan elementlar kiritish zarur.

Dvigatelning real ish sharoitlarida karbyuratorning ideal karbyurator xarakteristikasiga o'xshagan xarakteristikasini olish uchun unga qo'shimcha moslamalar o'rnatish kerak.

Bu moslamalar diffuzordagi siyraklanish yetarlilikka katta bo'lib, yonilg'i qalqovuchli kammeradan jiklyor va to'zitgich orqali diffuzorga tushayotgan yonuvchi aralashmaning tarkibini o'zgartirib beradi.

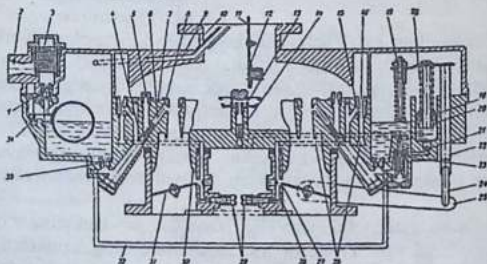
V-simon ZIL-130 dvigateliga o'rnatiladigan ikki kamerali K-88A karbyuratorning sxemasi 10.11-rasmda ko'rsatilgan. Karbyuratorda bitta umumiy kiritish patrubi 10 bor. Patrubokdagi havo zaslonkasi 11 ga prujinali klapan 12 o'rnatilgan.

Muvozanatlash kanali 9 havo tozalagich ifloslanib qolganda aralashma tarkibining o'zgarmasligini ta'minlaydi. Yonilg'i qalqovuchli kameraga kirish teshigi 2 va yonilg'i filtri 3 orqali tushadi. Ikkala kamera uchun bitta umumiy tezlatish nasosi va mexanik yuritmalı ekonomayzer bor.

Kirish patrubi 10 ikkita bir xil kameraga tarmoqlangan kameralarda kichik diffuzorlar 8, katta diffuzorlar 30 va drossel zaslonkalari 31 joylashgan.

Kichik diffuzorlar karbyuratorning traktidagi simmetrik peremichkalar 7 da o'rnatilgan, bu esa aralashmaning dvigatel silindrlariga tekisroq taqsimlanishiga sharoit yaratadi.

Asosiy dozalash sistemasi qalqovuchli kamerada joylashgan, asosiy jiklyorlar 33, kanallar 6 da joylashgan to'la quvvat jiklyorlari 4 va havo jiklyorlari 5 dan iborat. Kanallar 6 ning yuqori qismi kichik diffuzorlar 8 ga qo'shilgan.



10.11-rasm. K-88A karbyuratorning sxemasi:

1-qalqovuchli mexanizmning yonilg'i klapani; 2-kirish teshigi; 3- yonilg'i filtri; 4-to'la quvvat jiklyori; 5-asosiy tizimning havo jiklyori; 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 jiklyori; 16- salt ishlash tizimining havo jiklyori; 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 jiklyor; 34-qalqovuch prujinasi.

Salt ishlash sistemasi havo 16 va yonilg'i 15 jiklyorlari, kanallar 26, rostlash vintlari 29 bilan jihozlangan chiqish teshiklari 27 va 28 dan iborat.

Tezlatish nasosi mexanik harakatga keltiriladi. Drossel zaslonkasi ochilganda richag 25 va tortqi 24 yordamida porshen 19 manjeta 20 bilan birga siljiydi. Bunda porshen ostida yonilg'ining bosimy ortadi. Sharikli kiritish klapani 21 yonilg'ining qalqovuchli kameraga o'tishiga to'sqinlik qiladi, ignali chiqarish klapani 14 esa yonilg'ini tezlatish nasosining to'zituvchi teshiklari 13 ga o'tkazib yuboradi.. Shunday qilib, drossel zaslonkasi tez ochilganda aralashmaning quyuqlashib va quvvatning kamayib ketishiga yo'l qo'ymaslik uchun zarur bo'lgan qo'shimcha miqdor yonilg'i beriladi.

Qo'shimcha miqdor yonilg'ini purkash faqat drossel zaslonkalari keskin ochilganda kerak bo'lganligi uchun drossel zaslonkalari dastlabki uchdan bir qismga burilganda porshen to'la yo'lni o'tadi. Drossel zaslonkalarining bundan keyingi ochilishida porshen 19 qo'zg'almaydi va prujina 18 siqilgan holatda bo'ladi. Prujina 18 yonilg'ini purkash vaqtini uzaytiradi va bu bilan avtomobilning yuklamaga yaxshi moslanishini ta'minlaydi.

Mexanik harakatga keltiriladigan ekonomayzer ham tezlatish nasosi kabi o'sha richag va tortqilar tizimi yordamida turtgich 17 orqali boshqariladi. Drossel zaslonkasi katta ochilganda turtkich 17 klapan 23 ni ochadi. Shunda qo'shimcha miqdor yonilg'i qalqovuchli kameradan asosiy jiklyorga o'tmasdan, klapan 23 orqali chiqib, to'la quvvat jiklyorlaridan o'tadi, qiya qanallar orqali esa kichik diffuzorlarning halqasimon chiqish teshiklariga keladi.

K-88A karbyuratoriga pnevmatik markazdan qochma turdagi, aylanishlar sonini chegaralovchi mexanizm o'rnatilgan. Bu mexanizm quyida bayon etilgan.

10.6. KARBYURATORLI DVIGATELNI ENG KATTA TEZLIK REJIMIDA VA MAJBURIY SALT ISHLASHIDA ROSTLASH

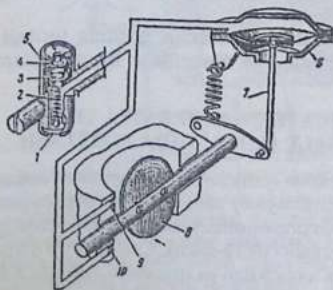
Karbyuratorli dvigatellarda eng katta tezlik rejimini chegaralash uchun aylanishlar soni regulyatori (yoki cheklagich) ishlatiladi. Hozirgi zamon V-simon ZIL va GAZ dvigatellarida pnevmomarkazdan qochma turdagi aylanishlar sonini cheklagichlar ishlatiladi (10.12-rasm). Cheklagich o'rindiq 4 va prujina 2 li klapan 3 o'rnatilgan rotor 5 dan va rostlovchi zaslonka 8 ni harakatga keltiruvchi diafragma mexanizm 6 dan iborat.

Diafragmaning ustida jiklyorlar 9 va 10 yordamida hosil qilinadigan siyraklanish klapan 3 orqali havoning kelishi hisobiga pasayadi. Rotor aylanganda klapan 3 o'rindiq 4 da silib prujina 2 ni cho'zadi. Prujina tarangligini rostlash uchun uning kichik diametri pastki ishlamaydigan qismi rostlash vintiga buriladi.

Ma'lum aylanishlar soniga erishilgandan so'ng klapaning havo o'tish kesimi shunday bo'ladiki, aylanishlar soni bir oz oshganda ham diafragma yuqoriga egilib, tortqi 7 siljiydi. Shunda klapan 3 ning havo o'tish kesimi kichrayadi va zaslonka 8 yopila boshlaydi, bu esa dvigatelning yangi zaryadga to'lishini kamaytiradi. Dvigatelning to'lishini bu usulda kamaytirish jarayoni dvigatel hosil qiladigan moment qarshiliklar momenti (yuklama) ga teng bo'lguncha davom etadi. Dvigatel nominal yoki rostlanadigan aylanishlar soniga erishgandan keyin aylanishlar sonining yana bir oz oshishi (cheklanishi) shu usulda ta'minlanadi.

Ko'rib o'tilgan aylanishlar sonini cheklagich vositali ta'sir etuvchi cheklagichdir, chunki unda aylanishlar sonining o'zgarishini sezuvchi element-klapan 3 bilan rostlovchi organ — zaslonka 8 orasida to'g'ridan-to'g'ri mexanik bog'lanishlar yo'q. Shu tufayli bu, cheklagichlar ilgari ishlatilgan, sezgir va rostlovchi elementi prujinali zaslonkadan iborat bo'lgan cheklagichlarga nisbatan ancha aniq ishlaydi.

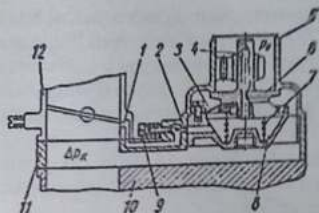
Majburiy salt ishlash rejimi yoki dvigatel bilan tormozlash avtomobil harakati umumiy vaqtining 20 % ini tashkil qiladi. Karbyuratorli dvigatelning kiritish trubasida bu rejimda katta siyraklanish hosil bo'ladi. Dvigatelning ish jarayoni shunchalik yomonlashadiki, silindrlardagi barcha sikllarning 90 foizida



10.12-rasm. Pnevnomarkazdan qochma turdagi aylanishlar soni cheklagichning sxemasi: 1-rostlash vinti; 2-prujina; 3-klapan; 4-o'rindi; 5-rotor, 6-diafragma; 7-tortqi; 8-rostlovchi zaslonka; 9 va 10-vo'rlar

alangalanish sodir bo'lmaydi. Ishlatilgan gazlarning zaharililigi bir necha marta ortib ketadi. Bundan tashqari, katta siyraklanish ta'sirida karter moyi yonish kamerasiga ko'plab o'ta boshlaydi, silindrlarda qurum hosil bo'ladi va dvigatel tutun chiqarib ishlaydi.

Bu salbiy hodisalarni yo'qotishning eng samarali usuli dvigatelning kiritish trubasini atmosfera bilan siyraklanishni cheklagich deb ataluvchi maxsus klapan orqali bog'lash va ekonomayzer orqali yonilg'i berishni to'xtatishdan iborat. Bu holda yonish jarayoni butunlay to'xtaydi, buning natijasida is gazi ajralib chiqmaydi va yonish kamerasiga moyning o'tib ketishi kamayadi.



10.13-rasm. Oqma boshqarish kamerali siyraklanishni cheklagich

teshik 2 yordamida rostlanadi. Kamera 8 dagi bosim atmosfera bosimidan kichik, lekin kiritish trubasidagi bosimdan katta. Kameradagi va kiritish trubasidagi bosimlarning birgalikdagi ta'siri natijasida yuqoriga yo'nalgan kuch hosil bo'ladi. Bu kuch prujinaning kuchi bilan birga klapaning ochilishiga to'sqinlik qiladi. Shunday qilib, kamera 8 dagi bosim klapan 6 ning holatini boshqaradi, shuning uchun kamera 8 boshqaruvchi kamera deb ataladi.

Siyraklanish Δp_k ning oshishi bilan klapani yopishga intiluvchi barcha kuchlarning teng ta'sir etuvchisi kamayadi, cheklagich rostlangan Δp_k qiymatga erishilgandan so'ng klapan 6 o'rindiqdan chetlashadi. Klapan yo'lining boshida, teshiklar 4 berkiladi va kamerada siyraklanish ortib, kiritish trubasidagi siyraklanishga tenglashadi. Klapan kiritish trubasi va boshqarish kamerasidagi siyraklanish ancha pasayguncha ochiq qoladi.

Dvigatelni yuklamali rejimga o'tkazganda kameradagi bosimning keskin oshishi natijasida klapan avtomatik tarzda berkiladi. Bunda rostlash vintining kanali karbyuratorning ochilayotgan drossel zaslonkasining yuqorisida bo'lib qoladi.

Majburiy salt ishlash rejimida yonilg'i berishni to'xtatish uchun karbyuratorga ta'sir etish, chunonchi salt ishlash yonilg'i jikyorining oldidagi siyraklanishni kamaytirish kerak. Bunga birnecha yo'llar bilan, masalan, salt ishlash sistemasining kanalini mexanik berkitish; uni atmosfera bilan tutashtirish salt ishlash sistemasining chiqish teshiklari oldidagi siyraklanishni pasaytirish yo'li bilan erishish mumkin. Oxirgi usul boshqalarga nisbatan qulay, chunki bunda salt ishlash sistemasi odatdagicha yasaladi (qo'shimcha tuzilmalar talab qilinmaydi) va uning puxta hamda tez ishlashi saqlanib qoladi. Ekonomayzerli tuzilmalarni

Modena karbyurator zavodida siyraklanishni cheklagich (10.13-rasm) ishlab chiqilgan.

Siyraklanishni cheklagich karbyurator 12 va dvigatelnig kiritish trubasi 10 ornatilg'i o'rnatiladi. Klapan 6 cheklagichning bo'g'zi 5 ni kiritish trubasining bo'shlig'idan ajratib turadi. Pружина 7 klapani o'rindiqqa siqib turadi. Diafragma 3 klapaning korpusi bilan birga o'tish kamerasi 8 ni hosil qiladi. Bu kameradagi bosim rostlash vinti 9 va

amalda faqat pnevmoavtomatik tarzda siyraklanishni cheklagichlar bilan birga ishlatish mumkin bo'lib qoladi. Bu holda ekonomayzerli tuzilmani sinxron boshqarish cheklagichning boshqaruvchi kamerasiidagi siyraklanishni keskin ko'tarish yo'li bilan amalga oshiriladi. Klapan ochilganda boshqaruvchi kameradagi siyraklanish 45–90 dan 200–400 mm simob ustuni gacha ko'tariladi.

Hozirgi paytda kompleks rostlash sistemasi ishlab chiqilgan. Bu sistema pnevmomarkazdan qochma aylanishlar soni regulyatori va boshqaruvchi kamerali siyraklanishni cheklagichdan tuzilgan.

10.7. YONILG'I BEVOSITA PURKALADIGAN DVIGATELLARDA ARALASHMA HOSIL QILISH

So'nggi paytlarda uchqun bilan o't oldiriladigan avtomobil dvigatellarining ba'zi modifikatsiyalarida yonilg'ini bevosita purkash usuli qo'llanilmoqda.

Yonilg'i bevosita purkaladigan dvigatellar karbyuratorli dvigatellarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega: 1) yonilg'ini har bir silindrga yoki kiritish patrübogiga purkashda uning aniqroq dozalanishi tufayli har xil silindrlardagi yonuvchi aralashmaning bir jinsli va bir xil tarkibli bo'lishi; 2) dvigatelning nominal quvvati katta bo'ladi, bunga sabab shuki, kiritish traktidagi qarshiliklar kamayib (karbyurator bo'lmaydi, kiritish trubasining kesimi katta), to'ldirish koeffitsiyenti katta qiymatga erishadi; 3) bir xil siqish darajasida oktan soni 2–3 birlik kam bo'lgan yonilg'ilarni, shuningdek, og'irroq fraksiyalı yonilg'ılarni ishlatish mumkin; 4) siqish jarayonida yonilg'ini silindrga purkab, ikki taktli siklni tatbiq etish mumkin. Bunda silindrga havo haydashda (silindrni tozalashda) yonilg'i yo'qotilmaydi.

Benzin purkashning quyidagi usullari qo'llanadi:

1) kiritish jarayonining boshida, siqish jarayonining boshida yoki uning oxirida dvigatelning silindriga purkash;

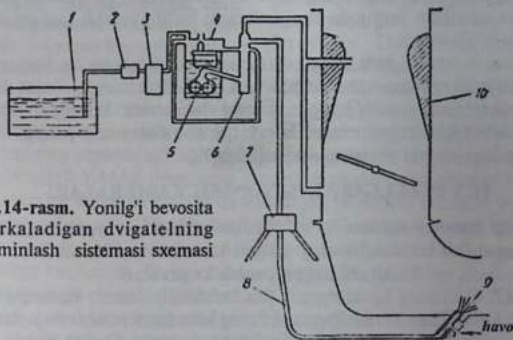
2) kiritish trubasiga (uzluksiz yoki vaqti-vaqti bilan) purkash.

10.13-rasmda dvigatelning ta'minlash sistemalaridan biri ko'rsatilgan. Bu sistemada benzin bevosita purkaladi.

Benzin bak 1 dan diafragmalı nasos 2 yordamida yonilg'i filtri 3 orqali qalqovuchli kamera 4 ga uzatiladi. Bu kamerada shesternyalı nasos 5 joylashgan bo'lib, u purkash uchun kerakli bosimni hosil qiladi. Purkash bosimi dvigatelning berilgan ish rejimiga mos ravishda avtomatik dozator 6 yordamida rostlanadi. Bu dozator droseel zaslonkasining orqasidagi va diffuzor 10 dagi siyraklanish ta'sirida bo'ladi. Benzin dozator 6 dan ish bosimi ostida taqsimlagich 7 ga beriladi, bundan esa trubkalar 8 orqali forsunkalar 9 ga keladi. Forsunkalar kiritish klapani yaqinida joylashgan bo'lib, har bir silindrning kiritish patrübogiga uzluksiz benzin purkab

turadi. Benzinning ortiqchasi o'tkazib yuborish trubasi bo'ylab qalqovuchli kameraga qaytib tushadi.

Mazkur sistemada forsunka orqali havo bilan emulsiyalangan yonilg'i to'xtovsiz purkalib turadi. Purkash tezligi kiritish traktidagi siyraklanishga bog'liq. Tajribalarning ko'rsatishicha, bunday tizim turli rejimlarda kerakli tarkibdagi aralashma tayyorlashni ta'minlaydi. Bunda purkash bosimi 0,6-15 bar atrofida o'zgaradi.



10.14-rasm. Yonilg'i bevosita purkaladigan dvigatelning ta'minlash sistemasi sxemasi

XI bob

Dizellarda aralashma hosil qilish va ularning yonilg'i berish apparaturasi

Dizelda yonilg'i purkash yuqori chekka nuqtaga bir necha gradus yetmasdan boshlanadi. Alangalanishning kechikish davriga mos vaqt ichida silindrga yonilg'ining faqat bir qismi tushadi. Ko'pchilik hollarda, ayniqsa dizel to'la va unga yaqinroq yuklama bilan ishlaganda yonilg'i purkash, oldinroq purkalgan yonilg'i alangalanib bo'lganda tugaydi. Dizelda purkash jarayoniga ajratilgan vaqt juda chegaralangan bo'lib, tirsakli valning 15-30° burilishiga to'g'ri keladi.

Purkalgan yonilg'i juda mayda zarrachalardan iborat bo'lib, kameraning hamma hajmini egallasa va havo aralashma hosil qilish hamda yonish davrida jadal harakatlansa, yonish jarayoni yaxshi rivojlanadi. Yonilg'ini purkash va havo bilan ish aralashmasini harakatga keltirish usuli yonilg'i berish apparaturasiga hamda yonish kamerasiga bog'liq.

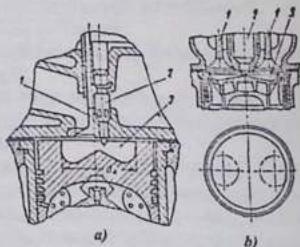
11.1 DIZELLARNING YONISH KAMERALARI

Hozirgi zamon avtomobil va traktor dizellarida ikki xil yonish kameralari: ajratilmagan (bir bo'shliqli) va ajratilgan kameralar qo'llaniladi.

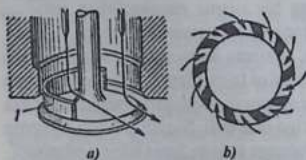
1. Ajratilmagan yonish kameralari

YAMZ dizelining ajratilmagan (bir bo'shliqli) yonish kamerasi 11.1-rasm, a da ko'rsatilgan. Yonish kamerasi 3 ning katta qismi porshenda joylashgan. Kamera bo'g'zining diametri d_k silindrning diametri D dan kichik ($d_k / D = 0.615$) bo'lganligi uchun porshen siqish jarayonida yu. ch. n. ga harakat qilganda zaryad silindrdan porshenda joylashgan yonish kamerasiga oqib o'tadi. Porshen yu. ch. n. ga yaqinlashgan sari oqib o'tish tezligi osha boshlaydi va yu. ch. n. ga 10-15° qolganda esa yuqori tezlikka erishadi.

Purkalgan yonilg'ining ko'p qismi yonish kamerasining o'zida bug'lanadi. Katta yuklamalarda va, binobarin har siklga yonilg'ini ko'p berganda yonilg'ining bir qismi kameraning tubiga yetib, uning sirtiga yupqa parda shaklida yoyiladi va bug'lanadi. Kamera hajmida va devorlaridan



11.1-rasm. Ajratilmagan bir bo'shliqli yonish kamerasi: a-to'rt taktli dizel YAMZ-236; b- dizel DB-67; 1-chiqarish klapani; 2-forsunka; 3-yonish kamerasi



11.2- rasm. Havoni uyurma harakatlantirish usullari: a-klaranda ekran o'rnatish; b-havoni haydash teshiklari orqali tangensial kiritish.

bug'langan yonilg'i havo oqimiga ergashib, u bilan jadal aralashadi va yonadi.

Bir bo'shliqli yonish kamerasi ($d_k / D = 0,75 \div 0,85$) 11.1-rasm, b da tasvirlangan. Porshen tubining shakli soplo teshiklaridan purkalayotgan yonilg'ining konusiga mos yasalgan. Bunday yonish kamerasi D12A va Kammins dizellarida ishlatiladi.

Aralashma hosil qilish va yonish jarayonining yaxshi borishi uchun yuqorida ko'rsatilgan kameralarda yo'nalgan havo oqimi hosil qilish kerak. Havo oqimining tezligini forsunka to'zitgichining soplosidagi teshiklarning soniga qarab belgilash lozim.

To'rt taktli YAMZ dizelining yonish kamerasida va shunga o'xshash boshqa yonish kameralarida havo oqimining yo'nalgan harakati eng avval kiritish kanalining shakliga bog'liq bo'ladi (7.8-rasmga qarang). Havoning kiritish paytida hosil bo'ladigan aylanma harakati siqish taktida saqlanish bilan birga kuchayadi. Bunga havoning porshen tepasidan asosiy yonish kamerasiga oqib chiqishi sabab bo'ladi.

Ba'zi to'rt taktli dizellarda havoning uyurma harakatini hosil qilish uchun kiritish klapaniga ekran (11.2-rasm, a), kiritish klapanining o'rindig'i bilan silindrlar kallagi orasiga yo'naltiruvchi plastinka o'rnatiladi yoki kiritish kanallarining ayrim qismi toraytiriladi yoki vint shaklida yasaladi.

Avtomobil dizellarida ajratilmagan yonish kameralarining boshqa sxemalari ham qo'llaniladi.

Ajratilmagan yonish kamerali dizellar juda tejamli ishlaydi va ularni yurgizib yuborish oson bo'ladi. Bunday yonish kameralarining kamchiliklari shundan iboratki, boshqa yonish kameralariga nisbatan alangalanishning kechikish davri katta bo'lganidan, bu davr ichida ko'p yonilg'i bug'ga aylanib, yonish jarayoni shiddatli o'tadi.

2. Ajratilgan yonish kameralari

Siqish vaqtida zaryadni uyurma harakatga keltirish uchun kanal vositasida o'zaro birlashtirilgan ikki (yordamchi va asosiy) hajmdan tuzilgan yonish kamerasi ishlatish kerak. Avtomobil dizellarida yordamchi yonish kameralari sifatida uyurma yonish kameralari (uyurma kamerali dizellar) shuningdek old kameralar (old kamerali dizellar) ko'p ishlatiladi.

11.3-rasm, a da uyurma kamera ko'rsatilgan. Porshen yuqori chekka

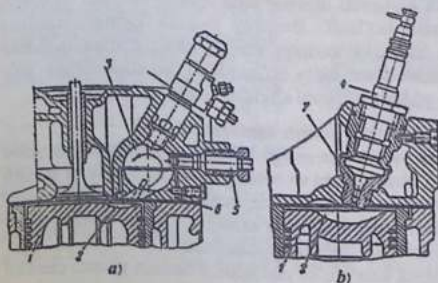
nuqtaga harakat qilganda zaryadning bir qismi porshenning ustidagi bo'shliqdan birlashtiruvchi kanal orqali uyurma kamera 3 ga o'tadi.

Kanalning yo'nalishi, shuningdek, uyurma kameraning shakli uning ichida havoning aylanma harakatga kelishini ta'minlaydi. Oqib o'tayotgan zaryadning tezligi siqish paytida oshadi va porshen yuqori chekka nuqtaga yaqinlashganda tezlik eng katta qiymatiga erishadi. Siqish oxirida uyurma kameraga purkalgan yonilg'i uyurma harakatga kelgan havo bilan aralashadi, bug'lanadi va qisman yonadi, natijada uyurma kameradagi bosim oshadi. Bu bosim porshenning yuqori qismidagi bosimdan ancha katta bo'ladi va yonmagan yonilg'i yonish mahsulotlari bilan birga katta tezlikda asosiy yonish kamerasi 2 ga o'tadi va yonilg'i bilan havoning aralashishiga hamda ish aralashmaning yaxshi yonishiga qulay sharoit yaratadi. Asosiy kamera 2 da yonilg'ining yonishini ta'minlash uchun porshenda birlashtiruvchi kanal tagida maxsus chuqurcha bo'ladi.

Uyurma kameradan oqib chiqayotgan yonilg'i shu chuqurchaga tushadi, bu joyda havoning ko'p qismi to'plangani uchun yonilg'i havo aralashmasi tez yonadi.

Ko'rib chiqilayotgai yonish kamerasining xususiyati shundaki, pastki ajraladigan yarim sfera 6 silindrlar kallagiga zazor bilan o'matilgan. Uyurma kameraning faqat pastki torets sirti zichlangan. Dvigatel ishlaganda bu yarim sfera kuchli qiziydi, to'la yuklamada uning alohida joylaridagi temperaturasi 700°S ga yetadi. Bunday qizigan detalning bo'lishi alangalanishning kechikish davrini ancha qisqartirishga va yonish jarayonini yaxshilashga yordam beradi.

Cho'g'lanish chaqmog'i 5 dizelni past temperaturalarda yurgizib yuborishni osonlashtirish uchun ishlatiladi. Dizelni yurgizib yuborishda



11.3- rasm. Ajratilgan yonish kameralari: 1- porshen; 2-asosiy yonish kamerasi; 3- uyurmali kamera; 4- forsunka; 5- cho'g'lanish svechasi; 6-olinadigan yarim sfera; 7-old kamera

chaqmoqning metall spirali akkumulyatorlar batareyasidan elektr toki kelib, kuchli qiziydi va uyurma kameradagi havoni qizdiradi. Bu bilan dizelni ishga tushirishda yonilg'i tez alanganadi.

Hozirgi zamon dizellarida uyurma kameraning hajmi yonish kamerasi umumiy hajmining yarmiga teng bo'ladi.

11.3-rasm, *b* da old kamerali dizelning shemasi ko'rsatilgan. 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. Oqib o'tishning eng katta tezligi porshen yu. ch. n. ga yaqinlashganda bo'ladi. Taxminan shu paytda oldkameraga yonilg'i purkaladi. Old kameraning hajmi nisbatan kichik bo'lgani uchun unda yonilg'ining bir qismi yonadi, natijada bu kamerada bosim tez ko'tariladi va yonmagan yonilg'i yonish mahsulotlari bilan birga katta tezlikda asosiy yonish kamerasi 2 ga otilib chiqadi, bu yerda havo bilan aralashadi va yonadi. Old kameraning hajmi yonish kamerasi umumiy hajmining 25- 40 % ini tashkil qiladi.

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 kattaroq teshikli to'zitgichli forsunka ishlatishga imkon beradi.

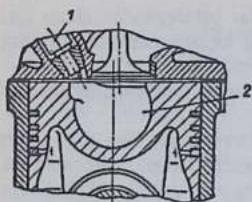
Ajratilgan yonish kamerali dizellarda yordamchi kameralarda issiq zonalar borligi uchun alanganishning kechikish davri ajratilmagan kamerali dizellardagiga nisbatan ancha kam bo'ladi. Bu esa hech qanday qiyinchiliksiz bunday dizellarda har xil yonilg'ilar ishlatishga imkon beradi. Bu dizellarning asosiy kamerasidagi siklning eng yuqori bosimi, shuningdek, yonish jarayonining shiddati, ajratilmagan kamerali dvigatellarnikidan ancha kuchsiz bo'ladi.

Ajratilgan yonish kamerasida zaryadning oqib o'tish paytida issiqlikning yo'qotilishi va devorlarga qo'shimcha issiqlik berilishi sababli bunday kamerali dizellarning tejamliligi ajratilmagan kamerali dizellarnikiga qaraganda yomonroq bo'ladi.

Uyurma kamerada aralashma hosil qilish usuli yengil avtomobillarga o'rnatiladigan katta tezlikda ishlaydigan dizellarda, shuningdek, traktor dizellarida ishlatiladi.

3. Pardali aralashma hosil qilish

Hozirgi paytlarda ba'zi avtomobil dizellarida (Germaniya) pardali aralashma hosil qiluvchi yonish kamerasi ishlatiladi. Bunday yonish kameralari, tajriba ma'lumotlariga ko'ra, bir kamerali dizellardagi kabi yaxshi tejamlilikni ta'minlaydi va yonish shiddati past bo'ladi. Bunday yonish kameralarida turli sort dizel yonilg'ilarini, shuningdek, benzin va kerosinni ham ishlatish mumkin.



11.4- rasm. Pardali aralashma hosil qilinadigan yonish kamerasining sxemasi.

Pardali aralashma hosil qiluvchi yonish kamerasining shemasi 11.14-rasmda ko'rsatilgan. Porshen yu. ch. n. ga kelganda havoning eng ko'p (70%cha) qismi yonish kamerasining porshen tubidagi bo'shlig'i 2 da joylashadi. Porshen yu. ch. n. ga yaqinlashganda havo bu bo'shliqqa porshen ustidagi bo'shliqdan kiradi. Forsunka orqali yonilg'i purkash shunday olib boriladiki, kameraning bo'shlig'i 2 ga faqat 5% yonilg'i purkaladi, yonilg'ining qolgan qismi esa yupqa parda shaklida yonish kamerasining devorlari

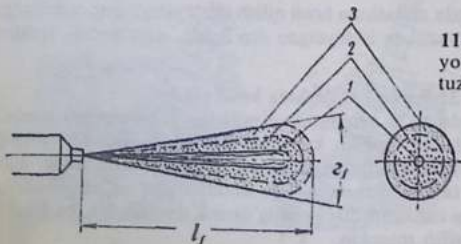
bo'ylab tarqaladi. Yonish kamerasiga purkalgan yonilg'i, bu yerda temperatura yuqori bo'lgani uchun birinchi navbatda alanganadi. Yonish kamerasining devorlarida parda holida bo'lgan yonilg'i sekin-asta bug'lanadi va harakat qilayotgan havo bilan aralashadi, bu esa yonishni shovqinsiz ravon borishini ta'minlaydi. Bunday yonish jarayoni M jarayon deb atalgan va MAN firmasi (GFR) chiqaradigan dizellarda amalga oshirilgan.

11.2.YONILG'INI PURKAB TO'ZITISH

Yonilg'i forsunkadagi to'zitgich soplosining teshigi orqali bosim ostida purkaladi.

Purkash jarayonini juda qisqa vaqtlar oralig'ida rasmga olib shu narsa aniqlandiki, yonilg'i soplo teshigidan chiqayotganda mayda zarralarga parchalanib, to'zigan yonilg'i fakelini hosil qiladi. Purkalgan yonilg'ining to'zishi va fakelning yonish kamerasining ichiga kirishi yonilg'ining

11.5- rasm. Purkalgan yonilg'i fakelining tuzilishi



qovushoqligiga, sirti taranglik kuchiga, purkash bosimiga, kameraning ichidagi muhitning qarshi bosimiga, soplo teshigining o'lchamiga, shakliga va tayyorlanish sifatiga hamda havoning purkash paytidagi harakatiga bog'liq.

Forsunkadan purkalgan yonilgi harakatlanuvchi juda ko'p ($5 \cdot 10^5 - 20 \cdot 10^6$) mayda zarralarga parchalanib, to'zigan yonilgi fakelini hosil qiladi. Zarralar fakelda soni va o'lchami jihatidan juda notekis taqsimlangan bo'ladi.

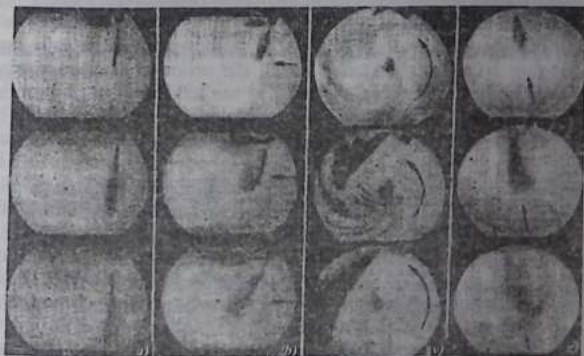
Purkalgan yonilgi fakelining teshikdan chiqish paytidagi tuzilishi 11.5-rasmda tasvirlangan. Fakel yirik tomchilar va parchalanib ulgurmagan yonilgi oqimlari harakatlanuvchi o'zakdan, yirik zarrali o'rta qism 2 dan va mayda zarrali tashqi qism 3 dan iborat.

Fakelning uzunligi L_f va konus burchagi γ_f yonish kamerasining shakli hamda turiga qarab tanlanadi. Yonilgi purkaladigan soplo teshiklarining soni ham shu omillarga bog'liq.

Yonilgi harakatlanayotgan havoga purkalganda fakel o'z yo'nalishini o'zgartiradi.

Turli yonish kameralariga purkalgan fakelning fotosuratlari 11.6-rasmda ko'rsatilgan.

Yonilgi harakatsiz muhitga purkalsa (11.6-rasm, a), fakel forsunka to'zitgichining o'qi bo'ylab harakat qiladi; havo fakelga nisbatan tik harakat



11.6-rasm. Yonilgi havoli muhitga purkalganda fakelning fotosuratlari: a-harakatsiz havoli muhitga purkash; b-22m/sek tezlikda gaz oqimiga tik purkash; v-uyurma kameraga purkash; g-old kameralaga purkash

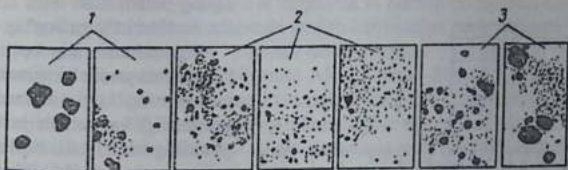
qilganda (11.6- rasm, b) buning tashqi qatlamlari havoning harakati bo'ylab yo'naladi; havo uyurmali kameraga hos aylanma harakat qilganda (11.6- rasm, v) fakelning yo'nalishi o'zgarib, yonilg'ining bir qismi devorga sachraydi. Fakelning tashqi qatlamlaridagi mayda tomchilar havoga ergashib, qisman bug'lanadi va alangalanish zonasiga tushadi. Fakel old kameraga xos havo oqimiga qarshi harakatlanganda (11.9 rasm, g), fakel o'z yo'nalishini o'zgartiradi va uning tashqi qatlamlaridagi mayda tomchilar havoga ergashib alangalanish zonasiga tushadi.

Yonilg'i apparaturasi yonilg'ining yaxshi to'zishini, ya'ni uning mayda va mumkin qadar bir xil o'lchamli zarralarga parchalanishini ta'minlashi kerak. Ayniqsa, ajratilmagan yonish kameralarida aralashma xosil qilish uchun yonilg'ining mayda va bir xil zarralarga parchalanib to'zishi katta ahamiyatga ega. Hosil bo'ladigan zarralarning kattaligi havoning uyurma harakat tezligiga va yonish kamerasining konstruksiyasiga mos bo'lishi kerak. Juda mayda zarralar tez bug'lanadi va xosil bo'lgan yonilg'i bug'i to'zitgich atrofida to'planib, yonish kamerasining shu zonasidagi aralashmaning ortiqcha quyuqlashishiga sabab bo'ladi. Purkash oxirida xosil bo'ladigan yirik zarralar aralashma hosil qilish va yonish jarayonlarining yomonlashishiga va dvigatelning tutun chiqarib ishlashiga sabab bo'ladi.

Yonilg'i yonish kamerasiga nisbatan katta bosimda purkaladi, shuning uchun u to'zitgich soplolaridan chiqq boshlashi bilan mayda zarralarga parchalanadi.

Purkash bosimi oshishi bilan yonilg'ining to'zish sifati yaxshilanadi. Purkash bosimi, o'z navbatida yonilg'i berish apparaturasining tuzilishiga, dvigatelning aylanishlar soniga va bir xil sikl uchun beriladigan yonilg'i miqdoriga bog'liq. Aylanishlar sonining va har siklda beriladigan yonilg'i miqdorining ortishi purkash bosimining kattalashishiga va yonilg'ining bir xil hamda mayda zarralarga parchalanishiga olib keladi. Dvigatel salt ishlaganda yonilg'ining to'zish sifati ancha yomonlashadi. DB-67 dvigatellarida aylanishlar soni 2800 min^{-1} bo'lganda va eng ko'p yonilg'i berilganda nasos-forsunka bilan yonilg'i purkash maksimal bosimi 1250—1500 bar (kG/sm^2) ga etadi. To'rt taktli YAMZ dvigatellarida tirsakli valning aylanishlar soni 2100 min^{-1} bo'lib, yonilg'i to'la miqdorda berilganda, oddiy forsunka bilan purkash bosimi 400—500 barga teng. Bunday dvigatelning yonilg'i berish tizimi ajratilgan tipda, ya'ni nasos vaforsunkaalohida-alohida yasalgan.

Yonilg'i silindrga berilayotganda purkash bosimi va yonilg'i zarralari-ning harakat sharoiti o'zgaradi, binobarin, purkash paytida yonilg'ining parchalanish sifati ham o'zgarib turadi. Mayda zarralarga parchalangan yonilg'i yonish kamerasiga purkash davrining o'rtalarida tushadi; purkash boshlanishi va tugashida yonilg'ining to'zish sifati yomonlashadi. Pur-



11.7- rasmi. Yonilg'i YAMZ -236 forsunkasi bilan purkalganda yonilg'i nasosi kulochokli valining burilish burchagiga qarab yonilg'ining to'zish tavsifi: 1-purkash boshlanishida; 2-purkash o'rtasida; 3-purkash oxirida

kashning bunday xarakteri yonilg'i tomchilarining har xil diametrda (bir necha mikrondan tortib millimetrning o'ndan birigacha yiriklikda) parchalanishiga sabab bo'ladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, zarralarning ko'pchiligining diametri 0,01 — 0,03 mm bo'ladi.

YAMZ dizelining yonilg'i berish sistemasi bilan yonilg'i purkalganda to'zishning o'zgarish xarakteri 11.7- rasmda keltirilgan.

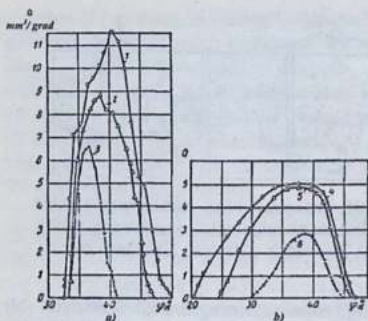
To'zitgichning soplo teshigidan chiqayotgan yonilg'i bosimi yonilg'ining to'zish sifatiga katta ta'sir qiladi: purkash bosimi oshganda, ayniqsa purkashning boshi va oxirida tomchilar tez maydalanadi.

Purkash bosimi oshishi bilan kichik aylanishlar sonida va har siklga beriladigan yonilg'i miqdori kam bo'lganda yonilg'ining to'zish sifati ancha yaxshilanadi.

11.3 PURKASH XARAKTERISTIKASI VA YONILG'I BERISHNING DAVOM ETISH VAQTI

Yonilg'i berish apparaturasining ish sifati asosiy ko'rsatkichlaridan biri yonish kamerasiga berilayotgan yonilg'i miqdorining vaqtga bog'liqligidir.

Bunday ma'lumotlarni tajriba yo'li bilan forsunka orqali purkalayotgan yonilg'i miqdorini juda qisqa vaqt oralig'ida (yonilg'i nasosining kulachokli vali 1° buralganda) o'lchashga imkon beradigan maxsus uskunada aniqlash mumkin. Yonilg'i porsiyasini ajratib olish paytini o'zgargirish purkash xarakteristikasini aniqlashga imkon beradi. Bunday xarakteristika har bir paytda berilgan yonilg'i miqdorining yonilg'i nasosi kulachokli valining burilish burchagiga bog'liqligini ko'rsatadi. Bu xarakteristikadan bir purkashda berilgan yonilg'ining miqdorini, purkashning boshlanish va tugash paytlarini, umumiy davom etish vaqtini aniqlash mumkin. Yonilg'ini to'zitish sifati, dizelning yonish kamerasida fakelning rivojlanishi va binobarin, ish jarayo-



11.8- rasm. Dizel nominal tezlik rejimida ishlaganda reykaning har xil holatlarida yonilg'ini purkash tavsifi: a-YAMZ-236 dizelning yonilg'i uzatuvchi apparaturasi; b-DB-67 dizelning AR 21 nasos-forsunkasi: 1-sikl davomida purkalgan yonilg'i miqdori $Q_1=115,5 \text{ mm}^3$; 2- $Q_2=85,6 \text{ mm}^3$; 3- $Q_3=30,6 \text{ mm}^3$; 4- $Q_4=83,6 \text{ mm}^3$; 5- $Q_5=73,2 \text{ mm}^3$; 6- $Q_6=34,3 \text{ mm}^3$

va binobarin yonish kamerasidagi havodan to'la foydalaniladi.

Purkash iloji boricha keskin tugashi zarur. Purkashni kichik tezlikda tugallash ma'qul emas. Yonilg'ining asosiy qismi purkalgandan keyin qo'shimcha yonilg'i purkamaslik kerak. Purkash oxirida yoki asosiy purkashdan keyin soplo teshigidan kichik tezlikda berilgan yonilg'i to'zitgich atrofida to'planib qolib aralashmaning to'la yonishini yomonlashtiradi va dvigatel tutun chiqarib ishlaydi.

Nadduvli dvigatelda yonilg'i to'la miqdorda berilganda purkashning davom etish vaqti, tirsakli valning $35-40^\circ$ burilishidan oshib ketmasligi kerak. Yonilg'i berish bundan uzoq vaqt davom etsa, yonish jarayoni uzayib ketadi va ish sikli samarasiz bo'ladi. Beriladigan yonilg'i miqdori kamayganda purkashning davom etish vaqti qisqaradi.

Yonilg'ining to'la va tez yonishini ta'minlay oladigan purkash xarakteristikasini tanlash yonilg'i berish apparaturasi elementlarining konstruksiyasiga bog'liq.

Yonilg'i berish apparaturasining deyarli barcha elementlari unifikatsiyalangan, yangi konstruksiyalarni yaratishda ishlatish mumkin bo'lgan asosiy detallarning o'lchamlari esa standartlashtirilgan.

ning borish sifati ham ana shu xarakteristikaga bog'liq.

Alangalanishning kechikish davrida yonish kamerasida yonilg'ining ko'p to'planib qolmasligi va yonish jarayonining shiddatsiz borishi uchun purkash boshlanishida yonilg'i berish tezligi kamroq bo'lishi lozim. Yonilg'i berish tezligi juda kichik bo'lsa, purkash boshida yonilg'i yomon to'ziydi va fakel uzoqqa otilmaydi, bu esa alangalanishning kechikish davrini uzaytirib yuboradi.

Yonilg'ining asosiy qismi tobora oshib boruvchi tezlikda berilishi kerak, chunki bu holda yonilg'i zarralari yonish kamerasinint eng uzoqdagi zonalariga ham borib yetadi

ДБ-67 дизелда yonilg'i to'la miqdorda va qisman berilganda kulachokli val ma'lum burchakka burilganda yonish kamerasiga purkaladigan yonilg'i miqdori 0 ni ko'rsatuvchi ' purkash xarakteristikasi 11.8-rasmda berilgan. Yonilg'i to'la miqdorda berilganda AR-21 nasos-forsunka bilan yonilg'i purkashning davom etish vaqti tirsakli valning 26,5° burilishiga, YAMZ dizellarida esa 28° burilishiga to'g'ri keladi. Har siklga berilayotgan yonilg'i miqdori kamayishi bilan har ikkala sistemada ham purkash erta tugaydi, boshlanishi esa, ayniqsa nasos-forsunka uchun, kechikish tomonga siljiydi.

11.4 AVTOTRAKTOR DIZELLARINING YONILG'I BERISH APPARATURASI

1. Umumiy ma'lumot

Dizellarning yonilg'i berish apparaturasi quyidagilarni ta'minlashi kerak:

1) yonish kamerasining shakliga bog'liq bo'lgan fakelni xosil qilishi va yonish jarayonining samarali o'tishi uchun zarur bo'lgan davrda yonilg'ini silindrga yuqori bosimda purkashi lozim;

2) yonilg'ini mayda zarralarga to'zitib, uni havo bilan aralashtirish kerak;

3) avtomobilning berilgan rejimda ishlashiga zarur bo'lgan quvvatni xosil qilish uchun dizelga yetarli miqdorda yonilg'i berishi lozim; avtomobilning rejimi, binobarin dizelning yuklamasi o'zgarganda yonilg'i beruvchi apparatura juda qisqa vaqt ichida silindrga purkaladigan yonilg'ining miqdorini yuklamaga qarab o'zgartira olishi zarur;

4) hamma silindrlarga bir xil miqdorda yonilg'i uzatish kerak.

Yonilg'i berish apparaturasi quyidagi asosiy elementlardan iborat:

1) yonilg'i baki, past bosimli yonilg'i trubkalari, yordamchi yonilg'i haydash nasosi va filtrlar;

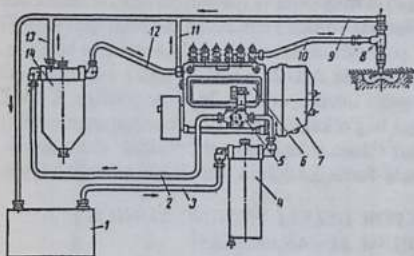
2) purkash paytini va beriladigan yonilg'i miqdorini rostlash tuzilmalari bilan jihozlangan yuqori bosimli yonilg'i nasosi;

3) forsunkalar;

4) regulyator.

Avtomobil dizellarida yonilg'i berish apparaturasining ikki xili ko'proq ishlatiladi: 1) yonilg'i alohida yuqori bosimli nasosdan yuqori bosimli truboprovodlar orqall forsunkalarga keladi va 2) yuqori bosimli yonilg'i nasosi va forsunka bitta asbobga birlashtirilgan bo'lib, u nasos-forsunka deyiladi, bunda yuqori bosimli yonilg'i trubasi bo'lmaydi.

YAMZ-236 dizelining ajratilgan turdagi yonilg'i sistemasi 11.9- rasmda ko'rsatilgan. Yonilg'i yordamchi nasos 5 bilan 1,5—1,7 bar (kg/sm^2) bosim ostida yuqori bosim nasosi 6 ga beriladi. Ortiqcha yonilg'i nasosdan



11.9- rasm. YAMZ-236 dizelining ta'minlash sistemasi: 1-yonilg'i baki; 2, 3, 9, 11, 12 va 13-past bosimli yonilg' trubkalari; 4-dag'al tozalash filtri; 5-yordamchi haydash nasosi; 6- yuqori bosimli yonilg'i nasosi; 7-regulyator; 8-forsunka; 10-yoqori bosimli haydash trubkasi; 11-mayin tozalash filtri

o'tadi va reduksion klapan prujinasining kuchini yengib, yonilg'i trubkalari orqali bakka qayta quyiladi.

Yonilg'ini forsunkaga kelishidan oldin mexanik aralashmalardan tozalash uchun sistemada to'rtta filtr o'rnatilgan.

D-12A dvigatelida ham shunga o'xshash yonilg'i sistemasi ishlatilgan.

YAMZ va D-12A to'rt taktli dizellarning yonilg'i berish apparaturasida yopiq ti pdagi forsunkaishlatiladi.

Kamminz dizellarida ajratilmagan turdagi yonilg'i berish apparaturasi o'rnatilgan. Nasos-forsunkada klapan-soploli to'zitgich bor.

2. Yuqori bosimli yonilg'i nasosi

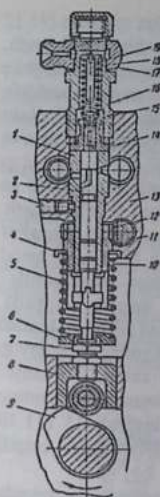
Nasosning tuzilishi. Yuqori bosimli yonilg'i nasosi-dizellarning ta'minlash sistemasining eng murakkab asboblardan biri. U dvigatelning yuklamasiga mos holda hamma silindrlarga forsunka orqali bir xil miqdorda yonilg'i berish uchun xizmat qiladi.

Yuqori bosimli yonilg'i nasoslari ko'p seksiyali va taqsimlovchi bo'ladi.

Avtotraktor dizellarida ko'p seksiyali zolotnikli yonilg'i nasoslari ko'p ishlatiladi. Bunday nasoslarda dvigatel silindriga beriladigan yonilg'i miqdori plunjerli juft yordamida o'zgartiriladi. Bunda plunjerning to'la yurish yo'li o'zgarmas, uning ustidagi hajm esa yonilg'i bilan deyarli doim to'la bo'ladi.

YAMZ-236 dizeli yonilg'i nasosining bitta seksiyasi 11.10-rasmda ko'rsatilgan. Har bir seksiyaning ish elementi gilza va plunjer 2 dan tuzilgan plunjerli juftidan iborat.

Ko'p seksiyali nasoslarda har bir ish seksiyasi yonilg'ini dvigatelning faqat bir silindriga yetkazib beradi. Taqsimlovchi nasoslar bir va ikki plunjerli bo'lishi mumkin. Ularning bitta ish seksiyasi dvigatelning bir nechta silindrlariga yonilg'i yetkazib beradi.



11.10- rasm. YAMZ-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-turtgich; 9-kulachok; 10-burish vtulkasi; 11-reyka; 10-tishli gardish; 13-nasos korpusi; 14-o'rindiq; 15-haydash klapani; 16-shtutser; 17-nippel; 18-chekladich; 19-prujina

Avtotraktor dizellarida ko'p seksiyali zolotnikli yonilg'i nasoslari ko'p iitsatiladi. Bunday nasoslarda dvigatel silindriga beriladigan yonilg'i miqdori plunjerli juft yordamida o'zgartiriladi. Bunda plunjerning to'la yurish yo'li o'zgarmas, uning ustidagi hajm esa yonilg'i bilan deyarli

doim to'la bo'ladi.

YAMZ-236 dizeli yonilg'i nasosining bitta seksiyasi 11.10-rasmda ko'rsatilgan. Har bir seksiyaning ish elementi gilza va plunjer 2 dan tuzilgan plunjerli juftdan iborat.

Yonilg'i nasosining vali bilan yaxlit yasalgan kulachok 9 turtgich 8 ni, bu esa plunjer 2 ni ko'taradi. Turtgichning roligi kulachokdan prujina 5 ta'sirida pastga yumalaganda plunjer boshlang'ich holatiga qaytadi.

Plunjerning gilzasi 1 ga erkin aylanadigan burish

vtulkasi 10 o'rnatilgan.

Yonilg'i nasosining yuqori qismida o'rindiq 14 ga haydash klapani 15 o'rnatilgan.

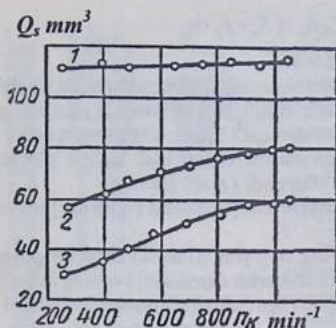
11.11-rasmda nasos seksiyasining detallari alohida ko'rsatilgan. Plunjerning yuqori qismida ikkita vintli ariqcha 3 bor (11.11 rasm, a). Bu ariqchalar plunjerning toretsi bilan markaziy 2 va ko'ndalang kanallar vositasida birlashtirilgan. Ariqchalarning birida juda aniq ishlangan qirra bor. Bu qirra silindrga beriladigan yonilg'i miqdorini rostlash uchun mo'ljallangan.

Plunjerning pastki qismidagi ikkita chiqiq 4 uni burish vtulkasi bilan biriktirish uchun, aylana chiqiq (burtik) 5 esa qaytarish prujinasining pastki tarelkasini o'rnatish uchun mo'ljallangan.

Plunjerning gilzasida qarama-qarshi joylashgan ikkita teshik 6 bor (11.11-rasm, b).

Burish vtulkasining ikkita chuqurchasi 7 ga, plunjerning chiqiqlari 4 kirgiziladi. Tortish vinti 8 tishli gardish 10 ni mahkamlaydi. Tishli gardish yonilg'i nasosining reykasi 9 bilan tishlashgan.

Nasos seksiyasining ishlashi. Nasos seksiyasining ishini uchta jarayonga bo'lish mumkin: to'ldirish, haydash va qayta chiqarish.



11.13- rasm. YAMZ-236 dizelining yonilg'i nasosi uchun har siklda beriladigan yonilg'i miqdori Q_s ning kulachokli valning aylanishlar soni n_k ga bog'liqligi

yordamida avtomatik tarzda suriladi yoki uni shofyor yonilg'i berishni boshqarish pedali bilan siljitadi.

Eng ko'p yonilg'i berishni cheklash uchun reykaning yoki regulyatordagi boshqarish richagining siljishi mos cheklagich o'rnatib chegaralanadi,

Plunjerdagi ikkinchi vint shaklli ariqcha shu ariqchalarni to'latuvchi yonilg'ining yonlama bosimni muvozanatlash uchun kerak. Bu vint ariqchaning qirrasi yonilg'i berish va chiqarishda qatnashmaydi, shuning uchun plunjerni vtulkaga o'rnatishda 180° ga burish ruxsat etilmaydi.

YAMZ-236 dizelida yonilg'i nasosining reykasini uch holatga qo'yib, kulachokli valning turli aylanishlar soni n_k da yonilg'i berish xarakteristikasi 11.13-rasmida ko'rsatilgan.

Reykaning yonilg'ini to'la uzatish holatida aylanishlar soni oshirilsa, siklda beriladigan yonilg'i miqdori biroz ko'payadi (egri chiziqli).

Kam yuklamalarda aylanishlar soni oshishi bilan siklda beriladigan yonilg'i miqdori ko'p oshadi (2 va 3 egri chiziqlar).

Yonilg'i uzatish to'xtagan paytda yuqori bosimli yonilg'i trubkasida bo'sim tez kamayishi kerak. Aks holda yonilg'i berish tez tugamaydi va purkash oxirida yonish kamerasiga yonilg'i tomchilab oqishi mumkin. Bu tomchilar parchalanmagan bo'lib, silindrda yonmaydi va kurum hosil qiladi.

Yonilg'i berishni keskin tugallash uchun yonilg'i nasosiga haydash klapani o'rnatiladi. Plunjer pastga harakatlanganda bu klapan berk bo'ladi, shunday qilib plunjerning ustki hajmini yuqori bosim trubkalaridan ajratib,

qilganda, plunjerning vintli qirrasi gilzaning qayta chiqarish darchasini oldinroq ochadi (6 shema), plunjerning aktiv yo'li qisqaradi va silindrga kamroq yonilg'i tushadi.

Reyka to'la tortib chiqarilsa, silindrga yonilg'i purkash to'xtaydi. Bu holda plunjerning torets sirti kiritish darchasini berkitishdan oldin vintli qirra qayta chiqarish darchasini ochadi (7-shema). Natijada plunjer ustidagi hajm keltirish va qayta chiqarish kanallari bilan doim qo'shilgan bo'lib, yonilg'i forsunkaga bormaydi.

Dvigatelning yuklamasi o'zgarganda reyka regulyator

yonilg'ining bu trubkalardan so'rilishiga yo'l qo'ymaydi.

Rossiyada ishlab chiqariladigan avtotraktor dizellarining yonilg'i nasoslarida qo'ziqorin shaklidagi haydash klapanlari ishlatiladi (11.14- rasm, a). Haydash klapanining yuqori qismida zichlovchi konusli qalpoq va bo'shatuvchi belbog' 2, pastki qismida esa yonilg'i o'tkazuvchi to'rtta ariqchali xvostovik 3 bor.

Plunjer tepasidagi ish hajmini yonilg'i bilan to'ldirish paytida haydash klapani o'rindiq 4 ga prujina va yuqori bosimli yonilg'i trubkasidagi qoldiq bosim ta'sirida zich siqilgan bo'ladi. Plunjer yuqoriga harakat qilganda, ish hajmidagi yonilg'ining bosimi klapani o'rindiqqa qisuvchi prujina kuchidan katta bo'lishi bilan klapan yuqoriga ko'tarila boshlab, shtutserdagi yonilg'ini yuqori bosim trubkalariga siqib chiqaradi. Bo'shatuvchi belbog' o'rindiqdan chiqishi bilan yonilg'i plunjerning ustidagi hajmdan nasosning shtutseriga, so'ngra yuqori bosim trubkasi bo'ylab forsunkaga keladi.

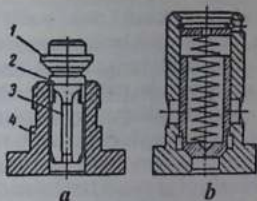
Purkash oxirida, qayta chiqarish darchasi ochilganda plunjer ustidagi bosim pasayadi va haydash klapani prujinaning kuchi va nasosning shtutseridagi yonilg'ining bosimi ta'sirida o'rindiqqa o'tira boshlaydi. Klapan pastga harakatlanganda uning o'rindiqqa o'tirishidan oldin bo'shatish belbog'ining pastki qirasi yo'naltiruvchi teshikka kiradi. Shu paytdan boshlab yuqori bosimli yonilg'i yo'li plunjer ustidagi hajmdan ajraladi. Klapan pastga harakatida davom etganda shtutser 16 (11.10- rasmga qarang) ichidagi hajm bo'shaydi, natijada nasos bilan forsunka orasidagi yonilg'i yo'lida bosim keskin pasayadi. Shu usulda yonilg'i berish keskin tugallanadi va qayta purkash hodisalari yo'qotiladi. Shtutser ichidagi hajm qancha ko'p bo'shasa, yuqori bosimli yonilg'i trubkasidagi qoldiq bosim ham shuncha pasayadi.

Klapan va o'rindiq birgalikda tayyorlanadi, shuningdek, zarur bo'lganda ular komplekt holda almashtiriladi.

Qo'ziqorin shaklidagi klapanlardan tashqari, zolotnikli haydash klapanlari (11.14 rasm, b) ham ishlatiladi va ular bir xil ishlaydi.

YAMZ-236 dizelinining yonilg'i nasosi. 11.15- rasmda misol tariqasida YAMZ-236 dizeliga o'rnatiladigan yuqori bosimli olti seksiyali zolotnikli yonilg'i nasosi ko'rsatilgan.

Oltita seksiya nasos korpusi 14 ning yuqori qismidagi uyalarda joylashgan. Plunjerlarning gilzalari stopor vintlar bilan bir xil holatda o'rnatiladi. Gilzalardagi teshiklar satxida korpus bo'ylab ikkita gorizontal



11.14- rasm. Haydash klapanlarining konstruksiyalari: a-qo'ziqorinsimon klapan; b-zolotnikli klapan

kanal o'tgan: kanal 3 orqali yonilg'i seksiyalarga yuboriladi, kanal 15 bo'ylab esa yonilg'i berish keskin tugaganidan so'ng seksiyadan qayta olib ketiladi.

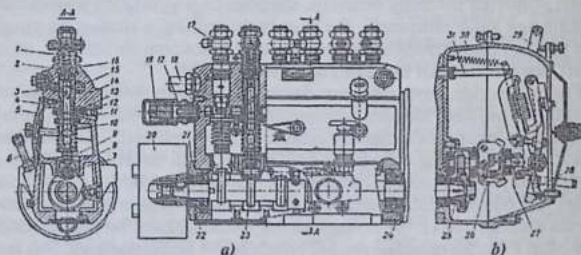
Yon tarafda korpus bo'ylab o'tgan kanalda vtulkalar vositasida nasos reykasi 12 o'rnatilgan. Bu reyka har bir seksiyaning tishli gardishi bilan ilashgan.

Nasosning korpusidagi gilzalar o'rnatiladigan uyalar ostida chuqurchalar bor. Bu chuqurchalarga burish vtulkalarining tishli gardishi 13 kiritiladi. Chuqurchalarning pastki qismida o'tkazish belbog'lari yasalgan bo'lib, ularga prujinalarning yuqori tarelkalari tayanadi.

Nasos seksiyalarining bo'shlig'ini kulachokli valning bo'shlig'idan ajratadigan to'siqda turtkichlar 8 ni o'rnatish uchun uyalar yasalgan.

Nasosning kulachokli vali 23 da oltita tangensial profilli kulachok va eksentrik bor. Kulachoklar turtkichlarni harakatga keltiradi, eksentrik esa yonilg'i xaydovchi yordamchi porshenli nasosni ishga soladi.

Nasosning kulachokli valiga purkashni ilgarilash muftasi 20 o'rnatilgan, uning qarama-qarshi tomoniga regulyatorni harakatlantiruvchi yetakchi



11.15- rasm. YAMZ-236 dvigateliga o'rnatilgan yuqori bosimli olti seksiyali yonilg'i nasosi (purkashni ilgarilovchi avtomatik mufta va regulyator bilan jihozlangan):

1-haydash klapanining tayanchi; 2-shtutser; 3 va 15 kanallar; 4- plunjer vtulkasini o'rnatish vinti; 5- yon qopqoq; 6-moy sathini ko'rsatkich; 7- turtkich roligining o'qi; 8-plunjerning tutkichi; 9-rostlash bolti; 10-plunjer; 11-stopor vinti; 12-reyka; 13-tishli gardish; 14-nasos korpusi; 16-haydash klapani; 17-nippel; 18-qayta o'tkazib yuborish klapani; 19-reykaning qopqoqchasi; 20-yonilg'i purkashni ilgarilash avtomatik muftasi; 21-podshipnik qopqog'i; 22 va 24- o'zi siquvchi salniklar; 23-kulachokli val; 25-yetakchi shesterniya; 26-regulyatorning yuki; 27-tayanch tovon; 29-regulyatorni boshqarish richagi; 30-regulyatorning korpusi; 31-reykaning tortqisi

shesternya 25 ning gupchagi mahkamlangan. Regulyatorning o'zi nasosning korpusiga biriktirilgan.

Agar purkashni ilgarilash muftasi 20 tomonidan qaralsa, kulachokli val soat mili yuradigan tomonga aylanganda yonilg'i nasosi seksiyalarining ishlash tartibi 1-4-2-5- -3-6 bo'ladi. Silindrlar bloklari orasidagi burchak 90° bo'lgan V-simon to'rt taktli olti silindrli dizelda ish yo'llarining takrorlanishi kabi, seksiyalarning yonilg'i haydash yo'llari ham kulachokli val har 45° va 75° burilganda takrorlanadi.

Yonilg'i nasosi bitta seksiyasining maksimal ish unumi har siklda 111 - 113 mm³ ni tashkil qiladi.

Sakkiz va o'n ikki silindrli YAMZ dizellarida, shuningdek, D12A dizellarida ham xuddi shu konstruksiyali nasoslar ishlatiladi.

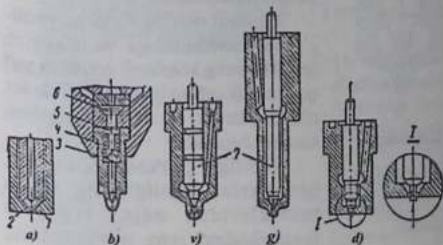
Ko'rib chiqilgan yonilg'i nasoslarida haydash seksiyalarining soni dvigatel silindrlarining soniga to'g'ri keladi. Keyingi yillarda taqsimlovchi tipdagi nasoslar ishlatila boshladi. Bunday nasoslarda bitta seksiya yonilg'ini navbat bilan ikki-olti silindrga beradi. Ularning kulachokli vali bir marta aylanganda plunjerning yurish soni dvigatel silindrlarining soniga mos keladi. Silindrlar soni olti-sakkiz bo'lganda bunday nasoslarga 2 ta seksiya o'rnatiladi.

3. Forsunkalar

Forsunkalar ikki asosiy turga bo'linadi, ya'ni ular ochiq va yopiq bo'ladi.

Yopiq forsunkalar to'zitgichning konstruksiyasiga qarab, klapan-soploli, shtiftsiz va shtiftli bo'ladi.

11.16-rasmda to'zitgichlarning konstruksiyalari ko'rsatilgan. Ochiq forsunka orqali yonilg'i purkash (11.16-rasm, a) to'zitgich ichidagi bosim silindrdagi bosimdan yuqori bo'lganda boshlanadi. Bosimlar farqi shunday bo'lishi kerakki, u to'zitgichning soplo teshiklarining qarshiliklarini yenga olsin. Yonilg'i soplo teshigiga kanallar va 2 orqali keltiriladi.



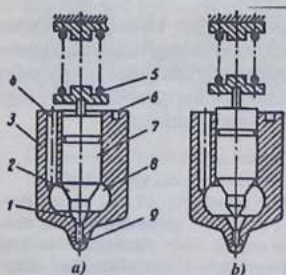
11.16- rasm. Forsunkalarga o'rnatiladigan to'zitgichlarning konstruksiyalari: a- ochiq to'zitgich; b- klapan-soploli to'zitgich; v va g- yopiq to'zitgich; d- shtiftli to'zitgich

11.16-rasm, b da nasos-forsunkada ishlatiladigan yopiq klapan-soploli to'zitgich ko'rsatilgan. To'zitgichda plastinasimon klapan 6 bor. To'zitgichdagi yonilg'i bosimi silindrdagi bosimdan kam bo'lsa, gazlar bosimi ostida klapan teshikka qisiladi va gazlar nasos-forsunkaga o'ta olmaydi. Ochiq forsunkalarga xos kamchilikni, ya'ni purkash oxirida yonilg'ining tomchilashini kamaytirish uchun, to'zitgichda kontrol klapan 5 bor. Bu klapan yurish yo'lini cheklagich 3 va prujina 4 bilan jihozlangan bo'lib, bosim 40-65 bar (kG/sm^2) bo'lganda ochiladi. Bu bosim purkash bosimidan ancha kam bo'lganligi uchun ko'pincha bunday forsunka ochiq forsunka deyiladi.

Yopiq to'zitgichlarning shemasi 11.16-rasm, v va g da keltirilgan. Yopiq to'zitgichli forsunkaning ishlash shemasi 11.17- rasmda ko'rsatilgan.

Yopiq forsunkaning xususiyati shundan iboratki, unda berkitadigan organ-igna 7 bor (11.16- rasm, v va g). Bu igna silindrga har gal yonilg'i purkalgandan keyin yuqori bosimli yonilg'i berish yo'lini yonish kamerasidan ajratib qo'yadi.

Yonilg'i to'zitgich korpusi 5 ning yuqori toresidagi aylanma ariqcha 6 dan (11.17-rasm) kanallar 5 bo'ylab ichki bo'shliq 8 ga o'tadi. Qisilgan prujina 5 ta'sirida igna 7 o'zining konusi bilan to'zitgichning korpusidagi o'rindiqqa siqiladi. Nasosdan yonilg'i kelishi bilan yuqori bosimli trubkadagi, shuningdek, to'zitgichning ichidagi bosim juda tez ko'tariladi. Ignaning konussimon sirti 2 ga ta'sir qiluvchi bu bosim prujinaning kuchidan oshganda igna ko'tariladi va yonilg'i soplo teshiklari 9 orqali yonish kamerasiga katta bosim va tezlikda keladi.



11.17- rasm. Yopiq forsunkaning ishlash sxemasi:

a-to'zitgichning ignasi tushirilgan (yonilg'i berilmaydi); b- igna ko'tarilgan (yonilg'i purkaladi)

Nasosdan yonilg'i haydash to'xtatilgach trubkalardagi, shuningdek, to'zitgich korpusining ichki qismidagi bosim pasayadi va prujinaning bosimidan kichik bo'lib qoladi. Buning natijasida igna prujina ta'sirida uyaga zich o'tiradi va silindrga yonilg'i berish tugallanadi.

Purkash oxirida silindrga yonilg'ining tomchilashiga va to'zitgich teshiklarining koks lanib qolishiga yo'l qo'ymaslik uchun igna uyaga juda tez o'tirishi kerak, bu vazifani haydash klapani bajaradi.

Yonilg'i purkash bosimini, binobarin, yonilg'ining soplo teshiklaridan oqish tezligini forsunkadagi igna prujinasining

tarangligini rostlash yo'li bilan o'zgartirish mumkin. Forsunka dizel yonish kamerasining shakli va turiga bog'liq holda tanlanadi.

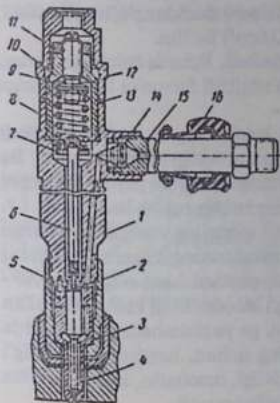
Forsunkalarning mavjud konstruksiyalarida to'zitgichning ignasi va korpusi uzunroq qilib yasaladi (11.16-rasm, g va d), bu esa ularning ishlash muddatini uzaytiradi va ignaning ishlash sharoitini yaxshilaydi.

Tez ishlovchi dizellarning forsunkalarida ishlatiladigan to'zitgichlar ignaning va soploning tuzilishiga qarab farq qiladi. To'zitgich soplosida bir yoki bir necha teshik bo'lishi mumkin. Bu teshiklar to'zitgichning ichki hajmini yonish kamerasi bilan tutashtiradi.

Diametri $0,15 \pm 0,45$ mm li 4-10 dona teshigi bo'lgan to'zitgichlar bir hajmli ajratilmagan yonish kamera-larining forsunkalarida ishlatiladi. Ajratilgan yonish kameralarida, shuningdek, bir hajmli ajratilmagan yonish kameralarining ba'zilarida bitta teshikli to'zitgichlar o'rnatiladi. Ayrim hollarda, bu to'zitgichlarda (11.16-rasm, ∂) berkitish konusi-dan tashqari, bir-biri bilan uchrashadigan konus shaklidagi ikkita shtift ham bo'ladi. Bular shtiftli to'zitgichlar deyiladi. Igna ko'tarilganda yonilg'i o'tadigan yuzaning kesimi o'zgaradi, bu esa dizelning hamma yuklamalarida forsunkaning turg'un ishlashini ta'minlaydi. Igna harakatlanganda shtift to'zitgichning soplo teshigini qurumdan tozalaydi. Shtift konusining burchagi $40-45^\circ$ bo'lishi mumkin. Soplo teshigining diametri 1,0; 1,5; 2,0 mm ga teng qilib olinadi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan barcha yopiq to'zitgichlarda ignaning yurish yo'li 0,3-0,45 mm, igna bilan to'zitgichning korpusi orasidagi zazor 2,5 mkm; o'rindiq konusining burchagi $59-60^\circ$, igna konusining burchagi esa mos holda 1° katta qilib tayyorlanadi.

Misol tariqasida, to'rt taktli YAMZ dizellarida ishlatiladigan forsunkaning konstruksiyasi 11.18- rasmda



11.18- rasm. To'rt taktli YAMZ-dizeliga o'rnatilgan yopiq forsunka: 1- forsunka korpusi; 2- to'zitgichning gaykasi; 3- to'zitgich; 4- to'zitgichning ignasi; 5- shtift; 6- turtgich; 7- prujinaning tarelkasi; 8- prujina; 9- prujinaning sozlash vinti; 10- stakan; 11- sozlash vintining kontrgaykasi; 12- qalpoqcha; 13- qistirma; 14- to'r filtr; 15- shtutser; 16- rezunali tvulka

ko'rsatilgan. Igna 4 li to'zitgich gayka 2 yordamida forsunkaning korpusi' ga mahkamlanadi, igna esa prujina 8 va turtkich 6 vositasida o'rindiqqa siqiladi. Prujinaning pastki qismi tarelka 7 ga, yuqori qismi esa rostlash vinti 9 ga tayanadi. Vint stakan 10 ga buralib, kontrgayka bilan mahkamlangan. Stakan 10 ga buraladigan qalpoq 12 bilan korpus orasida qistirma 13 bor. Prujinaning tarangligini rostlash vinti yordamida o'zgartirish mumkin.

Yonilg'i forsunkaga shtutser 15 va sim to'rlardan tuzilgan filtr 14 orqali keladi. Yonilg'i forsunkaning korpusidagi qiya kanaldan aylanma ariqchaga, so'ng to'zitgichning kanallari bo'ylab berkituvchi konus oldidagi bo'shliqqa, igna ko'tarilganda esa soplo teshiklariga o'tadi.

Igna va to'zitgichning korpusi oralig'idan sizgan yonilg'i rezbali teshikka burab o'rnatilgan shtutser orqali yig'ish kanaliga o'tadi.

Forsunka silindrlar kallagiga skoba bilan mahkamlanadi. Bu skoba qalpoq 12 ning aylana chiqig'iga tiraladi.

Yonilg'i keltiruvchi shtutserga rezina vtulka 16 kiygizilgan. Bu vtulka shtutserning dvigatel kallagida chiqish joyini zichlaydi.

Diametri 0,34 mm bo'lgan to'rtta soplo teshigi to'zitgichda notekis joylashgan bo'lib, yonish kamerasidagi havodan to'la foydalanishni ta'minlaydi. To'zitgich forsunkaning korpusida yonish kamerasiga nisbatan aniq holatda o'rnatilib, ikkita shtift 5 bilan mustahkamlanadi. Ignaning to'zitgichda ko'tarilishi 0,28-0,38 mm bo'lib, u forsunkaning korpusidagi torets yuza bilan cheklanadi. Ignaning prujinasi shunday siqilishi kerakki, prujinaning ignaga bosimi $150+5$ bar (kg/sm^2) bo'lsin.

Ayrim dizellarida nasos-forsunkalar ishlatiladi. Bularda zolotnikli tipdagi yuqori bosimli nasos va klapan-soploli to'zitgichli forsunka bir agregatga birlashtirilgan.

Nasos-forsunkaning plunjeri yuqorida ko'rib o'tilgan YAMZ dvigateli nasosining plunjeridan ikkita ish vint shaklli qirasi borligi bilan farq qiladi. Bu qiralarining biri (yuqoridagisi) yonilg'i purkashning boshlanish paytini, ikkinchisi (pastkisi) esa yonilg'i purkash oxirini reykaning holatiga qarab boshqaradi.

Nasos-forsunka plunjerida ikkita vintli qirraning mavjudligi shunga olib keladiki, plunjer burilganda yonilg'q miqdorining o'zgarishi bilan bir vaqtda, purkashning boshlanish va tugash paytlari ham o'zgaradi. AP-20A3 nasos-forsunkada beriladigan yonilg'i miqdorining kamayishi bilan yonilg'i berish kechroq boshlanib yu. ch. n. ga yaqinlashadi. Ayni vaqtda yonilg'i purkash ilgariroq tugaydi. Shuning uchun, beriladigan yonilg'i miqdorining kamayishi bilan yonish effektivligi, binobarin, kichik va o'rta yuklamalarda dvigatelning tejamiligi yomonlashmaydi.

Haydovchi beriladigan yonilg'i miqdorini boshqarish pedali vositasida o'zgartiradi. Bu pedal richaglar va tortqilar sistemasi orqali nasos-forsunkaning reykasiga bog'langan. Uzatilayotgan yonilg'i miqdori ikki rejimli markazdan qochma regulyator yordamida avtomatik ravishda o'zgartirilishi mumkin.

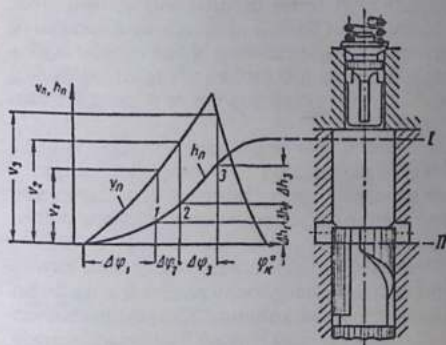
4. Yuqori bosimli yonilg'i nasosi va forsunkaning birga ishlashi

Yonilg'i nasosining ishlashi ko'rib chiqilganda aniqlanganidek, plunjerning aktiv yo'li (bunda yonilg'i forsunkaga uzatiladi) plunjerning to'retsi kiritish teshiklarini berkitgan paytdan boshlanib, vintli qirra qaytarish teshigini ochib, yonilg'i berish tugallangan paytgacha davom etadi.

Bunday taxmin yonilg'i nasosining plunjeri juda ham sekin harakat qilgan va yonilg'i plunjerning ustidagi bo'shliqdan qo'shimcha qarshiliklar yo'q muhitga siqib chiqarilganda to'g'ri bo'ladi. Haqiqatda esa yonilg'i sistemasida sodir bo'ladigan hodisalar ba'zi sabablarga ko'ra murakkablashib, yonilg'ini silindrga purkash boshi va oxiri plunjer aktiv yo'lining boshlanishi va tugashiga to'g'ri kelmaydi.

Yonilg'i nasosining plunjeri bilan haydash klapanining birga ishlashi 11.19- rasmda ko'rsatilgan.

Plunjer pastki chekka holatdan boshlab darchalar berkilguncha harakatlanganda foydali ish bajarmaydi. Bu davrda yonilg'i plunjerning ustidagi bo'shliqdan nasosning yonilg'i keltiruvchi kanaliga qayta oqib chiqib ketadi. Grafikda abssissalar o'qi bo'ylab yonilg'i nasosi valining burilish burchagi φ , ordinatalar o'qi bo'ylab esa plunjer yo'li h_p va tezligi V_p qo'yilgan. Koordinatalar boshidan nuqttagacha bo'lgan uchastka



11.19- rasm. Yonilg'i nasosidagi plunjer va so'rish klapanining birga ishlashi; I va II -plunjerning yuqori va pastki chekka holatlari

plunjerning salt yo'li hisoblanadi. Agar kulachokning profili mos tanlangan bo'lsa, bu davr ichida yonilg'i nasosi valining kulachogi $\Delta\varphi_1$ burchakka buriladi, plunjer Δh_1 yo'lni bosib o'tadi va uning tezligi 0 dan v_1 gacha o'zgaradi.

Darchalar berkilgan paytdan boshlab haydash klapani ko'tarila boshlaydi. Haydash klapani ko'tarilib bo'shatuvchi belbog' yo'naltiruvchi kanaldan chiqquncha yonilg'i plunjerning ustidagi bo'shliqdan haydash klapanining shtutseriga o'tmaydi. Bu davrning oxiri 2 nuqta bilan belgilanadi.

Demak, 1 nuqtadan 2 nuqtagacha plunjer qo'shimcha yo'l Δh_2 bosadi, bu davr ichida yonilg'i nasosining vali $\Delta\varphi_2$ burchakka buriladi, plunjerning tezligi esa v_2 ga yetadi.

Plunjer 2 nuqtaga mos holatda bo'lganda, haydash klapanining bo'shatuvchi belbog'i yo'naltiruvchi kanaldan to'la chiqqanda, yonilg'i yuqori bosimli trubkalarga o'ta boshlaydi. Plunjerning vintli qirrasi qayta chiqarish darchasini ochgan paytda yonilg'ining yuqori bosimli trubkaga o'tishi to'xtaydi, bu payt plunjerning yo'li h_p ni ifodalovchi egri chiziqdagi 3 nuqtaga to'g'ri keladi. Bu davr ichida kulachokli val $\Delta\varphi_3$ burchakka buriladi, plunjer tezligi esa v_3 dan v_3 gacha o'zgaradi. 3 nuqtaning holati berilayotgan yonilg'i miqdoriga bog'liq.

Shuni aytish kerakki, haqiqatda bo'shatuvchi belbog' plunjerning ustidagi yonilg'ining bosimi ta'sirida haydash klapani o'rindig'ining yo'naltiruvchi kanalidan bir oz ilgari chiqadi va shuning uchun yonilg'i shtutserga 2 nuqtada emas, balki ilgariroq o'ta boshlaydi. Plunjerning gilzasidagi uzish darchasidan yonilg'i oqimining drossellanishi natijasida yonilg'i 3 nuqtadan ancha keyin to'xtaydi, ya'ni yonilg'i berish uzoqroq vaqt davom etadi, plunjer ustidagi yonilg'i bosimi yuqori bosimli nasosning va forsunkaning konstruktiv xususiyatlariga hamda yonilg'i tizimiining ishlash rejimiga bog'liq.

Forsunka orqali yonilg'i purkash xarakteristikasi to'zitgich soplosining oldidagi bosim p_s va purkash davrida silindrdagi bosim p_c ning ayirmasi bilan aniqlanadi, ya'ni $p_{pur} = p_s - p_c$.

Ochiq forsunkada purkash bosimi p_{pur} ning o'zgarishi va yopiq forsunka uchun to'zitgichdagi bosim p_f ning o'zgarishi 11.20- rasmda ko'rsatilgan.

Yopiq forsunka uchun gorizontal shtrix chiziq haydash klapanining bo'shatuvchi belbog'i o'tirgandan so'ng, yuqori bosimli trubkada oldingi sikldan qolgan bosimni xarakterlaydi, haydash klapanining ko'tarilishi natijasida yuqori bosimli trubkadagi yonilg'i bosimining oshish payti 1 nuqta bilan ifodalanadi, 2 nuqtada yonilg'ining bosimi prujinaning kuchidan katta bo'lib, forsunkaning ignasi o'rindiqdan ko'tariladi. Shu paytdan boshlab to'zitgichning ochilgan teshigi orqali yonilg'i purkash boshlanadi, shunda bosim 2 va 3 nuqtalar orasida bir oz pasayadi.

Bu uchastkada purkash jarayonining rivojlanishi plunjerning harakat tezligiga bog'liq. Agar uning tezligi kichik bo'lsa, to'zitgichdagi bosim p_f ortiqcha kamayib, igna o'rindiqla qayta o'tirishi mumkin. Haydash klapanining bo'shatuvchi belbog'i o'rindiqlarning yo'naltiruvchi kanalidan chiqib, yonilg'i plunjerning bo'shlig'idan kela boshlaydigan payt 3 nuqta bilan ifodalanadi. Bundan keyingi bosqichda plunjer ma'lum tezlikda harakatlanganda bosim p_f oshadi.

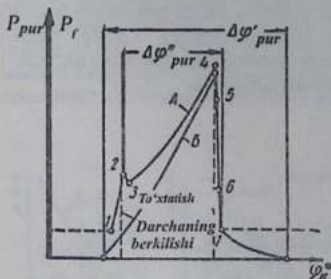
4 nuqtada yonilg'i berish uziladi, plunjer usti bo'shlig'idagi bosim tez pasayadi, haydash klapani o'rindiq tomonga harakat qiladi. Bo'shatuvchi belbog' o'rindiqlarning yo'naltiruvchi kanaliga o'tirganda (5 nuqta) yuqori bosimli trubka plunjer usti bo'shlig'idan ajraladi va bosim p_f tez pasayadi. Ma'lum vaqt davomida (6 nuqttagacha) yonilg'i berish uzib qo'yilganiga qaramay, yuqori bosimli trubkada qolgan yonilg'i forsunka orqali silindrga purkaladi. 6 nuqtada forsunkaning ignasi o'z o'rniga o'tiradi va bosim p_f ning bundan keyingi pasayishiga faqat haydash klapanining ishlashi sabab bo'ladi.

Ochiq forsunka ishlatilganda purkash bosimi p_{pur} ning o'zgarishi 11.20-rasmda ko'rsatilgan (B egri chiziq). Forsunkada berkituvchi igna bo'lmaganligi uchun purkash cho'zilib, past bosimda tugaydi, bu esa yonilg'ining yomon to'zishiga sabab bo'ladi.

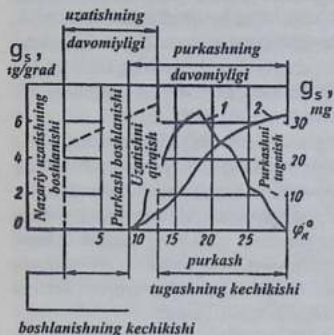
Yonilg'i nasosi bilan forsunkaning birgalikda ishlashini ko'rib chiqishdan ma'lum bo'lishicha, bosim yonilg'i nasosida va forsunkaning soplosida bir vaqtda o'zgaradi. Haqiqatda esa yonilg'ini purkay boshlash vaqti nasosdan yonilg'i bera boshlash paytiga to'g'ri kelmaydi.

Yuqori bosimli yonilg'i nasosi va forsunka ishlatilgan hol uchun yonilg'i purkash xarakteristikasi 11.21-rasmda ko'rsatilgan (egri chiziq; g-kulachokli val 1° burilganda silindrga purkalgan yonilg'i miqdori, mg).

1 egri chiziq bilan ifodalanuvchi yonilg'i miqdorlarining yig'indisi (2 egri chiziq), kulachokli val ma'lum burchakka burilganda silindrga purkalgan yonilg'ining umumiy miqdorini ko'rsatadi.



11.20-rasm. Ochiq va yopiq forsunkalar uchun purkash bosimining o'zgarishi: A-yopiq forsunka; B-ochiq forsunka; $\Delta\varphi_{pur''}$ -ochiq forsunka bilan purkashning davom etishi; $\Delta\varphi_{pur''}$ -yopiq forsunka bilan purkashning davom etishi



11.21-rasm. Yonilg'i purchash tavsifi

ham, agar yuqori bosimli yonilg'i trubkalari qisqa bo'lsa, nasosdan yonilg'i berish va forsunka bilan purchash xarakteristikalarini vaqt jihatidan o'zaro mos keladi.

Ko'p silindrlil dizellarga o'rnatiladigan yonilg'i nasoslarining ko'pchiligida tirsakli valning aylanishlar soni oshishi bilan siklda beriladigan yonilg'i miqdori ham ko'payadi (11.13- rasmga qarang). Yonilg'i berish xarakteristikasini o'zgartirish va uni ish sharoitlariga moslashtirish uchun bunday sistemalarda maxsus korrektorlar ishlatiladi.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, purchashning boshlanishi va tugashi nasos orqali yonilg'i berish fazalaridan keyin sodir bo'ladi.

Purchashning uzoq davom etishi nasos valining aylanishlar soniga, forsunkadagi igna prujinasining siqish kuchiga, yonilg'i uzatish trubkalarining uzunligiga, soplo teshiklarining kesim yuziga va beriladigan yonilg'i miqdorinng ko'payishiga bog'liq. Nasos-forsunka ishlatilganda purchash xarakteristikasi (asosan purchashning boshlanishi) nasosdan yonilg'i berish xarakteristikasiga juda mos keladi.

Ajratilgan tipdagi yonilg'i sistemalarida

XII bob

DIZELLARNING YONILG'I BERISH REGULYATORLARI VA KORREKTORLARI

12.1. REGULYATORLAR

Tezlik xarakteristikalarini ko'rib chiqish shuni ko'rsatadiki, dvigatelning eng katta tezlik rejimi uning eng ko'p quvvat hosil bo'ladigan nominal aylanishlar sonida ishlashiga to'g'ri keladi. Aylanishlar sonini nominaldan oshirish tavsiya etilmaydi, chunki bunda mexanik va termik yuklamalar oshib ketib, dvigatelda avariya sodir bo'lishi mumkin.

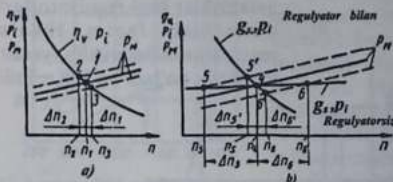
Dizellarda yonilg'i nasosi reykasining barcha holatlarida, yuklama tez kamaytirilganda tirsakli valning aylanishlar soni keskin oshib ketadi va, agar regulyator bo'lmasa, haddan tashqari katta n_{max} qiymatga yetishi mumkin (9.5-rasmga qarang).

Nominaldan katta aylanishlarda dizellarning ishlashiga yo'l qo'yilmaydi, chunki bu holda yonish jarayoni keskin yomonlashadi va mexanik yo'qotishlar ko'payadi. Dizellarning haddan tashqari katta tezlikda ishlashiga yo'l qo'ymaslik uchun, maksimal aylanishlar soni regulyatori o'rnatiladi.

Transport dvigatelinining minimal aylanishlar sonida turg'un salt ishlashi katta ahamiyatga ega. Dvigatelning bunday rejimda ishlashi quyidagi hollarda: avtomobil qisqa vaqtga to'xtaganda, uzatmalar qutisidagi uzatmalarni qayta ulashda, tishlashish muftasini ajratgan holda tepalikdan pastga qarab harakat qilganda va hokazolarda zarur bo'ladi. Dvigatel yuklamasiz ishlaganda uning indikator ishi mexanik yo'qotishlar ishiga teng bo'lsa, ravon ishlaydi. Karbyuratorli dvigatellarning yuklamasiz ishlagandagi eng kichik aylanishlar soni drossel zaslonkasi oxirigacha berkitilganda hosil bo'ladi.

Bunday sharoitlarda to'ldirish koeffitsiyenti η_v aylanishlar soniga bog'liq holda 12.1- rasm, a da ko'rsatilgandek o'zgaradi. O'rtacha indikator bosim ham taxminan shunday o'zgaradi.

Dvigatelning yuklamasiz ravon ishlagandagi aylanishlar soni uning

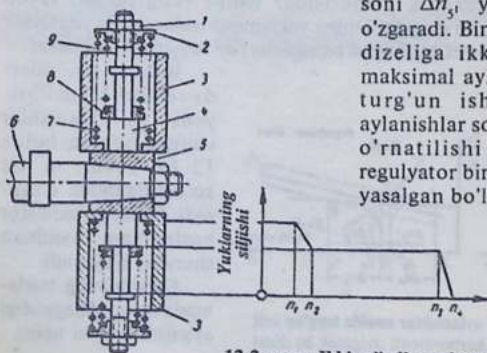


12.1-rasm. Minimal aylanishlar sonida turg'un salt ishlash shartlari: a) karburatorli dvigatel; b) dizel

issiqlik holatiga bog'liq, bunda mexanik yo'qotishlarning o'rtacha bosimi $p_m = p_i$ bo'ladi. 12.1-rasm, a da ko'rsatilgan hol uchun, bunday shartlar nuqta bilan aniqlanadi deb faraz qilaylik. Bu nuqtadan o'tuvchi egri chiziq mazkur issiqlik rejimidagi mexanik yo'qotishlarni xarakterlaydi. Agar dvigatelning issiqlik rejimi o'zgarsa, (p_m kattalashadi — 2 nuqta yoki kamayadi — 3 nuqta) u holda p_i va p_m bosimlarning o'zaro teng bo'lishi uchun aylanishlar soni Δn_1 yoki Δn_2 qadar o'zgarishi kerak.

Dizelda havo miqdori rostlanmaydi, yuklamasiz ishlagandagi o'rtacha indikator bosim p_i yonilg'i nasosining reykasii salt ishlash holatiga qo'yilganda silindrga berilgan yonilg'i miqdori g_s ning xarakteristikasi bilan aniqlanadi (12.1 rasm, b). Salt ishlashdagi aylanishlar soni 4 nuqtaga to'g'ri keladi. Mexanik yo'qotishlar o'zgarsa (masalan, dvigatel sovitilganda) va unga mos holda suv hamda moyning temperaturalari pasaysa, muvozanat 5 nuqtada bo'ladi. Bu paytda tirsakli valning aylanishlar soni ko'p, ya'ni Δn_5 qadar o'zgaradi va dizel juda ham notekis ishlaydi. p_m haddan tashqari kattalashsa, dizel to'xtab qolishi mumkin. Agar mexanik yo'qotishlar kamaysa, o'zaro tenglik 6 nuqtada sodir bo'ladi, bunda aylanishlar soni ancha Δn_6 qadar o'zgaradi.

Dizelning turg'un ishlashi uchun salt ishlash minimal aylanishlar soni regulyatori kerak. Bu regulyator yonilg'i nasosining reykasiga ta'sir qilib, yonilg'i berish xarakteristikasining 12.1-rasm, b da (5' va 6' nuqtalar) ko'rsatilgandek bo'lishini ta'minlaydi. Bu holda dvigatelning aylanishlar soni Δn_5 yoki Δn_6 qadar o'zgaradi. Binobarin, transport dizeliga ikkita regulyator: maksimal aylanishlar soni va turg'un ishlash minimal aylanishlar soni regulyatorlari o'rnatilishi lozim. Ikkala regulyator birlashtirilib, yaxlit yasalgan bo'ladi va ikki rejimli

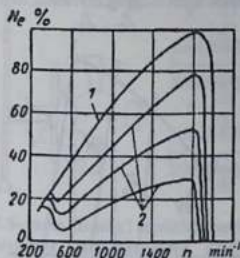


12.2-rasm. Ikki rejimli regulyatorning sxemasi

regulyator deb ataladi.

Ikki rejimli regulyatorning sxemasi 12.2-rasmda ko'rsatilgan. Yonilg'i nasosining kulachokli vali 6 oxiriga regulyatorning vtulkasi 5 o'rnatilgan. Bu vtulkaga yukchalar 3 bilan jihozlangan ikkita sterjen 4 burab kirgizilgan. Yukchalar vtulka bilan birga aylanib, sterjenlar bo'ylab siljishi mumkin. Sterjenlarga prujinalar 7 va 9 o'rnatilgan, ular tarelkalar 2 yordamida gaykalar bilan siqilgan. Prujinalar 7 ning pastki torets yuzasi yukchalarning chiqiqlariga, prujinalar 9 esa, tarelkalar 8 ga tayanadi. Regulyatorning yukchalari mos tortqilar vositasida yonilg'i nasosining reykasiga ta'sir qiladi.

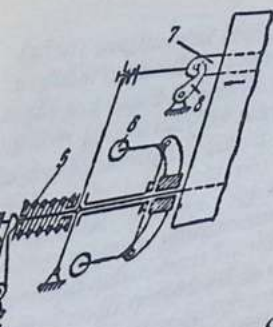
Val 6 aylanganda regulyatorning yukchalari 3 markazdan qochma kuchlar ta'sirida siljishga harakat qiladi. Yukchalarning siljishiga prujina 7 ning dastlabki tarangligi qarshilik qiladi. Prujinaning tarangligi shunday tanlab olinadiki, regulyator yuklamasiz ishlashning minimal aylanishlar sonida ta'sir qila boshlasin. Aylanishlar soni n_2 qadar oshganda yukchalarning chiqiqlari tarelkalarning torets yuzasiga urinadi. Bu tarelkalarga dastlab taranglangan prujinalar 9 tayanadi va yukchalarning bundan keyingi siljishi to'xtaydi. Regulyatorning bu uchstakdagi harakati dizelning salt ishlash rejimiga to'g'ri keladi. Aylanishlar soni n_2 dan $n_3 = n_{\text{nom}}$ gacha o'zgarganda regulyator ishlaymaydi, dvigatelning ishlash rejimini haydovchi o'zgartirishi mumkin. Dizelning aylanishlar soni nominalga yetganda, yukchalarning markazdan qochma kuchi prujina 9 ning dastlabki taranglanish kuchiga teng bo'ladi. Shu paytdan boshlab yuklama kamayishi va aylanishlar sonining oshishi bilan yukchalar markazdan chetlashadi va yonilg'i nasosining reykasiga ta'sir etib, yonilg'i miqdorini kamaytiradi va bu bilan tirsakli valning aylanishlar sonini cheklaydi. Dizelning yuklamasiz ishlagandagi eng katta aylanishlar soni $n_4 = n_{\text{max}}$.



12.3-rasm. Ikki rejimli regulyatorli dizelning tezlik tavsifi; 1- tashqi tavsifi; 2-qisman tavsiflari

Dizelning ikki rejimli regulyator bilan ishlagandagi tezlik xarakteristikallari 12.3-rasmda keltirilgan. 200-500 min^{-1} oralig'ida minimal aylanishlar soni regulyatori ishlaydi. Maksimal aylanishlar soni regulyatori $n=1800 \text{ min}^{-1}$ dan boshlab ta'sir qiladi. Bu aylanishlar soni dizelning nominal rejimiga mos keladi.

Dizel ishlash rejimining ekspluatatsiya sharoitlariga to'laroq mos kelishi va xamma ekspluatatsiya rejimlarida turg'un ishlashi uchun barcha rejimli regulyator



ishlatiladi (12.4-rasm). Bunday regulyatorning xususiyati shundaki, yonilg'i berish elastik zveno-prujina 5 orqali boshqariladi. Shofyor pedal yordamida bu prujinaning tarangligini o'zgartirib, dizel ishlay oladigan maksimal aylanishlar sonini o'zgartiradi.

Dvigatelning maksimal va minimal aylanishlar soni prujina 5 ning tarangligiga bog'liq va tayanchlar 4 va hamda richaglar 2 va 3 yordamida rostlanadi.

Barcha rejimli regulyator ishlatilganda dizelning tashqi tezlik xarakteristikasi va bu xarakteristikaning regulyator tarmoqlari 12.5-rasmda ko'rsatilgan.

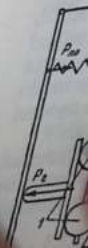
Barcha rejimli mexanik sxemasi; 1 va 4-tayanchlar; 5-prujina; 2-3-richaglar; 6-yonilg'i berishni o'zgartirish uchun tortqiga

amanning kamayishi ishlash aylanishlar miqdorida beriladi. xarakteristikaning regulyator tarmog'i bo'yicha o'zgaradi va nisbatan kam o'zgargani holda to'la

lanishlar yonilg'i oraliq tarmog'ining regulyator tarmog'ini



Dizelning barcha rejimlarida ishlagandagi tezlik xarakteristikasi va uning regulyator tarmoqlari



v-
reyka
reyka

12.2. YONILG'I BERISH KORREKTORLARI

Ajratilgan yonilg'i berish apparaturasi bilan jihozlangan aylanishlar soni oshishi bilan siklda nasos orqali yonilg'i beriladigan .ortadi. Agar beriladigan yonilg'i miqdori nominal rejim uchun to' bo'lsa, u holda aylanishlar soni kamaya borishi bilan burovchi juda oz kattalashadi.

Agar aylanishlar soni kamayishi bilan silindrga beriladigan miqdori oshirilsa, burovchi moment zapasini oshirish mumkin. berishni bunday o'zgartirish uchun korrektor ishlatiladi.

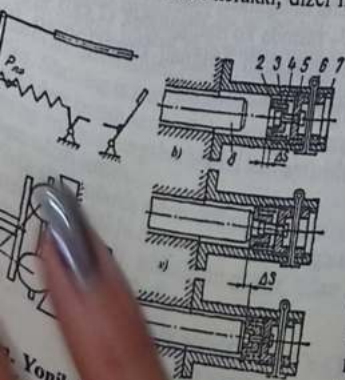
D-12A dizelining yonilg'i nasosiga o'rnatiladigan prujinali korrekt tuzilishi 12.6 rasmda ko'rsatilgan.

Stakan 7 da (12.6-rasm, b) korrektorning qalpoqchasi 2, prujina qo'zg'almas tirak 4 joylashgan. Korrektorning qalpoqchasi stakan ichi siljishi mumkin. Qo'zg'almas tirak stakanga buralgan va shplint 6 mahkamlangan probka 5 ga biriktirilgan.

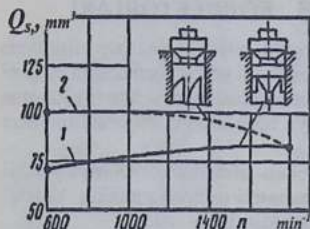
Dizel noto'liq yuklamada ishlaganda yonilg'i nasosining reykasining korrektorning qalpoqchasiga yetmaydi (12.6 rasm, b) va yuklama oshgari erkin siljishi mumkin, buning natijasida yonilg'i ko'p beriladi. Probka bunday burab kiritilishi kerakki, dizel nominal rejimda tutunsiz ishla

eng katta quvvat hosil qilsin.

Bu rejimda yonilg'i berishni boshqarish pedal tayanchgacha bosilgan bo'lishi, reyka esa prujinani siqmasdan, korrektorning qalpoqchasiga tiralishi kerak (12.6 rasm, v). Agar avtomobilning harakat qarshiligi oshsa va uni yengish uchun dizel hosil qilishi mumkin bo'lgan quvvatdan ko'proq quvvat zarur bo'lsa, bu holda aylanishlar soni kamaya boshlaydi. Aylanishlar soni kamayganda regulyatorning yuklari 1 o'zaro yaqinlashadi, prujinaning taranglik kuchi P_{pr} yuklarning



12. Yonilg'i berish korrektori. a) S-korrektori; b) prujinali korrektori. 1 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 2 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 3 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 4 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 5 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 6 - korrektorning eng kichik o'qchasi; 7 - korrektorning eng kichik o'qchasi.



12.7-rasm. Siklda beriladigan yonilg'i miqdorining tezlik rejimiga qarab o'zgarishi: 1-oddiy bo'shatish klapani bilan; 2-klapan-korrektor bilan

masligi, yonish jarayoni yomonlashmasligi lozim.

Ba'zi nasoslarda yonilg'i berishni rostlash uchun haydovchi klapankorrektor ishlatiladi. Bunday korrektorda yonilg'i o'tadigan o'zgaruvchan kesimli ariqchalar bo'ladi. Bunday klapan-korrektor o'rnatilgan dvigatel tashqi tezlik xarakteristikasi bo'yicha ishlaganda, siklda beriladi-gan yonilg'i miqdori aylanishlar soniga 12.7- rasmda ko'rsatilganidek (2 egri chiziq) bog'liq bo'ladi, 12.6-rasmda tasvirlangan prujinali korrektordan foydalanilganda ham shunga o'xshash bog'lanish bo'ladi.

markazdan qochma kuchi P_{yu} dan katta bo'lib qoladi va richag o'ngga buriladida, reykanı yana kiritib korrektorning prujinasi 3 ni siqadi (12.6 rasm, g), Bunda yonilg'i ko'p beriladi va dvigatelning quvvati ortadi. Reyka tirak bilan birga probka 5 ga tekkuncha yonilg'i ko'p berilaveradi.

Prujaning birligi shunday tanlanadiki, uni tirsakli valning aylanishlar soniga va pedalning holatiga bog'liq ravishda siqqanda aralashma ortiqcha quyuvqlash-

XIII bob

AVTOMOBIL DVIGATELLARINING KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH USULLARI VA ULARNI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI

13.1. Umumiy ma'lumot

Avtomobil transporti hozirgi taraqqiyotining asosiy yo'nalishlaridan biri dvigatel quvvati diapazonini keskin oshirishdan iborat. Og'ir yuk ko'taradigan avtomobil va avtopoyezdlar uchun quvvati 450 kVt (~ 600 o. k.) bo'lgan dvigatellar kerak, kelajakda esa ularning quvvatini 750 kVt (~ 1000 o. k.) ga yetkazish va undan ham oshirish mo'ljallangan. Harakat tezligining kattalashishi va boshqa dinamik ko'rsatkichlarining yaxshilanishi munosabati bilan yengil avtomobillar dvigatellarining quvvati ham oshirilishi lozim.

Dvigatellar quvvatining diapazonini oshirish bilan bog'liq bo'lgan tadbirlar ularning ishga chidamliligini, puxtaligini va boshqa ekspluatatsion ko'rsatkichlarini yana ham yaxshilashga imkon berishi kerak.

Hozirgi paytda avtomobil va yer ustida yuradigan boshqa transport vositalarida kuch agregati sifatida porshenli ichki yonuv dvigatellari ishlatilmoqda. Yer ustida harakatlanuvchi transport vositalarining rivojlanishini taxlil qilish shuni ko'rsatadiki, bu dvigatellar yaqin kelajakda eng ko'p tarqalgan dvigatellar bo'lib qoladi.

Avtomobil, traktor va boshqalarning ko'payishi va ularga o'rnatiladigan dvigatellar quvvatining oshishi suyuq yonilg'ining ko'proq ishlatilishi bilan bog'liq. Shuning uchun dvigatellarning yonilg'i sarfini kamaytirish masalalariga katta e'tibor berish kerak. Dvigatellarning yangi konstruksiyalarini yaratishda, ularning massasi va gabaritlarini kamaytirish maqsadida ham bu omillarni hisobga olish lozim.

Yirik shaharlarda avtomobil parkining o'sishi va avtomobillarning ochiq karerlarda ishlatilishi munosabati bilan dvigatelning shovqinini kamaytirish va havoning zaharli, ishlatilgan gazlar, bilan ifloslanishining oldini olish muammosi paydo bo'ladi.

13.2. DVIGATELNING QUVVATINI OSHIRISH USULLARI

1. Aylanishlar sonini oshirish

(8.44) tenglama taxlil qilinganda litrli quvvatning qanday omillarga bog'liqligi ko'rsatilgan edi. Hozirgi zamon dvigatellarining rivojlanishida litrli quvvatni aylanishlar sonini kattalashtirish hisobiga oshirish tendensiyasi kuchaymoqda. To'ldirish koeffitsiyenti yetarli darajada katta qiymatga ega bo'lganda, aylanishlar sonini oshirish samarali bo'ladi. Bu maqsadda,

kiritish va chiqarish tizimlaridagi yo'qotishlarni kamaytirish, ulardagi inersion hodisalardan foydalanish va gaz taqsimlash tizimini takomillashtirish kerak. Effektiv quvvatni oshirish uchun aylanishlar soni kattalashishi bilan mexanik yo'qotishlarni kamaytirish zarur.

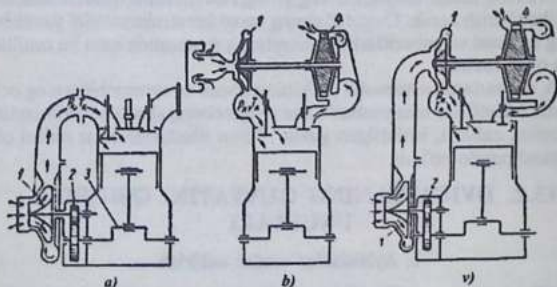
Ma'lumki, aylanishlar soni katta bo'lgan dvigatellarda porshenning yo'li qisqa bo'lishi lozim. Aylanishlar sonining kattalashishi yonish jarayonining borishi bilan chegaralanmaydi va dvigatel konstruksiyasining takomillashtirilishi mumkinligi hisobga olinib, dvigatelning aylanishlar sonini bundan keyin ham oshirishni ko'zda tutish mumkin.

2. Dvigatellar silindriga havo yoki yonuvchi aralashma haydash

Dvigatelning quvvatini silindrlarga tashqaridan havo yoki yonuvchi aralashma haydash yo'li bilan oshirish mumkin. Haydash uchun maxsus kompressorlar ishlatiladi. Havo yoki yonuvchi aralashma dvigatelning silindriga kiritilishdan avval shu kompressorlarda siqiladi. Dvigatellarga havo haydash sxemalari 13.1- rasmda ko'rsatilgan.

Havo tashqi muhitdan kompressorga kirib p_k bosimgacha siqiladi, bunda havoning temperaturasi T_k ga yetadi. Shundan so'ng havo dvigatel silindriga kiradi.

Kompressor ichidagi havo bosimi temperaturaga nisbatan tez oshgani uchun kompressordan keyingi zaryadning zichligi ρ_k dastlabki zichlik ρ_0 dan katta bo'ladi. Buning natijasida, dvigatelning silindriga sikl davomida kiradigan



13.1-rasm. Dvigatellarga havo haydash yoki yonuvchi aralashma haydash sxemalari; a-yuritmal kompressor bilan; b-turbo-kompressor bilan; v-aralashma haydash; 1-kompressor; 2-kompressorni harakatga keltiradigan reduktor; 3-krasakli val; 4-gazaviy turbina

zaryadning massa miqdori atmosferadan kirgandagiga qaraganda ko'p bo'ladi.

Agar kompressor harakatni tirsakli valdan olsa (13.1- rasm, a) u holda dvigatel quvvatining ma'lum qismi havoni siqishga sarflanishini hisobga olish kerak.

Kompressorni harakatga keltirish uchun ishlatilgan gazlarning issiqligidan foydalanyladiigan gaz turbinalar ishlatish ma'qul ko'riladi. Gaz turbinali havo haydash sxemasi 13.1 rasm, b da ko'rsatilgan. Chiqarish trubasidan chiqayotgan gazlar soploli apparat orqali gaz turbina 4 ning kurakchalariga tushadi va kompressorni harakatga keltirib foydali ish bajaradi. Havo tashqi muhitdan kompressorga keladi va pk bosimgacha siqilgandan keyin dvigatelning kiritish trubasiga uzatiladi.

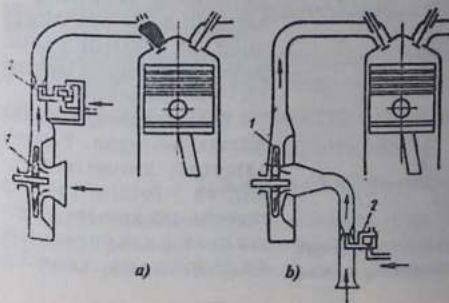
Ba'zi hollarda kombinatsiyalashtirilgan haydash usuli qo'llaniladi (13.1 rasm, v). Bu holda havo tirsakli valdan harakatlanuvchi kompressordan chiqib, gaz turbina bilan harakatga keltiriladigan kompressorga o'tadi, so'ng dvigatelga boradi.

Haydashdan foydalanilganda siqishning oxirida bosim va temperaturaning ko'tarilishi sababli yonish jarayonining xarakteri bir oz o'zgaradi. Bundan tashqari, ko'p miqdordagi aralashmaning boshlang'ich yuqori ko'rsatkichlar bilan yonishi natijasida silindrdagi gazlarning maksimal bosimi ancha oshadi va dvigatelning umumiy termik zo'riqishi ko'payadi. Ko'rsatilgan holatlar haydash qo'llanilganda hisobga olinishi kerak.

Karbyuratorli dvigatellarda detonatsiyali yonishning paydo bo'lishi haydashning qo'llanilishini cheklaydi.

Nisbatan katta bosimda ($p_k > 2$ bar) haydash usulini tatbiq etish gaz taqsimlash fazalarini o'zgartirishni talab qiladi.

Karbyuratorli dvigatelda kompressorning joylashish sxemasi 13.2- rasmda ko'rsatilgan.



13.2-rasm. Karbyuratorli dvigatelda havo haydaydigan kompressorni joylashtirish sxemalari

Karbyuratorli dvigatelda kompressorning joylashish sxemasi 13.2- rasmda ko'rsatilgan.

Kompressor karbyurator 2 ning oldiga joylashtirilishi mumkin (13.2 rasm, a). Bu holda drossel zaslonkasi berk bo'lganda yonilg'i bug'larining kondensatlanish imkoniyati yo'qoladi. Havo karbyuratorga bosim ostida kiringani uchun karbyuratorning bo'shliqlari ji ps bo'lishi zarur.

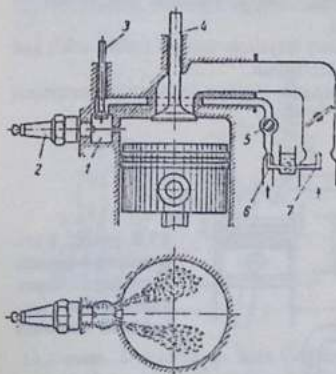
Kompressor karbyuratoridan keyin o'matilsa (13.2-rasm, b), yonilg'i kompressor orqali o'tganda uning parchalanishi yaxshilanadi, lekin kurakchalarga yonilg'i sachrashsi sababli ularning ishlash sharoiti yomonlashadi.

Dizellarda haydash (nadduv) usulidan foydalanish samarali bo'ladi, chunki ularda haydash bosimini oshirish dizelning termik va mexanik mustahkamligi bilan cheklanadi, xalos.

To'rt taktli avtomobil dizellarida gaz turbina bilan haydash usuli qo'llaniladi. Hozirgi zamon avtomobil dizellarida haydash bosimi 2 barga yetadi. Dvigatelning konstruksiyasiga hech qanday o'zgarish kiritmagan holda, gaz turbina bilan haydash usulidan foydalanish mumkin. Bunda dvigatelning quvvati 20-30% oshadi ($p_k \approx 1,5$ bar), o'rtacha effektiv bosim esa 9-9,5 barga yetadi.

13.3. AVTOMOBIL TRANSPORTIDA YONILG'INI TEJASH USULLARI

1. Alanga bilan o't oldirish



Karbyuratorli dvigatellarda alanga bilan o't oldirish usulini qo'llanib, ularning tejamliligini yaxshilash va ayni vaqtda chiqindi gazlarning zaharlilikini kamaytirish mumkin. Alanga bilan o't oldirish uchun yonish kamerasing sxemasi 13.3- rasmda keltirilgan.

Yonish kamerasi ikki qismga bo'lingan. Yonish kamerasi umumiy hajmining 5 foizini tashkil etuvchi old kamera 1 ga alohida karbyurator 6 dan maxsus trubka

13.3-rasm. Alanga bilan o't oldirish usuli qo'llanilgan dvigatel yonish kamerasing sxemasi

bo'ylab klapan 3 orqali oson alanganadigan quyuq yonuvchi aralashma keladi. Asosiy yonish kamerasiga karbyurator 7 dan suyuq yonuvchi aralashma kiritish klapani 4 orqali keladi. Old kamerada joylashgan o't oldirish chaqmog'i 2 dan uchqun chiqishi bilan quyuq yonuvchi aralashma yonadi. Yonilg'i yonganda old kameradagi bosim asosiy kameradagidan ancha oshib ketadi. Hosil bo'lgan bosimlar farqi natijasida alanga yuqori tezlikda birlashtiruvchi kanal orqali asosiy kameraga otilib chiqadi. Old kameradagi kuchli alanga asosiy kameradagi suyuq yonuvchi aralashmaning $\alpha = 1,4 \div 1,8$ bo'lganida ham to'la yonishini ta'minlaydi.

Old kameraga kiruvchi aralashma miqdori kran 5 bilan rostlanadi.

Alanga bilan o't oldirish usuli qo'llanilganda, 8.6-rasmda shtrix chiziq bilan ko'rsatilgandek, drossel zaslonkasi berkitilganda yonuvchi aralashma quyuq-lashmaydi. Natijada dvigatelning yuklamasi kamayishi bilan indikator f. i. k. oshadi, effektiv f. i. k. esa sekin kamayadi. Bundan tashqari, dvigatelning suyuq aralashmada ishlashi natijasida yonish maxsulotlarida CO gazi deyarli bo'lmaydi.

Alanga bilan o't oldirish usuli qo'llanilgan dvigatellarning tajriba nusxalari Moskvadagi Lixachev nomli avtomobil zavodida ZIL-130 avtomobili asosida va Gorkiy avtomobil zavodida ishlab chiqilgan.

2. Dizellar ishlatish sohasining kengayishi

Oxirgi o'n yillikda dizel o'rnatilgan avtomobillar soni ancha ko'paydi. Dizellar faqat yuk ko'tarish qobiliyati katta bo'lgan avtomobillardagina emas, balki o'rtacha yuk ko'tarish qobiliyatiga ega bo'lgan avtomobillarda va avtobuslarda ham ishlatilmoqda. Yonilg'i ishlab chiqarish imkoniyatiga ega bo'lmagan g'arbiy Yevropa va Yaponiyada dizellar kichik yuk avtomobillarida, kam o'rinli avtobuslarda hatto yengil mashinalarda (asosan taksilarda) ham ishlatiladi.

Avtomobil dizellari ishlatish soxasining kengayib borishiga sabab shuki, ular karbyuratorli dvigatellarga qaraganda ancha (taxminan 30-40%) kam yonilg'i sarflaydi.

Barcha mamlakatlarda yaqin o'n yillikda, dizellarni yuk ko'tarish qobiliyati 4 t va undan ortiq bo'lgan avtomobillarga va avtobuslarga o'rnatish mo'ljallangan.

13.4. BOSHQA TIP DVIGATELLARNI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI

1. Rotor-porshenli dvigatellar

Oxirgi yillarda avtomobil dvigatellarining yangi tipi, jumladan, aylanuvchi porshenli yoki rotor-porshenli dvigatellar rivojlanmoqda.

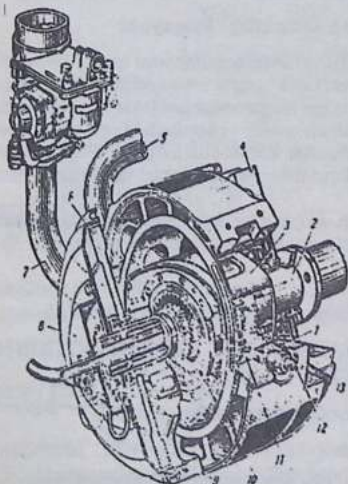
Rotor-porshenli dvigatelning (13.4-rasm) maxsus (sikloida) shaklli

bo'shlig'i bo'lgan korpusi 1 bor. Korpusning bo'shlig'i ikki yon korpuslarning tekis yuzalariga qo'shilib, ish bo'shlig'ini hosil qiladi. Bu ish bo'shlig'ida qavariq uchburchak shaklli rotor 3 (porshen) harakat qiladi. Rotor 3 bilan bir o'qda silindrik shesternya 10 o'rnatilgan. Bu shesternyaning ichki tishlari korpusning qopqog'i 9 ga mahkamlangan qo'zg'almas shesternya bilan tishlashgan. Qo'zg'almas shesternya rotor o'rnatilgan eksentrikli val 2 bilan bir o'qda joylashgan. Eksentrikli valning o'qi ish bo'shlig'ining markazidan o'tadi. Rotor shesternyasi tishlari sonining qo'zg'almas shesternya tishlari soniga nisbati 3:2 kabi, shuning uchun rotor quvvat olinadigan eksentrikli valdan 3 marta sekin aylanadi.

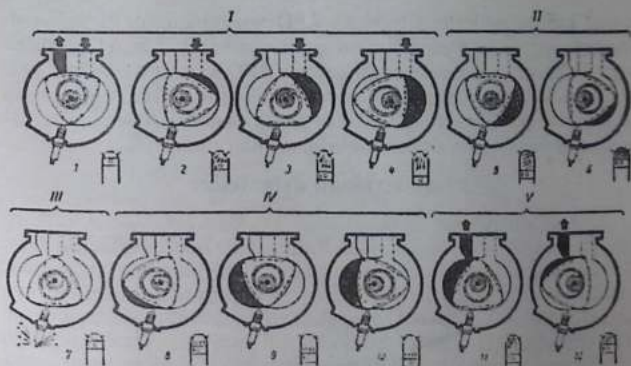
Dvigatel ishlayotganda rotor eksentrikli val bilan birga aylanadi. Shu bilan birga, rotor qo'zg'almas shesternya ustida dumalovchi shesternya 10 ga qattiq maxkamlangani uchun, u podshipniklardao'z o'qi atrofidaaylanib, planetar harakat qiladi. Rotor harakat qilganda uning uchala cho'qqisi korpusning sikloida shaklli yuzasiga tegadi va birbiritidan ajralgan uchta ko'chuvchan o'roqsimon kamera hosil qiladi.

Rotorning cho'qqilari orasiga joylashgan kamerada to'rt taktli siklning borishini ko'rib chiqaylik (13.5- rasm).

1 holatda bu kameraning hajmi minimal, kameraning chap qismida yonish mahsulotlarini chiqarish tugallanadi, o'ng qismida esa yangi ish aralashmasini kiritish boshlanadi. 2 va 3 holatlarda kameraning hajmi oshadi va ish aralashmasini kiritish davom etadi. 4 holatda kameraning hajmi maksimumga yetadi. Rotor



13.4- rasm. Rotor-porshenli dvigatel: 1-korpus; 2-eksentrikli val; 3-rotor; 4-keyingi posangi; 5-chiqarish trubasi; 6-old posangi; 7-kiritish patru-bogi; 8-uzgich; 9- korpus qopqog'i; 10-ichki ilashish shesternyasi; 11-rotor podshipnigi; 12-yondirish svechasi; 13-moy qayta-ruvchi disk



13.5- rasm. Rotor-porshenli dvigatel ish siklining sxemasi (yon tomonda porshenli dvigatelda bajariladigan mos jarayonlar ko'rsatilgan)

soat sterelkasi aylanadigan tomonga bu. rilishda davom etganda uning cho'qqilari kamerani kiritish darchasidan ajratadi va kiritish to'xtaydi. Ayni vaqtda kameraning hajmi qisqara boradi, ya'ni siqish takti sodir bo'ladi (5 va 6 holatlar).

7 holatda kamera xajmi minimumga yetadi, siqish tugaydi va siqilgan ish aralashmasi uchqun bilan yondiriladi. Rotor soat mili aylanadigan tomonga aylanishni davom ettiradi, kamera hajmi kattalashadi, yonish maxsulotlarining kengayishi yoki ish bajarishi boshlanadi (8 va 9 holatlar). 10 holatda kamera hajmi maksimumga yetadi, kengayish tugaydi. So'ngra rotor cho'qqisi chiqarish darchasini ochadi va yonish maxsulotlarini chiqarish boshlanadi va 12 holatlarda kameraning hajmi kamayadi va chiqarish davom etadi.

Rotor aylanishda davom etganda, holat takrorlanadi, chiqarish tamom bo'lib, yangi sikl boshlanadi.

Rotoring cho'qqilari orasida joylashgan boshqa kameralarda ham shunga o'xshash taktlar bo'lib o'tadi.

Rotor aylanganda markazdan qochma inersiya kuchi hosil bo'ladi. Bu kuch valdagi ikkita posangi bilan muvozanatlanadi.

Rotor-porshenli dvigatelda kameralarning shakli va kameralar yuzasining hajmiga nisbati termodinamik nuqtai nazaridan qoniqarsiz tuzilgan. Shunga qaramasdan, o'rtacha effektiv bosimi, yonilg'i tejamliligi, litr

quvvati kabi ko'rsatkichlari bo'yicha RPD hozirgi zamon karbyuratorli dvigatellariga yaqin turadi. Ammo rotor-porshenli dvigatel porshenli dvigatellarga qaraganda ancha oddiy tuzilgan. RPD da faqat ikkita detal, ya'ni rotor hamda val harakatlanadi, bular bir tekis aylanadi. RPD ning massasi va gabaritlari porshenli dvigatelnikidan kichik va undan to'la muvozanatlashganligi hamda tebranishlarning yo'qligi bilan farq qiladi.

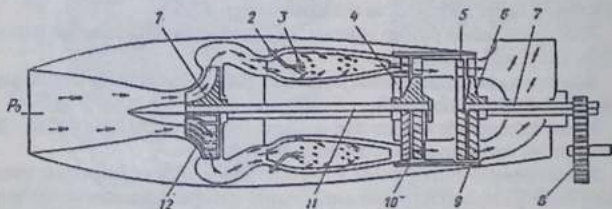
2. Gaz turbinali dvigatellar

Keyingi yillarda gaz turbinali dvigatellardan avtomobilning kuch agregati sifatida foydalanish ustida *ishlar olib borilmoqda. Bu faqat turbinali dvigatellarning o'ziga xos xususiyatlari bilan bog'liq bo'lmay, balki katta yuk avtomobillarini yaratish va avtopoyezdlar ishlatish uchun katta (750 kVt, ya'ni 1000 o. k. dan ortiq) quvvatli dvigatellar zarurligidan kelib chiqqan. Gaz turbinali dvigatelda ish jarayonini dizelga nisbatan katta aylanishlar sonida ham hosil qilish, binobarin, nisbatan kichik massa va gabaritli dvigateldan katta quvvat olish mumkin.

Oddiy gaz turbinali avtomobil dvigatelining sxemasi 13.6-rasmda ko'rsatilgan. U markazdan qochma kompressor 12, yonish kamerasi 3, kompressor turbina 10, kuch turbinasi 9 dan tuzilgan.

Turbina 10 ning diski 4 va kompressor 12 ning kurakchasi bir val 11 da joylashgan. Kuch turbinasi 9 ning diski 6 val 7 ga o'rnatilgan. Bu val reduktor 8 orqali avtomobilning transmissiyasi bilan bog'langan. O'zaro kinematik bog'lanmagan vallar 11 va 7 soni jihatidan bunday sxemali dvigatel ikki valli deyiladi. Hozirgi vaqtda bu avtomobil gaz turbinasi ishlab chiqarishda keng tarqalgan.

Gaz turbinali dvigatelning asosiy agregatlari kompressor, turbina va yonish kamerasidir. Bundan tashqari, dvigatelda aylanishlar soni regulyatori, moy nasosi, starter va boshqa yordamchi jihozlar bor. Avtomobil



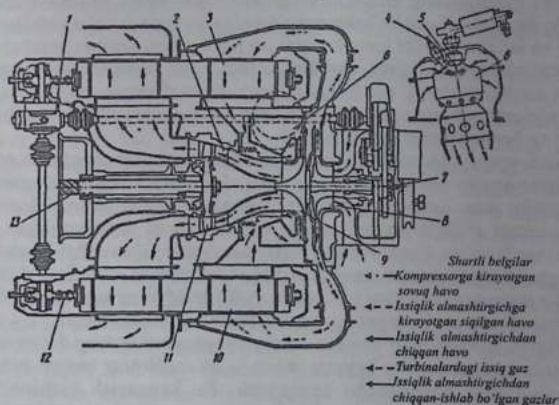
13.6- rasm. Oddiy ikki valli gazturbinali avtomobil dvigatelining sxemasi

gaz turbinali dvigatellarida, odatda, havo bosimini 3,5-4 marta oshirib beradigan bir pog'onali markazdan qochma kompressor ishlatiladi. Ko'rsatilgan bosimga erishishi uchun kompressorning ish g'ildiragi mustahkamlik shartiga ko'ra maksimal ruxsat etilgan burchak tezlik bilan aylanishi shart. Avtomobil gaz turbinali dvigatellarida ishlatilayotgan kurakchalarning burchak tezligi 420-450 m/sek ni tashkil etadi.

Yonish kamerasi 3 olovbardosh materialdan tayyorlanadi va truba yoki halqa shaklida bo'ladi.

Turbina diski materialining olovbardoshligi gaz temperaturasini cheklaydi ($900 - 925^{\circ}\text{S}$), shuning uchun yonilg'ining yonish mahsulotlarini kompressordan kelayotgan sovuq havo bilan aralashtirish zarur bo'ladi. Buning natijasida yonish $\alpha = 1,0 + 1,5$ qiymatda sodir bo'lsa ham, havoning ortiqlik koefitsiyentining o'rtacha qiymati gaz turbinali dvigatellarda porshenli dvigatellardagiga qaraganda ancha ortiq bo'lib, 4-6 ga yetadi.

Avtomobil gaz turbinali dvigatellarida markazga itiluvchi va o'qli turbinalar ishlatiladi. 13.7-rasmda ko'rsatilgan kompressorli turbina markazga



13.7- rasm. Issiqlik almashgich bilan jihozlangan ikki valli gazturbinali dvigatelning sxemasi: 1-issiqlik almashtirgichning chervyakli yuritmasi; 2-tortish turbinasining soploli apparati; 3 va 10-issiqlik almashtirgichlar; 4-svecha; 5-forsunka; 6-yonish kamerasi; 7-issiqlik almashtirgichni harakatlantirish reduktori; 8-kompressor; 9-kompressor turbinasi; 11-tortish turbinasi; 12-zanjirli uzatma; 13- chiqarilgan val

intiluvchi tipdagi, tortish turbinasi esa o'qli turbinadir. Turbina qanday tipda ekanligidan qat'i nazar, u soploli apparat 5 vaish g'ildiragidan iborat. Soploli apparat doira bo'ylab joylashgan qo'zg'almas maxsus shaklli kurakchalar tizimidan iborat. Yonma-yon turgan kurakchalar apparatning kanalini cheklaydi. Gazlar bu kanallardan oqayotganda kengayadi, buning natijasida gazlarning bosimi kamayadi, tezligi esa 600 - 750 m/sek.

O'qli turbinada gaz ish g'ildiragining kanallaridan oqib o'tayotganda kurakchalarning shakli ta'sirida o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Gaz kurakchalarga bosib, ish g'ildiragini aylantiradigan kuch hosil qiladi.

Markazga intilma turbinada gaz ish g'ildiragining aylanuvchi kanali bo'ylab harakat qilgan paytda, kanalning aylanish o'qidan uzoqligi kamayishi natijasida koriolis kuchi paydo bo'ladi. Bu kuch g'ildirakni aylantiradigan asosiy kuch hisoblanadi.

G'ildirakning aylanish tezligi gazning soploli apparatdan chiqishdagi tezligining 0,5-0,6 qismini tashkil qilganda turbinada yuqori f. i. k. olish mumkin. Binobarin, gaz tezligi yuqorida ko'rsatib o'tilgan qiymatda bo'lsa, turbina g'ildiragining aylanish tezligi 350 - 420 m/sek ni tashkil qilishi kerak. Bu vaqtda hosil bo'ladigan markazdan qochma kuchlar turbinaning diski va kurakchalarida katta kuchlanish hosil qiladi. Disk va kurakchalar ish vaqtida qattiq qiziydi, shuning uchun bular tayyorlangan material katta kuchlanishlarga qarshi turishi uchun issiqbardosh bo'lishi kerak. Turbinalar tayyorlash uchun ishlatiladigan qotishmalar volfram, molibden, nikel va boshqalardan iborat bo'ladi.

13.6-rasmda ko'rsatilgan gaz turbinali dvigatel quyidagicha ishlaydi: Kompressorning vali startyor bilan harakatga keltiriladi. Yurgizib yuborishdagi aylanishlar soni nominal aylanishlar sonining 25-30% ni tashkil qiladi. Kompressor siqilgan havoni yonish kamerasi 3 ga uzataboshlaydi. Bu kameraga forsunka 2 orqali shesternyali nasos yordamida yonilg'i haydaladi. So'ngra elektr cho'g'lanish chaqmog'i ishga tushiriladi va yonilg'i yondiriladi.

Bir tekis yonish zonasi hosil bo'lganda yonilg'ining keyingi ulushlari ana shu alanga ta'sirida yonadi va chaqmoq o'chirib qo'yiladi.

Yonish mahsulotlari kamera 3 dan kompressorli turbina 10 ga o'tib, bu yerda kompressordan keyingi bosim bilan muhitning bosimi orasida bo'lgan oraliq bosimgacha kengayadi. Bu kengayish turbinaning kompressorini va u bilan bog'liq bo'lgan yordamchi mexanizmlarni aylantirishi uchun yetarli bo'ladi.

Yonish mahsulotlari tortish turbinasi 9 da uzil-kesil to'la kengayadi. Bunda hosil bo'ladigan mexanik energiya avtomobilni harakatga keltirish uchun sarf qilinadi.

Ishlatilgan gazlar chiqarish trubasi orqali havoga chiqarib yuboriladi.

Gaz turbinali avtomobil dvigatellarining sxemasidan ko'rinib turibdiki,

unda qaytma ilgarilanma harakat qiladigan detallar yo'q. Bu esa mazkur tipdagi dvigatel valining aylanishlar sonini porshenli dvigalellarnikiga nisbatan ancha oshirish ($20-25 \text{ ming min}^{-1}$ ga yetkazish) imkonini beradi. Buning natijasida dvigatelning massasi va gabarit o'lchamlarini kamaytirish mumkin bo'ladi. Sxemada ko'rsatilgan gaz turbinali avtomobil dvigatelining solishtirma massasi $0,35-0,5 \text{ kg/kVt}$, ya'ni $0,5-0,7 \text{ kg/o. k. dan}$ oshmaydi.

Gaz turbinali dvigatelda quvvatning bir qismi faqat valning podshipniklaridagi ishqalanishgagina ketadi, shuning uchun moylash sistemasi soddalashadi va mexanik f. i. k. yuqori qiymatga ega bo'ladi. Yonish jarayonining uzluksizligi va uning nisbatan ko'p davom etishi oddiy yonilg'i berish apparaturasidan foydalanishga imkoniyat tug'diradi.

Gaz turbinali dvigatel tez ishga tushish xususiyatiga ega. Nisbatan kam quvvatli startyor ishlatilgani holda turbina.tashqi muhit temperaturasi -50°S gacha bo'lganda ham oson ishga tushadi va 1-2 minutdan so'ng yuklama olishi mumkin. Gaz turbinali dvigatelning bu xususiyati avtomobillarni sovuq sharoitlarda ishlatishda juda qulaydir.

Gaz turbinali dvigatel to'la muvozanatlashgan, shuning uchun motor osti ramasining massasi porshenli dvigatel ramasining massasiga qaraganda ancha kichik qilinishi mumkin.

Bundan tashqari, gaz turbinali dvigatel avtomobilga o'rnatilganda muhim qulayliklarga erishiladi. Bu holda tishlashish muftasi kerak bo'lmaydi, chunki uni ishga tushirishda kompressorning valini aylantirayotganda tortish turbinali harakat qilmaydi. Shu sababli (ikki val ajratilganligidan) turbinaning tortish xarakteristikasi juda qulay bo'ladi. Avtomobilning joyidan qo'zg'alishidagi buroqchi momenti nominal rejimdagidan 2 baravar katta bo'ladi. Bu hol uzatmalar qutisidagi pog'onalar sonini qisqartirishga imkon beradi va shofyorning ishini yengillashtiradi; shofyor uzatmalarni kam almashtirib qo'shadi, dvigatelni boshqarishda esa faqat yonilg'i berish pedaliga ta'sir etadi.

Ko'rib chiqilayotgan sxemadagi gaz turbinali dvigatelning bir qancha kamchiliklari bo'lib, ular keyingi paytda dvigatelni murakkablashtirish hisobiga yo'qotilmoqda. Bu kamchiliklar quyidagilar: 1) nominal rejimda porshenli dvigatelga nisbatan tejasiz ishlaydi; 2) bir hil quvvatda ko'p havo sarflaydi; 3) so'rilyotgan havo juda toza bo'lishi kerak; 4) qisman yuklamalarda ishlaganda tejamliyligi keskin pasayadi; 5) avtomobilni dvigatel bilan tormozlash mumkin bo'lmaydi.

Nominal rejimda tejamliylilikning pasayishi kompressordagi bosimning nisbatan oz darajada oshishi bilan aniqlanadi. Buning natijasida ishlatilgan gazlarning temperaturasi katta bo'lib, ular bilan birga ko'p miqdorda issiqlik chiqib ketadi. Chiqib ketadigan issiqlik miqdorini kamaytirish uchun issiqlik almashtirgichlar ishlatiladi.

Diskali aylanuvchi ikkita issiqlik almashtirgichli dvigatelning sxemasi

13.7- rasmda ko'rsatilgan. Ishlatilgan gazlar havoga chiqib ketishdan oldin metall lenta, sim o'ramlari va boshqa issiqlik sig'imli tiqin bilan to'ldirilgan issiqlik almashtirgichning sekin aylanuvchi bo'linmasi orqali o'tadi. Tiqin qiziydi va to'plagan issiqligini disk burilganda kompressordan yonish kamerasiga kelayotgan havoga beradi. Shunday qilib, kompressordan uzatilayotgan havo yonish kamerasida yonadigan yonilg'i hisobiga qizish bilan birga, ishlatilgan gazlarning issiqligi ta'sirida ham qiziydi. Bu esa yonilg'ini ancha tejashga olib keladi. Yonilg'ining solishtirma sarfi issiqlik almashtirgichi bor dvigatelda issiqlik almashtirgichi yo'q dvigateldagiga qaraganda 1,5 marta kam bo'ladi. Issiklik almashtirgichlari bo'lgan gaz turbinali dvigatelning tejamliligi dizellarnikiga yaqin.

Issiqlik almashtirgichli dvigatelning kamchiligi shundaki, issiqlik almashtirgichni tayyorlash qiyin, shuningdek, issiqlik almashtirgich va havo-gaz yo'llari borligidan dvigatelning massasi va gabarit o'lchamlari ancha oshadi.

Gaz turbinali dvigatel orqali xuddi shu quvvatga ega bo'lgan porshenli dvigateldan o'tganiga qaraganda 8 marta ko'p havo o'tadi. Buning sababi shuki, issiqlik almashtirgichi bo'lmagan dvigatellarda havoning ortiqlik koeffitsiyenti va yonilg'ining solishtirma sarfi katta bo'ladi. Buning natijasida havo va gaz yo'llarining kesim yuzi oshadi. Yonish kamerasi, chiqarish trubasi, havo tozalagich, issiqlik almashtirgich va ularning gaz yo'llari turbinaning gabarit o'lchamlarini kattalashtirib yuboradi.

Gaz turbinali qurilmaning gabarit o'lchamlarini kichraytirish maqsadida gazning ruxsat etilgan temperaturasi oshiriladi. Hozirgi gaz turbinali avtomobil dvigatellarida soplo apparatining va ish g'ildiragining kurakchalari havo bilan sovutilganda gazning yo'l qo'yiladigan temperaturasi 1200° Sni tashkil qiladi. Dvigatel ishlab chiqarish texnologiyasining murakkabligi, uning ixchamliligi, tejamliligi va havoning oddiy usulda tozalanishi hisobiga qoplanadi. Gaz turbinali dvigatelga keladigan havoning tozalik darajasi katta ahamiyatga ega. Kompressor va turbina ish g'ildiraklarining aylanishlar soni juda katta bo'lgani uchun chang zarrachalarining oqim yo'lga tushib qolishi dvigatelni tez ishdan chiqaradi. Shuning uchun kompressorga kirish yo'lga havo tozalagich qo'yish lozim. Bu havo tozalagich ortiqcha gidravlik qarshilik hosil qilmasdan havoni changdan to'la tozalashi lozim.

Issiqlik almashtirgich ishlatish va siklning temperaturasini oshirish nominal rejimda yonilg'ining solishtirma sarfini kamaytirishga imkon bersa ham, lekin avtomobil dvigateli uchun xos bo'lgan qisman yuklamalarda ishlash vaqtida yonilg'ining solishtirma sarfi keskin oshadi va qoniqarsiz bo'lib qoladi. Bu quyidagi sabablarga ko'ra sodir bo'ladi. Yuklama kamayganda yonish kamerasiga yonilg'i oz beriladi va gaz temperaturasi pasayadi. Ayni vaqtda kompressorning aylanishlar soni o'z-o'zidan kamayadi va, demak, uning orqasidagi bosim ham pasayadi. Buning natijasida siklning

termik f. i. k. va dvigatelning tejamliligi kamayadi.

Ikki valli gaz turbinali dvigatelda yuklama kamayganda termik f. i. k. ni va unga yarasha tejamlilikni quyidagi usullar bilan oshirish mumkin. Birinchi usul-tortish turbinasiga buriladigan soplo kurakchalar o'rnatishdan iborat. Yuklama va yonilg'i sarfi kamaytirilganda soploli apparatning kurakchalari yopiladi, dvigatel orqali havo sarfi kamayadi, siklning temperaturasi esa o'zgarmaydi. Bu tadbirlar issiqlik almashtirgichli dvigatel uchun samarali bo'lib, quvvat nominal qiymatning 50 foizigacha pasayganda ham yonilg'ining solishtirma sarfi deyarli o'zgarmaydi.

Ikkinchi usul — tortish turbinasi va kompressor turbinasi orasiga o'zish muftasi o'rnatish. Dvigatel qisman yuklama bilan ishlashga o'tganda turbinalar o'zaro ulanib, dvigatel bir valli bo'lib ishlay boshlaydi. Bu esa qisman yuklamali rejimga o'tganda siklning temperaturasini bir hil tutishga va, shu bilan tejamlilikni saqlashga imkon beradi.

Bu usullardan foydalanish avtomobilni dvigatel bilan tormozlashga imkon beradi. Birinchi usul qo'llanilganda avtomobilni dvigatel bilan tormozlash uchun soploli apparat kurakchalarining og'ish burchagini o'zgartirib, tortish turbinasining shu g'ildiragini teskari tomonga aylantirish kifoya.

Ikkinchi usulda avtomobilni dvigatel bilan tormozlashda avtomobil g'ildiraklarining aylanish energiyasi kompressordagi havoni siqish uchun foydalaniladi.

Shunday qilib, dastlabki juda oddiy sxemani murakkablashtirish hisobiga gaz turbinali dvigateldan avtomobillarning kuch agregati sifatida foydalanish mumkin. Hozirgi vaqtda gaz turbinali dvigatellarni og'ir yuk avtomobillarining va avtopoyezdlarning kuch qurilmasi sifatida joriy etish bo'yicha katta ishlar olib borilmoqda.

3. Elektrokimyoviy energiya o'zgartirgichlar

Hozirgi vaqtda elektromobillar ishlatish masalasi ko'rilmogda, bularda kuch agregati sifatida elektr dvigatel o'rnatiladi. Elektr dvigatelni ta'minlash uchun zarur bo'lgan elektr energiyasi olish uchun elektroximiyaviy o'zgartirgichlar ishlatiladi.

Elektr dvigatellar ishlatilganda shaharlarda havoni ishlatilgan gazlar bilan zaharlash darajasi va ko'cha shovqini kamayadi.

Elektromobillar uchun elektr o'zgartirgichlar sifatida akkumulyatorlar batareyasi ishlatiladi. Bu sohada kislotali, qo'rg'oshinli va ishqorli temimikelli va kadmiynikelli akkumulyatorlar batareyasi ko'proq ishlatiladi.

Shahar sharoitida kichik yuk elektromobili 40-50 km/soat tezlik bilan harakatlanadi va navbatdagi zaryadlash vaqtigacha 50-70 km masofani

bosib o'ta oladi holos. Nisbatan kam yo'l o'tishi va qo'rg'oshinli hamda temirnikelli akkumulyatorlar batareyasining vazminli bo'lishi elektromobillarning keng ko'lamda ishlatilishiga to'sqinlik qilmoqda. Elektromobillarning tajriba nusxalari bor. Bularda kumushruxli akkumulyatorlar batareyasi ishlatilib, elektromobilning yurish yo'li 3-4 marta oshirilgan. Bu akkumulyatorlar batareyasi juda qimmat, shuning uchun ularni perspektiv elektroximik o'zgartirgichlar deb qarash yaramaydi.

Hozirgi vaqtda qo'rg'oshinli va temirnikelli akkumulyatorlar batareyasini takomillashtirishga ko'proq e'tibor berilmoqda.

Keyingi paytda elektromobil uchun elektr energiyasi manbai sifatida yonilg'i elementlaridan foydalanish masalasi ko'rilmogda.

Yonilg'i elementida ham akkumulyatordagidek hodisa ro'y berib, ximiyaviy energiya elektr energiyasiga uzluksiz aylanadi. U galvanik elementdan iborat bo'lib, uning manfiy elektrodiga tabiiy yonilg'i yoki uning hosilalari keladi. Oksidlovchi sifatida havo kislorodi yoki toza kislorod ishlatiladi. Yonilg'i elementlarida yonilg'ining oksidlanishi va kislorodning qaytarilishi turli elektrodlarda elektr yo'li bilan amalga oshiriladi va reaksiyaning ximiyaviy energiyasi bevosita elektr energiyasiga aylanadi.

Elektr energiyasini hosil qilish jarayonining davom etish vaqti aktiv materiallarning uzluksiz kelib turishiga bog'liq.

Yonilg'i elementlarining f. i. k. ichki yonuv dvigatelinikidan taxminan 2 marta katta bo'ladi.

Olimlarning va tadqiqotchilarning fikricha, energiyani elektroximik o'zgartirish usullaridan foydalanishga oid ishlarni taxlil qilish kelajakda elektromobillardan foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

XIV bob DVIGATELLARNI SINASH

14.1. Umumiy ma'lumot

Dvigatelning asosiy ko'rsatkichlarini aniqlash uchun u laboratoriyada zarur uskunalar va o'lchov asboblari bilan jihozlangan maxsus sinash stendida sinaladi.

Sinash stendining jixozlari laboratoriya sinovlarining turiga qarab tanlanadi.

Avtomobil dvigatellarini GOST 14846-82 ga ko'ra sinash, shuningdek, maxsus laboratoriya tadqiqotlari uchun sinash stendida quyidagi uskunalar bo'lishi kerak:

1) dvigatelda muvozanatlanmagan inersiya kuchlari va bu kuchlarning momentlaridan paydo bo'ladigan tebranishlarni so'ndirish uchun fundament hamda dvigatel va tormoz o'rnatiladigan plita;

2) dvigatelni fundament plitasiga o'rnatish va mahkamlash uchun ustunlar;

3) dvigatelda hosil bo'lgan kuvvatni o'ziga oluvchi tormoz va burovchi momentni o'lchaydigan jixozlar;

4) dvigatelning tirsakli valini tormozning valiga ulash uchun maxsus muftalar hamda val;

5) dvigatelga moy sovituvchi suv berish, ishlatilgan gazlarni hamda karterdagi gazlarni atmosferaga chiqarish tuzilmalari va kommunikatsiyalar; bu tuzilmalar temperaturani o'lchash asboblari bilan ta'minlangan bo'lishi kerak;

6) dvigatelni yonilg'i, havo bilan ta'minlash tuzilmalari va kommunikatsiyalari hamda sarflangan yonilg'i va havoni o'lchash asboblari;

7) dvigatelning ish jarayoniga va ko'rsatkichlariga ta'sir etuvchi ko'rsatkichlarni (masalan, uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yondirishni ilgarilash burchagini, aralashma tarkibini yoki dizellarda yonilg'i purkay boshlashni ilgarilash burchagi va boshqalarni) rostlash hamda aniqlash uchun maxsus tuzilmalar;

8) sinash jarayonida dvigatelni rostlash va boshqarish sistemalari;

9) dvigatelni ishga tushirish va boshqarish organlari joylashgan pult, dvigatelning ishini tekshirish va o'lchanadigan qiymatlarni qayd qilish asboblari;

10) dvigatelning ayrim ko'rsatkichlari (masalan, dizellarda ishlatilgan gazlarning tutuniligi, zaharliligi, shovqin, tebranishlar, termik kuchlanishlar, ayrim detallarning yeyilishi va hokazolar)ni aniqlash maqsadida maxsus tadqiqotlar uchun mo'ljallangan qo'shimcha tuzilmalar va asbollar.

Dvigatellar ayniqsa GOST ga muvofiq sinalsa, uning ko'rsatkichlari turg'unlashgan rejimda o'lchanadi. Bu holda dvigatelning tezlik rejimi, termik holati va yuklamasini aniqlovchi asboblarning ko'rsatuvlari vaqt ichida o'zgarmaydi.

Dvigatellarni avtomobilning ish sharoitlarida uchraydigan turg'unlashmagan rejimlarda sinash juda qiyin. Bunday sinovlar maxsus jixozlarni, ya'ni dvigatelning vaqt bo'yicha o'zgaruvchi tezlik rejimlarida va yuklamalarda ishlashini imitatsiya qiluvchi (masalan, avtomobilni tezlatish sharoitlarini va hokazolarni imitatsiya qiluvchi) uskunalarni ishlatib bajariladi.

GOST ga ko'ra sinash hollarida, jumladan tashqi va qisman tezlik xarakteristikalarini, yuklama xarakteristikalarini va boshqa ko'rsatkichlarini aniqlashda, ma'lum turg'unlashgan rejimda quyidagi qiymatlar o'lchanadi va maxsus protokollar tarzida yozib boriladi¹.

1) burovchi moment; 2) tirsakli valning minutiga aylanishlar soni n va tajriba vaqti τ sek ichidagi umumiy aylanishlar soni n_{um} ; 3) τ sek vaqt ichida yonilg'i va havo sarfi. 4) tashqi havoning, dvigatelga kirayotgan va undan chiqayotgan suvning (suv bilan sovitilganda), dvigatel karterining poddonidagi moyning, chiqarish trubasidagi ishlatilgan gazlarning temperaturasi $^{\circ}S$; 5) tashqi muxitning, moy magistralidagi moyning bosimi, shuningdek, kiritish trubasidagi siyraklanish; 6) yondirishni yoki yonilg'i purkay boshlashni ilgariylash burchagi.

Ko'pgina hollarda maxsus asbob yordamida dvigatelning indikator diagrammasi yozib olinadi

Protokolga yozilgan o'lchov ma'lumotlari asosida dvigatelning ko'rsatkichlarini aniqlash va uning mos xarakteristikalarini, jumladan IX bobda keltirilgan xarakteristikalarini grafik tarzda tasvirlash mumkin.

14.2. DVIGATELNING QUVVATINI ANIQLASH

Dvigatelning effektiv quvvati:

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{716,2}, o. k.$$

Demak, effektiv quvvatni aniqlash uchun dvigatelning burovchi momenti M_e ni (kGm da) va tirsakli valning minutiga aylanishlar soni n ni o'lchash kerak.

Dvigatelni standda sinashda uning burovchi momenti tormozning aylana kuchi P_{tor} ning tormozning yelkasi ga ko'paytmasiga teng. Kuch tormozga shu yelka orqali beriladi, u holda

¹ Dvigatelni sinashda ishlatiladigan barcha asboblarning eski birliklar sistemasida darajalanganligi uchun, bu bobda o'lchanadigan miqdorlarning o'lchamlari va formulalar MKGSS sistemasida berilgan. Grafiklarni Si sistemasida qurish uchun o'tkazish koefitsientlaridan foydalanish kerak.

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{716,2} = \frac{P_{\text{tor}} \cdot l \cdot n}{716,2}, \text{ o. k.}$$

bo'ladi.

Odatda tormozning yelkasi 716,2 mm ga teng qilib olinadi. Agar tormozning tarozisi kG hisobida darajalangan bo'lsa, dvigatelning effektiv quvvati quyidagicha hisoblanadi:

$$N_e = 10^{-3} P_{\text{tor}} \cdot n, \text{ o. k.} \quad (14.1)$$

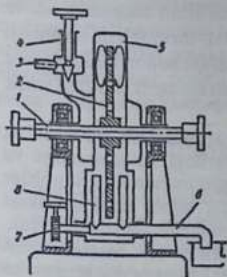
1. Burovchi momentni o'lchash

Dvigatelni sinash vaqtida yuklash uchun har hil konstruksiyadagi maxsus tormozlar ishlatiladi. Gidravlik va elektr tormozlar ko'proq tarqalgan.

Gidravlik tormozlar o'zining oddiy tuzilganligi, ishga chidamliligi va turg'un ishlashi bilan farq qiladi.

Elektr tormozlar murakkab tuzilgan bo'lib, gidravlik tormozlardan qimmatroq, ammo unda bir qancha afzalliklar bor. Ular qaytuvchanlik xususiyatiga ega, ya'ni dvigatelning tirsakli valini tormoz yordamida aylantirishga imkon beradi va dvigatelning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib, elektr tarmog'iga uzatadi.

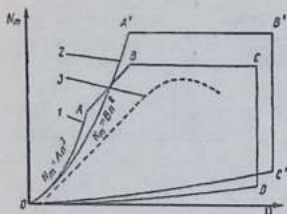
Oddiy gidravlik tormozning (14.1-rasm) korpusi 5 cho'yandan quyilgan bo'lib, korpusning ichidapodshipniklardaval aylanadi. Bu valgapo'lat disk 2 mahkamlangan. Diskning ishqalanish sirtini oshirish uchun u gofrli yoki teshik-teshikli qilib yasaladi.



14.1-rasm. Diskli gidrotormozning prinsipial sxemasi

Tormozning korpusi sharikli podshipniklargao'rnatilgan va erkin buriladiladi. Korpusning yuqori qismidagi maxsus cho'ntaklar orqali tormozga bosim berishdan trubka 3 bo'ylab suv to'ldiriladi. Quyiladigan suvning miqdori ventillik bilan rostlanadi. Disk 2 aylanganda tormozdagi suv markazdan qochma kuch ta'sirida halqa shaklida yoyiladi, halqaning qalinligini oqizish patruboklari 8 ni burab rostlash mumkin. Patrubokni chizma tekisligiga perpendikulyar tekislikda maxovik 7 bilan burish mumkin. Ortiqcha suv truba orqali kanalizatsiyaga oqiziladi.

Sinalayotgan dvigatel diskning sirti bilan tormozni to'ldiruvchi suv orasidagi ishqalanish



14.2.- rasm. Tormozlar va dvigatelning tavsifi: 1-gidrotormozning tavsifi; 2-elektormozning tavsifi; 3-dvigatelning tashqi tavsifi

hisobiga tormozlanadi. Tormozning korpusiga ta'sir qiladigan reaktiv momentni istalgan kuch o'lchash asbobi (ko'proq mayatnikli asbob) yordamida o'lchash mumkin. Bu asbob richag yordamida korpusga ulanadi;

Tormozlash quvvatining qiymati tormozdagi suvning sathini patrubok 8 ni burash yo'li bilan o'zgartirish hisobiga rostlanadi

Dvigatelning tormozga beriladigan quvvati tormozdagi suvni qizdirishga ketadigan issiqlikka aylanadi. Tormozning kavitatsiya bo'lmasligi va buzil-

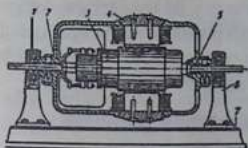
masligi uchun suvning temperaturasi 50-60°S dan oshmasligi kerak.

Tormoz quvvati aylanishlar soni orasidagi bog'lanish tormozning xarakteristikasi bilan aniqlanadi (14.2.-rasm). Bunday xarakteristika tormozning suv bilan to'ldirilgan holda olinadi va u bo'yicha tormozning sinaladigan dvigatelga mos kelish-kelmasligi aniqlanadi.

Aylanishlar soni oshganda tormozlash quvvati OA uchastkada (1 egri chiziq) kub darajada ortadi, ya'ni $N_t = A \cdot n^3$ bo'ladi. Shuning uchun ham tormoz turg'un ishlaydi. A nuqtada tormozlash momenti tormozning mexanik mustahkamligi bilan chegaralanadi va bundan keyin quvvat faqat aylanishlar soni hisobiga ortadi, burovchi moment esa o'zgarmaydi (AV uchastka). V nuqtada quvvat suvning eng yuqori temperaturasi bilan chegaralanadi va bundan keyin aylanishlar soni quvvat o'zgarmay tormozlash momenti kamaygan holda oshadi. S nuqta eng katta aylanishlar sonini bildiradi va u tormoz diskining inersiya kuchlariga bog'liq bo'lgan mexanik mustahkamlik shartiga binoan aniqlanadi.

OD chizig'i tormozda suv yo'q vaqtidagi tormozlash quvvatining o'zgarishini bildiradi. Bu quvvat podshipniklardagi ishqalanishga va diskning havoga ishqalanishiga sarf bo'ladi. Dvigatelni barcha aylanishlar soni diapazonida tormozlash uchun dvigatelning tashqi xarakteristikasi (3 egri chiziq) tormoz xarakteristikasi (OAVSD) ning ichida yotishi kerak.

Elektrotormoz mustaqil uyg'otiluvchi o'zgarmas tok mashinasidan iborat. Elektr tormoz (balansirli dinamomashina) ning oddiy o'zgarmas tok mashinasidan farqi shundaki, tormozning statori staninaning stoykalarigamahkamlangan sharikli podshipniklarga o'rnatilgan bo'lib, o'z o'qi atrofida burila oladi (14.3.- rasm).



14.3-rasm. O'zgarmas tok elektrotormozining sxemasi: 1- stator podshipnigi; 2-stator; 3- yakor; 4-statorning uyg'otish o'ramli qutbi; 5-yakorning podshipnigi; 6-stoyka; 7- stanina

yoki kilogrammometrlarga darajalanadi. Dvigatelni tormozlaganda elektr tormoz ishlab chiqargan elektr energiyasi yuklama berish reostatlariga yoki maxsus uskunalar yordamida elektr tarmog'iga uzatiladi. Keyingi holda sinalayotgan dvigatelning energiyasini qaytarish hisobiga iqtisodiy samaradorlikka erishiladi.

Elektrotormoz xarakteristikasi gidravlik tormozning xarakteristikasidan birmuncha farq qiladi (14.2-rasm, 2 egri chiziq). Aylanishlar soni kattalashishi bilan uyg'otish toki to'la berilganda tormozlash quvvati kvadrat darajasida oshadi, ya'ni $N_t = Bn^2$. A' nuqtada tormozlash quvvati yakor o'ramlarining qizishy bilan chegaralanadi va aylanishlar sonini bundan keyingi kattalashtirishda quvvat o'zgarmasligi, burovchi moment va uyg'otish toki esa kamaytirilishi lozim. V' nuqtada aylanishlar soni yakor chulg'amlarining mexanikaviy mustahkamligi bilan chegaralanadi. OC' chiziq uyg'otish bo'lmagandagi tormozlash quvvatini xarakterlaydi. Tormozlash stator va rotordagi qoldiq magnit maydonlarning o'zaro ta'siri natijasida, shuningdek, rotor podshipniklaridagi vatormoz kollektorining cho'tkalaridagi ishqalanish hisobiga sodir bo'ladi.

2. Aylanishlar sonini o'lchash

Aylanishlar sonini o'lchash asboblari ikki turga bo'lish mumkin:

a) qisqa vaqt ishlovchi asboblari — "Gorn" tipidagi taxometrlar va taxoskoplar tuzilishi jihatidan bir korpusga joylashgan umumiy aylanishlar soni schyotchigi va sekundomerdan iborat;

b) uzoq vaqt ishlovchi asboblari mexanik harakatga keltiriladigan (magnitli va markazdan qochma) taxometrlar, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan distansion elektr taxometrlar.

Elektr taxometrlar ko'p ishlatiladi. Ular tormoz yoki dvigatelning valiga o'rnatiladigan datchik (taxogenerator) va boshqarish pultida joylashadigan qabul qilgichdan iborat. Datchik va qabul qilgich elektr simlari bilan ulangan bo'lib dvigatel valining aylanishlar sonini masofadan hisoblash imkonini beradi.

3. Indikator va effektiv quvvatni hamda mexanik yo'qotishlar quvvatini aniqlash

Dvigatelni sinash uchun o'zgarmas tokli elektr tormozdan foydalanilganda, tormozni elektr dvigatel rejimida ishlatib, u bilan sinalayotgan dvigatelning tirsakli valini aylantirish va berilgan aylanishlar sonida uni aylantirishga sarf bo'lgan quvvatni aniqlash mumkin. Agar dvigatel yuklama bilan ishlagandan keyin, undan yuklamani olib, moy va sovutuvchi suvning temperaturasi pasaymasdan darhol tirsakli valni tormoz yordamida aylantirsak, u holda tirsakli valni elektr dvigatel bilan aylantirishga sarflanadigan quvvatni mexanik yo'qotishlar quvvati N_m ga teng deb olish mumkin. (14.1) tenglamaga binoan:

$$N_m = 10^{-3} P_{\text{tor}} \cdot n, \text{ o. k.}$$

bu yerda P_{tor} — dvigatelning tirsakli valini elektr dvigateldan aylantirish paytida tormoz tarozisining ko'rsatishi, kG.

So'ngra sinov ma'lumotlari asosida dvigatelning indikator quvvatini aniqlash mumkin:

$$N_i = N_e + N_m = 10^{-3} (P_{\text{tor}} + P_M) \cdot n, \text{ o. k.}$$

Agar dvigatelning ish hajmi V_h va uning taktililigi τ ma'lum bo'lsa, u holda o'rtacha effektiv bosim quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N_e = 10^{-3} P_{\text{tor}} \cdot n = \frac{P_e \cdot i \cdot V_h \cdot n}{225\tau},$$

bundan

$$P_e = \frac{225 \cdot 10^{-3} \tau_{\text{tor}}}{i \cdot V_h} = C \cdot P_{\text{tor}}, \text{ kG/sm}^2$$

bu yerda berilgan dvigatel uchun:

$$C = \frac{225 \cdot 10^{-3} \tau}{i \cdot V_h}.$$

O'rtacha indikator bosim:

$$p_i = C(P_{\text{tor}} + P_m).$$

14.3 YONILG'INING SOATLI SARFINI O'LCHASH VA UNING SOLISHTIRMA SARFINI ANIQLASH

Dvigatelning tekshirilayotgan rejimdagi tejamliligini aniqlash uchun vaqt birligida sarf bo'ladigan yonilg'ini o'lchash kerak. Buning uchun dvigatelni berilgan rejimda sinashda r hisobidagi ma'lum g miqdor yonilg'ini sarflash vaqti τ_{yo} (sek) ni o'lchab, bu ko'rsatkichlarni sinov jurnaliga yozish kerak. U holda bir soatda sarflangan yonilg'i miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$G_{yo} = \frac{g}{\tau_{yo}} = 3,6 \text{ , kg / soat .}$$

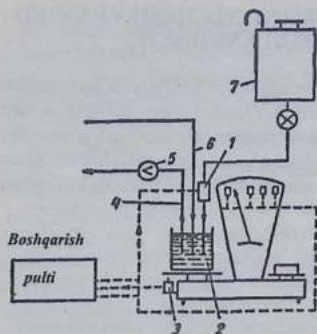
Yonilg'i miqdorini massa yoki hajm birliklarida o'lchash mumkin.

Yonilg'i sarfini massa usulida o'lchash sxemasi 14.4-rasmda ko'rsatilgan. Tarozining bir pallasiga idish 2 o'rnatilib, u bak 7 dan keladigan yonilg'i bilan to'ldiriladi. Yonilg'i nasos 5 bilan trubka 4 bo'ylab dvigatelga beriladi. Dvigatel ishlab turgan vaqtda yonilg'i sarfi o'lchanmasa, idishdagi yonilg'i sathi bir hilda saqlanadi. Buning uchun elektromagnitli kran o'chirgich 3 yordamida vaqti-vaqti bilan ishga tushiriladi. O'lchashdan oldin bakdan yonilg'i berish to'xtatiladi. Tarozining mili hisobni boshlash kerak bo'lgan shkala bo'linmasiga kelganda sekundomer avtomatik ravishda (masalan, fotoelemeng yordamida) ishga tushadi. Tarozining strelkasi ma'lum miqdordagi yonilg'i sarfiga to'g'ri kelganda sekundomer avtomatik ravishda to'xtaydi. Sekundomer yonilg'ini sarflash vaqti τ_{yo} ni ko'rsatadi. Keyin, yuqorida keltirilgan tenglamadan bir soatda sarflangan yonilg'i miqdori hisoblanadi.

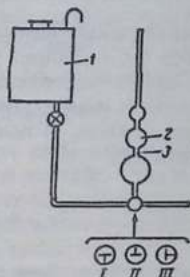
Yonilg'i sarfini hajmiy usulda o'lchash asbobining sxemasi 14.5-rasmda ko'rsatilgan. Dvigatel ishlayotganda kran I holatda bo'lsa, yonilg'i sarflash baki 1 dan o'lchov hajmlari 2 (shtixprober) ga o'tmay, to'g'ri dvigatelga boradi. Agar o'lchov hajmlarini to'ldirish kerak bo'lsa, kran II holatga qo'yiladi. Bu holda yonilg'i bir vaqtda ham dvigatelga, ham shtixproberga keladi. Shtixprober o'zaro kichik diametrli naylar bilan birlashtirilgan turli hajmdagi bir necha o'lchov sharlaridan tuzilgan.

Yonilg'i sarfini o'lchash vaqtida kran III holatiga qo'yladi, bunda yonilg'i dvigatelga shtixproberdan beriladi.

O'lchash paytida yonilg'i sathi o'lchov olib boriladigan hajm oldidagi birlashtirish trubkasi 3 dagi belgi ro'parasida bo'lishi lozim. Bu paytda qo'l bilan yoki avtomatik tarzda sekundomer ishga tushiriladi; yonilg'i sathi



14.4-rasm. Yonilg'i sarfini massa usulida o'lchash moslamasining sxemasi



14.5-rasm. Yonilg'i sarfini hajm usulida o'lchash moslamasining sxemasi

o'lchov hajmidan¹ keyingi birlashtirish trubkasining belgisi qarshisiga kelganda sekundomer to'xtatiladi.

Dvigatelning bir soatda sarflagan yonilg'isi quyidagicha hisoblanadi:

$$G_{yo} = 3,6 \frac{V_{yo} \cdot \rho_{yo}}{\tau_{yo}}, \text{ kg/soat};$$

bu yerda V_{yo} — dvigatel τ_{yo} sekund vaqt ichida sarflagan yo'nilg'i hajmi, sm^3 ;

ρ_0 — tajriba vaqtidagi yonilg'ining zichligi, g/sm^3 .

Yonilg'ining bir soatdagi sarfini, effektiv va indikator quvvatlarni hamda yonilg'ining yonish issiqqligi H_u ni bilgan holda, yonilg'ining solishtirma sarfini, indikator va effektiv f. i. k. larni aniqlash mumkin:

$$g_i = \frac{G_{yo} \cdot 10^3}{N_i}, \text{ g/(o.k.soat)};$$

¹ Dizel sarflaydigan yonilg'i miqdorini massa usulida o'lchaganda forsunkadan ortib qolgan yonilg'i qaytarish trubkasi 6 orqali o'lchash idishiga qayta tushiriladi. Shunday qilib, faqat dvigatel sarflagan yonilg'i miqdori o'lchanadi.

$$g_{yo} = \frac{G_{yo} \cdot 10^3}{N_e}, \text{ g / (o.k. soat)}^* ;$$

$$\eta_i = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u \cdot g_i} \text{ va } \eta_e = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u \cdot g_e}.$$

Mexanik f.i.k.:

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

14.4. HAVO SARFINI O'LCHASH VA HAVONING TO'LDIRISH VA ORTIQLIK KOEFFITSIYENTLARINI ANIQLASH

To'ldirish koefitsiyenti η_v va havoning ortiqlik koefitsiyenti α ni aniqlash uchun dvigatel iste'mol qiladigan havo miqdorini bilish kerak.

Havoning sarfi drossel asboblari (normal diafragmalar, soplo va Venturi trubkasi) yordamida yoki hajmiy o'lchagichlar bilan o'lchanadi.

Drossel asboblarning bir qator kamchiliklari bor: bosim ko'p yo'qoladi, o'lchash diapazoni kichik, moslama qo'pol yasalgan hamda asbobdagi bosimlar farqi bo'yicha havo sarfini hisoblash qiyin.

Oxirgi paytda aylanadigan porshenli hajmiy o'lchagichlar keng ko'lamda ishlatilmoqda. Havo sarfini o'lchaydigan bunday hajmiy asbobning tuzilishi 14.6- rasmda ko'rsatilgan.

Quyma cho'yan korpus ichida o'zaro shesternyalar bilan bog'langan alyuminiydan yasalgan kovak ikkita rotor joylashgan. Rotorga kirish va chiqishdagi bosimlar (15-30 mm suv ustuni) ta'sirida rotorlar aylanib, korpusning ichki yuzasi bilan rotorning yuzasi oralig'i hajmidagi havoni siqib chiqaradi.

Havo sarfini o'lchash asbobidan o'tgan havo hajmini (m^3 hisobida) ko'rsatuvchi hisoblash mexanizmi rotor o'qlarining biri bilan bog'langan.

Bunday asboblarning afzalliklari quyidagilardan iborat: ortiqcha bosim 20 kg/sm^2 gacha bo'lganda ham havo sarfini o'lchash mumkin, bosim kam yo'qoladi, qisqa vaqt davomida 20% gacha ortiqcha yuklama berish mumkin, puxta ishlaydi, asbob tejimli datchiklar bilan jihozlanganda havo sarfini masofadan o'lchash mumkin.

Hozirda 40-2000 m^3 /soat gacha havo sarfini o'lchaydigan hajmiy asboblari chiqariladi.

* Quvvat kVt hisobida o'lchanganda ham formulalar o'z ko'rinishida qoladi.

Havoning bir soatdagi massa sarfi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$G_h = \frac{V \cdot \rho_h}{\tau_0} \cdot 3600, \text{ kg/soat};$$

bu yerda V — o'lchash asbobi orqali τ_0 vaqt ichida o'tgan havo hajmi, m^3 ;

τ_0 — o'lchangan vaqt, sek;

ρ_h — havoning zichligi, kg/m^3 .

Havoning zichligi:

$$\rho_h = 0.465 \frac{B_0}{273 + t_0},$$

bu yerda B_0 — barometrik bosim, mm simob ustuni;

t_0 — tashqi muhitning temperaturasi, °S.

Drossel asboblari va hajmiy asboblari havo sarfini statsionar oqim sharoitida o'lchashga mo'ljallangan.

Dvigatellar uchun xarakterli bo'lgan, pulsatsiyalanuvchi oqimdagi havo sarfini o'lchash uchun, dvigatel bilan o'lchash asbobi orasiga pulsatsiyalanishni pasaytiruvchi demferli oraliq sig'im (resiver) qo'yiladi. Resiverning sig'imini quyidagi formuladan taxminan aniqlash mumkin:

$$V_{\text{res}} = \frac{200 \cdot V_h}{i}$$

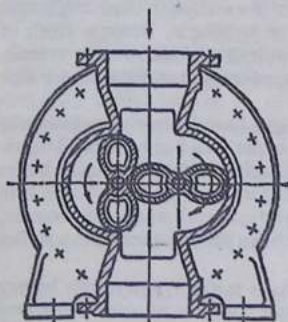
bu yerda V_h — dvigatel silindrlarining ish hajmi, l;

i — silindrlar soni.

Agar havoning bir soatdagi sarfi aniq bo'lsa, u holda to'rt taktli dvigatelnin to'ldirish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_v = \frac{G_h}{i V_h \frac{n}{2} 60 \cdot \rho_h}.$$

Kasrning maxraji to'rt taktli dvigatelga bir soat davomida berilishi mumkin bo'lgan havoning nazariy miqdorini bildiradi.



14.6-rasm. Havoning hajmiy sarfini o'lganich sxemasi

To'rt taktli nadduvli dvigatelda to'ldirish koeffitsiyentini aniqlash qiyin, chunki nadduv (havo haydash) vaqtida havoning bir qismi ishlatilgan gazlar bilan chiqib ketadi.

Havoning ortiqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun yonilg'ining elementar tarkibini bilish kerak, chunki:

$$\alpha = \frac{G_h}{G_{yo} \cdot l_0},$$

bu yerda l_0 — 1 kg yonilg'ining yonishi uchun kerak bo'lgan havoning nazariy miqdori, kg. U (6.9) tenglamadan hisoblab topiladi.

14.5. TEMPERATURANI O'LCHASH

150°S gacha bo'lgan temperaturani o'lchash uchun oddiy simobli yoki turli maxsus distansion termometrlar (qarshilik termometrlari, manometrik termometrlar) ishlatish mumkin.

Yuqori temperaturalar (ishlatilgan gazlarning temperaturasi) termoparalar yordamida o'lchanadi.

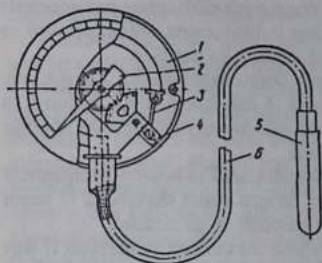
Termopara turli metallar yoki qotishmalar (temirkons-tantan, miskonstantan, xromel-kopel va boshqalar) dan yasalgan ikkita simdan iborat bo'lib, ularning bir uchi birbiriga kavsharlangan bo'lib, boshqa uchlari esa millivolt-metrga ulangan. Termoparaning kavsharlangan uchni qizdirilganda, sovuq va issiq uchlari orasidagi temperaturalar farqi natijasida termoelektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi. Bu kuch qizish temperaturasiga proporsional

bo'lib, °S ga darajalangan millivoltmetr bilan aniqlanadi.

Ishlatilgan gazlar temperaturasini o'lchash uchun termoparaning kavsharlangan qismi himoya qiluvchi keramik qobiqqa joylashtirilib, chiqarish trubasi ichiga o'rnatiladi.

Sovitish suvi va moyining temperaturasini o'lchash uchun, asosan, qarshilik termometrlari va manometrik termometrlar (aero-termometrlar) ishlatiladi.

Manometrik termometrda (14.7- rasm) temperaturasi



14.7-rasm. Manometrik termometr:

1-korpus; 2-ko'rsatkich strelkasi; 3-Burdon trubkasining tortqisi; 4-sektor; 5-datchik; 6-kapilyar truba

o'lchanadigan muhitga joylashtiriluvchi datchik 5 bor. Datchik oson bug'lanadigan suyuqlik bilan to'ldirilgan ballonchadan iborat. Bu datchik uzunligi 4-6 m li kapillyar nay 6 vositasida manometr shaklidagi va "S ga darajalangan qabul qilgichga ulangan.

Datchikdagi suyuqlik temperatura ta'sirida bug'lanadi, shunda bug' bosimi o'lchanayotgan muhit temperaturasiga proporsional ravishda oshadi.

14.6. DVIGATELNING INDIKATOR BOSIMINI O'LCHASH

Dvigatelning ish jarayonini xarakterlovchi ayrim ko'rsatkichlarni taxlil qilish uchun indikator diagrammasi bo'lishi kerak. Indikator diagramma olish uchun indikator deb ataluvchi maxsus asbob ishlatiladi. Bu asbob yordamida silindrdagi bosimning tirsakli valning burilish burchagi bo'yicha ($p-\varphi$ koordinatalarda) yoki porshen yo'lga qarab ($p-V$ koordinatalarda) o'zgarishi yoziladi,

Dvigatelning indikator bosimini o'lchash uchun ishlatiladigan indikatorlarni ikki guruhga bo'lish mumkin: bir hil indikatorlar faqat bir sikl davomidagi jarayonlarni diagramma ko'rinishida yozadi (bir siklli diagrammalar), boshqalari esa ketmaket keladigan bir qancha siklni yozib oladi (ko'p siklli diagrammalar). Ko'p siklli diagrammalarning o'rtacha qiymati juda ko'p sikllar uchun ularning o'rtacha miqdorini taxlil qilish imkonini beradi.

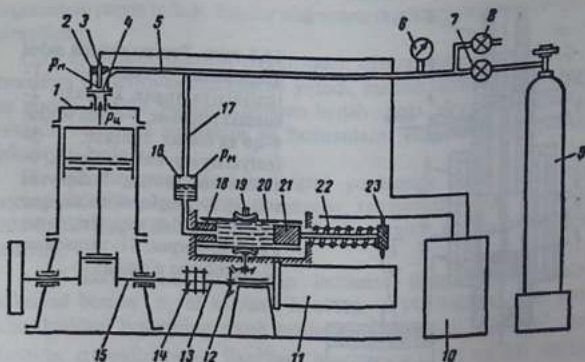
Tez yurar dvigatellarning indikator diagrammalarini xatosiz olish uchun kichik massali, binobarin, harakatlanuvchi detallarining inersiyasi kam mexanik yuritmal indikatorlar yoki deyarli inersiyasiz ossillograflar ishlatish lozim.

Tez yurar dvigatellarda ko'p siklli diagramma olish uchun pnevmoelektr indikatorlar ishlatiladi. MAI-2 tipidagi indikatorning ishlash prinsipi va tuzilishini tushuntiruvchi sxema 14.8 rasmda ko'rsatilgan.

Silindrlar kallagiga sezgir elementli bosim qabul qilgich 2 o'rnatiladi. Sezgir element yupqa po'lat membrana 4 dan iborat bo'lib, ballon 9 ga havo magistrali 5 vositasida ulangan qabul qilgichning yuqori qismini silindrga qo'shilgan pastki qismidan ajratib turadi.

Havo magistraliga manometr 6, to'ldirish krani 7 va bosimni pasaytiruvchi kran 8 o'rnatilgan. Magistral 5 da hosil bo'lgan bosim shaxobcha 17 orqali suyuqlik bilan to'ldirilgan kengaytirish bakchasi 16 ga uzatiladi.

Indikatorning yozuvchi qismi o'lchash mexanizmi va baraban II dan iborat. Baraban maxsus mufta 14 bilan dvigatelning tirsakli vali 15 ga ulanadi. O'lchash mexanizmi sifatida prujinaporshenli manometr ishlatiladi. Bu manometr gilza 20 shaklida bo'lib, uning ichida harakatlanmaydigan kovak plunjer 18 va harakatlanadigan plunjer 21 joylashgan. Plunjer 21



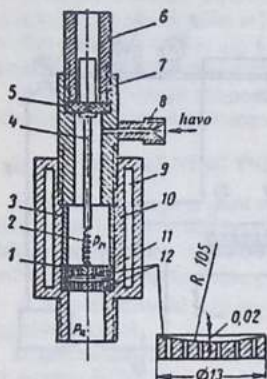
14.8-rasm. MAI-2 tipidagi pnevmoelektrik indikator sxemasi

o'qiga izolyatsiya qilingan razryadli shtift 23 o'rna-tilgan. Prujina 22 bilan yuklangan shtift 23 ning siljishi plunjer 21 ga ta'sir qilayotgan bosim p_m ga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

O'lchash aniqligiga plunjer 21 ning ishqalanish ta'sirini kamaytirish uchun gilza barabanning vali 13 dan shesternyalar sistemasi 12 va chervyakli uzatma 19 orqali aylanma harakatga keltiriladi.

Indikatorning elektr sistemasi qo'zg'almas kontakt 3 dan iborat bo'lib, u elektr simlar orqali tiratron o'zgartgich 10 va razryadli shtift 23 ga ulangan.

Dvigatelidagi bosimni indikator bilan o'lchashda mufta 14 ulanadi va kran 8 yopiq bo'lgani holda ballon 9 dan asta ochilayotgan kran 7 orqali magistral 5 ga havo beriladi, shunda manometr 6 orqali bosim p_m ning o'zgarishi kuzatiladi. Bunday bosim qabul qilgichning membranasi ustidagi bo'shlig'ida ham bo'ladi (14.9- rasm). Agar bosim p_m silindrdagi maksimal bosim p_s dan katta bo'lsa, membrana pastki o'rindiq 12 ga siqiladi (14.9 rasm). Kran 8 ni ochib (14.9- rasm), magistraldagi bosim kamaytirilsa (kran 7 berk), shunday holat hosil bo'ladiki, unda bosim p_m birmuncha vaqt bosim p_s ga teng yoki undan bir oz kichik bo'ladi. Bu holda membrana avval pastki o'rindiqdan ko'chadi va neytral holatni oladi, so'ngra esa yuqoridagi o'rindiq 12 ga qisiladi (14.9- rasm). Membrananing bunday siljishi amalda oniy vaqt ichida sodir bo'ladi, chunki



14.9-rasm. Pnevmoelektrik qabul qilgichning sxemasi: 1- izolyatsiyalangan kontakt; 2- kontakt prujinasi; 3-oralik vtulka; 4-qo'zg'olmas kontakt; 5- izolyatsiyalovchi qistirma; 6- zichlovchi vtulka; 7-siquvchi vtulka; 8- magistraldan siqilgan havoni keltirish shtutseri; 9-suv g'ilofi; 10-korpus; 11- membrana; 12-membrana o'rindig'i

porshen yu. ch. n. ga harakatlanganda bosim p_1 keskin oshadi, ammo bosim p_m sikl davomida juda kam o'zgaradi.

Kengayish jarayonida bosim p_1 kamayadi va membrana yuqori o'rindiqqa qisilishi va bosim p_m silindrdagi bosim p_1 dan katta bo'lishi bilan oq membrana teskari tomonga harakat qilib, yana pastki o'rindiqqa qisiladi.

Membrananing yuqori o'rindiqqa siqilish paytini qo'zg'almas kontakt 4 bildiradi. Membrana, silindrdagi p_1 va magistraldagi p_m bosimlar farqiga qarab kontaktga urinadi yoki undan uzoqlashadi. Shunda membrana elektr zanjirni ulaydi yoki uzadi. Bu paytda kontaktida elektr impuls hosil bo'ladi. Impulslar tiratronli releo'zgartgich 10 da (14.8-rasm) 12-18 kv gacha kuchaytirilib, razryadli shtift 23 ga uzatiladi. Natijada uchqunli razryad hosil bo'ladi. Bu uchqun aylanayotgan barabanga mahkamlangan qog'ozda nuqta qoldiradi, nuqtaning holati mazkur bosimda tirsakli valning burilish burchagini ham bildiradi. Nuqtaning ordinatasi prujinaning masshtabini hisobga olganda bu bosimning miqdorini aniqlaydi.

Shunday qilib, bir siklda magistraldagi bosim p_m ma'lum bo'lganda, indikator diagrammada faqat ikki nuqta olish mumkin: biri siqish chizig'ida, ikkinchisi esa kengayish chizig'ida. Kran 5 ni ochib, magistraldagi havoni sekin chiqarish yo'li bilan bosim p_m ni o'zgartirish va uchqun qoldirgan nuqtalarni ko'plab hosil qilish mumkin. Nuqtalarning har biri tirsakli val ma'lum burchakka burilganda siqish jarayonida yoki kengayish jarayonida silindrdagi bosim p_1 ni bildiradi. Bunda elektr zanjir siqish jarayonida tutashadi, kengayish jarayonida esa ajraladi.

Natijada ko'p sikllarning siqish va kengayish jarayonlarining indikator diagrammasi paydo bo'ladi. Bunday diagramma misol tariqasida 14.10-rasmida ko'rsatilgan.

Qo'llaniladigan tiratron o'zgartirgich diagrammaga yu. ch. n. ni, atmosfera va tarirovka chiziqlarini yozadi, maxsus tuzilmalari bo'lganda esa yuqori chekka nuqtani, uchqun berish yoki forsunka ignasining ko'tarila boshlash paytlarini va hokazolarni diagrammaga tushirish imkoniyati bo'ladi.

Bir siklli diagrammalarni ossillograf yordamida olish uchun bosim datchigi sifatida p'ezokvarsli elementlar, tenzometrlar va boshqalar ishlatiladi. Uyg'otiladigan signal kuchaytirgich orqali ossillografga uzatiladi.

$p - \varphi$ koordinatalarida olingan indikator diagrammadan siklning maksimal bosimi p_z ni kG/sm^2 hisobida (14.10-rasm), tez yonish uchastkasidagi bosimning o'sish tezligi $\Delta p / \Delta \alpha$ ni $\text{kG}/(\text{sm}^2 \cdot \text{grad})$ hisobida; o't oldirishning ilgarilash burchagi φ_{yo} ni va ish siklining kechishini xarakterlaydigan boshqa ko'rsatkichlarni aniqlash mumkin.

O'rtacha indikator bosimni, indikator quvvatni va f. i. k. ni aniqlash uchun olingan indikator diagrammani $p-V$ koordinatalar sistemasida qayta tuzish kerak.

XV bob
**O'RTA OSIYO MINTAQASI IQLIM SHAROITLARINING
I.YO.D. ISH JARAYONIGA TA'SIRI**

15.1. Umumiy ma'lumotlar

O'rta Osiyo sharoitining o'ziga xos xususiyatlari ichki yonuv dvigatellarining ish jarayonlariga kuchli **salbiy** ta'sir ko'rsatadi: sovitish, moylash, yonilg'i va havo bilan ta'minlash sistemalarining ishlashini qiyinlashtiradi. Bu o'z navbatida faqat kuch agregatining emas, balki butun bir mashinaning texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini va ishonchli ishlashini, mo'tadil iqlim sharoitlaridagi ko'rsatkichlariga solishtirganda, sezilarli darajada **yomonlashishiga** olib keladi.

Ma'lumki, avtomobil va traktor dvigatellari, odatda, mo'tadil iqlim sharoitlariga tatbiqan loyihalanadi va ishlab chiqariladi. Shuning uchun darslikda ichki yonuv dvigatelining o'ziga xos sharoitlar (iqlimi issiq, atmosfera bosimi past, havoda chang miqdorining yuqoriligi va hokazo)da ishlashi tufayli turli ko'rsatkichlarning salbiy tomonga o'zgarish sabablarini o'rganishga katta ahamiyat berilgan.

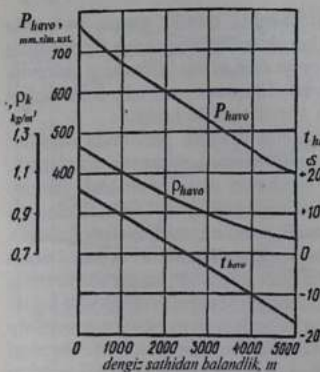
**15.2. Dvigatel ko'rsatkichlarining ishlatish sharoitlarida
o'zgarishi**

To'ldirish jarayonini tashqil qilishda asosiy vazifa silindrga eng ko'p miqdorda yangi zaryad berilishini ta'minlash ekanligi, bu esa sikl ishining mumkin qadar yuqori darajada bo'lishini, binobarin, to'liq quvvat bilan ishlaganda dvigatelning energetik ko'rsatkichlari yuksak darajada bo'lishini ko'p jihatdan ta'minlashi yuqorida aytib o'tilgan edi. Ayni paytda, IYOD da kiritish jarayonini tashkil qilishning sifatini to'ldirish koeffitsiyenti bilan baholash qabul qilingan. Ravshanki, bu sharoit o'zgarganida to'ldirish koeffitsiyenti to'ldirish jarayonini ifodalay olmaydi. Bu holda to'ldirish jarayoni to'liqligini absolyut o'lchagichi-kiritish jarayonida silindriga kirgan yangi zaryad massasidan foydalanish zarur. To'ldirish oxiridagi yangi zarayadning massasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$G_{h,x} = \frac{p_k}{R_h T_k} \eta_{1'} , \quad (15.1)$$

bu yerda R_h -havoning solishtirma gaz doimiysi; p_k , T_k -bosim va temperatura.

Sikl va dvigatelning energetik imkoniyatlarini baholash uchun to'ldirish koeffitsiyentining o'zi yetarli emasligiga bosim ostida kiritish usulining



15.1-rasm. Havo parametrlarining dengiz sathidan balandlikka nisbatan o'zgarishi

qo'llanilishini misol qilib ko'rsatish mumkin. Bosim ostida kiritish usulidan foydalanilganda to'ldirish koeffitsiyenti kattalashadi, ammo bosim ostida kiritish usuli qo'llanilmagan dvigatellardagiga nisbatan atigi 5-7% ortadi, holos. Ayni vaqtda yangi zaryadning massasi esa 1,6-1,8 marta ortib ketishi mumkin, buning oqibatida dvigatelning energetik imkoniyatlari ham mos ravishda ko'payadi.

Xuddi shuningdek, tashqi atmosfera sharoiti jiddiy o'zgarib turadigan O'rta Osiyoda dvigatelning energetik va boshqa ko'rsatkichlarining o'zgarish sabablarini tahlil qilish uchun faqat to'ldirish koeffitsiyentidan

foydalanish tamomila noto'g'ri natijalarni berishi mumkin. Shu sababli (15.1) formuladan foydalanish lozim. Masalan, kapot ostidagi bo'shliqda (ko'pgina dvigatellarda havo shu bo'shliqdan olinadi) harorat 80°S gacha ko'tarilganda (yozda bunday hodisa tez-tez bo'lib turadi) to'ldirish koeffitsiyenti odatdagi sharoitga nisbatan 10% ortadi, holbuki atmosfera bosimi o'zgarmagani holda havoning zichligi 20,5% pasayadi, massa bo'yicha to'ldirish esa 9% kamayadi, bu hol sikl ishining va dvigatel quvvatining anchagina kamayishiga olib keladi.

Mashinalar tog' sharoitida ishlaganda atmosfera bosimi ham, atrof harorati ham odatdagi sharoitdagiga qaraganda o'zgarib turadi. Agar tog'larda atrof havosining parametrlari 15.1-rasmga ko'rsatilgan tipik qonuniyatlarga amal qilsa, u holda 4000 m balandlikda bosim ostida kiritish usuli qo'llanilmagan dizzellarda to'ldirish koeffitsiyenti dengiz sathidagi qiymatidan 7% kamayadi, silindrlarni yangi zaryad bilan massa bo'yicha to'ldirish esa 38% kamayadi. Shunga mos ravishda quvvat va burovchi moment ham pasayadi.

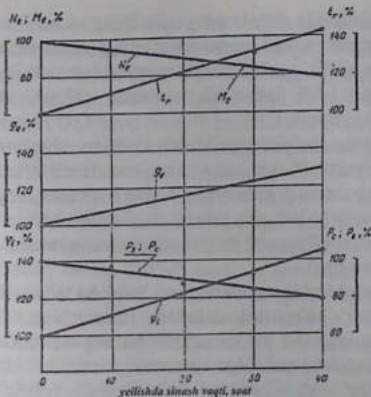
IYODdan foydalanish davomida yeyilish oqibatida ularning texnik holati o'zgaradi. Ravshanki, agar bu o'zgarishlar kiritishdagi tashqi sharoitning o'zgarishi bilan bog'liq bo'lsa, to'ldirish koeffitsiyenti pasayadi. To'ldirish jarayonining tuzatib bo'ladigan darajada buzilishiga O'rta Osiyo regioni uchun xos bo'lgan serchang sharoitda ishlaganda (yer haydash,

yo'l qurilish, kar'er ishlari, mashinalarning qumli, quruq yo'llarda harakatlanishi, lalmi yerlarga ishlov berish va hokazo) havo filtrlarining ifloslanishi sabab bo'ladi. Bunda juda qisqa vaqt ichida filtrlarning gidravlik qarshiligi ortadi va natijada to'ldirish koeffitsiyenti pasayadi. Buni oldini olish uchun havo filtrlari o'z vaqtida almashtirilishi kerak.

I.YO.D. ning texnik holati. Dvigatelni ishlatish davomida detallari yeyilishi va parchinlanishi, uzel hamda mexanizmlarning rostlanishi buzilishi, qurum bosishi va radiator trubkalari devorlarida tosh (nakip) hosil bo'lishi, shuningdek tutash detallar sirtining geometriyasi va strukturasini yomonlashuvi oqibatida dvigatelning texnik holati o'zgaradi (yomonlashadi). Silindr-porshen gruppasining zichlovchi elementlari yeyilishi natijasida siqish va yonish jarayonida zaryadning sizib chiqishi ko'payadi, bu esa sikl ishining kamayishiga hamda issiqlikdan foydalanishning yomonlashuviga olib keladi. Gaz taqsimlash mexanizmi kulachoklari va boshqa elementlarining yeyilishi tufayli silindrlarning to'lishi hamda tozalanishi yomonlashadi. Dizellardagi yonilg'i apparatlarining pretsizion detallari yeyilganda sikllik yonilg'i miqdori kamayadi, uning sikldan-siklga va silindrlarga notekis uzatilishi ortadi, purkalish hamda to'zitish xususiyatlari yomonlashadi. Benzinda ishlaydigan IYODlarda o't oldirish sistemasi elementlarining yeyilishi va rostlanishining buzilishi aralashma alanganishining yomonlashuviga va yonishning notekisligi sikldan-siklga ortib borishiga sabab bo'ladi. Karbyurator detallarining va yonilg'i berishni boshqarish elementlarining yeyilishi aralashma tarkibining o'zgarishiga va uning ishlashining turli rejimlarida IYOD ning talablariga mos kelmasligiga olib keladi. Tutash sirtlar sifatining yomonlashuvi va ish jarayonida ularning geometrik shakli o'zgarishi moylanish sharoitining buzilishini hamda uzel va mexanizmlarda ishqalanish ortishini keltirib chiqaradi. Bularning hammasi birga IYOD indikator quvvatining kamayishiga, ichki isroflarning ko'payishiga va yonilg'i tejamkorligining yomonlashishiga sabab bo'ladi.

IYODga texnik xizmat ko'rsatish va ulardan foydalanish to'g'ri tashkil qilinganda hamda mashinalarning ishlash sharoiti o'tacha bo'lganda ishlatish jarayonida samarali quvvatning kamayishi 6-8% dan, solishtirma yonilg'i sarfining o'sishi 8-10%dan oshmaydi. Ba'zi xo'jaliklarda mashinaning ish sharoiti (yo'l qurilishi, yer haydash, o'rmon melioratsiyasi ishlarida) og'ir bo'lgan xo'jaliklarda IYOD ning quvvati dastlabki qiymatidan 12-15% kamayishi, solishtirma yonilg'i sarfi esa 20% va bundan ham ko'p ortishi mumkin.

15.2-rasmda traktor dizellarini yeyilishga sinash natijalari keltirilgan. Sinovlar O'rta Osiyo regionining yoz fasli uchun xos bo'lgan sharoitda, ya'ni issiq va serchang sharoitda o'tkazilgan. Ko'rinib turibdiki, samarali quvvat va solishtirma yonilg'i sarfi sinovlarning davomiyligiga mutanosib o'zgargan. Bunda quvvatning kamayishi va solishtirma yonilg'i



15.2-rasm. Traktor dizeli ko'rsatkichlarining yeilishga sinash davomida yomonlashuvi

sarfining ortishi mos ravishda 22 va 29% ni tashkil etgan. Ko'rsatkichlar yomonlashuvining asosiy sababi silindr-porshen gruppasining yeyilishi bo'lib, natijada siqish jarayoni oxirida bosim pasaygan. Buning oqibatida alangalanishning kechikish davri uzayib ketishi yonish jarayonining kechikish tomonga siljib, shunga mos ravishda sikl ishining kamayishi va issiqlikdan yomon foydalanilishiga olib kelgan. Sistemaga chang kirishi oqibatida yonilg'i apparatlari pretsizion detallarining yeyilishi yonilg'i sizishining ko'payishi natijasida samarali quvvatning 6% kamayishiga,

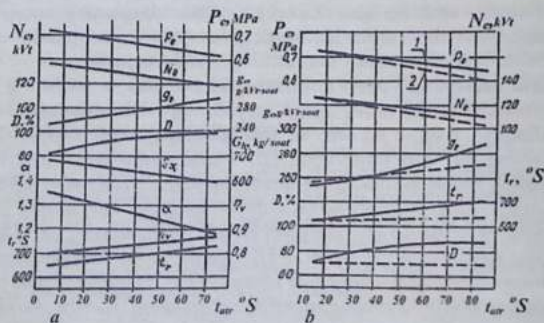
shuningdek purkalish bosimining pasayishi hamda to'zitish xususiyatlarining yomonlashuvi tufayli solishtirma yonilg'i sarfining ko'payishiga sabab bo'lgan. Dizel ko'rsatkichlarining yomonlashuvi past aylanish chastotalarida kuchliroq namoyon bo'ladi, chunki zichlovchi halqalar orqali zaryadning sizishi ortadi.

Atrof muhitning yuqori harorati. Atrof-muhit xaroratining IYOD ish ko'rsatkichlariga ta'siri yangi zaryadning fizik xossalari (zichligi, qovushoqligi, issiqlik sig'imi) va yonilg'ining fizik xossalari (zichligi, sirt tarangligi, bug'lanuvchanligi, siqiluvchanligi) o'zgarishida, shuningdek yonish avj oladigan sharoitning o'zgarishida namoyon bo'ladi. Atrof-muhitning harorati ko'tarilishi bilan yangi zaryadning zichligi kamayadi va to'ldirish koeffitsiyenti kattalashadi, silindrga kiritiladigan havoning massasi esa kamayadi. Sikllik yonilg'i miqdori ham kamayadi. Bu kamayish dizellar va benzinda ishlovchi IYOD larda turlicha bo'ladi. Yonishdan oldin keladigan davrda kameradagi harorat ko'tariladi. Bularning hammasi quvvatning va yonilg'i tejamkorligining kamayishiga olib keladi, ammo bu kamayish dizellarda va uchqundan o't oldiriladigan IYOD larda o'ziga xos xususiyatlarga ega.

Atrof-muhit harorati ko'tarilganda dizellarda yonilg'ining zichligi va qovushoqligi kamayadi. Shu sababli yonilg'i nasosi reykasining (akselerator pedalining) o'zgarmas holatida sikllik yonilg'i berish miqdori haroratning har 10° ko'tarilishida taxminan 1,5% kamayadi, oqibatda sikl ishi va IYOD ning samarali quvvati kamayadi.

Silindrlarni havo bilan massa bo'yicha to'ldirish darajasi absolyut temperaturalar nisbatining taxminan 0,75-darajasiga teskari mutanosib tarzda o'zgaradi. Silindrdagi havo massasining kamayishi yonilg'i miqdorining kamayishiga qaraganda tezroq sodir bo'ladi, shu sababli atrof-muhit harorati ko'tarilishi bilan havoning ortiqlik koeffitsiyenti kichiklashadi va mos ravishda issiqlikdan foydalanish yomonlashadi.

Sikllik yonilg'i miqdori va silindrni havo bilan massa bo'yicha to'ldirish darajasi o'zgarishi birgalikda ta'sir ko'rsatishi natijasida, haroratning har 10° ko'tarilishida IYOD ning quvvati 2-2,2% kamayadi, buning oqibatida ichki isroflarning amalda o'zgarishsiz qolishiga qaramay, mexanik f.i.k. birmuncha kichiklashadi. Atrof-muhit harorati ko'tarilganda yonilg'i tejamkorli-gining yomonlashish jadalligi to'liq yuklanish bilan ishlagandagi o'rtacha indikator bosimi darajasiga hamda aralashma hosil qilish usuliga bog'liq. Odatda, to'liq yuklanish bilan ishlaganda havoning ortiqqligi qancha ko'p bo'lsa, harorat ko'tarilganda solishtirma yonilg'i sarfi shuncha yotiq ortib boradi. 15.3-rasm, a da ko'rib chiqilayotgan omilning aylanish chastotasi nominal va nasos reykasining vaziyati o'zgarmas bo'lganda (bu



15.3-rasm. YAMZ-236 dvigatelinig ko'rsatkichlariga tashqi muhit harorati ko'tarilishining ta'siri: $a - n = 2100 \text{ min}^{-1}$ (to'la yuklanish); $b - n = 1900 \text{ min}^{-1}$ ($1 - \alpha = \text{var}$; $2 - \alpha = \text{const}$)

vaziyat yonilg'ining to'liq berilishiga mos keladi) YAMZ-236 dizelining ko'rsatkichlariga ta'siri tasvirlangan. Atrof-muhit haroratining har bir qiymatida sikl davomida uzatiladigan yonilg'i miqdorini (o'rtacha samarali bosimning ruxsat etilgan tutash darajasida) saqlagan holda ishlash, bu esa IYOD havo ortiqlik koeffitsiyentining o'zgarish qiymatida ishlashiga mos keladi. Bu holda yonilg'i tejamliligining kamayishi nisbatan kam bo'ladi (15.3-rasm, b), ammo IYOD quvvati pasayishi tashqi muhit temperaturasining har 10° ortishida 3-3,2% ni tashkil qiladi.

Yuritmal kompressor orqali bosim bilan havo kiritiladigan dizellar uchun ko'rsatkichlarning atrof-muhit haroratiga bog'liq ravishda o'zgarishi bosim ostida kiritish usuli qo'llanilmagan IYOD lardagidek qonuniyat bo'yicha kechadi. Turbonadduv qo'llanilganda dizellar ko'rsatkichlarining o'zgarishi ko'p jihatdan bosim ostida kiritish sistemasining sozlanishi va o'ziga xos xususiyatlariga bog'liq. Masalan, YAMZ-238_NB dizellari sinab ko'rilganda haroratning har 10° ko'tarilishida quvvatning kamayishi o'rtacha 2,8% ni tashqil etdi. YaMZ-240 N dizelida quvvatning va solishtirma yonilg'i sarfini o'zgarish jadalligi bosim ostida kiritish usuli qo'llanilmagan IYOD lardagidek bo'lib chiqdi (15.3- rasm, a ga qarang).

Benzinda ishlaydigan karbyuratorli IYOD larda silindrlarni yangi zaryad bilan massa bo'yicha to'ldirish absolyut temperaturalar nisbatining 0,38-0,54 darajasiga teskari mutanosib tarzda, ya'ni dizellardagiga nisbatan kamroq o'zgaradi. Bunga sabab shuki, havo zaryadi issiqligining bir qismi yonuvchi aralashmadagi yonilg'ining suyuq zarralarini bug'lantirishga sarflanadi. Bunday zarralarning miqdori IYOD ning ish rejimiga qarab o'zgaradi. Daraja ko'rsatkichining kichik qiymati harorati turli sharoitda ishlaganda ham barqaror saqlanadigan sovitish suyuqligi vositasida aralashma isitiladigan IYODlarga taalluqlidir. Aralashma ishlatilgan gazlar vositasida isitilganda uning isish jadalligi atrof-muhit harorati ko'tarilishi bilan ortadi, chunki bunda ishlatilgan gazlarning harorati ham ko'tariladi. Drossel-zaslonka oxirigacha ochilganda karbyuratorli IYOD lar aralashmaning quvvatli tarkibiga moslab rostlanadi. Shu sababli havoning massa bo'yicha sarfi kamayishi tufayli harorat har 10° ko'tarilganda IYOD ning quvvati taxminan 1,8% kamayadi.

Atrof-muhit harorati ko'tarilishi bilan benzinning zichligi va qovushoqligi kamayadi, natijada karbyurator jiklyorlari orqali benzinning massa bo'yicha sarfi ortadi. IYOD da yonilg'i berish shart-sharoitiga karbyurator konstruksiyasi katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun, aytib o'tilgan benzinning jiklyorlar orqali sarflanish qonuniyatiga qaramasdan, atrof-muhit harorati ko'tarilishi natijasida turli karbyuratorlarda yonilg'i sarfi kamayishi ham, ko'payishi ham mumkin. Agar harorat ko'tarilishi natijasida kichiklashsa (drossel-zaslonka to'liq ochilganda), u holda yonilg'i

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Автомобильные двигатели. /М. С. Ховах tahriri ostida. - Moskva: 1977, 591 bet.
2. Багиров Д. Д., Златопольский А. В. Двигатели внутреннего сгорания строительных и дорожных машин. - Moskva: 1974, 214 bet.
3. Воинов А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. - Moskva: 1977, 277 bet.
4. Ждановский Н. С., Николаенко А. В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. - Leningrad: 1974, 223 bet.
5. Кадыров С. М. Долговечность автотракторных дизелей в условиях Средней Азии. - Ташкент: 1982, 270 bet.
6. Подача и распыливание в дизелях. /Astaxov I. V. tahriri ostida. - Moskva: 1972, 357 bet.
7. Стефановский Б. С., Доколин Ю. М., Сорокин В. П., Васильев В. А., Корси Е. К., Скобцев Е. А. Испытания двигателей внутреннего сгорания. - Moskva: 1972, 367 bet.
8. Ханин Н. С., Озимов П. Л., Кригер В. А., Ванин В. К. Тенденция развития зарубежных дизельных двигателей для большегрузных автомобилей. - Moskva: 1977, 118 bet.
9. Ховах М. С., Маслов Г.С. (Qodirov S.M. tarjiması). Автомобиль двигателлари. Toshkent, "O'qituvchi", 1977, 463 bet.
10. Қодиров С.М., Никитин С.Е. Автомобиль ва трактор двигателлари. Toshkent, "O'qituvchi", 1992, 520 bet.

MUNDARIJA

Kirish	3
Birinchi qism. TEXNIK TERMODINAMIKA ASOSLARI	7
I bob. Ideal gazlarning xossalari	7
1.1. Umumiy ma'lumot	7
1.2. Ish jismining holatini belgilovchi parametrlar	7
1.3. Ideal gazlarning xossalari	10
1.4. Ideal gazlar aralashmasi	16
1.5. Gazlarning issiqlik sig'imi	21
II bob. Termodinamikaning birinchi qonuni	27
2.1. Jarayon ishi va ichki energiya	27
2.2. Qaytar va qaytmas jarayonlar haqida tushuncha	29
2.3. Termodinamika birinchi qonunining ta'rifi va tenglamasi	31
2.4. Termodinamik jarayonlar	33
2.5. Ideal gaz entropiyasi haqida tushuncha	43
III bob. Termodinamikaning ikkinchi qonuni	56
3.1. Termodinamika ikkinchi qonunining ta'rifi va siklning termik f. i. koeffitsiyenti	56
3.2. Karno sikli	60
3.3. Kompressorning ideal sikli	63
IV bob. Porshenli ichki yonuv dvigatellarining nazariy sikllari	65
4.1. Umumiy ma'lumot	65
4.2. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan sikl	66
4.3. Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan sikl	69
4.4. Issiqlik aralash usulda beriladigan sikl	70
4.5. Nazariy sikllar taxlili	71
ICHKI YONUV DVIGATELLARI NAZARIYASI	77
V bob. Avtomobil dvigatellarining haqiqiy sikllari	77
5.1. Umumiy ma'lumot	77
5.2. To'rt taktli dvigatelning ish sikli	78
VI bob. Yonilg'i va uning yonish kimyoviy reaksiyalari	82
6.1. Yonilg'i	82
6.2. Yonilg'ining yonish reaksiyalari	86
6.3. Atmosferaga chiqarilib tashlanadigan yonish mahsulotlarini zararsizlantirish	98
VII bob. Avtomobil dvigatellarida sodir bo'ladigan jarayonlarni tekshirish	100
7.1. Kiritish jarayoni	100
7.2. Siqish jarayoni	120
7.3. Uchqun bilan o't oldiriladigan dvigatellarda yonish jarayoni	121
7.4. Dizellarda yonish jarayoni	136

7.5. Ko'rinadigan yonish oxiridagi temperatura va bosimni aniqlash ..	142
7.6. Kengiyish jarayoni	151
7.7. Ishlatilgan gazlarni chiqarish jarayoni	153
VIII bob. Siklning o'rtacha bosimi, dvigatelning quvvati va tejamliligi	155
8.1. Siklning o'rtacha indikator bosimi	155
8.2. Dvigatelning indikator quvvati	159
8.3. Dvigatelda mexanik yo'qotishlar	160
8.4. Dvigatelning effektiv quvvati va mexanik f. i. k	162
8.5. Dvigatelning tejamliligi va f. i. k	164 ✓
8.6. Dvigatelning tejamliligi va quvvatiga ta'sir qiluvchi omillar	170
8.7. Dvigatelning issiqlik balansi	177
8.8. Dvigatel issiqlik hisobining misollari	179
IX bob. Avtomobil dvigatellarining xarakteristikallari va ishlash rejimining turg'unligi	189
9.1. Umumiy ma'lumot	189
9.2. Dvigatel xarakteristikallari	189
9.3. Avtomobil dvigateli ishlash rejimining turg'unligi va burovchi momenti zapasi	197
X bob. Karbyuratsiya va karbyuratorlar	199
10.1. Umumiy ma'lumot	199
10.2. Gidrodinamikadan qisqacha ma'lumot	199
10.3. Elementar karbyurator	207
10.4. Ideal karbyurator	211
10.5. K-88A karbyuratorning tuzilishi va ishlashi	213
10.6. Karbyuratorli dvigatelni eng katta tezlik rejimida va majburiy salt ishlashida roslash	215
10.7. Yonilg'i bevosita purkaladigan dvigatellarda aralashma hosil qilish	218
XI bob. Dizellarda aralashma hosil qilish va ularning yonilg'i berish apparaturasi	220
11.1. Dizellarning yonish kameralari	220
11.2. Yonilg'ini purkab to'zitish	224
11.3. Purkash xarakteristikasi va yonilg'i berishning davom etish vaqti	227 ✓
11.4. Avtotraktor dizellarining yonilg'i berish apparaturasi	229
XII bob. Dizellarning yonilg'i berish regulyatorlari va korrektorlari	245
12.1. Regulyatorlar	245
12.2. Yonilg'i berish korrektorlari	249
XIII bob. Avtomobil dvigatellarining ko'rsatkichlarini oshirish usullari va ularni rivojlantirish istiqbollari	251
13.1. Umumiy ma'lumot	251
13.2. Dvigatelning quvvatinn oshirish usullari	251

13.3. Avtomobil transportida yonilg'ini tejash usullari	254
13.4. Boshqa tip dvigatellarni rivojlantirish istiqbollari	255
XIV bob. Dvigatellarni sinash	265
14.1. Umumiy ma'lumot	265
14.2. Dvigatelning quvvatini aniqlash	266
14.3. Yonilg'ining soatli sarfini o'lchash va uning solishtirma sarfini aniqlash	271
14.4. Havo sarfini o'lchash va havoning to'ldirish va ortiqlik koeffitsiyentlarini aniqlash	273
14.5. Temperaturani o'lchash	275
14.6. Dvigatelning indikator bosimini o'lchash	276
XV bob. O'rta Osiyo mintaqasi iqlim sharoitlarining IYOD ish jarayoniga ta'siri	280
15.1. Umumiy ma'lumotlar	280
15.2. Dvigatel ko'rsatkichlarining ishlatish sharoitlarida o'zgarishi	280
Foydalanilgan adabiyotlar	290

S.M. Qodirov
M.M. Orifjonov

Avtotraktor dvigatellari asoslari

«Zarqalam» nashriyoti —2006

Mas'ul muharrir	<i>N. Qodirova</i>
Musahhih	<i>S. Abdukarimov</i>
Rassom	<i>S. Qodirov</i>
Sahifalovchi	<i>H. Xodjayeva</i>

Terishga berildi 30.03.2006- y. Boshishga ruxsat etildi 30.04.2006- y.
Bichimi 60x80 1/16. Haup л. 18,5 b.t. Ofset usulida bosildi. TimesTAD
garniturası. Adadı 5000. Buyurtma № 232.

«Yoshlar matbuoti»da bosildi.

100113. Toshkent, Chilonzor-8, Qatortol ko'chasi, 60.
Bahosi kelishilgan narxda.

«Zarqalam» nashriyoti, 700129, Toshkent sh.,
Navoiy ko'chasi, 30-uy.

Izoxlar uchun

