

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ VA SUV XO'JALIGI VAZIRLIGI

**TOSHKENT DAVLAT AGRAR UNIVERSITETI
NUKUS FILIALI**

«Agronomiya va QXM» fakulteti

«Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish» kafedrası

TRAKTOR VA AVTOMOBILLAR

fanidan

KURS ISHI

Bajardi: 3-V QXM guruhi talabasi Ken'esbaev R.

Tekshirdi: prof. Awezov O.

Nukus - 2015

Kirish

Respublikamizda qishloq xo'jaligida olib borilayotgan iqtisodiy islohatlar o'z samarasini bermoqda. Ayniqsa fermer xo'jaliklarining rivojlanishi har bir fermerdan qishloq xo'jaligi sohasi bo'yicha bilim talab etadi.

Bugungi kunda respublikamiz dalalarida tuproqni shudgorlash, tuproqning yuza qismiga ishlov berish, ekish, qator oralariga ishlov berish va boshqa ishlarni bajarishda yuqori ish unumiga ega bo'lgan Magnum, MX-135, TTZ-80.10, TTZ-80.11, TTZ-100K.10, TTZ-100K.11, MTZ-80X va boshqa traktorlardan foydalaniladi.

Bunday traktorlardan foydalanish o'z navbatida soha mutaxassisidan bilim va tajribani talab etadi.

Shu nuqtai –nazardan talabalar «Traktor va avtomobillar» fanini o'tishda o'zlarining olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash uchun shu fandan bosqich loyihasini bajarishadi.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan (2008 yil 23-avgustda) tasdiqlangan o'quv rejaga asosan 5630100-qishloq xo'jaligini mexanizasiyalashtirish ta'lim yo'nalishida "Traktor va avtomobillar" fani o'qitiladi, fanni to'liq o'zlashtirish maqsadida fan dasturida kurs loyihasini bajarish ham ko'zda tutilgan.

Kurs loyihasini bajarish asosan tushuntirish yozuv qismi va tegishli grafiklardan iborat bo'ladi.

Tushuntirish yozuv qismi asosan quyidagi bo'limlardan tashkil topgan:

1. Bosqich loyihasini bajarishga oid asosiy ma'lumotlar turkumi.
2. I-bo'lim. Traktor va avtomobillar nominal quvvati va tirsakli valning aylanish chastotasini aniqlash.

Traktor va avtomobillarning nominal kuvvati va tirsakli valning aylanish chastotasini aniklash masalasi kuyida kursatilganligi sababli bu yerda berilmagan.

3. II - bo'lim. Ikki qismdan iborat:

- a - dvigatelning issiqlik hisobi;
- b - dvigatelning dinamik hisobi.

4. III-bo'lim. Ikki qismdan iborat:

- a - traktorning tortish kuchi hisobi;
- b - traktorning nazariy tortish tavsifnomasini qurish.

Bosqich ishi loyihalashtirilayotgan traktorning asosiy ko'rsatkichlarini o'xshash traktorning ko'rsatkichlari bilan taqqoslab xulosa qilish bilan yakunlanadi.

Bosqich ishini bajarish uchun fan dasturida ko'rsatilgan adabiyotlardan foydalanish mumkin.

2-bo'lim. Dvigatelnining issiqlik va dinamik hisobi

2.1. Ichki yonuv dvigatellarining issiqlik hisobi

Dvigatellarni loyihalashda issiqlik hisobi uchun birlamchi ma'lumotlar traktor va avtomobillarning tortish hisobidan aniqlanadi.

Tortish hisobi asosida dvigatelnining effektiv quvvati N_e , tirsakli valning nominal aylanish chastotasi aniqlanadi. Undan keyin dvigatelnining tipi (dizel yoki karbyuratorli), silindrlar soni, taktililigi va eng muhim konstruktiv parametrlar, xususan krivoship radiusi r ning shatun uzunligi L ga nisbati, ya'ni λ ko'effitsiyenti tanlanadi.

1. Issiqlik hisobining asosiy parametrlarini tanlash

Topshiriqni bajarishda issiqlik hisobi nominal rejim bo'yicha bajariladi.

Siqish darajasi — ε . Siqish darajasi porshenning pastki turish nuqtasidan yuqori turish nuqtasiga harakatlanganida ishchi aralashmaning necha marta siqilishini ko'rsatuvchi son.

Zamonaviy IYoDlarida siqish darajasi ε ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

Benzinli IYoD 6,5...11,0 (13,0 to'g'ridan-to'g'ri purkalganda)

Gazli IYoD 6...10

Dizellarda:

turbokompressorsizda15...22

turbokompressorlida11...16

Agar topshiriqda dvigatelnining prototipi ko'rsatilgan bo'lsa, u holda siqish darajasi protipda qanday bo'lsa shunday tanlanadi. Siqish darajasi topshiriqda berilmagan bo'lsa, u holda uning qiymatini yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida dvigatelnining tipiga qarab qabul qilamiz.

Havoning ortiqlik ko'effitsiyenti - α - ichki yonuv dvigatelida ishlatiladigan yonuvchi aralashma tarkibidagi yonilg'i va havo miqdori orasidagi bog'liqlik turli rejimlarda doimiy bo'lmaydi. Aralashma tarkibi ichki yonuv dvigatelinining yonilg'i tejamkorligini, energetik, ekspulatsion ko'rsatkichlarini belgilaydigan muhim omildir. Aralashma tarkibi havoning ortiqlik ko'effitsiyenti bilan xarakterlanadi. U aralashmadagi havoning haqiqiy miqdorining (l yoki L) 1 kg yonilg'ining to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy (l_0 yoki L_0) miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{l}{l_0} = \frac{L}{L_0}.$$

Havoning ortiqlik ko'effitsiyenti ishchi aralashmaning sifatini xarakterlaydi:

$\alpha = 1$ - normal (stexiometrik) aralashma;

$\alpha > 1$ - o'ta to'yinmagan aralashma;

$\alpha < 1$ - o'ta to'yingan aralashma.

Agar $\alpha > 1,0$ bo'lsa, o'ta to'yinmagan (bedный) aralashma hisoblanadi. Bu aralashmalarda ortiqcha havo mavjud. Agar havoning miqdori biroz ortiq bo'lsa, bunday aralashma to'yinmagan (obednenny) hisoblanadi.

Agar $\alpha < 1,0$ bo'lsa, aralashma o'ta to'yingan hisoblanadi. Bunday aralashmalar yonilg'i bilan to'yingan bo'lib, bunda havo miqdori to'liq oksidlanish uchun yetarli darajada bo'lmaydi. Yonilg'i miqdori biroz yuqori bo'lsa, aralashma to'yingan deyiladi.

Bosqich ishini bajarishda havoning ortiqlik ko'effitsiyenti α ning qiymatini quyidagi oraliqda olamiz:

Benzinli dvigatellar uchun 0,8 -1,2

Dizellar:

nadduvsiz1,2 -1,65

nadduv bilan 2,1 gacha

Termoximik hisoblar. Yonilg'ining tarkibida asosiy elementlarning miqdori: uglerod S , vodorod N va kislorod O lar massa yoki hajmda beriladi. Shuni ham e'tiborga olish kerakki, yonilg'ida oltingugurt S , azot N va antidetanasion, tutushga qarshi ko'rinishdagi ximik birikmali elementlar ko'rinishidagi va boshqa prisadkalar mavjud.

Massa yoki hajm birligidagi yonilg'ining to'liq yonishi uchun nazariy jihatdan talab etilgan havoning miqdori uning elementlar tarkibi bo'yicha aniqlanadi. Yonilg'i tarkibiy qismlari (komponentlari) ning massa bo'yicha yoki hajm bo'yicha miqdori yonilg'ining e l y e m y e n t a r t a r k i b i deyiladi.

Suyuq yonilg'i uchun mos holda (kg havo/kg.yonilg'i) va (kilomol havo / kg yonilg'i) da quyidagicha aniqlanadi:

$$l_o = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_m \right); \quad \text{kg/kg}$$

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right), \text{ kmol / kg}$$

$$l_o = \mu_{\epsilon} \cdot L_o ,$$

bu yerda 0,23 va 0,21 - mos holda 1 kg havoda kislorodning massa va hajmiy miqdori qiymati;

μ_{ϵ} - 1 kmol havoning massasi ($\mu_{\epsilon} = 28,96 \text{ kg/ kmol}$).

Silindrga kiritilayotgan yangi zaryad havo va yonilg'idan tashkil topgan. Suyuq yonilg'i uchun yangi zaryad miqdori quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi, ya'ni yonuvchi aralashmadagi kmollar soni

$$M_1 = \alpha \cdot L_o + 1 / \mu_{\epsilon} , \quad \text{kmol / kg}$$

bu yerda μ_{ϵ} - yonilg'i bug'ining molekulyar massasi (1-jadvalga qarang) yoki

avtomobil benzini uchun $\mu_{\epsilon} = 110 \dots 120 \text{ kg/ kmol}$, dizel yonilg'ilari

uchun $\mu_{\epsilon} = 180 \dots 200 \text{ kg/ kmol}$ oraliqda olinadi.

Yuqorida keltirilgan formuladagi $\frac{1}{\mu_{\epsilon}}$ ning $\alpha \cdot L_o$ ga nisbatan juda kam miqdorga ega

bo'lganligi uchun boshqacha qilib aytganda, dizellarda silindr ichiga atmosfera havosi kiritiladi, yonilg'i esa suyuq holatda purkaladi, purkalgan yonilg'i hajmini havoning hajmiga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Bu holda formulani soddalashtirish uchun hisoblash ishlarida qabul qilinmaydi va M_1 quyidagicha topiladi,

$$M_1 = L = \alpha \cdot L_o ,$$

ya'ni silindr ichiga kirgan haqiqiy havoning miqdoriga teng.

1-jadval

Suyuq yonilg'ilarning elementar tarkibi va quyi yonish issiqligi
(B.N. Faynlayb bo'yicha)

Yonilg'i	Elementlarning massa ulushi			Molekulyar massa μ_{ϵ} ,	Quyi yonish issiqligi N_i , kDj / kg
	S	N	O		

				kg / kmol	
Avtomobil benzini (o'rtacha tarkibli)	0,855	0,145	-	110-120	44000
Kerosin (o'rtacha tarkibli)	0,860	0,137	0,003	180	43100
Dizel yonilg'isi (o'rtacha tarkibli)	0,870	0,126	0,004	180-200	42500

Aralashma yonish mahsulotlarining tarkibi va miqdorini aniqlaymiz. 1 kg suyuq yonilg'i ($\alpha \geq 1$ bo'lganda) yonganda yonish mahsulotlari mollari soni (chislo molely produktov sgoraniya 1 kg jidkogo topliva) quyidagicha

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}.$$

1 kg yonilg'i yonganda hosil bo'lgan yonish mahsulotlarining miqdori:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} \text{ va } M_{H_2O} = \frac{H}{2}$$

Yonish jarayonida qatnashmaydigan kislorod va azot miqdori quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$\alpha \cdot L_o : M_{N_2} = 0,79\alpha \cdot L_o, \text{ ya'ni } M_{N_2} = 0,79\alpha \cdot L_o,$$

$$M_{O_2} = 0,21\alpha \cdot L_o - 0,21 \cdot L_o = 0,21(\alpha - 1)L_o.$$

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda yonish mahsulotlarining umumiy miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$M_2 = \alpha \cdot L_o + \frac{H}{4} + \frac{O_e}{32}.$$

Yonilg'ining yonishi natijasida mollar sonining o'zgarishi molekulalar (molekulyar) o'zgarishining ximiyaviy koeffisienti orqali baholanadi:

$$\mu_o = \frac{M_2}{M_1}.$$

Molekulyar o'zgarish haqiqiy koeffisientining qiymatiga asosan havoning ortiqlik koeffisienti α ta'sir ko'rsatadi, α ning o'sishi bilan μ_o kamaya borishi umumiy qonuniyatdir, α ning kamayishi bilan esa μ_o ortib boradi.

IYoD larida qo'llaniladigan μ_o ning o'zgarishini quyidagicha qabul qilamiz, ya'ni karbyuratorli dvigatellar uchun $\mu_o = 1,05 \dots 1,08$, dizeli dvigatellar uchun $\mu_o = 1,01 \dots 1,05$.

Atrof muhit va qoldiq gazlar p a r a m y e t r l a r i. Atmosfera sharoitlarini quyidagicha qabul qilamiz: $P_o = 0,1$ MPa; $T_o = 288$ K.

Atrof muhitning bosimi va temperaturasi: $P_\kappa = P_o = 0,1$ MPa; $T_\kappa = T_o = 288$ K. Qoldiq gazlar bosimi va temperaturasi: $P_r = 1,15 \cdot 0,1 = 0,115$ MPa; $T_r = 930$ K.

Kiritish jarayoni

Kiritish oxiridagi bosim va temperaturasi. Yangi zaryadning isish (qizish) temperaturasi $\Delta T = 15^\circ C$ deb qabul qilamiz.

Kiritishda zaryadning zichligi (kg/m^3) ni quyidagicha topamiz

$$\rho_{\kappa} = P_{\kappa} \cdot 10^6 / (R_g \cdot T_{\kappa}),$$

bu yerda $R_g = 287 \text{ Dj} / (\text{kg} \cdot \text{grad})$ - havo uchun gazning solishtirma doimiyliigi.

Ya'ni $R_g = \mu R / \mu_o = 8314 / 28,96 = 287 \text{ Dj} / (\text{kg} \cdot \text{grad})$,

bu yerda $\mu R = 8314 \text{ Dj} / (\text{kmol} \cdot \text{grad})$ - universal gaz doimiyliigi.

Kiritish oxiridagi bosim

$$P_a = P_{\kappa} - \Delta P_a \text{ yoki } P_a = P_o - \Delta P_a.$$

Kiritish tizimining qarshiligi va silindr ichida zaryadning harakatlanish tezligining so'nishi ayrim cheklovlar (dopumyeniya) bilan Bernulli tenglamasidan aniqlanadi, ya'ni:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{en})(\omega_{en}^2 / 2) \rho_{\kappa} \cdot 10^{-6},$$

bu yerda β - ko'rilyotgan silindr kesmida zaryadning harakatlanish tezligining so'nish koeffisienti;

ξ_{en} - kiritish tizimining qarshilik koeffisienti;

ω_{en} - zaryadning urtacha harakatlanish tezligi;

ρ_{κ} - kiritishda zaryadning tezligi(pri nadduve).

Adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarda ko'rsatilishicha, tajriba ma'lumotlariga ko'ra, zamonaviy avtotraktorlarda ishlatiladigan dvigatellarda nominal rejimda $(\beta^2 + \xi_{en}) = 2,5...4$, $\omega_{en} = 50...130 \text{ m/s}$ bo'ladi.

To'rt taktli nadduvsiz dvigatellarda ΔP_a ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $(0,05 - 0,2) P_o$;

- dizellarda (nadduvsiz) - $(0,03 - 0,18) P_o$;

- dizellarda (nadduvli) - $(0,03 - 0,1) P_o$.

Kiritish oxiridagi temperaturani quyidagicha aniqlaymiz.

$$T_a = (T_{\kappa} + \Delta T + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_{\kappa}).$$

To'rt taktli nadduvsiz dvigatellarda hisoblash ishlarida $T_{\kappa} = T_o$ deb qabul qilinsa, nadduv qo'llanilganda esa T_{κ} havoning kompressorda siqilishida isishini hisobga olgan holda qabul qilinadi (bu mazkur ishining ilovasida berilgan misolda yaqqol ko'rsatilgan).

Zamonaviy to'rt taktli dvigatellarda T_a ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $320...380 \text{ K}$;

- dizellarda (nadduvsiz) - $310...350 \text{ K}$;

- dizellarda (nadduvli) - $320...400 \text{ K}$.

Qoldiq gazlar koeffisiyenti. IYoD da gaz almashuvining muhim sifat ko'rsatkichlaridan biri qoldiq gazlar koeffisientidir. U bundan oldingi siklda silindrda qolgan yonish mahsulotlari miqdorining silindrga kirgan yangi zaryadning miqdoriga nisbatidan iborat:

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1} \text{ yoki } \gamma_r = \frac{T_{\kappa} + \Delta T}{T_r} \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r}.$$

Zamonaviy to'rt taktli avtotraktor dvigatellarda γ_r , T_r va P_r larning qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $0,04...0,08$;

- dizellarda (nadduvli va nadduvsizda) - $0,03...0,06$.

Avtotraktor dvigatellarida (nadduvli va nadduvsiz) atmosferaga chiqarilayotgan qoldiq gazlarning bosimini quyidagicha

$$P_r = (1,05 \dots 0,125) P_o .$$

Qoldiq gazlarning bosimi taqriban to'rt taktli dvigatellarda quyidagicha:

- karbyuratorli dvigatellarda - 0,102...1,12 MPa;
- dizellarda (nadduvsiz) - 0,105...1,25 MPa;
- dizellarda (nadduvli) - (0,75...0,95) R_k MPa.

Qoldiq gazlar temperaturasi to'rt taktli dvigatellarda quyidagicha:

- karbyuratorli dvigatellarda - 900...1100 K;
- dizellarda (nadduvsiz va nadduvli) - 600...900 K;
- gazli dvigatellarda - 750...1000 K.

T o' l d i r i s h k o e f f i s i y e n t i

Kiritish jarayonining sifatini t o' l d i r i s h k o e f f i s y e n t i (η_v) bilan baholash qabul qilingan. Bu koeffisient to'ldirish jarayoni oxirida silindr ichida bo'lgan yangi zaryad massasining kiritish shart-sharoitida silindrning ishchi hajmini to'ldirish mumkin bo'lgan zaryad massasiga nisbatidan iborat.

To'ldirish koeffisiyenti quyidagicha aniqlanadi

$$\eta_v = T_{\kappa} (\varepsilon P_a - P_{\kappa}) / [(T_{\kappa} + \Delta T)(\varepsilon - 1) P_{\kappa} .$$

Zamonaviy to'rt taktli avtotraktor dvigatellarida to'ldirish koeffisientining o'rtacha miqdorlari berilgan:

- karbyuratorli dvigatellarda - 0,75...0,85;
- dizellarda (nadduvsiz) - 0,8...0,9;
- dizellarda (nadduvli) - 0,8...0,95

S i q i s h j a r a y o n i

Siqish jarayonini termodinamik hisoblash doimiy ko'rsatkichli politrop jarayon formulalari yordamida amalga oshiriladi. Bu ko'rsatkich haqiqiy jarayonda gazning tugal (oxirgi) parametrlarini hosil qilish shartidan kelib chiqib tanlanadi.

Siqish politropi ko'rsatkichini empirik formula orqali aniqlash mumkin

$$n_1 = 1,41 - 100 / n_n ,$$

bu yerda n_n - tirsakli valning nominal aylanish chastotasi, min^{-1} .

Siqish taktining oxiridagi bosim quyidagicha aniqlanadi

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} , \text{ MPa}$$

Siqish taktining oxirida temperatura quyidagicha aniqlanadi

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} , \text{ K}$$

Siqish politropi ko'rsatkichining taqribiy qiymatlari va siqishning oxiridagi ishchi jismning parametrlari P_c va T_c zamonaviy avtotraktor dvigatellari uchun quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $n_1 = 1,34 \dots 1,39$, $P_c = 0,9 \dots 1,6$ MPa,
 $T_c = 650 \dots 800$ K;
- dizellarda (nadduvsiz) - $n_1 = 1,38 \dots 1,42$, $P_c = 3,5 \dots 5,0$ MPa,

$$T_c = 700 \dots 900 \text{ K};$$

- dizellarda (nadduvli) - $n_1 = 1,35 \dots 1,38$, $P_c = 6,0 \dots 8,0 \text{ MPa}$,

$$T_c = 900 \dots 1000 \text{ K}.$$

Zaryadning (havoning) urtacha molyar issiqlik sigimi sikish jarayoni oxirida (qoldiq gazlarning ta'sirini hisobga olmagan holda) quyidagicha aniqlanadi

$$mC_{V_c} = a_c + \epsilon_c T_c = 20,16 + 174 \cdot 10^{-3} \cdot T_c, \quad \kappa \text{Дж}/(\kappa \text{моль} \cdot \text{град}).$$

Qoldiq gazlardagi mollar soni

$$M_r = \alpha \cdot \gamma_\kappa \cdot L_o.$$

Siqish takti oxirida yonish boshlanishigacha qadar gazlarning mollari soni quyidagicha aniqlanadi

$$M_c = M_1 + M_r.$$

Yonish jarayoni

Yonilg'ining yonishi jarayonida dvigatel silindri ichida issiqlik ajralib chiqadi va u ishchi jismning (rabochaya tela) ichki energiyasining oshishiga va mexanik ishning bajarilishiga olib keladi. Yonish oxirida temperatura T_z va bosim P_z ni aniqlash uchun quyidagilardan foylanamiz.

O'rtacha molyar issiqlik sig'imi

$$mC_{p_z} = (20,2 + 0,92/\alpha) + (15,5 + 13,8\alpha) \cdot 10^{-4} T_z + 8,314, \quad \kappa \text{Дж}/(\kappa \text{моль} \cdot \text{град}).$$

Yongandan keyin gazdagi mollarning soni

$$M_z = M_2 + M_r.$$

Ishchi aralashmaning molekulyar o'zgarish hisobiy koeffitsiyenti

$$\beta_z = M_z / M_c.$$

CZ'Z uchastkada 1kg yonilg'ining yonishida (rasm. 135.sm.str.267 Kaptyushin) gaz bilan uzatiladigan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi

$$Q = \xi_z \cdot Q_n, \quad \text{kJ/kg},$$

bu yerda ξ_z - issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti.

Issiqlikdan foydalanish koeffitsientining qiymati quyidagi oraliqda yotadi, ya'ni:

- karbyuratorli dvigatellarda - 0,85...0,95;

- dizellarda - 0,7...0,9.

Yonish jarayonining oxirida temperaturani dizel dvigatellari uchun quyidagicha topamiz

$$\beta_z mC_{p_z} T_z = Q / [\alpha L_o (1 + \gamma_r)] + T_c (mC_{V_c} + 8,314\lambda) \quad \text{yoki} \quad 1,035(29,149 + 0,0025T_z) T_z.$$

Bu tenglamani T_z ga nisbatan yechib, T_z topiladi.

Bu yerda bosimning oshish darajasi λ quyidagi oraliqda yotadi

$$(\lambda = P_z / P_c):$$

- dizellarda

$$- \lambda = 1,2 \dots 1,5;$$

- karbyuratorli dvigatellarda - $\lambda = 3 \dots 4$;
- gazli dvigatellarda - $\lambda = 3 \dots 5$.

Yonish jarayonining oxiridagi bosim quyidagicha aniqlanadi

$$P_z = P_c \lambda, \quad \text{MPa.}$$

Taxminiy kengayish darajasi (stepen predvaritelnogo rasshireniya)

$$\rho = \beta_z \cdot T_z / (\lambda \cdot T_c).$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellarida ular to'liq yuklanishda ishlaganda maksimal temperatura va siklning bosimi quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda $T_z = 2400 \dots 2900 \text{ K}$; $P_z = 3,5 \dots 4,0 \text{ MPa}$;

$$P_{z_A} = 3 \dots 5 \text{ MPa};$$

- dizellarda: $T_z = 1800 \dots 2300 \text{ K}$; $P_z = P_{z_A} = 5 \dots 12 \text{ MPa}$;

- gazli dvigatellarda: $T_z = 2200 \dots 2500 \text{ K}$; $P_z = 3 \dots 5 \text{ MPa}$; $P_{z_A} = 2,5 \dots 4 \text{ MPa}$.

Dizel dvigatellarida silindr ichidagi temperatura yonish jarayonida karbyuratorli dvigatellarga nisbatan past, chunki ular uchun havoning ortiqlik koeffisienti α ning ancha yuqoriligi bilan ishlashi xarakterlidir.

Kengayish jarayoni

Gazning kengayish jarayonida yonilg'i yonganida ajralib chiqqan issiqlikning boshqa turga aylanishi natijasida ish bajariladi. Karbyuratorli va dizeli dvigatellarning siklida gazning kengayishi yonish davom etayotganda boshlanadi, bu esa kengayish jarayonining ana shu bosqichdagi o'ziga xos xususiyatidir.

Keyingi kengayish darajasi (stepen posleduyuyego rasshireniya) quyidagicha aniqlanadi.

$$\delta_p = \frac{\varepsilon}{\rho}.$$

Kengayish politrop ko'rsatkichi qiymatini empirik formula yordamida aniqlaymiz.

$$n_2 = 1,18 + 130 / n_u.$$

Kengayish jarayonining oxiridagi bosim P_ϵ va temperatura T_ϵ ning qiymatlarini politrop jarayoni tenglamalari bo'yicha aniqlaymiz:

-karbyuratorli dvigatellar uchun:

$$P_\epsilon = P_z / \varepsilon^{n_2};$$

$$T_\epsilon = T_z / \varepsilon^{n_2-1};$$

-dizel dvigatellar uchun:

$$P_\epsilon = P_z / \delta^{n_2};$$

$$T_\epsilon = T_z / \delta^{n_2-1};$$

bu yerda $\delta = V_\epsilon / V_z = \varepsilon / \rho$ - keyingi kengayish darajasi.

Avtotraktor dizellari uchun $\rho = 1,2 \dots 2,4$. Zamonaviy avtotraktor dvigatellarida (nadduvsizlarda) nominal rejimda bosim P_{ϵ} va temperatura T_{ϵ} larning qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $P_{\epsilon} = 0,35 \dots 0,6$ MPa, $T_{\epsilon} = 1400 \dots 1700$ K.

Bunda tirsakli valning aylanish chastotasi katta bo'lgan dvigatellarda P_{ϵ} va T_{ϵ} ning qiymati ancha yuqori bo'lishi xarakterlidir.

Chiqarish jarayoni

Ishlatilgan gazlarning chiqarilishi porshen PTN ga yetmasdan oldin ($40 \dots 70^{\circ}$) boshlanadi va chiqarish klapanining yopilganidan keyin (YuTN dan $10 \dots 50^{\circ}$) tugaydi.

Avval qabul qilingan qoldiq gazlar temperaturasining to'g'riligini quyidagicha tekshiramiz

$$T_r = T_{\epsilon} / \sqrt[3]{P_{\epsilon} / P_r}.$$

Dvigatyl ish siklining indikator parametrlari

Dizel dvigatellari uchun $V_c / V_h = 1/(\epsilon - 1)$ va $P_c = P_a \cdot \epsilon^{n_1}$ deb hisoblab, nazariy o'rtacha indikator bosimni quyidagicha hisoblaymiz.

$$P_i' = \frac{P_c}{\epsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda p}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right].$$

Karbyuratorli dvigatellar uchun $V = const$, $\rho = 1$ va $\delta = \epsilon$ deb nazariy o'rtacha indikator bosimni quyidagicha hisoblaymiz.

$$P_i' = \frac{P_c}{\epsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right].$$

Haqiqiy siklning o'rtacha indikator bosimi P_i hisoblangan siklning o'rtacha indikator bosimi P_i' dan kichik. Bunda o'rtacha indikator bosimning kamayishi diagrammaning to'liqlik koeffisienti ν bilan nasosdagi nobudgarchilik o'rtacha bosimi ΔP_i qiymati bilan baholanadi.

Diagrammaning to'liqlik koeffisienti ν zamonaviy avtotraktor dvigatellari uchun quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $\nu = 0,94 \dots 0,97$;

- dizel dvigatellarida - $\nu = 0,92 \dots 0,95$.

Indikator diagramma uchun siklning o'rtacha indikator bosimi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_i = P_i' \cdot \nu, \text{ MPa.}$$

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan P_i ni MPa da, V_h ni litrda qabul qilsak, N_i kVt da bo'ladi.

Dvigatelning indikator quvvati quyidagicha aniqlanadi

$$N_i = P_i \cdot V_h \cdot n_{\partial\theta} \cdot i / (30 \cdot \tau_{\partial\theta}), \text{ kVt}$$

bu yerda $n_{\partial\theta}$ - tirsakli valning aylanish chastotasi, min^{-1} ;

$\tau_{\partial\theta}$ - dvigatelning taktililik koeffisienti (bir siklda porshening yurishlar soni);

i - dvigatel silindrlari soni.

Indikator foydali ish koeffisienti η_i . Haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish darajasi indikator F.I.K. bilan baholanadi.

Indikator F.I.K. ni quyidagi formuladan foydalanib topamiz

$$\eta_i = \frac{P_i \alpha_l}{(Q_n \rho_k \eta_v)}.$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellari nominal rejimda ishlaganda indikator F.I.K. ning qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $\eta_i = 0,28 \dots 0,38$;

- dizel dvigatellarda - $\eta_i = 0,42 \dots 0,52$;

- gazli dvigatellarda - $\eta_i = 0,26 \dots 0,34$.

Indikator solishtirma yonilg'i sarfi quyidagicha aniqlanadi

$$q_i = 3,6 \cdot 10^3 / (Q_n \cdot \eta_i), \quad z / (\kappa B m \cdot coam).$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellarida indikatorli solishtirma yonilg'i sarfining qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda - $q_i = 235 \dots 290 \quad z / (\kappa B m \cdot coam)$;

- dizelli dvigatellarda - $q_i = 175 \dots 220 \quad z / (\kappa B m \cdot coam)$;

- gazli dvigatellarda - $q_i = 10,5 \dots 14,0 \quad MДж / (\kappa B m \cdot coam)$.

Dvigatelning samaradorlik ko'rsatkichlari.

Ichki yonuv dvigatellari valining chiqish uchida hosil bo'luvchi ko'rsatkichlar s a m a r a l i k o' r s a t k i c h l a r deb ataladi.

Mexanik yo'qolishning o'rtacha bosimi quyidagicha aniqlanadi

$$P_{m.n} = a + \epsilon W_{p.sr}, \text{ MPa,}$$

bu yerda "a" va "v" koeffitsiyentlarning qiymatlari dvigatelning tipi, konstruksiyasi, o'lchami, silindrlar soni va issiqlik holatiga bog'liq. Yuqorida keltirilgan koeffitsientlarning o'rtacha qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan;

$W_{p.sr}$ - porshening o'rtacha tezligi, $W_{p.sr} = 8 \text{ m/s}$.

1-jadval

Turli IYoD lar uchun "a" va "v" koeffitsientlarning qiymatlari (Nikolayenko A.V, 73 bet)

Dvigatel tipi	a, MPa	v, MPa
Ajratilmagan kamerali dizellar	0,105	0,012
Ajratilgan kamerali dizellar	0,105	0,0138
Karbyuratorli dvigatellar: $S / D > 1$ da	0,05	0,0155

$S / D < 1$ da	0,04	0,0135
Izoh. S-porshen yo'li, D-silindr diametri		

O'rtacha samarali bosimni quyidagicha topamiz.

$$P_e = P_i - P_{m,n}, \quad \text{MPa.}$$

Mexanik FIK. Indikator ishning samarali ishga aylanishining mukammalligini baholash uchun mexanik FIK tushunchasidan foydalaniladi va u quyidagicha aniqlanadi.

$$\eta_m = P_e / P_i.$$

Nominal rejimda avtotraktor dvigatellari ishlaganida η_m ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda $-\eta_m = 0,7...0,85;$
- dizel dvigatellarda (nadduvsiz) $-\eta_m = 0,7...0,82;$
- gazli dvigatellarda (nadduvli) $-\eta_m = 0,7...0,9;$
- gazli dvigatellarda $-\eta_m = 0,75...0,85.$

Samarali (effektiv) FIK η_e ni quyidagicha topamiz

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

Nominal rejimda ishlaganda effektiv FIK ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda $-\eta_e = 0,25...0,33;$
- dizel dvigatellarda $-\eta_e = 0,35...0,40;$
- gazli dvigatellarda $-\eta_e = 0,23...0,30.$

Samarali solishtirma yonilg'i sarfi q_e quyidagicha aniqlanadi.

Agar samarali quvvat N_e va yonilg'i sarfi G_T ma'lum bo'lsa samarali yonilg'i sarfi q_e quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$q_e = G_T \cdot 10^3 / N_e, \quad \text{z} / (\kappa Bm \cdot coam).$$

Bizning holat uchun

$$q_e = 3,6 \cdot 10^3 / (Q_n \cdot \eta_e), \quad \text{z} / (\kappa Bm \cdot coam).$$

Zamonaviy avtotraktorlarda samarali solishtirma yonilg'i sarfining o'rtacha qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- karbyuratorli dvigatellarda $-q_e = 300...370, \quad \text{z} / (\kappa Bm \cdot coam);$
- ajratilmagan kamerali dizellarda $-q_e = 225...260, \quad \text{z} / (\kappa Bm \cdot coam);$
- vixrekamerali va predkamerali dizellarda $-q_e = 245...270, \quad \text{z} / (\kappa Bm \cdot coam);$
- gazli dvigatellarda (issiklik sarfi) $-q_e = 14...17 \text{ MДж} / (\kappa Bm \cdot coam).$

Dvigatelning asosiy o'lchamlari va solishtirma parametrlarini aniqlash.
Dvigatelning litraji

$$V_n = 120 N_t / (P_e n_n), \quad \text{l.}$$

Bitta silindrning ishchi hajmi

$$V_h = V_n / i, \quad \text{l.}$$

S / D ga nisbatini ρ deb belgilab, ya'ni $S / D = \rho$ va $S = D \cdot \rho$ deb faraz qilib, ρ ning qiymatini protip asosida qabul qilamiz, masalan $\rho = S / D = 0,95$, (yoki $\rho = 1,15$).

U holda silindr diametri quyidagicha topiladi

$$D = 100 \sqrt[3]{4 \cdot V_h / (\pi \cdot \rho)}, \text{ mm.}$$

Porshen yo'li

$$S = D \cdot \rho, \text{ mm.}$$

Yuqorida keltirilgan D va S larning qiymatlarini butun songacha yaxlitlab olib va ulardan qabul qilingan qiymatlari buyicha dvigatelning aniqlik kiritilgan asosiy parametrlari va ko'rsatkichlari aniqlanadi.

Dvigatelning litraji, l

$$V_n = \pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i / (4 \cdot 10^6).$$

Samarali quvvat, kVt :

$$N_e = P_a \cdot V_n \cdot n / (30 \cdot \tau_{\partial 6}).$$

Samarali burovchi moment, $H \cdot m$:

$$M_e = 9550 \cdot N_e / n.$$

Yonilg'ining soatlik sarfi, $kg/soat$:

$$G_T = N_e \cdot q_e.$$

Porshenning o'rtacha tezligi, m/s :

$$W_{n.cp} = S \cdot n / (3 \cdot 10^4).$$

Dvigatelning litraviy quvvati

$$N_n = N_e / (V_h \cdot i) = P_e \cdot n / (30 \cdot \tau_{\partial 6}).$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellarda litraviy quvvatning N_n qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- avtomobil karbyuratorli dvigatellarda - 20...45;
- avtotraktor dizellarida - 10...20 kVt/l .

Baholovchi ko'rsatkichlar sifatida solishtirma porshen quvvati ham qo'llaniladi:

$$N_n = 4 \cdot N_e / (\pi \cdot D^2 \cdot i), \quad kVt/dm^2.$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellarida solishtirma porshen quvvati N_n ning qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

- avtomobil karbyuratorli dvigatellarida - 15...35;
- avtotraktor dizellarida - 15...25, kVt/dm^2 .

Dvigatelning muhim solishtirma ko'rsatkichlari - litraviy massa va solishtirma massa.

$$q_n = G_{cyx} / (V_h \cdot i), \quad kg/l,$$

$$q_N = G_{cyx} / N_{en}, \quad kg/kVt.$$

Bu yerda $N_{en} = N_n \cdot V_h \cdot i$ bo'lganligi uchun

$$q_N = G_{cyx} / (N_n \cdot V_h \cdot i) = q_n / N_n.$$

Zamonaviy avtotraktor dvigatellarida litraviy va solishtirma massa qiymatlari quyidagi oraliqda yotadi:

- avtomobil karbyuratorli dvigatellarida - $q_n = 75...150 \text{ kg/l}$,

$$q_N = 1,5...6,0 \text{ kg/kVt};$$

- avtotraktor dizellarida - $q_n = 100...200 \text{ kg/l}$,

$$q_N = 4...10 \text{ kg/kVt}.$$

Shunday qilib, yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida dvigatelning issiqlik hisobini hisoblash va uning asosiy parametrlarini aniqlash mumkin.

Indikator diagrammasini qurish

Issiqlik hisobi natijalari bo'yicha dvigatelning nominal rejimi uchun analitik yoki grafik usulda indikator diagramma quriladi. Ulardan analitik usul ko'proq qo'llaniladi, chunki u ko'proq aniq ma'lumotlarni beradi. Bunda diagrammaning xarakterli nuqtalari - bosimning siqish boshlanishidagi P_a , siqish oxiridagi P_c , yonish oxiridagi P_z , gazlarning chiqishi oxiridagi P_e , siqish politrop ko'rsatkichi n_1 va kengayish n_2 , siqish darajasi ε , taxminiy (dastlabki) ρ va keyingi kengayishning δ_p hisoblangan qiymatlaridan foydalaniladi.

Indikator diarammasi quyidagi ketma-ketlikda quriladi.

1. $p - V$ o'qi o'tkaziladi va unda bosim va hajmning masshtabi tanlanadi. Bosimning parametralari ordinata o'qi bo'yicha qo'yiladi, hajmniki esa - absissa o'qi bo'yicha. Bosimning masshtabini hajmning masshtabidan 1,4...1,6 marta katta qabul qilish tavsiya etiladi.

2. Yonish kamerasining hajmi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi

$$V_c = V_h / (\varepsilon - 1).$$

3. Taxminiy (dastlabki kengayish) kengayish hajmi hisoblanadi.

$$V_z = \rho \cdot V_c.$$

4. V_c , V_z va V_h hajmlarining olingan qiymatlari hajm o'qi bo'yicha qo'yiladi va olingan nuqtalardan vertikal chiziqlar o'tkaziladi.

5. Atmosfera bosimi P_o chizig'i hajm o'kiga nisbatan parallel o'tkaziladi.

6. Issiqlik hisobidan olingan P_a , P_c , P_z va P_e bosimning qiymatlari qo'yiladi.

7. P_o chizig'iga parallel holda kiritish va chiqarish chiziqlari o'tkaziladi.

8. Quyidagi tenglamalar bo'yicha aniqlanadigan, oraliq nuqtalar bo'yicha siqilish va kengayish politropi quriladi.

$$P_x \cdot V_x^{n_1} = P_c \cdot V_c^{n_1};$$

$$P_x = P_c \cdot (V_c / V_x)^{n_1},$$

bu yerda P_x va V_x - bosim va hajmning joriy qiymatlari.

Odatda V_x ning quyidagi qiymatlarni qabul qilish tavsiya etiladi: $V_x = 3V_c$; $V_x = 6V_c$; $V_x = 9V_c$, $V_x = 12V_c$ ulardan foydalangan holda olinadi

$$P_{x_1} = P_c / 3^{n_1}; \quad P_{x_2} = P_c / 6^{n_1}; \quad P_{x_3} = P_c / 9^{n_1}; \quad P_{x_4} = P_c / 12^{n_1}.$$

V_x ning qabul qilingan qiymatlaridagi izlanayotgan nuqtalarni qurish uchun hajm absissa o'qiga quyiladi va ulardan vertikal liniya o'tkaziladi va ularga yuqorida keltirilgan bosimning qiymati qo'yiladi. Olingan nuqtalar siqish politropining oraliq qiymatlari bo'lib hisoblanadi. Xuddi shunday qilib kengayish politropi oraliq nuqtalari quyidagi tenglamalar $P_x \cdot V_x^{n_2} = P_z \cdot V_z^{n_2}$; $P_x = P_z (V_z / V_x)^{n_2}$ bo'yicha topiladi.

Bu holda hajmning quyidagi qiymatlarini berish tavsiya etiladi:

$$V_{x_1} = 2V_z; \quad V_{x_2} = 4V_z; \quad V_{x_3} = 7V_z; \quad V_{x_4} = 10V_z. \text{ U holda } P_{x_1} = P_z / 2^{n_2};$$

$$P_{x_2} = P_z / 4^{n_2}; \quad P_{x_3} = P_z / 7^{n_2}; \quad P_{x_4} = P_z / 10^{n_2}.$$

Qo'yilgan nuqtalar bo'yicha indikator diagrammasi quriladi.

Haqiqiy indikator diagramma $a c' c'' z'' e' e'' r a$ (sm. ris. 135 Kapyushin, str. 267). Hisobiy indikator diagrammadan farq qilinadi, chunki real dvigatelda yonilg'ini ilgariyatib purkash (c' nuqta) hisobiga ishchi aralashma porshenning YuTN ga kelgunga qadar (f nuqta) o't oladi, uning natijasida siqish jarayoni oxirida (c'' nuqta) bosim oshadi.

Ko'rinib yonish jarayoni o'zgarib boradigan hajmda amalga oshib boradi, shuning uchun $c z' z$ zonasida diagramma aylanasi (skruggyayetsya) kechadi. Chiqarish klapani porshenning PTN ga yetmasidan (ϵ' nuqta) ochiladi, kengayish oxirida bosim kamayadi (ϵ'' nuqta) va diagramma ham aylanasi (skrugenliye) kechadi.

Hisoblangan indikator diagrammaga gaz taqsimlash fazalarining qiymatlari qo'yiladi: kiritish klapanlarining ochila va yopila boshlashi (a' va a'' nuqtalari); chiqarish klapanlarining ochila va yopila boshlash (ϵ' va r' nuqtalari). Diagrammadagi c' , f , ϵ' , a' , r' va a'' nuqtalarining holati tirsakli valning burilish burchagi φ va porshenning siljishi S orasidagi o'zaro bog'liqlik tenglamasi bo'yicha aniqlanadi.

$$S_x = R[(1 - \cos \varphi) + (\lambda_u / 4)(1 - \cos 2\varphi)],$$

bu yerda $R = S / 2$ - krivoship radiusi;

$\lambda_u = R / L_u$ - krivoship radiusining shatun uzunligi L_u ga nisbatini hisobga oluvchi krivoship-shatun mexanizmning doimiyliigi.

Zamonaviy traktor dizellari uchun $\lambda_u = 0,26 \dots 0,28$.

Shunday qilib, dvigatelning haqiqiy indikator diagrammasi olinadi. Undan keyin diagramma maydonini planimetriya qilib, hisoblangan siklning o'rtacha indikator bosimi topiladi

$$P_i = F \cdot \mu_o / l, \text{ MPa,}$$

bu yerda F - indikator diagrammasi;

μ_o - bosim masshtabi;

l - diagrammaning uzunligi, mm .

Bu qiymatlar issiqlik hisobidan olingan P_i' qiymati bilan solishtiriladi. Hisoblangan diagramma bo'yicha topilgan P_i ning qiymati issiqlik hisobi natijasida noaylanasi (neskruglennoy) diagramma uchun olingan P_i' qiymati bilan teng bo'lishi lozim. P_i va P_i' qiymatlarini taqqoslashda diagrammaning qabul qilingan to'liqlik koeffitsientini inobatga olish zarur.

To'rt taktli dizel dvigatelning hisoblangan va haqiqiy indikator diagrammasining ko'rinishi quyidagi 1-rasmda keltirilgan (Kaptyushin, str. 267).

Koordinata o'qi boshidan ixtiyoriy burchak α ostida ($\alpha \approx 15 - 20^\circ$) absissa o'qiga nisbatan OH o'qi o'tkaziladi. Keyin ma'lum β_1 va β_2 burchaklarda ordinata o'qiga nisbatan ON va OK o'qi ikkita o'q o'tkaziladi. Bu burchaklarning tangensi quyidagi ifodalardan topiladi.

$$tg\beta_1 = (1 + tg\alpha)^{n_1} - 1 \quad (\text{siqish uchun})$$

$$tg\beta_2 = (1 + tg\alpha)^{n_2} - 1 \quad (\text{kengayish uchun}).$$

Egri chiziq siqish politropini qurish quyidagicha amalga oshiriladi. Siqish oxirida C nuqtadan absissa o'qiga nisbatan parallel o'q ordi -

nata o'qi bilan kesishguncha o'tkaziladi, kesishgan nuqtadan 45° burchak ostida ON o'qi bilan kesishguncha chiziq tortiladi, bu nuqtadan esa-gorizontall chiziq. Undan keyin C nuqtadan ordinataga parallel chiziq OH yoyi bilan kesishguncha tortiladi, kesishgan nuqtadan 45° burchak ostida vertikal bo'ylab chiziq absissa o'qi bilan kesishguncha o'tkaziladi, bu olingan nuqtadan esa ilgari o'tkazilgan gorizontall chiziq bilan kesishguncha perpendikulyar tanlanadi. Bu ikkala chiziqlarning kesishgan nuqtasi siqish politropining yangi nuqtasini beradi. Xudi shunga o'xshagan holda siqish politropining boshqa nuqtalari ham topiladi.

Kengayish politropi egri chizig'ini qurish ham xuddi shu yo'l bilan siqish politropidagi z nuqtadan amalga oshiriladi.

C' nuqtaning holati yondirish ilgarilatish burchagidan aniqlanadi, C'' nuqtaning holati esa taqriban quyidagi ifodadan topilishi mumkin.

$$P_{C''} = (1,15 \dots 1,25) P_C.$$

Ko'rinib yonish oxiridagi haqiqiy bosim quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$P_{Z'} = 0,85 \cdot P_C.$$

z' nuqtaning holati $C - Z$ chiziqdan (YuTN) o'ng tomonga tirsakli valning $10 - 15^\circ$ burchagiga siljishi kerak.

ϵ'' nuqta odatda a va ϵ nuqtalarning o'rtasida joylashadi.

Undan keyin atmosfera chiziqlari o'tkaziladi, kiritish chizig'i ra va chiqarish chizig'i ϵr .

Chizmadan ko'rinib turibdiki, haqiqiy diagrammaning maydoni ($ac' z' \epsilon' \epsilon''$) hisoblangan maydondan ($a c z b$) maydondan kichik bo'ladi. Bu kamayish diagrammasining to'liqlik koeffitsienti φ_n bilan inobatga olinadi.

Bulardan tashqari haqiqiy sharoitda kiritish va chiqarish jarayonini amalga oshirish uchun ish sarflanadi, qaysikim uning qiymati $a r b$ maydoni bilan o'lchanadi.

II. Dvigatelning dinamik hisobi

2.1. Krivoship-shatun mexanizmning kinematik nisbatlari

Kinematik hisoblashning asosiy vazifasi bo'lib, porshen va shatunning harakatlanish qonunini aniqlashdan iborat.

KShM ga ta'sir ko'rsatuvchi kuch va momentlar uning detallarini, shuningdek, IYoD ning korpus elementlari hamda tayanchlarini mexanik tarzda yuklantirish, tebranish va titrash, shovqin, ishqalanishni keltirib chiqaradi, natijada energiya isrof bo'ladi. KShM ga ta'sir etuvchi kuch va momentlarni mufassal dinamik tahlil qilish IYoD ni yaratish bosqichida ularning mustahkamligi, ko'tarib turuvchi sirtlarining, podshiniklar va tayanch elementlarning ishonchli va uzoq muddat ishlashi shartlaridan kelib chiqib, detallarning o'lchamlarini to'g'ri tanlashga, shuningdek, ishlayotganda tushadigan yuklanishlar hamda titrashni kamaytirish choralarini belgilash va amalga oshirishga, tirsakli val burovchi momenti va aylanish chastotasining noteksiligini kamaytirishga imkon beradi. KShM da kuchlar va ular momentlarining paydo bo'lish hamda o'zgarishining asosiy qonuniyatlarini bilish ishlatish jarayonida yeyilish va uning detallarda yuzaga kelish jarayonini, shuningdek, tuzatish chog'ida mexanizm detallarini almashtirishda amal qilish kerak bo'lgan talablarni, IYoD ning ish sharoiti va rejimi burovchi moment va titrash tarziga, shovqinga, detallarning yeyilishi hamda ishga yaroqliligiga qanday ta'sir ko'rsatishini tushunish imkonini beradi.

Krivoship-shatun mexanizmini kinematik hisoblash

KShM ga ta'sir etuvchi inersiya kuchlarining kattaligi detallarning massasiga va IYoD lari ishlayotganda yuzaga keluvchi ularning tezlanish qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Tezlanishlar esa mexanizm kinematikasi bilan belgilanadi. Quyida 3-rasmda IYoD larida qo'llaniladigan markaziy krivoship-shatun mexanizmining sxemasi tasvirlangan (markaziy-bunda silindr va tirsakli vallarning o'qlari kesishadi).

Hisoblash ishlari asosan shatunning quyidagi kinematik parametrlarini, ya'ni chetlanish burchagi - β , (aylanish) dumalash burchak tezligi - ω_u , tezlanishi j_u va porshenning (ko'chishi) siljishi - S_x , tezligi - W_n , tezlanishi - j_n lari aniqlanadi [2].

Porshenning siljishi (ko'chishi)

Markaziy krivoship-shatun mexanizmining asosiy geometrik o'lchamlari (3-rasmga qarang): L_u - shatunning uzunligi; R - krivoship radiusi; $\lambda_u = R/L_u$ - KShM ning doimiyliigi (o'lchamsiz parametr); S - porshenning to'liq yo'li ($S = 2R$);

φ - krivoshipning burilishi burchagi;

β - shatun o'qining silindr o'qidan chetlanish burchagi.

Porshen ilgari lanma – qaytma harakat qiladi. Uning holati S_x kesmada aniqlanib, quyidagi formula bo'yicha topiladi (3, sm. str. 281). Bu yerda o'zgaruvchan β Nyuton binomi asosida φ orqali ifodalanadi, ya'ni

$$S_x = R[(1 - \cos \varphi) + (\lambda_u / 4)(1 - \cos 2\varphi)]. \quad (2.1)$$

Olingan tenglama tirsakli valning burilish burchagiga bog'liq holda porshenning siljish (ko'chish) tenglamasini ifodalaydi [3].

Porshenning tezligi

Porshenning harakatlanish tezligini porshenning ko'chish tenglamasini vaqt bo'yicha differensiallab aniqlash mumkin

$$W_n = \omega R \left[\sin \varphi + \left(\frac{\lambda}{2} \right) \sin 2\varphi \right], \quad (2.2)$$

bu yerda ω - krivoshipning burchak tezligi, rad/s .

Yuqorida keltirilgan (2.2) formula bo'yicha W_n ning grafigi quriladi.

Yuqorida keltirilgan (2.2) formuladan ko'rinadiki, porshenning tezligi YuTN da ($\varphi = 0$ va $\varphi = 180^\circ$) nolga teng, krivoship 90° va 270° ga burilganda esa porshenning tezligi mos holda bo'ladi. $W_n = R \cdot \omega$ va $W_n = -R \cdot \omega$, ya'ni bu nuqtalarda porshen tezligining absolyut qiymatlari tirsakli val shatun bo'yini o'qining aylanma tezligiga teng bo'ladi.

Porshenning tezlanishi

Porshenning tezlanishi uning tezligining vaqt bo'yicha hosilasi kabi aniqlanadi.

$$j_n = \frac{dW_n}{dt} = (dW_n / d\varphi) \cdot (d\varphi / dt) = R\omega^2 (\cos \varphi + \lambda_u \cos 2\varphi). \quad (2.3)$$

Porshenning siljishi (ko'chishi), tezligi va tezlanishining yuqorida keltirilgan (2.1), (2.2) va (2.3) formulalar bo'yicha hisoblangan grafik ko'rinishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi, ya'ni (rasm 4).

Yuqorida keltirilgan (2.3) formula asosida porshenning tezlanish diagrammasini quramiz.

Porshenning tezlanishi urunma usuli (Tolle usuli) bo'yicha grafik yo'l bilan aniqlanishi mumkin. Tolle usuli quyidagicha: porshen yo'li S ga teng bo'lgan AB kesmada (5-rasmga qarang) A va B nuqtalardan masshtabga mos holda porshenning tezlanish qiymati $j_{\max}$ yuqori tomonga qarab, $j_{\min}$ esa pastki tarafga qarab qo'yiladi. Olingan nuqtalar C va D to'g'ri chiziq bilan tutashtiriladi. E nuqtadan kesishgan joydan pastga qarab, perpendikulyar bo'yicha $3R\omega^2\lambda$ ning qiymati qo'yiladi. Olingan F nuqta topilgan C va D nuqtalar bilan to'g'ri chiziq bilan tutashtiriladi. CF va FD kesmalar teng bo'lakchalarga (qismlarga) bo'linadi, ular mos holda $a - a_1$, $\delta - \delta_1$, $\epsilon - \epsilon_1$ va hokazolar bilan liniyalar o'zaro tutashtiriladi. $a - a_1$, $\delta - \delta_1$, $\epsilon - \epsilon_1$ to'g'ri chiziqlarga urunma egri chizig'ini o'tkazib, porshenning ko'chishiga $j = \mu(S_x)$ bog'liq holda tezlanish diagrammasi olinadi. Tezlanish diagrammasi to'g'ri tuzilganda F_1 va F_2 yuzalar (maydonlar) teng bo'ladi. $j = \mu(S_x)$ bog'liklikni $j = \psi(\varphi)$ ga qayta qurish uchun, eng yaxshisi Briks usulidan foydalanib, ordinatani topilgan porshenning ko'chishiga mos holda j va φ koordinatalariga ko'chirgan ma'qul, ya'ni 5-rasmda ko'rsatilganday qilib.

Porshenning tezlanish tenglamasini tahlil qilish natijasida, quyidagi xulosalarni qilish mumkin:

1. Porshenning maksimal tezlanishi uning $YuTN$ da turganda ($\varphi = 0^0$) bo'ladi.

$$j_{\max} = R\omega^2(1 + \lambda). \quad (2.4)$$

2. Porshenning holati PTN da bo'lganda ($\varphi = 180^0$) maksimal tezlanishi

$$j_{\max} = -R\omega^2(1 - \lambda), \quad (2.5)$$

bo'ladi.

3. Porshenning tezlanish musbat bo'ladi kachonki, porshenning tezligi oshganda va manfiy bo'ladi porshenning tezligi kamayganda.

4. $\lambda > 0,25$ bo'lganda porshenning tezlanish egri chizig'i botiq (vognutuyu) shaklga (egar) va tezlanish maksimumga ikki marta erishadi (PTN ning ikkala tarafi bo'yicha). Agar $\lambda < 0,25$ bo'lsa porshenning tezlanishi qavariq (выпуклая) va tezlanish eng katta manfiy qiymatga faqat bir marta erishadi [5].

Yuqoridagilarni aniqlash uchun $D-144$ dvigatelning kinematik hisoblash misolini keltiramiz [].

Birlamchi ma'lumotlar:

- dvigatel-markaziy krivoship - shatun mexanizimli;
- tirsakli valning nominal aylanish chastotasi - $n_n = 2000 \text{ муи}^{-1}$;
- porshen yo'li - $S = 120 \text{ mm}$;
- krivoship radiusi - $R = 60 \text{ mm}$;
- doimiylik - $\lambda = 0,279$.

Krivoshipning burchak tezligi:

$$\omega = \pi \cdot n_n / 30 = 3,14 \cdot 2000 / 30 = 209,4 \text{ c}^{-1}.$$

Porshenning siljishi S_x , porshenning tezligi W_n , porshennning tezlanishi j_n tirsakli valning 10^0 burilishidagi (2.1), (2.2), (2.3) formulalar orqali hisoblangan qiymatlari 2.1-jadvalda keltirilgan.

Porshenning o'rtacha tezligi

$$W_{n, cp} = S \cdot n_n / 30 = 0,12 \cdot 2000 / 30 = 8 \text{ m/s}.$$

2.1-jadval

$D-144$ dvigatelning kinematik parametrlari

(Nikolayenko A.V. str.175)

φ^0 , tirsakli valning burilishi	S_x , m		W_n , m/s		j_n , m/s ²		φ^0 , tirsakli valning burilishi
	$0...180^0$	$180...360^0$	$0...180^0$	$180...360^0$	$0...180^0$	$180...360^0$	
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3367,5	3367,5	360
10	0,0012	0,0012	2,783	- 2,783	3383,4	3383,4	350
20	0,0046	0,0046	5,429	- 5,429	3036,1	3036,1	340
30	0,0121	0,0121	7,806	- 7,806	2646,6	2646,6	330
40	0,0175	0,0175	9,810	- 9,810	2144,2	2144,2	320
50	0,0264	0,0264	11,359	- 11,359	1562,7	1562,7	310
60	0,0363	0,0363	12,405	- 12,405	947,1	947,1	300
70	0,0464	0,0464	12,940	- 12,940	336,7	336,7	290
80	0,0577	0,0577	12,977	- 12,977	- 234,2	- 234,2	280
90	0,0684	0,0684	12,566	- 12,566	- 736,6	- 736,6	270
100	0,0786	0,0786	11,773	- 11,773	- 1149,7	- 1149,7	260
110	0,0879	0,0879	10,678	- 10,678	- 1465,4	- 1465,4	250
120	0,0963	0,0963	9,359	- 9,359	- 1683,7	- 1683,7	240
130	0,1035	0,1035	7,893	- 7,893	- 1817,9	- 1817,9	230
140	0,1094	0,1094	6,345	- 6,345	- 1886,4	- 1886,4	220
150	0,1141	0,1141	4,760	- 4,760	- 1910,0	- 1910,0	210
160	0,1174	0,1174	3,167	- 3,167	- 1907,4	- 1907,4	200
170	0,1193	0,1193	1,579	- 1,579	- 1899,5	- 1899,5	190
180	0,1200	0,1200	0,000	0,000	- 1894,3	- 1894,3	180

Yuqorida keltirilgan qiymatlar asosida porshenning ko'chishi, tezligi va tezlanish grafigi 4-rasmda keltirilgan grafiklarga o'xshash holda quriladi.

2.2 Krivoship–shatun mexanizmining dinamikasi

Dvigatel ishlashi paytida KShM detallariga gazlar bosimi, mexanizmning harakatlanuvchi massalarining inersiya kuchi, ishqalanish kuchi va foydali qarshilik kuchlari ta'sir etadi. Ammo mazkur ishda KShM dinamikasini o'rtanishda odatda faqat gaz va inersiya kuchlari qarab chiqiladi. Ishqalanish kuchlari hamda foydali qarshilik kuchlari esa hisobga olinmaydi, chunki ular nisbatan juda kichik.

KShM ning harakatlanuvchi massalarining inersiya kuchi ilgarilanma-qaytma harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchiga va ilgarilanma harakatlanuvchi massalarning inersiya kuchiga bo'linadi. Bu kuchlarni tahlil qilish divgatel detallarini mustahkamlikka (prochnost) hisoblash uchun, shuningdek, podshipniklarga tushadigan yuklarni aniqlash va boshqalar uchun zarur.

Gazlarning bosim kuchlari

Dvigatel silindri ichida yonilg'ining yonishi natijasida gazlar paydo bo'lib, ularni porshen, devorlar va silindrlar kallagi qabul qiladi. Bosim ta'siri ostida gazlarning bosim kuchlari paydo bo'ladi. Ularni soddalashtirish uchun silindr o'qi bo'yicha yo'naltirilgan va porshen barmog'ining o'qiga qo'yilgan bitta kuch bilan almashtiriladi. Gazlarning bosim kuchi P_r^p (6-rasm, a) porshenga ta'sir etadi va silindrning o'qi bo'ylab yo'naltirilgan bo'lib, tirsakli valga beriladi va undan - dvigatelning karteriga. Boshqa kuch $P_r^{p'}$ esa silindrning kallagiga ta'sir etadi va qiymati bo'yicha P_r^p ning qiymatiga teng bo'lib, qarama - qarshi tomonga yo'nalgan va silindrlar kallagini mahkamlash shpilkalari orqali dvigatel karteriga uzatiladi. Shunday qilib, bu kuchlar o'zaro tenglashtiriladi (urovnovesivayutsya) va dvigatellarning tayanchlariga ta'sir etmaydi.

Tirsakli valning har bir burilish burchagida ($P_y = f / \varphi^0$ tirsakli valning burilish burchagida) gazlarning bosim kuchlari indikator diagrammasidan foydalangan holda aniqlanadi. Indikator diagrammasi qurilgandan keyin uning pastki qismiga krivoship radiusi R ga teng bo'lgan yarim aylana quriladi. Bu yarim aylananing markazidan diagrammaning o'ng tomonidan masshtabda $\frac{R\lambda}{2}$ ga teng bo'lgan kesim - Briks tuzatmasi qo'yiladi. Hosil bo'lgan yarim aylana yangi markazdan teng bo'lgan burchaklarga bo'linadi (masalan, tirsakli valning har 30^0 burilish burchagida). Yarim aylananing yoy bilan indikator diagrammasining gorizont o'qida (absissa o'qida) kesishgan nuqtasining proyeksiyasi tirsakli valning aynan α burilish burchagiga mos keluvchi porshenning holatini belgilaydi. Agar proyeksiyalanayotgan nur indikator diagrammasi konturi bilan kesishguncha davom ettirilsa, u holda absissa o'qi va indikator diagrammasining liniyasi bilan o'zaro tutushgan kesma (masalan, absissa o'qi va tirsakli valning $0^0, 30^0, 60^0...180^0$ burilishi burchagidagi so'rish liniyasi) indikator diagrammasida masshtabda tirsakli valning α burilish burchagiga mos keluvchi dvigatel silindridagi gazlar bosimining absolyut qiymatini ifodalaydi.

Hisob ishlarini qulaylashtirish va ko'rgazmaliligini kattalashtirish uchun indikator diagrammasini yoyilgan holda tirsakli valning burilish burchagi funksiyasi ko'rinishida ifodalaymiz: $P = f(\varphi)$. Bunday diagramma 7-rasmda ko'rsatilgan.

Porshen yuzasining maydonini F_n bilgan holda porshenga ta'sir etuvchi kuchlarning normal kuchini tirsakli valning 0^0 dan 720^0 burilish burchagi (har 30^0 intervalda) uchun quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin.

$$P_r = F_n (P_r - P_o), \quad (2.6)$$

bu yerda $F_n = \pi D^2 / 4$ - porshen yuzasining maydoni, m^2 ;

P_r - berilgan vaqt momentida indikator diagrammasidan aniqlanadigan porshenga ta'sir etuvchi gazlarning bosimi, P_a ;

P_o - porshen tagidagi bosim, ya'ni dvigatel karteridagi,

P_a . (Yoki P_o - atrof muhit bosimi, P_a)

Hisoblanib topilgan kuch P_r porshen barmog'i o'qiga qo'yiladi va tashkil etuvchilarga ajratish mumkin (6-rasm *a* ga qarang): P_κ , shatun o'qi bo'yicha yo'nalgan va shatun sterjenini siquvchi yoki cho'zuvchi ($P_\kappa = P_r \cos \beta$), va P_N , silindr o'qiga perpendikulyar, qaysiki porshenni silindr yuzasiga siquvchi ($P_N = P_r \sin \beta$).

Gazlarning bosim kuchlari musbat hisoblanadi qachonki, u tirsakli valning o'qiga yo'nalgan bo'lsa va manfiy bo'ladi qachonki, kuch dvigatel tirsakli valining o'qidan yo'nalgan bo'lsa. Porshenga ta'sir etuvchi gazlar bosim kuchlarining P_r maksimal qiymati odatda YuTN da hisoblanadi.

In y e r s i y a k u c h l a r i

Krivoship - shatun mexanizmning barcha harakatlanadigan detallarini harakatlanish xarakteri bo'yicha uchta guruhga bo'lish mumkin:

Krivoship shatun mexanizmida **ilgarilanma** (postupatelnoye) harakatini porshen komplekti (porshen, barmoq, halqalar, shatunning yuqori kallagi) amalga oshiradi, **aylanma** - tirsakli val krivoshipi va shatunning pastki kallagi, **murakkab tekisparallel** - shatunning sterjeni. Bu detallarning massasi harakatlanishi natijasida inersiya kuchini paydo etadi, bu o'z navbatida qo'shimcha yuklanish paydo etadi va ularni hisob ishlarida e'tiborga olish zarur.

Yuqoridagildardan ko'rinib turibdiki, krivoship-shatun mexanizmga ta'sir etuvchi inersiya kuchlarini aniqlash uchun harakatlanadigan detallarning massasini bilish zarur.

Dinamik hisoblashni soddalashtirish uchun harakatlanadigan detallarning haqiqiy massasi o'zining ta'siri bo'yicha real mavjud bo'lgan massaning ekvivalenti bo'lgan shartli massalar sistemasi bilan almashtiriladi. Bu jarayon massalarni keltirish (privedeniya mass) deb nomlanadi.

Shuning uchun ham shatunnining massasi ikkita massa bilan almashtiriladi:

- porshen komplekti massasi m_n , shartli ravishda u porshen barmog'i o'qida *S* nuqtaga qo'yiladi (6-rasm, *a*). Shu yerda shatun massasining bir qismi $m_{u,n}$ (to'plangan) jamlashgan (sosredotochena) bo'lib, uning og'irligi (0,2...0,3) m_u deb qabul qilinadi, ya'ni $m_{u,n} = (0,2...0,3) m_u$.

Shatun bo'yining o'qiga *A* nuqtada (6-rasm, *a*) shatunning pastki qismining massasi joylashgan $m_{u,\kappa} = (0,7...0,8) m_u$, shatun bo'yining massasi $m_{u,u}$ va krivoship ikki uyekasi o'rta qismining massasi $m_{u,l}$ larning og'irlik massalari ρ radiusda joylashgan (6-rasm, *a* ga qarang).

O'zak bo'yin o'qida *O* nuqtada o'zak bo'yinning massasi m_o va uyeka massasining bir qismi joylashgan; ular aylanish o'qiga nisbatan simmetrik joylashgan, shuning uchun muvozanlashtirilgan bo'lib hisoblanadi va hisoblash davrida hisobga olinmaydi (6-rasm, *a*).

Ilgarilanma-qaytma harakatlanadigan massalarning inersiya kuchi quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$P_j = -m_1 \cdot j_n, \quad (2.7)$$

bu yerda m_1 - *KShM* ning ilgarilanma haraklanuvchi elementlarining yig'ma massasi kg.

$$m_1 = m_n + (0,2...0,3) m_u;$$

bundan m_n - porshenning barmoq, halqalar bilan birgalikdagi massasi, *kg*;

m_u - shatunning massasi, *kg*;

j_n - porshenning tezlanishi, m/s^2 .

Muvozanatlanmagan aylanuvchi massalarning inersiya kuchi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$P_s = -m_s \cdot R \cdot \omega^2, \quad (2.8)$$

bu yerda $m_s = m_\kappa + (0,7...0,8) m_u$ - muvozanatlanmagan aylanuvchi qismlarning massasi;

$$m_\kappa = m_{u.u} + 2m_{u\kappa} \cdot \rho / R;$$

bu yerda $m_{u.u}$ - shatun bo'yinining massasi;

$m_{u\kappa}$ - uyeka massasi;

ρ - uyekaning og'irlik markazigacha bo'lgan radiusi.

Yuqorida keltirilgan m_n , m_u , m_κ larning massalari bo'yicha qiymatlari prototiv dvigateli ma'lumotlari bo'yicha qabul qilinadi, torozida tortib o'lchanib olinadi va boshqa usullarda aniqlanadi.

Yuqorida keltirilgan (2.7) formulaga tezlanish j_n qiymatini (2.3) formula bilan aniqlangan) qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$P_j = -m_j \cdot R \cdot \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi). \quad (2.9)$$

Bunda inersiya kuchi P_j ni tahlil qilishni soddalashtirish uchun ikkita kuchga ajratish mumkin:

- birinchi tartibli inersiya kuchi

$$P_{j_1} = -m_j \cdot R \cdot \omega^2 \cos \varphi; \quad (2.10)$$

- ikkinchi tartibli inersiya kuchi

$$P_{j_2} = -m_j \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \lambda \cos 2\varphi \quad (2.11)$$

P_{j_1} kuchi kosinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradi, P_{j_2} esa - ikki burchakli kosinus qonuni bo'yicha (po zakonu kosinusa dvoynogo ugla). P_{j_1} ning o'zgarish davri tirsakli valning bir aylanashini (360° t.v.b.b.-tirsakli valning burilish burchagi) tashkil etadi, P_{j_2} esa-yarim aylanani (180° t.v.b.b.).

Ikkinchi tartibli inersiya kuchining P_{j_2} absolyut qiymati birinchi tartibli inersiya kuchidan 3,5...4,5 marta kichik, chunki tenglama (2,11) ga $\lambda = 1/3,5...1/4,5$ kiradi.

Yuqorida keltirilgan (2,7)...(2,11) tenglamalardagi “-” belgisi ko'rsatadiki, inersiya kuchining ta'siri tezlanish ta'sirining yo'nalishiga qarama-qarshi.

Inersiya kuchi P_j silindr o'qi bo'ylab gazlarning bosim kuchi P_r^p kabi ta'sir qiladi, agar u tirsakli val o'qiga yo'nalgan bo'lsa musbat, va manfiy buladi agar o'qdan bo'lsa.

Markazdan qochma inersiya kuchi P_s har doim qiymati bo'yicha o'zgarmas (chunki $\omega = const$), krivoship radiusi bo'ylab ta'sir etadi, har doim manfiy, chunki tirsakli val o'qidan yo'nalgan bo'ladi.

Markaziy KShMga ta'sir etuvchi yig'ma kuchlar

Krivoship-shatun mexanizmiga ta'sir etuvchi yuklanishlar haqida to'liq ta'surotga ega bo'lishga dvigatelning ishlash jarayonida paydo bo'ladigan yig'ma kuch va momentlarni qarash natijasida erishish mumkin.

Porshenga ta'sir etuvchi (jami) yig'ma kuch P_{Σ} quyidagi formula yordamida, ya'ni gazlarning bosim kuchi P_r va inersiya kuchi P_j larni qo'shish yo'li bilan aniqlanadi. Bu ikki kuchni qo'shib silindr o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi yig'ma kuchni olamiz:

$$P_{\Sigma} = P_r + P_j.$$

Bu kuch porshen barmog'ining o'qiga S nuqtaga qo'yilgan (6-rasm, b).

Kuchlarning yig'indisi P_{Σ} ni quyidagi tashkil etuvchilarga ajratish mumkin:

-silindr o'qiga perpendikulyar bo'lgan normal kuch N .

$$N = P_{\Sigma} \cdot \operatorname{tg} \beta;$$

-shatun o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi kuch K .

$$K = P_{\Sigma} / \cos \beta.$$

Porshen barmog'i orqali porshenga sharnirli biriktirilgan shatun faqat o'zining o'qi bo'ylab yo'nalgan kuchlarni (siquvchi yoki cho'zuvchi kuchlarni) qabul qila oladi. K kuchi shatun bo'ylab ta'sir etadi va tirsakli valning shatun bo'yniga uzatiladi. Shatunning krivoship bilan sharnirli birikkan joyining A nuqtasida (6-rasm, b) K^I kuch quyidagi tashkil etuvchilarga ajratiladi:

-krivoship radiusi bo'yicha tirsakli val o'qiga yo'nalgan normal Z kuch;

-krivoship aylanasi radiusiga urinma bo'ylab ta'sir etuvchi tangensial T kuch.

Ular quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

normal kuch

$$Z = P_{\Sigma} \cos(\varphi + \beta) / \cos \beta;$$

tangensial kuch

$$T = P_{\Sigma} \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta.$$

Z kuchi **markazga intiluvchi** (sentrostremitelnoy) kuch deb nomlanadi, chunki u har doim tirsakli valning markaziga yo'nalgan va podshipniklarni yuklaydi.

T kuchi krivoship radiusiga perpendikulyar ta'sir etib, dvigatelning burovchi momentini paydo qiladi.

$$M_{o,u} = T \cdot R.$$

Agar o'zak bo'yinning O markaziga radial kuch Z o'tkazilsa (Z' kuch) va unga T kuchining qiymatiga teng va paralell bo'lgan o'zaro muvozanatlashgan T^I va T^{II} kuchlar qo'shilsa natijada tirsakli valni aylantiruvchi T va T^{II} juft kuchlarni olamiz. Bu juftlarning momenti dvigatelning **aylanuvchi** (burovchi) momenti deyiladi. Agar T^{II} va Z' kuchlarni qo'shsak, K kuchiga qiymati bo'yicha teng ta'sir etuvchi K^{II} ni olamiz. Teng ta'sir etuvchini N' va P' tashkil etuvchilarga ajratamiz. N' va N kuchlari juft kuchni tashkil etib (obrazuyet paru), u moment **ag'daruvchi** (to'ntaruvchi) **moment** M_{onp} deb nomlanadi. Bu moment dvigatelning karteriga qo'yilgan bo'lib, qiymati doimo burovchi momentga teng, ammo unga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.

$$M_{onp} = -N \cdot H = -P_E \cdot H \operatorname{tg} \beta = T \cdot R = -M_{o,u},$$

bu yerda N - o'zak bo'yini va porshen barmog'i o'qlari orasidagi masofa.

Ag'daruvchi momentni dvigatelning ramasi qabul qiladi va vibrasiyani chaqiradi.

Yuqorida keltirilgan barcha hisob ishlari natijalar bo'yicha tirsakli val krivoshipining burilish burchagiga bog'liq holda P_{Σ} , N , K , T va Z yig'ma kuchlarning yoyilgan o'zgarish diagrammasi chiziladi (8-rasmga qarang).

Olingan ma'lumotlar $KShM$ detallarini mustahkamlikka hisoblash va boshqa hisoblashlarda ishlatiladi.

Kurs ishini bajarishda porshenning siljishi bo'yicha inersiya kuchini grafik ravishda tuzish tavsiya etiladi. Grafikni qurish tezlanish grafigini tuzish grafigidan hеч bir farq qilmaydi (9-rasmga qarang).

Ushbu ishning ilova qismidagi 1-4 jadvallarda porshen kinematikasining parametrlarini aniqlash va mexanizmi krivoshipning burilish burchagiga bog'liq ravishda dinamik taxlil qilish uchun zarur bo'lgan trigonometrik funksiyalar berilgan. Ilova jadvallarini S.Kodirov kitobining 515-518 betlaridagi jadvallardan olamiz.

Yuqorida keltirilgan formulalar asosida D-144 dizelinining krivoship-shatun mexanizmi ta'sir etuvchi kuchlarning hisobini **misol** tariqasida keltiramiz[2].

Indikator diagrammasidan aniqlanadigan ortiqcha bosimning (izbytochnoye davleniye) $P_{r,u}$ qiymati quyidagi 5-jadvalda keltirilgan; krivoshipning burchak tezlanishi $R\omega^2 = 2630,9 \text{ c}^{-1}$; krivoshipning burchak tezligi $\omega = 209,4 \text{ c}^{-1}$; krivoship shatun mexanizmining doimiyligi $\lambda = 0,279$; krivoship-shatun mexanizmi detallarining keltirilgan (privedennyye massa) massasi (protip asosida olingan): $m_{\kappa} = 2,463 \text{ kg}$; $m_n = 1,526 \text{ kg}$; $m_{u,n} = 0,8 \text{ kg}$; $m_{u,\kappa} = 1,68 \text{ kg}$; $m_j = m_n + m_{u,n} = 1,526 + 0,8 = 2,326 \text{ kg}$; $m_s = m_R + m_{u,\kappa} = 2,436 + 1,68 = 4,166 \text{ kg}$; porshen yuzasining maydoni

$$F_n = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 0,105^2 = 0,00866 \text{ m}^2.$$

Indikator diagrammasini (-rasm) tahlil qilish ko'rsatadiki, silindr ichiga yonilg'ini purkash tirsakli valning burilish burchagi $\varphi = 360^\circ$ bo'lganda amalga oshirilayapti va keyinchalik kengayish amalga oshirilib tirsakli valning burilishi burchagi (t.v.b.b.) $\varphi = 540^\circ$ gacha davom etadi.

To'rt taktli 6 silindrli dizelning issiqlik

Birlamchi ma'lumotlar

1. Dvigatelning tipi-to'rt taktli, olti silindrli, V – simon, bir kamerali traktor dizeli, turbokompressorli.
Havoni puflash bosimi $P_{\kappa} = 0,17 \text{ MPa}$;
2. Dizelning nominal quvvati - $N_{\text{eh}} = 160 \text{ kVt}$;
3. Nominal aylanish chastotasi - $n_h = 2100 \text{ min}^{-1}$;
4. Siqish darajasi - $\varepsilon = 18$;
5. Taktlilik koeffitsiyenti - $\tau_{\text{os}} = 4$;
6. Havoning ortiqlik koeffitsenti - $\alpha = 1,7$;
7. Dizel yonilg'isi “^” (GOST 305-82);
8. Yonilg'ining quyi solishtirma yonish issiqligi - $Q_h = 42500 \text{ kDj/kg}$;
9. Yonilg'ining o'rtacha elementar tarkibi: S = 85,7%; N = 13,3%, O = 1%. Hisoblash ishlari 1 kg yonilg'ining yonishi sharoiti uchun bajariladi.

Ishchi jismning parametrlari. 1kg yonilg'ining yonishi uchun nazariy jihatdan zarur bo'lgan havoning miqdori:

$$\ell_o = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8 \cdot H - O \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} 0,857 + 8 \cdot 0,133 - 0,01 \right) = 14,5 \text{ kg}$$

yoki

$$L_o = \ell_o / \mu_b = 14,5 / 28,96 = 0,5 \text{ кмоль}$$

Yangi zaryadning miqdori (soni):

$$M_1 = \alpha \cdot L_o = 1,7 \cdot 0,5 = 0,85 \text{ кмоль}$$

Yonuvchi mahsulotlarning umumiy miqdori (soni):

$$M_2 = \alpha \cdot L_o + H/4 + 0/32 = 1,7 \cdot 0,5 + 0,133/4 + 0,01/32 = 0,8835 \text{ кмоль}$$

Yonuvchi aralashmaning molekulyar o'zgarish ximik koeffitsiyenti:

$$\beta_o = M_2 / M_1 = 0,8835 / 0,85 = 1,04$$

Atrof muhit va qoldiq gazlar parametrlari. Atmosfera sharoitlarini quyidagicha qabul qilamiz: $P_o = 0,1 \text{ МПа}$; $T_o = 288 \text{ K}$. Haydalanayotgan havoning bosimi $P_k = 0,17 \text{ МПа}$.

Kompressorda havoning siqilish politrop ko'rsatkichini $n_k = 1,65$ deb qabul qilamiz. U holda kompressor orqasidagi havoning temperaturasi (haydalanayotgan havoning temperaturasi):

$$T_k = T_o (P_k / P_o)^{(n_k - 1)/n} = 288(0,17 / 0,1)^{(1,65 - 1)/1,65} = 354 \text{ K}.$$

Qoldiq gazlar bosimi va temperaturasi:

$$P_r = 0,8 \cdot P_k = 0,8 \cdot 0,17 = 0,136 \text{ МПа}$$

$$T_r = 800 \text{ K} \text{ deb qabul qilamiz.}$$

Kiritish jarayoni. Yangi zaryadning isish (qizish) temperaturasi $\Delta T = 10^\circ \text{ C}$ deb qabul qilamiz. Kiritishda zaryadning zichligi:

$$\rho_k = \rho_o \cdot 10^6 / (R_b \cdot T_k) = 0,17 \cdot 10^6 / (287 \cdot 354) = 1,67 \text{ кг / м}^3$$

$(\beta^2 + \xi_{en}) = 3,3$ deb va $\omega_{en} = 90 \text{ м / с}$ deb qabul qilamiz. U holda bosimning dvigatelga kirishidagi yo'qotilishi:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{en}) \omega_{en}^2 \cdot \rho_k \cdot 10^{-6} / 2 = 3,3 + 90^2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-6} / 2 = 0,0222 \text{ МПа}$$

Kiritish oxiridagi bosim:

$$P_a = P_k - \Delta P_a = 0,17 - 0,0222 = 0,148 \text{ МПа}$$

Qoldiq gazlar koeffitsiyenti:

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{354 + 15}{800} \cdot \frac{0,136}{18 \cdot 0,148 - 0,136} = 0,0216$$

Kiritish oxiridagi temperatura:

$$T_a = (T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r)(1 + \gamma_r) = (354 + 10 + 0,0246 \cdot 800) / (1 + 0,0246) = 393 \text{ K}$$

To'ldirish koeffitsiyenti:

$$\eta_v = T_k (\varepsilon \cdot P_a - P_r) / [(T_k + \Delta T)(\varepsilon - 1) \cdot P_k] = 354(18 \cdot 0,148 - 0,136) / [(354 + 10)(18 - 1) \cdot 0,17] = 0,855$$

Siqish jarayoni. Siqish politropi ko'rsatkichini $n_1 = 1,35$ deb qabul qilamiz.

Siqish oxiridagi bosim:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,148 \cdot 18^{1,35} = 1080 K$$

Siqish oxiridagi bosim:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} = 393 \cdot 18^{1,35-1} = 1080 K$$

Zaryadning (havoning) o'rtacha molyar issiqlik sig'imi siqish jarayonining oxirida quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu c_{v_c} = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot T_c = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot 1080 = 22,04 \text{ кДж/(кмоль.град).}$$

Qoldiq gazlardagi mollar soni:

$$M_r = \alpha \cdot \gamma_r \cdot L_o = 1,7 \cdot 0,0246 \cdot 0,5 = 0,021 \text{ кмоль}$$

Siqish takti oxirida yonish boshlanishigacha qadar gazlarning mollari soni:

$$M_c = M_1 + M_r = 0,85 + 0,021 = 0,871 \text{ кмоль}$$

Yonish jarayoni. O'rtacha molyar issiqlik sig'imi:

$$\mu c_{p_z} = (20,2 + \frac{0,92}{1,7}) + (15,5 + \frac{13,8}{1,7}) 10^{-4} - T_z + 8,314 = 29,05 + 0,00236 \cdot T_z, \text{ (kmol. grad)}$$

Yongandan keyin gazdagi mollarning soni:

$$M_z = M_2 + M_r = 0,8835 + 0,021 = 0,904 \text{ кмоль}$$

Ishchi aralashmaning molekulyar o'zgarish hisobiy koeffitsiyenti:

$$\beta_z = M_z / M_c = 0,904 / 0,871 = 1,036$$

Issiqlikdan foydalanish koeffitsientini $\xi = 0,85$ deb qabul qilamiz. U holda cz/z uchastkada 1 kg yonilg'ining yonishda (rasm 135. str. 267 kapyushin) gaz bilan uzatiladigan issiqlik miqdori:

$$Q = \xi \cdot Q_H = 0,85 \cdot 42500 = 36100 \text{ кДж/кг.}$$

Bosimning oshish darajasini $\lambda = 1,6$ deb qabul qilamiz.

Yonish oxiridagi temperatura:

$$\begin{aligned} \beta \mu c_{p_z} T_z &= \frac{\xi \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_o (1 + \gamma_r)} + T_c (\mu c_{v_c} + 8,314 \cdot \lambda) = 1,036 (29,06 + 0,00236 T_z) T_z = \\ &= \frac{42500 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 1,7 (1 + 0,0246)} + 1080 (22,04 + 8,314 \cdot 1,6) \end{aligned}$$

Tenglamani T_z ga nisbatan yechamiz va $T_z = 2245 K$ ekanligini topamiz.

Yonish oxiridagi bosim:

$$P_z = P_c \cdot \lambda = 7,4 \cdot 1,6 = 11,8 \text{ МПа}$$

Taxmini (predvoritelnyy) kengayish darajasi:

$$\rho = (\beta_z \cdot T_z) / (\lambda \cdot T_c) = (1,04 \cdot 2245) / (1,6 \cdot 1080) = 1,35$$

Kengayish jarayoni. Keyingi kengayish darajasi:

$$\delta = \varepsilon / \rho = 18 / 1,35 = 13,35$$

Kengayish jarayonining oxirida bosim P_δ va temperatura T_δ ning ($n_2 = 1,25$ deb qabul qilinganda) qiymatlari:

$$P_\delta = P_z / \delta^{n_2} = 11,8 / 13,35^{1,25} = 0,46 \text{ MPa},$$

$$T_\delta = T_z / \delta^{n_2-1} = 2245 / 13,35^{1,25-1} = 1175 \text{ K}$$

Avval qabul qilingan qoldiq gazlar temperaturasi ($T_r = 800 \text{ K}$) to'g'riligini tekshiramiz.

$$T_r = T_\delta / \sqrt[3]{P_\delta / P_r} = 1175 / \sqrt[3]{0,46 / 0,136} = 783 \text{ K}$$

$$\Delta = 100(800 - 783) / 800 = 2,13\% \text{ (ruxsat etilgan qiymat } \Delta = 5\%)$$

Dvigatel ishchi siklining indikator parametrlari. Indikator diagrammada siklining o'rtacha indikator bosimi:

$$\begin{aligned} P'_i &= P_c / (\varepsilon - 1) \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = \\ &= 7,4 / (18 - 1) \left[1,6(1,35 - 1) + \frac{1,6 \cdot 1,35}{1,25 - 1} \left(1 - \frac{1}{13,35^{1,25-1}} \right) - \frac{1}{1,35 - 1} \left(1 - \frac{1}{18^{1,35-1}} \right) \right] = 1,26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Indikator diagrammasining to'liqlik koeffitsiyentini $\nu = 0,95$ deb qabul qilamiz.

Indikator diagramma uchun siklining o'rtacha indikator bosimi:

$$P_i = P'_i \cdot \nu = 1,26 \cdot 0,95 = 1,19 \text{ MPa}$$

Indikator FIK:

$$\eta_i = P_i \alpha L_o / (Q_H \cdot \rho_k \cdot \eta_v) = 1,19 \cdot 1,7 \cdot 14,5 / (42,5 \cdot 1,67 \cdot 0,855) = 0,485$$

Indikator solishtirma yonilg'i sarfi:

$$q_i = 3,6 \cdot 10^3 / (Q_H \cdot \eta_i) = 3,6 \cdot 10^3 / (42,5 \cdot 0,485) = 175 \text{ g/(kВт.сoар)}$$

Dvigatelning effektiv (samarali) ko'rsatkichlari. Porshenning o'rtacha tezligini taxminan $W_{n.cp} = 8,05 \text{ m/c}$ deb qabul qilamiz. U holda mexanik yo'qolishlarning o'rtacha bosimi:

$$P_m = a + b W_{n.cp} = 0,105 + 0,012 \cdot 8,05 = 0,2015 \text{ MPa}$$

O'rtacha effektiv bosim:

$$P_e = P_i - P_m = 1,19 - 0,2015 = 0,9885 \text{ MPa}$$

Mexanik FIK:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,485 \cdot 0,833 = 0,403$$

Samarali solishtirma yonilg'i sarfi:

$$q_e = 3,6 \cdot 10^3 / (Q_H \cdot \eta_e) = 3,6 \cdot 10^3 / (42,5 \cdot 0,403) = 210 \text{ г/(кВт.ч)} \cdot \text{coat}$$

Silindrning asosiy o'lchamlari va dvigatelning solishtirma parametrlari.

Dvigatelning litraji:

$$V_n = 30 \tau_{\text{ДВ}} N_e / (P_e \cdot n) = 30 \cdot 4 \cdot 160 / (0,9885 \cdot 2100) = 9,25 \text{ л}$$

Silindrning ishchi hajmi:

$$V_g = V_n / i = 9,25 / 6 = 1,54 \text{ л}$$

$\rho = S / D = 0,885$ deb qabul qilamiz. U holda silindrning diametri:

$$D = 100 \sqrt[3]{4 \cdot V_g / (\pi \cdot \rho)} = 10 \sqrt[3]{4 \cdot 1,54 / (3,14 \cdot 0,885)} = 130 \text{ мм}$$

Porshen yo'li:

$$S = D \cdot \rho = 130 \cdot 0,885 = 115 \text{ мм}$$

Porshen yuzasining maydoni:

$$F_n = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 130^2 / 4 = 13260 \text{ мм}^2 = 132,6 \text{ см}^2$$

Porshenning o'rtacha tezligi:

$$W_{n, \text{cp}} = S \cdot n / (3 \cdot 10^{-4}) = 115 \cdot 2100 / (3 \cdot 10^4) = 8,05 \text{ м/с}$$

Samarali burovchi moment:

$$M_e = 9550 \cdot N_e / n = 9550 \cdot 160 / 2100 = 735 \text{ Н.м.}$$

Yonilg'ining soatlik sarfi:

$$\zeta_m = N_e \cdot q_e = 160 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 33,6 \text{ кг/coat}$$

Litr quvvati:

$$N_{\wedge} = N_e / V_{\wedge} = 160 / 9,25 = 17,3 \text{ кВт/л}$$

Solishtirma porshen quvvati:

$$N_n = N_e \cdot 4 / (i \cdot \pi \cdot D^2) = 160 \cdot 4 / (6 \cdot 3,14 \cdot 1,3^2) = 20,1 \text{ кВт/дм}^2$$

Agar dvigatelning quruq massasini SMD-62 dizeli protipi bo'yicha $\zeta_{cyx} = 930 \text{ кг}$ deb qabul qilsak, u holda litrdagi massasi

$$q_{\wedge} = \zeta_{\text{cux}} / (v_g \cdot i) = 930 / (1,54 \cdot 6) = 101 \text{ кг/л}$$

va solishtirma massa

$$q_N = \zeta_{\text{cux}} / N_{\text{eh}} = 930 / 160 = 5,8 \text{ kg/kVt.}$$

ADABIYOTLAR

1. Skotnikov V.A. i dr. Osnovy teorii i raschyota traktora i avtomobilya / V.A.Skotnikov, A.A. Maцyenskiy, A.S. Solonskiy. Pod red. V.A.Skotnikova. – M.: Agropromizdat, 1986. – 383 s.
2. Nikolayenko A.V. Teoriya, konstruksiya i raschyot avtotraktorных dvigateley. – M.: Kolos, 1984. – 335 s.
3. Gurevich A.M., Sorokin Ye.M. Traktor va avtomobillar – T.: O'qituvchi, 1980. – 472 b.
4. Qodirov S. M., Nikitin S. Ye. Avtomobil va traktor dvigatellari. – T.: O'qituvchi, 1992. – 520 b.
5. Kaptyushin G.K., Bajenov S.P. Konstruksiya, osnova teorii, raschyot i ispytaniye traktorov. – M.: Agropromizdat, 1990. – 511 s.

