

# THEORY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

## Topic 10: Operational indicators of ICE.

### 10-Mavzu: Dvigatelning ish ko'rsatkichlari.

#### Reja:

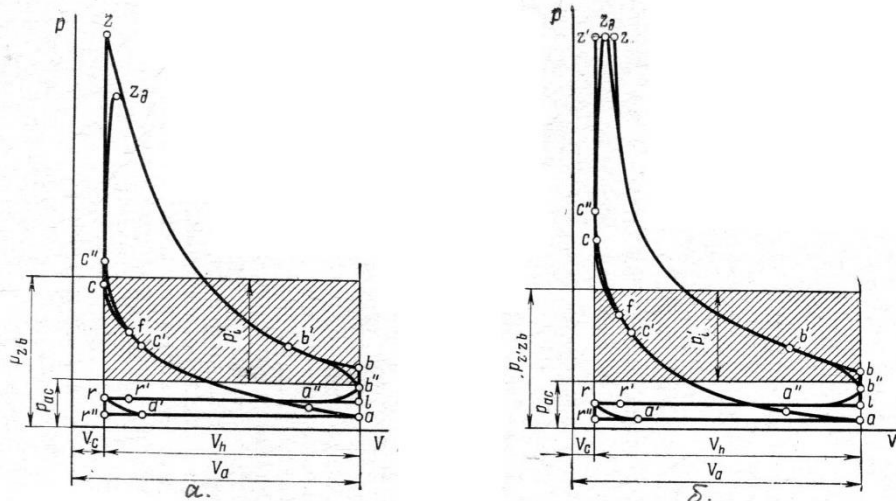
1. O`rtacha indikator bosim.
2. O`rtacha indikator bosimini analitik hisoblash
3. Indikator quvvat, solishtirma yonilg`i sarfi va foydali ish koeffitsienti
4. Indikator solishtirma yonilg`i sarfi.

#### 1. O`rtacha indikator bosim.

Dvigatel ishchi siklining indikator ko'rsatkichlariga o`rtacha indikator bosim ( $R_i$ ), indikator quvvat ( $N_i$ ), indikator solishtirma yonilg`i sarfi ( $g_i$ ) va indikator foydali ish koeffitsienti ( $\eta_i$ ) kiradi.

Ishchi sikl davomida silindr ichidagi gazlar bosimining silindrning hajmi bo`yicha o`zgarishi karbyuratorli va dizel dvigatellar uchun 17.2-rasmda keltirilgan.

Bu diagrammani indikator diagramma deyiladi. Bu diagrammani bosim indikatorlari deb ataluvchi maxsus asboblard yordamida olinadi yoki hisoblashlar natijalariga ko`ra Brauer usuli bilan chiziladi [1].



1-rasm. Indikator diagrammalar (o`rtacha indikator bosimni aniqlash uchun): (a)- karbyuratorli dvigatel uchun; (b)- dizel dvigateli uchun.

Haqiqiy indikator diagramma hisoblab chiqilganidan (S), (Z'), (Z) va (b) nuqtalarda qayrilishlarning paydo bo`lishi bilan farq qiladi.

Dvigatelda uchqunni yoki yoqilg`ini erta berilishi natijasida porsheng` Yu.CH.N. ga kelmasdan yonishni boshlanishi, indikator diagrammaning (S) nuqtasida, yonishni bir vaqtda o`tmasdan cho`zilishi (Z') va (Z) nuqtalarida va chiqarish klapanini P.CH.N. ga nisbatan erta ochilishi (b) nuqtada "qayrilish"larning paydo bo`lishiga sabab bo`ladi. Bu qayrilishlar hisoblab chikilgan diagrammaning

foydali yuzasini va o'rtacha indikator bosim qiymatini kamayishiga olib keladi. Haqiqiy o'rtacha bosimning qiymatini aniqlashda bu qayrilishlar alohida koeffitsient bilan hisobga olinadi [1].

Yuqorida keltirilgan indikator diagrammadan (8.2-rasm) ko'rinib turibdiki, dvigatelning ishchi sikli davomida silindrdagi gazlarning haqiqiy indikator bosimi uzluksiz o'zgarib turadi.

Hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida o'zgaruvchan nazariy indikator bosimini o'zgarmas nazariy indikator ( $R'_i$ ) bosim bilan almashtiriladi.

O'zgarmas nazariy indikator ( $R'_i$ ) bosimning porshenga bir takt davomida tahsir qilib bajargan ishi ( $L'_i$ ), haqiqiy o'zgaruvchan indikator bosimning bir sikl davomida bajargan ishiga teng bo'ladi [1]:

$$L'_i = \lambda_i \cdot F \cdot S \quad \text{yoki} \quad L'_i = L_{z'z} + L_{zb} - L_{ac}$$

bu yerda  $F$ -porshen yuzasi,  $S$ -porshen yo'li.

Nazariy o'rtacha indikator ( $R'_i$ ) bosimni hisoblab chizilgan nazariy indikator diagrammadan foydalanib quyidagicha aniqlanadi:

1-usulda:

$$P'_i = \left( \frac{F_{\text{инд}}}{V_H} \right) \cdot \mu_P, \quad (8.7)$$

bu yerda,  $F_{\text{инд}}$  -indikator diagrammaning foydali yuzasi,  $\text{mm}^2$ ;

$\overline{V}_H$  -diagrammaning asosi,  $\text{mm}$ ;

$\mu$  -diagrammani kurish masshtabi,  $\text{MPa/mm}$

2-usulda: gazlarning sikl davomida bajargan indikator ( $L'_i$ ) ishini silindrning ishchi ( $V_H$ ) hajmiga nisbati nazariy indikator bosimga teng bo'ladi, yahni [2]:

$$P'_i = L'_i / V_H, \text{ MPa} \quad (8.8)$$

bu yerda,  $V_H = FS$ .

## 2. Dvigatellarning ishchi siklining o'rtacha indikator bosimini analitik hisoblash yuli bilan aniqlash.

Loyihalananayotgan IYoD ning o'rtacha indikator bosimini analitik usulda aniqlashda hisobiy sikldan foydalaniladi. Bu siklda  $V = \text{const}$  va  $R = \text{const}$  bo'lganda aralash usulda issiqlik beriladi.

U termodinamik sikldan qisish va kengayish adiabatlarini mos ravishda ( $n_1$ ) va ( $n_2$ ) ko'rsatkichlari o'zgarmas bo'lgan politroplar bilan almashtirilganligi tufayli farq qiladi.

Izobarik ( $R = \text{const}$ ) kengayish jaryonida bajarilgan ish (indikator diagrammadagi Z'Z uchastkasi),  $V_z = V_c \rho$  va  $R_z = \lambda$  tengliklarni ehtiborga olgan holda:

$$L_{z'z} = P_z V_z - P_z V_c = P_z V_c \rho - P_z V_c = P_z \cdot V_c (\rho - 1) = P_c \cdot \lambda V_c (\rho - 1) \quad \text{ga teng}$$

bo'ladi.

Politropik kengayish jarayonida bajarilgan ish (indikator ZB uchastkasi),

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} \quad \text{va} \quad \frac{V_b}{V_z} = \delta \quad \text{tengliklarni ehtiborga olgan holda:}$$

$$L_{zb} = \frac{1}{n_2 - 1} \cdot (P_z V_z - P_b V_b) = \frac{P_z V_z}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{P_b \cdot V_b}{P_z \cdot V_z}\right) = \frac{P_c \cdot \lambda \cdot V_c \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{P_z}{\delta^{n_2 - 1} \cdot P_z} \cdot \delta\right) = \frac{P_c \cdot \lambda \cdot V_c \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right).$$

ga teng bo`ladi [2].

Politropik qisish jarayonida bajarilgan ish (indikator diagrammadagi as uchastkasi),  $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}$  va  $\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$  tengliklarni nazarda tutsak:

$$L_{ac} = \frac{1}{n_1 - 1} \cdot (P_c V_c - P_a V_a) = \frac{P_c V_c}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{P_a \cdot V_a}{P_c \cdot V_c}\right) = \frac{P_c V_c}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right). \quad \text{ga teng bo`ladi.}$$

Ayrim jarayonlarda bajarilgan ish  $L_{Z'Z}$ ,  $L_{zb}$ ,  $L_{ac}$  ifodalarni (17.8) ifodaga qo`yib, hamda  $V_h = (\varepsilon - 1)V_c$  ekanligini hisobga olib, dizellar uchun ( $R_i'$ ) ni qiymatini hisoblashning eng so`nggi ifodasini aniqlaymiz [3]:

$$\begin{aligned} P_i' &= \frac{L_i'}{V_h} = \frac{L_{z'z} + L_{zb} + L_{ac}}{V_h} = \\ &= \frac{1}{(\varepsilon - 1) \cdot V_c} \cdot \left[ \lambda \cdot P_c \cdot V_c \cdot (\rho - 1) + \frac{P_c \cdot \lambda \cdot V_c \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{P_c \cdot V_c}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] = \\ &= \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right]. \quad (8,9) \end{aligned}$$

Karbyuratorli dvigatellar uchun  $\rho = 1$  va  $\delta = \varepsilon$  ekanligini hisobga olib, ( $R_i'$ ) ni qiymatini topamiz:

$$P_i' = \frac{P_c}{(\varepsilon - 1)} \cdot \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right]. \quad (8.10)$$

Haqiqiy siklda gaz bosimi bir jarayondan boshqasiga o`tishda ravon o`zgaradi, bu esa haqiqiy indikator diagrammada qayrilishlarni paydo bo`lishi, (rasmdagi punktir chiziklar) diagramma yuzasining va o`rtacha indikator bosim qiymatini kamayishiga sabab bo`ladi. Bu isroflar diagrammaning to`liqmaslik koeffitsienti ( $v$ ) bilan hisobga olinadi [4].

Shu sababli haqiqiy o`rtacha indikator bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$R_i = \varepsilon_i' v \quad (8.11).$$

To`liqmaslik koeffitsienti ( $v$ )ning qiymatlari:

dizellar uchun  $v = 0,92 - 0,95$ ,

karbyuratorli dvigatellar uchun  $v = 0,94 - 0,97$  atrofida bo`ladi.

Dvigatellarning to`la yuklanishda ishlagan paytdagi o`rtacha indikator  $P_i$  bosimning qiymatlari 17. 2-jalvalda keltirilgan.

### O`rtacha indikator bosimning qiymatlari.

<i>Dvigatellar</i>	$R_i$	
	MPa	Kg/sm <sup>2</sup>
Karbyuratorli	0,8-1,2	8-12
Gaz bilan ishlaydigan	0,5-0,7	5-7
To`rt taktli dizel: puflashsiz		
puflashli	0,75-1,05	7,5-10
Ikki taktli karbyuratorli	2,2 gacha	2,2 gacha
Ikki taktli dizel	0,25-0,45	2,5-4,5
	0,35-0,7	3,5-7,5

Yuklanishning ozayishi bilan ( $R_i$ ) bosim ham kamayadi. Karbyuratorli dvigatelda qisish darajasining ortishi bilan yonish tezlashadi, natijada o`rtacha indikator bosim ko`tariladi. Uchqun berishning ilgarilatish burchagini eng qulay holatga qo`yish bilan aralashmani Yu.CH.N. atrofida yonishiga erishiladi, bu ( $R_i$ ) qiymatini oshiradi. Karbyuratorli dvigatellarda silindrga aralashmani boyroq ( $\alpha=0,8...0,9$ ) qilib berilishi yonish tezligini ko`tarilishiga, yonish vaqtini kamayishiga va indikator bosimni ko`tarilishiga sabab bo`ladi.

Dvigatel tirsakli valining aylanishlar chastotasini ortishi silindrda uyurma harakatning rivojlanishiga, aralashma sifatini yaxshilanishiga, aralashmani bir jinsli bo`lishiga, uni tez va to`la yonishiga, natijada ( $R_i$ ) ning qiymatini yuqori bo`lishiga olib keladi [5].

Aylanishlar chastotasini haddan tashqari katta bo`lishi silindrni yangi zaryad bilan to`ldirilishini kamaytiradi, yonish davrini qisqartiradi. SHu sababli yonish to`liq bo`lmay, o`rtacha indikator bosim kamaya boshlaydi.

### 3. Indikator quvvat, solishtirma yonilg`i sarfi va foydali ish koeffitsienti.

Indikator quvvat. Dvigatel silindrda gazlarning kengayishidan hosil bo`ladigan quvvatga indikator  $N_i$  quvvat deyiladi.

Bir ish sikli davomida dvigatelning bitta silindrda gazlarning kengayishi natijasida bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$L_i = P_i \cdot V_{h_i},$$

Agar dvigatel silindrda bir sekund davomida bajariladigan ish sikllar soni ( $2n/\tau$ ) ga teng bo`lsa, bitta silindrda hosil bo`ladigan indikator quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$N_i = \frac{2n}{\tau} \cdot P_i \cdot V_{h_i}, \text{ kVt}$$

Silindrlar soni  $i$  ta,  $R_i$  bosim MPa, silindrning ishchi hajmi ( $V_{hi}$ ) litr, aylanishlar chastotasi ayl/min bilan ifodalansa, dvigatelning indikator quvvati quyidagicha aniqlanadi [6]:

$$N_i = P_i \cdot V_{h_i} \cdot n \cdot i / (30 \cdot \tau), \text{ kVt} \quad (8.12)$$

bu yerda  $\tau$ -takt soni, (bitta ishchi siklda porshen yullarining soni).

#### 4. Indikator solishtirma yonilg`i sarfi.

Dvigatel tejamkorligini indikator solishtirma yonilg`i sarfi ( $g_i$ ) bilan baholanadi. Uning qiymati soatli ( $G_{y0}$ ) yokilgi sarfini dvigatelning indikator ( $N_i$ ) quvvatiga nisbati bilan quyidagicha aniqlanadi :

$$g_i = \frac{G_{\ddot{e}} \cdot 10^3}{N_i}, \quad \frac{\Gamma}{\text{КВТ} \cdot \text{с}} \quad (8.13)$$

Indikator foydali ish koeffitsienti.

Haqiqiy siklda issiqlikdan foydalanish darajasi indikator F.I.K bilan baholanadi va quyidagicha aniqlanadi [6]:

$$\eta_i = \frac{3,6 \cdot 10^3}{g_i \cdot Q_{\pi}} \quad (8.14)$$

bu yerda  $Q_p$  - yonilg`ining issiqlik berish qobiliyati, MDj/kg.

Dvigatelning o`rtacha indikator ko`rsatkichlarining qiymatlari 8.3-jadvalda keltirilgan

8.3-jadval

Dvigatelning o`rtacha indikator ko`rsatkichlarining qiymatlari

Dvigatellar	$g_i$ , g/kvt soat	$\eta_i$
Karbyuraorli	235-290	0,28-0,38
Dizel	175-220	0,42-0,52
Gazli dvigatel	10,5-14	0,26-0,34

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. B.Qayumov, J.Mirzaxamdorov. "Ichki yonuv dvigatellari nazariyasi" fanidan o'quv uslubiy majmua. AndMI, 2020.
2. U.Karimov. "Traktor va avtomobil dvigatellari nazariyasi". Toshkent, Mehnat, 1989.
3. Кодиров С.М. "Автотрактор двигателлари" - Тошкент, "Toshkent Tezkor bosmaxonasi", 2010. — 572 б.
4. Lukanin V.N. va boshq. M.Fayziyev va boshq. Tarjimasi. "Ichki yonuv dvigatellari".-T.: "Turon-Iqbol", 2007- 608 b.
5. S.M. Kadirov, N.K. Paswan. "Internal combustion engines". APH Publishing Corporation. New-Delhi-110002.2013.
6. To'layev B. "Ichki yonuv motorlari nazariyasi va dinamika asoslari". T.: "Fan va texnologiya", 2010. 294b.