

7-mavzu. Issiqlik dvigatellarining ideal sikllari

Reja:

1.Porshenli ichki yonuv dvigatellari (i.yo.d) ning ideal sikllari

1.1. O'zgarmas hajmda issiqlik beriladigan ichki yonuv dvigatelining sikli .

1.2. O'zgarmas bosimda issiqlik beriladigan ichki yonuv dvigatelining sikli.

1.3. Aralash usulda issiqlik beriladigan ichki yonuv dvigatelining sikli.

1.4.Issiqlik foydali ish koeffitsientlari, oshirish usullari.

1.Porshenli ichki yonuv dvigatellari (i.yo.d) ning ideal sikllari

Ideal sikllarni o'rganib chiqishda dvigatel silindrlari ichida sodir bo'ladigan jarayonlarni tadqiq va jarayonlarning f.i.k. ga ta'sir qiluvchi omillar tahlil qilinadi.

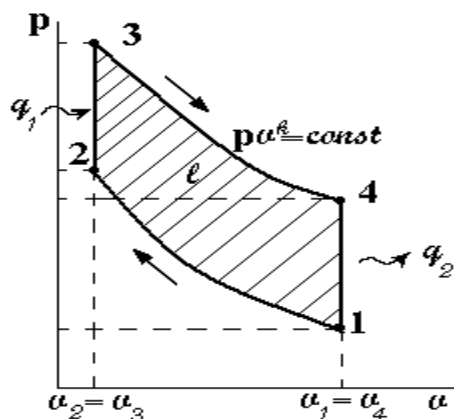
Sikllarni o'rganishda quyidagi shartlarga amal qilamiz:

- 1) Ishchi jism sifatida ideal gaz olinadi;
- 2) Sikllar - yopiq va qaytuvchan;
- 3) Ishchi jism kimyoviy o'zgarmas (ya'ni yonish jarayoni sodir bo'lmaydi);
- 4) Yonish jarayoni o'rniga gazga teng miqdordagi issiqlik berish bilan almashtiriladi.

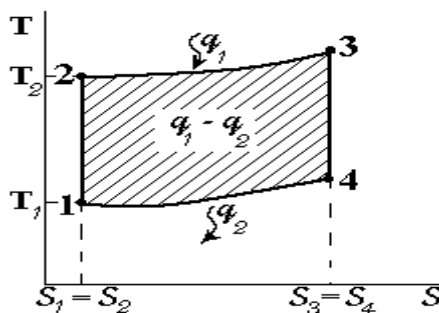
Shunday qilib, texnikaviy termodinamika faqat eng yuqori f.i.k. beradigan jarayonlarni va ularning eng qulay kombinatsiyalarini ko'rib chiqadi va demak, dvigatelning ideal ishlash sharoitini o'rganadi.

1.1. O'zgarmas hajmda issiqlik beriladigan ichki yonuv dvigatelining sikli .

O'zgarmas hajmda issiqlik beriladigan siklni $p\vartheta$ va Ts diagrammalarida ifodalaymiz.



1-rasm



2-rasm

Sikl ikkita izoxora va ikkita adiabatik jarayonlardan tashkil topadi. Boshlang'ich bosim p_1 va hajm ϑ_1 ga ega bo'lgan (1-holat) gaz silindrda adiabatik siqilish natijasida (1-2 chizig'i) bosim p_2 ga hajm ϑ_2 ga boradi (2-holat). Keyin gazga o'zgarmas hajmda, ma'lum miqdorda (q_1) issiqlik beriladi (yonish). Shundan

so'ng gaz (yonish mahsulotlari) adiabatik kengayish natijasida \mathcal{G}_4 hajmga ortadi. Nihoyat 4-1 izoxorik jarayonda gazdan q_2 issiqlik sovitgichga o'tishi (chiqarish klapani ochiladi) natijasida gazning bosimi p_4 dan p_1 ga tushadi va gaz dastlabki holatiga qaytadi.

So'rish va chiqarish jarayonlari o'zgaruvchan gaz miqdorlarida bo'lganligi uchun ular termodinamika jarayonlari bo'la olmaydi va shu sababli siklga kirmaydi.

Siklda olingan foydali ish ma'lum masshtabda $p\mathcal{G}$ diagrammasida 1-2-3-4-1 konturning yuzasi bilan ifodalanadi. Yoki matematik ko'rinishda quyidagicha bo'ladi:

$$\ell = q_1 - q_2$$

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

Ma'lumki, har qanday sikl uchun termik f.i.k.

2-3 va 4-1 izoxorik jarayonlarida gazga beriladigan va olingan issiqlik miqdorlari:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2), \quad q_2 = c_v(T_4 - T_1)$$

Bularni termik f.i.k. formulasiga qo'yamiz.

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)}{T_2 \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$

Endi $\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$ ekanligini isbot qilib ko'ramiz.

Ichki yonuv dvigatellarida \mathcal{G}_1 Hajmni (tsilindrning to'la hajmi) \mathcal{G}_2 hajm (qisish kamerasining hajmi)ga nisbati dvigatelning qisish darajasi deyiladi va ε bilan belgilanadi.

1-2 adiabatik qisish uchun yozish mumkin:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2}\right)^{k-1}, \quad T_2 = T_1 \left(\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2}\right)^{k-1}, \quad T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \quad (a)$$

3-4- adiabatik kengayish uchun esa:

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{\mathcal{G}_4}{\mathcal{G}_3}\right)^{k-1} = \left(\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2}\right)^{k-1} = \varepsilon^{k-1}, \quad T_3 = T_4 \cdot \varepsilon^{k-1}$$

Oxirgi ikkala tengliklarni taqqoslasak:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}, \quad \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$

f.i.k. formulasiga olingan qiymatlarni qo'yamiz, ya'ni:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_1 \cdot \varepsilon^{k-1}} \quad \text{yoki} \quad \eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (7.1)$$

Demak, siklning termik f.i.k. dvigatelning qisish darajasiga va adiabata ko'rsatkichlariga to'g'ri proporsional bog'langan.

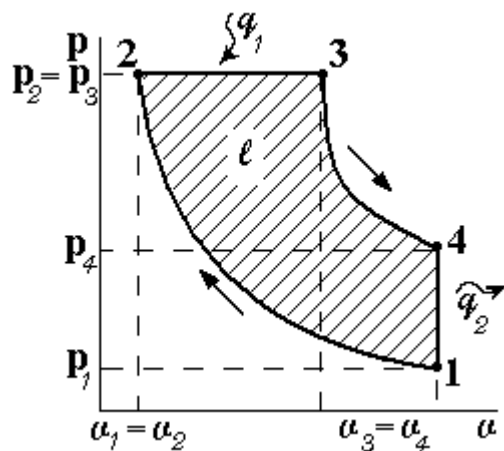
Yuqorida ko'rib chiqilgan sikl hozirgi zamon tez yurar karbyuratorli dvigatel-larida keng qo'llaniladi. Dvigatelning f.i.k. ni orttirish uchun uning ε va K ko'rsatkichlarini kattaroq qilish kerak (7.1 ifodaga qarang). " ε " ni kattalashtirish uchun dvigatelga oktan soni yuqoriroq benzin kerak bo'ladi. " K " ni orttirish uchun esa dvigatel silindriga havo emas, balki biror bir atomli gaz kiritish kerak, bu esa mushkul masala. Demak, benzinni oktan sonini orttirish osonroq yo'l hisoblanadi.

1.2.O'zgarmas bosimda issiqlik beriladigan sikl.

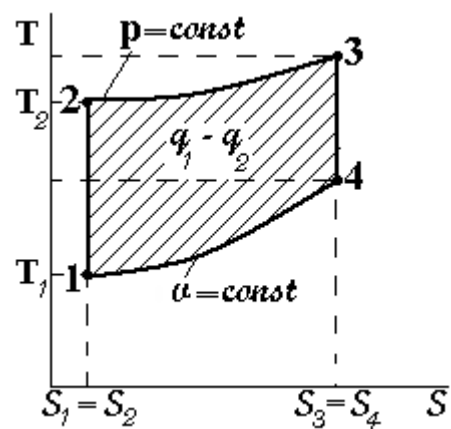
Yuqorida ko'rib chiqilgan sikldan bu siklning asosiy farqi shuki, bu yerda gazga beriladigan issiqlik q1 oniy bo'lmay biroz davom etadi. Bu paytda silindrda bosim o'zgarmaydi (izobara).

Siklni p^g va Ts diagrammalarida ifodalaymiz.

6.3- rasmda siklni ifodalovchi kontur ichidagi yuza ma'lum masshtabda sikldan olingan ishni ifodalaydi. Rasmdagi yuza esa siklda foydali ishga aylangan issiqlik miqdori bo'lib hisoblanadi.



3- rasm



4- rasm

Siklning termik f.i.k.ni aniqlashdan ilgari quyidagi iboralarni kiritamiz:

$$\frac{q_1}{q_2} = \varepsilon$$

— dvigatelning qisish darajasi.

$$\frac{q_3}{q_2} = p$$

— dastlabki kengayish darajasi.

Termik f.i.k.ning umumiy formulasidan foydalanamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

2-3 izobara jarayoni va 4-1 izoxora jarayonlarida gazga berilgan va olingan issiqlik miqdorlari quyidagicha bo'ladi:

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2), \quad \text{va} \quad q_2 = c_v(T_4 - T_1)$$

Qiymatlarni o'rniga keltirib qo'yamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{K(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{K \cdot T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

1-2- va 3-4 adiabatik jarayonlari uchun ko'rsatkichlar orasidagi bog'lanishni

yozamiz:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{g_2}{g_1} \right)^{k-1} = \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}; \quad T_1 = T_2 \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

va

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{g_3}{g_4} \right)^{k-1} = \left(\frac{g_3}{g_2} \cdot \frac{g_2}{g_4} \right)^{k-1} = p^{k-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}};$$

$$T_4 = T_3 \cdot p^{k-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}};$$

bu yerdan

T_4 ning T_1 ga nisbatini aniqlaymiz.

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3 \cdot p^{k-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}}{T_2 \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}} = \frac{T_3}{T_2} \cdot p^{k-1} = p \cdot p^{k-1} = p^k \quad (7.2)$$

chunki, izobara jarayoni 2-3 uchun

$$\frac{g_3}{g_2} = \frac{T_3}{T_2} = p$$

Olingan natijalarni f.i.k. formulasiga keltirib qo'yamiz:

$$\eta_i = 1 - \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{(p^k - 1)}{K(p-1)} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{p^k - 1}{K(p-1)} \quad (7.3)$$

(7.1)- va (7.3)-tengliklarni o'zaro taqqoslasak $\frac{p^k - 1}{K(p-1)}$, nisbatga farq qilishini ko'ramiz.

Hozirgi zamon dvigatellarida va K ning mumkin bo'lgan qiymatlarida nisbat quyidagicha:

$$\frac{p^k - 1}{K(p-1)} > 1$$

Demak, $p = \text{const}$ sharoitida issiqlik beriladigan I.Yo.D. larida (bir xil sharoitda) η_t kamroq bo'ladi.

Biroq bu sikl bilan ishlaydigan dvigatellar sekin yurar (kema) dizellarida keng qo'llanilmoqda. Buning sababi, dizel dvigatellarida qisish darajasi (ε) karbyuratorli dvigatellarga qaraganda deyarli 2 marta yuqori bo'lganligi uchun

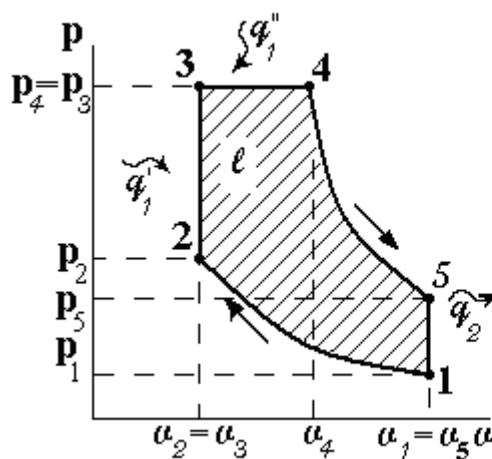
$$\frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

ikkinchi siklda nisbatan birinchi sikldan ancha kichik bo'lib, $p = \text{const}$ bo'lgandagi I.Yo.D. ning termik f.i.k. larini amalda sezilarli yuqori bo'lishini ta'minlaydi.

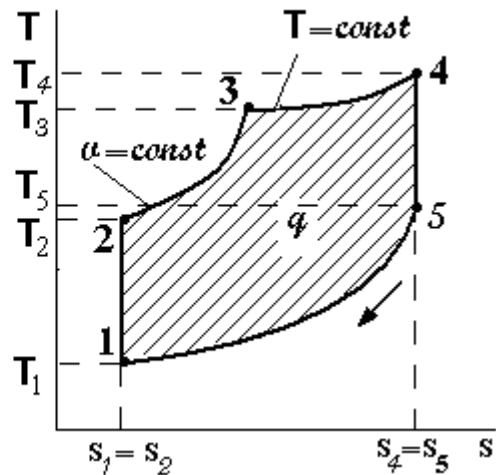
2.3. Aralash usulda issiqlik beriladigan ichki yonuv dvigateling sikli.

Aralash usulda issiqlik beriladigan sikli. Siklni " $p-g$ " va " T_s " koordinatalarida chizamiz. Sikl 5 ta jarayondan tashqil topgan: 1-2- adiabatik qisish; 2-3- izoxorik (gazga) issiqlik berish; 3-4- izobarik (gazga) issiqlik berish; 4-5- adiabatik kengayish (ish olish); 5-1- gazning izoxorik sovushi (gazdan

issiqlikning sovutgichga o'tishi).



5- rasm



6- rasm

Siklning termik f.i.k.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1 + q_1'}$$

Gazga berilgan va gazdan sovutkichga o'tgan issiqlik miqdorlari:

2-3- izoxorada $q_1' = c_v(T_3 - T_2)$

3-4- izobarada $q_1'' = c_p(T_4 - T_3)$

5-1 - izoxorada $q_2 = c_v(T_5 - T_1)$

Termik f.i.k. formulasiga qo'yamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v(T_5 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2) + c_p(T_4 - T_3)} = 1 - \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + K(T_4 - T_3)} \quad (a)$$

Siklning 2 va 3 nuqtalari uchun gaz holati tenglamalarini yozamiz va ularni o'zaro

bo'lamiz: $p_2 \vartheta = RT_2$ va $p_3 \vartheta = RT_3$

Chunki 2-3- izoxora uchun $\vartheta_2 = \vartheta_3 = \vartheta$

$$\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} = \lambda$$

- i.yo.d. larida yonishdagi bosimning ortish darajasi deyiladi 1-2- adiabatik jarayoni uchun yozish mumkin:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^{k-1} = \varepsilon^{k-1} \quad \text{yoki} \quad T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1}$$

2-3 izoxora jarayoni uchun:

$$\frac{T_3}{T_2} = \lambda; \quad \text{yoki} \quad T_3 = T_2 \cdot \lambda = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \lambda$$

3-4 - izobara jarayoni uchun ham holat tenglamalarini yozib, o'zaro bo'lamiz:

$$p \vartheta_4 = RT_4 \quad \text{va} \quad p \vartheta_3 = RT_3$$

chunki $p_3 = p_4 = p$

$$\frac{g_4}{g_3} = \frac{T_4}{T_3} = p$$

- i.yo.d. larida dastlabki kengayish darajasi deyiladi.
Oxirgi tengliklardan T_4 ning qiymatlarini aniqlaymiz:

$$T_4 = T_3 \cdot p \quad \text{yoki} \quad T_4 = T_1 \cdot p \cdot \lambda \cdot \varepsilon^{k-1}$$

4-5- adiabatik kengayish uchun

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{g_4}{g_5} \right)^{k-1}, \quad \frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{g_4}{g_3} \cdot \frac{g_2}{g_5} \right)^{k-1} = p^{k-1} \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

tengliklardan T_5 ning qiymatini topamiz:

$$T_5 = T_4 \cdot p^{k-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = T_1 \cdot p^k \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = T_1 \cdot \lambda \cdot p^k$$

T larning topilgan qiymatlarini f.i.k. ning (a) tengligiga keltirib qo'yamiz va matematik soddalashtirishlardan so'ng hosil qilamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1 \cdot \lambda \cdot p^k - T_1}{(T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \lambda - T_1 \cdot \varepsilon^{k-1}) + K(p \cdot \lambda \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot T_1 - T_1 \cdot \lambda \cdot \varepsilon^{k-1})}$$

yoki

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \cdot p^k - 1}{(\lambda - 1) + k\lambda(p - 1)} \quad (7.4)$$

Aralash usulda gazga issiqlik beriladigan i.yo.d.ning ko'rib chiqilgan sikli ilgari ko'rib chiqilgan 2 ta sikllarning umumlashmasi bo'lib, buni matematik usulda ham isbotlash mumkin.

- a) Agar $r=1$ bo'lsa, (7.4) tenglikdagi ikkinchi ko'paytiruvchi 1 ga teng bo'lib qoladi, ya'ni

$$\frac{\lambda \cdot p^k - 1}{(\lambda - 1) + K \cdot \lambda(p - 1)} = \frac{\lambda - 1}{\lambda - 1} = 1$$

- b)

(6.4) tenglik (6.1) tenglikka aylanadi. bo'lganda issiqlik beriladigan i.yo.d. siklining tengligi kelib chiqadi.

- b) Agar $\lambda=1$ bo'lsa, (6.4) tenglik (6.3) tenglikka aylanadi.

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

Aralash usulda issiqlik beriladigan sikl hozir ishlatilayotgan tezyurar (tirsakli valning aylanish tezligi 1000 ayl/min dan ancha yuqori) avtotraktor dizellarida keng qo'llanilmoqda. Buning sababi qisish darajasi (ε) ning yuqoriligi va k ning amaliy qiymatlarida siklning termik f.i.k. ancha yuqori (karbyuratorli dvigatellarga qaraganda) bo'lmoqda.

Ana shu xulosaga ko'ra, dunyo dvigatelsozligida shu kunga kelib traktor dvigatellari deyarli 100 % dizellashdi, yengil avtomobil dvigatellari hozircha faqat 30...35% dizellashdi, bu jarayon ilg'or firmalarda davom etmoqda

1.4.Issiqlik foydali ish koefftsientlari, oshirish usullari.

Yuqorida ko'rib chiqilgan sikl hozirgi zamon tez yurar karbyuratorli dvigatellarida keng qo'llaniladi. Dvigatelning f.i.k. ni orttirish uchun uning ϵ va K ko'rsatkichlarini kattaroq qilish kerak. " ϵ " ni kattalashtirish uchun dvigatelga oktan soni yuqoriroq benzin kerak bo'ladi. " K " ni orttirish uchun esa dvigatel silindriga havo emas, balki biror bir atomli gaz kiritish kerak, bu esa mushkul masala. Demak, benzinni oktan sonini orttirish osonroq yo'l hisoblanadi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. Issiqlik dvigatellari termodinamik sikllarini tahlil qilishda qanday ruxsat etilgan cheklanishlar qabul qilinadi? 2. Ichki yonuv dvigatelining aralash issiqlik kiritish sikli haqida asosiy ma'lumotlarni gapirib bering. Siklning issiqlik FIK tahlilini keltiring. 3. Ichki yonuv dvigatelining xajm o'zgarmas jarayonida issiqlik kiritish sikliga doir asosiy ma'lumotlarni keltiring. 4. Hajm o'zgarmas va aralash issiqlik kiritish issiqlik FIK η_t larini solishtiruvchi tahlilni keltiring. Qaysi dvigatellar mos ravishda birinchi va keyingi sikllarni tavsiflaydi ?