

“Toshkent irrigatsiya va qishloq  
xo’jaligini mexanizatsiyalash  
muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti



## **Termodinamika va Issiqlik uzatish asoslari fani**

**Mavzu:**  
**Ochiq tizimlar termodinamikasi**



**texnika fanlari nomzodi, dotsenti**  
**Nuritov Ikrom Rajabovich**



# Ochiq tizimlar termodinamikasi

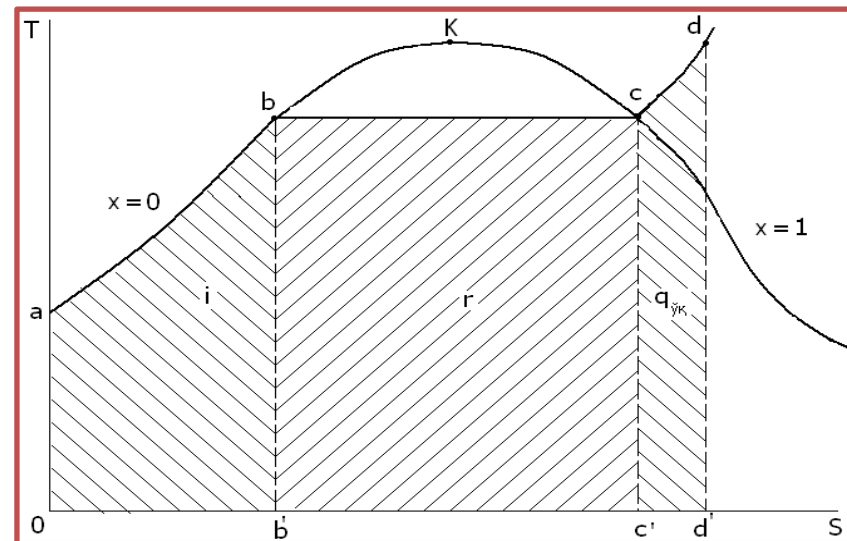
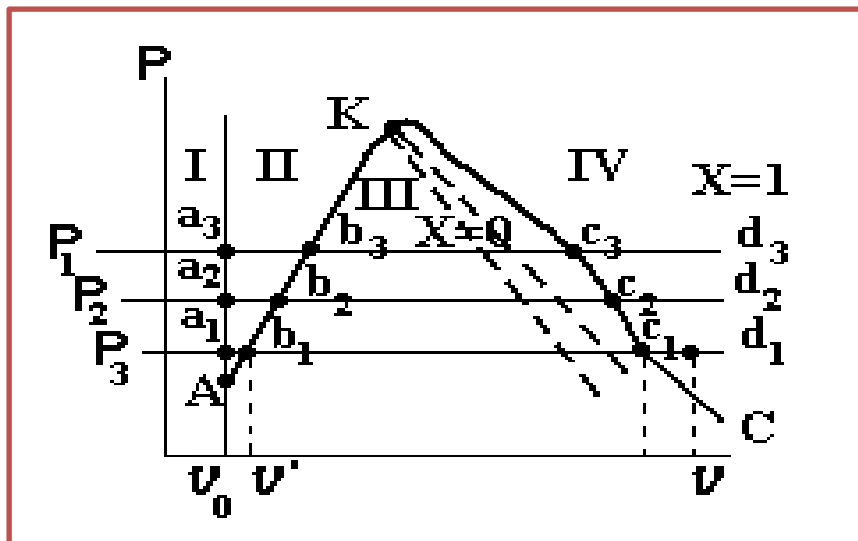
## *Reja:*

- 1. O'zgarmas me'yorda oqish.*
- 2. Gaz va bug'larning soplodan oqib o'tishi.*
- 3. Bosimlarning kritik nisbati. Kritik tezlik.*
- 4. Gaz (bug')ning maksimum sarfi. Gaz (bug'larni drossellash yoki ezish.*
- 5. Kompresorlarning sikllari.*

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Joseph M Powers. LECTURE NOTES ON THERMODYNAMICS. Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana 46556-5637, USA, updated 01 July 2014.
2. R.A.Zohidov, M.M.Alimova, Sh.S.Mavjudova. Issiqlik texnikasi (darslik). – T.: “O’zbekiston faylasuflari milliy jamiyati” nashriyoti, 2010. – 200 b.
3. T.S.Xudoyberdiev, B.P.Shaymardanov, R.A.Abduraxmonov, A.N.Xudoyorov, B.R.Boltaboyev. Issiqlik texnikasi asoslari (darslik)–T.: “Cho’lpon” nashriyoti, 2008. – 216 b.
4. Ш. Ж. Имомов, И. Р. Нуритов, К.Э.Усмонов. Сборник задач по основам термодинамики и теплопередачи /Учебное пособие–Т.:ТИИИМСХ.2021.-116 с.  
<https://m.youtube.com/watch?v=qQbI-Wn6YyI>  
<https://lafayettefirefighters.com/uz/difference-between-gas-and-vs-vapor>  
<https://m.youtube.com/watch?v=SSpDcoXVo2Q>  
<https://m.youtube.com/watch?v=L1Naow1jvqU>

## Bug' hosil bo'lish termodinamika jarayonlari



*Suv bug'ining "pv" diagrammasi*

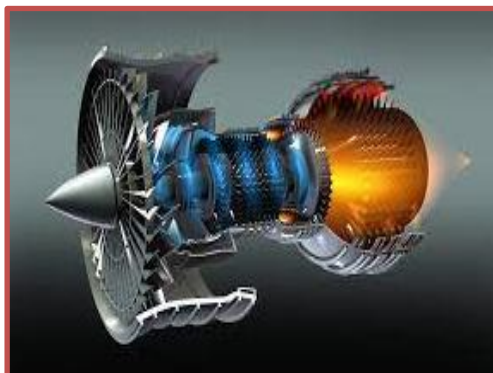
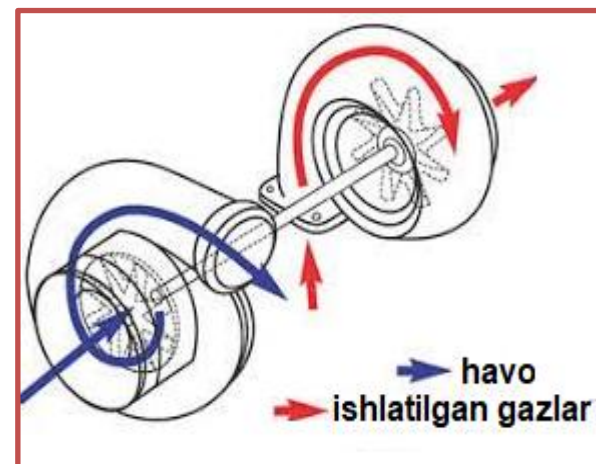
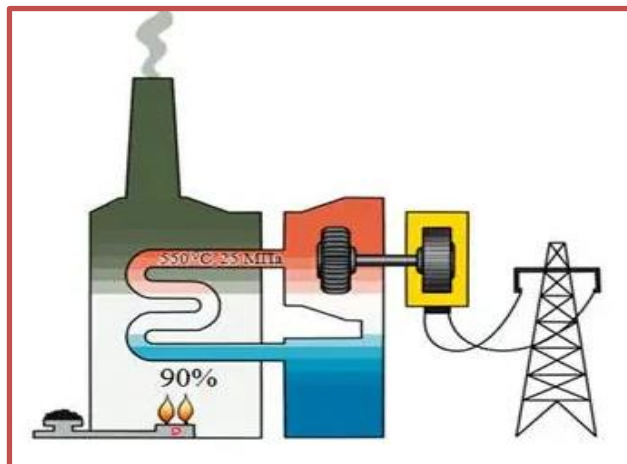
*Suv bug'ining "T-S" diagrammasi*

Bug' hosil bulish jarayoniga sarflanadigan umumiy issiqlik miqdori quyidagiga teng.  $q = i + r + q_{o'q}$

Ko'pincha bug' tarkibida ma'lum miqdorda suv tomchichalari bo'ladi. Shu sababli, bug'lar uchun *quruqlilik darajasi degan* tushuncha kiritilgan. Agar, bug' uchun quruqlilik darajasi  $x = 0,9$  bo'lsa, buning mazmuni-bug'ning tarkibida **10 %** suv tomchilari bor degani bo'ladi.

## 1. O'zgarimas me'yorda oqish.

Texnikaning turli sohalarida uzluksiz gaz yoki bug' oqimlari bilan ishlashga to'g'ri keladi. **Masalan**, bug' mashinalarida, gaz turbinalarida, turbokompressorlarda, reaktiv dvigatel va hokozalar.



bunda quvurning ko'ndalang kesimi bo'yicha gaz teng tarqalgan, quvur ko'ndalang kesimi o'zgarгани bilan undan o'tayotgan gaz miqdori vaqt davomida o'zgarimas va gaz oqimi bo'yicha asosiy ko'rsatkichlari o'zgarmay qoladi.

Yuqorida qabul qilingan shartlarga ko'ra o'zgaruvchan ko'ndalang kesimli quvur (truba)dan 1 sekundda oqib o'tayotgan gaz massasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

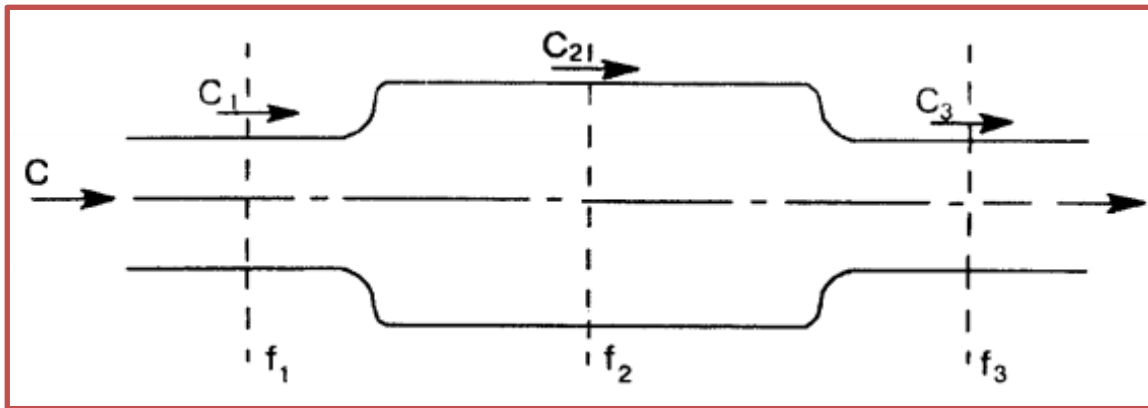
$$m = \frac{f_1 \cdot C_1}{v_1} = \frac{f_2 \cdot C_2}{v_2} = \frac{f_3 \cdot C_3}{v_3} = \frac{f \cdot C}{v} = \text{const}, \quad mv = f \cdot C,$$

$m$  – 1 sekundda quvurdan oqib o'tayotgan gaz massasi, kg/s;

$f_1$   $f_2$   $f_3$  – quvur(lar)ning ko'ndalang kesim yuzalari, m<sup>2</sup>;

$v_1$   $v_2$   $v_3$  – ko'ndalang kesimlarda gaz solishtirma hajmlari, m<sup>3</sup>/kg;

$C_1$   $C_2$   $C_3$  – bu ko'ndalang kesimlarda gaz tezligi, m/s.



*Ma'lumki,* gazning to'liq energiyasi uning ichki energiyasi va kinetik energiyalarining yig'indisiga teng:

$$u_1 + p_1 v_1 + \frac{C_1^2}{2} = u_2 + p_2 v_2 + \frac{C_2^2}{2}$$

bunda,  $u_1$  va  $u_2$  — quvurning mos qirqimlarida gazning ichki energiyasi;

$p_1 v_1$  va  $p_2 v_2$  mos qirqimlardagi gaz bosimi va solishtirma hajm ko'paytmalari bo'lib, gazning itarish ishi deb yuritiladi.

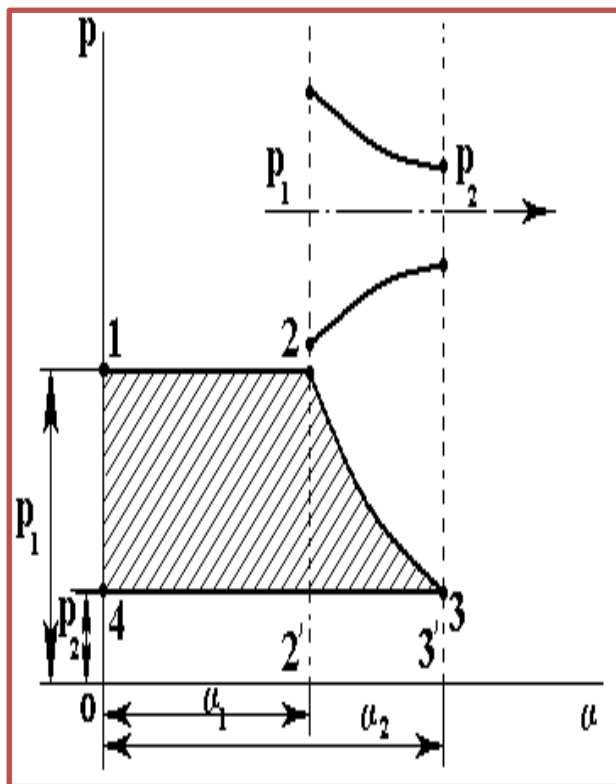
Gaz entalpiyasi  $h=u+pv$  boiganligi uchun

$$h_1 + \frac{C_1^2}{2} = h_2 + \frac{C_2^2}{2}$$

$$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2} = h_1 - h_2 \quad h_1 - h_2 = h_0 \text{ - issiqlikning pasayishini mavjudligi. } \ell_0 = h_0$$

$$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2} = \ell_0 \quad \text{mavjud ish yoki quvurda harakatlanayotgan gaz kinetik energiyasining ortishi;}$$

## 2. Gaz va bug'larning soplodan oqib o'tishi.



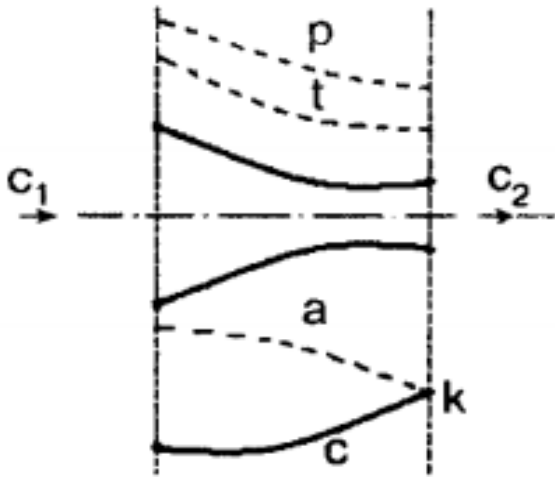
Ko'ndalang kesimi o'zgaruvchan quvurda oqayotgan gaz (kengayishi hisobiga) **tezligining ortish nuqtasi soplo** deyiladi. Gaz oqimining soplo (teshigi) orqali o'tish jarayoni 2- rasmda ifodalangan, ( $pV$  koordinatalarida) rasmdan ko'rinib turibdiki  $v_2 > v_1$  bolganligi uchun ham  $p_2 < p_1$  boiadi. Gaz 2—3 adiabatik chizig'i bo'ylab kengayish jarayonini bajaradi. Shuning uchun gaz oqimi kinetik energiyasining ortishi tashqi ishlarning farqi hisobiga va kengayish ishi hisobiga bo'ladi.

**To'la ish miqdori:**

$$l = yuza(0 - 1 - 2 - 2^1 - 0) + yuza(2 - 3 - 3^1 - 2^1 - 2) - yuza(4 - 3 - 3^1 - 0 - 4) = p_1 v_1 + \int_{v_1}^{v_2} p dv - p_2 v_2.$$



### 3. Bosimlarning kritik nisbati. Kritik tezlik.



Gaz oqimining nazariyasida tovushning shu muhitda tarqalish tezligi katta ahamiyatga ega bo'lib, quyidagi ifda bilan aniqlanadi:

$$a = \sqrt{kRT}$$

Muhitdagi tovush tezligi gaz (bug') turiga, bosimi, haroratiga va zinchligiga bog'liq

Gazning torayib boruvchi soplodan oqib chiqayotgan holati bilan tanishib chiqamiz.

Bosimlar  $p_1$  va  $p_2$  ning nisbatlari ortib borishi bilan gazning oqib chiqish tezligi ortadi, bu muhitdagi tovush tezligi esa kamayib boradi. **Bosimlar nisbatining ma'lum qiymatida ikkala tezlik tenglashadi** (rasmdagi  $K$  nuqta). Bosimlar nisbatining bunday qiymatini shu soplo uchun **bosimlarning kritik nisbati  $P_{kr}$**  deyiladi.

Shu muhitda, shu gaz tezligi sharoitida tovush tarqalish tezligiga teng bo'lgan gazning otilib chiqish tezligini **kritik tezlik ( $C_{kg}$ )** deyiladi.

Demak, kritik tezlik miqdori gazning boshlangich  $p_1$  va oxirgi  $p_2$  bosimlariga bog'liq

$C_{kr} = a$ , ya'ni gazning otilib chiqish tezligi shu sharoit (muhit) uchun tovush tezligiga teng bo'lgandagi bosimlar nisbatining qiymati **bosimlarning kritik nisbati** deyilib, " $\gamma_{kr}$ " harfi bilan ifodalanadi.

Biroz matematik o'zgartish kiritib yozish mumkin:

$$\gamma_{kr} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

Bosimlarning kritik nisbati faqat adiabat ko'rsatkich « $K$ » ga bog'liq.

Demak, bosimlar kritik nisbatining son qiymati har xil atomli gazlar uchun ma'lum aniq qiymatlarga ega bo'lib, ular quyidagicha:

Bir atomli gazlar uchun: bog'liq.  $K = 1,67$ ;  $\gamma_{kr} = 0,482$ .

Ikki atomli gazlar uchun  $K = 1,4$ ;  $\gamma_{kr} = 0,528$ .

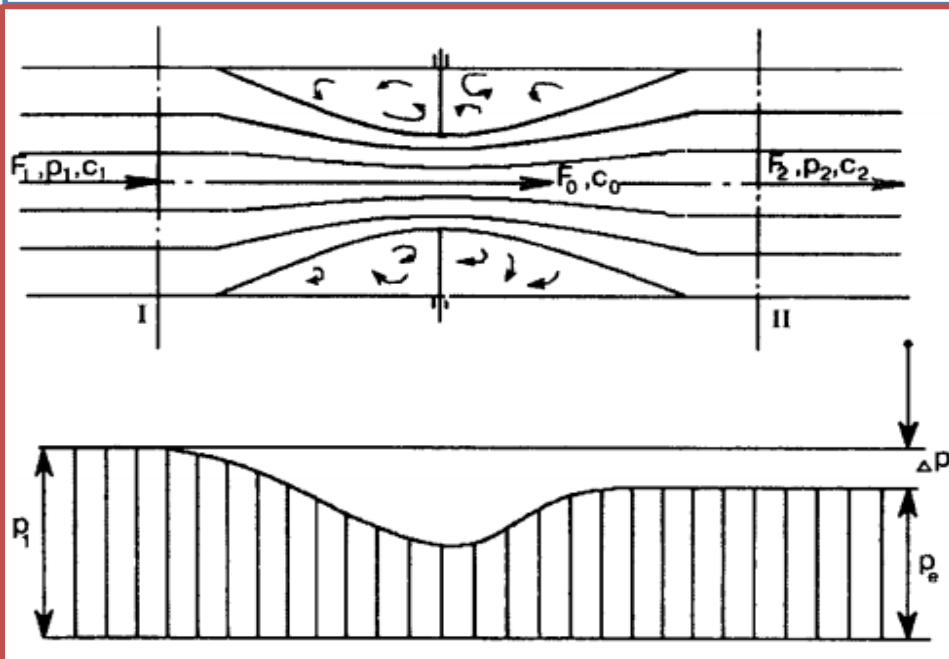
Uch atomli gazlar va o'ta qizigan suv bug'lari, quruq to'yingan bug uchun:  $K = 1,135$ ;  $\gamma_{kr} = 0,577$ .

Gaz va bug‘larning otilib chiqishida qanday turdagi soplo ishlatilishi asosan bosimlarning nisbatiga bog‘liq. Agar  $\frac{p_2}{p_1} < \gamma_{kr}$  bo‘lsa, torayib

boruvchi soplo orqali, aksincha  $\frac{p_2}{p_1} > \gamma_{kr}$  bo‘lsa, kengayib boruvchi soplo orqali otilib chiqadi.

#### 4. Gaz (bug‘)ning maksimum sarfi. Gaz (bug‘)larni drossellash yoki ezish.

Gaz va bug‘lar quvurning toraygan joylaridan o‘tayotganda bosimining kamayish hodisasi **drossellash** yoki **gazni ezish** deyiladi.



Agar quvurdan tashqariga biroz issiqlik chiqishini hisobga olmasak, kinetik energiyaning o‘zgarishi:

$$\frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2} = h_1 - h_2$$

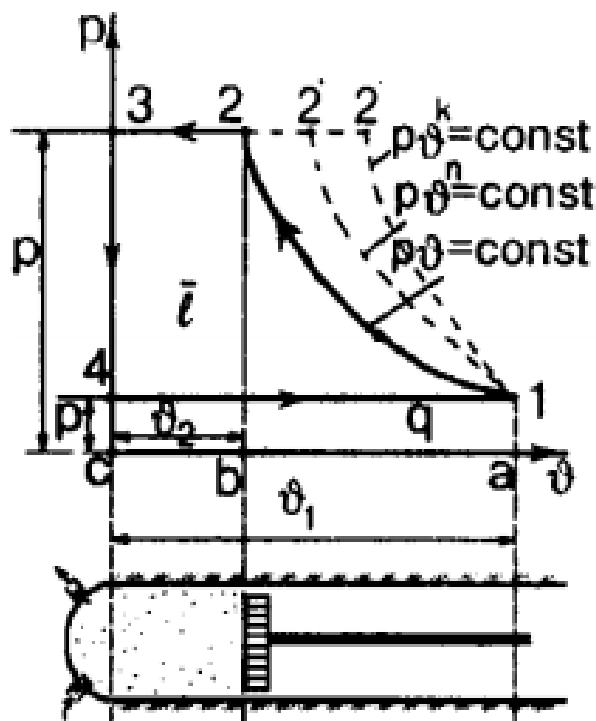
$$c_1 = c_2$$

$$h_1 \approx h_2$$

## 5. Kompessorlarning sikllari.

Texnikada gazsimon modda (gaz va bug') larni siqib quvurga yoki idishga haydash (yig'ish) uchun ishlatiladigan mashinalar **kompessorlar** deb aytiladi.

I.YO.D.laridagi gazning issiqlik ta'sirida mexanik ish olinsa, kompessorlarda gazni siqish uchun mexanik ish sarflanadi.



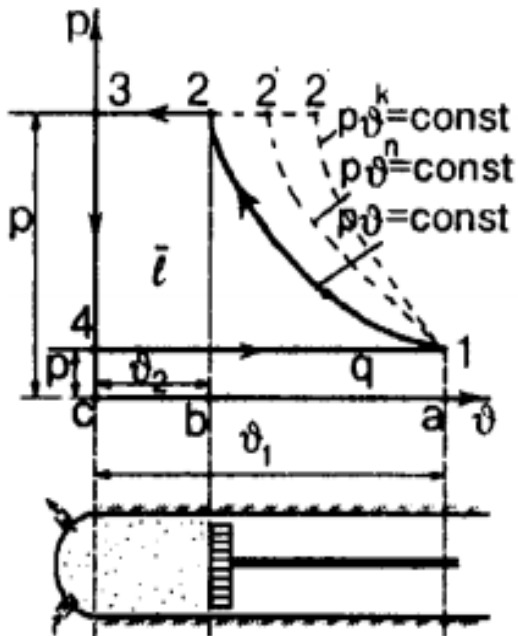
**Bir pog'onali porshenli kompessor.** Sikl quyidagi jarayonlardan iborat :

4—1— gazni kompessor silindriga so'rish.

1—2— gazni izotermik (politropik, adiabatik) qisish jarayoni.

2—3— kompessor silindridan qisilgan gazni itarib chiqarish (izobara) jarayoni.

3—4— gaz haydab chiqarilgandan so'ng kompessor porshenining qayta boshlashi (kengayish) natijasida bosimning (izoxorik) pasayish jarayoni.



rasmdagi yuza

$$\ell = S_{1-2-3-4-1}$$

bilan ifodalangan mexanik ish sarflanadi.

a) agar gazni qisish izotermik bo'lsa, kompressorni harakatlantirishga sarflanadigan ish:

$$\ell = p_2 v_2 + \int_{v_2}^{v_1} p v - p_1 v_1$$

b) agar qisish jarayoni adiabatik bo'lsa, qisishga sarflanadigan ish miqdori:

$$\ell = p_2 v_2 + \frac{k}{k-1} (p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

d) agar qisish jarayoni politropik bo'lsa, sarflanadigan ish miqdori:

$$\ell = \frac{n}{n-1} (p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

Ishlayotga porshenli kompressorlarning ko'pchiligi politropik bo'lib, daraja ko'rsatkichi  $n = 1,20 \dots 1,25$  oralig'ida o'zgaradi.

## *Nazorat savollari va topshiriqlar*

1. Ochiq termodinamik tizimlarining aniqlanishini ifodalang va amali- yotdan misollar keltiring.
2. Oqim uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasini keltirib chiqaring va uning har xil yozilishlarini keltiring.
3. Texnikaviy va keitirilgan ish nima? Keltirilgan ishning geometrik interpretatsiyasini bering va bu ishning politmpik va adiabatik jarayonlar uchun qanday aniqlanishini ko‘rsating.
4. Qisqa kanallarda ishchi jism oqishida uning massaviy sarfi tezligi uchun ifodani keltirib chiqaring. Bu tenglamalar tahlilini bajaring.
5. Bosimlar kritik nisbati, kritik tezlik, ishchi jismning maksimal massaviy sarfi nimani bildiradi ? Torayuvchi soplodan oqayotgan ishchi jismning kritik tezligi va maksimal sarfi uchun ifodalami yozing.
6. Kritik tezlik chiqish joyidagi tovush tezligiga teng ekanligini ko ‘rsating. Tezlik tovush tezligidan past bo‘lganda kanal torayuvchi bo'lishi kerakligini, tezlik tovush tezligidan yuqori bo ‘lganda kanal kengayuvchi bo ‘lishligini isbotlang.
7. Adiabatik to ‘xtalish harorati nimani bildiradi?
8. Oqimning haqiqiy tezligi qanday aniqlanadi?  $hs$  — diagramma yordamida adiabatik qaytar va qaytmas oqimlar jarayonini tahlil qiling. Energiya yo'qotish koeffitsiyenti nimani bildiradi va uning qiymati qanday aniqlanadi?

*E`TIBORINGIZ UCHUN  
RAHMAT*