

3-Mavzu: Gidrodinamika. Gidrodinamikaning differentsial tenglamalari.

Dars rejasi.

1. Gidrodinamikaning asosiy masalasi va uslubi.
2. Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatlari
3. Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig'i, oqim trubkasi, va oqimcha.
4. Harakat kesimi va elementar oqimcha uchun suyuqlik sarfi
5. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi
6. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik xossalari. Pezometrik chiziq
7. Real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Gidravlikaning suyuqliklar harakati qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi bo'limiga gidrodinamika deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata bo'yicha o'zgaruvchi turli parametrlarga ega bo'lgan harakatdagi moddiy nuqtalar to'plamidan iborat. Odatda, suyuqlikni o'zi egallab turgan fazoni butunlay to'ldiruvchi tutash jism deb qaraladi. Bu degan so'z tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu erda suyuqlik zarrachasi mavjud demakdir. Gidrostatikada asosiy parametr bosim bo'lsa, gidrodinamikada esa bosim va tezlikdir.

Gidrodinamikaning asosiy masalasi va uslubi

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud bo'lib, ular o'z qiymatiga ega bo'ladi, ya'ni tezlik va bosim koordinatalar x , y , z ga bog'liq. Tabiatdagi kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida xayolan tezlik va bosim vektorlarini ko'rib chiqsak, ko'rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to'plamlarini ko'z oldimizga keltiramiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik to'plami tezlik maydoni deyiladi. Xuddi shuningdek, bosim vektorlaridan iborat to'plam bosim maydoni deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Gidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni r bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb ataymiz. Tezlikni esa u bilan belgilaymiz. U holda tezlikning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari u_x , u_y , u_z bo'ladi.

Yuqorida aytilganga asosan suyuqlik parametrlari funktsiya ko'rinishida yoziladi:

$$\begin{aligned} p &= f_1(x, y, z, t); \\ u &= f_2(x, y, z, t); \end{aligned}$$

Tezlik proektsiyalari ham funktsiyalardir.

$$\begin{aligned} u_x &= f_3(x, y, z, t); \\ u_y &= f_4(x, y, z, t); \\ u_z &= f_5(x, y, z, t); \end{aligned}$$

Bu keltirilgan funktsiyalarni aniqlash va ular o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni toship gidrodinamikaning asosiy masalasi hisoblanadi. Gidrodinamika masalalarini hal qilish nazariy tekshirishlar va tajribalar o'tkazish, so'ngra olingan natijalarni o'zaro taqqoslash usuli bilan olib boriladi.

Nazariy tekshirishlar harakatini ifodalovchi differentsial tenglamalar tuzish va ularni echish yoki o'xshashlik nazariyasi asosida asosiy parametrlar orasidagi munosabatlarni topishga olib keladi. Tajribalar esa turli o'lchov asboblari yordamida harakat parametrlarini topishga yordam beradi.

Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatlari

Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, bunday harakat beqaror harakat deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati asosan boshlanganda ko'p hollarda butun harakat davomida beqaror bo'ladi.

Agar suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik bosim vaqt bo'yicha o'zgarmasa va faqat koordinatalariga bog'liq bo'lmasa

$$p = f(x, y, z);$$

$$u = f(x, y, z);$$

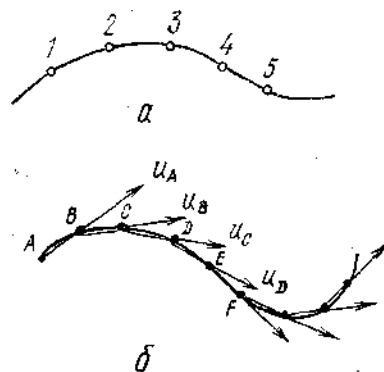
bunday harakat barqaror harakat deyiladi. Bu hol truba va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganda yuzaga kelishi mumkin.

Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig'i, oqim trubkasi, va oqimcha.

Odatda biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va shu sxema asosida tekshiriladi. Gidravlikada suyuqlik xarakati qonuniyatlarining tabiatini eng yaxshi ifodalab beruvchi sxema xisoblanadi.

Buni gidravlikada «suyuqlik xarakati oqimchali modeli» deb ataladi. Bu model asosida oqim chizig'i, oqim trubkasi va oqimcha tushunchalari yotadi.

a) Oqim chizig'i - suyuqlik harakat qilayotgan fazoda suyuqlikning biror zarrachasining xarakatini kuzatsak, uning vaqt o'tishi bilan oldinma-кетин olgan vaziyatlarini 1, 2, 3... nuqtalar bilan ifodalash mumkin (3.1-rasm) va bu nuqtalarda harakatdagi zarracha xar xil tezlik va bosimga ega bo'ladi. SHu nuqtalarni chiziq bilan tutashtirsak, suyuqlik zarrachasining traektoriyasi hosil bo'ladi.



3. 1-□□□□. □□□□

□□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□□□□

□□□□□: □—

Endi, suyuqlik zarrachasining tezligini kuzatamiz Zarrachaning ko'rilayotgan vaqtda A nuqtadagi tezlik vektori $\overline{u_A}$ ni quramiz. SHu vektor davomida A dan dl_1 masofada turgan V

nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining V nuqtaga tegishli tezlik vektori $\overline{u_B}$ ni quramiz. Xosil bo'lgan yangi vektorning davomida V dan dl_2 masofadagi S nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektori $\overline{u_C}$ ni quramiz.

$\overline{u_C}$ vektorning davomida dl_3 masofadagi D nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining $\overline{u_D}$ vektorini quramiz va h.k. Natijada AVSDE siniq chiziqni hosil qilamiz (3.1- rasm). Agar dl_1, dl_2, dl_3 larni cheksiz kichraytira borib, nolga intiltirsak, AVSDE o'rnida biror egri chiziqni hosil kilamiz. Bu egri chiziq oqim chizig'i deb ataladi.

YUqorida aytilgandan ko'rinib turibdiki, oqim chizig'i deb suyuqlik harakatlanayotgan fazoda olingan va berilgan vaqtda har bir nuqtasida unga o'tkazilgan urinma shu nuqtaga tegishli tezlik vektori yo'nalishiga mos keluvchi zgri chiziqqa aytiladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo'nalishi vaqt davomida o'zgarib turgani uchun traektoriya bilan oqim chiziri bir xil bo'lmaydi. Barqaror harakat vaqtida esa, tezlik vektori nuqtalarining vaziyati vaqt o'tishi bilan o'zgarmagani uchun, traektoriya bilan oqim chizig'i ustma-ust tushadi.

Oqim trubkasi. Endi, suyuqlik harakatlanayotgan soxada biror A nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik dl kontur ajratamiz va shu konturning har bir nuqtasidan oqim chizig'i o'tkazamiz. U holda oqim chiziqlari oqim trubkasi deb ataluvchi trubka hosil qiladi (3.2 - rasm). Oqim trubkasida harakatlanayotgan suyuqlik elementar oqimcha deb ataladi.

Harakat kesimi va elementar oqimcha uchun suyuqlik sarfi

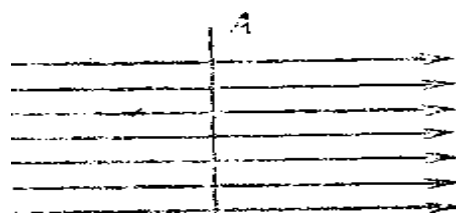
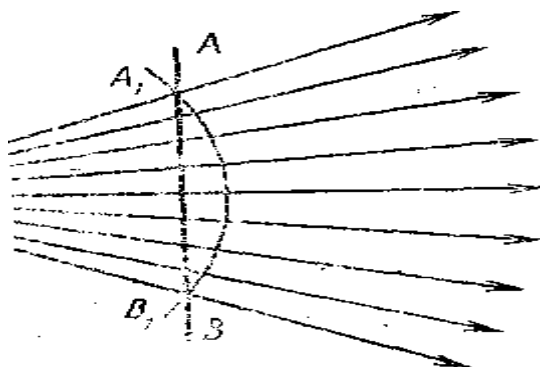
Suyuqlik harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega bo'lgan miqdorlardan biri harakat kesimidir.

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning har bir nuqtasida oqim chizig'i normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.



3.2 - $\square\square\square\square$. $\square_K\square\square$
 $\square\square\square\square\square\square$

Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo'lib (3.3-rasm), parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo'lagidan iborat (ya'ni tekis sirt)dir (3.3- rasm, a, v). Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo'lsa, o'zanda va trubada



3.3- $\square\square\square\square$. $X\square\square\square\square\square\square$ $\square\square\square\square\square\square$

harakat qilayotgan oqimning harakat kesimi tekis sirtidir (3.3-rasm).

Elementar oqimchalar barqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega bo'ladi:

1. Oqim chiziqlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmagani uchun ular tashkil topgan oqim trubkasi o'z shaklini o'zgartirmaydi.

2. Bir oqimchada oqayotgan suyuqlik zarrachasi boshqa yonma-yon oqimchalarga o'ta olmaydi. SHuning uchun elementar oqimchalarning yon sirti oqimcha ichidagi zarrachalar uchun ham, tashqaridagi zarrachalar uchun ham o'tkazmas sirt bo'ladi.

3. Elementar oqimcha ko'ndalang kesimi cheksiz kichik bo'lgani uchun bu kesimdagi barcha nuqtalarda suyuqlik zarrachalarining tezligi o'zgarmasdir.

Elementar oqimchaning harakat kesimidan vaqt birligida o'tayotgan suyuqlik miqdoriga uning sarfi deyiladi. Elementar oqimchaning sarfini hisoblash uchun tezlik u ni harakat tezligi ds ga ko'paytiramiz:

$$dq = u ds$$

Bu miqdorni soddalashtirib, elementar sarf deb ham atash mumkin.

Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Bernulli tenglamasini chiqarish uchun kinetik energiyaning o'zgarish qonunidan foydalanamiz. Harakat o'qi $l-l$ bo'lgan biror elementar oqimcha ajratib, uning 1 - 1 va 2 - 2 kesimlar ajratilgan bo'lagini olamiz. U holda bu bo'lak dt vaqtda harakat qilib, $1' - 1'$ va $2' - 2'$ kesimlar orasidagi vaziyatga keladi. (3,6 -rasm).

1 - 1 kesimning yuzasi ds_1 , bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch p_1 va tezlik u_1 bo'lsin, 2 - 2 kinetik yuzasi esa dS_2 unga ta'sir qiluvchi kuch p_2 , tezlik esa u_2 bo'lsin, kinetik energiyaning o'zgarish qonunini elementar oqimchaning ana shu harakatidagi bo'lagiga tadbiiq qilamiz. Bu qonunga asosan biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyasining o'zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlar bajargan ishlarning yig'indisiga tengdir. Buning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$d\left(\frac{mu^2}{2}\right) = \sum Pi \quad (3.7)$$

bu erda $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$ - kinetik energiyaning dt vaqtda o'zgarishi, $\sum Pi$ - barcha kuchlar bajargan ishlarning yig'indisi.

Endi, elementar oqimcha bo'lagining 1 - 1 va 2 - 2 kesimlar orasidagi vaziyatdan dt vaqt ichida $1' - 1'$ va $2' - 2'$ kesimlar orasidagi vaziyatga kelganda uning kinetik energiyasining o'zgarishini ko'ramiz. Harakat barqaror bo'lgani uchun bu o'zgarish 1 - 1 va $1' - 1'$ kesimlar orasidagi bo'lak bilan 2 - 2 va $2' - 2'$ kesimlar orasidagi bo'lak kinetik energiyalarning ayirmasiga teng.

1 - 1 va 1' - 1' kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi, uning massasi m_1 bo'lsa, $\frac{m_1 u_1^2}{2}$ ga teng bo'ladi. 2 - 2 va 2' - 2' kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi esa $\frac{m_2 u_2^2}{2}$ ga teng. Demak, ko'rilayotgan 1 - 1 va 2 - 2 kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi dt vaqtda quyidagi miqdorga o'zgaradi:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} \quad (3.8)$$

Ikkinchi tomondan, 1 - 1 va 1' - 1' kesimlar orasidagi bo'lak massasi uning hajmi $ds_1 \cdot dl_1$ bilan zichligining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho ds_1 dl_1$$

SHuningdek 2 - 2 va 2' - 2' kesimlar orasidagi bo'lakning massasi $m_2 = \rho ds_2 dl_2 \cdot dl_1$ va dl_2 lar dt vaqt ichida 1 - 1 va 2 - 2 kesimlarning yurgan yo'lini ko'rsatadi, shuning uchun

$$\left. \begin{aligned} dl_1 &= u_1 dt, \\ dl_2 &= u_2 dt. \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

u holda m_1 va m_2 uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$\begin{aligned} m_1 &= \rho ds_1 u_1 dt \\ m_2 &= \rho ds_2 u_2 dt \end{aligned}$$

Bu munosabatni (3.7) ga qo'ysak va uzluksizlik tenglamasidan $q = u_1 ds_1 = u_2 ds_2$ ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_1 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{\rho q dt u_2^2}{2} - \frac{\rho q dt u_1^2}{2} = \rho q dt u \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) \quad (3.10)$$

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Bu ishlar 1 - 1 va 2 - 2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajargan ishlaridir. Elementar oqimchaning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko'rinadi.

1 - 1 kesimga ta'sir etuvchi r_1 bosimning bajargan ishi A_1 2 - 2 kesimga ta'sir etuvchi r_2 bosimning bajargan ishi A_2 bilan belgilanadi.

3.6 - rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= p_1 ds_1 dl_1, \\ A_2 &= p_2 ds_2 dl_2 \end{aligned} \right\}$$

(3.9) ni nazarga olsak va uzluksizlik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= p_1 q dt, \\ A_2 &= p_2 q dt. \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

Og'irlik kuchi bajargan ishni A_3 deb belgilaymiz. Bu ish 1' - 1' va 2 - 2 kesimlar orasidagi bo'lak o'z vaziyatini saqlagani uchun 1 - 1 va 1' - 1' kesimlar orasidagi bo'lak bilan 2 - 2 va 2' - 2' kesimlar orasidagi bo'laklar markazlarining vertikal o'q bo'yicha vaziyatlari z_1 va z_2 farqiga ko'paytirilganiga teng:

$$A_3 = G(z_1 - z_2)$$

lekin,

$$\begin{aligned} G &= \gamma ds_1 \cdot dl_1 = \gamma ds_1 \cdot u_1 \cdot dt = \gamma q dt; \\ G &= \gamma ds_2 \cdot dl_2 = \gamma ds_2 \cdot u_2 \cdot dt = \gamma q dt; \end{aligned}$$

bo'lgani uchun

$$A_3 = \gamma q dt (z_1 - z_2) \quad (3.12)$$

Endi, (3.10), (3.11) va (3.12) larni (3.7) ga keltirib qo'ysak, elementar oqimcha uchun kinetik energiyani o'zgarish qonunini hosil qilamiz:

$$p \cdot q dt \cdot \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) = p_1 q dt - p_2 q dt + \gamma q dt (z_1 - z_2)$$

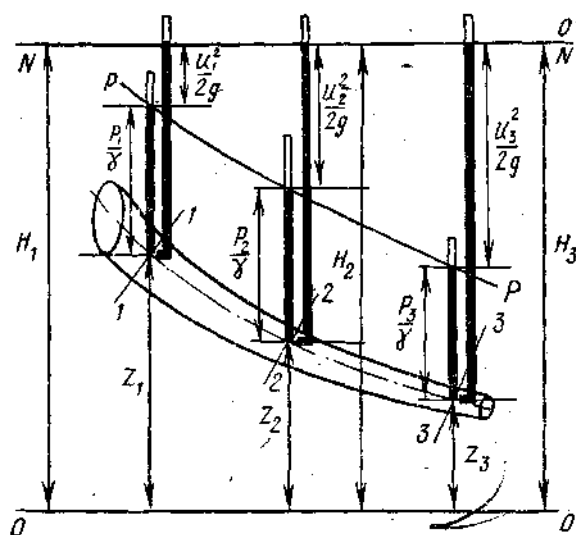
bu erda r_2 kuch suyuqlik harakatiga teskari yo'nalgan bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi had A_2 manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini $\gamma q dt$ ga bo'lsak, u holda

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} + z_1 - z_2$$

Bir xil indeksli hadlarni gruppalar joylashtirsak, Bernulli tenglamasi hosil bo'ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (3.13)$$

SHunday qilib, oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyani o'zgarish qonunini ifodalaydi.



3.7-rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma`nosini tushuntirishga doir sxema.

Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik xossalari. Pezometrik chiziq

Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1 – 1, 2 – 2, va 3 – 3 kesimlarini ko`ramiz (3.7 - rasm). Bu kesimlarning og`irlik markazi biror 0 – 0 tekisligidan z_1 , z_2 va z_3 masofalarda bo`lsin. Bular qiyosiy tekislik 0 – 0 dan elementar oqimchaning geometrik balandliklarini ko`rsatadi. Endi, qabul qilingan 1 - 1, 2 - 2 va 3 - 3 kesimlar tekisliklari markazida pezometr va uchi egilgan shisha trubkachalar o`rnatamiz. Bu holda pezometrlarda suyuqlik kesimlar og`irlik markaziga nisbatan ma`lum balandlikka ko`tariladi. Bu ko`tarilish gidrostatik qismida ko`rganimizdek kesimlarda quyidagiga teng bo`ladi:

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}, \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma}, \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma}$$

h_1 , h_2 , h_3 lar pezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda pezometrlar yordamida truba va boshqa idishlarda harakat qilayotgan suyuqlikning gidrostatik bosimi o`lchanadi.

Uchi egilgan naychalarda suyuqlik pezometrdagiga qaraganda balandroqqa ko`tariladi. Buning sababi shundaki, shisha naylarning egilgan uchi suyuqlik harakati yo`nalishida bo`lib, gidrostatik bosim paydo bo`ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inertsia kuchi qo`shimcha bosim vujudga kelishiga sabab bo`ladi. Uchi egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagi miqdorlarga ega bo`ladi:

$$h'_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}, \quad h'_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}, \quad h'_3 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}.$$

Pezometrdagi suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h'_1 - h_1 = \frac{u_1^2}{2g},$$

$$h_2' - h_2 = \frac{u_2^2}{2g},$$

$$h_3' - h_3 = \frac{u_3^2}{2g},$$

larga teng bo'ladi va *tezlik balandligi* deyiladi. SHunday qilib, geometrik nuqtai nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagicha ataladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ - suyuqlikning tegishli kesimlaridagi tezlik bosimi (balandligi);

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ - pezometrik balandliklar;

z_1, z_2, z_3 - geometrik balandliklar (tegishli kesimlarning og'irlik markazi 0 - 0 tekisligidan qancha balandlikda turishini ko'rsatadi).

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ lar uzunlik birliklarida o'lchanadi. Pezometrda suyuqlik balandliklarini

birlashtirsak, hosil bo'lgan chiziq pezometrik chiziq ($R - R$) deyiladi. Bernulli tenglamasida tezlik balandligi, pezometrik va geometrik balandliklarning umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 3.7 – rasmda $N - N$ chiziq bilan belgilanadi va suyuqlikning bosim (dam) chizig'i deb ataladi.

Gidrodinamikada bu uchta balandlik $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ ning yig'indisi suyuqlikning to'liq bosimi (dami) deb ataladi va N bilan belgilanadi:

$$I = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const} \quad (3.14)$$

Bu aytilganlar ideal elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o'zgarish qonuniga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonunidir. Bernulli tenglamasi (3.13) ning chap tomoni elementar oqimchanning 1 - 1 kesimidagi to'liq solishtirma energiyasi bo'lib, u 2 - 2 kesimdagi to'liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o'zgarmas miqdordir.

Bu erda solishtirma energiya deb og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdoriga aytiladi. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi hadlarining energetik ma'nosi quyidagicha bo'ladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ - elementar oqimchanning 1 - 1, 2 - 2, 3 - 3 kesimlariga tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

$\frac{p_1}{\gamma} + z_1; \frac{p_2}{\gamma} + z_2; \frac{p_3}{\gamma} + z_3;$ - elementar oqimcha kesimlari uchun solishtirma potentsial energiya;

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ - kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya;

z_1, z_2, z_3 - kesimlarga tegishli og'irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma holat energiyasi.

Suyuqlik harakati vaqtida mexanikaniig qonunlariga asosan ish bajariladi. SHu bajarilgan ishlar bo'yicha Bernulli tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin: ikkita kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasi (3.13) shu ikki kesimda tegishli hadlarining ayirmalaridan tashkil topadi:

$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}$ - kinetik energiyaning birlik og'irlik uchun o'zgarishi;

$\frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ - bosim kuchi bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi;

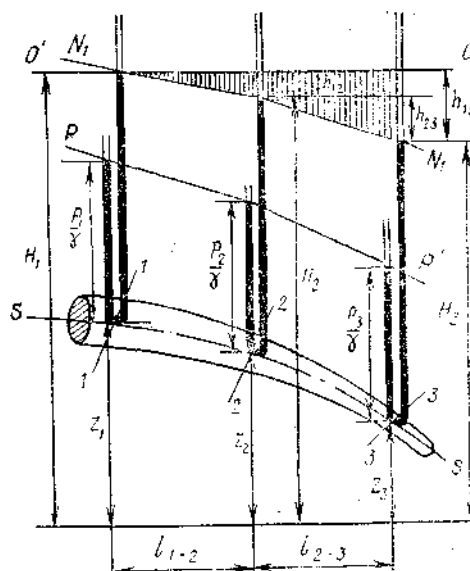
$z_1 - z_2$ - og'irlik bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi.

Bu aytilganlardan xulosa qilib aytish mumkinki, suyuqlik harakat qilayotganda solishtirma kinetik va solishtirma potentsial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmaydi.

Real suyuqliklar elemetar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Endi real suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining grafisini chizamiz (3.8 - rasm). Buning uchun harakat o'qi S - S, 1 - 1, 2 - 2 va 3 - 3 kesimlardagi tezliklar u_1, u_2, u_3 bosimlari p_1, p_2, p_3 bo'lgan elementar oqimcha olamiz. Hosil bo'lgan oqimcha uchun kesimlarda pezometr va uchi egilgan shisha naycha olamiz. Pezometrlardagi suyuqlik balandliklar tutashtirib, pezometrik chiziq hosil qilamiz. Uchi egik naychalarda suyuqlik balandliklarini tutashtirib, suyuqlik bosimi chizig'ini olamiz. Bu olingan grafikni ideal suyuqlikning elementar oqimchasi uchun olingan grafik (3.7-rasm) bilan solishtiramiz. Natijada ideal suyuqliklar uchun suyuqlikning birinchi kesimidagi gidrodinamik bosimi N_1 ning ikkinchi va uchinchi kesimlardagi gidrodinamik bosimlarga tengligini, ya'ni $N_1 = N_2 = N_3 = \text{const}$ ekanligini, real suyuqliklar uchun esa birinchi kesimdagi gidrodinamik bosim H_1 ning ikkinchi va uchinchi kesimlardagi bosimlarga teng emasligini, ya'ni $H_1 \neq H_2 \neq H_3$ ekanligini ko'ramiz. 3.8 - rasmdan ko'rinib turibdiki, bu tengsizlik quyidagicha ifodalanadi:

$$H_1 > H_2 > H_3$$



3.8-☐☐☐☐. ☐☐☐☐ ☐☐☐☐K☐☐☐
☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐
☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐
☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

Demak, real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat kilganda solishtirma energiyaning ma'lum bir kismi yo'qotilar ekan. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi bu yo'qotishni h_{1-2} bilan belgilaymiz. Bunda indeks orasida yo'qotish bo'layotgan kesimlar nomerini ko'rsatadi. Masalan, ikkinchi va uchinchi kesim orasida yo'qotish h_{2-3} birinchi va uchinchi kesim orasidagi yo'qotish h_{1-3} va h.k. Aytilgan yo'qotishning mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin. Real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik mavjud bo'ladi va uni engish uchun albatta ma'lum bir miqdorda energiya sarflash kerak bo'ladi. Bu sarflangan energiya ko'rilayotgan harakat uchun tiklanmaydi. YUqorida keltirilgan tengsizlik ana shu yo'qotilgan energiya hisobiga hosil bo'ladi. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi yo'qotilgan solishtirma energiya gidravlik bosimlar ayirmasiga teng:

$$h_{1-2} = H_1 - H_2$$

YUqorida ko'rilganga asosan:

$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1$$

$$H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

bunda

$$h_{1-2} = \left(\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)$$

natijada quyidagi tentlamani olamiz:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2}.$$

Olingan tenglama real suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir. Bu tenglama ideal suyuqlik elementar oqimchasining tenglamasidan o'ng tomondagi to'rtinchi hadi h_{1-2} bilan farq qiladi. Bu had 1 - 1 va 2 - 2 kesimlar orasida bosimning kamayishini ko'rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan had bo'lmaydi. YUqorida aytilganidek, oqim cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan. Demak, oqim uchun Bernulli tenglamasini elementar oqimchalar energiyalarini harakat kesimi bo'yicha integrallash yo'li bilan chiqarish mumkin:

$$\int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} d\omega + \int_{\omega_1} \frac{p_1}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_1} z_1 d\omega = \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} d\omega + \int_{\omega_2} \frac{p_2}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_2} z_2 d\omega + \int_{\omega_2} h_{1-2} d\omega \quad (3.16)$$

Oqimning har bir elementar oqimchasi uchun tezlikni hisoblash qiyin bo'lgani uchun (3.16) tenglamadagi integrallarni hisoblash juda murakkab. SHuni nazarga olib, oqim uchun Bernulli tenglamasidagi tezliklar o'rtacha tezlik v bilan almashtiriladi. Bu Bernulli tenglamasidan foydalaniladigan hisoblash ishlarida katta qulaylik tug'diradi. Bu holda elementar oqimchanning geometrik balandligi bo'yicha integral oqim harakat kesimi og'irlik markazining geometrik balandligiga, bosim bo'yicha integral esa ana shu geometrik badandlikdagi nuqtaga qo'yilgan

bosimga aylanadi. Elementar oqimchanmng 1 - 1 va 2 - 2 kesimlari bo'yicha, bosimning kamayishi bo'yicha integral oqim uchun bosimning o'rtacha kamayishiga aylanadi. Solishtirma kinetik energiya integralini tezlikning o'rtacha qiymati bo'yicha kinetik energiya bilan almashtirsak, uning miqdori kamayib qoladi. Integral cheksiz ko'p miqdorlarning yig'indisi bo'lgani uchun buni kvadratlar yig'indisi misolida ko'ramiz. Masalan,

$$u_1 = 10M/c, u_2 = 11M/c, u_3 = 9M/c.$$

$u_4 = 12M/c, u_5 = 8M/c$ bo'lsin, U holda o'rtacha tezlik

$$u = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} = 10M/c.$$

tezliklar kvadratlarining o'rtacha qiimati

$$\frac{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}{5} = \frac{510}{5} = 102M^2/c.$$

O'rtacha tezlikning kvadrati esa $v^2 = 100M^2/c$. Bundan ko'rinib turibdiki, tezlik kvadratlarining o'rtacha qiymati o'rtacha tezlik kvadratidan katta ekan. SHunday qilib, quyidagi tengsizlik to'g'ri ekanligini ko'rish mumkin:

$$\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} d\omega > \frac{v^2}{2g} \omega.$$

Bu tengsizlikni integrallash yo'li bilan ham hisoblash mumkin. Bu xatoni tuzatish uchun Bernulli tenglamasshing birinchi hadiga α koeffitsientini kiritamiz. Bu koeffitsient tezlikning bir tekis miqdorda bo'lmasligini ifodalaydi va Koriolis koeffitsienti deb ataladi. U holda

$$\alpha = \frac{\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} d\omega}{\frac{v^2}{2g} \omega}. \quad (3.17)$$

SHunday qilib, yuqorida aytilganlarga asosan (3.16) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + H_{1-2} \quad (3.18)$$

Bu erda α_1, α_2 - birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi koeffitsient; N_{1-2} - birinchi va ikkinchi kesimlar uchun bosimning kamayishi (yo'qotish).

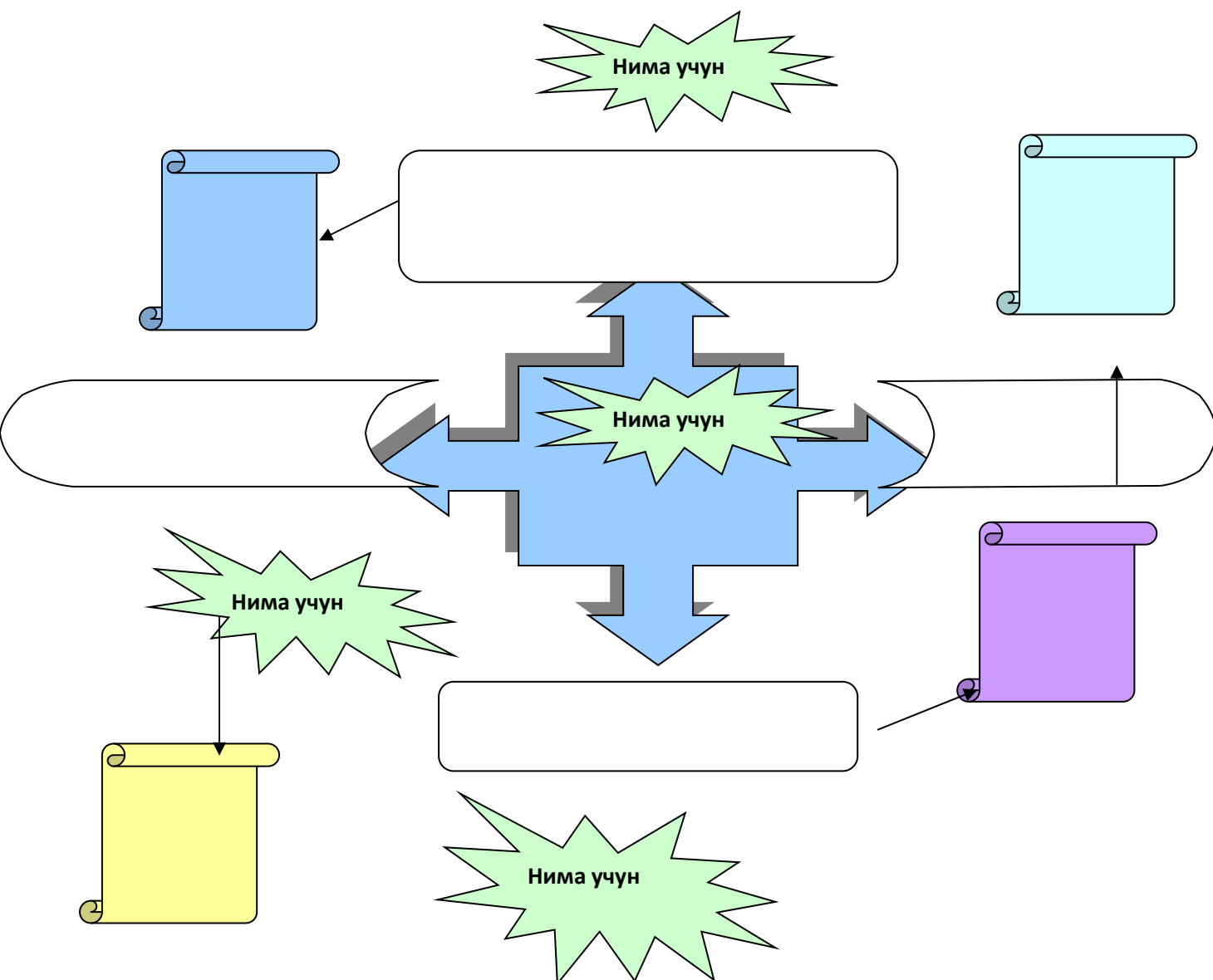
Oqim uchun hosil qilingan Bernulli tenglamasida qolgan boshqa hadlar elementar oqimcha uchun bu erda ham Bernulli tenglamasidagi kabi ataladi. Olingan Bernulli tenglamasi gidrodinamika masalalarini hal qilishda eng muhim tenglama bo'lib, u barqaror harakatlar uchun tatbiq qilinadi va tezlik harakat kesimi bo'yicha qancha kam o'zgarsa, shuncha kam xatolik beradi.

“Mantiqiy bog'lanish” jadvali

Mantiqiy bog`lanish		
Bernulli tenglamasining geometrik mazmuni	Bernulli tenglamasining energetik mazmuni.	Bernulli tenglamasining fizik mazmuni.

3-ilova

“Nima uchun” chizmasi



4-Mavzu Laminar va turbulent harakat. Bernulli tenglamasi.

Dars rejasi

- 1.Laminar va turbulent harakat haqida tushincha
- 2.Gidrodinamik o'xshashlik haqida tushuncha. Hidrodinamik hodisalarni modellash
- 3.Tekis va notekis harakat haqida tushuncha
- 4.Bosimli va bosimsiz harakat.

Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikka butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadiki, suyuqlikning parallel oqimchali tartibi buziladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O. Reynolds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon ilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan o'lchami ko'paytmasining qovushoqlik kinematik koeffitsientiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning sharafiga Reynolds soni deb ataladi va Re bilan belgilanadi. TSilindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3.32)$$

Turli shakldagi notsilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$Re = \frac{v \cdot d_{\text{экв}}}{\nu} = \frac{v \cdot 4R}{\nu} \quad (3.33)$$

bu erda d - trubaning ichki diametri; $d_{\text{экв}}$ - o'zan yoki notsilindrik trubaning ekvivalent diametri (31 - § ga qarang); R - gidravlik radius.

Texnikada gidravlik qurilmalarni yaratishda yoki tabiatdagi biror hodisani tekshirish uchun laboratoriya sharoitida uning kichraytirilgan modellari yordamida tajribalar o'tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi

Barqaror harakatning ikki turi bo'lishi mumkin: tekis va notekis harakat. Suyuqlik zarrachasi vaqt o'tishi bilan harakat yo'nalishi bo'yicha harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligi o'zgarib borsa, bunday harakat notekis harakat bo'ladi.

Agar suyuqlik zarrachasi vaqt o'tishi bilan harakat yo'nalishi bo'yicha harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligini o'zgartirmasa, bunday harakat tekis harakat bo'ladi.

Bosimli harakat deb bosim va og'irlik ta'sirida sodir bo'ladigan harakatlarga aytiladi. Bosimli harakat vaqtida suyuqlik har tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi. Bosimli harakatga quvurlarda bosim ta'sirida oqayotgan suyuqlikning harakati misol bo'ladi.

Bosimsiz harakat vaqtida suyuqlik faqat og'irlik kuchi ta'sirida harakat qilib, erkin sirtga ega

bo'ladi. Bosimsiz harakatga daryolardagi, kanallardagi va to'lmasdan oqayotgan trubalardagi suvning harakatlari misol bo'ladi.

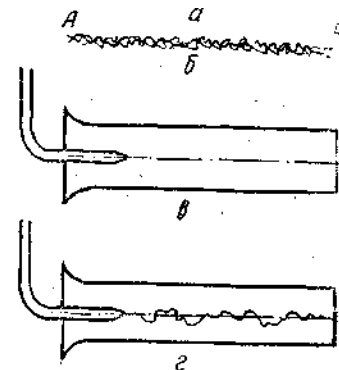
Ko'p hollarda truboprovodlardagi harakatlar tekis harakat bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu xolda harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bunda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlar ta'sirida truboprovodlardagi harakat tezligi har xil bo'lishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari tartibli yoki tartibsiz harakat qiladi. Bu harakatlar asosan ikki xil bo'ladi: *laminar* harakat va *turbulent* harakat.

Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat - qavat bo'lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi. Boshqacha aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar harakat fazosida biror A nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo'ladi. Harakat natijasida shu zarracha A nuqtadan siljib, uning o'rnini boshqa zarra egallaydi. Ikkinchi zarracha ham A nuqtada to'xtab turmaydi va uning o'rnini uchinchi zarracha egallaydi va h. k. Endi, A nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror V nuqtaga AV chizig'i bo'yicha kelsa (3.18-rasm, a), uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham A nuqtadan V nuqtaga AV chizig'i bo'yicha qolsa, uchinchi zarracha ham aniq AV chizig'i bo'yicha harakatlansa va A nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham AV chizig'i orqali (3.18-rasm, a) V nuqtaga kelsa, bunday harakatga laminar harakat deyiladi. Ba'zan laminar harakatning bunday tartibi parallel oqimchali yoki tinch harakat deb ham ataladi.

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha trubaning boshlang'ich kesimiga pshsha naycha orqali rangli suyuqlik qo'yib yuboriladi, bunda rangli suyuqlik aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'yicha oqimcha ko'rinishida ketadi (3.18-rasm, e). Agar suyuqlikning tezligini oshira borsak, harakat tartibi o'zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tgandan keyin zarrachalarning kinetik energiyasi ko'payib ketishi natijasida ular ko'ndalang yo'nalishda harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib, energiyasining bir qismini yo'qotadi va yana o'z qavatiga qaytib keladi. Oqimning tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakatga *turbulent* harakat deyiladi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

YUqorida aytganimizdek A nuqtadan o'tayotgan zarrachalarni ko'rsak, birinchi zarracha V nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri chiziq bo'yicha keladi. Hatto u V nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchisining ketidan kelayotgan ikkinchi zarracha ham A dan V ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa A dan V ga uchinchi egri-bugri chiziq bilan keladi. SHunday qilib, turbulent harakatda ixtiyoriy A nuqtadan o'tuvchi har bir suyuqlik zarrachasi V nuqtaga o'ziga xos egri chiziq bilan kelada (3.18- rasm, b),



3. 18-рasm. Турбулент ва ламинар ҳаракатга доир

baʼzi zarrachalar V nuqtaga kelmasligi ham mumkin. Yuqorida aytilgan usul bilan trubada oqayotgan suyuqlik oqimining boshlangʻich kesimida rang qoʻshib yuborsak, u tezlikning maʼlum bir miqdoridan boshlab egri chiziqli boʻyicha ketadi (3.18- rasm, g). Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikka butunlay aralashib ketadi. Bundan koʻrinadiki, suyuqlikning parallel oqimchali tartibi buziladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O. Reynolds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda eʼlon qilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan oʻlchami koʻpaytmasining qovushqlik kinematik koeffitsientiga nisbatidan iborat oʻlchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning sharafiga Reynolds soni deb ataladi va Re bilan belgilanadi. TSilindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3.32)$$

Turli shakldagi notsilindrik trubalar va oʻzanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha oʻlchanadi:

$$Re = \frac{v \cdot d_{\text{ekv}}}{\nu} = \frac{v \cdot 4R}{\nu} \quad (3.33)$$

bu erda d - trubaning ichki diametri; d_{ekv} - oʻzan yoki notsilindrik trubaning ekvivalent diametri (31 - § ga qarang); R - gidravlik radius.

Reynolds aniqlashicha, yuqorida aytilgan oʻlchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida harakat laminar boʻlib, uning ortib borishi natijasida turbulent harakatga aylanadi. (3.32) dan koʻrinib turibdiki, Reynolds soni Re ortishi uchun yoki tezlik, yoki truba diametri ortishi yoki boʻlmasa, qovoʻshqlik kinematik koeffitsienti kamayishi kerak.

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga oʻtishi Reynolds soni Re ning maʼlum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynolds kritik soni deb ataladi va Re_{kr} bilan belgilanadi. Bu son tsilindrik trubalar uchun $Re_{kr}=2320$ ga teng. Agar oqimni juda silliq trubada har qanday turtki va tebranishlardan xoli boʻlgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan va hatto undan bir necha marotaba ortiq boʻlishi mumkin. Lekin Reynolds soni maʼlum bir qiymatdan oʻtganidan keyin harakat (har qanday ehtiyot choralari koʻrilmasin) albatta turbulent boʻladi. Bu son Reynolds yuqori kritik soni deb ataladi va $Re_{kr,yuq}=10000$ ga teng boʻladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik $Re_{kr}=2320$ soni Reynolds quyi kritik soni deb ataladi. Re Reynolds soni $Re_{kr,q}$ dan kichik boʻlganda barqaror laminar harakat boʻladi, u $Re_{kr,yuq}$ dan katta boʻlganda esa turbulent harakat barqarorlashgan boʻladi. Agar Reynolds soni bu ikki miqdor oʻrtasida, yaʼni $Re_{kr,q} < Re < Re_{kr,yuq}$ boʻlsa, turbulent harakat beqaror boʻlib bu holatni oʻtkinchi tartib deyiladi. SHunday qilib, suyuqlik harakatida asosan ikki tartib: laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud boʻlib, ular Reynolds soniga bogʻliq:

- 1) laminar tartib — $Re < 2320$ da,
- 2) oʻtkinchi tartib — $2320 < Re < 10000$ da,

3) barqarorlashgan turbulent tartib — $Re > 10000$ da. Suyuqlik harakatini tekshirishda va turli gidrosistemalarni hisoblashda harakat tartibining qanday boʻlishiga qarab, foydalaniladigan

formulalar va miqdorlar turlicha bo'ladi. SHuning uchun turli hisoblash ishlarini bajarishdan oldin harakat tartibi laminar yoki turbulent ekanligini (3.32) formula orqali aniqlab olish zarur.

Suyuqliklarda ichki qarshiliklar ham harakat tartibiga qarab har xil hisoblanadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, laminar harakatda bosimning pasayishi o'rtacha tezlikning birinchi darajasiga

$$H_{1-2} = K_L \cdot v$$

turbulent harakatda esa uning n darajasiga proporsional bo'ladi:

$$H_{1-2} = K_T \cdot v^n$$

bu erda K_L , K_T - laminar va turbulent harakat uchun proporsionallik koeffitsientlari; n - daraja ko'rsatkichi, u 1,75 va 2 orasida o'zgaradi. Reynolds soni ortishi bilan daraja ko'rsatkichi n ortadi. Barqaror turbulent harakat bo'lganda n = 2 bo'ladi.

Gidrodinamik o'xshashlik haqida tushuncha. Gidrodinamik hodisalarni modellash

Texnikada gidravlik qurilmalarni yaratishda yoki tabiatdagi biror hodisani tekshirish uchun laboratoriya sharoitida uning kichraytirilgan modellari yordamida tajribalar o'tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi. Modellarni yasash va ulardan olingan natijalarni naturaga o'tkazish uchun model bilan natural hodisani o'zaro bog'lovchi qonuniyatlarni bilish zarur bo'ladi. Natura bilan model o'rtasidagi bu qonuniyatlar o'xshashlik qonuniyatlari deb ataladi va ularni o'xshashlik hamda modellash nazariyasi tekshiradi.

Ikki fizik protsessning o'xshash bo'lishi uchun uning barcha parametrlari ma'lum bir munosabatda bo'lishi kerak va bu munosabatlar turli parametrlar uchun turlicha bo'ladi.

Ikki xil hodisa bir-biriga o'xshash bo'lishi uchun, birinchidan, ularning geometrik parametrlari, ikkinchidan kinematik va dinamik parametrlari o'xshash bo'lishi kerak.

Misol uchun suvning tabiatda yoki texnikada kuzatilayotgan harakatida kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lsa, uning modelida geometrik va kinematik o'xshashlik bo'lishidan tashqari, xuddi shunday kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lishi kerak. Xodisalarning o'xshashligi fizik o'xshashlik, vaqt o'xshashligi, chegaraviy shartlarning o'xshashligini ham o'z ichiga olishi kerak. Bular ikki o'xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatga ega bo'lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o'lchamlari $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ birinchisiga o'xshash, ikkinchi hodisaning uzunlik o'lchamlari esa $l_1^1, l_2^1, l_3^1, \dots, l_n^1$ bo'lsin. U holda, agar

$$\frac{l_1}{l_1^1} = \frac{l_2}{l_2^1} = \frac{l_3}{l_3^1} = \dots = \frac{l_n}{l_n^1} = const \quad (3.34)$$

bo'lsa, bu hodisalar geometrik o'xshash bo'ladi. Xususan $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ trubaning uzunligi, diametri, tezlik yoki boshqa parametri o'lchanayotgan nuqtaning koordinatalari va h. k bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ va $v_1^1, v_2^1, v_3^1, \dots, v_n^1$ bo'lsin.

$$\frac{v_1}{v_1^1} = \frac{v_2}{v_2^1} = \frac{v_3}{v_3^1} = \dots = \frac{v_n}{v_n^1} = const \quad (3.35)$$

bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Xususan $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ o'lchash olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

SHu ikki hodisa uchun:

$$\frac{t_1}{t_1^1} = \frac{t_2}{t_2^1} = \frac{t_3}{t_3^1} = \dots = \frac{t_n}{t_n^1} = \text{const} \quad (3.36)$$

bo'lsa, ularda vaqt o'xshashligi mavjud.

YUqorida keltirilgan (3.34), (3.35), (3.36) nisbatlarning tengligini ifodalovchi o'zgarmas miqdorlar o'xshashlik doimiysi deb ataladi va uzunlik a_l , tezlik a_v , vaqt a_t , bilan belgilanadi. SHuningdek, tezlanish uchun a_a , zichlik uchun a_p , yopishqoqlik uchun a_μ va hokazo o'xshashlik doimiylarini kiritish mumkin. O'xshashlik nazariyasida yuqorida keltirilgan o'xshashlik doimiylari ikki o'xshash hodisa uchungina taalluqli bo'lmay, bir qancha o'xshash hodisalar uchun ham taalluqli bo'lsa, u holda ular o'xshashlik aniqlovchisi deb ataladi. o'xshashlik aniqlovchilarining o'xshashlik doimiysidan yana bir farqi shundaki, ular bir qancha turli o'lchamlar kombinatsiyasining nisbati sifatida ko'rilishi mumkin.

Masalan,

$$\frac{v_1 \cdot l_1 v_1}{v_1 v_1^1 l_1^1} = \frac{v_2 \cdot l_2 v_2}{v_2 v_2^1 l_2^1} = \dots = \frac{v_n \cdot l_n v_n}{v_n v_n^1 l_n^1}$$

Agar o'xshashlik aniqlovchisi oddiy o'lchamlar nisbati bilan ifodalansa ularga simplekslar deyiladi. Agar o'xshashlik aniqlovchisi o'lchamlarning murakkab kombinatsiyasi nisbati sifatida ifodalansa, u holda ularga o'xshashlik kriteriylari deyiladi. Misol sifatida Nyutonning ikkinchi qonunini ko'ramiz. Birinchi hodisa uchun

$$F_1 = m_1 \frac{dv_1}{dt} \quad (3.37)$$

ikkinchi hodisa uchun

$$F_2 = m_2 \frac{dv_2}{dt} \quad (3.38)$$

Ikkinchi hodisa uchun o'xshashlik doimiylari a_f, a_m, a_v, a_t larni kiritsak (3.38) birinchi hodisa parametrlari orqali quyidagicha ifodalanadi;

$$a_f F = a_m \frac{av}{at} m, \frac{dv_1}{dt}$$

yoki

$$\frac{a_f a_t}{a_m a_v} F_1 = m_1 \frac{dv_1}{dt} \quad (3.39)$$

(3.38) bilan (3.39) lar ikki o'xshash hodisalar uchun yozilganligi sababli ular bir xil bo'lishi kerak. Buning uchun o'xshashlik doimiylaridan tashkil topgan quyidagi o'zgarmas miqdor birga teng bo'lishi kerak:

$$c = \frac{a_f a_t}{a_m a_v} = 1;$$

bundan

$$\frac{\frac{F_1}{m_1} \cdot \frac{t_1}{v_1}}{\frac{F_2}{m_2} \cdot \frac{t_2}{v_2}} = 1 \quad \text{yoki} \quad \frac{F_1 t_1}{m_1 v_1} = \frac{F_2 t_2}{m_2 v_2}$$

Bu munosabatni bir necha o'xshash hodisalar uchun umumlashtirsak, quyidagi o'xshashlik aniqlovchisini hosil qilamiz:

$$Ne = \frac{Ft}{m \cdot v} = const;$$

bunga *Nyuton kriteriysi* deyiladi.

Gidrodinamik o'xshashlikni quyidagi kriterial miqdorlar aniqlaydi: *struxal kriteriysi* yoki *gomoxronlik kriteriysi*:

$$Sh = \frac{[l]}{vt}; \quad (3.40)$$

Reynolds kriteriysi:

$$R_e = \frac{v \cdot l}{\nu}; \quad (3.41)$$

Eyler kriteriysi:

$$E_u = \frac{p}{\rho v^2}; \quad (3.42)$$

Frud kriteriysi:

$$F_r = \frac{v^2}{gl} \quad (3.43)$$

YUqorida ko'rib o'tilganlardan gidrodinamika o'xshashlik to'rtta tenglikning bajarilishi bilan ta'minlanadi. Bundan kelib chiqadiki, bu kriterial miqdorlar o'rtasida qandaydir munosabat mavjud bo'lib, ular quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\phi(Sh, R_e, E_u, F_r) = 0 \quad (3.44)$$

Agar harakat barqaror bo'lsa, u xolda (3.44) ning o'rniga

$$\varphi_2(R_e, E_n, F_2) = 0 \quad (3.45)$$

munosabatdan foydalanamiz.

(3.44) va (3.45) munosabatlar kriteriyal tenglamalar deb ataladi. Kriterial tenglamalardan foydalanish uchun tekshirilayotgan hodisaning modelini laboratoriya sharoitida yaratib, unda eksperimentlar o'tkazamiz. Eksperimentdan olingan natijalardan esa (3.44) yoki (3.45) tenglamani aniqlangan ko'rinishga keltirish uchun foydalanamiz. Ko'p xollarda (3.45) tenglamani ham soddalashtirib, og'irlik kuchi harakatga kam ta'sir etadigan hollarda

$$\varphi_3(R_e, E_u) = 0 \quad (3.46)$$

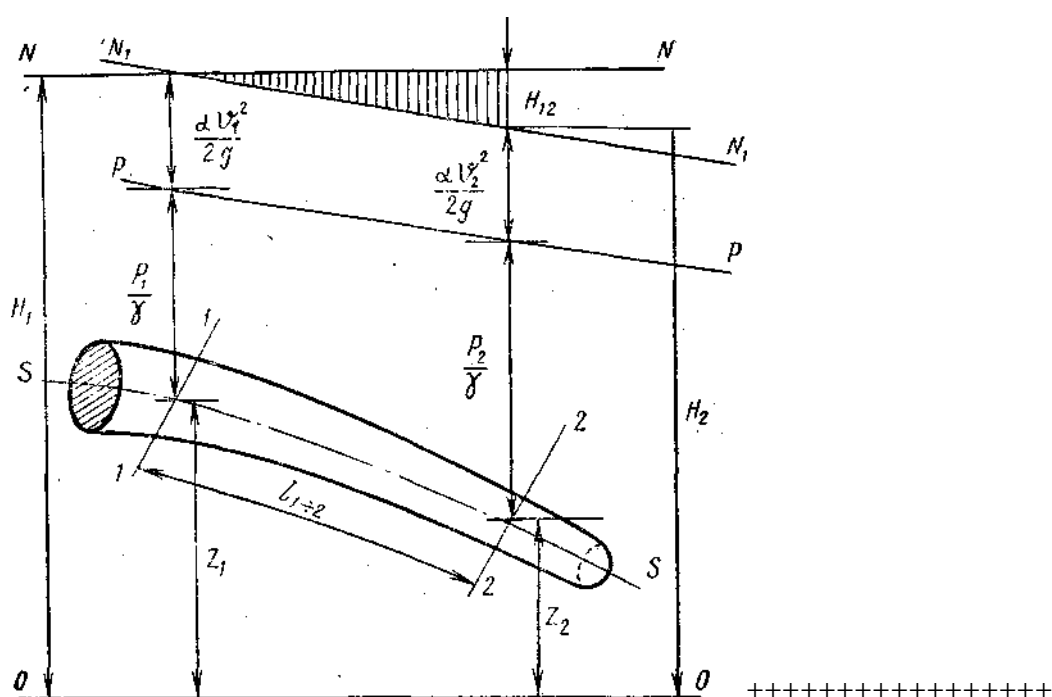
ko'rinishda qo'llaymiz. Oxirgi tenglama yuqori bosim ostida bo'ladigan hodisalar uchun yaqin keladi.

Tekis va notekis harakat haqida tushuncha

Barqaror harakatning ikki turi bo'lishi mumkin: tekis va notekis harakat. Suyuqlik zarrachasi vaqt o'tishi bilan harakat yo'nalishi bo'yicha harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligi o'zgarib borsa, bunday harakat notekis harakat bo'ladi. Notekis xarakatda suyuqlik ichida bosim va boshqa gidravlik parametrlar o'zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o'zgaruvchan shisha trubada kuzatish qulaydir.

Agar suyuqlik zarrachasi vaqt o'tishi bilan harakat yo'nalishi bo'yicha harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligini o'zgartirmasa, bunday harakat tekis harakat bo'ladi. Tekis harakatda suyuqlikning gidravlik parametrlari o'zgarmaydi. Tekis harakatga kesimi o'zgarmaydigan trubalarda va qiyaligi bir xil kanallardagi suyuqlik oqimining harakati misol bo'la oladi.

Gidravlikada hisoblashlarni bajarishda va suyuqlikdagi kuchlarni hisoblashda gidravlik hamda pezometrik qiyaliklardan



3.19-rasm. Hidravlik qiyaliklarga doir sxema.

foydalaniladi. Hidravlik qiyalik deb bosim chizig`ining uzunlik birligiga to`g`ri kelgan pasayishiga aytiladi.

3.19-rasmda oqim uchun bosim chiziqlari va pezometrik chiziqlar keltirilgan. Bu chiziqlar aslida egri chiziq bo`lib, rasmda to`g`ri chiziq ko`rinishida tasvirlangan. Hidravlik qiyalikning ta`rifidan ko`rinib turibdiki, uning o`rtacha qiymati 1 - 1 va 2 - 2 kesimlar orasidagi qiyalik orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$I = \frac{\left(\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_1 \right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}} \quad (3.47)$$

bu erda l_{1-2} - birinchi va ikkinchi kesim orasidagi masofa;

H_{1-2} - shu masofa orasida bosimning pasayishi.

Agar bosim chizig`i egri chiziq bo`lsa, u holda gidravlik qiyalik differentsial ko`rinishda yoziladi:

$$I = \frac{dH}{dl} = - \frac{d \left(\frac{\alpha v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \right)}{dl}$$

Pezometrik qiyalik deb pezometrik chiziqning uzunlik birligiga to`g`ri kelgan pasayishiga aytiladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (3.19-rasm) o`rtacha pezometriq qiyalik quyidagicha aniqlanadi.

$$I_{p1-2} = \frac{\left(\frac{p_2}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}} \quad (3-48)$$

Pezometrik chiziq egri chiziqdan iborat bo`lganda pezometrik qiyalik differentsial ko`rinishda aniqlanadi:

$$I_p = - \frac{d \left(\frac{P}{\gamma} + z \right)}{dl}$$

Tekis harakat vaqtida tezlik o`zgarmaganligi ( $v_1 = v_2$  bo`lgani) uchun gidravlik va pezometrik qiyaliklar teng bo`ladi.

Bosimli va bosimsiz harakat

Suyuqlik oqimida bosimning ta`siriga qarab bosimli va bosimsiz harakatlar bo`ladi.

Bosimli harakat deb bosim va og'irlik ta'sirida sodir bo'ladigan harakatlarga aytiladi. Bosimli harakat vaqtida suyuqlik har tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi. Bosimli harakatga quvurlarda bosim ta'sirlarda oqayotgan suyuqlikning harakati misol bo'ladi.

Bosimsiz harakat vaqtida suyuqlik faqat og'irlik kuchi ta'sirida harakat qilib, erkin sirtga ega bo'ladi. Bosimsiz harakatga daryolardagi, kanallardagi va to'lmasdan oqayotgan trubalardagi suvning harakatlari misol bo'ladi.

5-Mavzu: Gidroprivod. Gidravlik zarba.	
<u>Dars maqsadi:</u> Suyuqliklar turbulent xarakatining xususiyatlari. to'g'risida ma'lumot berish	
	<u>Dars rejasi:</u>
1) Suyuqliklar turbulent xarakatining xususiyatlari.	
2) Tezlik va bosim pulsatsiyalari	
3) Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi. Trubalarda bosimning kamayishi	

SUYUQLIKLAR TURBULENT XARAKATINING XUSUSIYATLARI.

Suyuqliklarning turbulent harakati tabiatda va texnikada eng ko'p tarqalgan bo'lib, gidravlik xodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Bu harakat juda ko'p tekshirilgan bo'lishiga qaramay hozirgacha xarakatning turbulent turi uchun umumlashgan nazariya yaratilgan emas. SHuning uchun xam turbulent oqimlarni hisoblashda yarim empirik nazariyalardan foydalanish bilan bir qatorda, ko'p hollarda tajriba natijalari va empirik formulalardan foydalanishga to'g'ri keladi.

Turbulent harakatda suyuqlikning har bir zarrachasi juda ko'p murakkab egri chiziqli traektoriya bo'yicha harakat qiladi va har qanday ikki zarrachaning traektoriyalari bir-biriga o'xshamaydi. Buni ko'z oldimizga keltirish uchun biror A nuqtadan ketma-ket o'tayotgan zarrachalarning V nuqtaga qanday traektoriya bo'yicha etib kelishini ko'rib chiqaylik (3.21- rasi). Laminar harakat vaqtida A nuqtadan chiqqan I zarracha biror silliq egri chiziq bo'yicha V nuqtaga kelsa, II zarracha ham, III zarracha ham va ulardan keyin keladigan zarrachalar ham shu egri chiziq bo'ylab harakat qiladi.

Turbulent harakatda esa A nuqtadan chiqqan birinchi zarracha murakkab egri-bugri chiziq bo'yicha V nuqtaga keladi. Ikkinchi zarracha esa birinchi zarrachaning traektoriyasidan tamomila boshqacha bo'lgan ikkinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. SHunda ham u birinchi zarracha kelgan V nuqtaning aniq o'ziga kelmay, uning atrofidagi biror boshqa nuqtaga kelishi mumkin. Uchinchi zarracha esa birinchi zarrachaning ham ikkinchi zarrachaning ham traektoriyasiga o'xshamagan uchinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi, biroq avvalgi zarrachalar kelgan nuqtaning birortasiga ham kelmay, V nuqta atrofidagi boshqa bir nuqtaga keladi.

Bu hodisa A nuqtadan o'tayotgan barcha zarrachalarga tegishlidir. SHunday qilib, turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarrachalarining harakatini biror formula bilan ifodalash g'oyatda

murakkabdir. Lekin hamma zarrachalar bir tomonga, A nuqtadan V nuqta tomonga harakat qiladi. SHunga asosan bir qarashda tartibsiz harakat qilayotgandek ko'ringan zarrachalar harakatida qandaydir umumiylikni ko'rish mumkin. Hatto bu umumiylikni faqatgina sifat o'xshashligi ko'rinishida emas, balki miqdor o'xshashligi ko'rinishida ham ifodalash mumkin. Ana shu o'xshashlik asosida turbulent harakatning qonuniyatlari keltirib chiqariladi.

Tezlik pulsatsiyalari. Mahalliy tenglashtirilgan tezlik

Turbulent harakat qilayotgan suyuqlikning biror nuqtadagi tezliginnng koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini tekshiramiz. Misol uchun tezlikning oqim yo'nalishidagi proektsiyasi u_x bo'lsin. U holda u_x ning miqdori vaqt davomida ortib va kamayib boradi. Bu o'zgarishni grafik ko'rinishda ifodalasak, u 3.22-rasmda tasvirlangan grafikka o'xshaydi va tezlik proektsiyasining pulsatsiyasi deb ataladi. Tezlikning boshqa o'qlarga proektsiyalari (u_y , u_z) uchun ham huddi shunday pulsatsiya grafiklari yasash mumkin. SHunday qilib, tezlik pulsatsiyasi uning biror yo'nalishdagi proektsiyasining vaqt davomida ortib va kamayib borishidan iborat. Pulsatsiya hodisasini tajribada tezlikni o'lchovchi asboblari yordamida (masalan, Pito trubkasidagi suyuqlik sathining tebranishini) kuzatish mumkin. Oqayotgan suvda suv o'tlari novdalariniig to'xtovsiz tebranma harakat qilishi ham bizga pulsatsiya hodisasini ko'rsatadi. Tezlikning oniy miqdori doimo o'zgarib turgani uchun gidrodinamikada *tenglashtirilgan tezlik* tushunchasi kiritiladi va u ancha uzoq vaqt davomida tezlik qabul qilgan qiymatlarning o'rtachasi bo'ladi.

Tenglashtirilgan tenglik tushunchasini ko'z oldimizga keltirish uchun 3.22-rasmdan foydalanamiz. Grafik tezlikning tebranishini to'liq xarakterlash uchun etarli bo'lgan t_1 vaqt intervalini olamiz va grafik vaqt o'qiga parallel qilib shunday AV chiziq o'tkazamizki, hosil bo'lgan AVSD to'rtburchakning S yuzi AVSD ga, pulsatsiya grafigining t_1 oralig'idagi bo'lagi bilan DS chizig'i orasidagi S^1 yuz A'B'SD a teng bo'lsin. U holda AVSD to'rtburchakning balandligi tenglashtirilgan tezlikka teng bo'ladi va u_x bilan belgilanadi.

Bular turbulent harakatning beqaror harakat ekanligini ko'rsatadi. Agar biz pulsatsiya grafigi t_1 interval davomida etarli darajada uzun t_2 interval olsak va bu interval bo'yicha tenglashtirilgan tezlikni topsak, t_2 davomida avvalgidek uchinchi interval olib, yana tenglashtirilgan tezlikni topsak va bu ishni davom ettirsak, barcha intervallar uchun olingan tenglashtirilgan tezliklar teng bo'lsa, bunday harakat turbulent harakat uchun barqaror bo'ladi.

Oqayotgan suyuqlikda biror elementar dS yuzi olib, shu yuzadan vaqt ichida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi dV ni aniqlasak, barqaror harakat vaqtidagi tenglashtirilgan tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{u} = \frac{dV}{\Delta n ds} \quad (3.61)$$

3.22-rasmdan ko'rinib turibdiki, tenglashtirilgan o'rtacha tezlik oniy tezlikdan farq qilib, bu farqni hisoblaganda quyidagicha ifodalanadi:

$$u_x = \bar{u}_x + u_x' \quad (3.62)$$

Oniy va tenglashtirilgan tezliklar orasidagi farqlar tezlik pulsatsiyasi deb ataladi, ular manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Ko'rinib turibdiki, tezliklar pulsatsiyalarining etarli katta intervaldagi yig'indisi yoki integrali nolga teng:

$$\sum u'_x \Delta t = 0 \quad \text{yoki} \quad \int_0^{t_1} u'_x dt = 0$$

Endi, suyuqlikning oqimga ko'ndalang yo'nalishdagi tezliklarini tekshirsak, bu tezliklar bilan oqimning bir tomonida

qancha suyuqlik harakat qilsa, ikkinchi tomonidan ham shuncha suyuqlik harakat qiladi. Demak, suyuqlik tenglashtirilgan tezligining yo'nalishi doimo oqim yo'nalishiga mos kelar ekan.

SHuning uchun turbulent harakat uchun Bernulli tenglamasiki yozar ekanmiz, bu tenglamadagi o'rtacha tezlik tenglashtirilgan tezlikning o'rtacha qiymatini bildiradi. Tezlik miqdori doimo o'zgarib turgani sababli bosim ham o'zgarib turadi yoki boshqacha

aytganda bosim ham pulsatsiyali bo'ladi. SHuning uchun tenglashtirilgan bosim $\bar{p}$ tushunchasi kiritiladi va u oniy bosim p bilan quyidagi munosabat orkali bog'lanadi:

$$p = \bar{p} + p'$$

bu erda p' - bosim pulsatsiyasi.

5-ilova

Suyuqlikdagi ixtiyoriy nuqtaning (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosimi p shu nuqtaning absolyut bosimi deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosimi p_0 erkin sirtidagi absolyut bosimdan iborat. γh esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'irlarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va p_a harfi bilan belgilanadi.

Bu holda absolyut bosim (2.4) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2.16)$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta ($p > p_a$) bo'lsa, (2.16) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim p_m deb ataladi:

$$p_m = \gamma \cdot h = p - p_a \quad (2.17)$$

Manometrik bosim absolyut bosim bilan atmosfera bosimining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uni ortiqcha bosim deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'ladi, masalan: $p = p_a$ bo'lganda $p_m = 0$; $p \rightarrow \infty$ bo'lganda $p_m \rightarrow \infty$, ya'ni manometrik bosim 0 bilan ∞ o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

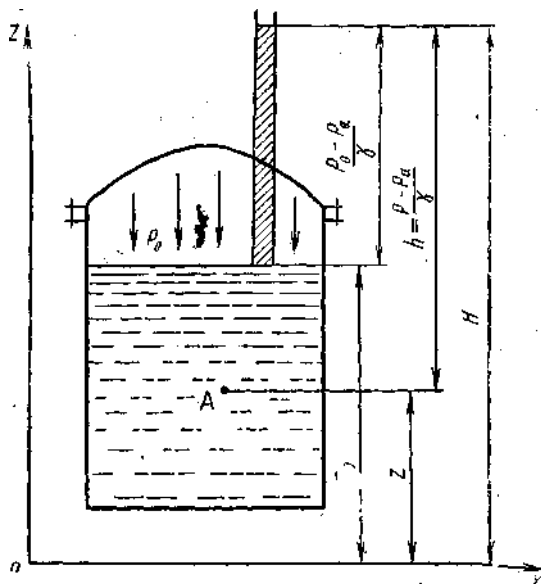
Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning absolyut bosimi atmosfera bosimidan kichik ($p < p_a$) bo'lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim p_v ga teng bo'ladi va suyuqlikning siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$p_v = p_a - p \quad (2.18)$$

Vakuummétrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan kamligini ko'rsatadi va $r=r_a$ da $r_v=0$; $r=0$ da $r_v=r_a$. SHunday qilib, vakuummétrik bosim 0 dan r_a , gacha bo'lgan qiymatda bo'la oladi.

Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi. Trubalarda bosimning kamayishi

Biror idishga solingan suyuqlikning sirtidagi bosim p_0 bo'lsin (2.10-rasm). Bu holda biror koordinatalar sistemasi tanlab olingan



2.10-rasm. Pezometrik balandlik va gidrostatik bosimni tushuntirishga oid chizma.

bo'lsa, istalgan nuqtadagi bosim uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasi (2.4) dan foydalanib, ushbu tenglikni yozaolamiz:

$$p - p_0 = -\gamma(z - z_0) \quad (2.19)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{p}{\gamma} + z = \frac{p_0}{\gamma} + z_0 \quad (2.20)$$

Tenglama istalgan nuqta uchun yozilgani sababli uning ko'rinishi quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$\frac{p}{\gamma} + z = H = \text{const}$$

Bu erda $\frac{p}{\gamma}$ - istalgan A nuqtadagi bosimga taalluqli suyuqlik ustunning balandligi, u suyuqlik sirtida $\frac{p_0}{\gamma}$ ga teng;

z - istalgan A nuqtaning koordinatasi (u suyuqlik sirtida z_0 ga teng).

So'ngi tenglamadan ko'rinadiki, tinch holatdagi suyuqlik uchun bosimga taalluqli suyuqlik ustunining balandligi bilan nuqta koordinatasining yig'indisi o'zgarmas miqdor N ga teng ekan. O'zgarmas miqdor N *gidrostatik bosim* deb ataladi.

Istalgan A nuqtadagi ortiqcha bosim.

$$p_m = p - p_a = \gamma h$$

Bu tenglikdan suyuqlik ustunining balandligi ortiqcha bosimning miqdori yordamida aniqlanadi.

$$h = \frac{p - p_a}{\gamma} \quad (2.22)$$

Suyuqlik ustunining ortiqcha bosimni ko'rsatuvchi balandligi suyuqlikning pezometrik balandligi deb ataladi.

Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi. CHegaraviy laminar qavat

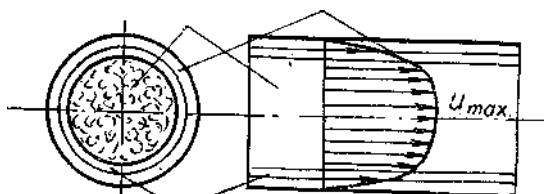
O. Reynolds (1895 y.) va J. Bussenesk (1857 y) turbulent oqimni zarrachalarining tezliklari tenglashtirilgai tezliklar bilan va bosimlari tenglashtirilgan bosimlar bilan almashtirilgan qandaydir shartli oqimga almashtirishni taklif qiladilar. Bunday shartli oqimga tenglashtirilgan oqim yoki turbulent oqimning Reynolds modeli deyiladi. Tabiiyki, bunday oqimni tekshirishda tezlik pulsatsiyalarini hisobga olmaymiz.

Beqaror harakat vaqtida Reynolds modeli bo'yicha $\bar{u}$ lar vaqt bo'yicha o'zgarib boradi, barqaror harakat vaqtida esa ular vaqtga bog'liq emas. SHunday qilib, tekshirilayotgan turbulent oqim uchun Reynolds modeli bo'yicha hisoblash ishlarida $\bar{u}$ va $\bar{p}$ lardan foydalanamiz. Turbulent oqimga Bernulli tenglamasini qo'llashda tezlik va bosim deganda tenglashtirilgan tezlik va bosimni tushunamiz, yozuvda esa soddalashtirish uchun chiziqchalarni tushirib qoldiramiz. L. Prandtlning va boshqa olimlarning tekshirishlari shuni ko'rsatadiki, turbulent harakatda oqimning asosiy qismi uning yadrosini, ya'ni markaziy qismini tashkil qiladi. YAdroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo'yicha deyarli bir xil bo'ladi va markazdan truba devoriga yaqinlashgan sari bir oz kamayib boradi. Devor yonidagi suyuqlik zarrachalari esa, devor oqimning ko'ndalang harakat qilishiga yo'l qo'ymagani uchun, devor bo'yicha harakat qilib, uning traektoriyasi sezilsiz tebranishga ega bo'ladi.

SHuning uchun devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Ana shu laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo'lib, ular laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o'rtasida yana bir yupqa qavat bo'lib uni o'rta qavat deb ataladi. Bu qavatda suyuqlik turbulent harakat qiladi. Juda katta aniqlik va e'tibor bilan o'tkazilgan tajribalar laminar qavatning qalinligini aniqlashga yordam beradi. Bu qavatning qalinligi millimetrning ulushlariga teng bo'lib,

Reynolds soni ortishi bilan laminar qavatning qalinligi kamayadi. SHunday qilib, turbulent harakatdagi tenglashtirilgan tezlikning taqsimlanishi (3.23) laminar harakatdagi tezlikning taqsimlanishidan tamomila farq qiladi va u yadroda deyarli o'zgarmagan holda truba devori yaqinida juda tez kamayadi, devor ustida esa nolga teng bo'lib qoladi, ya'ni tenglashtirilgan tezlik asosan laminar va o'rta qavatlarda o'zgaradi. Hozirgi zamon gidravlikasida tezlikning kesim bo'yicha taqsimlanish qonuni nazariya va tajribalar, natijasida quyidagicha ifodalanadi:

$$u = u_{\max} - \frac{u}{x} \ln \frac{R}{R-r}; \quad (3.63)$$



3. 23-rasm. Turbulent harakat uchuntezlik epyurasi.

$$u_{\otimes} = \sqrt{\frac{\tau_0}{p}};$$

bu erda τ_0 - truba devoridagi urinma zo'riqish; x - tajribada aniqlangan koeffitsient bo'lib, u 0, 4 ga teng; R - trubaning radiusi; r - trubaning o'qidan boshlab hisoblangan masofa.

(3.63) tenglamadagi $u_{\otimes}$ ning o'lchov birligi tezlikning o'lchov birligi bilan bir xil bo'lib, u odatda dinamik tezlik deb ataladi. Silliqliq trubalar uchun tezlik formulasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$u = u_{\otimes} \left(5,15 \ln \frac{ru_{\otimes}}{v} + 5,5 \right)$$

g'adir-budur trubalar uchun esa

$$u = u_{\otimes} \left(5,75 \lg \frac{r}{\Delta} + 8,5 \right)$$

bu formula Δ - truba devorining g'adir-budurlikini xarakterlovchi miqdor bo'lib, u absolyut g'adir-budurlik deb ataladi.

Amalda tezlikning taqsimlanishini darajali qonunlar bilan ifodalovchi formulalar qulay keladi. Karman nazariy tekshirishlar natijasida sillikliq trubalar uchun bu qonunni quyidagicha taklif qilgan:

$$u = u_{\max} \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3.64)$$

bu erda m - tajribada aniqlanadigan koeffitsient bo'lib, u Re , soniga bog'liqdir.

Turbulent oqimda o'rtacha tezlikning maksimal tezlikka nisbati 0, 75 ga teng.

$$\frac{v}{u_{\max}} = 0,75$$

Laminar oqimda esa bu nisbat 0,5 ga teng edi. Reynolds soni ortib borgan sari turbulent qorishuv tezlashib boradi va o'rtacha tezlik bilan maksimal tezlikning nisbati birga intiladi.

Turbulent harakatda gidravlik yo'qotishning tabiati

Turbulent harakatning Reynolds modelida biz pulsatsiyalarni hisobga olmagan xolda, tenglashtirilgan oqim olamiz. Lekin tenglashtirilgan tezlik bo'yicha hisoblangan oqim energiyasi oniy tezlik bo'yicha xisoblangan oqim energiyasidan kam bo'ladi. Buni quyidagicha ko'rsatish mumkin. Oniy va tenglashtirilgan tezliklar kvadratini tekshiramiz:

$$u_x^2 = (u_x + u_x^1)^2$$

u holda oniy tezlik kvadratining o'rtacha qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\overline{u_x^2} = \overline{u_x^2} + 2\overline{u_x u_x^1} + \overline{u_x^1^2}$$

Tezlik pulsatsiyasining o'rtacha qiymati nolga tengligidan o'ng tomondagi ikkinchi had ham nolga teng. Tezlik pulsatsiyasi vaqt o'qi bo'yicha musbat va manfiy kiymatlar qabul qilgani bilan uning kvadrati doimo musbat. Bularga asosan:

$$\overline{u_x^2} = \overline{u_x^2} + \overline{u_x'^2}$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, keltirilgan kinetik energiya uchun quyidagi tengsizlik mavjud:

$$\frac{\overline{u_x^2}}{2g} > \frac{\overline{u_x'^2}}{2g}$$

Bu qo'shimcha energiya turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarralarining suyuqlikning bir qavatidan ikkinchi qavatiga tartibsiz o'tib turishi uchun sarflanadi. SHunday qilib, qavatlar orasida energiya almashinuvi natijasida tezlik pulsatsiyalari ma'lum miqdorda ish bajaradi. Bu bajarilgan ish suyuqlik qavatlar orasida qo'shimcha urinma zo'riqish sifatida namoyon bo'ladi. Xosil bo'lgan qo'shimcha urinma zo'riqish turbulent urinma zo'riqish deb ataladi. Turbulent urinma zo'riqish τ_T Bussepesk formulasida Nyuton qonuniga o'xshash qabul qilingan bo'lib, ushbu ko'rinishda ifodalanadi:

$$\tau = \mu_T \frac{du}{dy}$$

bu erda μ_T — turbulent dinamik yopishqoklik koeffitsienti yoki turbulent almashuv koeffitsienti deb ataladi. L. Prandtl μ_T koeffitsientni tezlik gradientiga proporsional deb qabul qilgan, u shunday ifodalanadi:

$$\mu_T = \rho \ell^2 \frac{du}{dy}$$

bu erda ℓ_T ni qorishuv yo'l uzunligi deb ataladi. Turli avtorlar bu qiymatning fizik mazmunini turlicha izohlaydilar. Odatda u shunday aniqlanadi:

$$\ell_T = xy$$

bu erda u — harakatlanayotgan zarrachaniig idish devoridan boshlab hisoblangan koordinatasi; x — Prandtl universal doimiysi. Nikuradze tejribalarida aniqlanishicha, tsilindrik truba uchun $x = 0,4 \cdot (3,64)$ dan ko'rinib turibdiki, dinamik qovushoqlik turbulent koeffitsienti μ_T tezlik gradientiga proportsional bo'lib, molekulyar kovushoklik konffitsienti μ dan harakatning xususiyatiga bog'likligi bilan farq kiladi. Bu koeffitsientdan (1.13) ni nazarda tutib, turbulent kikematik qovushoqlik koeffitsientini yozamiz:

$$\nu_T = \frac{\mu_T}{\rho} = \ell^2 \frac{du}{dn} \quad (3-65)$$

Trubalardagi harakat uchun bosimiing pasayishiga umumiy formula

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasida keltirilgan bosimning pasayishi H_{1-2} ni hisoblash trubalar va trubalar sistemasini hisoblashda asosiy masala hisoblanadi.

Bosimning pasayishini hisoblashning muhimligi shundaki, bu ish suyuqlik trubalarda harakatlanganida trubadagi qarshiliklarni engish uchun sarf bo'ladigan energiyani hisoblashga va shu hisobga asosan loyihalanayotgan truba (yoki trubalar sistemasini) da suyuqlik oqizish uchun qancha energiya kerak ekanligini aniqlashga imkon beradi. Trubalarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog'liqdir.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog'liq bo'lib, trubalarning butun uzunligi bo'yicha ta'sir qiladi. Uning miqdori suyuqlik oqimining tartibi (laminarlik, turbulentlik darajasi)ga bog'liqdir. Yuqorida aytilganidek, turbulent tartib vaqtida, odatdagi qovushoqlikka qo'shimcha ravishda turbulent qovushoqlikka bog'liq bo'lgan va suyuqlik harakati uchun qo'shimcha energiya talab qiladigan kuch paydo bo'ladi.

Mahalliy qarshilik suyuqlik harakat qilayotgan truba shaklining o'zgarishiga bog'liq bo'lgan tezlikning har qanday o'zgarishi vaqtida paydo bo'ladi. Bularga bir trubadan (yoki idishdan) ikkinchi trubaga o'tish joyi, trubalarning kengayishi yoki birdan kengayib, birdan torayishi, tirsaklar, oqim yo'nalishini o'zgartiruvchi qurilmalar (kran, ventil va h.k.)lar kiradi. SHunday qilib, yo'qotilgan bosim (3. 20) formula bo'yicha ikki yig'indidan tashkil topgan bo'ladi:

$$H = H_l + H_M$$

bu erda H_l — ishqalanish qarshiligi yoki uzunlik bo'yicha bosim yo'qotilishi; H_M — mahalliy qarshilik.

Laminar tartib vaqtida ishqalanish qarshiligi yuqorida keltirilgan (3.57) va (3. 60) formulalardagi kabi nazariy usul bilan aniqlanadi:

$$H_l = \frac{32\mu\ell}{D^2\gamma} v = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Bu ifodadagi $\lambda = \frac{6y}{Re}$ ni ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb atagan edik. Ko'pincha, uni soddaroq qilib ishqalanish koeffitsienti deyiladi. TSilindrik trubalarda bu formula Reynolds soni 2320 dan kichik bo'lgan laminar harakatlar uchun tajribada olishgan natijalarga juda yaqin keladi. Turbulent harakat uchun ishqalanish qarshiligi tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Uni nazariy aniqlab bo'lmaydi.

Gidravlik yo'kotish koeffitsienti uchun formulalar va ularning qo'llanilish sohalari

Darsi koeffitsienti λ ning Reynolds R_e sonining ortishiga qarab qanday o'zgarib borishini yuqorida, Nikuradze grafigi asosida ko'rib chikdik. Ko'rib o'tilgan sohalarda λ ning o'zgarish qonunini empirik formulalar bilan ifodalashda juda ko'p avtorlarning ishlari bor. Masalan, sillih trubalar sohasida Plazius, P. K. Konakov va L. Prandtl formulalaridan foydalaniladi. Blazius formulasi:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[4]{100R_e}} = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} \quad (3.69)$$

Bu formula Reynolds soni $R_e < 10^5$ bo'lganda tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynolds sonining kattaroq diapazonlari (R_e ning $3 \cdot 10^6$ gacha miqdorlari) uchun P. K. Konakov formulasidan. foydalanish mumkin:

$$\lambda = \frac{1}{(1,81gR_e - 1,5)^2}$$

1932 yili L. Prandtl quyidagi formulani keltirib chikardi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(R_e \sqrt{\lambda} - 0,8) \quad (3.71)$$

Keltirilgan formulalar silliq trubalar uchun chiqarilgan bo'lib, g`adir-budur trubalar uchun ulardan foydalanib bo'lmaydi. 1938 yil Kolbruk o'zining va boshqa avtorlarning tajribalari asosida texnik trubalarni hisoblash uchun turbulent tartibning barcha zonalariga umumiy bo'lgan formulani taklif qildi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,5}{R_e} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,7} \right)$$

Bu formulani g`adir-budur trubalarning kvadratik qarshilik sohasi yoki qat'iy turbulentlik sohasi uchun soddalashtirsak, g`adir-budur trubalar uchun Prandtl formulasi ko'rinishiga keladi:

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\lg \frac{\varepsilon}{3,7} \right)^2} \quad (3.73)$$

Kvadrat qarshilik sohasi uchun eng ko'p tarqalgan formulalardan biri Nikuradze formulasi hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{1}{\varepsilon}\right)^2} \quad (3.74)$$

Turbulent tartibning barcha sohalarini o'z ichiga oluvchi va hisoblash ishlarida (3.72) ga ko'ra qulayroq formulani L. D. Altshul λ ning keng sohasi uchun tajribalarga asoslanib taklif qildi:

$$\lambda = 0,11 \left(\varepsilon + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25} \quad (3.75)$$

Bu formula nazariy asosga xam ega va A. D. Altshul tajribalariga asosan xususiy hollarda sodda ko'rinishlarga keladi;

1) $R_e < \frac{10}{\varepsilon}$ — hollarda silliq truba bo'ladi va (3.75) Blazius formulasiga aylanadi:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{R_e} \right)^{0,25} = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}}$$

2) $\frac{10}{\varepsilon} < R_e < \frac{500}{\varepsilon}$ da λ ga R_e va ε ta'sir ko'rsatadi hamda qat'iy turbulentlik sohasiga to'g'ri keladi, bu holda (3.75) soddalashmaydi.

3) $R_e > \frac{500}{\varepsilon}$ — esa kvadratik qarshilik sohasi mavjud bo'lib, (3.75) SHiferson formulasiga yaqin quyidagi formulaga aylanadi:

$$\lambda = 0,11 \varepsilon^{0,25}$$

Bu formula bo'yicha hisoblangan λ ning qiymatlari uning Nikuradze formulasi bo'yicha hisoblangan qiymatlariga yaqin keladi.

Shezi formulasi

YUqorida bosimning pasayishini qarshilik koeffitsienti yordamida hisoblash usuli keltirildi. Agar biz bosimning pasayishini urinma zo'riqish orqali ifodalasak, u quyidagicha bo'ladi:

$$H_{1-2} = \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{l}{R} \quad (3.77)$$

Shezi 1775 yilda qo'llagan usuldan foydalansak, $\frac{\tau}{\rho}$ miqdorni tezlik kvadratiga proporsional deb va proporsionallik koeffitsientini esa $\left(\frac{1}{C}\right)^2$ deb qabul qilish zarur bo'ladi, ya'ni

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{1}{C^2} \cdot v^2 \quad (3.78)$$

U holda formula (3.77) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$H_{1-2} = \frac{v^2 l}{C^2 R} \quad (3.79)$$

Gidravlik qiyalik uchun yozilgan ifoda $I = \frac{H_{1-2}}{l}$ dan foydalanilsa va (3.79) ni tezlikka nisbatan echilsa, ushbu formula kelib chiqadi:

$$v = C\sqrt{RI} \quad (3.80)$$

Bu ifoda SHEzi formulasi deb ataladi. Koeffitsient S ning miqdori tajribada aniqlanadi va birligi m/s dir, ya'ni S^2 tezlanish birligida o'lchanadi. SHEzi koeffitsientini gidravlik ishqalanish koeffitsienti λ bilan bog'lash uchun (3.79) ning surat va maxrajini $8g$ ga ko'paytirib quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$H_{1-2} = \frac{8g}{C^2} \frac{l}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Bu formulani Darsi—Veysbax formulasi uchun (3.67) ko'rinishi bilan solishtirib, SHEzi koeffitsienti uchun ushbu munosabatni olamiz:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

SHEzi koeffitsientini turli formulalar yordamida aniqlash mumkin.

N. N. Pavlovskiy formulasi

SHEzi formulasi, odatda, bosimsiz harakatlar uchun qo'llaniladi. N.N.Pavlovskiy kanallarda suvning harakati bo'yicha juda ko'p tajribalar o'tkazdi va karshilikni aniqlash bo'yicha bir qancha ishlar qildi. U o'zi to'plagan ko'plab tajriba natijalari va boshqa ilmiy adabiyotlardagi ma'lumotlarga asoslanib, 1925 yili SHEzi koeffitsientini aniqlash uchun umumiy formula taklif qildi. Bu formula hozirgacha SHEzi koeffitsientini aniqlash uchun eng yaxshi formula hisoblanadi va uning nomi bilan Pavlovskiy formulasi deb ataladi. Pavlovskiy formulasining ko'rinishi quyidagicha:

$$C = \frac{R^y}{n}$$

bu erda n —Manning tomonidan keltirilgan g'adir-budurlik koeffitsienti: u — n va R ga bog'liq holda aniqlanuvchi daraja ko'rsatkichi.

Taxminan, $R > 1\text{m}$, bo'lganda $u \cong 1,5\sqrt{n}$

$1/\text{m} < R < 3\text{ m}$ bo'lganda $u \cong 1,5\sqrt{n}$

deb qabul qilish mumkin.

$R > 3$ m bo'lganda Pavlovskiy formulasi qo'llanilmaydi, u ning qiymatini $1/6$ ga teng deb qabul qilsak, Pavlovskiy formulasi Manning formulasiga aylanadi. G'adir-budurlik koeffitsienti n turli kanallar va trubalar uchun jadval ko'rinishida gidravlikaga oid adabiyotlarda keltirilgan.

6-Mavzu.Gidravlika mashinalari. Nasoslar.

Dars maqsadi: Nasoslarning ishlash printsipti, qo'llanilish soxasi va bajaradigan ishiga qarab klassifikatsiyasi. Porshenli nasoslar, tuzilishi va ishlash printsipti. Nasosning bosimi, unumdorligi, so'rish balandligi. Nasoslarda energiya balansi, FIK. to'g'risida ma'lumot berish



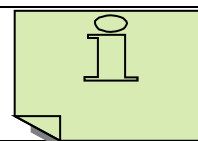
Dars rejasi:

1.Nasoslarning ishlash printsipti, qo'llanilish soxasi va bajaradigan ishiga qarab klassifikatsiyasi

2.Porshenli nasoslar, tuzilishi va ishlash printsipti

3.Nasosning bosimi, unumdorligi, so'rish balandligi. Nasoslarda energiya balansi, FIK

Tezkor savollar:



1.Nasoslarning ishlash printsipti, qo'llanilish soxasi va bajaradigan ishiga qarab klassifikatsiyasi

2.Porshenli nasoslar, tuzilishi va ishlash printsipti

3.Nasosning bosimi, unumdorligi, so'rish balandligi. Nasoslarda energiya balansi, FIK

NASOSLARNING ISHLASH PRINTSIPTI, QO'LLANILISH SOXASI VA BAJARADIGAN ISHIGA QARAB KLASSIFIKATSIYASI

Suyuqlik energiyasi va mexanik energiyani bir turdan ikkinchi turga aylantiruvchi qurilmalar gidromashinalar deb ataladi. Gidromashinalar vazifasiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi:

1) gidrostatik mashinalar suyuqlikning muvozanat holatidan foydalanib, mexanik kuchni suyuqlikning potentsial energiyasiga aylantirish usuli bilan kuchaytirib yoki susaytirib beradi. Bularga gidropress, gidroakkumulyator, gidromultiplikatorlar kiradi;

2) nasoslar mexanik energiyani suyuqlik energiyasiga aylantirib beradi;

3) gidrodvigatellar suyuqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi;

4) gidroyuritgich mexanik energiyani suyuqlik vositasida bir harakatlanuvchi qismdan ikkinchi harakatlanuvchi qismga uzatishga xizmat qiladi. Gidroyuritgichlarni umumlashtirib, gidrostatik mashinalar deb ham yuritish mumkin.

Quyida biz nasoslar haqida to'xtalib o'tamiz.

Nasoslarning ishlash printsipti, qo'llanilish sohasi va bajaradigan ishiga qarab klassifikatsiyasi

Nasoslarni tuzilishi, turli parametrlar, suyuqlikka znergiya berish usuli va boshqalarga qarab turlicha klassifikatsiyalash usullari mavjud.

Eng ko'p tarqalgan usul ularni ishlash printsiptiga qarab klassifikatsiyalashdir. Bunda nasoslar asosan ikkita katta gruppaga: kurakli va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bu ikki tur nasoslar deyarlik barcha nasoslarni o'z ichiga oladi, lekki bir qancha boshqacha printsiptda ishlaydigan nasoslar bu ikki klassga kirmaydi. Bularga oqimchali nasoslar (uchinchi klass sifatida ajratish mumkin) va boshqa ko'targichlar kiradi. Kurakli nasoslar yana markazdan qochma, o'qiy, propellerli, uyurma nasoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash printsipti bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar klassiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy, propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslarni ularning bir valida bitta yoki bir nechta ish g'ildiragi o'rnatilishiga qarab bir pog'onali va ko'p pog'onali nasoslarga ajratish mumkin. Markazdan qochma nasoslar so'rish usuliga karab bir tomonlama so'ruvchi va ikki tomonlama so'ruvchi nasoslarga bo'linadi.

Hajmiy nasoslar ikki gruppaga, porshenli va rotorli nasoslarga bo'linadi. Bular yana bir qancha kichik gruppachalarga bo'linadi (ular to'g'risida tegishli bo'limda to'xtalib o'tamiz). Oqimchali nasoslar esa ejektor, injektor va gidroelevatorlarni o'z ichiga oladi. Nasoslarni bunday klassifikatsiyalashga ishlab chiqarishda eng ko'p tarqalgan ikki tur (markazdan qochma va porshenli) nasoslar atrofida barcha nasoslarni gruppalashga intilish asos bo'lgan bo'lsa kerak.

Nasoslarni suyuqlikka bergan bosimining miqdoriga qarab, past bosimli (bosimi 20 m suv ust. gacha), o'rtacha bosimli (bosimi 20..,60 m suv ust. ga teng), yuqori bosimli (bosimi 60 suv ust. yukori) nasoslarga ajratish mumkin. Ularni bergan sarfiga karab past, o'rta va yuqori sarfli nasoslarga gruppalash mumkin.

Nasoslarni energiyaning nasosga qanday berilishiga karab klassifikatsiyalashga intilish ham bo'lgan. Bu aytilgan oxirgi uch tur klassifikatsiyalashning har biriga ham barcha mavjud nasoslarni kiritish mumkin bo'lgani bilan bu uch usul juda katta kamchilikka ega, chunki bu usullarda bir gruppaga porshenli, markazdan qochma, rotorli, propellerli va ishlash printsipti tamoman bir-biridan farqlanuvchi boshqa nasoslar kirishi mumkin. Suyuqlikka berilgan energiya turiga qarab klassifika-tsiyalash ancha qulaydir. Nasosdan o'tayotgan suyuqlikka berilgan

$\frac{p}{\rho g}$

energiya uch xil bo'lishi mumkin: holat energiyasi (Z); bosim energiyasi ($\frac{p}{\rho g}$); kinetik energiya ($\frac{v^2}{2g}$).

Faqat holat energiyasini beruvchi mashinalarga suv ko'targichlar deyiladi. Agar ko'tarilayotgan suyuqlik faqat suv emas, balki neft, turli moylar va boshqa xil suyuqliklar ham

bo'lishi mumkinligini hisobga olsak, bu mashinalarni suyuqlik ko'targichlari deyish kerak bo'ladi. Bu gruppaga suv ko'tarish uchun ishlatilgan barcha qadimgi qurilmalar: charxpalak, chig'ir, arximed vinti va boshqalar kiradi. Zamonaviy qurilmalardan bu gruppaga kiradiganlari qatoriga kam debitli quduqlardan neft chiqaruvchi tortuv qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi gruppaga suyuqlikka bosimi orttirish yo'li bilan energiya beruvchi nasoslar kiradi. Suyuqlikni porshen bosimi (porshenli nasoslar), aylanuvchi jismlar (rotorli nasoslar), siqilgan havo, gaz yoki bug` (pnevmatik suv ko'targichlar, Gemfri pasosi va h. k.) yordamida siqib chiqarish mumkin. Bularga suyuqlikka gidravlik zarb orqali impuls beruvchi mexanizmlar (gidravlik taran) ham kiradi.

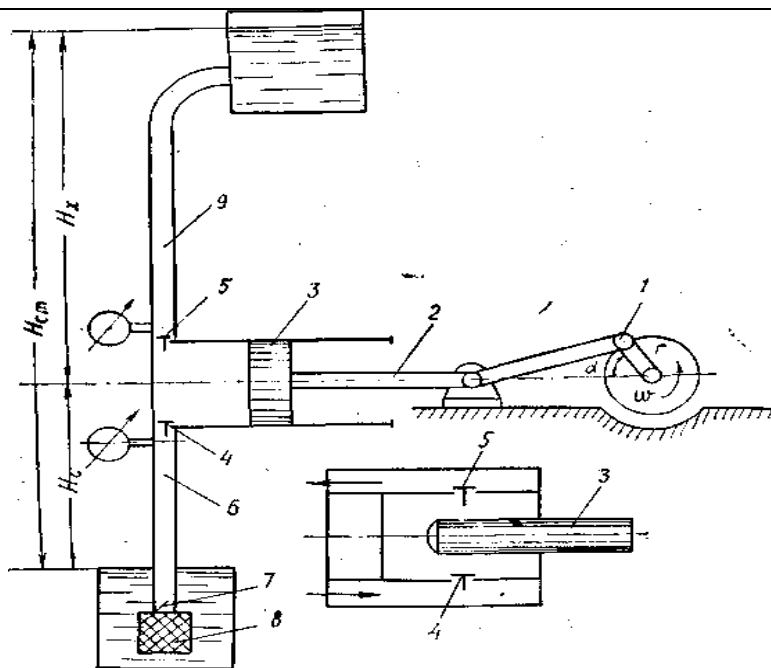
Uchinchi gruppaga nasoslarda suyuqlikka kinetik energiya berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga birinchi galda kurakli (markazdan qochma, parrakli, o'qiy) nasoslar kiradi (ularda ish qismi valda aylanuvchi kurakli gildiraklardir), ikkinchidan oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ularda suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik, gaz yoki bug`dir).

Porshenli nasoslar. Tuzilishi va ishlash printsiipi

Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi 4.1-rasmda keltirilgan. Bu nasoslarda suyuqlikning so'rilishi va haydalishi porshenning tsilindrda ilgarilanma-qaytma harakat qilishiga asoslangan. Bunda porshen 3 (4.2-rasm) tarkibida shtok 2 bo'lgan krivoship-shatunli mexanizmi 1 yordamida harakatga keladi. Porshen tsilindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganida uning oldidagi ish bo'shlig'ining hajmi ortib, siyraklanish hosil bo'ladi. Bu siyraklanish ma'lum bir chegaraga etganida ish bo'shlig'idagi bosim P_c bilan tovonli klapan 7 ostidagi xrapovikda bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish klapani 4 ni ochadi va suyuqlik so'rish trubasi 6 orqali ish bo'shlig'iga kiradi.

Nasoslarda suyuqlik qaysi tipdagi kuchlardan (dinamik kuchlar yoki statik kuchlar) foydalanib so'rilishiga qarab, ular dinamik yoki hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bunda yuqoridagi klassifikatsiyaga kirgan nasoslarning porshenli va rotorli, turlari hajmi nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi. So'rilish protsessi porshen o'zining eng chekka surilish chegarasiga etguncha davom etadi. Bunda so'rilish trubasidagi siyraklanishni so'rish klapani oldiga joylashtirilgan vakuummetr yordamida o'lchash mumkin. Ta'minlovchi idishdagi su-yuqlik sathidan nasos tsilindrining eng yuqori sathigacha bo'lgan balandlikka so'rish balandligi H_c deyiladi. So'rish balandligi chegaraviy so'rish balandligi $H_c \leq H_{uc}$ dan katta bo'lmasligi kerak.

Porshen (plunjer) ilgarilanma (oldinga) harakat qilganda esa ish bo'shlig'idagi bosim ortib, so'rish klapani yopiladi.



4. 2-rasm. Bir tomonlama ishlaydigan krivoship-shatunli nasos:

1—krivoship shatunli mexanizm. 2—shtok, 3—porshen (plunjer) 4—
surish klapani, 5—haydash klapani 6—surish trubasi, 7—tirkak
(tovon) klapan, 8—filtr, 9—haydash trubasi.

Bo'shliqdagi bosim ortishda davom etib, uning miqdori: suyuqlikni haydash bosimi P_x ga etganida haydash klapani ochilib, suyuqlik xaydash trubasi 9 ga o'ta boshlaydi. Suyuqlikni xaydash porshenning eng chekka haydash chegarasiga etguncha davom etadi.

Nasosni ishga tushirganimizda u avval so'rish trubasidagi xavoni tortadi va suyuqlik hosil bo'lgan bosimlar farqi ta'sirida so'rish trubasiga ko'tariladi. Nasos bir oz vaqt ishlagandan so'ng so'rish trubasi va tsilindrdagi havo xaydab chiqarilib, suyuqlik tsilindrni to'ldiradi. SHundan keyin nasos moslangan tartibda ishlay boshlaydi. Natijada ta'minlovchi idishdagi suyuqlik qabul qiluvchi idishga o'tadi. TSilindrdagi yuqori sath bilan suyuqlik ko'tarilgan eng yuqori sathning far-qiga haydash balandligi H_x deyiladi.

So'rish balandligi bilan haydash balandligining yig'indisi $H_c + H_x$ nasosning tortish balandligi yoki to'liq statik bosimni beradi. Porshenli nasoslarning turli loyihalari bilan qurilgan turlari ishlab chiqarishning ko'p sohalarida qo'lla-niladi.

YUqorida aytganimizdek, porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo'lgandagina ishlatiladi. Amalda ko'p xollarda porshenli nasoslardan markazdan qochma nasoslar o'rnida foydalaniladi. Hajmiy gidrouzatmalar tarkibida ishlayotgan nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Bu aytilganlardan tashqari, porshenli nasoslarning yana bir ustunligi ularning foydali ish koeffitsientining yuqoriligidir. Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning so'rishini haydash trubasiga o'rnatilgan zadvijka yordamida o'zgartirib bo'lmaydi. Lekin haydash trubasining kesimi kichrayib borishi bilan tezlik va zadvijka oldida bosim orta boradi. Agar zadvijka butunlay bekitib qo'yilsa, bosim juda kattalashib ketishi

natijasida yo nasos buziladi, yoki truba yoriladi, yoxud zo'riqishning ortib ketishi natijasida dvigatel to'xtab qoladi. SHuning uchun porshenli nasoslardan yuqori bosimda o'zgarmas so'rish miqdori zarur bo'lgan hollarda foydalaniladi.

Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslarga taqqoslangandagi asosiy kamchiligi ularning qo'polligi, qimmat turishi, ishlatish murakkabligidir. Bu nasoslarni markazdan qochma nasoslarga nisbatan ko'proq kuzatib turish talab qili-nadi, chunki porshenli nasoslarning klapanlari tez-tez ifloslanib turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham bo'ladi.

NASOSNING BOSIMI, UNUMDORLIGI, SO'RISH BALANDLIGI. NASOSLARDA ENERGIYA BALANSI, FIK

Xajmiy rotorli nasoslar shesternyali, vintli, plastinkali (sheberli) va aylanma porshenli turlarga bo'linadi. Ular o'zgaruvchan sarfli yoki boshqariladigan va o'zgarmas sarfli yoki boshqarilmaydigan bo'lishi mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig'i kattaligiga va rotorning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi bosim tarmogidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim tarmogidagi zadviyka tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos muxofaza apparatlari bilan ta'minlanmagan bo'lsa, bu holda nasos sinadi yoki nasos dvigateli ishdan chiqadi.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroprivodlar tarkibida suyuqlikni xarakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya (bosim) beruvchi nasos holida va o'zi harakatlanayotgan suyuqlik yordamida xarakat olib, energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK i 0,7... 0,95 atrofida bo'lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yoyilishiga mos o'zgaradi. Nasos aniq ishlangani uchun mexanik FIK yuqori — 0,95. .. 0,98 atrofida bo'ladi. Bularga shesternyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmali nasoslar kiradi.

SHesternyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternya bo'lib (4.10-rasm), ular o'zaro ilashgan va korpus 2 ichiga joylashgan bo'ladi. Etaklovchi shesternya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita qopqoq bo'lib, ularda etaklovchi va etaklanuvchi valiklar podshipnik va salniklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bor, bittasi S - so'rish teshigi — shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi teskari tomonda— tishchalar ilashayotgan tomonda bo'lib, haydash teshigi x deyiladi. Nasosning ishlash printsipi quyidagicha, Etaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternyasi bilan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi, etaklanuvchi shesternya esa, undan aylanma harakat oladi. SHesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'ida (S) bir-biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlikning katta tezlikda olib ketishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish vujudga keladi va so'rish teshigiga suyuqlik kela boshlaydi. Tishlar orasidagi chukurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro ilashish paytida xaydash bo'shlig'i (x) ga siqib chiqari-ladi, natijada haydash bo'shlig'ida bosim ortib, suyuqlik tar-moqqa uzatiladi.

Xajmmy rotorli nasoslar shesternyali, vintli, plastinkali (sheberli) va aylanma porshenli turlarga bo'linadi. Ular o'zgaruvchan sarfli yoki boshqariladigan va o'zgarmas sarfli yoki boshqarilmaydigan bo'lishi mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig'i kattaligiga va rotorning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi bosim tarmogidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim tarmogidagi zadviyka tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos muxofaza apparatlari bilan ta'minlanmagan bo'lsa, bu holda nasos sinadi yoki nasos dvigateli ishdan chiqadi.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroprivodlar tarkibida suyuqlikni xarakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya (bosim) beruvchi nasos holida va o'zi harakatlanayotgan suyuqlik yordamida xarakat olib, energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK i 0,7... 0,95 atrofida bo'lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yoyilishiga mos o'zgaradi. Nasos aniq ishlangani uchun mexanik FIK yuqori — 0,95. .. 0,98 atrofida bo'ladi. Bularga shesternyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmali nasoslar kiradi.

SHesternyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternya bo'lib (4.10-rasm), ular o'zaro ilashgan va korpus 2 ichiga joylashgan bo'ladi. Etaklovchi shesternya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita qopqoq bo'lib, ularda etaklovchi va etaklanuvchi valiklar podshipnik va salniklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bor, bittasi S - so'rish teshigi — shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi teskari tomonda— tishchalar ilashayotgan tomonda bo'lib, haydash teshigi x deyiladi. Nasosning ishlash printsipi quyidagicha, Etaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternyasi bilan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi, etaklanuvchi shesternya esa, undan aylanma harakat oladi. SHesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'ida (S) bir-biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlikning katta tezlikda olib ketishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish vujudga keladi va so'rish teshigiga suyuqlik kela boshlaydi. Tishlar orasidagi chukurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro ilashish paytida xaydash bo'shlig'i (x) ga siqib chiqari-ladi, natijada haydash bo'shlig'ida bosim ortib, suyuqlik tar-moqqa uzatiladi.

Mustaqil ish uchun vazifa beradi. YUqoridagi ilovalarni to'ldirib kelish

Mavzu: 7.Mavzu Gidroelevator. Gidravlik uzatmalar.

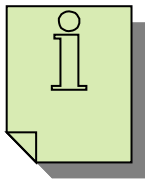
Dars maqsadi: Paskal qonunining texnikada qo'llanilishi. Gidrostatik mashinalar haqida umumiy tushuncha to'g'risida ma'lumot berish



Dars rejasi:

4) Paskal qonunining texnikada qo'llanilishi. Gidrostatik mashinalar haqida umumiy

tushuncha
5) Absolyut, ortiqcha bosimlar va vakuum
6) Pezometrik balandlik. Hidrostatik bosim



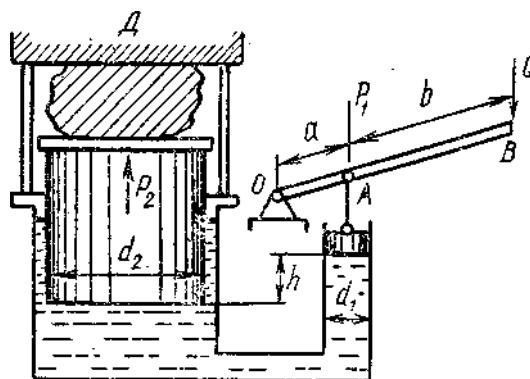
Tezkor savollar:

- 1) Paskal qonunining texnikada qo'llanilishi. Hidrostatik mashinalar haqida umumiy tushuncha
- 2) Absolyut, ortiqcha bosimlar va vakuum
- 3) Pezometrik balandlik. Hidrostatik bosim

PASKAL QONUNINING TEXNIKADA QO'LLANILISHI. HIDROSTATIK MASHINALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. Ularda bosimning uzatilish qonuni (Paskal qonuni) muhim rol o'ynaydi. Bu mashinalarga gidroresslar, gidroakkumulyatorlar, domkratlar va boshqalar kiradi. Quyida. ularning ishlash printsiplari haqida qisqacha ma'lumot berilgan.

a) Gidropresslar. Gidropresslardan gidrostatika qonuni asosida katta kuchlarni hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, bolg'alash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun zarur. Gidropresslar (2.5-rasm) diametrlari har xil, o'zaro tutashtirilgan ikki tsilindrda iborat bo'lib, birinchi kichik tsilindrda diametri d_1 katta tsilindrda esa diametri d_2 ga teng bo'lgan ikki porshen harakatlanadi. Kichik porshenga OAV richag orqali kuch qo'yiladi. Katta porshenga stol o'rnatilib, bu stol bilan D devor orasiga presslanuvchi buyum qo'yiladi. Richag qo'l bilan yoki dvigatel yordamyada harakatga keltiriladi. Bu holda kichik porshen kuch ta'sirida pastga qarab siljiydi va suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim katta tsilindrga uzatiladi va natijada katta porshen harakatga keladi. Bunday harakat stol ustidagi buyum O devorga taqalguncha



5-rasm. Gidropressning sxemasi.

davom etadi. Stolning bundan so'nggi ko'tarilishi natijasida buyum siqiladi va preslanadi.

Aytilgan usul jismlarni faqat ko'tarish uchun kerak bo'lsa, u holda konstruktiv sxemada D devor bo'lmaydi. Bu holda bizning mashina gidrostatik ko'targichga, domkratga aylanadi. Endi

gidroresslarda kuchlarning munosabatini topamiz. OAV richagning V uchiga Q kuch qo'yilgan bo'lsin, u holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$Q \cdot (a + b) = P_1 \cdot a$$

Bu tenglamadan kichik porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz:

$$P_1 = \frac{a + b}{a} \cdot Q$$

U holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{a + b}{a} \cdot \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

Katta porshen ostidagi bosim

$$p + \gamma \cdot h = \frac{a + b}{a} \cdot \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma \cdot h$$

bu erda h - porshenlar ostki sirlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$P_2 = (p + \gamma \cdot h) \cdot S_2 = \left(\frac{a + b}{a} \cdot \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma \cdot h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}$$

Ko'p holda gidroresslarda gidrostatik bosim juda katta bo'lgani uchun $\gamma \cdot h$ ni hisobga olmasa ham bo'ladi, ya'ni:

$$P_2 = \frac{a + b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \cdot Q \quad (2.10)$$

Biz keltirgan sxema soddalashtirilgan bo'lib, haqiqiy gidroresslarda juda ko'p yordamchi qismlar bo'ladi. Amalda gidroresslarda suyuqlikning porshen va tsilindrlar orasidan sizib o'tishi, tutashtiruvchi trubalardagi qarshilik kuchi hisobiga katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch yuqorida keltirilgan nazariy hisobdan farq qiladi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P_2^1 = \frac{a + b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \cdot Q \cdot \eta$$

bu erda: η - yuqorida aytilgan xatoliklarni hisobga oluvchi koeffitsienti bo'lib, uni foydali ish koeffitsienti deb ataladi.

Amalda bu koeffitsient qiymati 0,75 bilan 0,85 o'rtasida bo'ladi. Keltirilgan hisoblan ko'rinnb turibdiki, tsilindrlarning diametrlari va richagning elkasini tanlab olish yo'li bilan preselovchi kuchni istaganicha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar hosil bo'lganda tsilindrlar devori deformatsiyalanishi va hatto buzilishi mumkin. Bu esa qo'shimcha qiyinchiliklar tug'diradi. Hozirgi vaqtda mavjud gidroresslarda 25000 t gacha kuch hosil qilish mumkin.

b) Gidroakkumulyatorlar. Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfining ortib ketishi yoki kamayish hollari bo'ladi, Bunday hollarda bosim va sarfni normallashtirish uchun gidroakkumulyatorlardan foydalaniladi. Ular suyuqlik sarfi yoki bosimi ortib ketganda yuqori bosimdagi suyuqlikning bir qismini o'ziga olib, sistemadagi bosim va sarfni kamaytiradi, teskari holda esa o'zidagi suyuqlikni sistemaga berish yo'li bilan bosimni va sarfni oshiradi. Gidroakkumulyatorlar gidrotormozlar, ko'targichlar, presslar, chig'irlar va boshqa, gidromashinalarda ishlatiladi.

Potentsial energiya qaysi usul bilan to'planishi va qaytarib berilishiga qarab pnevmatik, prujinali va yukli gidroakkumulyatorga bo'linadi. YUkli gidroakkumulyatorlar tsilindr va uning ichida harakatlanuvchi va yuk ortilgan koromisloli plunjerdan iborat bo'lib, tsilindrga gidrosistemaning suyuqlik harakat qiluvchi qismlari truba orqali tutashtirilgan bo'ladi. Sistemada bosim ortib ketsa, suyuqlik tsilindrga o'tib, yukli plunjerni ko'taradi, bosim kamayganda esa plunjer pastga tushib, suyuqlik tsilindrdan sistemaga qarab oqadi. Natijada bosimning o'zgarishi tekislanadi.

2.6 - rasmda katta bosim olish zarur bo'lganda ishlatiladigan pnevmatik gidroakkumulyator tasvirlangan. U korpus va diafragma 2 dan tuzilgan bo'lib, shtutser 4 orqali gidrosistemaga ulangan. SHtutser 5 gidroakkumulyatorni gaz bilan to'ldirish uchun xizmat qiladi. SHayba 3 esa akkumulyatorida bosim pasayganda gazning rezina dnafragmani korpusga bosib, ezib qo'yishidan saqlaydi. Idishga suyuqlik shtutser 4 orqali berilganda gaz kamerasining hajmi kamayadi. Natijada gazning bosimi oshib ketadi.

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

$$F_1 = (p_1 - p_2) \cdot S \quad (2.12)$$

Suyuqlikda ishqalanish kuchi F_2 mavjud. U holda diafragmaga ta'sir etuvchi kuchdan hosil bo'ladigan haqiqiy bosim p quyidagicha aniqlanadi:

$$p = \frac{(p_1 - p_2)S + F_2}{S} \quad (2.13)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

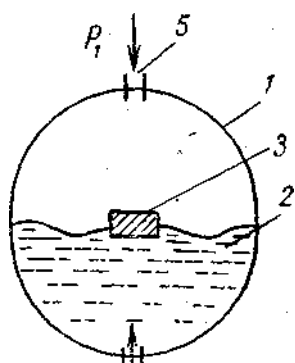
$$A_x = \eta \cdot A_H = \eta \int p \cdot S \cdot dh, \quad (2.14)$$

bu erda η - gidroakkumulyatorning foydali ish koeffitsienti.

Bu erda gidrosistemadan gidropressga suyuqlik harakatlangan vaqtda yuzaga kelgan qarshilikni hisobga olish mumkin edi.

Bu hisob gidroakkumulyatorga suyuqlik o'tmagandagina kerak. Boshqa hamma hollarda yuqoridagi formula gidroakkumulyatorlarni hisoblash uchun o'rinli bo'ladi.

v) Gidromultiplikatorlar. Gidrosistemadagi bosimni uning biror qismida orttirish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko'p hollarda, xususan, gidroakkumulyatorlar bosimni etarli ta'minlamaganda muhim ahamiyatga ega.



2.6-□□□□.

□□□□□□□□□□

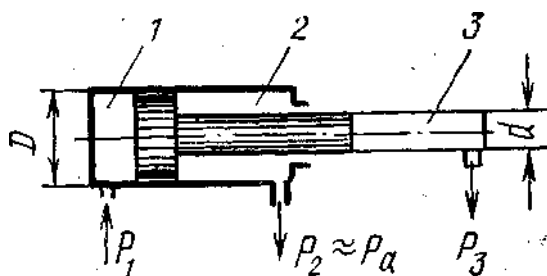
□□□□□□□□□□□□□□□□

□□□□ □□□□□□□□:

1-□□□□□□□, 2

□□□□□□□□ - □□, 3-

Gidromultiplikator differentsial tsilindrda harakatlanuvchi differentsial porshendan iborat (2.7-rasm). 1 - bo'shliq gidrosistemaga ulangan, 2 - bo'shliq ortiqcha suyuqlik oqib ketishi



2.7 - rasm. Gidromultiplikatorning sxemasi:

1 - past bosimli suyuqlikka tutashgan bo'shliq, 2 – atmosfera bosimli suyuqlikka tutashgan bo'shliq, 3 - yuqori bosimli suyuqlikka tugashgan bo'shliq.

uchun mo'ljallangan, 3-bo'shliq esa suyuqlikni gidrosistemaning ish bajaruvchi organiga bog'laydi. 2-bo'shliqdagi chegirma bosimni hisobga olmaganda, 3-bo'shliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

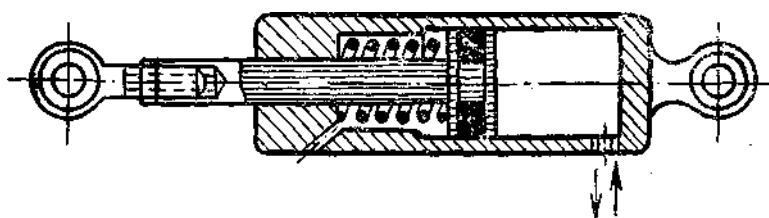
$$p_3 = p_1 \left(\frac{D_1}{d_3} \right)^2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_{mex} \quad (2.15)$$

bu erda η_2 - gidravlik qarshilikni hisobga oluvchi koeffitsient; η_{mex} mexanik qarshilikni hisobga oluvchi koeffitsient.

Gidromultiplikatorlarning sarfi suyuqlik sarfining miqdoriga qarab hisobga olinadi va ular suyuqlik sarfining kichik qiymatlarida ishlatiladi. Suyuqlik sarfining katta o'zgarishida bunga qaraganda boshqacharoq sxemalar ishlatiladi.

g) Kuch gidrodvigatellari. Kuch gidrodvigatellari hajmiy gidrouzatgich sistemasi elementlarining bo'lagi bo'lib, tsilindrda porshen siljishi bilan suyuqlik potentsial energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun foydalaniladi. Suyuqlik porshen bilan uzatiladigan gidrotsilindrlarda energiya manbai xizmatini nasos bajaradi. Ilgarilanma - qaytma va aylanma harakatga asoslangan kuch gidrotsilindrlari porshen printsipi bo'yicha ishlaydi va uch turga bo'linadi: bir tomonlama kuch, ikki tomonlama kuch va burilib ishlaydigan tsilindrlar. Burilib ishlaydigan tsilindrlar kvadrantlar deb ham ataladi.

2.8 - rasmda bir tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindrining sxemasi keltirilgan. Bunda porshenga suyuqlikning bosimi faqat

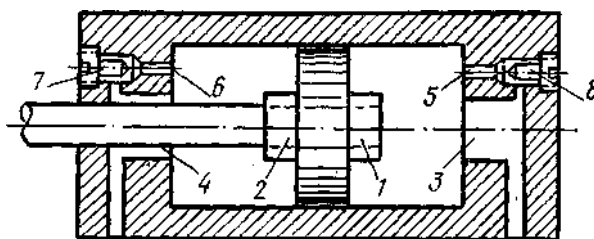


2.8-rasm. Bir tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindri

bir tomondan ta'sir qiladi. Porshenning teskari tomonga harakati prujina ta'sirida amalga oshadi.

2.9-rasmda ikki tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindri sxemasi keltirilgan. Bunda suyuqlik porshenga ikki tomondan galma - gal ta'sir qiladi. Porshenning shtok tomonga bir tomonlama harakati vaqtida tsilindrning ikkala bo'shlig'ida suyuqlik bir xil bosim ta'sirida bo'ladi.

Porshenning ikkinchi tomonga harakati vaqtida ham bu hol saqlanadi. Porshen tsilindrning chekka qopqoqlariga ravon va zarbasiz yaqinlashishi uchun tirqishlar 3 va 4 diametriga mos bo'rtmalar 1 va 2 o'rnatilgan bo'lib, ular tirqishlarga kirishda hosil bo'lgan zarb ta'sirida siqib chiqarilayotgan suyuqlik



2.9-rasm. Ikki tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindri:

1, 2-dempferlovchi bo'rtmalar, 3, 4-dempferlovchi tirqishlar, 5, 6-suyuqlik chiqib ketuvchi kanallar, 7, 8-drossellar.

hisobiga dempferlanadi. TSilindrda qolgan suyuqlik drossellar 7 va 8 bilan ta'minlangan kanallar 5 va 6 dan chiqib ketadi. Drossellarning o'lchamlari porshenning chekka qopqoqlariga yaqinlashish sharoitiga mos ravishda hisoblangan bo'ladi.

Suyuqlikdagi ixtiyoriy nuqtaning (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosimi r shu nuqtaning absolyut bosimi deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosimi r_0 erkin sirtidagi absolyut bosimdan iborat. γh esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'imlarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va r_a harfi bilan belgilanadi.

Bu holda absolyut bosim (2.4) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2.16)$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta ($r > r_a$) bo'lsa, (2.16) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim r_m deb ataladi:

$$p_M = \gamma \cdot h = p - p_a \quad (2.17)$$

Manometrik bosim absolyut bosim bilan atmosfera bosimining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uni ortiqcha bosim deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'ladi, masalan: $r=r_a$ bo'lganda $r_m=0$; $r \rightarrow \infty$ bo'lganda $r_m \rightarrow \infty$, ya'ni manometrik bosim 0 bilan ∞ o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

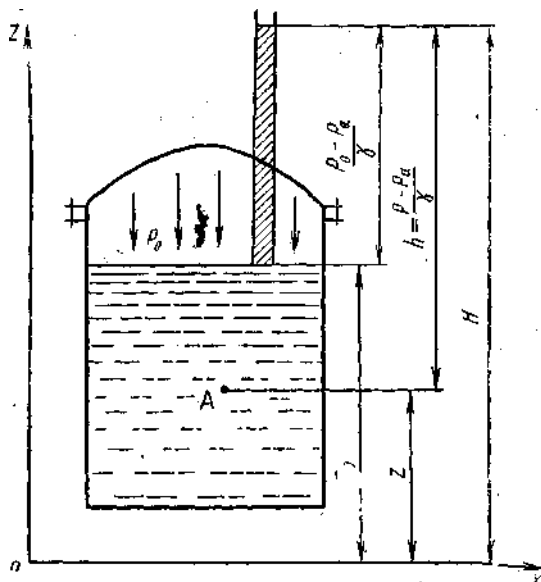
Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning absolyut bosimi atmosfera bosimidan kichik ($r < r_a$) bo'lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim r_v ga teng bo'ladi va suyuqlikning siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$p_v = p_a - p \quad (2.18)$$

Vakuummeterik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan kamligini ko'rsatadi va $r = r_a$ da $r_v = 0$; $r = 0$ da $r_v = r_a$. SHunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan r_a , gacha bo'lgan qiymatda bo'la oladi.

Pezometrik balandlik. Hidrostatik bosim

Biror idishga solingan suyuqlikning sirtidagi bosim p_0 bo'lsin (2.10-rasm). Bu holda biror koordinatalar sistemasi tanlab olingan



2.10-rasm. Pezometrik balandlik va gidrostatik

bosimni tushuntirishga oid chizma.

bo'lsa, istalgan nuqtadagi bosim uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasi (2.4) dan foydalanib, ushbu tenglikni yozaolamiz:

$$p - p_0 = -\gamma(z - z_0) \quad (2.19)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{p}{\gamma} + z = \frac{p_0}{\gamma} + z_0 \quad (2.20)$$

Tenglama istalgan nuqta uchun yozilgani sababli uning ko'rinishi quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$\frac{p}{\gamma} + z = H = \text{const}$$

Bu erda $\frac{p}{\gamma}$ - istalgan A nuqtadagi bosimga taalluqli suyuqlik ustunning balandligi, u suyuqlik sirtida $\frac{p_0}{\gamma}$ ga teng;

z - istalgan A nuqtaning koordinatasi (u suyuqlik sirtida z_0 ga teng).

So'ngi tenglamadan ko'rinadiki, tinch holatdagi suyuqlik uchun bosimga taalluqli suyuqlik ustunining balandligi bilan nuqta koordinatasining yig'indisi o'zgarmas miqdor N ga teng ekan. O'zgarmas miqdor N *gidrostatik bosim* deb ataladi.

Istalgan A nuqtadagi ortiqcha bosim.

$$p_m = p - p_a = \gamma h$$

Bu tenglikdan suyuqlik ustunining balandligi ortiqcha bosimning miqdori yordamida aniqlanadi.

$$h = \frac{p - p_a}{\gamma} \quad (2.22)$$

Suyuqlik ustunining ortiqcha bosimni ko'rsatuvchi balandligi suyuqlikning pezometrik balandligi deb ataladi.

Mavzu: 8-Mavzu.Gidravlik kuch qurilmalari.

Dars maqsadi:

Gidroturbinalarning ishlash printsiplari, Hidroturbinalarning umumiy tuzilishi, Hidroturbinalarning ishlash jarayoni va turlari haqida ma'lumot berish.



Dars rejasi:

1. Hidroturbinalarning ishlash printsiplari
2. Hidroturbinalarning umumiy tuzilishi
3. Hidroturbinalarning ishlash jarayoni va turlari

GIDROTURBINALARNING ISHLASH PRINTSIPI

Gidroturbinalar ishlash printsiplari qarang aktiv va reaktiv turbinalarga bo'linadi.

Aktiv turbinalar XIX asrda qo'llanila boshlagan, bu turbinalarning ishlash printsiplari gidravlik oqimchalarning turbina ish gildiragi cho'michlariga ta'sir qilishiga asoslangan bo'lib, ularni oqimchali turbinalar deb ham atash mumkin. Ularda oqimchani kinetik energiyasi cho'michga va u orqali ish gildiragiga beriladi. Aktiv turbinalarda ish gildiragi kuraklarning hammasi emas, balki ishlayotgan soplolar nechta bo'lishiga qarang bir nechtasi oqimcha tasiriga bir vaqtda uchraydi. Bunday turbinalarning xususiyatlaridan biri shuki, kurakka urilgan oqimcha kuraklar orasidagi sohani batamom to'ldirmaydi. Suvning ish gildiragi kuraklariga kirish va ulardan chiqish tezliklari deyarli bir xil bo'lib, gildirakning ikki tomonidagi bosimlar (atmosfera

bosimiga) tengdir. Kuraklarda suv tezlanish olmagani sababli reaktiv priptsipi bo'lmaydi. Kuraklarda bosim oqimchani kurakka bevosita ta'siri orqali (uning kurakdagi yo'nalishi o'zgarib borishi xolda) hosil qilinadi.

Reaktiv turbinalar amerikalik injener Frensis (1849 y.) va chex professori Viktor Kaplan (1912 y.) nomi bilan bog'liq.

Reaktiv turbinalarda suvning asosiy potentsial zenergiyasi mexanik harakatga aylantiriladi. Reaktiv turbinalar so'rish trubasi bilan birga ishlatiladi. So'rish trubasi ta'sir etuvchi bosimni kuchaytirishga yordam beradi va bu xususiyat ayniqsa kichik bosimlarda qo'llaniladigan turbinalarda muhimdir. Ta'sir etuvchi bosimni oshirish uchun reaktiv turbinalar bilan birga, yonaltiruvchi apparat ham ishlatiladi.

Yonaltiruvchi apparat va turbina g'ildiragi kuraklarining oraliqlari suv bilan batamom to'ldiriladi va g'ildirakning yuqorisi va pastida bosimlar turlicha bo'ladi. Reaktiv turbinalarda suv gildiragini o'rab turuvchi, yonaltiruvchi apparatdan chiqib, gildirak fak kuraklari oralig'i orqali so'rish trubasiga o'tadi. Bunda yonaltiruvchi apparatdan chiqishdagi va so'rish trubasiga kirishdagi bosimlar farqi ta'sirida g'ildiraklar orasida harakatlanayotgan suvning tezligi ortib boradi. Suvning bunday tezlanishi harakati ish g'ildiragi kuraklarida reaktiv kuch hosil qiladi, bu kuch ta'sirida ish g'ildiragi aylanma harakat qiladi.

Yonaltiruvchi apparat kuraklarining holatini o'zgartirib, turbinaning ishlash rejimini o'zgartirish va hatto turbinaga kelayotgan suvni butunlay to'xtatib qo'yish mumkin.

Gidroturbinalar bosimning qiymatiga qarab yuqori bosimli, o'rtacha bosimli va kichik bosimli turbinalarga bo'linadi:

1) bosimi 80 m dan kichik ($H < 80$ m) turbinalarga kichik bosimli turbinalar deyiladi. Bunday turbinalarga o'qiy va bosimli diagonal hamda radial-o'qiy turbinalar kiradi;

2) bosimi 80 m dan 500 m gacha ($80 \text{ m} < H < 500 \text{ m}$) bo'lgan turbinalarga o'rtacha bosimli turbinalar deyiladi va ularga radial-o'qiy hamda yuqori bosimli diagonal turbinalar kiradi;

3) bosimi 500 m dan yuqori ($H > 500$ m) bo'lgan turbinalarga yuqori bosimli turbinalar deyiladi va ularga aktiv turbinalar kiradi. Turbina ish g'ildiragida oqimchani qanday yo'nalishigiz qarab ular o'qiy, diagonal, radial-o'qiy (aktiv) turbinalarga bo'linadi.

O'qiy turbinalar ish g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari teng bo'lib, ularda oqimcha g'ildirak o'qi yo'nalishida harakat qiladi. Bu turbinalar bosim 70 m gacha bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Diagonal turbinalarda ish g'ildiragi tashqi va ichki diametrlarining nisbati 1,1... 2,2 ga teng bo'lib, oqimcha g'ildirak o'qiga o'tkir burchak ostida yo'nalgan bo'ladi. Ular bosimning qiymati 40... 200 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Radial-o'qiy turbinalarda oqimcha yonaltiruvchi apparatdan g'ildirak o'qiga tik yo'nalishda chiqib, ish g'ildiragida o'z yo'nalishini 90° ga o'zgartiradi va gildirakdan chiqib, so'rish trubasiga kirishda o'q yo'nalishida harakat qiladi. Bunday turbinalar bosim 50... 700 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Oqimchali turbinalarda esa oqimcha turbina g'ildiragining cho'michiga eng ko'p reaktiv

kuch beradigan qilib yo'naltirilgan bo'ladi. Bu turbinalar bosim 400...1700 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Turli turbinalarning bosimi uchun yuqorida ko'rsatilgan chegaralar shartli bo'lib, bosimning kamayishi yoki ko'payish tomonga o'zgarib turish hollari uchrashi mumkin.

Turbinalar konstruktiv belgilariga qarab to'rt turga bo'linadi:

1) radial-o'qiy; 2) propellerli; 3) burilma kurakli; 4) cho'michli.

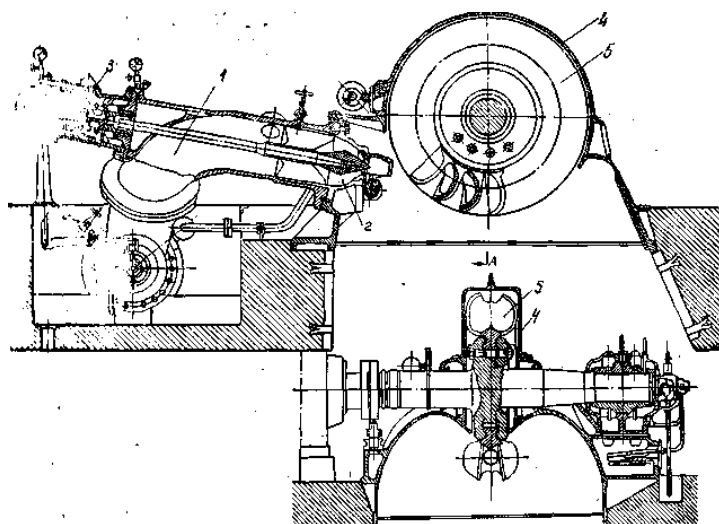
Gidroturbinalarning umumiy tuzilishi va ishlash protsessi

Turbinalarning tuzilishi konstruktiv turiga qarab turlicha bo'ladi.

GIDROTURBINALARNING UMUMIY TUZILISHI

Aktiv turbinaga misol sifatida cho'michli turbinaning sxemasini keltiramiz (5. 2-rasm). Cho'michli turbinalar ish g'ildiragi atrofiga kovsh (cho'mich) o'rnatilgan diskdan iborat. Suv ish g'ildiragiga yo'naltiruvchi apparat vazifasini bajaruvchi va torayib boruvchi naycha shaklida ishlangan soplo yordamida beriladi. Soplodan truba orqali kelgan suvning barcha energiyasi (yo'qotilgan energiyadan tashqari) kinetik energiyaga aylanadi. Turbinaning konstruktiv tuzilishi va quvvatiga qarab, soplo bittadan to'rttagacha bo'ladi. Bunday turbinaning quvvati 50 ming kVt gacha etadi.

5.2-rasmda cho'michli turbinaning sxematik kesimi keltirilgan.



5. 2-rasm. Aktiv turbina sxemasi:

1 – turbinaga suv keltirgich truba, 2-ignali soplo, 3-ignani boshqaruvchi mexanizm, 4 — g'ilof, 5-cho'michli ish g'ildiragi.

Soplolarda o'rnatilgan igna uning o'qi bo'yicha harakat qiladi. Igna harakat qilganda soplodan chiqishdagi kesim o'zgaradi, natijada soplodan chiqayotgan suvning sarfi o'zgaradi. SHu mo'l bilan

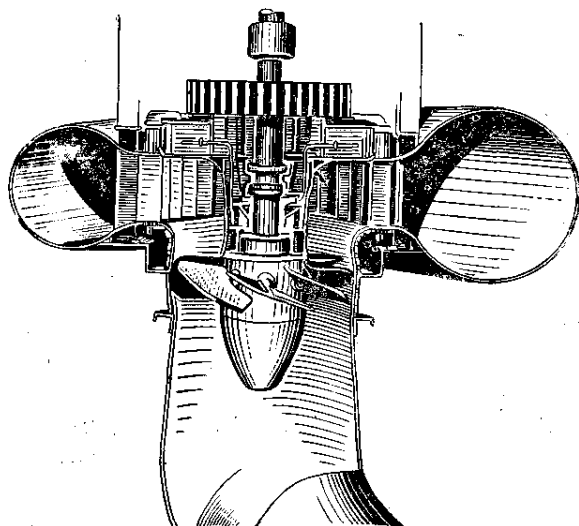
cho'michli turbinalarda quvvat o'zgartiriladi. Ignaning epg ko'p chiqarilgan holatida soploneg chiqish yo'li butunlay to'silib qoladi va turbina to'xtaydi.

CHo'michlarning o'rtasida do'nglik bo'lib, u suvni ikki qismga ajratadi. Bu ajralgan ikki oqimning har biri cho'michning chsppa chig kichik tezlikda kelib, tushib ketadi. Natijada suvning kinetik energiyasi ish g'ildiragini aylantiruvchi mexanik energiyasiga aylanadi. CHo'michlar diskning aylanasi bo'yicha btr tekis joylashganligi uchun ish g'ildiragi aylanganda cho'michlar oqimchani galma-galdan qabul qiladi.

Ikkinchi tur turbinalar reaktiv turbinalar bo'lib, ular yuqorida aytilgan, radial-o'qiy, propellerli, burilma-kurakli turbinalarga bo'linadi. 5.3-rasmda radial-o'qiy turbinaning sxemasi keltirilgan bo'lib, uning ish g'ildiragi spiral truba va yo'naltiruvchi apparatning o'rtasiga o'rnatilgan bo'ladi. Bu turbinaning ish g'ildiragi aylana bo'yicha bir tekis joylashagan va burilma shaklida bo'lgan bir qancha kuraklardan tashkil topgan. Kuraklar halqalarga o'rnatilgan bo'ladi. Kuraklarning soni 12 dan 20 gacha bo'ladi (ko'p hollarda 14—15 kurak bo'ladi). Turbina valiga generatorning vali mahkamlangan

Gidroturbinalarning ishlash jarayoni va turlari

Yo'naltiruvchi apparat suvning ish g'ildiragi qanotlariga urilmasdan kirishi va tezlikning bir tekis ortib borishi uchun xizmat qiladi va ish g'ildiragining tashki perimetri bo'yicha bir tekis joylashlashtirilgan hamda burilma kanallar hosil qiluvchi kuraklardan tashkil topgan bo'ladi. Ko'p xollarda radial-œqiy, propellerli va burilma kurakli turbinalar spiral kameraga ham ega bo'ladi. Spiral kameralar metall dan yoki temir-betondan tayyorlanadi. 5.4-rasmda metall spiral kamerali reaktiv turbina keltirilgan



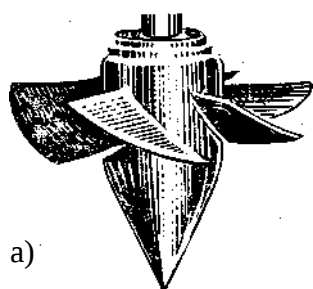
5. 4-rasm. Spiral kamerali reaktiv turbina.

Propellerli va burilma kurakli turbinalar ham radial-œqiy turbinalarga o'xshash tuzilishga ega bo'lib, asosan, ish g'ildiragining tuzilishi bilan farq qiladi. 5. 5-rasm, a da propellerli va 5. 5-rasm, b, v da burilma kurakli turbinaning ish gildiragi keltirilgan. Bunday turbinalar ish g'ildiraginnng kuraklari markaziy vtulkaga o'rnatilgan bo'ladi. Turbinaning konstruktsiyasiga qarab kuraklar soni uchtdan sakkiztagacha bo'ladi. Bu turbinalarda oqim ish g'ildiragidan o'q yo'nalishida o'tadi.

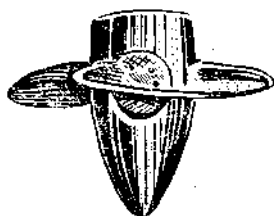
Propellerli turbinalarda kuraklar ish g'ildiragi vtulkasiga qo'zg'almas qilib o'rnatilgan bo'lib, uning ishlash tartibi yo'naltiruvchi apparat kuraklarining holatiga bog'liq.

Burilma kurakli turbinalarda ish g'ildiragi kuragi yo'naltiruvchi apparatning ochilish holatiga qarab avtomatik ravishda buriladi. 5.6-rasmda burilma kurakli turbinaning sxemasi keltirilgan.

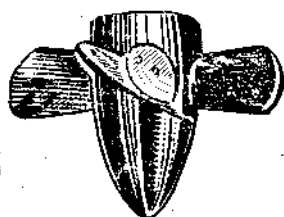
Bu turbinalarda ham radial-o'qiy turbina kabi suv spiral trubadan o'tib, yo'naltiruvchi apparat orqali ish g'ildiragiga keladi va kuraklarda reaktiv kuch hosil qilib ish g'ildiragini aylantiradi.



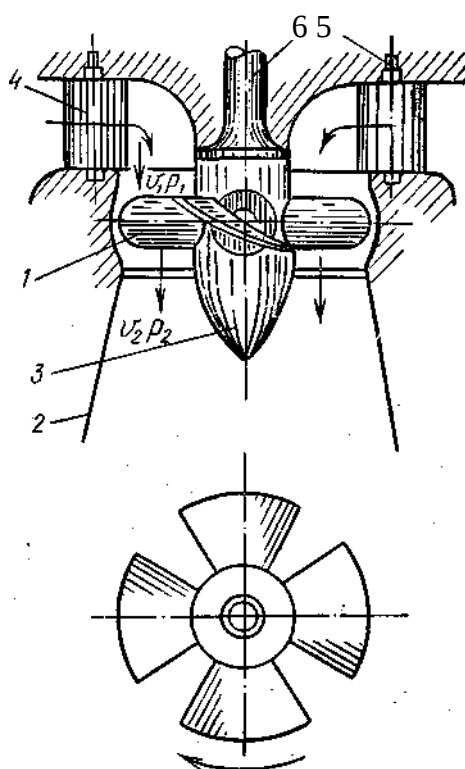
a)



b)



v)



5. 5-rasm.
Propeller:

a—burilma
kurakli, b v,— tur-
binalarning ish
gildiraklari.

5. 6-rasm. Burilma kurakli
turbinaning sxemasi:

7- ish g'ildiragining burilma
kuragi, 2-so'rish

trubasi, 3—ish g'ildiragining
vtulkasi, 4—yo'naltiruvchi
apparatning burilma kuragi, 5—
kurakning

o'qi, 6—turbina vali.

Aktiv (cho'michli) gidroturbinalarga suv yuqori b'efdap truba orqali olib kelinadi. Suv keltiruvchi trubadan soploga o'tadi va bu erda kesimi torayib borgani uchun kinetik energiya ortadi, ya'ni yuqorida aytilganidek, suvning barcha energiyasi kinetik energiyaga aylanadi. So'ngra u soplodan juda katta tezlik bilan oqimcha tarzida otilib chiqadi va ish g'ildiragining cho'michlariga uriladi. Soplodan chiqayotgan oqimchanning tezligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$v_c = \varphi \sqrt{2gH} \quad (5.6)$$

Bu formula teshiklardan va naychalardan oqayotgan oqimchalarni tekshirishda keltirib. chiqarilgan (66-§). Oqimchanning ish g'ildiragida ish hosil qilgan momenti quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$M = \rho Q (0,5D_1 \cdot v_1 \cos \alpha_1 - 0,5D_2 v_2 \cos \alpha_2)$$

$G > u$ erda v_1, v_2 — suvning cho'michga kirish va cho'michdan chiqishdagi tezligi; α_1, α_2 — suvning cho'michga kirish va cho'michdan chiqish burchaklari. Bosim esa quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$H = \frac{v_c}{g} (c_1 \cos \alpha_1 - c_2 \cos \alpha_2)$$

SHunday qilib, turbina ish g'ildiragini aylantiruvchi kuch soplo bitta bo'lganda (5.7) formula yordamida hisoblanadi. Soplolar bir nechta bo'lganda g'ildirakni aylantiruvchi kuch tegishliicha ortadi. Odatda, cho'michlar soni 12... 40 tagacha bo'lib, ish g'ildiragi aylanayotgan cho'michlar galma-galdan oqimchanning ta'sir kuchini qabul qiladi. Natijada ish g'ildiragining doimiy ishlab turishi ta'minlanadi.

Mavzuning nomi: “Gidroelektrostantsiyalar. Gidroturbinalar.

Ishtirokchilar: bakalavriat bosqichi “Mehnat” ta'lim yo'nalishi, 3-kurs talabalari.

Ta'limning maqsadi: bo'yicha bilim, ko'nikma va malakalarini shakllantirish.

Rejalashtirilayotgan o'quv natijalari: gidroenergetik resurslar, to'g'on ichida va to'g'on ortida joylashgan elektr stantsiyalar, shaxobcha kanalli elektr stantsiyalar, suvning ko'tarilishidan ishlaydigan elektr stantsiyalar, gidroakkumulyatsion elektr stantsiyalarni tasnifini ishlab chiqadi.

Loyihalashtirish faoliyati bo'yicha quyidagi amaliy ko'nikmalarga ega bo'ladi: muammoni shakllantirish va vazifalarni aniqlash; vazifalarni amalga oshirishdagi usullarni tanlash va ulardan foydalanish; o'z faoliyatini rejalashtirish; ma'lumot manbalarini aniqlash, tizimga keltirish va tahlil etish; natijalarni talab darajasida rasmi ylashtirish va kerakli ko'rinishda taqdim etish.

Talabalar loyihani muvaffaqiyatli bajarishlari uchun bilishlari lozim bo'lgan bilim, ko'nikma va malakalar quyidagilardan iborat:

Talaba quyidagilarni bilishi kerak:

gidroenergetik resurslar, gidroelektr stantsiyalar klassifikatsiyasi, to'g'on ichida va to'g'on ortida joylashgan elektr stantsiyalar, shaxobcha kanalli elektr stantsiyalar, suvning ko'tarilishidan ishlaydigan elektr stantsiyalar, gidroakkumulyatsion elektr stantsiyalar

Talaba quyidagi ko'nikmalarga ega bo'lishi kerak:

tahlil etish, taqqoslash, tizimlashtirish, umumlashtirish, loyihalash.

Talaba quyidagi malakalarga ega bo'lishi kerak:

individual va hamkorlikda ishlash, kognitiv, evristik, kreativ faoliyat malakalari.

Turlanish belgilari bo'yicha loyihaga tavsif: turi – amaliy; fan va mazmun jihatdan ko'lami bir fan bo'yicha foydalaniluvchi monoloyiha; talabalar o'quv loyiha faoliyatlarini muvofiqlashtirish tavsifi – bevosita; ishtirokchilar soni – 5tdan 8 tagacha ishtirokchi bo'lishi mumkin; bajarish muddati qisqa muddatli – bir hafta ichida.

Loyihani bajarish tartibi: talabalarning auditoriya va auditoriyadan tashqari mustaqil faoliyatlarida bajariladi, amaliy mashg'ulotda taqdim etib boriladi. Loyiha natijasi navbatdagi mashg'ulotda amalga oshiriladi.

Loyihaning baholanishi – ishchi guruhlar tomonidan bajarilgan loyiha quyidagicha baholanadi (guruhning har bir a'zosi uchun): talabalar tomonidan bajarilgan loyihaning alohida qismlari (maks. ball – 2); hisobot (maks. ball – 1,5); loyiha taqdimoti va himoya etish jarayoni (maks. ball – 1,5).

Loyihaviy ta'limni tashkil etish bosqichlari

Tayyorlov bosqichi: loyiha bilan tanishish; auditoriyadagi mashg'ulot vaqtida talabalar faoliyatini tashkil etish.

Loyihani bajarish bosqichlari: auditoriya va auditoriyadan tashqari faoliyat davrida.

YAkuniy bosqich: loyiha taqdimoti, auditoriya mashg'ulotida talabalarning loyihalashtirish faoliyatini baholash.

Loyiha asosida o'qitishni boshqarish: auditoriya va auditoriyadan tashqari faoliyatda.

Ta'lim modelining qisqacha tavsifnomasi

Loyiha asosida o'qitish jarayonida quyidagilar qo'llaniladi:

o'qitish usullari: loyihalashtirish usuli, matn va axborot manbalari bilan ishlash, taqdimot;

o'qitish shakllari: ommaviy, alohida, guruhliy;

o'qitish vositalari: loyiha topshirig'i, uslubiy ko'rsatmalar, axborot texnologiyalari.

O'quv loyihasi: “Gidroenergetik resurslar. Gidroelektr stantsiyalar klassifikatsiyasi”

I. Loyiha topshirig'i

Loyiha doirasida echilishi kerak bo'lgan muammo: Gidroelektr stantsiyalar tasnifini ishlab chiqishdan iborat.

Muammo osti muammolar:

1. Mavjud gidroelektr stantsiyalar tasnifini o'rganish va tahlil qilish

2. Tahlillar asosida tizimlashgan gidroelektr stantsiyalar tasnifini ishlab chiqish.

Loyihaning maqsadi (nima uchun yaratilayapti?): Gidroelektr stantsiyalar tasnifini takomillashtirish.

Loyihani amalga oshirishdan erishiladigan natija (loyiha mahsuli): Gidroelektr stantsiyalarning umumlashgan tasnifi.

Loyihadan foydalanuvchilar: professor-o'qituvchilar, talabalar.

Loyiha doirasi:

- bajarilish muddati: bir hafta davomida (navbatdagi mashg'ulotda taqdimot qilinadi), loyiha qismlari belgilangan grafik asosida;
- ishtirokchilar soni: guruh talabalari 3 ta ishchi guruhga bo'linib, har bir ishchi guruhda 5tdan 8tagacha ishtirokchi bo'lishi mumkin.

Mavzu: Gidroelektrostantsiyalar. Gidroturbinalar.

Gidroelektr stantsiyalar klassifikatsiyasi

Gidroelektr stantsiyalar gidroturbinalar yordamida suv energiyasini mexanik energiyaga, so'ngra uni generator yordamida .elektr energiyasiga aylantirib beruvchi inshootlar kompleksidir.

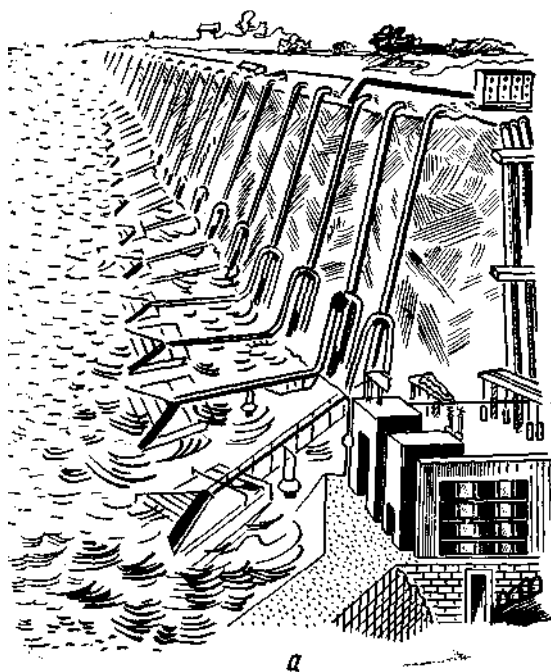
Gidroelektr stantsiyalar bir necha xil yo'l bilan klassifikatsiyalanishi mumkin, jumladan:

oqar sunlarning kinetik energiyasidan foydalanishga mo'ljallangan to'g'onsiz GESlar (6.1-rasm, a, b);

suv bosimini bir joyga yig'ish uchun daryoning biror joyiga qurilgan to'g'onli GESlar (6.2-rasm);

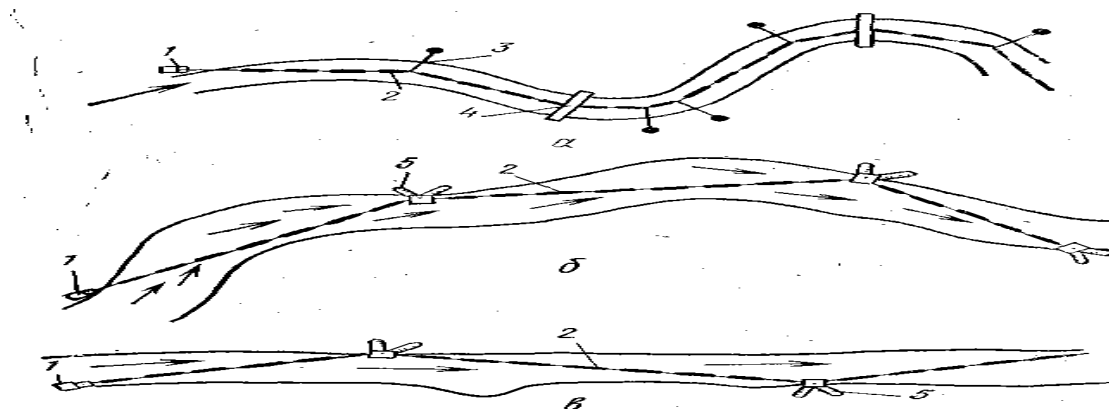
suvni turbinaga shoxobcha kanal orqali olib beradigan shoxobchali gidroelektr stantsiyalar; shoxobcha kanalli GES lar o'z navbatida to'g'onli va to'g'onsiz bo'lishi mumkin (6.3-rasm).

To'g'onsiz elektr stantsiyalar. To'g'onsiz elektr stantsiyalarning bir necha turi mavjud bo'lib, ularga marjonsimon GES lar misol bo'ladi. Bu elektr stantsiyada bitta po'lat trosga bir necha dona kichik diametrli turbinalar muftalar yordamida marjonsimon ketma-ket biriktiriladi va oqar suv manbalariga nisbatan ko'ndalang yoki ma'lum qiyalikda o'rnatiladi. Trosning bir uchiga elektr generatori biriktiriladi (6.4, 6.5, 6.6- rasmlar).



6. 1-rasm. To'g'onsiz gidroelektr stantsiya sxemasi.

Z-rasm. SHoxobcha kanalli gidroelektr stantsiya sxemasi.



6. 4-rasm. Bir marjonli GESlarni daryolarda joylashtirish usullari.

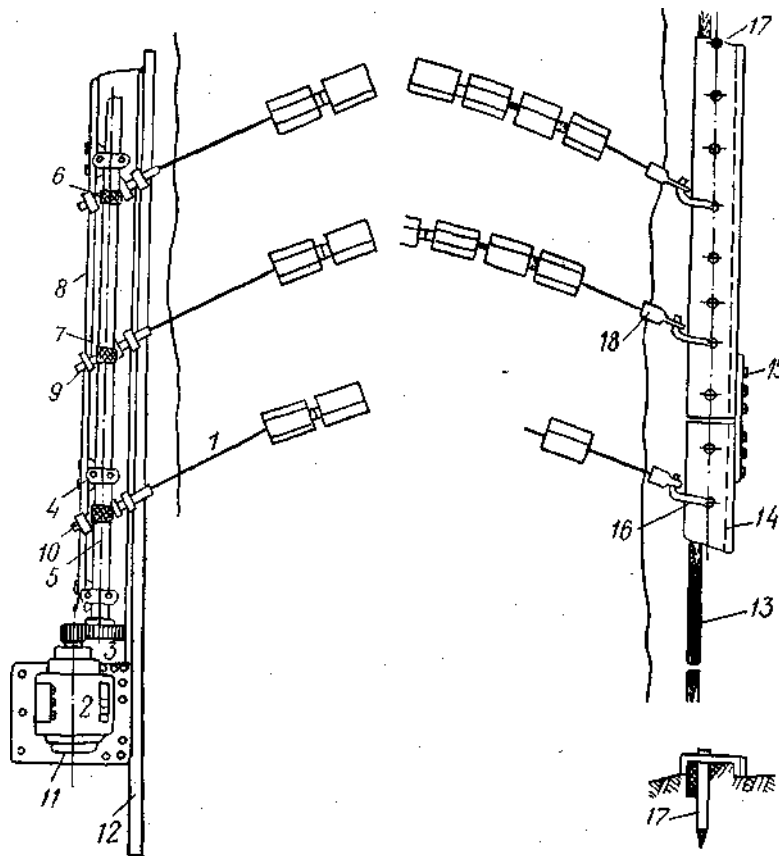
Natijada turbinalar aylanganda tros ham birgalikda aylanib, elektr generatorning yakorini aylantiradi.

Bunday GESlar eni 0,5 metrdan kichik, chuqurligi 0,3 metrdan kam bo'lmagan va suvning tezligi 1 m/s dan ortiq bo'lgan ariq yoki daryolarga o'rnatilib, 1...5 kVtgacha quvvat olishga imkon beradi.

Ular suv ostiga tegmaydigan darajada cho'ktirilgan bo'lib, hatto paroxod qatnaydigan daryolarga ham o'rnatilishi mumkin.

Marjonsimon elektr stantsiyalar o'z navbatida bir marjonli (6.4 - rasm), ko'p marjonli (6.5-rasm), bo'ylama, enlama turbinali elektr stantsiyalarga bo'linadi. Marjonsimon GESlarda qo'llaniladigan turbinalarning ko'rinishi 6.6-rasmda kelti-rilgan.

To'gonli gidroelektr stantsiyalarda suv sathi to'g'on yordamida ko'tarilib, kerakli bosim hosil qilinadi.



6.5-rasm. Ko'p marjonli GESlarni daryolarda joylashtirish sxemasi:

1—tros, 2—generator, 3—tishli mexanizm, 4—valning tayanchi, 5—val, 5—trosni taranglovchi mexanizm, 7—chervyakli mexanizm, 8—fundament, 9—trosni taranglovchi mexanizmga biriktirish, 10—trosning uchi, 11 — generator o'qi, 12, 13—daryo chetining qirg'og'ini mustahkamlovchi qurilma, 14, 15, 16—trosning ikkinchi uchini qirg'oqqa biriktiruvchi qurilma, 18—trosni biriktiruvchi qurilma bilan bog'lovchi sharnir.

To'g'onni qurishda tosh, qum, loy, tuproq va boshqalardan foydalaniladi. To'g'onning suv oqib o'tadigan kesimi betondan yasaladi. GES binosiga suv olib keladigan qurilmalar (kanallar, quvurlar), ko'pincha, tunnel ko'rinishida yasaladi. Bu qurilmalarning uzunligi xar xil bo'ladi. Masalan, Kanadadagi Avliyo Lavrentiy daryosining suvi GES ga uzunligi 25 km bo'lgan kanal orqali keltiriladi.

Elektr stantsiyalarni turlicha klassifikatsiyalash mumkin:

1) elektr stantsiyalar binosi to'g'onga nisbatan joylashishiga qarab:

a) to'g'on yoni elektr stantsiyasi (6.7- rasm);

b) to'g'on ichi elektr stantsiyasi (6.8-rasm);

v) to'g'on orti elektr stantsiyasi (6.9-rasm).

2. GES lar quvvatiga qarab:

a) katta quvvatli — 250 mVtdan ko'p;

b) o'rtacha quvvatli — 250 mVt gacha;

v) kam quvvatli

3) suvning bosimiga qarab:

a) yuqori bosimli (60 metrdan ortiq);

b) o'rta bosimli (25 metrdan 60 metrgacha);

v) past bosimli (3 metrdan 25 metrgacha).

SHoxobchali gidroelektrostantsiyalar to'g'onsiz (ya'ni suv daryoning yuqori kesimidan shoxobcha kanal yordamida suv ombori orqali turbinaga keladi, 6.1-rasm) va to'g'onlilarga (suv to'gon yonidan shoxobcha kanal orqali turbinaga keldigan) bo'linadi (6.3-rasm).

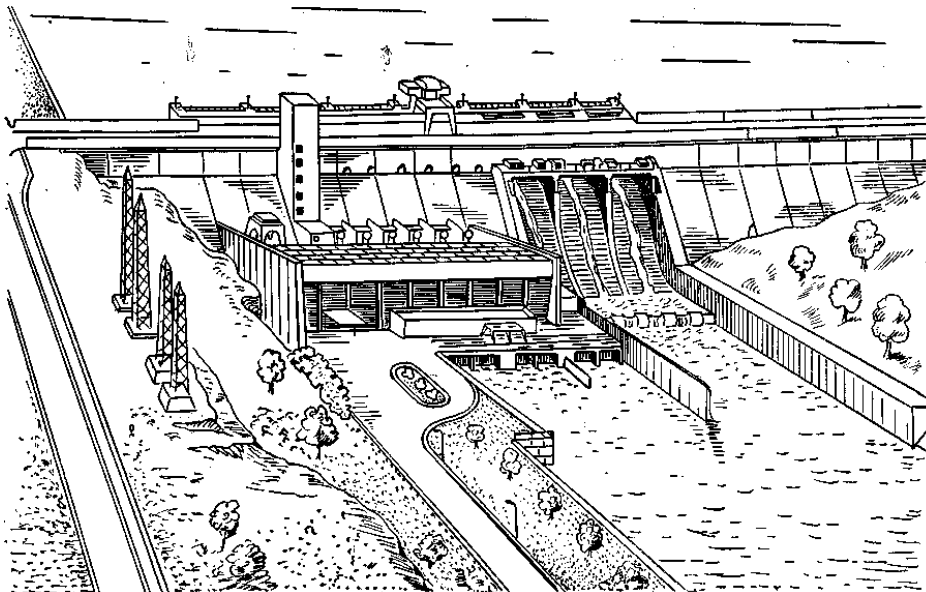
Mashina zali to'g'on yonida, to'g'on ichida va to'g'on ortida joylashgan elektrstantsiyalarning xossalari

To'g'onli elektr stantsiyalarda daryolarni to'sib suv sathini ko'tarish usuli bilan bosim oshiriladi. Gidroelektr stantsiyalar tarkibiga to'g'ondan tashqari gidroagregatlar, avtomatik boshqariladigan va kuzatish uskunolari o'rnatilgan mashina zali kiradi.

Suvning bosimi va gidroagregatning quvvatiga qarab, GES binosi, ya'ni mashina zali

to'g'onga nisbatan turlicha joylashishi mumkin. Bunday elektr stantsiyalarda GES binosi undagi agregatlar bilan birgalikda uining o'ng yoki chap tomoniga joylashgan bo'lsa yoki to'g'onning ichida qolsa, ularni to'g'on yoni yoki to'gon ichi GES lari deb ataymiz. Bu hollarda GES binosi to'g'onning tarkibida bo'lgani uchun to'g'onga ta'sir qilayotgan gidrostatik kuchlar qisman binoga taqsimlanadi. SHuning uchun to'g'on yoni va to'g'on ichi GESlari shunday sharoitda quriladiki, quyi b'efda suvning sathi GES binosining ma'lum qismigacha ko'tarilgan bo'lishi kerak, chunki so'rish turbinasining kuyi b'efidagi uchi suv sathidan pastda bo'lishi zarur. Ba'zi hollarda GES binosi oqova novning ostida bo'lishi ham mumkin.

GES binosi yuqori b'ef bilan spiral kamera orqali, quyi b'ef bilan esa so'rish trubasi orqali tutashgan bo'ladi. Spiral kamerani turbina bilan tutashtiruvchi yo'naltiruvchi apparat suvning bosimini turbina kuraklariga shunday moslab berishi kerakki, bosimning mumkin qadar ko'proq qismi ish g'ildiragini harakatga keltirishga sarf bo'lsin. Bunday GESlar,



6.9- rasm. To'g'on orti elektrostantsiyasi.

odatda, ko'p suvli sekin oqar daryolarda, suv bosimi 30—40 metrdan oshmaydigan qilib quriladi. Agar tog'li erlarda GES qurish kerak bo'lsa, vodiyning toraygan joylari tanlab olinadi.

Bularga Volga daryosida qurilgan GES misol bo'ladi.

Suvning gidrostatik bosimi katta bo'ladigan hollarda GES binosini shunday bosim ostida qoldirish xavfli bo'lgani sababli GES binosi to'g'on ortida joylashtiriladi va uni to'g'on orti GESi deb aytamiz (6.9-rasm).

Bunday elektr stantsiyalar yuqori b'efdan to'g'on orqali ajralgan bo'lib, suv maxsus quvurlardan o'tib spiral kameraga yoki yo'naltiruvchi apparatga kiradi.

Bunday tipdagi elektrostantsiyalarga Angara daryosida qurilgan Bratsk GESi va tog' sharoitlarida qurilgan Nurek GESi kiradi.

SHoxobcha kanalli elektr stantsiyalar

Bunday elektr stantsiyalar, odatda, tog' daryolariga qurilib, suvning gidroturbinani harakatga keltirish uchun zarur bo'lgan bosimi shoxobcha kanallar yordamida yig'iladi (6.10-rasm).

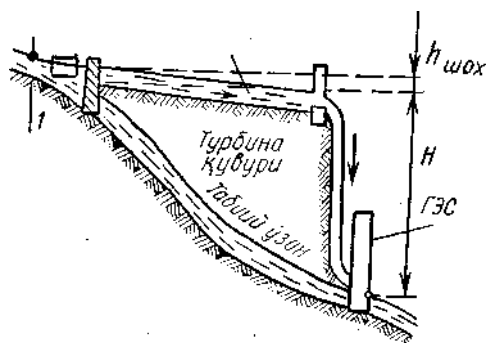
SHoxobcha kanal daryoga uning foydalanishga mo'ljallangan qismidan boshlab quriladi va daryoning o'rtacha qiyaligidan kamroq qiyalik bilan o'tkazilib, keltirilgan suv elektrstantsiyaning mashina zali binosiga maxsus quvurlar orqali tushiriladi. Bunda gidroturbinani harakatga keltiruvchi bosim shoxobcha kanal oxirining turbinaga nisbatan balandligiga teng.

Ishlab bo'lgan suv ikkinchi marta shoxobcha kanalli GES da foydalaniladi yoki daryoga tashlanadi.

GES qurish uchun tanlangan daryoning qiyaligi qancha katta bo'lsa, suv bosimini hosil qilish shunchalik oson bo'ladi va arzonga tushadi. Bu hollarda to'g'on qurishga zaruriyat qolmaydi. Ba'zi hollarda shoxobcha kanal daryoga qurilgan to'g'on oldidan boshlanadi. Bunday qurilmalar aralash qurilma deyiladi. Bu holda to'g'on yordamida hosil qilingan bosim shoxobcha kanalni etarli miqdorda suv bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi (6.3-rasm).

Bosimsiz derevatsion sib

11



6. 11-rasm. Bosimsiz shoxobcha kanalli GESlar

SHunday qilib, to'g'onli shoxobcha kanal-lardan foydalaniladigan GES larda bosim hosil qilishning har ikki usuli ham xizmat qiladi. SHoxobcha kanalli GES lar ikki xil balandlikdagi ikki daryoda ham qurilishi mumkin. Bunga Ingura daryosi bilan Erisi daryosi (Kavkazda) o'rtasidagi tunnelga qurilgan Ingura GESi yaxshi misol bo'ladi.

Bulardan tashqari bosimsiz va bosimli shoxobcha kanalli GES lar ham bo'ladi (6.10, 6.11-rasmlar).

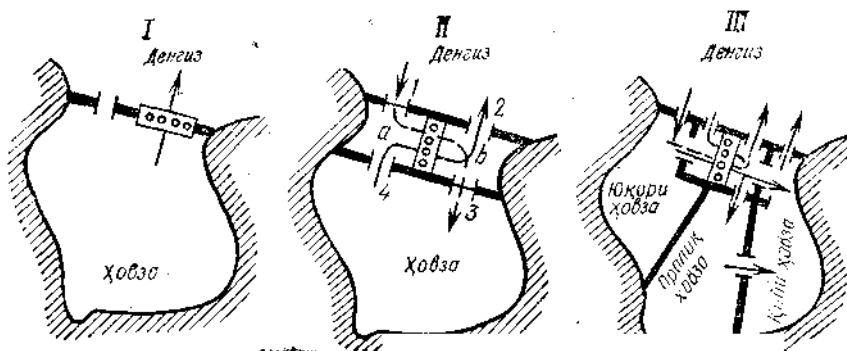
Suvning ko'tarilishidan ishlaydigan elektr stantsiyalar

Bunday elektr stantsiyalar oyning Er atrofida aylanishida dengiz suvining ko'tarilish energiyasidan, foydalanishga asoslangan.

Oyning tortish kuchi ta'sirida dengiz suvining sathi bir necha metr (6—11 m) ga ko'tarilib, dengiz qo'ltig'i oldiga qurilgan to'g'ondagi kapsulli turbina (6.12-rasm) orqali . qo'ltiqqa quyiladi. Natijada turbina harakatga kelib, elektr toki hosil bo'ladi. Suvning pasayishi vaqtida esa qo'ltiqda to'plangan suv dengizga quyilib turbinani yana harakatga keltiradi.

Bu printsipta ishlaydigan elektr stantsiyalar haqidagi fikrlar ko'pdan beri ma'lum bo'lishiga karamasdan yaratilgan loyihalar iqtisodiy jihatdan etarli asoslanmagani uchun yaqin yillargacha qurilmadi.

1966 yilda dunyoda birinchi marta Frantsiyada quvvati 240000 kVt li shunday elektr stantsiya ishga tushdi, lekin



6. 12-rasm. Suv ko'tarilishidan ishlaydigan GESning dengiz chetida joy-

lashish sxemasi:

I—turbina bir tomonlama ishlaydigan GES, II—turbina ikki tomonlama ishlaydigan GES: 1, 3—dengizdan xavzaga suv o'tish kanallari, 4, 2—havzadan dengizga suv utish kanallari. III—oralik havzali GES.

mutaxassislarning fikricha bu stantsiya ham zamon talabiga etarli javob bermadi. Sobiq Ittifoqda 1968 yilda Murmansk yaqinida qurilgan va quvvati 400 kVt bo'lgan eksperimental elektr stantsiya ishga tushirilib o'rganildi.

Bu stantsiya tajribasidan foydalanib, Barents dengizida Lubovskiy, Oq dengizda Belomor va Mezenskiy elektr stantsiyalarini qurish ko'zda tutilmoqda.

Suvning ko'tarilishidan ishlaydigan elektr stantsiyalari davriy (sutkaning ma'lum qisqa vaqtida) ishlagani uchun ularni issiqlik elektr stantsiyalari bilan birgalikda ishlatish zarur.

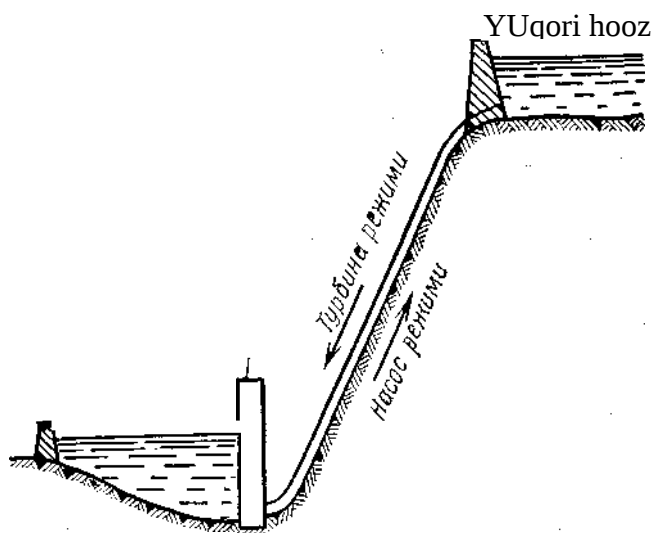
Gidroakkumulyatsion elektr stantsiya (GAES)

Gidroakkumulyatsion elektr stantsiyalar sutkaning, energiya kamroq ishlatiladigan davrida elektr tarmoqlaridagi ortiqcha elektr energiyani suvning potentsial energiyasiga aylantirib, sutkaning energiya tanqis davrida qaytadan elektr energiyasiga aylantirib berishga moslangan elektr stantsiyalardir.

Kuchli nasos stantsiyalari dengiz yoki daryo suvini biror tepalikda qurilgan suv havzasiga ko'tarib, zarur bo'lgan vaqtda yuqori havzadagi suvni suv quvurlari yordamida gidroelektr stantsiyalarning turbinalariga yuboradi (6.13-rasm).

Gidroakkumulyatsion elektr stantsiyalarda hosil qilingan elektr toki elektr tarmoqlariga qaytariladi. Bunday elektr stantsiyalarning foydali ish koeffitsienti 0,66 dan oshmasa ham, energyaning ma'lum qismini saqlab qolishga yordam beradi.

Leningradda qurilgan GAEOnnng quvvati 1 million kVtga etadi. Kiev GAESi 2,5 km yuqoriroqda quvvati 2000000 kVt ga teng bo'lgan, Kaunas suv omborining o'ng qirg'og'ida



6.13-rasm. Gidroakkumulyator elektr stantsiyasining joylashish sxemasi.

quvvati 1600 Mvtga teng bo'lgan Koyshyadar GAES qurilmoqda. Bunday gidroelektrostantsiyalar GFR, AQSH, Angliya, Norvegiya, Frantsiya, YAponiya va GDR larda ham qurilgan.

Hozirgi kunda jahondagi barcha GAESlarning quvvati 15 million kVtdan ortib ketgan.

Gidroelektr stantsiyalarning asosiy inshootlari va jihozlari

Gidroelektr stantsiyalar yaratish unga xizmat qiladigan inshootlarni qurish va jihozlash bilan amalga oshiriladi. Inshootlarga quyidagilar kiradi:

- 1) to'g'on—daryo o'zanini to'sib, kerakli bosim hosil qilib beruvchi gidrotexnik inshoot;
- 2) GES binosi — suv energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun zarur bo'lgan asosiy jihozlarni o'z ichiga oluvchi gidrotexnik inshoot. Ba'zi hollarda (to'g'on ichi yoki to'g'on yoni GESlarida) GES binosi to'g'onning asosiy qismini tashkil qilishi yoki to'g'on vazifasini bajarishi ham mumkin;
- 3) quvurlar — yuqori b'efni GES binosi bilan tutashtiruvchi inshoot. Bunday quvurlar to'g'on orti va shoxobcha kanalli GESlarda qo'llaniladi;
- 4) shoxobcha kanallar tabiat sharoitiga ko'ra daryo o'zanida GES binosi qurib bo'lmaydigan hollarda, daryo o'zanidan yoki to'g'on yonidan suv sathi qiyaligidan kamroq qiyalik bilan suvni olib ketish uchun xizmat qiladigan inshoot;
- 5) oqova nov — daryo suvining bir qismini GES binosi tashqarisidan yuqori b'efdan quyi b'efga o'tkazib yuborishga va daryo sarfining o'zgarib turishiga qarab, yuqori b'ef sathini rostlab turishga xizmat qiladigan inshoot.

YUqorida aytilganlardan tashqari GES inshootlariga foydalanib bo'lingan suvni quyi b'efga chiqarib yuboruvchi novlar, shoxobchadan kanallar kelib quyiladigan hovuzlar va boshqalar ham kirishi mumkin.

1-Mavzu Issiqlik texnikasi faniga kirish. Issiqlik texnikasi fanining xalq xojaligidagi ahamiyati va vazifalari. Issiqlik foydalanish turlari.

1. **Kirish. Issiqlik texnikasi fanining rivojlanish tarixa.**
2. **Issiqlik texnikasi fani, uning maqsadi va vazifasi.**

Tayanch iboralar.

Termodinamika, texnik termodinamika, issiqlik texnikasi, energetika, energiya extiyoji, energiya extiyojini bajarish yullari, issiqlik texnikasining boshqa texnika fanlari bilan boglikligi, issiqlik texnikasi fanini ukitish maqsadi.

«Issiqlik texnikasi» fani issiqlik mashinalari, apparatlari, qurilmalari va uskunalari yordamida issiqlik energiyasini hosil qilish, uni boshqa turdagi eneigiya aylantirish, taqsimlash, uzatish usullarini nazariy hamda amaliy qamrab olgan holda o'rganadigan umumtexnika fanidir.

Insonda qadim zamonlardan boshlab issiqlik energiyasiga bo'lgan ehtiyoj uyg'ona boshlagan va uni hosil qilish hamda undan foy-dalanish usullarini qidirgan. Termodinamika qonunlari amaliyotini o'iganuvchi «Issiqlik texnikasi» fanining shakllanishiga XVIII—XIX asrning buyuk olimlaridan R. Mayyer, J. Joul, M. V. Lomonosov, G. Gelmgols, S. Karno, Klauzius, V. Kelvin, V. Nernst, D. Maksvell, D. Bernulli, L. Boltsman, D. Gibbs, D. I. Mendeleyev, E. X. Lens, A. G. Stoletov, K. E. Siolkovskiy va boshqa olimlar ilmiy izlanishlari bilan o'z hissalarini qo'shgan bo'lsalar, XX asr olimlaridan E. Fermi va Kurchatov (Atom reaktorida ajralgan issiqlik), N. G. Basov, O. N. Kroxin va Ch. Tauns (Lazer nurlani-shi), Saxarov (Termoyadro sintez reaksiyasi) kabi ko'psonli olim hamda muhandislarning ishlari uni yana ham rivojlantirdi.

Hozirgi kunda dunyo olimlari qatori O'zbekiston Respublika-sining Fizika-texnika ilmiy-tadqiqot instituti, «Fizika—Qo'yosh» ilmiy-ishlab chiqarish birlashmasi hamda Energetika va issiqlik texnikasi institutlari olimlari ham nazariy va amaliy gelioenergetika hamda issiqlik texnikasi bo'yicha ancha samarali ishlarni amalga oshirmoqdalar. Shu o'rinda, olimlarimizdan G'. Y. Umarov, S. A. Azimov, U. O. Orifov, P. Q. Habibullayev va ularning ko'p sonli shogirdlarining xizmatlarini ta'kidlash joiz.

Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga, mexanik energiyani esa elektr energiyasiga aylantirish usullarining yaratilishi, uni xalq xo'jaligiga tatbiq etilishi tufayli elektr energiyasini masofaga uzatish hamda uni yana mexanik energiyaga aylantirish masalalari hal etildi. Katta quvvatli GES, IES, AES va boshqa turdagi muqobil energetik markazlarning barpo etilishi natijasida ishlab chiqarish mexanizatsiyalashtirildi, elektrlashtirildi, avtomatlashtirildi, robotlashtirildi hamda kompyuterlashtirilgan texnika va texnologiya yaratildi.

O'zbekistonda issiqlik energiyasini ishlab chiqarish va uni boshqa turdagi eneigiya aylantirish usullari samaradorligining ortib borishi mintaqa iqtisodiy salohiyatining o'sishiga ta'sir ko'rsatibgina qolmasdan, albatta aholining maishiy va madaniy sharoitining yuk-salishiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Albatta, eneigetik boylik va uning zaxirasidan to'g'ri foydalanish mamlakatni energetik inqiroz-dan saqlaydi. Biroq, bugungi kunda, inson o'zining antropogen issiqlik energiyasining ko'p qismini asbob-uskunalardan noto'g'ri foydalanish, samarasiz uskunalarni qo'llashi va boshqa sabablar oqiba-tida isrof qilyapti. Buning oldini olish uchun mamlakatga chet el-ning yangi uskuna, qurilma va texnologiyasi kiritilayapti.

Eneigiyaning asosiy qismi (90—92%) neft va tabiiy gazdan olinadi. O'zbekistonda esa asosiy eneigiya manbai — bu tabiiy gaz, oz miqdorda neft va toshko'mir hamda daryolarning potentsial energiyasi hisoblanadi. Gelio, geotermal, shamol va boshqa qo'shimcha eneigiya manbalarining ulushi hisobga olinmaydigan darajada kam.

Energiya zaxiralaridan tejamkorlik bilan to'g'ri foydalanmaslik oqibatida Yerdagi ekologik muvozanat yomonlashib, «Parnik» efektining ta'siri tufayli iqlim isib bormoqda.

Sun'iy energetik manbalardan eng quvvatli atom energiyasi bo'lib, uning qurilmalarini takomillashtirish hisobiga radioaktiv moddalarning atrof-muhitga tarqatmaslik va ishlatib bo'lingan atom yoqilg'isini saqlash muammolarining yechimi jahon miqyosida hal etilmoqda. Chunki, ayrim Yevropa mamlakatlari-da energetik zaxiralar tugab bormoqda. Aksincha, zamonaviy ishlab chiqarishning energiyaga bo'lgan talabi esa ortib bormoqda.

Ekologik jihatdan toza bo'lgan muqobil energetikaning asosini Quyosh, suv, shamol, dengiz to'lqini, geyzerlar kabi energetik manbalar tashkil qiladi va ulardan foydalanish keyingi yillarda ba'zi mamlakatlarda sezilarli darajada rivojlanib bormoqda.

Kelajakda ekologiya talablariga javob beruvchi sun'iy energetik manbalar orasida gelioenergetika va boshqariladigan termoyadro sintez reaksiyalari asosida ishlaydigan energetik markazlar insoniyatga xizmat qiladi. Shular qatorida ekologik jihatdan toza bo'lgan gidro, geo, shamol, dengiz to'lqini energiyalari asosiy energiya manbalari bo'lib qoladi. Bu energetik manbalar orasida O'zbekiston uchun eng istiqbolli gelioenergetika hisoblanadi.

Issiqlik texnikasi fani, uning maqsad va vazifalari

Termodinamika (grekcha *therme* — *issiqlik*, *dunamikos* — *kuch*) issiqlik hodisalarida sodir bo'ladigan jarayonlarda energiya aylanish va saqlanish, moddalarning ichki tuzilishini e'tiborga olmagan holda, nisbatlari orasidagi munosabatlarni o'rganadigan fan bo'lib, issiqlikning texnikada qo'llanilishida uchraydigan termodinamik jarayonlarning nazariy yechimini hal etadi. Fanning asosiy vazifasi sodda qoidalar, ya'ni qonunlar yordamida ochib beriladi.

Issiqlik texnikasi asoslari dvigatelni o'rganish jarayonida fan sifatida shakllangan bo'lsa, keyinchalik issiqlik hodisalarini amaliy va nazariy jihatdan o'rganish davomida yanada rivojlandi.

Termodinamika qonunlari asosida qurilgan murakkab va mukammal asbob-uskunalar amaliyotda keng qo'llanilmoqda. Bunga ishlab chiqarishda va turmushda issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi bug' va gaz turbinalari, ichki yonuv dvigatellari, isitish tizimidagi batareyalar va h. k. misol bo'la oladi.

Issiqlik mashinalari nazariyasini o'rganuvchi texnik termodinamika XIX asrning oxirida fan sifatida shakllandi. Muhandislik masalalar yechimini va amaliyotdagi texnika tadbiqini topishda issiqlik texnikasi fan bo'lib shakllanib bordi. Bunga 1774-yili yaratilgan Jeyms Uattning bug' mashinasi, 1883-yili de-Laval yaratgan mukammallashtirilgan bug' turbinasi misol bo'la oladi. Aslida texnik termodinamika avvalroq, 1597-yilda Galileo Galilei yaratgan birinchi simobli termometr yasaliishi bilan yuzaga kelgan deyish mumkin. Bu sanani texnik termodinamikaning paydo bo'lgan va rivojlana boshlagan vaqti, deb hisoblash bo'ladi. Termometr yasalgandan so'ng 200—250 yil davomida bu sohada deyarli rivojlanish bo'lmadi. XIX asrda termodinamikaning fan sifatida shakllanishida R. Mayyer (1842-y.), J. Joul (1843—1846-y.), E.X. Lens (1844-y.), G. Gelmgols (1847-y.) kabi olimlarning ishlari beqiyos bo'lgan. Ular energiya aylanish va saqlanish qonuni mohiyatini *nazariy* jihatdan tushuntirib berganlar. Shu olimlar qatorida, S. Karno (1824-y.), R. Klauzius (1845-y.) va V. Tomson-lord Kelvin (1856-y.) termodinamikaning ikkinchi qonunini ta'riflab bergan bo'lsalar, oradan yarim asr o'tgandan so'ng V. Nernst (1906-y.) termodinamikaning uchinchi qonunini ta'riflab berdi.

XVIII-XIX asrda D. Bernulli (1738-y.), M. Lomonosov (1758-y.), D. Maksvell (1860-y.), L. Boltsman (1877-y.),

D. Gibbs (1880-y.), D. I. Mendeleyev (1860-y.) va boshqa olimlar o'z ilmiy ishlarida termodinamik jarayonlardagi issiqlik hodisalarini molekular-kinetik nazariya asosida yoritib berdilar.

Turli xil energiyalarning bir-biriga aylanishini tushuntirishda E. X. Lens (elektr energiyasining issiqlik energiyasiga aylanish qonuni), A. G. Stoletov (konvektiv va nurli issiqlik almashinuvi qonuni), K. E. Siolkovskiy (ko'p bosqichli raketa dvigatelida issiqlik energiyasining mexanik energiyaga aylanishini izohlash orqali), M. V. Kirpichov bilan A. A. Gluxmanlar termomodellash nazariyasini tushuntirib berdilar.

Jahonda jon boshiga to'g'ri keladigan energiya miqdori yil sayin ortib bormoqda. Ammo faqat organik yoqilg'ilar hisobiga energiyani ishlab chiqarish uzoq vaqt davom etishi mumkin emas. Chunki Yerdagi toshko'mir, neft, gaz zaxiralari tobora kamayib bormoqda. Hozirgi kunda olimlarning hisobiga ko'ra, Yer planetasining yillik energetik boyligi (1-jadval) taqriban $86,13 \cdot 10^{17} \text{ kW} \cdot \text{soat}$ atrofida bo'lib, uning miqdori kun sayin kamayib bormoqda. Quyosh energiyasi (91,7%) eng ko'p miqdordagi beminnat energiya manbayidir. Insoniyat Quyosh energiyasidan samarali foydalana olmayapti. Faqat Quyosh energiyasining ta'sirida planetamizda hosil bo'lgan torf, toshko'mir, antratsit, gaz, neft va boshqa yoqilg'ilardan o'z energetik ehti-yoqlarini qondirish maqsadida foydalanayapti, xolos. Yerning 1 m^2 yuzasiga tushadigan Quyosh energiyasidan foydalanib, taxminan $1,36 \text{ kW}$ energiya olish mumkin.

Ayrim energiya beruvchi manbalar

Tar. №	Energiya beruvchi manbalar	Yerdagi energetik boylik imkoniyati, $\text{kW} \cdot \text{soat}$
1.	Gidroenergetika	$23 \cdot 10^{12}$
2.	Yerning issiqlik energiyasi	$232 \cdot 10^{12}$
3.	Neft	$153 \cdot 10^{13}$
4.	Torf	$439 \cdot 10^{13}$
5.	Shamol energiyasi	$601 \cdot 10^{14}$
6.	Toshko'mir	$997 \cdot 10^{14}$
7.	Yadro energiyasi	$547 \cdot 10^{15}$
8.	Quyosh radiatsiyasi	$79 \cdot 10^{17}$
	Jami:	$86,13 \cdot 10^{17}$

Issiqlik texnikasi qurilmalarining takomillashganligi sababli qo'ng'ir ko'mir, yonuvchi slaneslar, torf va h. k. yoqilg'ilardan unumli foydalanilyapti. Keyingi chorak asr mobaynida issiqlik texnikasi apparatlari qatoriga sun'iy va tabiiy gaz yoqilg'isini yoqa oladigan, fik yuqori bo'lgan asbob-uskunalar, qurilmalar qo'shildi.

Shamol energiyasidan ham jahonning juda ko'p mamlakatlarida foydalanilmoqda. Gelioenergetika ham samarali rivojlanib bormoqda. Yerdagi va kosmonavtikada issiqlik texnikasi qurilmalari (issiqxonalar, isitkich uskunalar, elektr tokini ishlab chiqarishda va sh. k.) yordamida Quyosh nuridan samarali foydalanilmoqda.

Atom energetikasida aktinoidlar guruhidagi Uran—235 va 238, Toriy—232, Plutoni—239 yadrolari issiq va jadal neytronlar ta'sirida parchalanishida ajralgan issiqlikdan foydalanilmoqda. Atom yoqilg'isining zaxirasi juda kam, insoniyat undan abadiy foydalana olmaydi. Bu energiya turidan foydalanishda atrof-muhitni muhofaza qilishda, ya'ni ekologik musaffolikni saqlashda ayrim muammolar yuzaga keladi. Shunday bo'lsa-da, hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda atom energetikadan samarali foydalanilmoqda.

Issiqlik mashinalari, qurilma va uskunalari qo'llaniladigan texnikaning hamma tarmoqlarida issiqlik texnikasi qonun-qoidalariga rioya qilinmasa, issiqlik mashinasidan foydalanib bo'lmaydi. Shuning uchun ham issiqlik texnikasi fan sifatida maydonga kelib, uning qonuniyatlari esa amaliyotga tadbiiq etilmoqda hamda rivojlanib bormoqda. Xalq xo'jaligi, madaniy-maishiy xizmatning barcha sohalarida issiqlik mashinalari, apparatlari, uskunalari va komplekslari keng qo'llanilmoqda. Issiqlik mashinalari va asboblardan ortiqcha issiqlik sovitkichga chiqarib turilmasa, ular ishdan chiqadi. Shuning uchun issiqlikni hisoblashda, ichki yonuv dvigatellarida yonish jarayonini to'g'ri rostlashda, ulardagi ortiqcha issiqlikni tashqariga chiqarishda, materiallar mustahkamligining hamda elektr qarshiligining tem-peraturaga bog'liqligini aniqlashda, elektr va magnit maydonlari qiymatlari po'lat o'zak temperaturasiga bog'liqligini o'rganishda issiqlik texnikasi qonuniyatlarini bilish taqazo etiladi.

Issiqlik mashinalari siklidagi jarayonlarni bilmasdan turib, bo'lg'usi kichik muhandis-elekt texnolog, kimyogar-texnolog, ta'mirlovchi va uskunalarni yig'uvchi ustalar o'z kasblarining mohir ustasi bo'la olmaydilar. Shuning uchun ham issiqlik texnikasi fani mashinasozlik va energetika sohasida ta'lim olayotgan bo'lajak muhandis va ustalarga umumtexnika fani sifatida o'rgatiladi.

Nazorat savollari.

1. Issiqlik texnikasi fanini ta'riflang va uni tushuntiring.
2. Energetika sohasidagi xozirgi kungi muammolar va ularni echimi xakida.
3. Issiqlik texnikasi fanining vazifa va maqsadlari.
4. Bu fanning boshqa texnik fanlar bilan uzaro alokasi.
5. Issiqlikdan foydalanishda ekologik okibatlar.
6. O'zbekistonning energetik zaxiralari va ulardan okilona foydalanish.
7. Texnik termodinamika va uni rivojlantirish tarixi.
8. Issiqlik uzatilish va almashuvchi qonuniyatlarini urganish ahamiyati.
9. Kasbiy ta'lim o'qituvchisining issiqlik texnikasi fanini bilimliga zaruriyati.
10. Issiqlik texnikasi fanining urganishini ahamiyati.

2-Mavzu: Issiqlik mashinalarida ish bajaruvshi jism va ularning termodinamik halotining parametrlari.

Reja:

1. Issiqlikning ishga aylanish jarayoni. Issiqlik mashinasining ish jismi.
2. Ish jismining asosiy termodinamik parametrlari

Tayanch iboralar.

Termodinamik jism, termodinamik tizim, issiqlik, xarorat, temperatura gradienti, termodinamik parametrlar, xolat tenglamasi, issiqlik tashuvchilar, ish jismi va uning kengayishidagi bajarigan ishi, termodinamikaning birinchi qonuni, termodinamik jarayonlar.

Tabiatdagi hamma jismlar turi, agregat holati, tinch yoki harakatlanishidan qat'iy nazar, ular zarralardan tuzilgan va bu zarralar uzluksiz harakatda bo'ladi. Shuning uchun jismlarning temperaturalarini o'lchash orqali ularning isiganlik darajasi aniqlanadi. Issiqlikning o'zi nima degan savol tug'iladi.

Moddani tashkil etgan zarrachalar va maydonlar majmuasi bo'lgan materiya harakatining bir turi issiqlik deb ataladi. Moddaning tarkibiy qismiga kirgan elektron, atom, molekula, zarra, kristall panjara tugunlarida joylashgan ion-atomlarning murakkab harakati natijasida paydo bo'ladigan energiyani issiqlik deyish mumkin.

Issiqlikni molekular-kinetik nazariya asosida tushuntirish g'oyasini XVIII asrda D. Bernulli va Y. Valter rivojlantirdi. XIX asrga kelib, issiqlik energiyasi haqidagi ta'limotni R. Mayyer, J. Joul, R. Klauzius, D. Maksvell yana ham to'ldirdi va takomillashtirdi.

Issiqlik energiyasi jismlarning o'zaro ta'sirlashuvi (kontakti) da, konveksiya va nurlash vaqtida hamda jismlar orasida temperatura farqi mavjud boigandagina issiqlik bir jismdan ikkinchisiga o'tadi. Jismlar temperaturasi o'rtasida farq boigandagina issiqlik energiya sifatida biridan ikkinchisiga o'tadi. Shunda, $T_1 > T_2$ shart o'rinli bo'lsa, birinchi jism temperaturasi ikkinchisidan katta, ya'ni issiqlik uzatilyapti; ikkala jismning temperaturalari bir xil, ya'ni $T_1 = T_2$ bo'lsa, issiqlik o'tmayapti; $T_1 < T_2$ shart o'rinli bo'lganda sovuq jismdan issiqlik energiyasi issiq jisriga o'z-o'zidan uzatilmaydi.

Issiqlik mashinasi. Jismga keltirilgan issiqlik energiyasining foydali ishga aylantirish uchun albatta energiya bilan ish o'rtasida birorta qurilma bo'lishi shart. Chunki issiqlik o'z-o'zidan ishga aylanib qolmaydi.

Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi qurilma issiqlik mashinasi deyiladi. Bug' va gaz turbinasi hamda mashi-nalari, ichki yonuv dvigatellari, turli xil raketa dvigatellari issiqlik mashinalari hisoblanadi. Issiqlik mashinalarining ishlashi davriy ravishda takrorlanadigan termodinamik jarayonlarga asoslangan sikldan iborat bo'lib, bu jarayonlarda issiqlik energiyasi awal sistemaga uzatiladi, u tashqi kuchlarga qarshi muayyan ish bajar-gandan so'ng, qoldiq issiqlik miqdori sistemadan sovitkichga chiqariladi.

Aylanma jarayonda ish jismiga uzatilgan to'la issiqlik miqdorining foydali ishga teng qismini jami issiqlik miqdoriga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik issiqlik mashinasining **temiik fik** deyiladi va u har doim birdan kichik bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q_{\text{foy}}}{Q_{\text{to'li}}} = \frac{A_{\text{foy}}}{A_{\text{to'li}}} < 1 \quad \text{yoki} \quad \eta_t = \frac{A}{Q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} < 1 \quad (1)$$

Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsienti ularning turiga va holatiga qarab, bir necha o'n foizdan 98,9 % gacha bo'lishi mumkin.

Ish jismi. Issiqlik energiyasini meganik yoki boshqa turdagi energiyaga aylantirish uchun, ishga aylantiruvchi issiqlik mashi-nasidan tashqari, birorta ish bajaruvchi modda bo'lishi shart.

Energiyani bir turdan boshqa turga aylantirish jarayonida ish bajaradigan modda ish jismi deyiladi. Ish jismi deyilganda yoqilg'i bilan havo aralashmasi (benzin, mazut, kerosin, solyar moylari bug'i va gazning havo bilan aralashmasi), porox, suv bug'i, zarralar yoki plazma oqimi tushuniladi. Masalan, karbyuratorli ichki yonuv dvigatellarida benzin bug'i bilan havo aralashmasi bu ish jismi hisoblanadi.

Issiqlik hosil qilish uchun texnikada quyidagi gazlar eng ko'p ishlatiladi: O_2 — kislorod, N_2 — azot, H_2 — vodorod, CO — uglerod oksidi (is gazi), CO_2 — karbonat angidrid, CH_4 — metan (botqoq gaz), H_2O — suv bug'i, tabiiy va sun'iy gaz, gazlar aralashmasi — atmosfera havosi, propan, butan, asitilen va sh. k.

Issiqlikning uzatilish qonuniyatiga muvofiq isitkich sirti sovitkich sirtiga bevosita tegib, ma'lum issiqlik miqdorini uzatib turgandagina q_1 issiqlik miqdori sovitkichga o'tadi, ammo bunda issiqlik ish bajarmaydi. Har qanday issiqlik dvigateli isitkichning temperaturasi T_1 sovitkichning temperaturasi T_2 dan katta, ya'ni $T_1 > T_2$ shart bajarilganda ish bajarishi mumkin. Ish bajarilishi uchun ish jismi bo'lishi shart.

Ish jismining asosiy termodinamik parametrlari

Ish jismlari tashqaridan keltirilgan yoki undan chiqarilgan issiqlik hisobiga uning termodinamik parametrlari (bosimi, solish-tirma hajmi va temperaturasi) ortishi yoki kamayishi mumkin. Masalan, katta bosimli bug'ni biror o'zgarmas hajm joylashtirib, so'ngra bug' temperaturasi pasaytirilsa, uning bosimi kamayadi, aksincha bo'lganda esa temperaturasi bilan bosimi ham ortadi.

Sistema bilan kontaktdagi yoki sistema temperaturasidan ozgina farq qiladigan atrof-muhit elementini termodinamikada *issiqlik manbayi* deyiladi. Issiqlik manbayi o'zining issiqlik sig'imi bilan tavsiflanadi. Issiqlik manbayining temperaturasi sistemanikidan katta bo'lsa, *issiq*, past bo'lsa esa *sovuq* manba deb yuritiladi.

Holat parametrlari. Tashqi muhit bilan termodinamik sistemaning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida sistemaning holat parametrlari o'zgaradi. Sistemaning holat parametrlarini ifodalashda holat parametrlari deb ataladigan fizik kattaliklar qabul qilingan.

Solishtirma hajm, bosim va temperatura (P , V , T) sistemaning holat parametrlari deyiladi. Berilgan hajmdagi gazga tashqaridan issiqlik miqdori uzatilsa (yoki undan chiqarilsa), sistemaning birdaniga uchala parametri (P , V , T) yoki ularning birortasi o'zgarishi mumkin. Gazga tashqaridan issiqlik kiritmasdan gaz egallagan hajmni kamaytirib (kengaytirib), uning holat parametrlarini o'zgartirish mumkin. Ma'lumki, real gaz siqilsa *isiydi*, aksincha, kengaytirilsa *soviydi*.

Bosim. Qattiq jism, suyuq va gazsimon moddalar, albatta, o'zi tayangan yuzaga va to'ldirgan hajm devori sirtiga tik (perpen-dikular) yo'nalishda ta'sir etadi. Bu kuch modda zarralarining uzatgan impulsi hisobiga paydo bo'ladi va u *bosim kuchi* deb yuritiladi. Gaz, suyuqlik molekulalarining idish devoriga bergan impulslari hisobiga bosim yuzaga keladi. *Suyuqlik va gaz molekulalari, plazma yoki zarralar oqimining idish devorining yuza birligiga uzatgan ta'sir kuchi kattaligiga bosim* deyiladi.

$$P = \frac{F}{S} \quad (2)$$

Bosim SI o'lchov birliklari sistemasida Paskalda o'lchanadi. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$; $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$; $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ teng.

Texnik atmosfera $1 \text{ atm} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;

$1 \text{ kgs/sm}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;

$$1 \text{ funt/dyuym} = 6,89 \cdot 10^3 \text{ Pa};$$

Fizik atmosfera $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm.sim.ust};$

$$1 \text{ atm} = 1013 \text{ gPa};$$

$$1 \text{ mm.sim.ust.} = 133,32 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ mm.suv ust.} = 9,81 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}.$$

Gaz molekularining xaotik harakati natijasida x, y, z o'qlari yo'nalishida bosimni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P = P_x = P_y = P_z = \frac{n}{V} kT = \frac{R}{N_A} n_0 \left(\frac{mv^2}{2} \right) = n_0 kT \quad (3)$$

bunda $R = 8.31441 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ — universal gaz doimiysi;

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ — Avogadro soni.}$$

Tennodinamik sistema parametri sifatida qabul qilingan *bosim absolut bosimdir*.

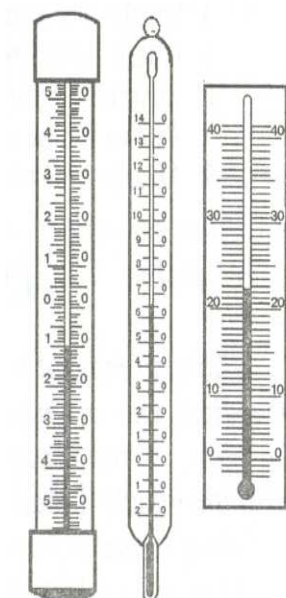
Temperatura (lot. *temperatura* — o'lchamdoshlik, normal holat) — makroskopik sistemaning termodinamik muvozanat holatini tavsiflovchi kattalik. Shuning uchun temperatura sistemaning issiqlik holatini tavsiflaydigan asosiy holat parametrlaridan bin hisoblanadi. Jismning isiganlik darajasi temperatura orqali ifodalanadi. Jism tarkibidagi zarralarning tezligi qancha katta bo'lsa, ularning kinetik energiyasi ham shuncha katta bo'ladi. **Temperatura bu modda tarkibidagi zarralarning kinetik energiyasi o'lchovidir**, ya'ni

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (4)$$

bunda $k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ — Boltsman doimiysi;

$$E_k = \frac{mv^2}{2} - \text{zarraning kinetik energiyasi.}$$

Temperatura Selsiy yoki Kelvin shkalasida gradusda o'lchanadi.



Tennodinamik jarayonlardagi temperatura Kelvin (K) shkalasi bo'yicha o'lchanadi. 1848-yili ingliz fizigi lord Kelvin tomonidan fanga «termodinamik temperatura» tushunchasi kiritilgan.

Demak, zarraning o'rtacha kinetik energiyasini absolut temperatura orqali ifodalash mumkin:

$$T = \frac{3}{2} \frac{E_k}{k} \quad (5)$$

Termodinamik temperatura shkalasining «nol» nuqtasi uchun ideal gaz molekulasihing tartibsiz harakati go'yoki to'xtaydigan shunday temperatura qabul qilinganki, uni *absolut nol* deb ataymiz. O'zgarmas

hajmdagi ideal gaz bosimi shu gazning absolut temperaturasi mutanosib, ya'ni $R \approx T$ bo'ladi. Shu qonuniyatga muvofiq gaz va suyuqlik termometrlari yaratilgan. Temperatura boshqa fizik kattaliklarni o'lchash yo'li bilan topiladigan (bevosita o'lchanmaydigan) kattalik.

Demak, *sistema temperaturasi o'Ichash — bu gaz yoki suyuqlik hajmining o'zgarishini yoki termojuft uchlari orasidagi potentsiallar ayirmasini o'Ichash demakdir*. Gaz va suyuqlik termometrlari hamda termojuftlar asosida yaratilgan termometrlar bunga misol bo'la oladi.

Kelvin (K) — termodinamik temperatura shkalasida absolut temperatura qiymati bo'lib, toza suvning uchlama nuqtasi, ya'ni muz, suv, va bug' o'zaro muvozanatda bo'ladigan holat temperaturasi $T = 273,16$ K deb qabul qilingan. Temperatura shkalasi qilib Selsiy (0°C), Kelvin (0°K), Farengayt (0°F) va Renkin (R) graduslaridagi temperaturalar olingan. Bu temperatura shkalalarida normal bosim ostidagi suvning qaynash temperaturasi qilib 100°C , muzning eriy boshlash temperaturasi 0°C nuqtalari temperatura shkalasining tayanch (reper) nuqtalari qilib tanlangan. Bu temperatura shkalalari orasida quyidagi bog'lanish mavjud, ya'ni

$$\begin{aligned} T &= (t^{\circ}\text{C} + 273,16)\text{K}; \\ t^{\circ}\text{F} &= (1,8t^{\circ}\text{C} + 32); \\ t^{\circ}\text{C} &= (t^{\circ}\text{F} + 32)/1,8; \\ T^{\circ}\text{R} &= 1,8T \end{aligned} \quad (6)$$

Muhit temperaturasi simobli, spirtli termometrlar, fizik qonuniyatlar asosida algan termojuft yordamida o'lchanadi (1-rasm).

Solishtirma hajm (v) deb birlik hajmni to'ldirgan modda miqdoriga aytiladi. Biror m massali bir jinsli moddaning solishtirma hajmi (m^3/kg) quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \frac{V}{m} \quad (7)$$

Jismlar geometrik shaklidan qat'iy nazar muayyan hajmni egallaydi. Termodinamik jarayonlarda qatnashuvchi ish modda hajmi *kub metrda* o'chanadi. Moddalarning birlik massasining hajmi bir xil bo'lmaydi, masalan, massalari bir xil bo'lgan suv, benzin, simob va shunga o'xshash boshqa moddalar turli hajmni egallaydi.

Jismning birlik massasi egallagan birlik hajmdagi modda miqdori zichlik deyiladi. Zichlik quyidagi ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V} \quad (8)$$

bundap ρ - modda zichligi, kg/m^3 ;

m va V — modda massasi va hajmi, kg va m^3 .

Nazorat savollari.

1. Issiqlik, issiqlik tashuvchilar va ish jismini tushuntiring.

2. Issiqlik mashinasi nima va uni tushuntiring.
3. Termodinamik jism va tizim.
4. Termodinamik parametrlar va xolat tenglamasi.

3-Mavzu: Termodinamika qonunlari. Termodinamik jarayonlar.

Reja:

1. Texnik issiqlik dinamikasining tushunchalari
2. Termodinamikaning birinchi qonuni va lining tenglamalari
3. Termodinamikaning birinchi qonunining talqini
4. Moddaning ichki energiyasi va issiqlik sig'imi
5. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
6. Aylanma sikl.
7. Karno sikli va uning foydali ista koeffitsienti.
8. Termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida issiqlik mashinalari siklining tahlili.
9. Termodinamik izojarayonlar.

Tayanch iboralar.

Termodinamik jism, termodinamik tizim, issiqlik, issiqlik oqimi, xarorat, xarorat gradienti, termodinamik parametrlar, xolat tenglamasi, tizim (modda) ichki ener-giyasi, issiqlik tashuvchilar, ish jismi va uning kengayishidagi bajarigan ishi, termodinamikaning birinchi qonuni, termodinamik jarayonlar.

Texnik issiqlik kuchi(dinamikasi)ning asosida sistemaga kiritilgan issiqlik miqdori qanday hodisajarda qatnashib, foydali ish bajarishi bosh masala hisoblanadi. Texnik issiqlik kuchi issiqlik va sovitkich mashinalarida qo'llanilganda, bu mashinalarning ish bajarish jarayonini tushuntiruvchi nazariyani hamda ularda sodir bo'ladigan issiqlik hodisalarini tavsiflashda turli-tuman atama va iboralardan foydalaniladi. Bu tushunchalar orasida Xalqaro atama so'zlar ham mavjud bo'lib, ular dunyo miqyosida qabul qilingan. Bu texnik tushunchalar to'g'risida qisqacha to'xtab o'tamiz.

Termodinamik sistema. Issiqlik harakati bir yoki bir guruh jismlar majmuasining o'zaro energiya va modda almashinuvida sodir bo'ladi.

O'zaro va boshqa jismlar bilan energiya va modda almasha-oladigan jismlar majmuiga *termodinamik sistema* deyiladi.

Masalan, termodinamik sistema sifatida silindrda joylashgan ideal gazni yoki yoqilg'i bug'i bilan atmosfera havosi aralashmasini olish mumkin. Ustuvor va noustuvor termodinamik sistemadagi energiya

tashqi ta'sir hisobiga boshqa jismga o'tishi yoki aksincha, boshqa jismlardan birlamchi jismga uzatilishi, ya'nijism bilan issiqlik oluvchi (yoki uzatuvchi) o'rtasida modda (energiya) almashinuvi bo'lishi mumkin. Sistemaning termodinamik parametrlari o'zgarmas va hamma nuqtalarida vaqt davomida bir xil bo'lsa, bunday sistema **ustuvor sistema**, aksincha, sistemaning har xil nuqtalaridagi parametrlari o'zgaruvchan qiymatlarga ega bo'lsa, uni **noustuvor sistema** deyiladi.

Ishchi gazning holati tashqi ta'sir hisobiga o'zgarganida uning termodinamik parametrlari (P, V, T) ham, mos ravishda, o'zgaradi, ya'ni termodinamik sistemaning muvozanati buziladi.

Tashqi muhit. Termodinamik sistema parametrlarini o'zaro ta'sirlashuvi natijasida, oz miqdorda bo'lsa ham, sistema holatini o'zgartira oladigan jismga **tashqi muhit** deyiladi. Ideal gaz — ish jismi bo'lsa, uni o'rab turgan silindr devorlari va porshen kallagining ustki yuzasi bilan chegaralangan sirt bu **tashqi muhit** bo'ladi.

Termodinamik sistemadagi jarayon *nazorat sirti* bilan chegaralangan hajmda yuz beradi. Ichki yonuv dvigateli (IYD) silindri devori va porshen kaljagining ustki yuzasi bilan chegaralangan sirt hosil qilgan hajm nazorat hajmga misol bo'la oladi. Termodinamik sistema nazorat hajmda joylashadi va shu hajmda termodinamik jarayon (ish aralashmasining yonishi) sodir bo'ladi.

Holat parametrlari. Tashqi muhit bilan termodinamik sistemaning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida o'rganilayotgan sistemaning *holat parametrlari* o'zgaradi.

Solishtirma hajm, bosim va temperatura (P, V, J) **sistemaning holat parametrlari** deyiladi.

Gazga tashqaridan issiqlik miqdori uzatilsa(yoki cMqarilsa), sistemaning uchala (P, V, T) parametri yoki ulardan birortasi o'zgarishi mumkin. Gazga tashqaridan issiqlik kiritmasdan uning hajmJiii kamaytirib (kengaytirib), holat panunetrlarini o'zgarti-rish mumkin. Ma'lumki,real gaz siqilsa *isiydi*, aksincha, kengaytirilsa — *soviydi*.

Termodinamika qonunlarini tushuntirishda «ideal gaz» tushun-chasidan foydalaniladi. Ideal gaz tabiatda mavjud bo'lmagan va nazariy jihatdan qabul qilingan tushuncha. Termodinamikada ideal gaz sifatida, molekulari o'zaro ta'sirlashmaydigan modda qabul qilingan. Bunday xossaga ega boigan modda zararlari moddiy nuqta deb qaraladiffn.

Ideal gaz qonunlarini o'rganishda ba'zan *ideal izolator* (mutlaqo issiqlik energiyasini o'tkazmaydigan material) tushunchasidan foydalaniladi. Shuning uchun *izolyatsiyalangan termodinamik sistema* deyilganda tashqi muhitga issiqlik energiyasini uzatmaydigan va tashqaridan qabul qilmaydigan sistema tushuniladi. Kundalik hayotda, ishlab chiqarish jarayonlarida, issiqlik energiyasini izolyatsiyalashda, ya'ni issiqlikning isrofini kamaytirish maqsadida real issiqlik izolatorlari keng qo'llaniladi. Bunday materiallarga chinni, shisha va shisha tolasi, yuqori temperaturalarga bardosh bera oladigan plastmassa turlarini keltirish mumkin.

Termodinamik jarayon. Fizik-kimyoviy hodisalar asosan issiqlik ta'sirida sodir bo'ladi. Bularning uzluksiz ketma-ket, davriy takrorlanishi natiiasida termodinamik sistema parametrlari o'zgaradi.

Termodinamik sistemada sodir bo'ladigan va uning holat parametrlari (P, V, T) dan hech bo'lmaganda bittasi o'zgarishi bilan bogiiq bo'lgan har qanday o'zgarishni tavsiflovchi hodisa-larni **termodinamik jarayon** deyiladi. Termodinamik jarayon qaytar, qaytmas, muvozanatli (kvazistatik), nomuvozanat, aylanma, izoxorik, izotermik, adiabatik, politropik turlarga bo'linadi.

Jarayon kechisni ucnun muayyan termodinamik holatdagi sistemaning tashqi ta'sir hisobiga holat parametrlari o'zgarishi shart va sistema ma'lum ish bajargandan keyin o'zining oldingi holatiga muhit bilan energiya va modda almashinuvidan so'ng qaytishi kerak. Ammo jarayonning davriy, ketma-ket

takrorlanishida sistema mutlaqo tashqi muhit bilan issiqlik va modda almashsa ham awalgi holatiga to'liq qaytmaydi.

Sikl. Termodinamik jarayon uzluksizligini ta'minlash uchun sistemaga qo'shimcha energiya kiritiladi va uning ishga aylanmasdan qolgan qismi tashqi muhitga chiqariladi.

Davriy takrorlanadigan va ketma-ket sodir bo'ladigan jarayonlarning majmuasiga *sikl* deyiladi.

Har qanday aylanma jarayon siklga misol bo'la oladi. Sikl *to'g'ri* (Karno, Dizel, umumlashgan, Otto, Trinkler-Sabate) va *teskari* (sovitish mashinalari sikli) bo'lishi mumkin. Musbat ishorali ish bajaradigan aylanma jarayonga *tog'ri sikl* deyiladi. To'g'ri siklda jarayonning kechish yo'nalishi soat mili (strelkasi) yo'nalishi bo'yicha sodir bo'ladi. Issiqlik mashmalarining ish bajara oladigan sikli to'g'ri siklga misol bo'la oladi. Manfiy ishorali ish bajaradigan aylanma jarayonga **teskari sikl** deyiladi. Teskari sikldagi jarayonlarning kechish yo'nalishi soat mili yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Sovitkich mashinalarining ish sikli teskari siklga misol bo'la oladi. Siklda termodinamik sistema muvozanatining o'zgarishi bilan uning parametrlari orasidagi bog'lanishni **termodinamik sistemaning holat tenglamasi** shaklida ifodalanadi. Masalan,

$$f(P, V, T) = 0 \quad \text{yoki} \quad V = f(P, T); \quad P = f(V, T); \quad T = f(V, P). \quad (1)$$

Moddaning xossalriga mos ravishda termodinamik sistemaning holat tenglamalari ham o'zgarishi mumkin. Bunda termodinamik sistemani soddalashtirib, ayrim shartlarni kiritib, yechim qidiriladi. Masalan, ideal gaz yoki real gaz holat tenglamalari bir-biridan katta farq qiladi.

Texnikada real gazlar qo'llaniladi, ular past bosimlarda ideal gazlarga o'xshab ketadi. Shuning uchun ayrim hisoblashlarda molekulalar orasidagi o'zaro ta'sirlashish kuchlari va molekula egallagan hajm e'tiborga olinmaydi. Ammo real gazdan foydalanilganda, gaz molekulalari orasidagi tutunish kuchlarini va molekula hajmini e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydi. Yuqoridagilarni hisobga olib, Van-der-Vaals real gazlarning holat tenglamasini bergan. Van-der-Vaals tenglamasi tajribada har doim ham kutilgan natijani bera olmaydi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, termodinamik sistema muvozanatining o'zgarishiga unga issiqlik miqdorining uzatilishi yoki undan chiqarilishi hamda mexanik ta'sir sababchi bo'lar ekan.

Entropiya (yunoncha *entropia* — *aylanish, o'zgarish*) termodinamik sistemaning holat funksiyasi bo'lib, tashqi muhitning o'zaro issiqlik almashinish jarayonining kechish yo'nalishini ifodalaydi va S harfi bilan belgilanadi:
$$\Delta S = \frac{\Delta q}{T} \quad (2)$$

Sistemaning tashqi muhit bilan ta'sirlashish xususiyatiga qarab, kvazistatik (qaytuvchan, muvozanatli) jarayonlarda entropiya qiymati musbat va manfiy hamda nolga teng bo'lishi mumkin, ya'ni:

$\Delta S > 0$ — modda isitilyapti;

$\Delta S < 0$ — modda sovitilyapti;

$\Delta S = 0$ — modda muvozanat holatida.

«Entropiya» tushunchasini fanga 1865-yili R. Klauzius kiritgan bo'lib, SI o'lchov birligi sistemasida Joul/K tarzida beriladi. Massa o'lchov birligida esa Joul/kg • K bo'ladi.

Sistemaning entropiyasini sistemaning absolut temperaturasi nolga intilganda aniqlab bo'lmaydi. Bunday ($\Delta S \rightarrow 0$) holatda nazariy usul bilan entropiyaning absolut qiymatlarini izojarayonlarda hisoblab topish mumkin emas. Bunday qiyinchilikdan faqat tajriba yo'li bilan aniqlangan natijalar orqali chiqish

mumkin. V. Nernst (1906-y.) o'ta past temperaturalarda moddalar xossalarini o'rganib, tadqiqotlar natijalariga tayanib, *absolut nol temperaturada kechadigan har qanday izotermik jarayondagi entropiyaning o'zgarishi nolga teng* degan xulosaga keldi. Bunga V, Nernstprinsipi yoki termodinamikaning uchinchi qonuni deyiladi.

Moddaning absolut temperaturasi nolga yaqinlashganda, undagi zarralar harakati deyarli to'xtaydi. Modda har qancha o'ta past temperaturagacha sovitilganda ham *zarralarning harakati mutlaqo tobctamaydi*, faqat ayrim nazariy masalalar yechimini topishda shunday shart qabul qilinadi.

Amaliyotda entropiyaning absolut qiymatidan emas, balki uning termodinamik jarayondagi o'zgarishidan foydalaniladi, ya'ni;

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{\Delta q}{T} \quad (3)$$

Termodinamik jarayonda qatnashgan sistema holatlari o'rga-nilganda, entropiya haqida to'laroq ma'lumotga ega bo'lasiz.

Entalpiya (yunoncha *enthalpo* — *isitaman*) termodinamik sistemaning holat funksiyasi bo'lib, uni *i* yoki *H* harfi bilan belgilanadi. **Termodinamik sistema ichki energiyasi *U* bilan shu sistema ustida bajarilgan ish (bosimi *R* ning hajmi *V*ga ko'payt-masi) yig'indisiga entalpiya** deyiladi va u quyidagicha belgilanadi:

$$i = U + PV. \quad (4)$$

Entalpiya energiya o'lchov birligi (Joul) da o'lchanadi.

Hisoblashlarda solishtirma entalpiya ifodasi *i/m* dan foydalaniladi va SI o'lchov birligida Joul/kg bo'ladi. Entalpiyaning o'zgarishi sistema qatnashayotgan jarayon turiga bog'liq bo'lmasdan, shu sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq, ya'ni

$$\Delta i = i_2 - i_1 \quad (5)$$

Termodinamikaning birinchi qonuni va lining tenglamalari

Termodinamik sistemaning ish bajarishi uchun unga ma'lum miqdordagi issiqlik energiyasi kerak bo'ladi. Ma'lumki, termodinamik jarayonda qatnashayotgan energiyaning bir turdan ikkinchisiga aylanishi ish bilan tavsiflanadi. Sistema ish bajarishi uchun uning ichki energiyasi o'zgarishi shart. Ichki energiyaning o'zgarishi tashqi muhit ta'siriga, unga uzatilgan issiqlik miqdori Δq ga bog'liq, ya'ni;

$$\Delta q = \Delta u + \Delta A + \Delta A', \quad (6)$$

bunda Δq — moddaga berilgan (yoki undan chiqarilgan) issiqlik miqdori, J;

ΔA — sistema hajmining o'zgarishi hisobiga bajarilgan mexanik ish, J;

$\Delta A'$ — nomexanik ish, J.

(6) tenglamadagi nomexanik ish $\Delta A'$ ni hisobga olmagan holda sistema ichki energiyasi hamda solishtirma issiqlik sig'imi orqali termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\Delta q = \Delta u + \Delta A = \Delta u + P \Delta V$$

$$\Delta q = c_v \Delta T + P \Delta V \quad (7)$$

Kimyoviy reaksiyalar *ekzotermik* (yunon. *exo* — tashqariga va *therme* — issiqlik) va *endotermik* (yunon. *endon* — ichiga) bo'lishi mumkin. Shuning uchun kimyo texnologiyasi sohasida (6) tenglama yuqoridagi ko'rinishda qo'llaniladi.

Demafei termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori shu sistema ichki energiyasining o'zgarishiga va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan foydali ishga sarflanadi.

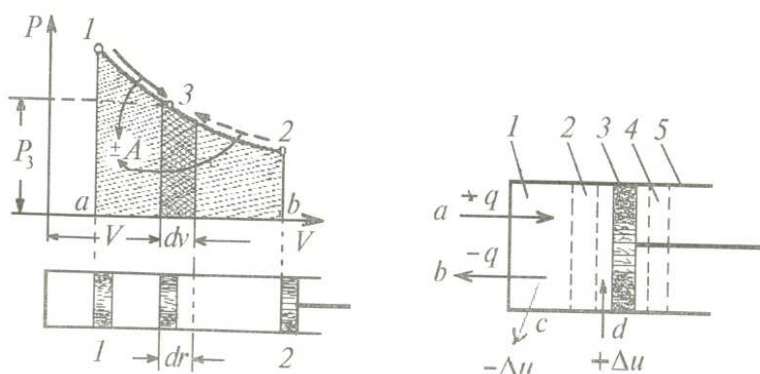
Termodinamik sistemaga q issiqlik miqdori berilsa, bajarilgan ish ishorasi musbat, aksincha chiqarilsa — manfiy hisoblanadi. Termodinamik sistemaning muhit bilan o'zaro ta'sirlashish davrida tashqariga issiqlik miqdori chiqarishi (qabul qilishi) mumkin. Chizmalarda issiqlik oqimi yo'nalishi ichkariga musbat va tashqariga esa manfiy qilib belgilanadi. Masalan: ichki eonuv divigitelining porsheni quyi qo'zg'almas nuqtasi tomonga harakatlansa, unda bajarilgan ish musbat ishorali, ya'ni $A > 0$, aksincha, porshen ish jismini siqayotganida esa — manfiy, ya'ni $A < 0$ bo'ladi.

Sistema ish bajarganda uning ichki energiyasi ortadi yoki kamayadi. Bunda ishning ishorasi sistemadagi q issiqlik miqdori yo'nalishiga bog'liq bo'ladi. Masalan, yonish mahsuloti o'z bosimi ta'sirida yonish kamerasida kengiyayapti. Yonish mahsuloti (sistema) ning ichki energiyasi kamayadi, chunki tashqi muhit (silindr devori) bilan issiqlik almashinadi. Aksincha, ish jismi (masalan, benzin bug'i bilan atmosfera havosi aralashmasi) porshen kallagi bilan chegaralangan, yonish kamerasida, mexanik kuch ta'sirida porshen yuqoriga ko'tarilib, aralashmani siqadi. Natijada uning ichki energiyasi ortadi va q ning ishorasi musbat bo'ladi.

Sistemada sodirbo'ladigan termodinamik jarayon turiga qarab, termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidagi U va PV ning ishoralari ham o'zgaradi. Termodinamik jarayonda sistema holat parametrlari o'zgarishining o'zaro bog'lanishi P , V — koordinatasida diagramma ko'rinishida ifodalanadi.

Termodinamik jarayon sodir bo'layotgan sistemaning hajmi V_1 va V_2 ortganida, uning bosimi P_1 dan P_2 qadar kamayadi yoki aksincha bo'ladi. Bunda hajmning o'zgarishi $dV > 0$ bo'lgani uchun unda

kengayish jarayoni sodir bo'ladi. Aksincha, ish jismi 2 dan 1 nuqttagacha siqilsa ya'ni $dV < 0$ bo'lsa, siqish jarayoni deyiladi.



1-rasm. Termodinamik jarayonda bajarilgan ishning va ichki energiyaning yo'nalishini aniqlash chizmasi.

Bunda kengayish va siqish jarayonlarida bajarilgan ish ishorasi, mos ravishda, «musbat» va «manfiy» bo'ladi. Siqish jarayonida ishning ishorasi manfiy bo'lishiga sabab, tashqi kuch hisobiga ish moddasi siqiladi va bunda sistemaning ichki energiyasi ortadi.

Faraz qilaylik, silindrdagi 1 kg ish jismi hajmining ortishi hisobiga elementar ish bajarilsin, ya'ni:

$$\Delta A = PS \Delta l, \quad (8)$$

bunda P — gaz(ish jismi)ning bosimi, Pa;

S — porshen kallagi yuzasi, m^2 ;

Δl — porshen yo'li, m.

Ma'lumki, $S \Delta l = \Delta V$ ga teng. Shuning uchun elementar ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta A = P \Delta V. \quad (9)$$

(9) formula muhit bosimi ish moddasi bosimiga teng bo'lgan muvozanatli jarayon uchun o'rinlidir.

Sistema bajargan ish kattaligi son qiymati jihatidan PV diagrammasidagi 1, 2, V_2 , V_1 nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng. Elementar bajarilgan ish esa elementar yuzaga teng bo'ladi (ikki marta chiziqlar tortilgan yuzacha).

Yuza noma'lum, bosim va hajm qiymatlar esa 1,2 nuqtalar oralig'ida ma'lum bo'lganida, ish quyidagicha aniqlanadi: $A = P \Delta V = P(V_2 - V_1)$ (10)

PV diagrammadan ishni topishda, real sharoitlarda sistemaga ish moddasini kiritish va undan ish bajarmagan qoldiq qismini chiqarish uchun sarf bo'ladigan isroflar e'tiborga olinmagan. Berk termodinamik jarayon uchun mazkur ish ifodasi to'g'ri bo'ladi. Ish ishorasi berk termodinamik jarayonda PV diagramma

Bajarilgan ish SI o'lchov birligi sistemasida Joule (J) da va texnik sistemada esa kilogrammometr (kGm) da o'lchanadi.

Termodinamikaning qonunlari ko'plab olimlar tomonidan nazariy va amaliy jihatdan o'rganilgan va uni turlicha ta'riflaganlar. Termodinamika birinchi qonunining ayrim ta'riflarini keltiramiz:

a) Birinchi turdagi abadiy (perpetuum) dvigatelning (mobe) bo'lishi mumkin emas. Yo'qdan eneigiya hosil qiluvchi dvigatel birinchi turdagi perepetuum mobeli deb yuritiladi.

b) Energiya o'z-o'zidan paydo ham, yo'q bo'lishi ham mumkin emas.

v) Har qanday shakldagi harakat boshqa shakldagisiga aylana oladi. Bu ta'rif shuni tasdiqlaydiki, energiya yo'q bo'lmaydi, ammo boshqa turdagi energiyaga aylanishi mumkin.

g) Issiqlik va ish eneigiyani bir jismdan boshqalariga uzatishning yagona shaklidir. Termodinamik sistemaning muhit bilan issiqlik va ish almashinuvi hisobiga ichki energiyasi o'zgaradi.

d) Sistemaning ichki energiyasi bu jami tashqi ta'sirlar tufayli sistemada uyg'otilgan energiyalar yig'indisi. U biror yo'l bilan bir holatdan normal holatga o'tadi.

Termodinamikaning birinchi qonunining talqini

Ma'lumki, A. Eynshteyn qonuniga muvofiq ($E = mc^2$) har qanday energiya massaga mutanosib. Buni umumiyroq qilib *massa va energiyaning saqlanish va aylanish qonuni* deb yuritiladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni massa va energiyaning saqlanish va aylanish qonunining issiqlik hodisalariga qo'llanilishini xususiy holdir. Chunki, energiya bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan paydo bo'lmaydi, faqat bir turdan ikkinchi turga aylanadi.

Termodinamik sistemaning parametrlari sistemaga Δq Mqlik miqdori kiritilganida (chiqarilganida), yoki mexanik ta'sir hisobiga o'zgaradi, ya'ni sistema muvozanat holatidan chiqadi yoki muvozanat holatiga qaytadi. Masalan, birorta qattiqjism Δq issiqlik miqdorini yutgandan so'ng, uning parametrlaridan ayrimlari (hajmi, temperaturasi) o'zgaradi, ya'ni hajmi dV ga, temperaturasi ΔT ga ortadi. Agar qattiq jism o'rniga gaz yoki suyuqlik olinsa, termodinamik sistemaning uchala parametrlari, ya'ni bosim P , hajm V va temperatura T ham o'zgaradi.

Demak, sistemaning temperaturasi ΔT ga ortsa, uni tashkil etgan zarralarning kinetik energiyasi ham ortadi; hajmi ΔV ga kattalashganida zarralar orasidagi bog'lanish kuchlari kamaysa-da, potensial energiyasi ortadi. Chunki potensial energiya zarralar oralig'idagi masofaga bog'liq. Sistemada bunday holatning paydo bo'lishi uning ichki energiyasi Δu ni o'zgartiradi.

Sistema muvozanat holatiga qaytish jarayonida tashqi muhit bilan uzluksiz ta'sirlashadi va unga P bosim bilan ta'sir ko'rsatib, tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi.

Sistemada sodir bo'layotgan termodinamik jarayon turiga mos ravishda (9) ifodadagi uchala hadlarning qiymatlari musbat va manfiy ishorali hamda nolga teng bo'lishi mumkin.

Moddaning ichki energiyasi va issiqlik sig'imi

Termodinamik sistema muayyan ichki energiyaga ega bo'lgan ko'psonli atom va molekulalardan tashkil topadi va ular doimo o'zaro ta'sirlashadi. Demak, sistemaning ichki energiyasi bu atom hamda molekulalarning o'zaro ta'sirlashish va issiqlik harakati energiyalarining yig'indisidan iboratdir.

Sistema ish bajara olishi uchun uning energiyasi muvozanat holatidagi energiyadan katta bo'lgan ichki energiyaga ega bo'lishi shart. Ichki energiya sistemaga tashqaridan kiritiladigan qo'shimcha energiya yoki mexanik ta'sir hisobiga orttiriladi. Bu kiritilgan energiya hisobiga sistema tashqi kuchlarga qarshi dA ish bajarsa, uning ichki energiyasi ΔU ham o'zgaradi, ya'ni

$$\Delta U = \Delta U_2 - \Delta U_1 = \Delta q - \Delta A. \quad (11)$$

Agar sistema awalgi holatiga qaytsa, uning ichki energiyasi o'zgarmaydi, ya'ni

$$\Delta q = \Delta A. \quad (12)$$

Siyraklashgan gaz molekulalari ideal gaz molekulalari singari juda ham kam ta'sirlashganligi sababli, ularning ichki energiyasi o'zgarishini kinetik energiyasining o'zgarishiga teng deb qabul qilish mumkin. Shuning uchun ΔU faqat temperaturaga bog'liq bo'ladi, ya'ni; $\Delta U = c_v T$ (13)

bunda c_v — o'zgarmas hajmdagi gazning solishtirma issiqlik sig'imi.

Turli xil moddalarni bir xil temperaturagacha isitish uchun ularning har biriga turlicha miqdordagi issiqlik energiyasini uzatish zarur bo'ladi. Bu hoi moddaning agregat holatiga va tuzilishiga ham bog'liq.

Modda birlik massasini 1K isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori shu moddaning issiqlik sig'imi deyiladi. Bunda modda Δq issiqlik miqdorini yutishi natijasida uning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha ortadi.

$$\Delta q = cm(T_2 - T_1)$$

Birlik moddaning **o'rtacha issiqlik sig'imi** quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{\Delta q}{T_2 - T_1} \quad (14)$$

Aralashmaning massaviy solishtirma issiqlik sig'imi - bu aralashma temperaturasini 1 K isitishga kerak bo'lgan issiqlik miqdori bo'lgani uchun, uning kattaligi aralashma tarkibiga kiruvchi komponentlar issiqlik sig'implari yig'indisiga teng bo'ladi:

$$C_a = \sum_i c_i m_i \quad (15)$$

Birlik moddani 1 K isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori **haqiqiy issiqlik sig'imi** deyiladi:

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta T} \quad (16)$$

Moddaning birlik massa temperaturasini bir gradus orttirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi.

Moddaning issiqlik sig'imi shu moddaning qanday termodi-namik jarayonda qatnashuviga ham bog'liq bo'ladi. Chunki modda temperaturasining o'zgarishi unga uzatilgan issiqlik miqdori o'zgarmas bo'lganida faqat termodinamik jarayon turiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ham *moddaning issiqlik sig'imini termodinamik jarayon funksiyasi* deb qarash mumkin.

O'zgarmas hajmdagi birlik modda miqdoriga uzatilgan Δq issiqlik miqdorining shu modda temperaturasining o'zgarishiga nisbati bilan ifodalanadigan fizik kattalik ***o'zgarmas hajmdagi moddaning solishtirma issiqlik sig'imi*** deyiladi.

$$C_v = \frac{\Delta U}{T_2 - T_1} \quad (17)$$

O'zgarmas bosim ostidagi birlik modda miqdoriga uzatilgan Δq issiqlik miqdorining shu modda temperaturasining o'zgarishiga nisbati bilan ifodalanadigan fizik kattalik ***o'zgarmas bosimdagi moddaning solishtirma issiqlik sig'imi*** deyiladi.

$$C_p = \frac{\Delta q}{T_2 - T_1} \quad (18)$$

Demak, sistemaga keltirilgan Δq issiqlik miqdori uning ichki energiyasini orttiribgina qolmasdan, sistema parametrlari (P, V, T) ni ham o'zgartiradi va tashqi kuchlarga qarshi foydali ish bajaradi.

R. Mayyer o'zgarmas hajm va bosim ostida moddada sodir bo'ladigan jarayonlarning solishtirma issiqlik sig'implari bilan universal gaz doimiysi orasidagi bog'lanishni o'rganib, quyidagi tenglamani chiqargan:

$$c_\mu = c_v + R \quad \text{yoki} \quad R = c_p - c_v. \quad (19)$$

Tenglamadan ko'rinadiki, har doim o'zgarmas bosim ostida kechadigan (izobarik) jarayonda izoxorik ($V = \text{const}$) jarayonga nisbatan ko'proq issiqlik miqdori sarflanadi. Izoxorik jarayonda sistemaning bajargan ishi nolga teng, chunki sistemaning ichki energiyasi faqat absolut temperaturaga bog'liq bo'lib, hajmga bog'liq emas. Chunki, $V = \text{const}$ holatida $V_2 - V_1 = 0$ bo'lgani sababli izoxorik jarayonda sistema ish bajarmaydi, aksincha, izobarik jarayonda sistema foydali ish bajaradi. Shuning uchun ham $c_p > c_v$.

Real gazlar uchun $c_p - c_v > R$, chunki $P = \text{const}$ bo'lgan izobarik jarayonda sistema faqat tashqi kuchlarga qarshi ish bajaribgina qolmasdan, molekulalararo mavjud bo'lgan o'zaro tutunish kuchlariga qarshi nomexanikaviy ish ham bajaradi.

Demak, $P = \text{const}$ va $V = \text{const}$ bo'lgan termodinamik jara-yonlarda real gaz ish bajarishi va uning ichki energiyasini ortti-rish uchun ideal gazga nisbatan unga ko'proq issiqlik miqdori sarflanar ekan.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Issiqlik energiyasi o'z-o'zidan foydali ishga aylanib qolmasligi bizga ma'lum. Lekin issiqlik bilan ish oralig'idagi mashina-dvigatel bo'lishi shartligi masalasini ko'plab olim-u muhandislar uzoq yillar o'rganganlar. Bu masalaning ijobiy yechimini birinchilar-dan bo'lib S. Karno topgan, desak mubolag'a bo'lmaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni ikkinchi turdagi abadiy, ya'ni kiritilgan issiqlikni 100% ishga aylantirib, davriy ishlaydigan dvigatelni yaratish bo'lmasligi haqidagi nazariyani o'rganadi.

Bu nazariyani o'rganish davomida amaliyotda abadiy dvigatelni yaratish mumkin emasligi isbotlandi. Shuning uchun issiqlikni qanday qilib ishga aylantirish masalasi nazariy va amaliy tomondan o'rganildi. Natijada, termodinamikaning birinchi qonuni yordamida ish jismi ichki eneigiyasining o'zgarishi bilan issiqlik va ish miqdorlari orasi-dagi bog'lanishlar issiqlik eneigiyasining boshqa turdagi energiyalarga aylanish jarayoni tahlil qilindi. So'ngra issiqlikni ishga aylantirish oson emasligi, sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori to'liq ishga aylanmasligi, uning ma'lum qismi foydali ishga aylanishi va qolgan qismi sovitkichga chiqarilishi shartligi nazariy va amaliy jihatdan isbotlandi.

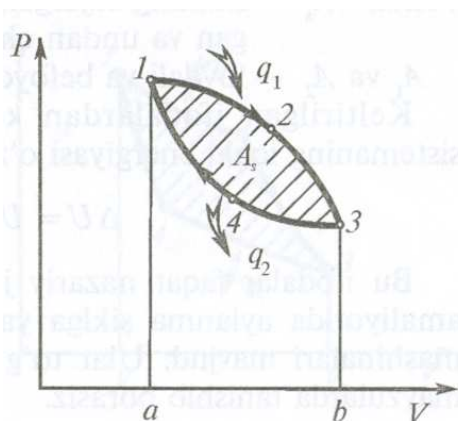
Issiqlik energiyasi issiq jismdan sovuq jismga bevosita ish bajarmasdan ham o'tishi mumkinligi va, aksincha, sovuq jismdan issiqlik issiq jismga o'z-o'zidan ish sarflanmasa ham o'tmasligi tasdiqlandi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni sistema ish bajarishi uchun unda harakatlantiruvchi kuch bo'lishi shartligini tushuntiradi. Harakatlantiruvchi kuch faqat ishchi moddaning oxirgi va boshlang'ich holatlari orasida temperaturalar farqi katta bo'lgandagina paydo bo'lishi shartligi nazariy va amaliy jihatdan isbotlandi. Harakatlantiruvchi kuch ish moddasi turiga mutlaqo bog'liq bo'lmasdan, faqat temperaturalar farqiga bog'liq bo'lishi aniqlandi. Bu temperaturalar farqi qancha katta bo'lsa, bajariladigan ish ham shuncha katta bo'ladi. Lekin har doim ham ishchi modda temperaturasi jarayon oxirida eng past va jarayon boshida eng yuqori qiymatga erisha olmasligi isbotlangandan so'ng, davriy ravishda kiritilib turiladigan issiqlik energiyasi va uning ishga aylanmasdan qolgan qismini sovitkichga chiqarib turadigan issiqlik mashinasini qurish mumkinligi amaliyotda tasdiqlanadi.

Aylanma sikl

Sistema ish bajarishi uchun unga davriy ravishda ma'lum miqdordagi issiqlik energiyasi yoki ish jismi uzatib turilishi zarur. Shundagina termodinamik jarayonlar sodir bo'ladi. Bu jarayonda issiqlik energiyasi mexanik energiyaga aylanadi. Ishga to'la aylanmasdan qolgan issiqlik miqdori esa sistemadan tashqariga (sovitkichga) uzatilishi shart. Shu talab bajarilsa, sikl davriy ravishda takrorlanadi. Ish jismi sifatida faqat bitta modda qo'lla-nilsa, u holda modda awal kengayadi va ma'lum miqdordagi ishni bajaradi, so'ngra yana siqiladi, keyin boshlang'ich muvozanat hola-tiga qaytadi. Sikl qaytadan takrorlanadi.

Termodinamik jarayonlar ketma-ket va davriy kechadigan issiqlik mashinasiga ichki yonuv dvigateli misol bo'la oladi. Bunday turdagi dvigatelga har doim yangi ish moddasi yoki issiqlik miqdori ketma-ket kiritib turiladi hamda issiqlikning ish bajarmagan qoldiq, ya'ni ishga aylanmagan qismi sovitkichga (atmosfera-ga) chiqarib turiladi. Birorta ham mashina bir marta kiritilgan issiqlik yoki ish jismi bilan abadiy ishlaydigan issiqlik mashinasiga misol bo'la olmaydi. Bir marta kiritilgan ish jismi bilan uzluksiz (davriy) ishlaydigan mashina yaratilgan emas va bunday mashinaning bo'lishi ham mumkin emas. Lekin unga yaqinroq bo'lgan qurilmalar mavjud bo'lib, ularda ish moddasini dastlabki muvozanat holatiga qaytarish uchun, kengayib ish bajarib bo'lgan ish moddasi, yana tashqi kuch (energiya) ta'sirida



qo'shimcha ish sarflab siqiladi. Shunda modda dastlabki holatiga qaytadi. Bunday sikllar aylanma jarayonlarda kuzatiladi. Bunga magnitogidrodinamik (MGD) generatorining (berk sxemasi) ideal sikli misol bo'la oladi. Bunday siklda, albat-ta, moddani siqish uchun sarflangan ish miqdori uning kengayi-shida bajarilgan foydali ishdan ancha kichik bo'lishi kerak. Dav-riy takrorlanadigan aylanma jarayonning PV diagrammasi rasmda tasvirlangan.

1-rasm. Aylanma sikl.

manfiy ish bajaradi. u isnnmg miqaon a, l, z, J, b, a nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng. Manfiy ishning miqdori, son qiymati jihatidan mos ravishda, $a, 1, 4, 3, b, a$ nuqtalar hosil qilgan yuzaga teng bo'ladi. Demak. Fovdali ishning qiymati maydoncha yuzasiga son qiymati jihatidan teng bo'ladi, ya'ni

$$q_l = Lu + A_{f_9} \quad -q_2 = Au + A_2 \quad (66)$$

yoki tenglamalarni hadma-had qo'shib chiqsak, quyidagi hosil bo'ladi:

bunda A_s — siklning bajargan ishi; q_x va q_2 — sistemaga kiritil-gan va undan chiqarilgan issiqlik miqdorlari; A_x va A_2 — foydali va befoyda ishlar. Keltirilgan ifodalardan ko'rinadiki, aylanma jarayonda sistemaning ichki energiyasi o'zgarmasdan qolar ekan, ya'ni

$$AU = U_l - U_2 = 0$$

Bu ifodalar faqat nazariy jihatdangina to'g'ri. Muhandishk amaliyotida aylanma siklga yaqin sikllarda ishlaydigan issiqlik mashinalari mavjud. Ular to'g'risida ma'lumotlar bilan keyingi mavTiilarda tanihih hnrsiy

Karno sikli va uning foydali ista koeffitsienti

Karno sikli mantiqan ustivor va mazmunan oddiy bo'lib, uning diagrammasi ikkita izoterma va ikkita adiabatadan tashkil topgan (7-rasm).

Sistemaga isitkich (*issiqlik manbai*) dan q_x issiqlik miqdori uzluksiz uzatilib turishi hisobiga uning T_l temperaturasi o'zgarmas saqlanadi. Shunda sistemada kechadigan jarayon o'zgarmas ($\gamma = \text{const}$) temperatura ostida sodir bo'ladi. Qoldiq (ish bajarmagan) issiqlik miqdori q_2 sistemadan uzluksiz ravishda *tashqi muhit* — *sovitkichga* $T_2 - \text{const}$ ostida chiqariladi. Shuning uchun q_l ning ishorasi musbat, q_2 niki manfiy deb qabul qilinadi.

Fransuz muhandisi Karno Nikola Leonar Sadi 1824-yili «*Olovning harakatlantiruvchi kuchi haqida mulohazalar*» asarida issiqlik va ishning o'zaro bir-biriga aylanishi to'g'risidagi masala yechimini to'g'ri topgan. Hozirgi kunda ham bu yechim natijasi o'z kuchini yo'qotgan emas.

Karno siklining diagrammasidagi 1, 2 nuqtalar oralig'ida sistemaga keltirilgan issiqlik miqdori $q_l = Aq = AU + PAV = AU + AA$ (68)

bo'lsa-da (sistema sifatida ideal gaz olinganida), uning izotermik jarayonda ichki energiyasining o'zgarishi $AU = 0$ bo'lgani uchun gazning bajargan ishi quyidagicha ifodalanadi: $A_x = PAV = P(V_2 - V_x)$. (69)

A_x ishning kattaligi sistemaga kiritilgan issiqlik miqdoriga teng. Sikl diagrammasining 2, 3 nuqtalari oralig'ida ishchi gaz o'zi-ning ichki enei2iyasining kama-yishi hisobiga adiabatik kenga-yib, ya'ni tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan ish bajaradi (2.7-rasm). Jarayonning 3, A nuqtalari oralig'ida sistemadan issiqlik miqdori tashqi muhitga ($T_2 = \text{const}$) o'zgarmas tempe-raturada chiqariladi.

Shu davrda sekinlik bilan siqilish ham davom eiaai. DU uuimua sistemaning bajargan ishining kattaligi sarflangan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni

$$q_2 = Aq = (q_x - q_2) = A_2. \quad (70)$$

Ish moddasi adiabatik siqilsa (4, 1 nuqtalar oralig'i), uning ichki energiyasi ortadi. Bu siqilish jarayonida gaz ustida ish bajarilsa, uning termodinamik parametrlari o'zgaradi. Shunda muayyan shart va

talablar bajarilganida, sistemaga tashqaridan issiqlik kiritmasdan ham foydali ish bajarish mumkin bo'ladi.

Karno siklining 2diagrammasi *ikkita izoterma* (kengayish va siqilish) hamda *ikkita adiabat* (kengayish va siqilish) lardan tashkil topgan

Bu (85) tenglama faqat qaytar sikllar uchun to'g'ri.

Aylanma siklda bajarilgan ish kattaligi sistemaga kiritilgan va undan sovitkichga chiqarilgan issiqlik miqdorlariga bog'liq bo'lsa, Karno siklida esa, ish moddasining boshlang'ich va oxirgi temperaturalariga farqiga bog'liq bo'lar ekan. Shuning uchun Karno $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ temnp.mtiirasi ortib borgan sayin siklning η kattalashadi.

Ishchi modda ish bajarib bo'lgandan keyin uning temperatu-rasini nolgacha pasaytirish mumkin bo'lmaganligi kabi, boshlang'ich temperaturasi ham cheksizlikka $T_2 \rightarrow 0$ yaqinlash-tirib bo'lmaydi. Shuning uchun issiqlik mashinasining η 100% ($\eta > 1$) bo'la olmaydi.

Karno siklining η ini quyidagicha ta'riflash mumkin:

a) Karno siklining termik η ishlatilgan issiqlikning xossasiga bogliq bo'lnasdan, faqat issiqlik manbalarining quyi va yuqori absolut temperaturalariga bogliq;

b) Karno siklining termik η ning qiymati temperaturalar farqi origan sayin kattalashadi;

v) Karno siklining termik η har doim birdan kichik, ya'ni $\eta < 1$ Birorta ham issiqlik mashinasining η 100% bo'la olmaydi.

Amaliyotda imkoniyati boricha isitkichning temperaturasi eng yuqori va aksincha, sovitkichni past temperaturalarda tutishga harakat qilinadi. Shunday sharoitda ishlaydigan bug' va gaz turbmalarining η 80% dan yuqori bo'ladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida issiqlik mashinalari siklining tahlili

Issiqlik mashmalarining ishlashi uchun quyidagi ikkita shart albatta bajarilishi kerak:

Birinchi shart: *issiqlik mashinasi temperaturalar farqi bo'lganida ishlaydi.*

Demak, issiqlik mashinasi yuqori temperaturali manbadan issiqlik oladi va uning ma'lum qismini ish bajarishga sarflaydi, ishga aylanmagan qismini past temperaturali manbaga chiqaradi. Odatda, termodinamikada katta temperaturali issiqlik manbayini *yuqori* yoki *qizdirilgan* va, aksincha, past temperaturali manbani — *quyi* yoki *sovuq* manba deb yuritiladi.

Ikkinchi shart: *har qanday issiqlik mashinasi davriy ravishda (siklik) ishlashi kerak.*

Ish jismi siklda muayyan termodinamik jarayonlardan o'tib, yana boshlang'ich holatiga qaytishi shart. Bu jarayon issiqlik mashinasi ishlaganida davriy ravishda takrorlanib turishi kerak. Jarayonlar esa faqat bitta qurilmada bo'lmasdan uning turli

Sovitish mashinasining asosiy tavsiflaridan biri sovitish koeffitsienti sovitiluvchi jismdan sikl davomida chiqarilgan issiqlik miqdorining shu sikl ishiga nisbati bilan baholariadi.

I Yuqoridagilar asosida termodinamikaning ikkinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

a) Mashina-dvigatel uchun:

/ . Issiqlik mashinasi — dvigatel yordamida issiqlikni yuz foiz ishga aylantirib bo'lmaydi.

2. (Ostvald bo'yicha) Ikkinchi turdagi abadiy (*perpetuum mobile*) dvigateining bo'iishi mumkin etnas.

b) Sovitish mashinalari uchun:

1. Sovitish mashinasi yordamida jismni atrof-muhit temperatu-rasidan past temperaturagacha sovitish uchun albatta ish sarflanishi shart.

2. (Klauzius bo'yicha) Issiqlik o'z-o'zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jismga o'tishi mumkin emas.

II tartibli perpetuum mobile — bu shunday dvigatelki, unga kiritilgan q issiqlik miqdorini 100% foydali ishga aylantira oladigan issiqlik mashinasidir.

Bunday issiqlik mashinasi hozircha yaratilmagan va bo'lishi ham mumkin emas.

Termodinamikaning ikkinchi qonunining talqini

Termodinamikaning birinchi qonuni ish jismiga uzatilgan issiqlik miqdori, bajarilgan ish va jism ichki energiyasi o'zgarishi o'rtasidagi miqdoriy nisbatlarni aniqlasada, sodir bo'ladigan jara-yonlar yo'nalishini belgilamaydi. Shuning uchun termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq issiqlik shaklidagi energiya, nafaqat issiq jismdan sovuq jismga balki, hatto sovuq jismdan issiq jismga ham o'tishi mumkin. Lekin amalda sovuq jismdagi issiqlik issiq jismga o'z-o'zidan o'tmaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni issiqlik mashinalarining $\eta < 1$ bo'la olmasligini tushuntirib, davriy, yagona issiqlik manbayidan energiya olib ishlaydigan abadiy (I tartibli) dvigatelni yaratib bo'lmamasligini isbotlaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosini Sadi Karno 1824-yili o'z tadqiqotlari natijalarida bayon etdi. R. Klauzius (1950 y) termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'rifladi: *issiqlik energiyasi ishga aylanish jarayonida to'laligicha ishga aylanmaydi va issiqlik sovuq jismdan issiq jismga o'z-o'zidan o'ta olmaydi.*

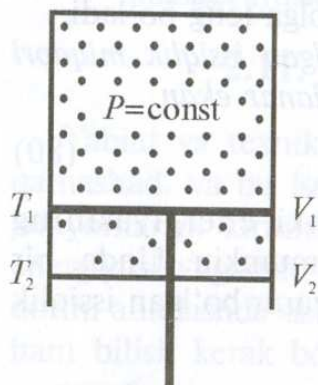
Temperatura issiqlikning uzatilishini ta'minlaydigan asosiy termodinamik parametr hisoblanadi. Shuning uchun harakat-lantiruvchi asosiy kuch sifatida temperatura qabul qilinadi. Shu kuch faqat temperaturalar farqi bo'lgandagina paydo bo'ladi va bu farq qancha katta bo'lsa, kuch ham shuncha katta bo'ladi. Demak, bu qonunga muvofiq, ish bajaruvchi sistema temperaturasi sovitkichga nisbatan yuqori bo'lishi shart. Sistemadan sovitkichga chiqarilgan issiqlik miqdorini hech vaqt ishga aylantirib bo'lmaydi, chunki sovuq manbadagi issiqlik energiyasi issiq manbaga o'z-o'zidan o'tmaydi. Ishga aylanmagan qoldiq issiqlik energiyasidan qaytadan foydalanib bo'lmaydi, shuning uchun ham *issiqlik sovuq sistemadan issiq sistemaga o'z-o'zidan o'ta olmaydi.*

Xulosa qilib aytganda, termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq issiqlikning asosiy qismini ishga aylantirish uchun issiqlik ma-shinasi siklida hech bo'lmaganda bitta sovitkich bo'lishi shart ekan.

TERMODINAMIK IZOJARAYONLAR

Tabiat va texnikadagi hodisalarda issiqlik energiya shaklida qatnashadi va bu issiqlik energiyasi biror siklning termodinamik jarayonlariga kiritilishi yoki chiqarilishi natijasida sistema ichki energiyasi o'zgarishi hisobiga ish bajariladi. Sarflangan issiqlik miq-dorini aniqlashda sistema holat parametrlari orasidagi bog'lanishni ham bilish kerak bo'ladi. Bunda jarayonning fizik-kimyoviy va termodinamik mohiyati ochib beriladi.

Izoxorik jarayon. Sistemaning o'z-garmas solishtirma hajmida yuz beradigan termodinamik (fizik-kimyoviy) hodisalar majmuiga **izoxorik jarayon** deyiladi. Jarayon ni tasavur qilish va anglash maqsadida misol tariqasida o'zgarmas hajmli silindrga ideal gaz joylashtiramiz va uning boshlan-g'ich parametrlarini P_1, V_1, T_1 deb, unga q issiqlik kiritilgandan keyingi holatini esa A .



Bu holatlar uchun holat tenglamalarini tuzib, ularning nisbatidan Sharl qonuni ifodasini topamiz: $P V = R T$ yoki $P_1 V_1 = P_2 V_2 = R T_2$

Izoxorik jarayon diagrammasi PV, TS koordinatalarida ifodalanadi. Termodinamikaning birinchi qonunidan ma'lumki, sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori q shu sistema ichki energiyasining o'zgarishi ($w_2 - w_1$) ga va tashqi ish (A) ga sarf bo'ladi, ya'ni: $Aq = (w_2 - w_1) + A$.

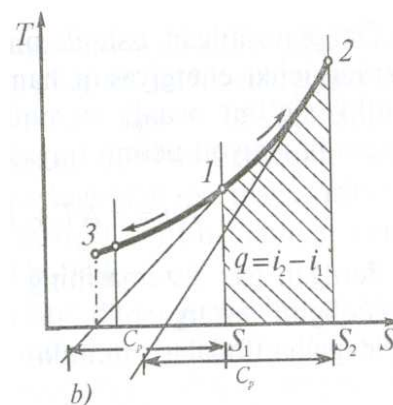
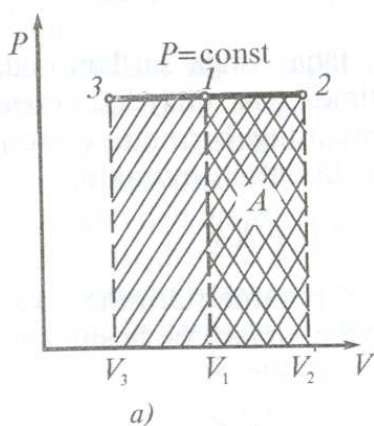
Izoxorik jarayonda gaz bajargan elementar ish quyidagiga teng, ya'ni: $A_2 = P \Delta V = 0$. (79)

Izoxorik jarayonda hajmning o'zgarishi $\Delta V = V_2 - V_1 = 0$ bo'lganligi uchun jarayonda bajarilgan ish nolga teng bo'ladi.

Demak, izoxorik jarayonda gazga keltirilgan issiqlik miqdori 2.12-rasm gaining ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanar ekan.

$$q = \Delta w.$$

Izoxorik jarayondagi sistemaning ichki energiyasining o'zgarishini issiqlik sig'imi orqali ifodalash mumkin. Unda, bir *kilomo'l modda* massasiga 1 K isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik



2.13-rasm. Izoxorik jarayondagi moddaning PV (a) va TS (b) diagrammalari.

miqdori moddaning issiqlik sig'imiga tengligi asosida (56) ni izoxorik jarayon uchun qayta yozamiz: $Aq = c_v \Delta T + P \Delta V = c_v \Delta T = \Delta U$. (81)

Izoxorik jarayonda $T_2 > T_1$ bo'lsa, issiqlik sistemaga uzatiladi va modda siqilganda ichki energiyasining ortishi hisobiga qiziydi, ya'ni ($+q$), $T_2 < T_1$ bo'lganda esa issiqlik chiqadi (siqilgan modda silindr devorlari bilan kontaktlashib, muhitga issiqlik nurlaydi), ya'ni ($-q$).

Izoxorik jarayonning PV va TS diagrammalarini qarang chiqamiz. Gazga keltirilgan issiqlik miqdori hisobiga gaz molekularining tezligi ortadi, ya'ni kinetik energiyasi kattalashadi. Natijada gaz molekulari idish devorlariga kuchli uriladi. Buning hisobiga idish ichidagi bosim ortadi (2.13-rasm, a). Diagrammadan ko'rinib turibdiki, hajm o'zgarish bo'lganida bosim va temperatura ortishi mumkin ekan. Yuqoridan ma'lumki, gazning entropiyasi ham bu jarayonda o'zgarar ekan (2.13-rasm, b).

Izobarik jarayon. O'zgarish bosim ostida kechadigan termo-dinamik hodisalar majmuyiga *izobarik jarayon* deyiladi. Bu

termodinamik jarayonda $P = \text{const}$ bo'lib, gazning V , p parametrlari kiritilgan q issiqlik miqdori hisobiga o'zgaradi. Izoxorik jarayondagidek silindrga ish jismini kiritamiz va unga q issiqlik miqdorini uzatamiz. V_1 Gazning hajmi V_1 dan V_2 gacha, temperaturasi esa T_1 dan T_2 gacha o'zgarib, por-22 shenni pastga qarab harakatlantiradi (2.14-rasm). Bu ikkala holat uchun jarayonning holat tenglamalarini tuzamiz va ularning nisbatidan Gey-Lyussak qonunining

$$P_1 V_1 = R T_1 \text{ va } P_2 V_2 = R T_2$$

Rasmda izobarik jarayonning PV va TS diagrammasi tasvirlangan. Silindrdagi ish moddasiga kiritilgan q issiqlik hisobiga aralashma muvozanatdan chiqadi. Natijada ish jismi o'z hajmini o'zgartirib mexanik ish bajaradi.

Termodinamikaning birinchi qonuni asosida bu ishning kattaligini quyidagicha yozish mumkin:
 $A_q = AU + A = AU + P \Delta V$ (83)

Izobarik jarayonda sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorini solishtirma issiqlik sig'imi orqali quyidagicha yozish mumkin: $A_2 = c_v (T_2 - T_1) + P \Delta V$ (84)

Demak, *izobarik jarayonda gazga uzatilgan issiqlik miqdori gazning ichki energiyasining ortishiga va tashqi kuchlarga qarshi foydali ishga sarf bo'lganlar ekan.*

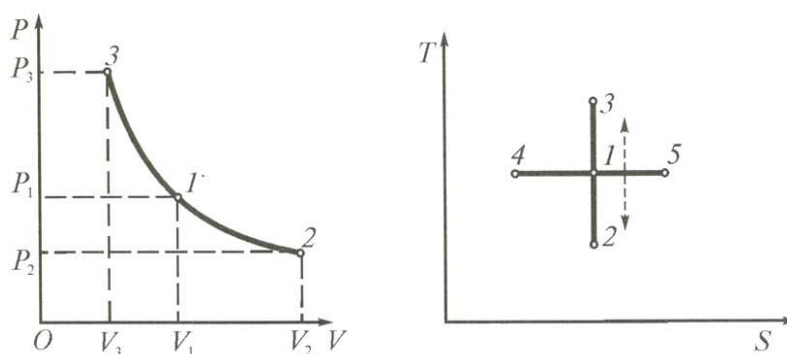
Jarayon davomida ish gazi temperaturasi bir Kelvinga o'zgarganida, izobarik jarayonda termodinamik sistemaning bajargan ishi universal gaz doimiysi qiymatiga teng bo'ladi:

$$A = R. \quad (85)$$

Demak, izobarik jarayonda termodinamik sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori asosan sistema ichki energiyasining ortishiga va tashqi mexanik ish bajarilishiga sarf bo'lganlar ekan. Bunday jarayon bug' mashinalarida, ichki yonuv dvigatellarida va bug' qozonlarining o'txonalarida uchraydi.

Izobarik jarayonning PV va TS diagrammalaridan ko'rinadiki, porshen o'zining muvozanat holatidan chiqib, yuqori qo'zg'almas nuqtasidan pastki nuqtasi tomon harakatlanish jarayonida gazning hajmi kattalashsa-da, uning bosimi o'zgarmaydi

Moddaning solishtirma issiqlik sig'imlarining nisbati k solishtirma issiqlik sig'imlari bir-biridan necha marta kattahgini ko'rsatuvchi koeffitsient hisoblanadi. Shu bois hajm o'zgarishining boshlang'ich hajmga nisbatini adiabat ko'rsatkichiga ko'paytmasi bilan bosim o'zgarishining boshlang'ich bosimga nisbatining yig'indisi nolga tengligi asosida gaz parametrlari orasidagi bog'lanishni fransuz fizigi S. Puasson quyidagicha ifodalagan:



Demak, adiabatik jarayonda gaming bajargan ishi ish moddasi sifatida olingan gaz turiga, lining boshlang'ich va oxirgi parametrlariga bog'liq ekan.

Adiabatik jarayonning PV va TS diagrammalaridan (2.17-rasm) ko'rinadiki, gaz kengayganida (siqilganida) musbat (manfiy) ishorali ish bajaradi. Ish moddasining ichki energiyasining o'zgarishi hisobiga bosim (temperatura) ortadi va kengayganida bosim (temperatura) pasayadi (17-rasm).

Politropik jarayon. Termodinamik jarayonlarda sistemaning hamma parametrlari (bosimi, hajmi, temperaturasi, solishtirma issiqlik sig'imi va sh.k.) bir vaqtda o'zgarishi mumkin.

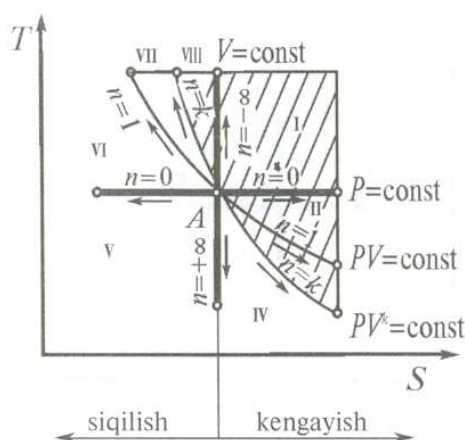
Sistemaning solishtirma issiqlik sig'imi ($s = \text{const}$) o'zgarmas bo'lgan termodinamik hodisa *politrop jarayon* deyiladi. Politrop (grek. *pott* — ko'p va *tropos* — yo'l) turli-tuman burilish, ko'p burilish degan ma'noni bildiradi. Sistemaning solishtirma issiqlik sig'imi o'zgarmasa-da, uning holat parametrlari o'zgaradi. Politrop jarayonning issiqlik sig'imi $c = \text{const}$ bo'lgandagi holat uchun termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha yozib, undan jarayon tenglamasini topamiz:

$$Aq = cAT = c_v AT + PAV (c - c_v) AT = PAV.$$

Ideal gazning holat tenglamasidan foydalanib, politropik jarayonning turli xil tenglamalarini keltirib chiqarish mumkin. Politrop jarayon tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$PV^n = \text{const}, \quad (96)$$

bunda $n = (c - c_v) / (c - c_v)$ — politrop ko'rsatkichi; c — politrop jarayonda qatnashayotgan sistemaning solishtirma issiqlik sig'imi; c va c_v — jarayonda qatnashayotgan sistema (gaz)ning o'zgarmas bosim va hajmdagi solishtirma issiqlik sig'implari.



Politrop ko'rsatkichi —» dan $+\infty$ gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qiladi. (96) tenglamaning ko'rsatkich qiymatini o'zgartirib izoxorik, izobarik, izotermik va adiabatik jarayon tenglamalari keltirib chiqariladi. Demak, sistemaning holat parametrlari o'zgarsa ham, uning politrop ko'rsatkichi jarayon davomida o'zgarmasdan qolar ekan. Politropik jarayonning PV diagrammasi 2.18-rasmida keltirilgan.

Jarayon parametrlarini o'zgartirib turli izojarayonlar grafiklari hosil qilinadi.

Nazorat savollari.

1. Issiqlik, issiqlik tashuvchilar va ish jismini tushuntiring.
2. Issiqlik mashinasi nima va uni tushuntiring.
3. Termodinamik jism va tizim.
4. Termodinamik parametrlar va xolat tenglamasi.
5. Ideal va real gazlar qonunlari.
6. Issiqlik oqimi, xarorat maydoni, izotermik sirt, xarorat gradientini tushuntiring.
7. Termodinamik tizim (modda) ichki energiyasi.
8. Ish jismi kengayishdagi bajarilgan ish.
9. Issiqlik sigimi, solishtirma issiqlik sigimi.
10. Termodinamik jarayonlar.

4-Mavzu:Issiqlikning uzatilishi va issiqlik almasish usillari

REJA.

1. **Issiklikni uzatilishi.**
2. **Issiklik almashinuv turlari.**
3. Issiklik utkazuvchanlik. Issiklik utkazuvchanlik koeffitsenti.

Issiklikni xarorati yukori bulgan jismdan xarorati pastrok bulgan jismga utish xodisasi **issiklikning uzatilishi** deyiladi.

Issiklik uzatish nazariyasida ikkita nar-sa farkanadi: kattik jism ichida issiklik-ning kuchishi (issik joydan sovuk joyga) va uning sirtida issiklik almashinishi (uzati-lishi).

Kattik jismda issiklik kuchishi fakat issiklik utkazuvchanlik natijasida sodir buladi.

Jism sirtidagi yoki ikki jism orasidagi (issik va sovuk) issiklik almashinishi yoki uzatilishi murakkab jarayondan iborat bulib, unda issiklik almashinishining uchta turi ishtirok etadi. Bular kuyidagilar:

1. Issiklik utkazuvchanlik.
2. Konvektiv issiklik almashinishi.
3. Nurlanish orkali issiklik almashinishi.

Bularning ichida issiklik utkazuvchanlik issiklik almashinishi eng soddasi xisoblanadi (issiklik mayda zarrachalar yordamida kuchadi). Issiklikni kuchishi yoki uzatilishi kaysi xolda bulishiga karab issiklik almashinishi tur-larining xissalari xam turlicha buladi. **Masalan:** kanvektiv issiklik almashinishida issiklik utkazuvchanlik kam buladi. Gazlarda issiklikning tarkalishi kuprok nurlanish orkali buladi.

Issiklikni uzatishda va undan samarali foydalanishda issiklikni uzatish nazariya-sidan, ya`ni issiklik almashinishi turlarining konunyatlaridan tugri foydalanish muxim amaliy axamiyatga ega ekan. Xakikatan xam issiklikni uzatilishida issiklikni uzidan, issiklik mashina va kurilmalardan foydalanish xisob kitoblari, kurilmalarning loyxalash va konstruksiyalarini yaratish issiklik almashinishi konunyatlarini bajariladi.

ISSIKLIQ UTKAZUVCHANLIK VA ISSIKLIQ UTKAZUVCHANLIK KOEFFITSENTI.

Xamma jismlarda issiklik energiya shaklida issiklik tashuvchilar vositasida issik joydan sovuk joyga uzatiladi. Issiklik utkazuvchanlik jismlar urtasida xarakatlar farki bulganda uzliksiz muxitda yoki jismlar bir-biriga tegib turganda utadi. Bunday issiklik utkazuvchanlikda issiklikni zarralar va molekulalar tashiydi.

Fizik kursidan xarorat maydoni ($t=f(X, Y, Z), t$) va xarorat gradienti tushunchalari eslaylik.

Xamma nuqtalarda xarorati bir xil bulgan sirt ($T=const$) izotermik sirt deyiladi. Temperatura maydoning vektori izotermik sirtga tik yunalgan buladi.

Izotermik sirtga tik tushirilgan normal buyicha temperatura uzgarishining shu Δn masofaga nisbatan temperatura gradienti deyiladi, ya`ni

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \text{grad} t$$

Tajribalarga asosan temperatura gradienti noldan fark qilgan muxitda issiklik okimi xosil buladi va ularning yunalishlari karama - karshi buladi. Demak issiklik mikdori bilan temperatura orasida bogliqlik mavjud ekan. Bu Fur`e konuning asosidir.

Fur`e konuniga asosan issiklik utkazuvchanlik orkali uzatilayotgan issiklik okimi zichligi vektori q temperatura gradientiga tugri proporsional:

$$q = -\lambda \text{grad} t \quad (1)$$

Bu ifoda q - issiklik okimi zichligi (Vt/M^2)

λ -issiklik utkazuvchanlik koeffitsenti (Vt/M^2)

F-yuzadan tulik issiklik okimining kuvvati

$$Q = -\lambda F \frac{t_1 - t_2}{\delta}, \quad (2)$$

Bu erda: F - yuza, t_1 ; t_2 ; - temperaturalar ($t_1 > t_2$);

δ - devor kalinligi;

λ - issiklik utkazuvchanlik koeffitsenti.

(2) dan λ - ning fizik ma`nosi kelib chikadi.

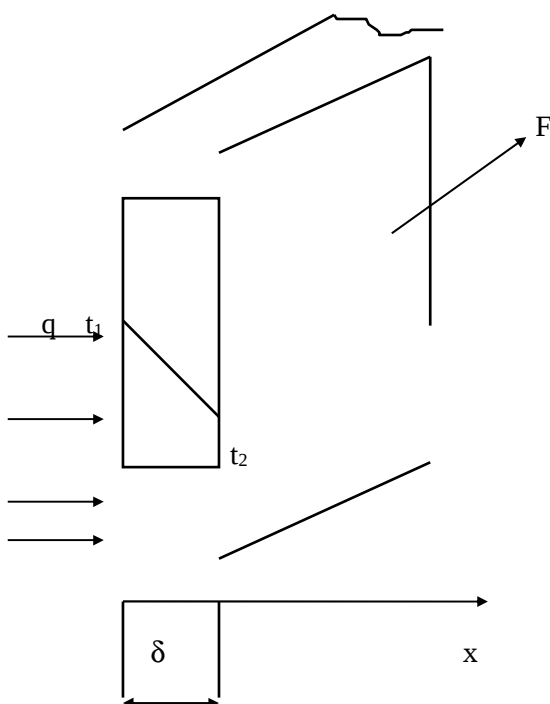
$\lambda =$

Birlik VT/M.K ma`nosi:  $\lambda$ -ma`lum bir jismning issiklik utkazish kobilyati xarak-terlaydi, mikdor jixatdan λ temperatura gradienti 1K/m ga teng bulgandagi issiklik okimining zichligigi teng Issiklikdan amalda foydalanilganda. λ ni axamiyati juda katta, undan tugri foydalanish samaradorlikni yaxshilaydi, (buni axamiyati teploenergetika katta, tejamkorlik va xakazo. Suvga chikib ketayotgan issiklik $1/3$ issiklik foydalanamiz.

λ asosan jism, ya`ni moddaning xusu-siyatiga boglik va uzgarib turishi mumkin bulgan kiymat.U temperatura, namlik, zichlik va xakazolaraga boglikdir.

M: Gazlarda eng yukori λ vodordda $\approx 0,2$ Vt/mk, xavoniki $0,025$ Vt/m.k, Kumush ≈ 400 , temir ≈ 70 , Puk materiallar paxta $< 0,25$ toza. Mis- 380, alyuminiy - 200, beton- 1, 3, pishik gisht 0,4 .

Fur`e konunidan foydalanib issiklikni yassi devordan utishini kurib chikaylik (1-rasm). Rasmda δ -devor kalinligi, F - issiklik okimi utayotgan yuza, t_1 - issik tomon xarorati, t_2 - sovuk tomon xarorati, q - issiklik okimi zichligi eki solishtirma issilik okimi.



δF ga nisbatan kichik xarorat maydoni bir ulchamli t_1 va t_2 berilgan, rejim statsionar.

Yukorida: $g \text{ rad } t = \frac{dx}{dt}$, kurgan edik (1) ni

dx

xisobga olsak. dt

$q = -\lambda \frac{d\delta}{dt}$ yoki (3) dan

$g \frac{d\delta}{dt}$

$dt = - \frac{dx}{\lambda} \cdot d\delta$ xosil kilamiz. Shartga kura

λ $\lambda - \text{const}$ shuning uchun $\frac{dx}{dt}$

$d\delta$

devor buyicha uzgarmaydi. Oxirgi ifodaga chegara shartlarini kuyib integrallasak

q

$t_2 = t_1 - \frac{dx}{\lambda} \cdot \delta$ (4) ni xosil kilamiz.

λ

bu tugri chizik tenglamasi va uni kuyidagicha yozish mumkin.

(5)

t_1 - issik devor xarorati

t_2 - sovuk devor xarorati.

(5) ifodada $\frac{dx}{dt}$ -termik karshilik deyiladi (R_t)

λ

Yassi devordan utgan issiklikning tula mik-dori (5) ifodada keltirilgan. Devor kup katlamli bulsa,

$q =$

Σ - katamlar sonining yigindisi.

5-Mavzu: Konvektivli issiqlik almashish

Reja:

1. Konvektiv issiqlik almashinuvi
2. Nurli issiqlik almashinuvi
3. Nurli issiqlik almashinuvida ekranlarning qoilanilishi
4. Gazlarning issiqlikni nurlashi

Tayanch iboralar.

Issiqlik uzatish usullari, issiqlik almashinish turlari, issiqlik oqimi va uning yunalishi, temperatura gradienti va uning yunalishi, issiqlik utkazuvchanlik koeffi-tsienti, issiqlik berish koeffitsenti, issiqlik uzatish koeffitsenti, termik karshilik, konvek-tiv issiqlik almashinuvi, yassi devorda issiq-lik uzatilishi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi

Suyuq, gazsimon yoki sochiluvchan moddalar makroskopik qism larining harakati vaqtida zarralarining o 'zaro aralashuvi natijasidi issiqlik energiyasining uzatilish hodisasi konvektiv issiqlik al-mashinuvi deyiladi. Konveksiya (lot. convectio — keltirish) sochiluvchan, suyuq va gazsimon moddalar qatlamlari zarralari-ning tartibsiz harakati vaqtida paydo bo'ladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlik (gaz) massasi har doim temperaturasi pastroq bo'lgan tomonga uzluksiz va tartibsiz harakatlanadi hamda o'zi bilan issiqlikni eltadi.

Gaz va suyuqlikning konvektiv harakati vaqtida qattiq, suyuq va gazsimon moddalarga issiqlik energiyasini berish hodisasi issiqlik ing konvektiv uza til is hi deyiladi.

Nyuton va Rixman qonuniga muvofiq issiqlik oqimining kattaligi issiqlik almashinuvchi qattiq jism sirtining yuzasi bilan suyuqlik sirtlaridagi temperaturalar ayirmasining ko'paytmasiga mutanosib, ya'ni

$$q = \alpha S(T_q - T_s) \quad (1)$$

bunda T_q va T_s — qattiq va suyuq jismlar temperaturasi (absolute qiymatlari olinadi va ularning ayirmasi musbat deb qabul qilinadi, ya'ni katta son dan kichigi ayriladi); α — issiqlik berish koeffitsienti, $W/m^2.K$.

Issiqlik berish koeffitsienti α ning fizik ma'nosi issiqlikning berilish jadalligini bildiradi. Uning son qiymati qattiq jism sirti bilan suyuqlik temperaturalari farqi bir Kelvin boiganda birlik yuzadagi almashinuvchi issiqlik oqimiga teng. Issiqlik berish koeffitsienti konvektiv harakatdagi oqim turiga va boshqa ta'sirlarga bog'liq.

Konvektiv issiqlik almashinuvidagi issiqlik eltuvchi motfdaning (suyuqlik, gaz) harakati tabiiy va sun'iy bo'lishi mumkin. Tabiiy konveksiya hodisasi faqat suyuqlik yoki gaz massasining issiqlik manbayi bilan issiqlik almashinuvi natijasida issiq sirt yaqinida o'z hajmini o'zgartirib (ya'ni zichligini kanayishi) yuqoriga harakatlanishi hisobiga paydo bo'ladi. Issiqlik beruvchi sirt yaqilidagi suyuqlik molekulalarining temperaturasi yuqori bo'lib, issiqlik manbayidan uzoqlashgan sayin ularning temperaturasi pasayib boradi.

Ma'lumki, zichligi kichik bo'lgan gaz va suyuqlik har doim o'zidan zichligi katta bo'lgan moddaga nisbatan yuqori qatlam-da joylashadi. Bir jinsli suyuqlik yoki gazsimon modda qizdirilganda ijfciqlik manbayiga yaqin bo'lgan qismning elementar hajmchalaridagi modda, yutilgan issiqlik energiyasi hisobiga o'z hajmfc i orttiradi va natijada zichligi kamayadi. Shuning uchun bu kichik hajmdagi suyuq modda yuqori qatlamga qarab ko'tariladi.

Demak, zichliklar farqi paydo bo'lganligi sababli suyuqlik yoki gaz hajmchasidagi moddaga ko'tarish kuchi F_k ta'sir etadi. Bu kuchning kattaligi Arximed va og'irlik kuchlarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$F_k = p_c g h S - mg = p_c g V - p g V = g V (p_c - p). \quad (2)$$

bunda p va p_s — sovuq va issiq suyuqlik hajmlaridagi suyuqlik (gaz) zichliklari; V — suyuqlikning hajmchasi; g — erkin tushish tezlanishi.

Hajm birligidagi suyuqlik massasi olinganligi uchun ($V = 1 \text{ m}^3$) ko'tarish kuchi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$F_k = g(p_c - p) \quad (3)$$

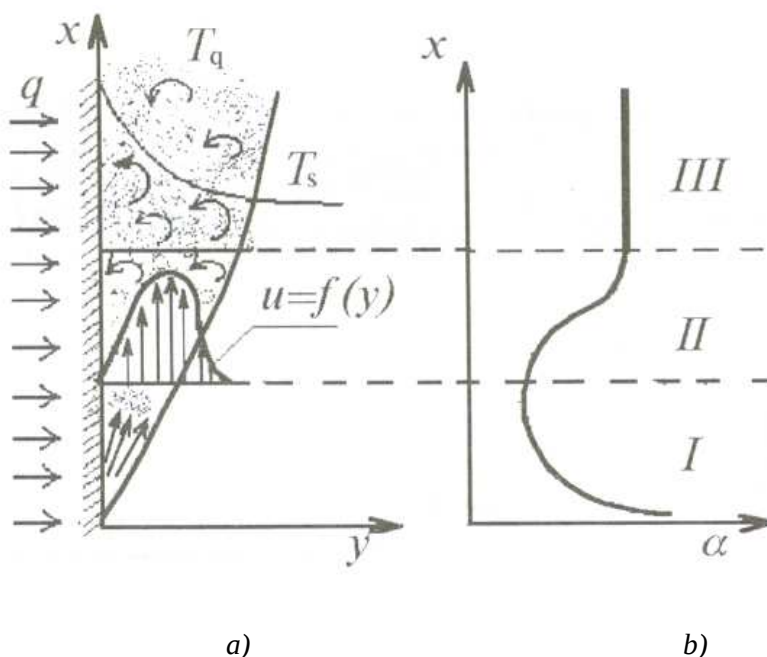
Ideal gazlar uchun hajmiy kengayish ko'effitsientining temperaturaga bog'liqligi quyidagicha yoziladi:

$$\beta = \frac{1}{T} \quad (4)$$

Shuning uchun suyuqliklarda bu ko'effitsient kichikligini e'tiborga olinsa, hajmiy kengayish ko'effitsientini past temperaturalarga mos keluvchi hajmlar yoki zichliklar ayirmasi ko'rinishida yozish mumkin.

Bu tenglikdan zichliklar ayirmasini topamiz, ya'ni $\beta p_c (T - T_c) = p_c - p \quad (5)$

bunda T va T_c — issiq va sovuq suyuqliklar temperaturalari.



Rasm. Tabiiy konvektiv issiqlik almashinuvi:

- a) tabiiy konveksiyada issiqlik eltuvchining tezliklar va temperatura bo'yicha laminar va turbulent harakatidagi taqsimoti; b) issiqlik berish ko'effitsientining laminar (I) va turbulent (III) hamda aralash (II) oqimlarda o'zgarishi.

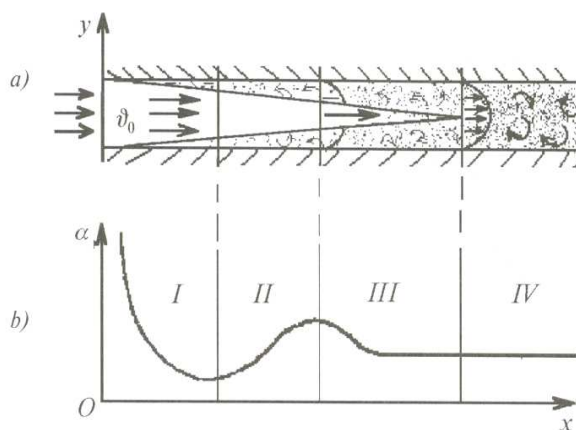
Isigan suyuqlik massasini yuqoriga ko'tarish kuchi F_k zararlarni quyi qatlamdan yuqoriga ko'taradi. Bunda tashqi kuch ishtirok etmaydi, ya'ni suyuqlikning yuqori temperaturali qismi o'z-o'zidan tabiiy ravishda ko'tariladi.

Rasm, *a* dan ko'rinadiki, suyuqlik massasini tashkil etgan zarralar qizdirilish sohasida (I) laminar harakat qiladi. O'tish sohasida (II) ularning laminar va turbulent harakati kuzatiladi. Oxirgi sohada (III) zarralar harakati turbulent bo'ladi.

Issiqhni berish koeffitsienti *a* ning qiymati konvektiv issiqlik almashinuvi jarayonining laminar sohasida sekin-asta pasayib boradi, so'ngra o'tish sohasining chegarasidan boshlab, turbulent sohasigacha ortib boradi, so'ngra turg'unlashadi. Rasm, *b* bunday holat keltirilgan.

Demak, laminar oqimda issiqlik oqimi vektori aralashish yo'nalishiga perpendikular bo'lganligi uchun uning qiymati katta bo'lmaydi. Turbulent oqimda esa suyuqlik uyurmah' harakatlanadi va yaxshi aralashadi hamda issiqlikni tez uzatadi.

Suyuqlik massasi past temperaturali hajmdan mashina yordamida so'rib chiqarilib isitkichga yo'naltirilsa, ya'ni harakat majburiy (ochiq yoki berk kontur bo'yicha) hosil qilinsa, bunday hodisa **majburiy konveksiya** deyiladi.



Rasm. Majburiy konveksiyada issiqlik eltuvchining harakati (a) va uning issiqlik uzatish koeffitsientini oqim turiga bog'liqligi (b): I, II, III va IV — laminar, o'tish, turbulent va turg'un zonalar.

Tashqi ta'sir hisobiga suyuqlik zarralari bir tekis harakatlanmasdan uyurmaviy harakat turiga o'tadi.

Suyuqlik to'liq aralashishi jarayonida o'zaro va devor (quvur, panjara va h.k.) bilan ta'sirlashish vaqtida issiqlik almashadi. Majburiy konveksiyada issiqlik uzatilishi, asosan issiqlik energiyasi eltuvchi zarralarning muhitga tekkan vaqtida, issiqlik o'tkazuvchanlik qonuniyati bo'yicha sodir bo'ladi.

Faraz qilaylik, issiqlik quvur devori orqali undagi suyuqlikka uzatilayotgan bo'lsin. Unda, suyuqlik oqimining chegaraviy qismida, ya'ni quvur ichki devori bilan suyuqlik oralig'ida yupqa parda qatlami hosil bo'ladi. Bu qatlamning harakatlanish tezligi taqriban nolga teng. Chegaraviy qatlam suyuqlikning qo'shni yon qatlamlariga ishqalanib, ularning ham tezligini kamaytiradi. Suyuqlikning bunday oqimi markazida (quvur o'qida) tezlik eng katta bo'ladi va u $u_{\text{max}} = \frac{4}{3} u_{\text{avg}}$ radius funksiyasidir, ya'ni quvur o'qidan uning devorigacha tezlik kamayib boradi (8.3-rasm, a). Oqimning chegaraviy qatlamdagi harakati *laminar* va undagi zarralarning tempera-turasi quvur devori temperaturasi taqriban teng bo'ladi. Devordan boshlab quvur shaklidagi oqim markazigacha suyuqlik temperaturasi pasayib boradi.

Tabiiy va majburiy konveksiyada issiqlik uzatish koeffitsientining qiymatlari

Konvektiv issiqlik uzatish turlari va unda qo'llanilgan moddalar	Issiqlik uzatish koeffitsienti, a , W/m ² -K
Gazlardagi tabiiy konveksiya	5,8-34,7
Gaz quvurda yoki ular oralig'ida harakatlanganda	11,6-116
Suv bug'uning quvurdagi harakati	116-2320

Suvning tabiiy konveksiyasi	116-1160
Suvning q'uvurdagi harakati	575-11600
Suvning qaynashi	2320-11600
Suv bug'uung kondensatsiyasi	4650-17500

Oqimning chegaraViy qatlamida issiqlik almashinuvi amalga oshadU Bu qatlamda issiqlik almashinuvi issiqlik o'tkazuvchanlik qonuniyati bo'yicha kechadi va issiqlik oqimining harakatiga qarshilik ko'rsatadi. Natijada, bu qatlamda temperatura isrofi katta bo'ladi.

Issiqlik almashinuvida qo'llaniladigan asbob-uskunalar turiga, konstruksiyasiga, materiahga ko'ra har xil issiqlik almashinuv jarayonlarida qo'llaniladi. Masalan, ichki yonuv dvigatelining sovitish sistemasida majburiy konvektiv issiqlik almashinuvi usuli qo'llaniladi. Sovitish agenti (suv, antifriz) silindrlar blokidagi ortiqcha issiqlik miqdorini o'zining majburiy harakati davomida sovitkichga chiqaradi.

Issiqlik almashinuvi jarayonida qo'llaniladigan yuqori va past temperaturali suyuqlik oqimi, yo'nahshiga qarab to'g'ri,teskati va kesishgan oqimli bo'ladi. Bunday oqimlar kondensatorda, ekonomayzerda, regeneratorda va turli xil issiqlik almashtirgich asboblarida keng qo'llaniladi-

Issiqlik uzatish koeffitsientining qiymati2sqlik eltuvchi va qabul qiluvchining fizik xossalariga qarab turlicha bo'ladi (jadvalga qarang).

Gazlarda tabiiy konveksiyada issiqlik uzatish koeffitsientining qiymati 6—35 W/m².K bo'lsa,suv bug'ining kondensatsiyasida bu qiymat 17,5 ming W/m².K gacha yetadi. Jadvaldan ko'rinadiki, moddalar va ularning harakat turiga qarab issiqlik uzatish koeffitsi\$fiti o'zgarar ekan.

Nurli issiqlik almashinuvi

Issiqlikning birjismdan ikkinchisiga nur orqali uzatilishjarayonini nurli (radiatsiya) issiqlik almashinuvi deyiladi. Issiqlikning nur shaklida tarqalishi bu jism ichki energiyasining elektromagnit to'lqin energiyasiga aylanishidir. Nur eneigiyasi muayyan to'lqin uzunli-giga va chastotaga ega bo'lib, vakuumda yorug'lik ($c = 3 \cdot 10^8$ m/ s) tezligida tarqaladi. Jism temperaturasi absolut noldan farqli bo'lganda nurlaydi. Biuaur energiyasining jadalligi hamma jism-larda bir xil emas. Nur jismlar bilan ta'sirlashish jarayonida uning ma'lum qismi jismda yutiladi, bir qismi qaytadi va qolgani o'tib ketadi. Nur energiyasi muhit bilan ta'sirlashib, unda yutilsa, shu muhitning ichki energiyasi ortadi, aksincha jism nur tarqatsa, uning ichki energiyasi kamayadi, ya'ni jism soviydi. Nur energiyasi jismlar bilan $5 \cdot 10^{-14}$ m dan 10^3 m gacha bo'lgan to'lqin uzunligi oralig'ida ta'sirlashadi (*jadvalga qarang*).

Nur energiyasini tashuvchi zarrachani *foton* deyiladi. Foton (yunon. *phos (photos) — yoruglik*) harakatlanayotgan vaqtda ma'lum massaga ega,tinch holatda uning massasi nolga teng bo'ladi.

Nurlar orasida *ko'zga ko'rinadigan va infraqizil nurlar* ko'p miq-dorda issiqlik energiyasini eltganligi uchun *issiqlik nurlari* deyiladi.

Sfera markazida joylashganiissiq jism hamma yo'nalishda bir pj2iur tarqatadi va temperaturasi ko'tarilgan sayin nur tarqatish jadalligi ortadi va aksincha.

Nur energiyasining kamayishi masofaning kvadratiga teskari mutanosiblik qonuniyatiga bo'ysunadi. Nur manbayidan jism qancha uzoqda joylashsa, shuncha kamroq energiyani yutadi va ichki energiyasi kamroq o'zgaradi.

Nurlarning to'lqin uzunligi

Nurlanish turi	To'lqin uzunligi, ℓ , m
Kosmik nurlanish	$5 \cdot 10^{-14}$
Gamma nurlari	$5 \cdot 10^{-13}$ dan $1 \cdot 10^{-13}$ gacha
Rentgen nurlari	$1 \cdot 10^{-12}$ dan $2 \cdot 10^{-8}$ gacha
Ultrabinafsha nurlar	$2 \cdot 10^{-3}$ dan $4 \cdot 10^{-7}$ gacha
Ko'zga ko'rinadigan nurlar	$4 \cdot 10^{-7}$ dan $8 \cdot 10^{-7}$ gacha
Infraqizil nurlar	$8 \cdot 10^{-7}$ dan 10^{-4} gacha
Radioto'lqinlar	10^{-2} dan $n \cdot 10^3$ gacha

Aniq temperaturadagi jismning nur tarqatish xususiyati jism birlik yuzasidan vaqt birligida tarqatilgan barcha chastotalardagi to'lqinlar energiyasi bilan bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$q = \frac{E}{St} \quad (6)$$

Demak, jism sirtiga tushgan nur energiyasi yutilgan, qaytgan va o'tgan nurlarning yig'indisiga teng bo'lar ekan, ya'ni $E_T = E_A + E_R + E_D$, (7)

bunda E_T , E_A , E_R va E_D — mos ravishda, jismga tushgan, unda yutilgan, undan qaytgan va o'tii ketgan nur energiyalaridir. Soddalashtirish va tenglama mohiyatini ochish maqsadida (7) tenglamani hadma-had E_T ga bo'lamiz va bu nisbatlarni mos ravishda *yutilish (A)*, *qaytarish (R)* va *o'tkazish (D)* koeffitsientlari orqali ifodalab, balans tenglamasini hosil qilamiz.

$$\frac{E_A}{E_T} + \frac{E_R}{E_T} + \frac{E_D}{E_T} = \frac{E_T}{E_T}$$

$$A + R + D = 1. \quad (8)$$



Plank Maks Karl Ernst
Lyudvig

Mazkur tenglamani nurli issiqlik almashinuvining balans tenglamasi deyiladi. Tenglamadagi koeffitsientlar qiymatlarini o'zgartirib ayrim fizik hodisalar mohiyatftji ochish mumkin:

a) faraz qilaylik, $R=D=0$ bo'lsin. Unda $A=1$, ya'ni jism sirtiga tushgan hamma chastotadagi nur energiyasi mutlaqo yutiladi. Bunday xossaga ega bo'lgan jism *absolut qorajism* deyiladi.

Absolut qora Jim ko'zga ko'rinmaydi, chunki u hamma chastotadagi nurlarni mutlaqo yutadi. Jismdan nur qaytmasa, u ko'zga ko'rinmaydi. Absolut qora jism tabiatda yo'q. Ammo unga ayrim xos-salari2jihatidan yaqinroqlari mavjud. Masalan, qurum

uchun nur yutish koef-fitsienti $A=0,9—0,96$. Tabiatda shunday jismlar borki, ular issiqlik nurini yutadi, ammo ko'zga ko'rinadigan nurni o'zidan yaxshi o'tkazadi va qaytaradi. Bunga misol qilib muzni, qorni va shishani keltirish mumkin. Muz va qorning nurni yutish koeffitsienti $A=0,95—0,98$, shishaniki esa $A=0,94$ ga teng;

b) agar $A=D=0$ shart, ya'ni $R=1$ bajarilsa, jism sirtiga tushgan barcha chastotadagi nurlarning hammasi sochilib qaytadi. Nurni diffuzion (sochib) (lot. *diffusio* — *tarqalish, oqish*) qaytaradigan jism **oq jism** deyiladi.

Jism sirtiga tushgan nurning tushish burchagi uning qaytish burchagiga teng bo'lgan jism **ko'zgu** deyiladi.

Har qanday jism o'z sirtiga tushayotgan nurni qaytarish bilan birga, yutilgan nur energiyasi hisobiga, o'zidan nur chiqarishi mumkin. Jism sirtidan qaytgan va jism tarqatgan nur energiyalarining yig'indisi *effektiv nurlanish* deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi, ya'ni

$$E_{eff} = RET + E \quad (9)$$

v) agar $A=R=0$ shart, ya'ni $D=1$ bajarilsa, jism sirtiga tushgan barcha chastotadagi nur undan o'tib ketadi. Bunday xossaga ega jism **absolut shaffof jism** deyiladi. Shaffof jismlar **diatermik** (yunoncha *dia therme, dia* — orqali, *therme* — issiqlik), ya'ni *issiqlik nurlarini yutmaydigan* jismlar deyiladi.

Bir va ikki atomli gazlar diatermik hisoblanadi. Ko'p atomli gazlar esa issiqlik energiyasini nur shaklida chiqaradi va yutadi.

Yuqorida bayon qilingan fikr va mulohazalardan ma'lumki, tabiatda *mutlaqo qora, oq va shaffof* jismlar bo'lmasdan, faqat ularga yaqinroqlari mavjud.

Nurli issiqlik almashishi asosan M. Plank, V. Vinn, Stefan-Bolsman, Kirxgof qonunlari yordamida batafsil tushuntiriladi.

Muayyan temperaturadagi absolut qora jismning birlik sirti yuzasining vaqt birligidagi nur tarqatish xususiyatini Stefan-Bolsman qonuni bilan ifodalanadi: $E_0 = \sigma_0 * T^4$ (10)

bunda $\sigma_0 = 5,67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}$ — absolut qora jismning nur tarqatish doimiysi.

Demak, absolut qora jismning birlik yuzasidan vaqt birligida barcha chastotalardagi nur tarqatish xususiyati absolut temperaturaning to'rtinchi darajasiga mutanosib ekan. Bu qonuniyatni 1879-yili avstriyalik fiziklar I. Stefan tajriba yo'li bilan topgan va 1884-yili A. Bolsman esa nazariy jihatdan isbotlab bergan.

Jism temperaturasi kattalashg2n sayin, uning nur tarqatish jadalligining maksimumi qisqa to'lqin uzunligi to-monga siljishini nemis fizigi Vilgelm Vinn (1893-y.) kashf etgan va uning ma-tematik ifodasini bergan:

$$A_{max} = 0,0028989 / T \quad (11)$$

Bu V. Vinning **siljish qonuni** deyiladi. Siljish qonuniga muvofiq, jismlar tarqatadigan nur to'lqin uzunligi har xil temperaturada turlicha bo'ladi. Masalan, elektr isitkich temperaturasi $T = 1100 \text{ K}$ bo'lganda, u $\lambda_{max} = 3 * 10^6 \text{ m}$ bo'lgan uzunkkdagi to'lqinni nurlaydi, uning spektri tarkibi asosan infraqizil nurdan tashkil topadi. Quyosh $T = 5500 \text{ K}$ da chiqargan nurini olsak, bu nur asosan ko'zga ko'rinadigan $\lambda_{max} = 5 * 10^{-7} \text{ m}$ to'lqin uzunligidagi nurga to'g'ri keladi va sh.k.

Stefan-Bolsman qonunini absolut qora jismning issiqlikni nurlash koeffitsienti $\epsilon = E / E_0$ orqali real kulrang jismlar uchun quyidagicha yozish mumkin:

Absolut qora va kulrang jismlarning issiqlik nurlarini yutish va tarqatish xossalari orasidagi bog'lanishni nemis fizigi G. Kirxgof 1882-yili o'rganib, quyidagi qonuniyatni ochgan:

Jismning nurlash xususiyatining nur yutish xususiyatiga nisbati jism tabiatiga bog'liq emas va barcha jismlar uchun temperatura funksiyasidir; jismning nur chiqarish xususiyati absolut qora jismning shu temperaturadagi nur chiqarish xususiyatiga teng.

Demak, jismning biror temperaturada tarqatgan nur energiyasining nurni yutilish koeffitsientiga nisbati jism tabiatiga bog'liq bo'lmaydi va u absolut qora jismning shu temperaturada chiqargan nur energiyasiga teng bo'lar ekan. Jism o'zidan qancha ko'p nur chiqarsa, shunchasini yutadi, ya'ni yutgan va chiqargan nurning to'liq uzunliklari bir xil bo'ladi:

$$\epsilon_{\lambda} = A_{\lambda} \quad (12)$$

Kulrang jismning nur yutishi issiqlik manbayiga va o'zining temperaturasiga bog'liq bo'lmaydi.

Yuqorida keltirilgan $\epsilon = E / E_0$ nisbatdan ko'rinadiki, jismning qoralik darajasi, ya'ni absolut qora jismga boshqa jismning *nur yutish va chiqarish gobiliyati* jihatidan yaqinlashuvini termodinamika nuqtayi nazaridan baholash mumkin. Shuning uchun kulrang jismlar uchun Stefan-Bolsman tenglamasi qozon qurilmalari o'txonalarining nur tarqatish xususiyatlarini hisoblashda qo'llaniladi. O'txona devorlari ham nur tarqatgani va nurni yutgani uchun ular termodinamik muvozanatda bo'la olmaydi. Shu sababli o'txonadagi nur energi-yasidan nur vositasida issiqlik almashinuvida to'laroq foydalanilmaydi. O'txonadagi o'zaro parallel sirtlarning nurli issiqlik almashinuvini issiqlik energiyasi miqdorini quyidagicha ifodalash mumkin:

Nurli issiqlik almashinuvida ekranlarning qo'llanilishi

Nur energiyasining issiqlik oqimini jadalligi yuqori bo'lganida isitkich va sovitkichlar o'rtasiga nur energiyasini kamaytirisha maqsadida turli xil geometrik shakllardagi to'siqlar (ekranlar) qo'yiladi. Bu bilan issiqm texnikasi asbob-uskunalarini himoyalanaadi va ularning yaxshi hamda uzoq muddat ishlashi ta'minlanadi. Yorug'lik nurini oq rangli jilvirlangan ekran eng yaxshi qaytaradi. Shuning uchun nur issiqligi energiyasidan issiqlik texnikasi asbob-uskunalarini ximoya qilishda issiqlik izolatsiyasi sifatida jilvirlangan metall plastinkalar va metall pardalar issiqlik texnikasida va turmushda keng qo'llaniladi. Masalan, aluminiy va uning qotishmalaridan tayyorlangan pardalar, aluminiy upasi issiqlik texnikasida keng qo'llaniladi. Bunga asosiy sabab, alumipgr upasidan tayyorlangan pardalar issiqlik nurlarini yuqori darajada qaytaradi va yutadi, ya'ni ham isitkichdan, ham tashqaridan kelayotgan issiqlik nurlarini yutadi hamda qaytaradi. Texnologik jarayonda bunday plastinka va pardalarni tayyorlash oson va arzon. Kulrang jismlarning qoralik darajasi $K_{ke} = \alpha/\alpha_0$ (absolut kulrang jism nur tarqatish koeffitsienti α ning absolut qora jism nur tarqatish koeffitsienti α_0 ga nisbati) $5 \cdot 10^{-2}$ — $15 \cdot 10^{-2}$ atrofida bo'ladi. Bunday pardasimon materiallar issiqlik trassalarida, qozon Blfrilmalarida, issiqlik izolatorlari va qaytargichlarida keng qo'llaniladi (jadval).

Jilvirlangan plastinka yoki pardalar ekran sifatida qo'llanilganda, ularning sirtiga tushgan issiqlik nurlari qisman yutiladi va qaytadi. Yutilgan issiqlik energiyasi ekran sirtidan atrof-muhitga ham tarqaladi.

Materiallarning qoralik darajasi.

jadval

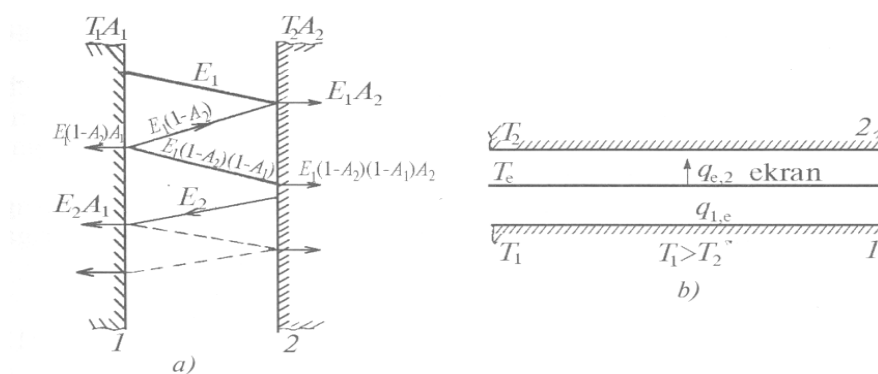
Material nomi	T, K	$\epsilon \cdot 10^{-2}$	Material nomi	T, K	$\epsilon \cdot 10^{-2}$
---------------	------	--------------------------	---------------	------	--------------------------

G'adur-budur aluminiy	293-323	6-7	Moy bo'yoq	373	95
Suv	273-373	95-96	Oksid.po'lat	473-873	74-80
Qizil g'isht	293	88—98	Ko'mir	373-873	81-79
Shamot g'isht	1373 L...	59	Shuvoq	283-363	91

Demak, birlamchi issiqlik nurlari ekranda yutilib, uning ichki energiyasini orttirgandan so'ng, ekran muhitga o'z sirtidan ikkilamchi issiqlik nurini chiqaradi, ya'ni *ekran orqali issiqlik almashinuvi* deb ataladigan jarayon sodir bo'ladi.

Faraz qilaylik, nur tarqatuvchi va nurni yutuvchi jismlar sirtlarining qoralik darajasi ko'effitsientlari jismning issiqlikni nurlash ko'effitsientiga va o'z navbatida ekranning qoralik darajasi ko'effitsientiga teng, ya'ni $E_1 = E_2 = e_{qe} = e$ bo'lsin. Unda, albatta $T_1 > T_2$ bo'ladi. Issiq va sovuq sirtlar oralig'idagi ekranning pardasimonligini e'tiborga olsak, u holda ekranning ikkala sirtidagi temperaturalar bir xil bo'ladi, ya'ni $T_{ex} = T_{ei} = T_e$.

Devorlar o'rtasida ekran bo'lganda issiqlik almashinuvi ikki marta kamroq bo'ladi, ya'ni $a_x, J_{q_{0.2}} = 0,5$. Ekranlar sonini orttirish usuli bilan nur issiqlik almashinuvini bir necha o'n martalab kamaytirish mumkin. Nur issiqlik almashinuvi ekran materialiga va sirtning mexanik holatiga bog'liq. Masalan, oksidlangan yupqa temir taxtasi ekran sifatida qo'lanilsa, bu ekran nur issiqligi miqdorini 13 marta, uning uchasi qo'yilsa 39 marta kamaytiradi. Shuning uchun nur issiqligi miqdorining isrofini kamaytirish maqsadida turli-tuman materiallardan ekran sifatida foydalaniladi.



8.4-rasm. Ikkita o'zaro parallel sirtlarning ekransiz (a) va ekran orqali (b) nur vositasida issiqlik almashinuvi:

A_1 va A_2 — sirtlarning qoralik darajasi; T_1 , T_2 va T_e — birinchi, ikkinchi va ekran temperaturalar; E_1 , E_2 , ..., E_n — issiq sirtlar energiyalari; $q_{1,e}$ — birinchi devordan ekranga va $q_{e,2}$ — ekrandan ikkinchi devorga o'tgan issiqlik.

Gazlarning issiqlikni nurlashi

Issiqlik mashinalarining yonish kameralarida, qozon qurilmasi o'txonalarida va turli xil tuzilishdagi o'choq hamda kameralarda ish aralashmasini yoqishda atmosfera havosidan oksidlovchi modda sifatida keng foydalaniladi. Atmosfera havosining issiqlik nurlarini tarqatishi keng spektrga ega. Bir va ikki atomli gazlar issiqlik nurlari uchun shaffofdir. Faqat ko'p atomli gazlar (karbonat angidrid — CO_2 , sulfid angidrid — SO_2 , suv bug'i H_2O , ammiak — NH_3 va sh.k.) issiqlik nurlarini tarqatadi va yutadi. Yoqilg'i tarkibida suv (namlik) va CO_2 ning ko'pligi yoki yonish jarayonida ularning hosil bo'lishi natijasida ish aralashmasi to'la yonmaydi. Suv bug'i va karbonat angidrid yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lishi ma'lum

miqdorda to'la yonishni susaytiradi. Gazlarning aksariyati muayyan to'lqin uzunlikdagi nurlarni chiqaradi. Gazlar tarqatgan nur spektrining tor oraliqqa mos keluvchi to'lqin energiyasini yutadi va chiqaradi. Tarqalgan nur spektrining ko'zga ko'rinadigan qismida karbonat angidrid gazi va suv bug'i nur chiqarmaydi va yutmaydi. Bu gazlar spektrining uzun to'lqin qismida qisqa to'lqin qismiga nisbatan ancha jadalroq nur chiqadi va yutiladi.

Atmosfera tarkibidagi CO₂ miqdori yil sayin ko'payib borayotganligi bugungi kunda sir emas. Bunga asosiy sabab inson texnikadan, sanoat korxonalaridan to'g'ri foydalana olmayapti, ya'ni yoqilg'ining to'la yonishi ta'minlanmayapti. Atmosferadagi CO₂ qisqa to'lqinli nurlarni yomon va uzun to'lqinlisini yaxshi yutadi. Bunday hodi-sa iqlimning iliq bo'lishi va «parnik» effektining paydo bo'lishiga olib keladi.

Gazlarning temperaturasi orttirilganda, ularning nur tarqatish koeffitsienti kamayadi va ko'proq qisqa to'lqindagi nurlarni chiqaradi. Nur tarqatish jadalligi gazning zichligiga, bosimiga, temperaturasiga ham bog'liq.

Nazorat savollari

1. Issiqlik uzatilish jarayoninni tushuntiring.
2. Issiqlik alamshinuvi turlarini ayting.
3. λ -koeffitsenti nima? Issiqlik utkazuvchanlik.
4. α - koeffitsenti nima? Konvektiv issiqlik almashinuvi.
5. K-koeffitsenti nima? Jismlar orasidagi issiqlik uzatilishi kanday xisoblanadi.
6. Issiqlikni yomon utkazuvchi jismlarning xususiyati.
7. Issiqlikni yaxshi utkazuvchi jismlarning xususiyati.
8. Issiqlik berish koeffitsenti nimalarga bog'lik.
9. Issiqlik oqimi va xarorat gradientlarini tushuntiring, yoki ularni yunalishi kanday bo'ladi.
10. Ikkita jism orasida issiqlik almashinuvi, ya'ni issiqlikni uzatilishi kanday xisoblaniladi.

6-Mavzu: Issiqlik olmashishida foydalaniladigan asbob u'skunalar va ularning tasnifi.

REJA:

1. Stefan-Bol'tsman konunini tushuntirig.
2. Absolyut kora va kulrang jismlarning nurlanish koeffitsientlari.

3.Issiklik almashunuv asboblari va ularning tabakalanishi.

Issiklikning bir jismdan ikkinchisiga nur vositasida uzatilishi nurlanishli issiklik almashinuvi deyiladi. Bunda kizigan jisimda issiklik energiyasi nur energiyasiga va sovukrok jismga ta'sir etganda nur energiyasi yana issiklik energiyasiga aylanadi. Bu issiklik energiyasi ikkinchi jismdan kaytishi, yutilishi, utib ketishi mumkin va ana shu xususiyatlar ikkinchi jismning issiklik kabul kilishi mikdorini belgilaydi.

Nurlanish orkali issiklik almashi-nuvida issiklik tashuvchilar bulib fatonlar xisoblanadi va bunda muxitning roli deyarli ta'sir kursatmaydi (xavsiz joyda issiklik almashinuvchi fakat nurlanish orkali buladi.)

Fatonlar (hu) portiya-portiya bulib xara-katlashishadi va ma'lum massaga ega, tinch xo-latda uning massasi nol'ga teng buladi.

Nur energiyasi (elektromagnit tulkin energiyasi) ma'lum tulkin uzunligiga va chas-totaga ega bulib, vakuumda yoruglik tezligida ($3 \cdot 10^8$ m/s) tarkaladi.

Nurlar kuzga kurinadigan yoruglikdan ($\lambda=0,4 \div 0,8$ mikron), kuzga kurinmaydigan ul'trabinafsha ($\lambda < 0,4$ mikron) va infrakizil ($\lambda > 0,8$ mikron) nurlardan tashkil topgan bula-di. Ular kup mikdorda issiklik energiyasini eltganligi sababli issiklik nurlari deyiladi.

Nurlanishning umumiy konunlari xam mavjuddir. Xususan yoruglik nurining tarka-lish, kaytish va sinish konunarini (optikadan) nurlanishli issiklik almashinuvining xamma sox alariga tadbik etiladi.

Jismlarni nurlarni xar xil yutilish-lari, kaytarishlari va utkazishlari tufayi ular kora yoki okka bulinadilar. Lekin shu aytilgan chekli xolatga tugri keladigan jism tabiatda kam uchraydi. Ular yoruglik va issiklik koefitsentlari kiymatlari bilan tavsif-lanishadi. Masalan, korarok jism yoruglikni (nurni) utkazadi, issiklik nurini deyarli utkazmaydi (parnik oyna). Ok suvok yoruglikni yaxshi kaytaradi, issiklik nurlarini aktiv yutadi.

Issiklikning nur shaklidagi energiyasi jismlar bilan $5 \cdot 10^{-14}$ M dan 10^4 M gacha bulgan tulkin uzunligi oraligida ta'sirlashadi. Kos-mik nur $\lambda=5 \cdot 10^{-14}$ M ; gamma nurlari $\lambda=5 \cdot 10^{-12}$ m, rentgen nurlar $\lambda=1 \cdot 10^{-12} \div 2 \cdot 10^{-8}$ M gacha, kuzga kurinadigan nur $\lambda=4 \cdot 10^{-7}$ dan $8 \cdot 10^{-7}$ gacha, infra-kizil $8 \cdot 10^{-7}$ M dan $8 \cdot 10^{-4}$ M gacha, radiotul-kinlar 10^{-2} M dan 10^4 M gacha.

Kuzga kurinadigan va infrakizil nurlar kup mikdorda issiklik energiyasini eltganligi sababli ular issiklik nurlari deyiladi.

Jimning nur tarkatish xussuiyati anik temperaturada jim birlik yuzasidan vakt birligida tarkatilgan barcha chastotalardagi tulkinlarning nur energiyasining mikdori E bilan ifodalanadi:

$$q = \frac{E}{S \cdot t}, \quad (1)$$

Bu erda E-nur energiyasi S-yuza, t-vakt.

Jism sirtiga tushgan nur energiyasi yutilgan, kaytgan va utgan nurlarning yigin-disiga teng buladi:

$$E_t = E_A + E_R + E_d, (2)$$

bunda E_t jismga tushgan nur, E_A - yutilgan nur, E_R - kaychan nur, E_d - utib ketgan nurlar.

(2) ni E_t bulib, kuyidagi soddarok kurinishga olib kelamiz:

$$\frac{E_A}{E_t} + \frac{E_R}{E_t} + \frac{E_D}{E_t} = 1 \text{ dagi } \frac{E_A}{E_t}, \frac{E_R}{E_t}, \frac{E_D}{E_t} \text{ larni}$$

mosravishda yutilishi (A), kaytarish (R) va utkazish (D) koeffitsentilari orkali ifoda-lasak, (2) tenglama kuyidagi kurinishga keladi:

$$A+R+D=1 \quad (3)$$

Bu tenglama issiklik balans tenglamasi deyiladi . Agar $R=D=0$ bulsa, $A=1$ buladi. Demak jism sirtiga tushuvchi xamma tulkin uzunliklardagi nur energiyasi mutlako yutladi. Bunday jism absalyut kora jism deyiladi va u kuzga kurinmaydi. Albatta bunday jism tabiatda yuk. Lekin unga yakinrogi bulishi mumkin. (Kurum $A=0,9 \div 0,96$). Shunday jismlar borki issiklik nurini yutadi, ammo kuzga kurinadigan nurni uzidan yaxshi utkazadi va kaytaradi (muz, kor, shisha: $A=0,95$, $A=0,96$). Agar $A=D=0$ bulsa, $R=1$ buladi (xamma nurlar kaytadi). Bunda nur diffuzion kayta u ok jism deyiladi.

Kora jismning birlik yuzasidan nurla-nishining jaddaligi absalyut xaroratning turtinchi darajasiga mutanosib (proportsional) ekanligi Stefan Bol`tsman konuni bilan tasdiklangan:

$$E_0 = S_0 \frac{\sigma T^4}{100} \quad (4)$$

bunda $S_0 = G_0 \cdot 10^8 = 5,67 \text{ Vt/m}^2$. K-absalyut kora jismning nur tarkatish kobiliyati (koeffi-tsenti) E_0 -nurlanish jadalligi, T-absalyut xaro-rat. Real (kul rang) jismlar uchun E-nurlanish jadalligi kuyidagicha yoziladi:

$$E = S_1 \frac{\sigma T^4}{100} \quad (5)$$

Bu erda $S_1 = \epsilon S_0$ va $E = E/E_0$ ϵ -abslyut kora jismning nurlsh koeffitsenti.

Bu erda S_1 -real jismning nurlanish koef-fitsenti ($S_1 < S_0$ buladi).

Jismning nurlanish kattaligi ularning tabiatiga, yuzasining xolatiga, xaroratiga va boshkalarga boglik bulib, tajriba orkali aniklanadi. Masalan, pulat va chuyan uchun.

$$T=473\div 873\text{ K} \quad \text{da} \quad S_1 \approx 3,2\div 3,9 \text{ Vt/m}^2 \text{ K}$$

T_1 va T_2 xaroratli ikki parallel ekran urta-sida nur chikarish bilan issiklik almashi-nuvida uzatilgan issiklik mikdori kuyidagi-cha xisoblanadi:

bu erda S_{1-2} -nurlanishning keltirilgan koeffi-tsenti.

Nurlanishli issiklik almashunivida ekran (tusiklar)dan foydalanish kullaniladi. Nur issiklik energiyasi okimining jadalligi yukori bulganda isitgich va sovutgichlar urta-siga nur energiyasini kamaytirish maksadida turli xil shakldagi ekran (tusik) lar kuyiladi. Bunda issiklik texnikasi asbob-uskunalari ximoyalanadi va ularning yaxshi xamda uzok mudat ishlashi ta`minlanadi. Yoruglik nurini ok rangli jilvirlangan ekran eng yaxshi kayta-radi. Shu sababli ximoya sifatida jilvir-langan metal plastinka yoki metall pardalardan issiklik texnikasida keng foydalaniladi. Bunday pardasimon materiallar issiklik nurlarini yukori darajada kaytaradi va yutadi. Ular issiklik trassalarida, kozon kurilmalarida, issiklik izolyatorlarida va kaytargichlarda keng foydalaniladi.

Demak, birlamchi issiklik nuri ekranda yutilib, uning ichki energiyasi ortgandan sung, ekran muxitga uz sirtida ikkilamchi issiklik nurini tarkatadi, ya`ni ekran sirtida issiklik almashinuvchi jarayoni sodir buladi.

Devorlar urtasida ekran bulganda issik-lik almashinuvini bir necha marta kamaytirish imkoniyati mavjud buladi. Nurs issikligi almashunivi ekran materialiga va uning sirti xolatiga boglik. Demak nur issikligi mik-dorining isrofini kamaytirish maksadida turli materiallardan ekran (tusik) sifatida foydalaniladi.

Issiklik xisoblarida, kozon kurilmasi utxonasini xisoblashda yukoridagi klnun for-mulalardan issiklik texnikasida kup foydala-niladi.

Issiklik almashinish asboblaridan issiklik texnikasi kup foydalaniladi va ular-ning xillari va turlari juda kup.

Issik issiklik tashuvchidan (suyuklik yoki gaz) sovuk issiklik tashuvchiga issiklikni uza-tuvchi kurilmaga issiklik almashinish asbob deyiladi. Bularga misol kilib radiator (nur tarkataman), kondensator (zichlayman, suyuk-lantiraman) larni keltirish mumkin. Bunda issik issiklik tashuvchini xarorati pasayadi, sovuk issiklik tashuvchiniki esa ortadi.

Issiklik almashinish asboblari kuyida-gicha tabakalanadi: aralashtirgichli, rekupera-tiv (kayta olinadigan) va regenerativli (tik-lanish). Ularning turlari va konstruksiyalari xar xil buladi. Masalan: rekuperativga radi-atorli kuilmalarni, regenerativga ekonomay-zer va xavo isitgichlarni keltirish mumkin.

Issiklik almashinish asboblarining asosiy tavsifi ularning kizish yuzalaridir. Bu asboblarning issiklik texnikasi xisobi ana shu issiklik almashinish asbobining kizish yuzasini xisoblashdan iborat buladi va kuyi-dagi formula bilan xisoblanadi:

$$Q = \frac{F}{K\Delta t} \quad (7)$$

Bu erda K -issiklikni uzatish koeffitsienti; Δt -issik va sovuk soxalar orasidagi urtacha xarorat farki.

Butun masala formula (4) dagi K va Δt - ning kiymatini anikligiga bogshlikdir. Chunki K na aniklashda α_1, α_2 - issiklik berish koeffitsentilarini real xolatni xisobga olish aniklash kerak. Bu ancha murakkab ish va Δt ni xam aniklash uslubini topish kerak buladi.

Yukorida kurib utgan masalalar va xisob-larning amaliy axamiyati iktisodiy jixatdan juda kattadir.

Nazorat savollari:

- 1.Nurlanish orkali issiklik almashinuv jarayoni.
- 2.Jism sirtiga tushgan nurning yutilishi, kaytishi va utib ketishi.
- 3.Absolyut kora jism nurlanish koeffitsenti.
- 4.Kulrang jismning nurlanish koeffitsenti.
- 5.Stefan-Bol`tsman konuni.
- 6.Nurlanish issiklik almashinuvida ekran- lardan foydalanish.
- 7.Issiklik almashinuv asbob-uskunalar va ularning tabakalanishi.
- 8.Aralashtirgichli, rekuperativ va regenerativ issiklik almashtirgich apparatlarini tushuntiring.

7-Mavzu:Yoqilg`i resurslari, yoqilg`i tarkibi va uning xossalari.

Reja:

1. **Yoqilg`i va uning xossalari**
2. **Yoqilg`i turlari**
3. **Yoqilg`ining yonishi va ortiqsha havo koeffitsiyenti**
4. **Yonish mahsuloti va uning tarkibi**
5. **O`txona qurilmalari va ularda yoqilg`ini yonish usullari**

Tayansh iboralar.

Yoqilg`ilar, turlari, xossalari, qayta tiklanmaydigan yoqilg`ilar, tarkibi, yoqilg`ilar xususiyatlari, yonish jarayoni, nazariy zarur havo xajmi, haqiqiy zarur havo xajmi, ortiqcha havo koeffitsiyenti.

Asosiy tarkibiy qismi - ugleroddan iborat yonuvchi moddaga yoqilg'i deyiladi. Kimyoviy reaksiyaning jadal borishi natijasida yoqilg'i o'zidan issiqlik chiqaradi. Yoqilg'iga quyidagi talablar qo'yiladi: yonish vaqtida ko'p miqdorda issiqlik chiqarish; yonish mahsulotida tabiatga zarar yetkazadigan moddalar miqdorining kam bo'lishi; tez va to'la yonishi; qazib olish arzon bo'lishi va qayta ishlash hamda transportda bir joydan ikkinchi joyga ko'chirishning oson bo'lishi. Yoqilg'i qazib olinishi yoki tayyorlanishiga ko'ra tabiiy va sun'iy bo'ladi. Tabiatda ishlatishga tayyor holda mavjud bo'lgan yoqilg'ilar tabiiy yoqilg'ilar deyiladi. Qazib olinadigan toshko'mir, yonuvshi slaneslar, torf, neft, gaz, o'tin, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi chiqindilari tabiiy yoqilg'i hisoblanadi. Tabiatdagi yoqilg'larni yoki umuman moddalarni qayta ishlash natijasida olinadigan yoqilg'ilar sun'iy yoqilg'ilar deyiladi. Bularga koks, kukun holatigasha maydalangan qattiq yoqilg'i, briketlar, yoqosh ko'miri, benzin, kerosin, solyar moyi, gazoyl, motor moyi, mazut, domna va koks batareyasi gazlari va tabiiy gazni qayta ishlashda olinadigan gazlar kiradi.

Yoqilg'i qattiq, suyuq va gaz qolatida bo'ladi. qattiq yoqilg'iga toshko'mir, torf, yonuvshi slaneslar, koks, yoqosh ko'miri va sh.k kiradi; Suyuq yoqilg'iga neft va neft mahsulotlari (benzin, kerosin, solyar va motor moylari, gazoyl, mazut, qozon qurilmasi) yoqilg'ilarini kiritish mumkin. Gaz yoqilg'isiga — koks va domna, generator, neftni qayta ishlash zavodlari gazlari, propan, atsetilen, toshko'mir qazib olishda olinadigan gazlar va sh.k misol bo'la oladi.

Yoqilg'i tarkibi organik va mineral moddalardan iborat bo'ladi. Organik moddalarga uglerod (S), vodorod (N₂), kislorod (O₂), azot (N₂) va oltingugurt (S) kiradi. Bu kimyoviy elementlar va ular birikmalarining miqdori turli xil yoqilg'ida turlicha bo'ladi. Masalan, neft va uning mahsulotlari tarkibi asosan uglerod va vodoroddan tashkil topgan.

Yoqilg'ining Agregat holatidan qat'iy nazar, uning tarkibidagi uglerod va vodorod asosiy bo'lib, suyuq yoqilg'ida ularning miqdori 85—87%, qattiq yoqilg'ida esa 50—90% ni tashkil etadi. Kislorod elementining miqdori qattiq yoqilg'ida 6,5% gacha, *suyuq yoqilg'ida* esa 25% gacha etadi.

Gazdagi vodorod va uglerodning umumiy miqdori 0,3 dan 95% gacha. S va N₂ birikma holida, ya'ni metan (SN₄) gazi ko'rinishida ko'proq uchraydi.

Yoqilg'ining tabiatda hosil bo'lish davrida uning tarkibiy qismidagi kimyoviy elementlar miqdori ham o'zgarib boradi. Ayrim kimyoviy elementlar miqdori kamaysa, ayrimlariniki ortadi. Xususan, yoqilg'i yonishining ortib borishi uning tarkibidagi uglerod miqdorining ko'payishiga olib keladi. Masalan, antratsit tarkibida 93% uglerod bo'lsa, yog'ochda 40% ni tashkil etadi.

Yoqilg'ining tarkibiy qismi foiz (%) larda ifodalanadi, ya'ni uning ish, quruq, yonuvchi, organik qismlarini tashkil qilgan kimyoviy elementlar YIG'INDISI har bir holat uchun 100% deb qabul qilinadi:

yoqilg'ining ish qismi

$$S^u + N^u + O^u + K^u + S^u + A^u + W^u = 100\%; \quad (1)$$

Quruq massa qismi

$$S^q + N^q + O^q + N^q + S^q + A^q = 100\%; \quad (2)$$

yonuvchi massa qismi

$$S^{yo} + N^{yo} + O^{yo} + N^{yo} + S^{yo} = 100\%; \quad (3)$$

organik massa qismi

$$S^{\circ} + N^{\circ} + O^0 + N^{\circ} = 100\% \quad (4)$$

Yoqilg'i tarkibida uglerod qancha ko'p bo'lsa, kislorod shuncha kam bo'ladi va aksincha. Kislorod miqdorining yoqilg'i tarkibida ortishi uning issiqlik berishini pasaytiradi. Yoqilg'i tarkibidagi kimyoviy elementlarning reaksiyaga kirishi (yonishi)da har xil miqdordagi issiqlik ajraladi.

Kam miqdorda vodorod gazi suvni elektroliz qilish usuli bilan olinadi va ilmiy tadqiqot laboratoriyalarida qo'llaniladi. Tabiiy va sun'iy gaz yoqilg'i sifatida sanoatning turli tarmoqlarida, avtomobilda, aviatsiyada oxirgi o'n yil mobaynida keng qo'llanilmoqda.

Yoqilg'i turlari

Qattiq yoqilg'i. Yoqilg'i massasi yonuvchi qismining tarkibi o'zgarmas kattalik bo'lib, uning asosiy xarakteristikasi hisoblanadi. Undagi namlik hamda kul miqdori o'zgarganida ham uning xarakteristikasiga salbiy ta'sir qilmaydi. Turli xil yoqilg'ilarda yonuvchi massa miqdori har xil bo'ladi. Shuning uchun ham ularning issiqlik berish xususiyati turlichadir.

Yonuvchi massa tarkibiga kirgan kimyoviy elementlar reaksiyaga kirishida (yonishida) ajralib chiqadigan issiqlik miqdori hamma element uchun bir xil emas. 1 kg uglerod to'la yonganda SO_2 hosil bo'ladi va 32,8 MJ issiqlik miqdori ajraladi. 1 kg vodorod yonganda $12,56 \cdot 10^4$ kJ issiqlik ajraladi va h. k

Yonish jarayonining to'laligini ta'minlash yonish kamerasiga uzatiladigan atmosfera havosining miqdoriga bog'liq. Havoning ko'p yoki kamligiga qarab kimyoviy reaksiya vaqtida turli-tuman zaharli va zaharsiz kimyoviy birikmalar hosil bo'ladi. Masalan, havo yetarli bo'lmaganida uglerod kislorod bilan to'la reaksiyaga kirisha olmaganligidan zaharli uglerod oksidi SO hosil bo'ladi. Yoqilg'idagi oltingugurtning reaksiyaga kirishidan esa sulfid angidridi SO_2 hosil bo'ladi. U yoqilg'i tarkibidagi namlikdan vujudga kelgan suv bug'i bilan birikib sulfat kislotasi N_2SO_3 ga aylanadi.

Hosil bo'lgan N_2SO_3 metall sirtlarini zanglatib yemiradi, bu ichki yonuv dvigatellariga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Suyuq yoqilg'i asosan neftni 300—370°S qizdirishdan hosil bo'lgan bug'ni har xil fraksiyalarga ajratish va ularni kondensasiyalash (suyuqlantirish) yo'li bilan olinadi: suyuqlantirilgan gaz 1%, benzin 15% atrofida (suyukdantirish temperaturasi $t_s = 30—180^{\circ}S$), kerosin 17% atrofida ($t_s = 120—315^{\circ}S$), solyar moyi 18% atrofida ($t_s = 180—350^{\circ}S$) va mazut 45% (qaynash temperaturasi $t_q = 330—350^{\circ}S$) hamda qoldiq massa 4% atrofida bo'ladi.

Mazutni yuqori bosim ostida yuqori temperaturagacha qizdirish yo'li bilan undagi og'ir molekulalarning parchalanishi natijasida engil suyuq mahsulotlar olinadi. Mazut 84—86% gacha uglerod (yoqishga yaroqli) va 10—12% vodoroddan tashkil topgan bo'lib, u motor yoqilg'isi yoki qozon qurilmasi yoqilg'isi sifatida ishlatiladi.

Gaz yoqilg'isi, asosan tabiiy gaz bo'lib, uning tarkibi metan (botqoq gazi) CH_4 , vodorod H_2 , azot N_2 , yuqori darajadagi uglerod birikmalari SH, uglerod oksidi SO, karbonat angidridi SO_2 dan iborat. Bu gazlarning miqdori gaz konining hammasida ham bir xil emas. Turmushda ishlatiladigan gaz tozalangandan so'ng, unga gazning siqib chiqishini aniqlash maqsadida maxsus qo'shilma — *odorizator* qo'shiladi, u o'ziga xos sassiqlik hidga ega. Ma'lumki, turmushda ishlatiladigan gaz suyultirilgan holatda maxsus ballonlarda tashiladi. Ular neftni qayta ishlashda yoki neft bilan birga chiqqan hamroh gazlardan olinadi va sanoatda hamda turmushda yoqilg'i sifatida keng qo'llaniladi.

Yoqilg'i to'la yonganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori turlicha bo'lganligidan, ularni bir-biridan farqlash maqsadida, yoqilg'ining *yonish issiqligi* tushunchasi kiritilgan. Ish yoqilg'isining birlik

massasi to'la yonganda ajralgan issiqlik miqdori yonish issiqligi deyiladi. YONISH issiqligining o'lchovi kJ/kg yoki kJ/m³. Yoqilg'ining yonishida ajraladigan issiqlik miqdori yuqori (q''_{yo}) va quyi (q''_{K}) bo'ladi.

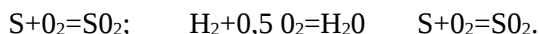
Ish yoqilg'isining birlik massasi to'liq yonganda, uning tarkibidagi namlikning bug'lanishiga sarf bo'lgan issiqlik miqdori hisobga olinmaydigan yonish jarayonida, ajralib chiqqan issiqlik miqdori yuqori (q''_{yo}) *issiqlik ajralish* deyiladi. Yoqilg'ining birlik massasi yonganda uning tarkibidagi namlik hamda vodorodning kislorod bilan reaksiyaga kirishishi jarayonida hosil bo'lgan namlik hisobga olingan holatda ajralgan issiqlik miqdori *quyi* (q''_{K}) *issiqlik ajralish* deyiladi. Shuning uchun bu isrof e'tiborga olinganda hisoblar tug'ri bo'ladi. Masalan, 1 kg vodorod kislorod bilan reaksiyaga kirishishi jarayonida 9 kg suv hosil bo'ladi. Tabiiyki, har qanday yoqilg'i tarkibida va yonishni ta'minlash uchun kiritiladigan atmosfera havosida vodorod mavjud. Hosil bo'lgan bir kg suvni bug'lantirish uchun $24 \cdot 10^2$ kJ issiqlik miqdori sarflash kerak, 1 kg bug' suyuqlikka aylanish jarayonida atrofga 2,5 MJ ($t = 20^\circ\text{S}$) issiqlik chiqaradi.

Shartli yoqilg'i sifatida issiqlik ajratishi $q''_{\text{K}} = 29,35$ MJ/kg ($7 \cdot 10^3$ kkal/kg) ga teng bo'lgan yoqilg'i qabul qilingan. Shartli yoqilg'i asosida boshqa yoqilg'ilardan iqtisodiy jihatdan foydalanish maqsadga muvofiqligi va ular sarfi aniqlanadi.

Yoqilg'ining yonishi va ortiqcha havo ko'effitsiyenti

Yoqilg'ining yonishi uchun albatta atmosfera havosi zarur bo'ladi. Uning miqdori ko'p yoki kam bo'lishiga qarab kimyoviy reaksiya (yonish) jadal yoki sust bo'ladi. O'z navbatida, yonish mahsuloti tarkibidagi zaharli gazlarning miqdori ham keng oraliqda bo'ladi.

Ma'lumki, yoqilg'i tarkibidagi S, H reaksiyaga kirishib, oxiri SO₂, H₂O va SO₂ hosil bo'lishi bilan tugaydi.



12 kg S (uglerod) ning to'liq reaksiyaga kirishi uchun 32 kg kislorod kerak bo'ladi. Shunda 44 kg SO₂ hosil bo'ladi, 32 kg oltingugurtning to'liq reaksiyaga kirishi uchun 32 kg kislorod kerak bo'ladi, bunda 64 kg SO₂ hosil bo'ladi; 2 kg vodorodning yonishi uchun 16 kg kislorod zarur bo'ladi, shunda 18 kg suv bug'i hosil bo'ladi.

To'la yonish uchun zarur bo'lgan haqiqiy havo miqdorining nazariy hisoblab topilgan miqdoriga nisbati ortiqcha havo ko'effitsiyenti deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha_x = \frac{V_x}{V_{xH}}$$

α_x ning kattaligi yoqilg'ining turiga, agregat holatiga, reaksiya kechadigan sharoitga, yoqish usuliga, o'txona (kamera) konstruksiyasiga va boshqalarga bog'liq. α_x qancha kichik bo'lsa, yonish jarayoni shuncha tejimli bo'ladi, aksincha, yoqilg'i chala yonadi va o'txonaning hamda u bilan bog'liq bo'lgan qurilmalarning FIK kamayadi.

Yonish mahsuloti va uning tarkibi

Yoqilg'i yonganda ma'lum miqdordagi issiqlik energiyasi ajraladi va tutun gazlari hamda qoldiq kul hosil bo'ladi. Tutun gazlari (soddaroq qilib aytganda tutun) va kul yonish mahsulotlari deyiladi.

Yonish mahsulotining tarkibi va uning miqdori yoqilg'i turiga va sifatiga qarab turlicha bo'lishi mumkin.

Amalda yonish kamerasi (o'txona)ga kiritilgan yoqilg'i massasi bilan havo (oksidlovchi) massasining yig'indisi yonish mahsuloti massasiga teng bo'lishi kerak.

O'txona qurilmalari va ularda yoqilg'ini yoqish usullari

Yoqilg'ining yonish jarayoni kechadigan qurilma o'txona deyiladi. YONISH jara'yonining borishini ta'minlaydigan va boshqaradigan uskunalar majmui o'txona qurilmasi deyiladi. Konstruksiyasiga ko'ra o'txonada qattiq, suyuq va gaz yoqilg'ilari yoqiladi. Qattiq yoqilg'i tabiatda qanday paydo bo'lgan bo'lsa, shundayligicha, bo'laklab kukun holiga keltirib yoqilishi mumkin. O'txona qurilmalarini loyihalashda eng avval yoqilg'ining tejab yoqilishiga, yonish mahsulotidagi tutun va oksidlovchi havo oqimi yo'llarining to'g'ri tashkil qilinishiga hamda o'txonani ishga tushirish, ishlatish ishlarining mexanizatsiyalashganligiga va avtomatlashtirilishiga asosiy e'tibor qaratiladi.

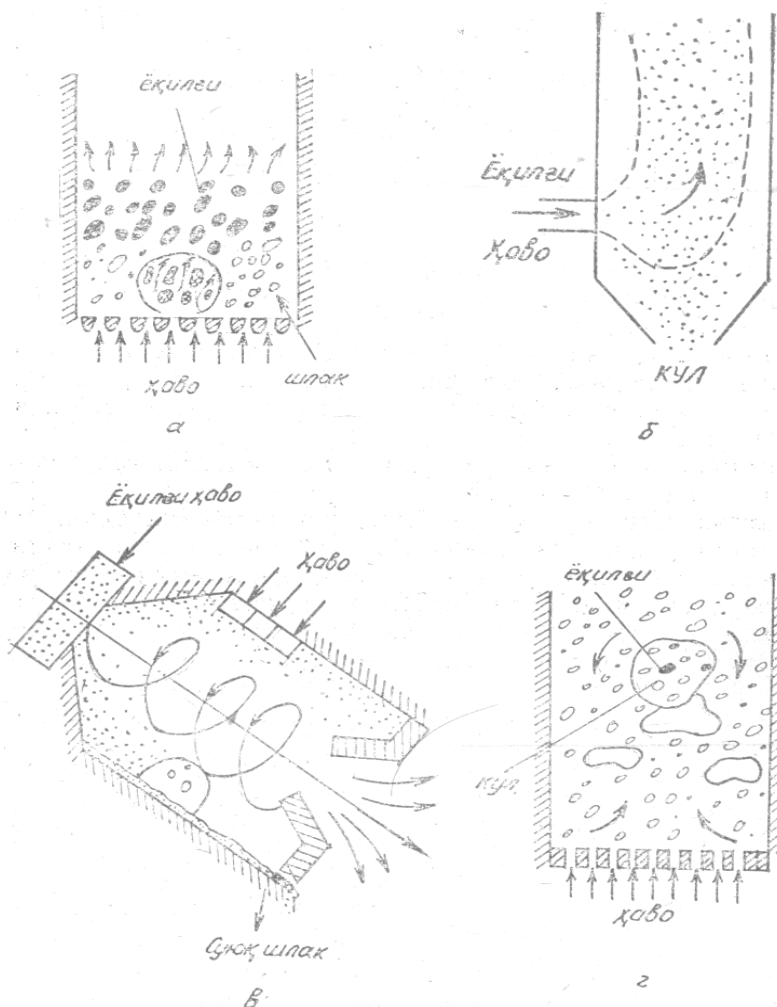
O'txonalar qatlamli, kamerali (mash'alali, uyurmali) turlarga bo'linadi.

Qattiq yoqilg'ini yoqish. Yoqilg'ini qatlamli yoqish o'txonasining asosini panjarali cho'g'don tashkil etadi. Panjarali cho'g'don ustiga ma'lum qalinlikda qattiq yoqilg'i tekis joylashtiriladi va panjara ostidan atmosfera havosi oqimi tabiiy ravishda yoki majburiy yoqilg'i oralab o'tib turadi. Oksidlovchi gaz (atmosfera havosi) Qattiq yoqilg'i bilan ta'sirlashib yonishni ta'minlaydi va hosil bo'lgan alanga hisobiga issiqlik energiyasi hamda yonish mahsulotlari hosil bo'ladi. Yonish mahsuloti bilan yoqilg'i zarralari atmosferaga uchib chiqib ketmasligi va to'liq yonishi hamda ko'proq issiqlik ajralishi uchun o'txonada hosil bo'lgan gaz oqimining ko'tarilish kuchi yoqilg'i bo'lakchasining og'irlik kuchidan kichik bo'lishi kerak. Yoqilg'i bo'lakchalarining o'lchami 20—30 mm dan kichik bo'lmasligi lozim.

Kamera, asosan cho'yandan quyib ishlanadi va yuzasi katta bo'lganda, u bir necha bo'lakdan tashkil topadi. O'txona cho'g'doni gorizontal, qiya zinapoyali, tebranma zinapoyali (Teylor sxemasi), harakatlanuvchan zanjirli (gorizontal yoki qiya) qilib joylashtiriladi. O'txona qanday qurilganligiga va yoqilg'i turiga qarab cho'g'don o'zgalmas yoki maxsus mexanizmlar ta'sirida tebranadigan, ilgarilanma aylanma harakat qiladigan bo'lishi mumkin. Cho'g'don ustidagi yoqilg'iga bu tartibdagi harakatlarni berishdan asosiy maqsad, uning to'liqroq yonishini, kulning yaxshi ajralishini va havo oqimining to'g'ri o'tishini ta'minlash hamda o'txona ishlarini mexanizatsiyalashdan iborat.

Mash'alali yoqish. O'txonaning FIK ni orttirish va yoqilg'ining to'liq yonishini ta'minlashda qattiq yoqilg'i maxsus tegirmonlarda kukun holatiga keltirilib, havo oqimi bilan birgalikda o'txonaga uzatiladi. Bunday yonish mash'alali yonish deyiladi (Rasm, b).

Mash'alali yoqishning asosiy afzalligi yoqilg'i isrofsiz yonadi va katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Gaz-havo oqimidagi zarralarning suyrilik darajasi kichik bo'lganligidan mash'alali yoqish jadalligining chegaralanganligi hamda oqim o'zgarishi yonishga tez ta'sir etishi bu usulda yoqishning asosiy kamchiligi hisoblanadi.



Uyurmali yoqish. O'txona bo'shlig'ida kuchli, uyurmali oqim hosil qilish usuli bilan yoqilg'i yoqilganda yoqilg'i zarralari uzoq vaqt o'txonada bo'ladi va to'liq yonadi (Rasm). Havo oqimi yoqilg'i zarralarini uyurma trayektoriyasi bo'ylab olib o'tadi va jadal yonishni ta'minlaydi. Yoqilg'i zarralarining o'lchami 3—5 mm ni tashkil etsa ham o'txonada ular ancha muddat davomida uchib yurganligidan to'liq yonadi va katta miqdordagi issiqlikni ajratadi. Kul va shlak o'txona oxiridan o'chib va oqib chiqadi.

Rasm. Yoqilg'ini yoqish usullari: a) qatlamli; b) mash'alali; v) uyurmali; g) qaynovchi qatlamli

Changsimon holatga keltirilgan qattiq yoqilg'ilarni bu usullarda yoqishning o'ziga xos afzalliklari bor:

- a) past navli ko'mirni, ko'mir qazib olishda va uni boyitishdagi qoldiq chiqindilarni katta quvvatli qozon qurilmalari o'txonalarda yoqish mumkin;
- b) ortiqcha havo koeffitsiyenti $\alpha_x = 1,2—1,25$ qilib olinganda chala yonishda vujudga keladigan isroflar juda kam va o'txona samaradorligi iqtisodiy jihatdan yuqori bo'ladi;
- v) yoqish jarayonini to'la mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish mumkin;
- g) past quvvatlarni osongina olish mumkin.

Bunday afzalliklari bilan birga qurilmalarning narxi qimmat, tegirmon va ventilyatorlarga qo'shimcha elektr energiyasi talab etiladi, gaz-havo oqimi kuchliligidan yonish mahsulotining kul qismining 80% ga yaqini atmosferaga uchib chiqadi va atrof-muhitni ifloslantiradi.

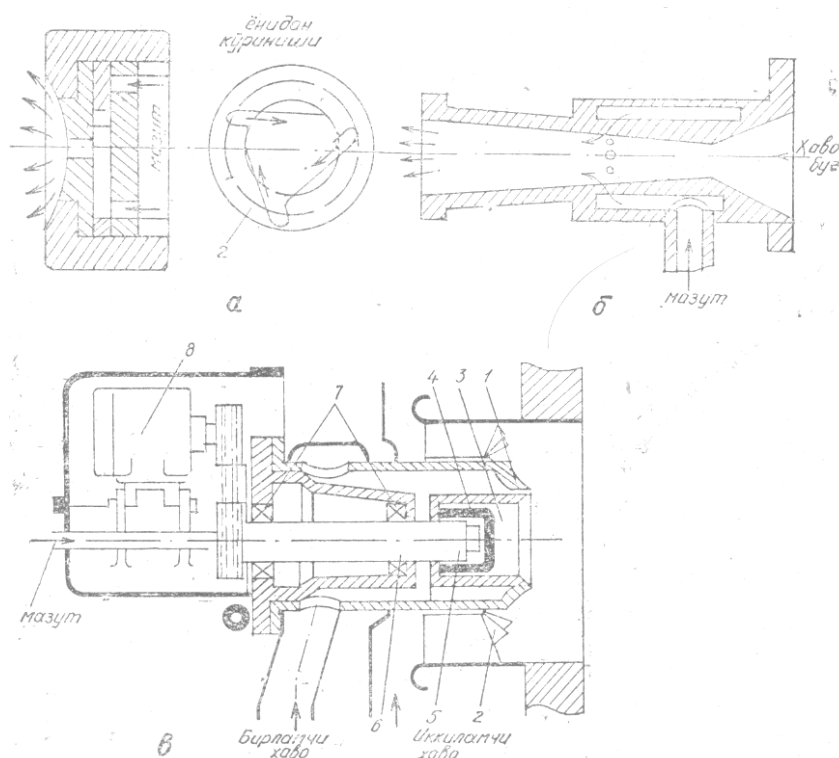
Suyuq va gaz yoqilg'ilarini yoqishda maxsus moslamalar — gorelka va forsunka qo'llaniladi. Gorelka va forsunkalarning tuzilishi kamera, o'txonalarning quvvati va ularning turiga qarab har xil bo'ladi. Suyuq va gaz yoqilg'ilaridan faqat kamera va o'txonalardagina yoqilmasdan, ichki yonuv

dvigatellarida, reaktiv dvigatellarda ham ish yoqilg`isi sifatida keng foydalaniladi. Gorelka yoki forsunka yonish kameralari (o`txonalari)ning asosiy qismi hisoblanadi. Suyuq yoqilg`ilar yoqilganda ular forsunka orqali kameraga purkaladi. Yoqilg`ini forsunka mayda zarralarga aylantirib, kameraga to`zg`itib purkaydi va purkalgan yoqilg`i havo bilan yaxshi aralashib, to`liq yonadi.

Qozon qurilmalarida forsunka qo`llanilganda asosiy yoqilg`i mazut yoki ishlatib bo`lingan turli-tuman texnik moylar, ya`ni neft mahsulotlari chiqindisi yoqiladi. Bunda bug` forsunkasi qo`llaniladi (2-rasm, b). Mazutni yoqishda Bobkok va Vilkoksning mexanik forsunkasidan (2-rasm, a) foydalaniladi.

Mazut yuqori (10atm) bosim ostida forsunkaga uzatiladi. Forsuskaga uzatilayotgan mazut temperaturasi kamida $80-115^{\circ}\text{S}$ bo`lganligi uchun uning qovushqoqligi kamayib bir tekis to`zg`iydi.

Mexanik forsunka ancha tejamli ishlaydi va uni rostlash oddiy.



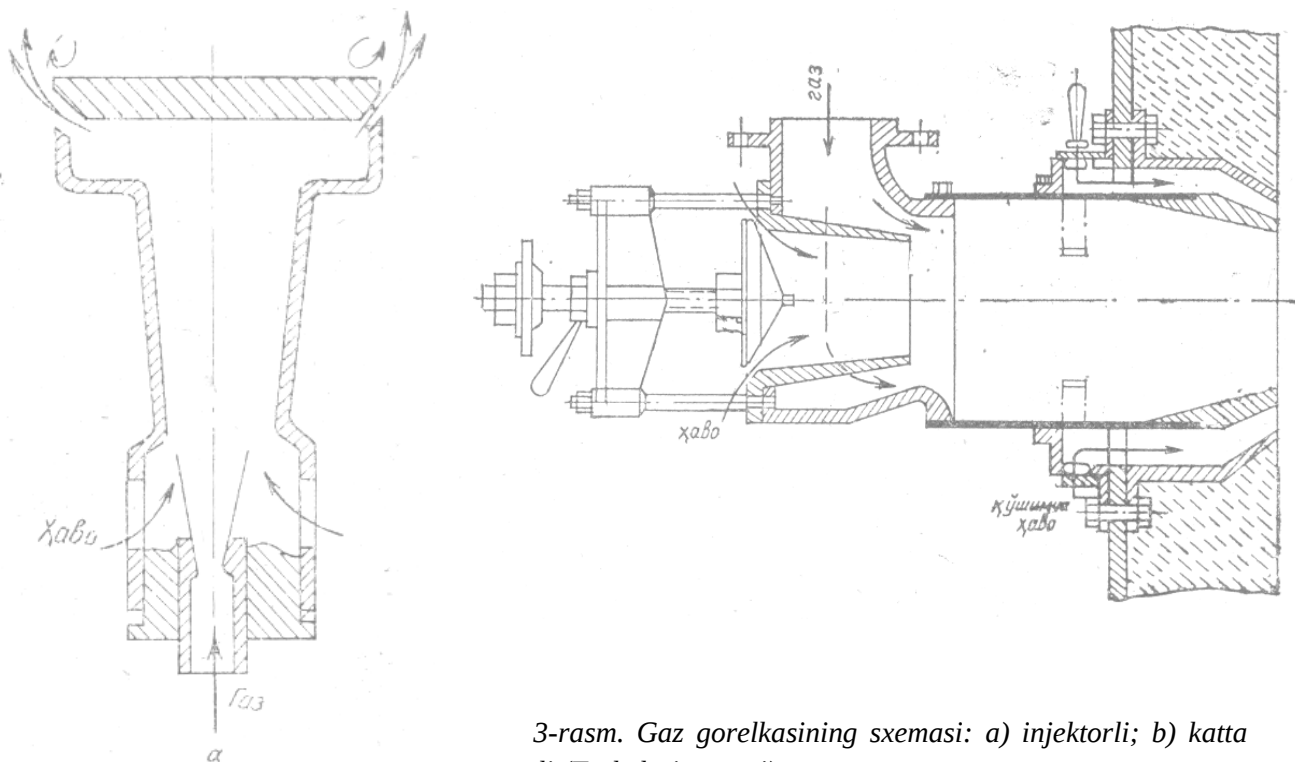
2-rasm. Forsunka turlari:
a) mexanik; b) pnevmatik; v) rotatsion.

Gaz yoqilg`isini yoqishda o`ziga xos texnik talablar bajariladi. Shuning uchun gorelka (2- rasm) hamda forsunkaning tuzilishi sodda va ishlatish oson bo`lishi kerak.

Domna, koks batareyalari, kameralarda metallurgiya zavodlari gazi va tabiiy gaz yoqiladi. O`txonaga havo va gaz gorelkalar orqali

uzatiladi.

Gorelkalar yuqori va past kaloriyali gaz yoqilg`isini yoqishga mo`ljallangan. Qozon qurilmalari o`txonalarida gazni yoqish ishlari hozirgi vaqtda maxsus elektr uchqunlari yordamida amalga oshiriladi va avtomatik nazorat qilib turiladi. Sun`iy gazlar asosiy qismining kaloriyasi past, tabiiy gazlarniki yuqori bo`ladi.



3-rasm. Gaz gorelkasining sxemasi: a) injektorli; b) katta quvvatli (Terbek sistemasi).

Gaz gorelkasi quyidagicha ishlaydi. Gaz gorelka o`qi bo`ylab harakatlanib, avval soplo 1 ga kiradi. Soploning old qismidagi halqasimon tirqish orqali unga havo so`riladi. Soploning davomi gaz va havoni aralashtirgich vazifasini bajarganligidan unda ish yoqilg`isi (gaz va havo aralashmasi) hosil bo`ladi. O`txona ichida joylashgan gorelkaning teshikli qismidan ish aralashmasi kamera ga kiradi va yonadi. Gaz yoki havo oqimining miqdori zaslonka (to`siq) va klapanlar yordamida rostlanadi.

**Ichki yonuv dvigatellarida (IYOD) Yoqilg`i** sifatida neftni qayta ishlash yo`li bilan olinadigan benzin, kerosin, solyar moyi hamda qayta ishlangan tabiiy gaz, hozircha laboratoriya sharoitlarida olinayotgan va tadqiqot qurilmalarida qo`llaniladigan vodorod gazidan foydalaniladi.

Karbyuratorli ichki yonuv dvigatellarida, asosan benzin, ligroin va gaz; dizel ichki yonuv dvigatellarida gazoyl va solyar moyi; reaktiv dvigatellarda kerosin-gazoyl fraksiyalari ishlatiladi. Benzin uglerod va vodorod birikmalaridan iborat bo`lib 30—205°S qaynaydi. Uning zichligi  $\rho = 700—800 \text{ kg/m}^3$ . Neftdan olinadigan A-66, A-72 A-76, AH-91, AI-92, AY-93, AI-98 markali benzinlar karbyuratorli dvigatellarda qo`llaniladi. Aviatsiyada sifati yuqoriroq bo`lgan B-100/130, B-95/130, B-31/115 markali yoqilg`i ishlatiladi. Benzin avtomobil dvigatelida eng kam sarflanadi: 260 g/kVt • soat.

Gazoyl - dizel dvigateli yoqilg`isi 200—400°S da qaynaydi. Gazoyl qayta ishlansa yana ham yaxshiroq yoqilg`i olinishi mumkin.

Solyar moyi. Neftni qayta ishlash jarayonida, uni haydash, fraksiyalarga ajratishda olinadigan dizel dvigatellarining yoqilg`isi. Qaynash temperaturasi 240—400°S, qovushoqligi 5—9 sst, 50°S da qotish temperaturasi — 20°S, ochiq havoda alangalanish temperaturasi 125°S dan yuqori.

Kerosin—suyuq uglevodorodlar aralashmasi bo`lib, reaktiv va dizel dvigatellarining yoqilg`isi hisoblanadi. Kerosin neftni to`g`ri haydash yoki neft mahsulotlarini krekinglash yo`li bilan olinadigan tiniq yoki sarg`ish-zangori tusdagi suyuqlik bo`lib, tez alangalanadi. Qaynash temperaturasi 180-320°S, zichligi $\rho = 775-850 \text{ kg/m}^3$.

Ligroin (og'ir benzin) — neft yoki neft-gazni ishlashda hosil bo'ladigan kondensat fraksiyasi bo'lib, 120—240°S da ajratib olinadi va dizel dvigateli yoqilg'isi sifatida ishlatiladi. Ligroin rangsiz, tiniq yoki sarg'ish suyuqlik zichligi $\rho = 785\text{—}795 \text{ kg/m}^3$

Surkov moylar. Ichki yonuv dvigatellari detallarining sirpanuvchi sirlari orasidagi ishqalanishini kamaytirish uchun turli-tuman moylash materiallari ishlatiladi: Avtol, TAD-17, Litol-24, Filol-1, Texnik vazelin VTV-1 va h. q

Nazorat savollari.

1. Yoqilg'ilar, ta'rifi va turlari.
2. Yoqilg'ilar tarkibi.
3. Yoqilg'ilar xususiyatlari.
4. Yoqilg'ining yonuvshi massalari.
5. Yoqilg'idagi ichki va tashqi ballastlar.
6. Yonish jarayoni.

8-Mavzu:Issiqlik ku'sh qurilmalari,Suv bug'i va uning diagrammasi.

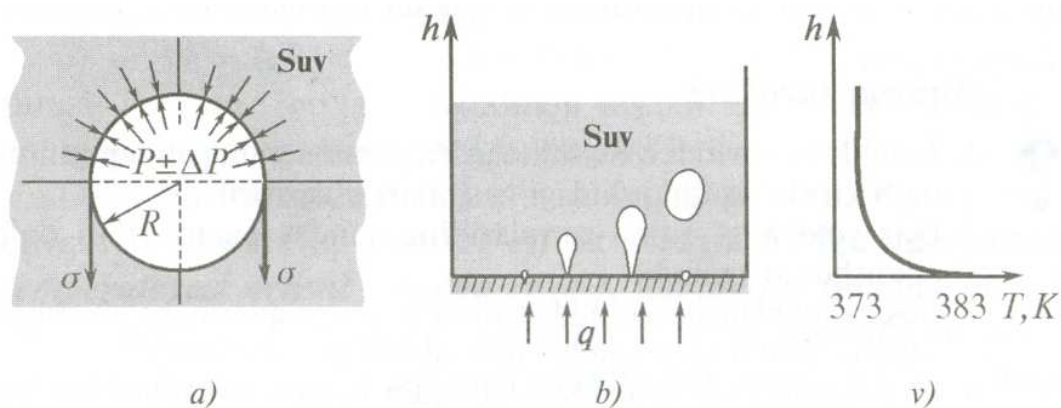
Reja:

1. Suv agregat holatining o'zgarishidagi issiqlik hodisalari
2. Suv bug'ining termodinamik jarayonlari
3. Suv bug'inig iS diagrammasi
4. Issiqlik kuch qurilmalari
5. Bug' kuch qurilmasining nazariy sikli
6. Oraliq bug' qizdirgichli bug' kuch qurilmasi
7. Binar sikli bug' kuch qurilmasi

Tayanch iboralar.

*Bug' kuch qurilmalari, bug' generatorlari, issiqlik mashinalari, bug'lanish, tuyingan nam, kuruk va uta qizigan bug', bug'ning kuriklik darajasi, bug'ning namligi, suv bug'i uchun **RV**- diagramma, Renkin idal sikli taxlili, issiq mashinalarinig f.i.k.*

Bug' qozonidagi suvga q issiqlik miqdori uzatilsa, suv bug'lanadi, ya'ni uning agregat holati o'zgaradi. Temperatura ko'tarilgan sayin suv miqdori kamayib, bug' esa ortib boradi. Suvning qaynash temperaturasi to'yingan bug' temperaturasi teng, ya'ni $T_s = T_{tb}$ bo'lganda, suvda bug' bo'lmaydi. Bunda issiqlik tabiiy konveksiya bo'yicha uzatilmaydi. Chunki suyuqlik hajmidagi suv bug'i pufakchasi ichidagi bosim P_p pufakcha sirtiga ta'sir qilayotgan suv bosimi P_s va sirt taranglik Kuchi yig'indisiga teng bo'ladi. Ma'lumki, $P_p > P_{tb}$ bo'lsa, $T_p > T_{tb}$ sharti bajarilganda, hech bo'lmaganda $T_p = T_e$ bo'ladi. Suvning qaynashi uchun $T_s > T_{tb}$ shart bajarilishi kerak. Shunda sirt taranglik kuchi asosiy omil bo'lib,



1-rasm. Qaynayotgan suv ichidagi pufakchaga ta'sir etuvchi kuchlar (a), qizdirilayotgan idish sirtidagi mikroyoriqlarda suv bug'i pufakchalarining paydo bo'lishi (b) va qaynayotgan suv qalinligi bo'yicha temperatura taqsimoti (v).

qaynash pufakcha bosimining orttirishiga bog'liq bo'ladi, ya'ni ΔP qancha katta bo'lsa, suv shuncha tez qaynaydi. Bunday holatda $\Delta T = T_s - T_b$ ham musbat va katta bo'ladi. 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, bug' pufakchasi kesimining perimetri bo'ylab sirt taranglik kuchi ta'sir etyapti. Uning kattaligi bosim kuchining vertikal yo'nalishdagi proyeksiyasiga teng, ya'ni

$$2\pi R\sigma = (P_c + \Delta P)\pi R^2 - P_c\pi R^2 \quad (1)$$

(1) ni ixchamlab, undan bosim orttirishi ΔP topiladi:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}, \quad (2)$$

bunda σ - sirt taranglik kuchi; R — pufakchaning ichki radiusi, m.

Demak, bug' pufakchasining radiusi qancha kichraytirilishidan qat'iy nazar, ma'lum R_{kr} (*kritik radius*)da pufakcha ichidagi $P + \Delta P$ bosimlar yig'indisi biror $T_s = T_{t.b.} + \Delta T_s$ temperaturada $P_{t.b.}$ bosimga tenglashadi. Shunda $P_p > P_s + \Delta P$ bo'lganligidan pufakcha radiusi ortib boradi, ya'ni u shishadi va suvning erkin yuzasiga qalqib chiqadi. Aksincha $R_{kr} > R$ bo'lganda pufaklar sirt taranglik kuchi hisobiga suyuqlik bilan qo'shilib ketadi. Xulosa qilib aytganda, *pufaklar radiusi noldan boshlanganda, suyuqlik hech qachon qaynamaydi.*

Suvning qaynashi bu, albatta, suv gazlarining ajralishi, ya'ni bug' pufaklarining paydo bo'lishidan boshlanadi. Suv bug'i uchun R_{kr} mavjud emas. Chunki suv bug'i pufakchasi hosil bo'lganidan so'ng unga tashqaridan issiqlik uzatilishi natijasida uning radiusi ortib boradi hamda ma'lum vaqtdan keyin idish devoridan ajralib chiqib suv hajmi bo'ylab suzadi va yuqoriga, ya'ni suv sirtiga qalqib chiqib yoriladi. Suv to'ldirilgan idishning issiqlik uzatadigan sirtidagi mikroyoriqlar, g'adir-budurlar gaz pufakchalarining paydo bo'lish markazlari hisoblanadi. Issiq sirtida paydo bo'lgan gaz pufakchalari issiqlikni yutishi hisobiga tezda kattalashib sirtdan uziladi, so'ngra suyuqlik bo'ylab yuqoriga ko'tariladi va issiqlik almashinuvini jadallashtiradi. Sirtdan ajralmasdan qolgan gaz pufakchalari, o'z navbatida, yangi pufakchajfni hosil bo'lishida birlamchi manba vazifasini bajaradi.

Sirtga beriladigan issiqlik miqdori ortib borganida gaz pufakchalarining hosil bo'lishi jadallashadi va ma'lum temperaturada suyuqlik hamda issiqlik o'rtasida bug' pardasi paydo bo'ladi. Shunday holat o'rinli bo'lganda issiq sirt bilan suyuqlik o'rtasida bug' pufakchalari orqali issiqlik almashinuvi va bug' hosil bo'lishi jadallashadi. Lekin, bug' pufakchalarining issiqlik o'tkazuvchanligi yomon bo'lganligidan bug' pardasi issiqlik almashinuviga to'sqinlik qiladi. Issiq sirt temperaturasi juda ko'tarilib (1273 K)

ketishi oqibatida apparatlar ishdan chiqishi mumkin. Shuning uchun bug' pardasi hosil bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi. Qozonga uzatiladigan issiqlik miqdorini keskin kamaytirish yo'li bilan bug' pardasi hosil bo'lishini oldi olinadi. Bu hodisa o'rinni boiganida esa qozon agregatiga zo'r keladi. Shuning uchun **pufakchali qaynash** jarayonida, maxsus tajribada aniqlangan empirik formulalardan foydalanib, issiqlik uzatishning α - koeffitsienti hisoblanadi va unga amal qilinadi.

Masalan, suv bug'ining bosimi 0,1—0,3 MPa oralig'ida bo'lganda issiqlik uzatish koeffitsientini quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$\alpha = 0,38 q^{0,667} P^{0,2}$$

Suv bug'idagi q issiqlik miqdori boshqa muhitga o'tganida bug' soviydi, natijada kondensatsiya hodisasi (bug'ning suvga aylanishi) ustivor bo'ladi. Kondensatsiya hodisasi suv bug'ining temperaturasi nisbatan issiqlik almashtirgichning sirt temperaturasi kichik bo'lganda ($T_{tb} > T_{is}$) sodir bo'ladi. Kondensatsiya ikki xil **tomchisimon** va **pardasimon** bo'ladi.

Simob bug'i yoki idish devorini ho'llamaydigan suyuqliklarda tomchisimon kondensatsiya, idish devorini ho'llaydigan suyuqliklarda pardasimon kondensatsiya kuzatiladi. Pardasimon kondensatsiya amalda ko'proq uchraydi. Kondensatsiyalovchi sirt temperaturasi qancha past bo'lsa, kondensatning hosil bo'lishi shuncha tezlashadi va aksincha.

Suv bug'ining issiqlik almashinuvi bilan suyuqlikka aylanish jarayonidagi issiqlik uzatish koeffitsienti $\alpha = 5000 \text{ W/m}^2\text{K}$ atrofida bo'ladi. Idish devorining yuqorisidan quyi qismi tomon kondensat (hosil bo'lgan suv) qalialigi ortib boradi. Ammo **pardasimon kondensatsiya** o'rinni boiganda esa idish devorining yuqori qismida issiqlik uzatilishi yaxshi bo'lsa, pastki qismida yomonlashadi. Pardasimon qatlam qalinlashib issiqlik almashinuvi sekin-asta pasayib boradi. Pardasimon qatlam issiqlikni yomon o'tkazadi.

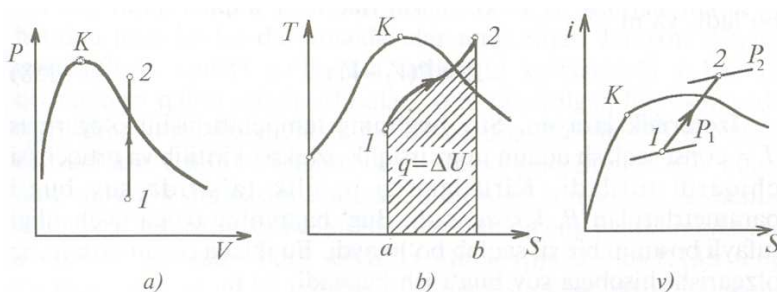
Suv bug'ining termodinamik jarayonlari

Suv va uning bug'ida sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlarga izojarayonlardan izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik jarayonlar mansubdir. Bu jarayonlar suv bug'i ish moddasi sifatida qo'llaniladigan bug'-kuch qurilmalari siklida sodir bo'ladi.

Izoxorik jarayon. O'zgarmas hajmda ($V = \text{const}$) joylashgan suv bug'iga q issiqlik miqdori uzatib, uni to'yingan quruq va o'ta qizdirilgan bug'ga aylantirish mumkin. Ish bajarib bo'lgan har qanday temperaturadagi bug'ni sovitganimizda kondensatsiyalanish davrida suyuq faza miqdori ortib borsada, lekin bug' 100% suyuqlikka aylanmaydi. Suyuqlik ustida ma'lum miqdorda kondensatsiyalanmagan bug' qoladi. Shuning uchun izoxorik jarayonning PV diagrammasi koordinata boshi noldan boshlanmaydi (2-rasm, 1 va 2 nuqtalar oralig'i). Har qanday past bosimda ham suyuqlik ustida muayyan miqdordagi to'yingan bug' bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq $V = \text{const}$ boiganda suv bug'i ish bajarmaydi, ya'ni $A = 0$. Bug'ga uzatilgan q issiqlik miqdori uning ichki energiyasining ortishiga sarf bo'ladi:

$$q = U_2 - U_1 = (i - PV)_2 - (i - PV)_1 \quad (3)$$



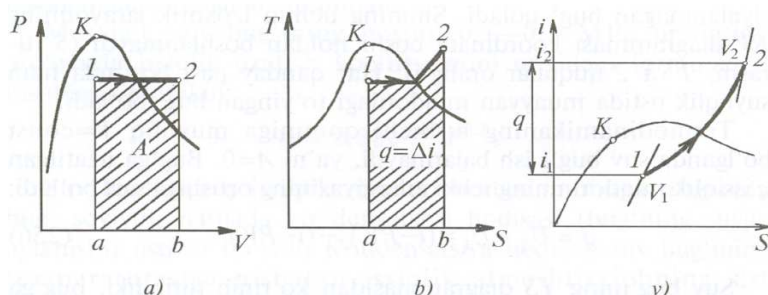
2-rasm. Suv bug'ining izoxorik jarayondagi PV (a), TS (b) va iS (v) diagrammalari.

Suv bug'ining TS diagrammasidan ko'rinib turibdiki, bug'ga uzatilgan issiqlik miqdori a $12b$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng.

Suv bug'ining $V=const$ bo'lgan jarayondagi P , T parametrlari o'zgarganda, uning entropiyasi va entalpiyasi o'zgaruvchan bo'ladi (2-rasm, iS diagramma).

Izobarik jarayon. O'zgarmas bosim ostidagi bug'ga q issiqlik kiritilsa, uning parametrlaridan V , ro'zgarishi hisobiga bug' foydali ish bajaradi.

Bug'ga keltirilgan q issiqlik miqdori va bajarilgan mh a nuqtalari hosil qilgan yuzaga son qiymati jihatidan teng bo'ladi (3-rasm, a , b). q issiqlik miqdori foydali ishga sarf bo'libgina qolmasdan, yana bug'ning ichki energiyasini orttiradi. Bug'ga keltirilgan issiqlik miqdori kengayish jarayonidagi bug' entalpiyasi ayirmasiga teng:

$$q = i_2 - i_1. \quad (4)$$


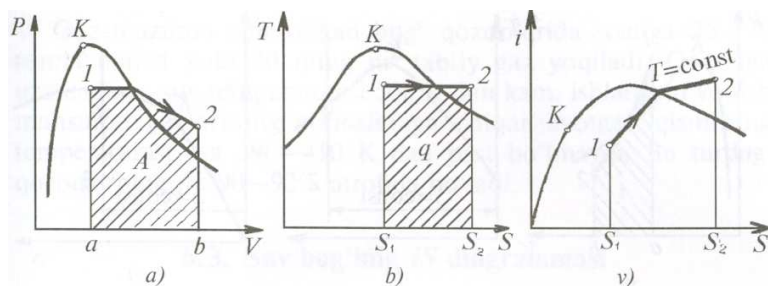
3-rasm. Suv bug'ining izobarik jarayondagi PV (a), TS (b) va iS (v) diagrammalari.

(4) ifodani 1-2 nuqtalardagi (3-rasm, b) entalpiya va ish ayirmalarining ayirmasi ko'rinishida (3) yoziladi. Unda, bug'ga keltirilgan issiqlik miqdori bug'ning bajargan ishiga teng boiadi, ya'ni

$$A = P(V_2 - V_1). \quad (5)$$

Izotermik jarayon. Suv bug'ining temperaturasi o'zgarmas $T=const$ saqlash uchun unga issiqlik uzluksiz kiritilib va ortiqchasi chiqarib turiladi. Kiritilgan q issiqlik ta'sirida suv bug'i parametrlaridan P , V o'zgaradi. Bug' hajmining o'zgaruvchanligi tufayli bosimni bir xil saqlab bo'lmaydi. Bu ikkala parametrlarning o'zgarishi hisobiga suv bug'i ish bajaradi, ya'ni;

$$A = q - (U_1 - U_2) \quad (6)$$



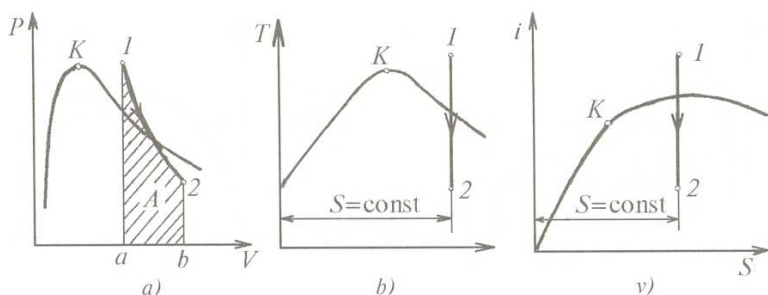
4-rasm. Suv bug'ining izotermik jarayondagi PV (a), TS (b) va iS (v) diagrammalari.

Bu ishning son qiymati PV diagrammadagi $a12ba$ nuqtalar hosil qilgan yuzaga teng. q issiqlik miqdori esa S_112S_2 nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng (4-rasm) bo'ladi. Keltirilgan issiqlik miqdori bug'ning parametrlaridan P , V ni o'zgartiradi, natijada uning entalpiya va entropiyasi ham o'zgaruvchan boiadi (4-rasm, v) dagi, iS

diagramma). Suv bug'ini $T=const$ saqlash jarayonida unga uzatilgan q issiqlik miqdori bug' entropiyasining o'zgarishiga sarflanadi:

$$q = T(S_2 - S_1) = (t + 273,16) \cdot (S_2 - S_1) \quad (7)$$

Adiabatik jarayon. Suv bug'iga tashqaridan issiqlik keltirilmagan holda uni kengaytirganimizda bug'ning ichki energiyasi kamayishi hisobiga bug' soviydi, natijada uning temperaturasi va bosimi pasyiyadi.



5-rasm. Suv bug'ining adiabatik jarayondagi PV (a), TS (b) va iS (v) diagrammalari.

Ma'lumki, ideal gazning issiqlik sig'imlarining nisbati ($k_G = c_p/c_v$) suv

bug'ining issiqlik sig'implari nisbati ($k=c_p/c_v$) ga matematik jihatidan teng bo'lsada, amalda ular teng emas. Jarayon tenglamasi ($PV^k=const$) qo'llanilsa, adiabat ko'rsatkichi k har xil qiymatlarni qabul qiladi. Masalan, o'ta qizdirilgan bug' sohasida c_p/c_v ning o'rtacha qiymati $k=1,3$ bo'lsa, nam bug' sohasidagi qiymati $k = 1,035 - 0,1x$ ko'rinishida bo'ladi. Bunda, x — bug'ning quruqlik darajasini bildiradi. Bug'ning kengayishi boshlanishida yoki siqilishi oxirida, ya'ni adiabatning eng yuqori nuqtasida $x=1,0$ boisa, nam bug' sohasida uning qiymati $x= 1,135$ teng boiadi. Shu sababli, adiabatik kengayish past bosimda sodii boiyotgan boisa, $PV^k=const$ tenglamani taxminiy hisoblashlarda qo'llanilishi mumkin.

5-rasmda suv bug'ining PV (a), TS (b) va iS (v) diagram-malari keltirilgan. Bug'ning adiabatik kengayishida bajargan ishi tiuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng (5-rasm, a). Ish qiymati termodinamikaning birinchi qonunidan foydalanib aniqlanishi mumkin. Suv va uning bug'i kengayganda ichki energiyalarining kamayishi qonuniyatidan foydalanib bug'ning bajargan ishining kattaligini aniqlash mumkin.

Demak, adiabatik jarayonda suv bug'i ichki energiyasining kamayishi hisobiga foydali ish bajariladi. Bu ishning kattaligi termodinamikaning birinchi qonuni bilan ifodalanadi:

$$dA = -du \quad \text{yoki} \quad A = u_1 - u_2 = (i - PV)_1 - (i - PV)_2 \quad (8)$$

$S=const$ bo'lgani uchun bug' kengayganda uning absolut temperaturasi va entalpiyasi adiabatik jarayonning TS va iS diagrammalarida pasayib boruvchi vertikal chiziqlardan iborat bo'ladi (5-rasm, b, v lardagi 1—2 nuqtalar).

Gaz-mazutda ishlaydigan bug' qozonlarida soatiga 25—30 tonna mazut yoki 30 ming m^3 tabiiy gaz yoqiladi. Qozonga uzatiladigan suv temperaturasi 500 K dan kam, ishlatilgan yonish mahsuloti gazlarining atmosferaga chiqarilayotgan qismining temperaturasi esa 390—410 K dan past bo'lmaydi. Bu turdagi qozonlarning fik 90—92 % atrofida bo'ladi.

Suv bug'inig iS diagrammasi

Issiqlik mashinalarini loyihalash va tadbiq etishdagi muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirishda suv bug'ining iS diagrammasidan foydalaniladi. Suv bug'ining iS diagrammasini bi-rinchi marta 1904-yili fransuz fizigi **J. Molye** taklif etgan va uni to $20 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimli bug' uchun qurgan. Unga qadar, iS diagramma o'rniga suv bug'iga uzatilgan yoki undan chiqarilgan issiqlik miqdori TS diagrammasidagi egri chiziq ostida joylashgan yuzani hisoblash yo'li bilan aniqlangan. Hisoblashlarni almashtirish va ishni osonlashtirish maqsadida TS diagramma o'rniga iS diagramma quriladi, ya'ni diagrammadagi temperatura o'rniga entalpiya qiymatlari qo'yiladi. Shunda iS diagrammada $S=const$ bo'lgandagi ish va $P=const$ bo'lgandagi issiqlik miqdori yuzalar bilan emas, chiziq kesmalari yordamida hisoblab topiladi. Natijada bug' jarayonlari va sikllaridagi issiqlik harakatini tekshirish usuli soddalashadi.

Ma'lumki, $T=273,16 \text{ K}$ da entalpiya va entropiya, shartli ravishda, nolga tenglashtiriladi. Shuning uchun izobaralar iS diagrammasining boshidan boshlanadi.

Bug' bilan ishlaydigan zamonaviy qurilmalarda odatda, namligi kichik bo'lgan (07—0,75) bug' ish moddasi sifatida qo'llaniladi. Ayrim holatlarda iS diagrammada $V=const$, $P=const$, $T=const$ va $x=const$ egri chiziqlari chiziladi. Izoxora ($V=const$) chizig'i izobara ($P=const$)ga nisbatan tikroq bo'ladi. $x=const$ chizig'i $x=1$ chizig'idan quyida joylashadi. **iS diagrammaning ish sohasi** deyilganda kjritik K nuqtasidan o'ng tomonda joylashgan yuqori chegaraviy **egri chiziqning yuqori** qismi tushuniladi. Bunda chegara egri chiziqdan quyi tomoni e'tiborga olinmaydi va zarur bo'lganida chegara egri chiziqning yuqori qismi kattalashtirib chiziladi.

Issiqlik kuch qurilmalari

Energetikaning birlamchi boyliklari *tabiiy va surfiy yoqilg'ilar, suv, shamol va boshqalardan foydalanib mexanik energiya hosil qila oladigan dvigatellar va yordamchi uskunalar majmuasi kuch qurilmalari deyiladi*. Foydalaniladigan energiya turiga ko'ra issiqlik, gidravlik, gidrodinamik, atom va sh.k. kuch qurilmalari bo'ladi. Issiqlik kuch qurilmalari maxsus energetik inshoot bo'lib, u qozon qurilmasi (yoki atom reaktori), nasoslar, kondensatorlar, bug' (yoki gaz) turbinalari, elektr generatorlari, quvurlar va shunga o'xshash asosiy uskunalaridan tashkil topgan. Bug' kuch qurilmalari bug' va gaz turbinalari, reaktiv dvigatellar va boshqa katta quvatli issiqlik mashinalaridan tashkil topadi. Issiqlik mashinasi issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi qurilma bo'lib, uning ish sikli ketma-ket sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlardan iborat. Eng awalo bu siklga issiqlik kiritiladi, uning ma'lum miqdori foydali ishga sarflanadi, so'ng qoldiq issiqlik miqdori sovitkichga chiqariladi. Siklga kiritilgan issiqlik miqdori q_1 albatta chiqarilgan issiqlik q_2 dan katta bo'lgandagina ma'lum miqdordagi foydali ish bajarilishi mumkin.

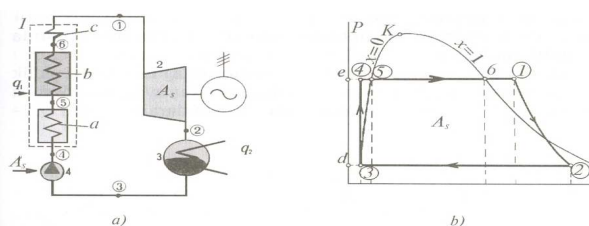
Bug' mashinasi, bug' turbinalari, IYDlar issiqlik dvigatellari hisoblanadi. Raketa dvigatellari ham IYD lari hisoblanadi. Raketa dvigatellariga kimyoviy raketa dvigateli (KRD), yadro raketa dvigateli (YARD), elektrodinamik raketa dvigateli (ERD), suyuq yoqilg'ili raketa dvigateli (SYRD), qattiq yonilg'ili raketa dvigatellari (QYRD) kiradi.

Eng birinchilardan bo'lib **Jeyms Uatt** 1784-yili suv bug'idan foydalanib ishga yaroqli bug' mashinasini yaratdi va unga patent oldi. J. Uatt mashinasi yuz yilcha dastgohlarni, parovozlarni, kemalarni harakatlantirishda asosiy kuch manbayi bo'lib kelgan bo'lsa, bugungi kunda ham issiqlik mashinalarida ekologik jihatdan toza hisoblangan suv va uning bug'i keng qo'llaniladi. Shuning uchun suv bug'i bilan ishlaydigan ayrim kuch qurilmalari sikllarini to'laroq o'rganish maqsadga muvofiqdir.

Bug' kuch qurilmasining nazariy sikli

Bug' kuch qurilmalari qozon agregati, bug' turbinalari, kondensator, nasos, elektr generatori va boshqa yordamchi uskunalaridan tashkil topgan. Qozon agregati, o'z navbatida o'choq, bug'latkich sirlari, bug' qizdirgichlar (o'ta qizdirgich), ekono-mayzer, havo isitkich, mo'ri, turli xil ventilyatorlar va yordamchi uskunalaridan tashkil topgan (6-rasm, a).

Bug' kuch qurilmalarida ishlatiladigan **ish jismi-suv bug'i** parametrlarining o'zgarishidagi ideal holatlarni o'rganadigan nazariy sikl **Renkin** sikli deb yuritiladi.



6-rasm. Bug' kuch qurilmasining ideal (Renkin) siklining sxemasi (a) va jarayonning PV diagrammasi (b):

a — ekonomayzer; b — bug' qozoni (generatori); c — bug' qizdirgich; A_s — kondensat nasosiga sarflangan ish; A_s — siklning foydali ishi; A_s — bug' turbinalarini bajarilgan ish; 1 — qozon agregati; 2 — bug' turbinalari; 3 — kondensator; 4 — nasos.

Eslatma: doira ichiga olingan raqamlar sikldagi ish jismi parametrlari o'lchalanadigan nuqtalarning o'rni.

Nazariy siklning sxematik tasviri va jarayonning PV diagrammasi 6-rasm a, b da keltirilgan.

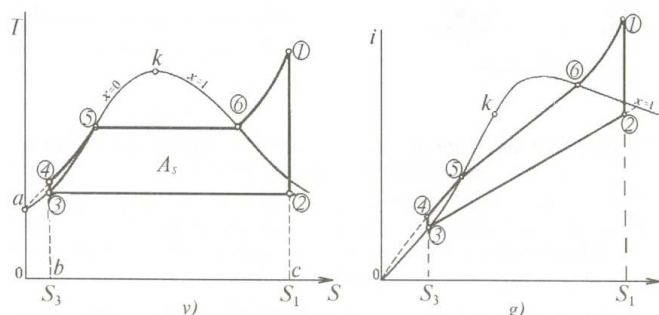
Renkin sikli quyidagicha kechadi: qozon agregati 1 dan yuqori bosim va temperaturali qizdirilgan suv bug'i bug' turbinalari 2 ga uzatiladi. Bug' tashqaridan ortiqcha issiqlik miqdorini olmasdan bug' turbinalarida kengayish jarayonida foydali ish bajaradi (6-rasm, b PV diagrammadagi 1 va 2 nuqtalar oralig'i). Turbinada ish bajarib bo'lgan suv bug'i o'zidagi qoldiq issiqlik energiyasini

kondensator 3 dan 2 va 3 nuqtalar oralig'ida sovitkichga uzatadi. Bug'ning ichki energiyasi kamayishi hisobiga u kondensatsiyalanib, suvga aylanadi.

Tashqi kuch (elektr energiyasi) ta'sirida nasos 4 ishga tushadi va kondensat (hosil bo'lgan suv) qozon agregatiga uzatiladi. Nasosning haydash kanalidagi bosimi uning so'rish qisminikidan katta bo'lgani uchun diagrammada J va 4 nuqtalar oralig'ida bosim ortadi, hajm esa o'zgarmas bo'ladi.

Suv bug'i ish bajarib bo'lgandan so'ng (1-2 nuqtalar oralig'ida), o'zidagi qoldiq issiqlik energiyasini sovitkichga chiqarib (2 va 3 nuqtalar oralig'i), izobarik jarayon orqali o'zining muvozanat holatiga qaytadi.

Real qurilmalarda, nasosdan o'tgan suv albatta ekonomayzer (a) dan o'tib, so'ngra qozon agregatiga quyiladi. Qozon agregati o'txonalarida yoqilgan yoqilg'ining yonish mahsuloti tashqariga olib chiqib ketayotgan, foydalanilmagan qoldiq issiqlik miqdoridan samarali foydalanish maqsadida, tutun yo'llariga ekonomayzer o'rnatiladi. Tutun o'zidagi qoldiq issiqlikni ekonomayzer orqali o'tayotgan kondensatga beradi va shu qoldiq issiqlik (tutundagi) yana qozon agregatiga qaytariladi. Shunda suv qoldiq issiqlik hisobiga o'z hajmini va temperaturasini o'zgarmas bosim ostida o'zgartiradi (6-rasm, v, g; 4va 5 nuqtalar oralig'i).



6-rasm, v, g. Renkin siklining TS va iS diagrammalari.

Qozon agregatining o'txonasida yongan yoqilg'i ajratgan issiqlik miqdori qozonga qo'yilgan suvga beriladi. Bu suv awal qozongacha ekonomayzer orqali o'tish jarayonida ma'lum darajada isiydi (6- rasm, v, g; 4—5 nuqtalar oralig'i). Asosiy issiqlik miqdori bug' generatoriga (5—6 nuqtalar oralig'i) kiritiladi va suv o'zining agregat holatini tezda o'zgartiradi, ya'ni bugianadi. Suvning bug'-lanishi o'zgarmas bosim ostida

kechadi, yutilgan q issiqlik hisobi-ga bug' o'z hajmini orttiradi. Bu qizdirilgan bug'ning parametrlarini ish bajaradigan darajagacha yetkazish uchun qo'shimcha issiqlik miqdori qozon agregatining bug' qizdirgich qismi (c) ga kiritiladi (diagrammadagi 6—1 nuqtalar oralig'i). Bunda bug'ning temperaturasi, entalpiyasi va entropiyasi o'zgaradi. Natijada qizi-gan bug' o'ta qizdirilgan bug' holatiga o'tadi (6-rasm, b, v, g; 6—1 nuqtalar oralig'i). Sikl qaytadan takrorlanadi.

Oraliq bug' qizdirgichli bug' kuch qurilmasi

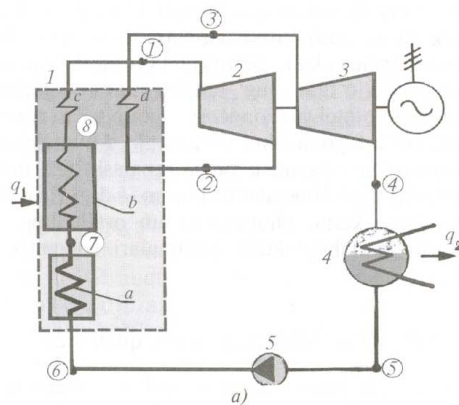
Turbina bosqichlarida bug' ish bajarib bo'lgandan so'ng uning namligi ortib ketadi. Bunda bug' parametrlarini ko'rsatkichlari pasayadi, ya'ni ish bajara olish xususiyati susayadi, uni rostlash hamda tiklash maqsadida, oraliq bug' qizdirgichlari qo'llaniladi. Bug' namligining ortib ketishi turbinaning yomon ishlashiga va uning qismlarini tezroq zanglab ishdan chiqishiga olib keladi. Bu kamchilikni tuzatish maqsadida birinchi turbinada ish bajarib namligi ortgan bug' qaytadan qozon agregatida joylashgan bug' qizdirgichga yo'naltiriladi va unda qizdirilib, quruqlik darajasi orttiriladi. Bu usulda ishlaydigan bug'-kuch qurilmasi (7-rasm, a) bitta o'qda joylashgan ikkita bug' turbinalar kaskadi hamda ikkilamchi bug' qizdirgich bilan boshqa turdagi bug' kuch qurilmalaridan farq qiladi.

Bug'ni qaytadan qizdirib, uni takroran ishlatadigan bug'-kuch qurilmasining PV va TS diagrammalari yuqorida qarab chiqilgan sikllarnikiga o'xshash bo'lsada, ayrim o'zgarishlarga ega. Oraliq bug' qizdirgichli bug' kuch qurilmasi siklida sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlarining TS diagrammasi 7-rasm, b da keltirilgan. Siklning TS diagrammasidan ko'rinadiki, 1 va 2, 3 va 4 hamda 5 va 6 nuqtalar oralig'ida, ya'ni birinchi va ikkinchi tuibinalarda va nasosda, bug'ning entropiyasi o'zgarmas bo'ladi. Chunki siklning shu nuqtalariga mos keluvchi holatlarida sistemaga issiqlik keltirilmaydi. Diagramma tahlilidan shuni aytish mumkinki, 4 va 5, 5va 1,2 va 3 nuqtalar oralig'ida sodir bo'ladigan jarayonlarda termodinamik sistemaning entropiyasi va entalpiyasi o'zgaruvchan bo'ladi. Chunki sistemada ish bajarmasdan qolgan issiqlik miqdori sovitkichga chi-qariladi (4—5 nuqtalar oralig'i) hamda sistemaga tashqaridan issiqlik miqdori (2 va 3 hamda 6 va 1 nutalar oralig'i) keltiriladi.

Bunday uslubda kechadigan siklning termik fik quyidagicha ifodalanadi: $\eta'_t = \frac{A'_s}{q'_1}$,

bunda $q'_1 = (i_1 - i_5) + (i_3 - i_2)$ ikkinchi marta bir kg bug' olish uchun bug'ni qizdirish davrida unga sarflangan issiqlik miqdori;

$A'_s = (i_1 - i_2) + (i_3 - i_4)$ — siklning bajargan ishi.



7 -rasm. Oraliq bug' qizdirigichli bug' kuch qurilmasining sxemasi:

1 — qozon agregati; 2 va 3 — bug' turbinalari; 4 — bug' kondensatori;
5 — nasos; a — ekonomayzer; b — bug' generatori; c — birinchi bug' qizdirigich;
d — ikkinchi bug' qizdirigich.

Eslatma: doira ichidagi raqamlar — sikldagi ish jismi parametrlari o'lchanadigan nuqtalarning o'rni.

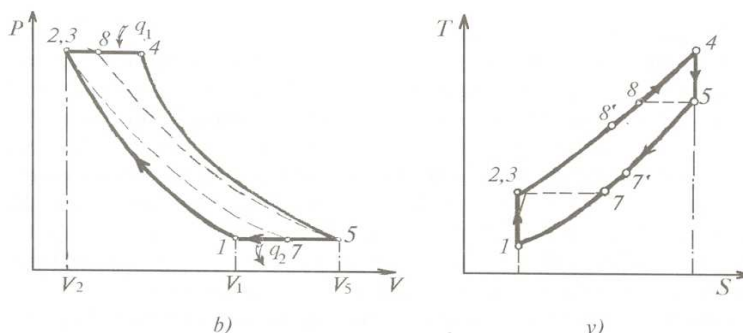
Bunday turdagi bug' kuch qurilmasining ishi oddiy siklnikiga nisbatan katta bo'ladi, ya'ni $\eta'_t > \eta_t$

Diagrammadan ko'rinib turibdiki, bug' adiabatik kengaygan-da (1—2 va 3—4 nuqtalar oralig'i) va kondensat siqilganda (5 va 6 nuqtalar oralig'i) sistemaga tashqaridan issiqlik miqdori keltirilmagan bo'lsa ham turbinalarda musbat, nasosda manfiy ishorali ish bajarilar ekan. Shuning uchun ikkala turbinada adiabatik kengayib o'tgan bug' entalpiyalari o'zgarishlarining yig'indisi nasosdan o'tadigan kondensat entalpiyalari o'zgarishidan katta boiadi. To'la foydali ishni 1—2 va 3—4 nuqtalar

oralig'ida bug'ning kengayishida bajargan ishiga tenglashtirish mumkin va bu ish oddiy siklda 1 va. luqtalar (7-rasm, b dagi jPFdiagramma) oralig'idagi ishdan katta. Shuning uchun oraliq bug' qizdirish uslubiga ega bo'lgan bug' kuch qurilmalari energetikada keng qo'llaniladi.

Binar siklli bug' kuch qurilmasi

Ish jismi sifatida ikkita mutlaqo bir-biriga aralashmaydigan moddadan foydalaniladigan va mustaqil sikllarga ega bo'lgan issiqlik-kuch qurilmasi **binar** (lot. binarus-qo'sh) **siklli kuch qurilmasi** deyiladi.



7 -rasm. Oraliq bug' qizdirigichli bug'-kuch qurilmasi siklining PV (b) va TS (v) diagrammalari.

Bunga simob-suv binar kuch qurilmasi misol bo'la oladi (8-rasm, a). Qurilmaning birlamchi berk konturida ish jismi sifatida simob olingan, maxsus konstruksiyadagi qozon, turbina va kondensator qo'llanilgan.

Simob zaharli

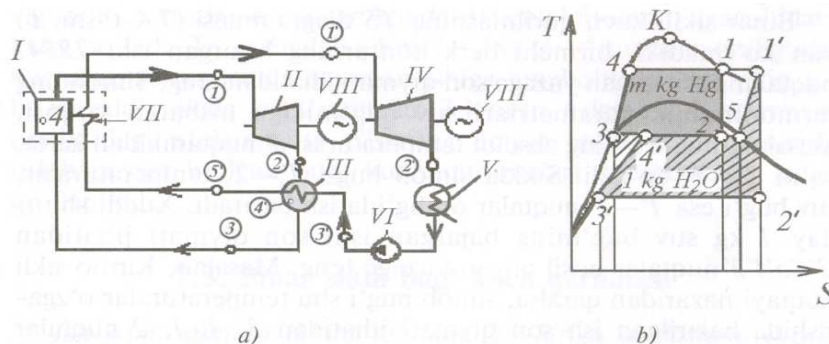
modda,uning kritik nuqtasining temperaturasi $T=1673,16$ K, shu nuqtadagi bosim $P=980 \cdot 10^5$ Pa. Issiqlik almashtirgichda (kondensator) simob yuqori temperaturada ham to'yinish holatiga ($T=498,36$ K) o'ta oladi. Suv bunday xossaga $T=306,04$ K da o'tadi. Suv bug'ining qaytadan qizdirish temperaturasi $T=873,16$ K, bunday yuqori temperaturalargacha qizdirishga o'tga chidamli materiallar ham bardosh bera olmaydi. Oqibatda, suv bug'ining yuqori temperaturalaridan foydalanib bo'lmaydi. Bu kamchilikni

yo'qotish maqsadida binar siklli kuch qurilmalaridan foydalaniladi. Sxemadan ko'rinadiki (8-rasm, *a*), issiqlik birlamchi berk konturdan (ish jismi — simob) ikkilamchi-siga (ish jismi — suv bug'i) maxsus qurilma — simob kondensatorida regenerativ issiqlik almashinuvi orqali keltiriladi. Bunda simob kondensatori to'yingan suv bug'ining qozoni vazifasini bajaradi. To'yingan suv bug'i simobli kondensatorida hosil boigandan so'ng, yana qo'shimcha simobli turbinada konturidagi qozon qurilmasining bug' qizdirgichida qizdirilib, bosimi va temperaturasi ish bajaradigan qiymatlargacha yetkaziladi, keyin ikkinchi berk konturdagi bug' turbinasiga uzatiladi. Turbinada, bug' kengayib ish bajarish jarayonida, issiqlik almashinuvi hisobiga suyuqlikka aylanadi. Hosil bo'lgan suv, ya'ni kondensat, suv nasosi yordamida simobli kondensatorga haydaladi. Unda, bugianib bo'lgandan so'ng bug' qizdirgich orqali bug' turbinasiga uzatiladi. Sikl takrorlanadi.

Binar siklli kuch qurilmasining *TS* diagrammasi (7.4-rasm, *b*) dan ko'rinadiki, birinchi berk konturning bajargan ishi nuqtalar hosil qilgan yuzaga son qiymati jihatidan teng. Simobning termodinamik parametrlari suv bug'inikiga nisbatan yuqori, masalan, nuqta 3 ning absolut temperaturasi 3' nuqtanikidan katta, ya'ni $T_3 > T_y$ bo'ladi. Siklda simob bug'i $T_1 - T_2$ temperaturalar, suv bug'i esa 1'—2' nuqtalar oralig'ida ish bajaradi. Xuddi shun-day 1 kg suv bug'ining bajargan ishi son qiymati jihatidan 3'4'5'1'2' nuqtalar hosil qilgan yuzaga teng. Masalan, Karno sikli nuqtayi nazaridan qaralsa, simob bug'i shu temperaturalar o'zga-rishida bajarilgan ish son qiymati jihatidan 3, 4, 1, nuqtalar hosil qilgan to'rtburchak yuzaga teng bo'lar ekan. Renkin sikli-ning Karno sikliga yaqinlashuvini bilish uchun goho shu sikllarda bajarilgan ishlarning nisbatlari aniqlanadi. Bu nisbatlarni siklning **karnolashtirish koeffitsienti** deyiladi:

$$\alpha = A_s / A_s^k,$$

bunda A_s va A_s^k — Renkin va Karno sikllarining ishlari.



—rasm. Binar (simob-suv) bug' kuch qurilmasi (*a*) va siklining *TS* diagrammasi (*b*):

I — qozon qurilmasi; *II* va *III* — simob turbinasi va kondensatori;
IV — bug' turbinasi; *V* — kondensator; *VI* — kondensat nasosi;
VII — bug' o'ta qizdirgichi; *VIII* — elektr generatori.

Nazorat savollari

1. Bug' kuch qurilmalari qanday inshoot va uning tarkibiga nimalar kiradi?
2. Bug' kuch qurilmalarining ideal sikli deyilganda qanday sikl tushuniladi? Ideal siklning *PV* va *TS* diagrammalari qanday termodinamik izojarayonlardan tashkil topadi?
3. Ideal siklning *PV* va *TS* diagrammalari qanday quriladi va ulardan siklning bajargan ishi qanday topiladi?

4. Renkin siklining *fik* ni hisoblash formulasini yozing.
5. Bug' kuch qurilmalari bir-biridan nimalari bilan farq qiladi?
6. Binar siklli kuch qurilmasining birinchi berk konturida ish moddasi sifatida qanday suyuqlik ishlatilgan va nima uchun bu usul tanlangan?
7. Binar siklli kuch qurilmasining *fik* ideal siklli bug' kuch qurilmasinikidan nima bilan farq qiladi va ularning PV va TS diagrammalarining qanday o'xshashliklari bor?
8. Karnolashtirish koeffitsienti nima?

9-Mavzu:Qazon qurilmasi.Uning tuzilishi va ishlash printsiipi.

Reja

1. Qazon qurilmasi,uning tuzilishi va ishlash printsiipi.

2.Bug` qozonlari.

3.Suv-bug`ining hosil bulishida ayrim fizik jarayonlar.

Uchoqda yoqilgan yoqilgidan ajralgan issiqlik hisobiga bosim ostida issiq suv va bug` hosil bwladigan uskunalar majmui **qozon agregati** deyiladi.Qozon agregati wchoq, bug`latish sirtlari –ekran, bug` izdirgich, suv ekonomayzeri va havo isitkishlardan tashkil topadi.Qazon qurilmasi tayyorlanadigan mahsulot turiga kura bug` qazonlari va suv isitadigan qazonlarga bwlinaadi.Texnologiya jarayonlarining chiqindilarini yoqub yoki metallurgiya zavodlaridan va domna pechlaridan chiqqan tutin gaz aralashmalari issiqligidan foydalanib ishlaydigan qazonlarga **utilizator** qazonlari deyiladi.Qazon agregati va yordamchi uskunalar majmui **qazon qurilmasi** deyiladi. Qazon qurilmalari ishlatilishiga kwra **energetik,ishlab chiqarish** va **isitish** turlariga bulinadi.Faqat issiqlik elektr stantsiyalarining bug` trubalarini bug` Bilan ta`minlaydigan qozon qurilmalari **energetik qozon qurilmasi** deyiladi.

Sanoatni va aholi yashaydigan joylarni hamda idoralarni issiq suv yoki bug` bilan ta`minlaydigan qozonlar **ishlab chiqarish** va **isitishqozonlari** deyiladi.

Qazon qurilmasining texnologik sxemasidan kurinib turibdiki, qurilma utxona va tutin yuli, issiq suv-bug` aralashmasi yig`iladigantsilndrsimon yopiq idish –baraban,isitish sirtlari, havo isitkich, ekonomayzer, bug` qizdirgich,kul tutgich,tutin,kul va shlak chiqaruvchi moslamalar,muri hamda yordamchi asbob uskunalaridan tashkil topgan.Isitish sirtlariga bosim ostida harakatlanadigan suv va bug` trubalaridan tashqari utxona ekrani,bug` qizdirgich va suv ekonomayzeri kiradi. Qazon qurilmasini engillashtirish va uning isitish sirtlarini orttirish maqsadida isitilishi zarur bulgan hamma asboblari,asosan trubalardan yasaladi.Katta quvvatli qozon kurilmalarida suv ekonomayzeri, havo isitish asboblari quyib ishlanadi.Bug` hosil qiluvchi trubalar,utxona ekran iva ularga suv keltiruvchi trubalar barabanga ulanadi.Ularda suv-bug` aralashmasi berk kontur buyicha harakatlanadi, ya`ni utxona tashqarisidagi trubadan suv oqib tushib, kollektorga quyiladi va undan alanga va tutun gazlari bilan issiqlik almashinuvi utxona ekraniga utib, u erda bug`lanadi.Kollektor utxonaning sovuq voronkasi, ya`ni kul va shlak tushadigan qismida joylashgan. Issiqlik tutun gazlari yulidagi suv ekonomayzeri va havo isitkichga konvektiv issiqlik almashinish usulida uzatiladi. Shuning uchun utxonaning bu qismi **konveksiya shaxtasi** deyiladi.Tutun gazlarining temperaturasi konveksiya shaxtasidan utish vaqtida 800-900 K dan 300-400 K gacha pasayadi.

Utxona devorining ichki qismiga utga chidamli g'ishtlar teriladi. Tashqi tomonidan metall qoplama bilan uraladi. Bu utxona mustahkamligini oshiribgina qolmasdan, uning ichiga devor orqali ortiqcha havoning surilishidan va gazlarning tashqariga chiqishidan saqlaydi.

Suv bug'ini hosil qilishda maxsus konstruksiyadagi qozon qurilmalaridan –suv tayyorlash, bug' qizdirgich, bug' generatorlaridan foydalaniladi. Hosil qilingan bug' yordamida bir va kup bosqichli bug' trubinasi elektr generatoridan foydalanib, elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Ishlatib bulingan bug'ning qoldiq issiqligidan tula foydalanish maqsadida issiqlik kondensator orqali chiqarilib iste'molchiga uzatiladi. Iste'molchilar qullagan isitish apparatlari uz navbatida sovitqich vazifasini ham bajaradi. Ishlatilib bulingan bug'ning asosiy qismi kondensatorda issiqlik almashinuvi natijasida sovutilib, suvga aylantiriladi va u nasos yordamida yana qozon agregatiga yoki bug' generatoriga qaytariladi.

Qozon kurilmasining asosiy yoqilg'isi sifatida toshkumir, torf, neft va uning og'ir fraktsiyalari, domna va tabiiy gaz, yonuvchi slanetslar ishlatiladi. Ayrim kuch qurilmalarida issiqlik energiyasi manbai sifatida quyosh egnrgiyasidan, aktinoidlar guruhidagi uran, plutoniy elementlarining zanjirli yadro reaksiyasi vaqtida ajraladigan issiqlik energiyasidan foydalanadi.

Qozon kurilmasiga yoqilg'i maxsus yoqilg'i saqlanadigan omborxonalaridan turli tuman uzatgichlar orqali maydalab yoki butunligicha, maxsus qushimchalar qushib yo qushmasdan bunkerga uzatiladi. Qattiq yoqilg'ini chang holatigacha maydalab, yoqiladigan qozon kurilmasini qarab chiqaylik. Kumir omborxonada maydalanganidan sung, uzluksiz hul kumirni qabul qiluvchi yoqilg'i bunkeriga va undan kumir tegirmoniga yunaltiriladi. Tegirmonda tayyorlangan changsimon kumir maxsus ventilyator hosil qilgan havo oqimi yordamida, truboprovod orqali, qozon qurilmasi binosi ichida joylashgan utxonaning gorelkasiga uzatiladi. Yonishni tula taminlash maqsadida isitkich orqali atmosfera havosi isitilib puflash ventilyatori yordamida gorelkaga uzatiladi. Qozonni suv bilan ta'minlaydigan tsilindrsimon barabanga suv deaeratsiyali suv g'amlaydigan idishdan ta'minlash nasosi yordamida uzatiladi. Haydalgan suv, albatta suv ekonomayzeri orqali utgandan sung barabanga quyiladi. Suv bug'i, utxona ekrani vazifasini bajaruvchi trubalarda hosil buladi va bosim ostida barabanga utadi. Trubalarda hosil bulgan quruq tuyingan bug' baraban orqali uta qizdirgichga va undan iste'molchiga uzatiladi.

Bug' qozonlari

Issiqlik energiyasiga sanoat, maishiy xizmat, idoralari va aholi yashaydigan turar joylarda talab ortgan sayin bug' va issiq suv tayyorlaydigan qozonlar tuzilishi va ularda tayyorlanadigan bug' parametrlari uzgarib boradi. Eng avval, bug' qozonining tuzilishi soda, ishonchli va xavfsiz ishlashi, uni tayyorlashga metall kam sarflanishi va FIK yuqori bulishiga e'tibor beriladi. Yangi turdagi bug' qozonlari loyihalandi, sungra qurildi va sinab kurildi. Tayyorlanadigan bug' bosimi atmosfera bosimidan yuqori bulgan hamma turdagi qozonlarda yoqilg'ining yonishida ajralib chiqqan issiqlik muqдорidan samarali foydalanish masalasi asosiy masaladir. Tuzilishi jihatidan ular bir-biridan farqlansada, ularning vazifasi bitta-bug' tayyorlashdan iborat. Masalan, oddiy tsilindrsimon bug' qozoni ikki yunalishda takomillashtirilgan: a) ***gaz trubali***, ya'ni bug'lanadigan suv ichidan kata diametrdagi 2-3 ta ut qovurlari utib, uning oxiri kichik tutun quvurlariga ajraladi; b) ***suv trubali***, ya'ni katta diametrdagi suv qovurlarining tashqi sirtlarini alanga –tutun gazlari yalab-yuvib utadi.

Bu loyiha takomillashtirilib, katta diametrli suv qovurlari (3-9ta) uringa tuplam-tuplam qilib joylashtirilgan kichik diametrli gorizonta, qiya (12^0 gacha burchak ostida) va vertikal suv qovurli qozonlar yaratildi. Bu suv qovurlarining pastki uchi kollektorga, yuqori uchi barabanga birlashtirilishi natijasida bug' yig'uvchi barabanlar soni 1 yoki 2 tadan oshmaydigan qozonlar darajasigacha takomillashtirildi. Bug' qozonlarining eng avvalgilarining FIK 30%, bug' bosimi 1 MPa atrofida bulsa, zamonaviy bug' qozonlarining FIK 93-95%, ish bug' bosimi 25,5 MPa ga etadi.

Suv-bug'ining hosil bulishida ayrim fizik jarayonlar.

Suyiqlikning tashqi ta'sir natijasida gaz holatiga utishi **bug`lanish** deyiladi. Suvning bug` holatiga utishi uchun uning sirtidagi bosimni uzgarmas yoki uzgaruvchan holatda saqlab, unga ma'lum miqdordagi issiqlikni kiritish kerak. Shunda suv molekulalari orasidagi tutunish kuchlari kamayadi va molekulalarning kinetik energiyasi ortadi. Molekulaning muvozanat holatidagi kinetik energiyasi uning q issiqlik miqdorini yutgandan keyingi kinetik energiyasidan ancha kichik bulgandagina suyuqlik gaz holatiga utav boshlaydi, ya'ni bug`lanadi. Aksincha, bulganda kondensatsiya hodisasi kuzatiladi. Suyuqlik sirtidan qancha molekula uzulib chiqib gaz holatiga utsa va xudi shuncha molekula kondensatsiyalanib suyuqlik holatiga qaytsa, bunday hodisa **tuyinish holati** deb qabul qilingan, ya'ni bug` suv bilan muvozanatda buladi. Suyuqlik bilan dinamik muvozanatdagi bug` **tuyingan bug`** deyiladi. Suyuqlikning erkin sirti ustidagi bushliqni tuyintiradigan bug` qismi **nam bug`** deyiladi.

Suyuqlikka uzatiladigan issiqlik miqdori ortib borishi bilan uning temperaturasi ham kutariladi va suyuqlik, molekulalarining gaz holatiga utishi kuzatiladi. Natijada jadal ravishda bug` pufakchalari idish devorlarida suyuqlik hajmida paydo buladi va kattalashib suyuqlik sirtiga qalqib chiqib yoriladi. Bunday hodisa **qaynash** deyiladi.

Qaynash suyuqlik sirtidagi bosimga bog`liq, ya'ni bosim ortsa, qaynash temperaturasi ham ortadi va, aksincha.

Hosil qilingan nam bug`ga yana qushimcha issiqlik miqdori uzatilsa, uning tarkibidagi juda mayda suv tomchilari bug` holatiga utadi va tuyingan quruq bug` hosil buladi. Bug`ning quruqlik va namlik darajasi tuyingan quruq bug` tarkibidagi bug` va suv tomchilari miqdori bilan baholanadi.

Bug`ning quruqlik darajasi qacha katta bulsa, uni ishlatish ham shuncha qulay.

Nazorat savollari

1. Qozon agregati deganimiz nima ?
2. Utilizator qazonlari deb nimaga aytiladi?
3. Qazon qurilmasi deb nimaga aytiladi?
4. Qazon qurilmalari ishlatilishiga ko'ra qanday turlarga bulinadi?
5. Konvektsiya shaxtasi deb nimaga aytiladi?
6. Odiy tsilindrsimon bug` qozoni neshta yunalishda takomillashtirilgan va qanday?
7. Bug`lanish deb nimaga aytiladi?
8. Tuyinish holati deb nimaga aytiladi?
9. Tuyingan bug` deb nimaga aytiladi?
10. Nam bug` deb nimaga aytiladi?
11. Qaynash deganimiz nima ?

10-mavzu: Bug' trubinasi. Bug' trubinasining tasnifi va ishlash printsiplari.

REJA:

1. Bug` turbinalari - issiqlik mashinasi.
2. Bug` turbinalarining tabakalanishi.
3. Aktiv bug` turbinasi.
4. Reaktiv bug` turbinasi.

5. Bug` turbinalari quvvati va f.i.k.

TAYANCH IBORALAR.

Bug` turbinasi - issiqlik mashinasi. Yaratish tarixi. Tabakalanishi. Aktiv bug` turbinasi. Reaktiv bug` turbinasi. Bug` turbinasidagi bajarilgan ish. Aktiv turbina nisbiy f.i.k., reaktiv turbina nisbiy f.i.k. Haqiqiy bug` turbinasi f.i.k. Xozirgi zamon bug` turbinalari parametrlari va f.i.k.

Bug` energiyasidan foydalanishdagi birinchi urinish bug` turbinasiga taalluqdir. Eramizdan oldin Geron Aleksandriyskiy "Geron sharani" kurgan XVIII asrda esa italiyalik Brank "Brank gildiragini" yozib koldirgan.

Yuqoridagilardan amalda foydalanilmagan va ular bug` turbinalarining timsoliy namunalari edi. Usha davr texnikasining kolokligi tufayli anashu izlanishlar, ya`ni amaliy bug` turbinasining yaratish masalasi tuxtab kolgan edi.

Bug` turbinalarini amaliy uzlashtirish XIX asrning oxirlaridan boshlandi.

Bug`ning issiqlik energiyasini bosqichma bosqich mexanik energiyaga aylantirib beruvchi issiqlik mashinasi *bug` turbinasi* deyiladi.

Keyinchalik bu soxada kup olimlar va ixtirochilari ish olib bordilar. Jumladan ingliz ixtirochisi J.Uatt (1774 y) ishga yarokli bug` mashinasini ixtiro etdi. Undan oldin bug` mashinasini qismlarini rus kashfiyotchisi I.I.Polzunov yasagan edi.

Bug` turbinasi dvigatelini birinchi bulib shved muxandisi Laval` (1788 y) yasadi va uni amalda ishlashini isbotladi. Bug` turbinasi yasalgandan sung, uni takomillashtirish tadqiqotlari rivojlanib ketdi.

Bug` turbinalarini yaratish va kurish Rossiyada (S.Peterburgda) boshlangan edi. Boshlangich bug` turbinalir kam quvvatli bulgan 10,25 va 50 ming kVtli. Keyinchalik urta va yuqori quvvatli bug` turbinalari muvafakiyat bilan yaratilmokda. Xozirda 100, 300, 800 ming kVtli va 1,2 million kVt bug` turbinalir mavjud va ular issiqlik elektr stantsiyalarida, issiqlik atom elektr stantsiyalarida, atom suvosti kemalarida va dengiz kemalarida keng foydalanilmokda.

Bug` turbinalirda kechadigan issiqlik jarayoniga qarab, ularni quydagi tabakalarga guruxlarga bulish mumkin.

Kondensatsion turbinalar (bosim rostlanadigan va rostlanmaydigan) va karshi bosimli turbinalir. Ular aktiv va reaktiv turlari mavjuddir. Bug` turbinalari bir, ikki va kup bosqichli hamda mos ravishda past, urta va yuqori boimi bo`ladi. Ular quvvatlari jixatidan ham bir-birlaridan farqlanishadi.

Aktiv bug` turbinasining tuzilishi va ishlashini kurib chikaylik. Bunday turbina Laval` tomonidan 1892 yilda yaratilgan bulib, bir bosqichli bulgan (1-rasm).

Bug` ish kurakchalariga tegishidan olin kuzgolmas soplolarda kengayadigan turbinalar aktiv turbina deyiladi. Soploning chikishida bug`ning potentsial energiyasi tulik mexanik energiyaga aylanadi.

Kurakcha I m/sek aylanma tezlikda xarakatlansa, bug` oqimi kurakchaga  $w_1$  nisbiy tezlik va  $\beta_1$  burchak ostida kiradi. Kurakchadan chikish-dagi nisbiy tezlik  $w_2$  bulib,  $\beta_2$  burchak bilan yunalgan bo`ladi. Kurakchaga bug` zarbasiz kirishi uchun nisbiy tezlik kurakchaning kirish kirasiga urinma bulib

yunalishi kerak. Turbina kurakchasi ichki yuzasiga bug`ning ishkala-nishi mavjud bulganligidan  $\omega_2 < \omega_1$  bo`ladi. Bunda nisbiy tezlikning bekorga kamayishi $\psi = 0,85 \div 0,92$ koeffitsenti bilan xisobga oli-nadi va $\omega_2 = \psi \omega_1$ (1) bo`ladi;

Bug` tezligini yunalishi o`zgarib turganligidan (kurakcha egri) kurakchaga markazdan kochma bosimdan kuch xosil bo`ladi. Bu kuch-larning teng ta`sir etuvchi R impul`slar tenglamasi bilan topilish mumkin:

$$R_u = m_s \cdot C_{1u} - m_s C_{2u} = m_s (S_{1u} - S_{2u}), \quad (2)$$

bu erda m_s - kurak orqali vekundiga okib utadi-gan bug` massasi, $S_{1u} - S_{2u}$ - absalyut tezliklari, S_1 va S_2 larning kurakcha aylanish tomoniga proktsiyalari.

Aktiv bug` turbinasi quyidagi xususiyatlarga ega ekan:

1. Bug`ning kengayishi mavjud bulgan hamma issiqlik farqi (imkoniyati bulgan issiq-likning pasayishi  $-\Delta i_n$ ) dan foydalanishi xisobiga fakat yunaltiruvchi soplolarda sodir bo`ladi (bug` potentsial energiyasi kinetik energiyaga aylanadi).

2. Bug`ning kengayishidan xosil bulgan tezligi bug` ish kurakchalari orasidan utayotganda kamaya boradi (bug`ning kenetik energiyasi mexaniq energiyaga aylanadi.)

3. Bug` ish kurakchalari orasidan utayotganida uning bosimi o`zgarmaydi.

Bir diskli aktiv turbinaning nisbiy f.i.k (bug`ning ish kurakchalarida bajargan ishi)

$$\eta_{pol} = \frac{L_u}{L_y} \quad (3)$$

(3) ifodaga binoan bug` turbinasining (aktiv) nisbiy f.i.k η_{pol} mavjud issiqlik farqining kancha qismi turbina kurakchalarida ishga aylanganligini bildiradi.

Aktiv turbinalar yana tezligi bosqichli o`zgaradigan, bosimi bosqichli o`zgaradigan va bosim va tezligi bosqichli o`zgaradigan turlarga bulinishadi.

Reaktiv turbinalir. Porsons tomonidan (1884y) yaratilgan. Unda yunaltirgich soplolarda bug` issiqlik farqi (issiqlikning pasayishi) ning fakat ulushidan, ya`ni ma`lum mikdorida foydalanib, qisman kengayadi; issiqlik farqining kolgan qismidan bug`ni turbinaning ish kurakchalaridan kengayishida foydalaniladi. Yunaltirivchi soplolar ham xarakatlanuvchi bo`ladi (aktiv turbinadi soplo kuzgalmas edi). Ishchi kurakchalariga uxshab ketadi.

Ish kurakchalari shundayki, ular torayib boruvchi kanallar xosil kiladi. SHu sababli bug` kurakchalar orasidan utib borib, kengayadi va bosim ham o`zgaradi. Demak raektiv turbinada bug` ikki marta kengayadi, bosim ham ikki marta o`zgarar ekan (aktiv turbinada bug` fakat kuzgolmas soploda kenayar edi va ish kurakchasidan utganda o`zgarmas edi).

Reaktiv turbinada bug` ish kurakchada ham kengayadi, shu xisobiga bosim ham kamayadi va bug` kurakchadan chikishda tezligi ortadi. Bunda kurakcha bug`ning reaktiv ta`sirida kushimcha kuch impul`si oladi va ish bajariladi.

Demak reaktiv turbinada ish kurakchalari bug`ning ham aktiv, ham reaktiv ta`sirlari yigindisi xisobiga ish bajarar ekan. Reaktiv turbinadi nisbiy f.i.k. aktiv turbinadagiga nisbatan ikki marta kup

bo`ladi. Bu xolat reaktiv turbina ish kurakchalari tezligini aylanma tezligini ikki barobar kupay-tirishini talab kiladi. Bunday turbina konstruksiyasini yaratish juda nokulay, chunki konstruksiya bunday nagruzkaga chidashi kiyin va amalda buni amalga oshirib bulmaydi. SHu sababli haqiqiy foydalanadigan turbinalarda sof reaktiv uslub qo`llanilmaydi, balki kombinatsiyalashtirilgan turbinalar kuriladi.

Bug` turbinasida bug` issiqlik energiyasining ma`lum qismi bexuda sarflanadi, ya`ni isroflanadi. Bu isroflar: soplo va ish kuraklari devorlariga bug` oqimining ishkalanishi, bug`ning okib chikishidagi kinetik energiya isrofi, ichki tirkishlardan ish bug`ining okib utishi, bug`ning namligini ortib ketishi natijasida ruy beradi. Tashki isroflar: turbina tayanchlaridagi tirkishdan chikkan bug`lar uni sarfini ortiradi va mexaniq sarflardir.

Bug` turbinasining quvvati va F.I.K ni taxlil kilaylik.

Bug` turbinasi ish kuraklarda uygotilgan indikator (ichki) va rotor va valida xosil bulgan effektiv quvvatlar orqali ifodala-nadi. Turbina effektiv quvvati  $N_{ef}$  uning indikator  $N_i$  quvvatidan mexaniq isroflar qiymati mikdoricha kichik bo`ladi.

Indikator (ichki) quvvat esa isrofsiz ishlaydigan turbina quvvatidan N_0 ichki isroflar qiymati kattaligigacha kichik bo`ladi.

Bug` turbinasi nisbiy indikator f.i.k. ni uning ichki isroflari xisobiga olinganda quyidagi ifodalanadi:

$$\eta_i = \frac{N_i}{N_0} \quad (4)$$

bunda N_0 -isrofsiz ishlaydigan turbina quvvati.

Mexaniq isroflar xisobiga olingandagi bug` turbinasining mexaniq f.i.k. quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_{mex} = \frac{N_{ef}}{N_i} \quad (5)$$

bunda N_{ef} -valdagi effektiv quvvat.

Zamonaviy bug` turbinalarining  $\eta_i$  va  $\eta_{mex}$  qiymatlari mos ravishda 0,7-0,88 va 0,99-0,995 atrofida bo`ladi.

Umuman amaliy bug` turbinasining haqiqiy foydali ish koeffitsenti quyidagicha aniqlanadi.

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_{mex} \quad (6)$$

Bu η -f.i.k. albatta η_i va η_{mex} qiymatidan kichikrok bo`ladi.

Xozirda elektr va issiqlik energisidan foydalanish sanoat va turmushning rivojlanib borishi xisobiga nixoyatda kupaymokda, demak bug` turbinalarining moxiyati ham ortmokda yuqorida

aytganiimzdek bug` turbinalari iktivodiy samaradorligi ularning quvvati katta bulgand kup bular ekan. SHu sababli xozirda 300, 500, 800, 1200 Mvtli turbinalar kurilmokda.Bug` xrorati 800-850 K, bosim 23,5-25,5 Mpaga muljallangan.

Nazorat savollari.

1. Bug` turbinalari- issiqlik mashinasi, yaratilishi trixi.
2. Bug` turbinalarining tabakalanishi (guruxlari).
3. Aktiv bug` turbinalari tuzilishi va ishlash.
4. Reaktiv bug` turbinalari tuzilishi va ishlashi.
5. Bug` turbinalarida bajarilgan ishlar va quvvatlar.
6. Bug` turbinalarining nisbiy indikator f.i.k.
7. Bug` turbinalarining mexanik f.i.k.
8. Bug` turbinalarining haqiqiy (amaliy) f.i.k.
9. Xozirgi zamon bug` turbinalari va parametrlari.
10. Bug` turbinalaridagi bug` oqimining absalyut va nisbiy tezliklari tugrisida.

11-Mavzu:Gaz turbinalari.G.T.Q.sining tasnifi, tuzilish va ishlash tartibi.

Reja

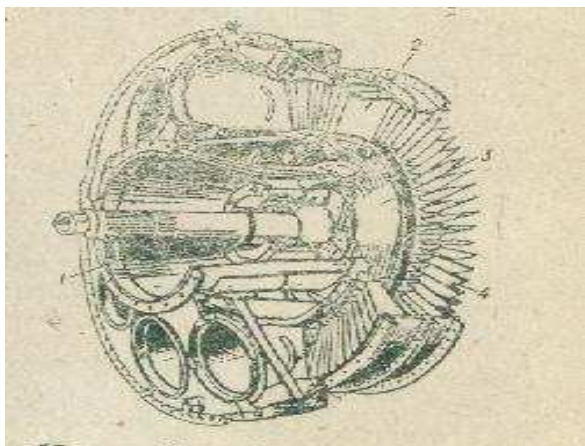
1. Gaz turbinalarining tasnifi, tuzilish va ishlash tartibi.
2. Gaz turbinalari qurilmalari va ularning tsiklidagi termodinamik jarayonlar.
3. Issiqlik $P = Const$ da uzatiladigan gaz taqsimlash qurilmasi (GTQ)

Gaz turbinalarining tasnifi, tuzilish va ishlash tartibi.

Yuqori bosim va temperatura ostidagi yonish mahsuli (gaz) energiyasini kuraklar yordamida rotor valining mexanik energiyasiga aylantiruvchi issiqlik mashinasi **gaz trubinalari** deyiladi. Aktiv va reaktiv gaz trubinalari buladi.

Gaz trubinalari gaz dvigatellariga mansub bulib, ish moddasining yoqilish uslubiga kura $V = Const$, $P = Const$ va aralash hamda bosqichli buladi.

Gaz trubinalari soplo apparatining ketma-ket joylashgan qwzg`almas (yunaltiruvchi) kurak tojlari va uning oqim kesimini hosil qiladigan ish g`ildiragining aylanuvchi tojlaridan tashkil topgan.



Gaz trubinasini val 1, statorda joylashgan soplo apparatining yunaltiruvchi kuraklari 2, turbina diski 3 hamda rotorning ish kuraklari 4 dan tashkil topgan. Soplo apparatining yunaltiruvchi kuraklar bilan rotorga urnatilgan ish kuraklari turbina bosqichini tashkil qiladi. Odatda gaz turbinalari kup bosqichli bulib, quvvati 100 MVt dan katta buladi.

Gaz trubinasini gaz trubinalari qurilmalarining asosini tashkil etadi va issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda keng qullaniladi. Gaz trubinalari ham bug`

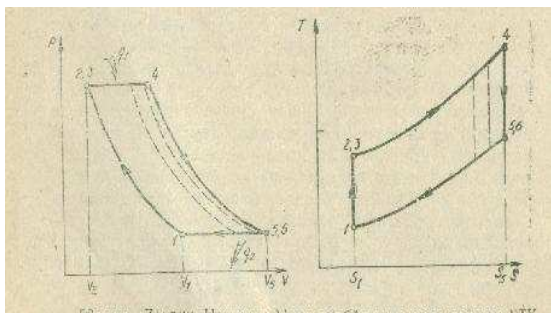
turbinalariday bulib, faqat ularda bug` urniga yonish mahsuloti –tutun asosiy ish jismi hisoblanadi. Gaz trubinasida gaz zarralarining kinetik energiyasi mexanik energiyaga aylantirishda keng qullaniladi. Tutun gazlari bosimining potentsial energiyasi soploda kinetik energiyaning ortishiga olib kelsa, kinetik energiya rotorning mexanik energiyasiga aylanadi.

Gaz turbinalari qurilmalari va ularning tsiklidagi termodinamik jarayonlar.

Gaz trubinasining tarkibiy qismi yonish kamerasi 6, yonish mahsuloti oqimidagi issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi gaz trubinasini 2, atmosfera havosini surib va siqib uzatuvchi kompressor 3, yoqilg`i nasosi 5 va bak 4, elektr generatori 1, soplo 11, yonish kamerasi 9 va boshqa yordamchi qismlardan tashkil topgan.



Tuzilishi va yoqilg`ining yoqilish uslubiga kura, gaz trubinasini qurilmasi (GTQ) tarkibiga elektr svicha, ish moddasi (havo va yoqilg`i) ni yonish kamerasiga kiritish hamda yonish mahsulotini kameradan chiqarish klapanlari, regeneratsiya bulmasi, birlamchi va ikkilamchi bosqichli yonish kameralari hamda turbinalari, shuningdek, ikkilamchi kompressor kiradi. GTQ larda yoqilg`i sifatida tabiiy gaz, tozalangan koks, domna va generator gazlari, maxsus dizel` va solyar moylari ishlatiladi.



Gaz trubinasini qurilmasidagi turbina, elektr generatori, havo kompressori va yoqilg`i nasosi yagona umumiy valda joylashtiriladi. Ish yoqilg`isining $V = Const$ da yonadigan GTQ tsiklidagi termodinamik jarayonlarni qarab chiqamiz. Atmosfera havosi kompressor 3 ga surilib unda siqiladi.

(PV diagrammada 1 va 2 nuqtalar oralig`i) va aniq parametrga (T,P,V) ega bulgandan sung avval havoni kiritish, keyin yoqilg`ini kiritish klapanlari ochilib yonish kamerasiga mos ravishda, siqilgan havo va yoqilg`i uzatiladi. Shunda hosil bulgan ish yoqilg`isiga

tashqaridan q_1 issiqlik miqdori kiritiladi, ya'ni svecha kontaktlari orasida elektr uchquni chaqnaydi. Shu elektr uchquni q_1 manbai hisoblanadi va ish yoqilg'isini yondiradi. Bu yonish natijasida yonish kamerasidagi bosim keskin ortadi (PV diagrammada 2 va 3 nuqtalar oralig'i). Ish yoqilg'isi Tula yongandan sung, uning temperaturasi 2300 K ga kutariladi, shunda yonish kamerasidagi bosim eng yuqori qiymatga etadi. Ana shundagina yonish mahsulotini gaz trubinasi kuraklariga yunaltiruvchi kanalda joylashgan chiqarish klapani ochiladi. Shunda yonish mahsuloti temperaturasi 1000-1400 K gacha pasaytirish maqsadida unga maxsus yullar orqali sovuq havo uzatiladi. Hosil bulgan aralashma katta bosim ostida turbina kuraklariga ta'sir kursatib, uning rotorini aylatiradi, ya'ni issiqlik energiyasi mexanik energiyaga aylanadi. Demak, yonish mahsuloti tashqaridan issiqlik energiyasini olmagan holda, ya'ni $dq = 0$ da turbinada adebatik kengayib (PV diagrammada 3 va 4 nuqtalar oralig'i) ish bajaradi. Gaz turbinasida ish bajarib chiqqan yonish mahsulotidagi qoldiq issiqlik miqdorini sovitkichga uzatib bulgandan sung qaytadi (PV-diagrammadagi 4 va 1 nuqtalar oralig'i). Tsikl takrorlanadi.

Demak GTQ da utadigan tsiklga adiabatik (1-2 va 3-4 nuqtalar oralig'i), bitta izoxora (2-3 nuqtalar oralig'i) dan iborat bulgan termodinamik jarayonlardan tashkil topar ekan.

Tsiklning bajargan foydali ishi 1-2-3-4-1 nuqtalar Bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatdan teng.

Tsiklning TS –diagrammasidan kurinib turibdiki, sistemaning entropiyasi ish moddasi uzgarmas hajmda yonganda va uzgarmas bosimda Tula kengayganda, uzgaruvchan buladi. Bunga asosiy sabab termodinamik sistemaga tashqaridan issiqlik miqdori q_2 sovitkichga chiqariladi.

Demak termodinamik sistemadan issiqlik chiqarilganida yoki unga kiritilganida sistema entropiyasi va absolyut temperaturasi uzgaruvchan buladi.

GTQ keltirilgan Tula issiqlik miqdorini ishga aylantirish murakkab fizik va kimyoviy, gazodinamik va termodinamik jaryonlarda kechadigan hodisalarga bog'liq bulib, ularning hammasini hisobga olish juda qiyin va aniq tajribalar natijalarini e'tiborga olish zarur buladi.

Shuning uchun soddalashtirish maqsadida jarayonlarni va uning ish jismini ideallashtirib qabul qilinadi. Issiqlik mashinalari tsikli shartli tsikl qismlaridan tashkil topadi va ularning diagrammalari PV va TS kordinatalarda ifodalanadi. Tsiklning termik FIK ni aniqlashda umumlashtirilgan tsikl diagrammalaridan foydalaniladi.

Issiqlik $P = \text{Const}$ da uzatiladigan gaz taqsimlash qurilmasi (GTQ)

Gaz trubinasi qurilmasi tsiklida ish yoqilg'isi uzgarmas bosim ostida yoqilganda tsiklga tashqaridan issiqlik miqdori keltirilmaydi. Bunday turdagi tsiklida yonish kamerasidagi yuqori temperaturali siqilgan havoga yoqilg'i forsueka yordamida purkaladi. Yonish $P = \text{Const}$ ostida kechadigan GTQ tsikldagi termodinamik jarayonlarning PV diagrammasi ikkita adebatadan iborat.



Diagrammadan kurinib turibdiki, GTQ ning termik FIK ni bir xil qiymatda saqlash uchun albatta yonish kamerasidagi bosim uzgarmas bulishini ta'minlash kerak. Buni amalga oshirish uchun, birinchidan, kompressordan uzatiladigan siqilgan havoning termodinamik parametrlari va miqdori

bir xil saqlanadi; ikkinchidan, yoqilg'i nasosi uzatadigan yoqilg'i miqdori mos ravishda rostlanadi.

Demak, bir xil miqdordagi yonish mahsuli oqimining bosimi turbina kuraklariga ta'sir etadi va burovchi momentni yuzaga keltiradi, ya'ni issiqlik energiyasining mexanik energiyaga aylanish samaradorligiga erishiladi.

12-Mavzu: Reaktiv dvigatellar.Reaktiv dvigatellarning tasnifi, tuzlish, turlari va ishlash tartibi.

1. **Reaktiv dvigatellarning tasnifi, tuzlish, turlari va ishlash tartibi.**
2. **Reaktiv dvigatel tsiklidagi termodinamik jarayonlar.**
3. **Tug'ri oqimli havo reaktiv dvigatellar (HRD) va ularning ish tsiklidagi termodinamik jarayonlar.**

Reaktiv dvigatellarning tasnifi, tuzlish, turlari va ishlash tartibi.

Ichidan katta tezlikda zarachalar oqimi uchib chiqishi hisobiga tortish kuchi hosil qila oladigan issiqlik mashinasi **reaktiv dvigatel** deyiladi.Issiqlik kimyoviy,yadro,elektr, quyosh energiyalarining ta'siri natijasida ish jismi oqimining kinetik energiyasi paydo bwladi.

Reaktiv dvigatel'larda atmosfera havosining ishlatilishiga kura, ular ikki xil buladi: atmosfera havosidagi kisloroddan oksidlovchi sifatida foydalanadigan havo-reaktiv dvigatellar; oksidlovchi kislorod uchuvchi apparatdagi maxsus idishda saqlanadigan hamma turdagi reaktiv dvigatel'lar **raketa dvigatel'lari** deyiladi. Reaktiv dvigatel'lari raketalariga urnatiladi.

Havo reaktiv dvigatel'lari (HRD) kompressorli (turboreaktiv dvigatellar –TRD) va kompressorsiz (tug'ri oqimli va pul'satsiyali) dvigatellarga bulinadi.

Raketa dvigatel'lari qattiq, suyuq yoqilg'ili va kimyoviy hamda yadro raketa dvigatellariga bulinadi.

Reaktiv dvigatel'larning asosiy kursatkichi bu tortish kuchidir.Tortish kuchi yonish mahsulining soploda keskin kengayishi hisobiga gaz zarralari oqimining tezlanishi bilan atmosferaga otilib chiqishi natijasida paydo buladi.

Eng sodda turboreaktiv dvigatel`truba shaklidagi diffuzorli tana va uning ichki qismiga urnatilgan turbokompressor, gaz turbinasi,yonish kamerasi, yoqilg'i uzatuvchi trubalar va forsunkalar, soplodan va boshqa yordamchi uskunalardan tashkil topgan. Havo kompressori bilan gaz turbinasi bir valga mahkamlangan.

Atmosfera havosi diffuzor orqali turbokompressorga uzatiladi, unda havo siqiladi. Shu siqilgan bosim ostidagi havo turbokompressorning haydash trubasi orqali yonish kamerasiga utadi, shu vaqtning uzida yoqilg'i nasosidan haydalgan yoqilg'i ham truba orqali kamerasiga forsunkalar yordamida purkaladi.Shunda havo bilan yoqilg'i kimyoviy reaksiyaga kirishib katta miqdordagi issiqlik ajraladi hamda yonish mahsulotining hajmi va temperaturasi ortadi. Temperaturaning ortishi izobarik ($P = const$) jarayonida sodir buladi.Uzgarmas, yuqori bosimli va temperaturali yonish mahsuloti gaz turbinasi kuraklari bilan turbokompressor ham aylanib yangi havo oqimini siqadi. Turbina kuraklari bilan ta'sirlashib utgan yonish mahsuloti qisman adiabatik kengayadi. Turbina kuraklaridan soploning oxirigacha yonish mahsuloti adiabatik kengayib boradi va bu oraliqda tutun gazlari zarralari juda katta tezlikka erishadi.Harakat miqdorining saqlanish qonuniga muvofiq zarralar oqimi harakatiga qarama-

qarshi yunalishda yonish mahsuloti juda katta tepki kuchi (impul's) hosil qiladi. Bu kuch reaksiya kuchi bulib, turboreaktiv dvigatelni katta tezlikda oldinga harakatlantiradi.

Demak, kuraklar bilan ta'sirlashib rotorni harakatlantirishda hosil bulgan mexanik energiya, asosan turbokompressorni harakatlantirishga sarflanar ekan. Reaksiya kuchini soplodan katta tezlikda olib chiqqan yonish mahsuloti gazlari hosil qiladi. Shuning uchun ham bu dvigatellar reaktiv dvigatellar deyiladi.

Reaktiv dvigatel tsiklidagi termodinamik jarayonlar.

Bu jarayonlarni qarab chiqamiz. Atmosfera havosi diffuzorga oqib kirishidan boshlab avval turbokompressorgacha bulgan oraliqda, sungra kompressorda adiabatik siqiladi. Siqilishdan qizigan havo temperaturasi yoqilg'ining yonish temperaturasidan yuqori buladi. Aynan zarur parametrlarga etgan qizigan havo yonish kamerasiga Kirishi bilan unga yoqilg'i purkaladi va kuchli yonish sodir buladi. Yonish kamerasidagi ish moddasi $P = const$ bulganda yonadi va yonish mahsuloti kengayadi. Uzgarmas bosim ostidagi yonish mahsuloti eng oxiriga etgandan sung, yonish kamerasidan chiqib, avval turbina kuraklari bilan ta'sirlashish jarayonida kengayadi. Bu adiabatik kengayish keyin soploda davom etadi va asosiy ish bajariladi. Yonish mahsuloti tarkibidagi qoldiq q_2 issiqlik miqdori sovitkichga chiqariladi. Bu jarayon izobarik buladi.

Demak, reaktiv dvigatellar tsiklidagi termodinamik jarayonlar ikkita adiabata va ikkita izobaradan tashkil topar ekan. Reaktiv dvigatel'larning turiga muvofiq ularning PV va TS diagrammalari bir-biridan ozgina farqlanadi. Bunga asosiy sabab reaktiv dvigatellarda yuz beradigan termodinamik jarayonlarning jadalligi va dvigatel`konstruksiya'sidir. Tsiklning TS diagrammasidan kurinib turibdiki, diffuzorda va kompressorda havo siqilganda hamda yonish mahsuli turbina kuraklarida va soploda kengayganda, ish moddasi tarkibiy qismining ichki energiyasi avval ortishi, sungra muvozanat holatiga qaytishi davrida uning entropiyasi uzgaruvchan buladi.

Gaz turbinasi qurilmasining termodinamik tsiklining PV va TS diagrammalarini reaktiv dvigatel`tsikliniki Bilan taqqoslansa, ular juda ham uxshash. Shuning uchun reaktiv dvigatel`tsiklining bajargan ishi va FIK GTQ nikiday buladi:

$$A = \frac{P_2 V_2}{k-1} (\rho - 1) k \eta_t \qquad \eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$$

Atmosfera havosini ikki xil usulda, ya'ni maxsus qurilma va uchuvchi apparat tezligini tovush tezligiga yaqinlashtirish yoki undan orttirish yuli Bilan siqish mumkin. Agar uchuvchi apparat tezligi tovush tezligiga yaqinlashsa, atmosfera havosi diffuzorga kirishgacha siqila boshlaydi. Bunday hodisadan foydalanilsa, reaktiv dvigatellardagi kompressor va gaz turbinasiga hojat qolmaydi.

Tug`ri oqimli havo reaktiv dvigatellar (HRD) va ularning ish tsiklidagi termodinamik jarayonlar.

Tug`ri oqimli HRD diffuzor, suyirilagich, uyurma hosil qiluvchi panjaralar va forsunkalar, yonish kamerasi, stabilizator va soplodan tashkil topgan.

HDR larining ayrim konstruksiyalarida stabilizator soplo bilan yonish kamerasi chegarasida joylashtiriladi.

Tug`ri oqimli HRDlari tsiklidagi termodinamik jarayonlar ham turboreaktiv dvigatellarnikiga uxshash.

Tsiklning PV va TS diagrammalaridan kurinib turibdiki, dastlabki siqilish jarayoni diffuzordan tashqarida sodir buladi. Siqilishning davomi diffuzorda adiabatik kechadi. Atmosfera havosining siqilishi natijasida uning temperaturasi, bosim va hajmi uzgaradi. Yuqori bosimli va temperaturali havoning bir jinsliligini va yonish jarayonining jadal borishini ta`minlash maqsadida siqilgan havo uyurmali oqim hosil qiluvchi panjaralardan utkazilib, yonish kamerasiga uzgarmas ( $P = const$ ) bosimda uzatiladi. Bu qizigan havoga yoqilg`i forsunkalar orqali purkaladi. Shunda kimyoviy reaksiya jadal boradi. Yonish mahsulotining temperaturasi ortadi, lekin bosim $P = const$ saqlanadi, ya`ni jarayon izobarik buladi.

Yonish mahsuloti turg`unlovchi panjaradan utib, past bosimi atmosferaga juda katta tezlikda uchib chiqqandan keyin adiabatik kengayadi. Qoldiq issiqlik miqdorini atmosfera havosiga uzgarmas bosim ostida bergan yonish mahsuloti yana muvozanat holatiga qaytadi. Tsikl takrorlanadi.

Tug`ri oqimli HRDli tsiklining  $TS$  diagrammasidan ma`lumki, entropiya va nuqtalar oralig`ida, izobarik jarayonda uzgaruvchan buladi, chunki ish moddasining siqilishi vaqtida uning ichki energiyasi uzgarishi hisobiga issiqlik paydo buladi hamda kengayganda esa issiqlik chiqadi.

Tsiklning bajargan ishi 0-1-2-3-4-0 nuqtalar bilan chngaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng. Shu tug`ri oqimli HRDning tsiklida bajarilgan ishni kompressorli turboreaktiv dvigatelniki bilan taqqoslansa HRD ning bajargan ishi kattaroq buladi. HRD konstruksiyasi jihatidan ancha sodda va unga kam metall sarflanadi.

Tovush tezligidan yuqori bulgan tezliklarda uchadigan apparatlar dvigatellarining diffuzori va soplosi uziga xos geometrik shaklda buladi. Chunki, diffuzorgacha dastlabki siqilish hodisasi tovushdan tez reaktiv daigatellarda bulmaydi. Uning urniga diffuzor va soploning konussimon kiritish va chiqarish klapanlari kengroq, ularning urta qismi torroq qilib yasaladi. Bunday uzgartirish havo oqimining bosim va temperaturasini yonish kamerasigacha ravon kutarilishini, sistema ichki energiyasining ortishi hisobiga ta`minlaydi. Yonish kamerasida yoqilg`i va havo aralashmasi $P = const$ da yoqiladi va saqlanadi. Yonish mahsulotining temperaturasi soplogacha tekis ortib boradi. Soploda adiabatik kengayish jarayonida yonish mahsuloti ish bajaradi.

13-Mavzu: Issiqlik elektrostantsiyalari. Issiqlik elektr markazi, tuzilishi uning ishlash printsipti.

REJA:

1. Issiqlik elektr stantsiyalari (IES).
2. Issiqlik elektr stantsiyalarining turlari.
3. Issiqlik elektr markazlari (IEM) tuzilishi

4. Kondensatsiyali elektr stantsiyalari (KES).
5. Issiqlik elektr stantsiyalarining iktisodiy kursatgichlari.
6. Issiqlik elektr stantsiyalardan foydalanishda ekoloigya muammolarini xal etilishi.

Tayanch iboralar.

Issiqlik elektr stantsiyalari, Issiqlik elektr stantsiyalarini turlari, IEMlari, KESlar, IES larnig iktisodiy kursatkich-lari, η_{kes} -KES brutta f.i.k., η_{iem} - IEM brutta foydali ish koeffitsenti, IES laridan foydalanishda ekologiya qonunlariga amal kilish.

Issiqlik elektr stantsiyalarida yokilgi yonishi xisobiga elektr va issiqlik energiyasi ishlab chikariladi va istimolchilarning extiyojiga ishlatiladi.

Issiqlik elektr stantsiyalari ish yokil-gisiga tugriga karab kattik, suyuq, gazsimon va aralash yokilgilarida ishlaydi. Issiqlik mashinalari turiga karab bug` turbinali, gaz turbinali, IYOD (dizel ES) li, stantsiyalar. Quvvat berish turiga kura asosiy ta`minlovchi (uzluksiz ishlaydigan) va tigiz (istimol keskin ortganda) stantsiyalar mavjuddir. Issiqlik elektr stantsiyalariga atom, gelio va geotermal elektr stantsiyalarini ham kiritish mumkin.

Mamalakatni elektrlashda issiqlik elektr stantsiyalari asosiy elektr manbai xisoblanadi va ular axoli zich yashaydigan, ogir va engil sanoat, metallurgiya kombinatlari joylashgan erlarda kuprok kuruladi. Keyingi vaktida issiqlik elektr stantsiyalarini, yokilgi serob joyga kurulishi amaliyoti qo`llanilyapti. CHunki yokilgini tashib kelishidan kura, elektr energiyasini uzok masofaga uzatish orzonga tushar ekan.Xozirgi davrda issiqlik elektr stantsiyalari quvvatlari 2,4-3,6 gVt dan yuqori kuvvatlari kurilmokda, ularning samaraligi yuqorirok ekan. Issiqlik elektr stantsiyalariga dunyoda ishlab chikarilayotgan elektr energiya-sining 70-80% tugri keladi.

Bu turbinali issiqlik elektr stantsiyasi texnologik jarayoning asosi bulib uta qizigan bug`lar uchun Renkin termodinamik sikli xisoblanadi: Bug` genratorida (qozonga) izobar jarayonda bug` xosil kilanida, u bug` turbinasida ish bajaradi (issiqlik energiyasi mexanik energiyaga aylanadi) va bug` kengayib kondensatorga utadi va olib ketiladi.

Issiqlik elektr stantsiyalari ikkita turga bulinadi. Kondensatsiyali elektr stantsiyalar. KES va issiqlik elektr markazlar (IEM). Ular turli vazifani bjarishadi.

KESda issiqlik energiyasi fakat elektr energiyasiga aylantiriladi, ya`ni elektr energiyasi olinadi.

IEM da esa ham elektr energiyasi olinadi, ham kengaygan bosm, pasaygan bug`dan turli maqsadlarda (sanoat va mayishiy xizmatlarda) foydalaniladi.

Issiqlik elektr stantsiyalari murakkab texnik inshoat bulib, imkon boricha mexaniza-tsiyalashgan va avtomatlashtirilgan, nazorat ulchov asboblari va telemexanika vositalari bilan ta`minlanib markaziy boshqaruv pul`-tida ekspuatatsiya kilinadi. Issiqlik elektr stantsiyalarini boshqarish va ishlash malakali injener, texnik va boshqa xizmatchilar tomonidan amalga oshiriladi. Xozirgi zamon issiqlik elektr stantsiyalari tulik komp`yuter boshqaruviga ega bo`ladi.

Issiqlik elektr stantsiyalarining asosiy qismlari: YOkilgi tayyorlash va ta`mirlash, suv tayyorlash, qozon agregat, mashina (bug` tur-binasi, elektr generator), yonish maxsulklarini chikarish bulimlari

xisoblanadi. YOordamchi jixozlar: ekonomayzer, bug` uta kizdirgich, xavo istigich, suv, xavo yokilgi xaydaydigan turli nasoslari va xakozalar.

Vagonlarda keltirilgan yokilgi-kumir mexanizmlar yordamida tegirmonga uzatib, maydalanadi va u kuritilib shamollatgich yordamida bug` qozoni utxonasiga yuboriladi va yokiladi. Utxonaga isitilgan (kuruk) xavo qizit-gich orqali shamolatgich yordamida xaydaladi. YOkilgi yongach yonish maxsulotlari-tutun gazlar tutun surgich orqali muriga (trubaga) uzatiladi va tashkariga chikib ketadi. YOnish maxsulotalri muriga (tutum quvuriga) etguncha kaynatish quvurlari (suv qozonining asosiy elementi suv kizdirgich ekran kuvurlar), bug` uta kizdirgich, ekonomayzer va xavo kizdirgich qismlarni yuvib utadi (isitadi), kolgan issiqlikni uzi bilan tashkariga olib chikib ketadi. Issiqlik elektr stantsiyalarining samarali (unumli) ishlashi ana shu qismlarni kanchalik takomil yasalganiga (issiqlik texnikasi qonunlariga javob beradigan darajada) boglik bo`ladi. Xosil bulgan yokilgi koldiklari shlak va kul maxsus kanal orqali kul olish qurilmasiga chikarib tashlanadi.

Bug` uta kizdirgichdan qizigan bug` maxsus quvurlar orqali suv ajratgichga boradi. Bu erda qizigan bug` tarkibidagi kolgan oz mikdordagi suv zarrachalari butunlay bug`dan ajratilib ushlinab koladi, aks xolda ular bug` turbinasi ishiga salbiy ta`sir kursatib uning f.i.k ni kamayishiga olib keladi. Sungra bug` ajratgichdan bug` turbinasiga tushadi va ish bajaradi, ya`ni issiqlik energiyasi xisobiga turbinaning vali aylana boshlaydi. SHundan sung issiqlik elektr stantsiyalarida ishlagan bug` kondensatorga yuborilib suvga aylanadi. Kondensatorni ham sovitib turilmasa xarorat kutarilib qizigan bug`ni suvga aylanishi kiyindashadi. SHu sababli kondensator sovuk suv bilan sovutilib turiladi. Qozonga suv maxsus tayyorlanib (yumshatilib nasoslar yordamida yuboriladi va qisman suv kondensatdan sovib keladi. Bug` turbinasidan ishlab bulgan (bosim va xarorati kamaygan) bug`ni uy joylarni isitish va sanoat korxonalirini bug` bilan ta`minlanadi. Issiqlik elektr stantsiyalar bu rejimda ishlasa u issiqlik elektr markazi (IEM) deb yuri-tiladi.

Bug` turbinasi vali bilan elektr generatori vali biriktirilib turbina xarakat, generatorga beriladi va elektr energiyasini ishlab chikaradi. Elektr energiyasi bosh taksimlagichdan utib, kuchaytiruvchi podstantsiyaga berlida va undan istimolchilarga uzatiladi.

Issiqlik elektr stantsiyalari yokilgilarning hamma, turlariga moslashtirilgan bulib, maxsus utxonalir va suyuk, gaz yokilgilar uchun gorelkalar biln ta`minlangan.

Xozirgi zamon issiqlik elektr stantsiyalari juda murakkab inshoat va qurilma xisoblanib, fan texnikaning oxirgi yutuklari bilan jixozlangan qurilmalar bilan ta`minlanmokda, shu jumladan kup jarayonlar avtomat-lashtirilib kompyuter bilan boshqarilmokda.

Kondensatsion elektr stantsiyalarida - KES da fakat elektr energiyachi ishlab chikariladi. SHu sababli uning bug` turbinasida ishlab bul-gan bug` tuligicha kondensatorga uzatiladi va u tulik suvga aylanadi. KES larning samarasi IEM ga nisbtan kamrok. SHuning uchun ular-nini iktisodiy kursatgichi, ya`ni f.i.k. ham kamrok va yokilgi sarfi kuprok. SHunga karamay zarur xolatda KES larda kup foydlanladi.

Issiqlik elektr stantsiyalarining takomillashganligi unnig f.i.k bilan belgilanadi va ularning 25-30% atrofida bo`ladi. IEMning f.i.k. biroz korirok bo`ladi (2-3%)

Issiqlik elektr stantsiyalarining iktisodiy kursatkichlari quyidagicha bo`ladi:

KESning burutto f.i.k (ya`ni ishlab chika-rayotgan energiya f.i.k)

$$\eta_{kes}^{br} = E_{i/ch} / Q_s = E_{i/ch} / B \cdot Q_p^u \quad (1)$$

Bu erda $E_{i/ch}$ - ishlab chikarish energiyasi, Q_s - sarflangan issiqlik miqdori formula bilan xisoblanadi. Bu erda $E_{i/ch}$ -ishlab chikarilgan energiya (kVg), Q_s -sarflangan energiya (kVt), V-yokilgi sarfi Q_p^u -pastyonish issiqligi, 1kVt-3600 kDj bulsa,

$$\eta_{kes}^{br} = \frac{3600 \cdot E_{i/ch}}{Q_s} \quad (2)$$

Renkin termodinamik siklini termik f.i.k. $\eta_t = 0,40 \div 0,44$ bo`ladi. U xolda real xolat uchun $\eta_{kes}^{br} = 0,25 \div 0,30$ di.

$$IEM \text{ uchun } \eta_{kes}^{br} = \frac{E_{i/ch} + Q_{i/ch}}{V \cdot Q_p^u} \quad (3)$$

f.i.k. bo`ladi.

Ishlab chikarilgan elektr energiyasining tannarxi (T_{el}) .

$$T_{el} = \frac{I_y}{E_y}$$

Bu erda I_y -1 yilda elektr energiya olish uchun ketgan, xarajatlar (yokilgi sarfi ish xaki va boshqalar).

E_y - 1 yilda ishlab chikarilgan energiya miqdori.

Issiqlik elektr stantsiyalari yirik va murakkab issiqlik qurilmasi bulganligi sababli uning asosiy jixozlaridan tashkari juda kup yordamchi jixozlari ham bor. SHu sababli Issiqlik elektr stantsiyalaridagi xar kanday kichik ixtirolar ham elektr stantsiyasini takomillashishiga turtki bulishi mumkin, foizni ulushlaridagi mikdor ham yokilgi sarfini katta mikdorda iktisod kilishga olib keladi. SHuning uchun issiqlik elektr stantsiya-lar ishini takomillashirib borish, fan texnika yutuklarini tinimsiz tatbik kilish, mashina va uskunalarining samarali konstruk-tsiyalarini loyixalash, ishlab chikarish va amalda foydalanish xar doim dolzarb masaladir.

Issiqlik elektr stantsiyalarini ishlatishda ekologiya qonunlariga rioya kilishni ham esdan chikarmaslik kerak. Energiya ishlab chikarish kanchalik zarur bulsa, ekologiyaga itoat etshi shunchalik zarurdir. Aks xolda insonlarning sogligiga va tabiatga kechirib bulmaydigan zarar etkazish mumkin. Bu masala ham xozirgi kunda jaxondagi echilishi lozim bulgan muammoga aylangan.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiqlik elektr stantsiyalari tugrisida ummuiy tushunalar.
2. Issiqlik elektr stantsiyalarining turlari va ularning ishlatilishi.
3. Issiqlik elektr stantsiyalarining tuzilishi va ishlashi.
4. KESlar tuzilishi va ishlshi.

5. Issiqlik elektr stantsiyalarining takomiligi va foydalanish koeffitsienti.
6. KESning brutto f.i.k. Renkin sikli va real f.i.k lari.
7. IEM innng brutto f.i.k.
8. Issiqlik elektr stantsiyalarining aossiy jixozlari.
9. Issiqlik elektr stantsiyalarining yordamchi jixatlari.
10. Issiqlik elektr stantsiyalaridan foydalanishda ekologiya qonunlariga rioya etish.

ADABIETLAR.

1. Baskakov A.P. "Teplotexnika" (uchebnik). M. 1982g.
2. J.Nurmatov va boshqalar. "Issiqlik texnikasi". Toshkent. "O`qituvchi" 1998 y.

14-Mavzu: Atom eletrostantsiyalari.

Reja:

1. Atom energiyasi va tarixi.
2. YAdro energiyasini xosil bulishi.
3. Zanjirli yadro reaksiyasi va maxsulotlari.
4. YAdro reaktori va turlari.
5. Issiqlik AES lari kurlmasi va ishi.
6. AESlaridn foydalanish (jaxon amaliyotida) va uning istikbollari.
7. YAdro energiyai maxsullaridan xalk xujaligida foydalanish usullari.

TAYANCH IBORALAR.

YAdro (atom) energiyasi, yadrolarni bulinishi va sintezi, zanjirli yadro reaksiyasi, ney-ron nurlari, α - β - γ nurlari, yadro reaktori va turlari, issiqlik AESsi tuzilishi va ishlashi, Atom energiyasidan foydalanishi. Atom eneriyasi istikboli.

Ma'lumki atom energiyasidan foydalanish 1945 yilda daxshatli vokiadan boshlandi, YAponiyaning Xirosimo va Nagasaki shaxarlarida 2 ta atom bombasi portlatildi. Uning okibatida minglab odamlar kiska vakt ichida xolok buldilar yuz minglab insonlar nogiron bulib koldilar va

shaxarlarning markaziy qismlari 3-5 km atrofida vayronaga aylandi. Atom bombasi portlashi natijasi odomzod kurib bilmagan yomon okibatlariga sabab buldi.

SHundan sung jaxon axli bu kudratli atom energiyasini urush maqsadlariga qo'llanishiga karshi chikarisha boshladi va dunyoda bu energiyani tinchlik maqsadida kullash yuzasidan faol xarakatlar boshlandi.

1954 yilda Rossiyaning Obninsr shaxrida dunyoda birinchi bor issiqlik atom elektr stantsiyasi (AES) ishga tushirldi va uning quvvati 5 ming kVt bulgan. SHundan sung AES ni barpo kilish kuchayib ketdi va xozirgi kunda ularning soni dunyoda anchaga borib koldi hamda ularda milliardlab Vt energiya ishlab chikaril-mokda.

Jism ichida bunday katta energiya borligidan insonlar birinchi bor radioaktivlik xodisasi orqali xabardor buldilar. 1g.radiy 1 soatda 590 J issiqlik ajratadi, atom reaktorida parchalangan 1 g uran moddasi $1,7 \cdot 10^{11}$ J issiqlik ajratadi.

Atom energiyasining bunday kudratli enregiyaga ega bulishligi sababini fizika fanida kiskacha eslaylik.

YOnish jarayonida issiqlik asosan kimyoviy reaksiya natijasida, ya'ni uglerod atomining kislorod atomi bilan birlashishi (oksidla-nishi) bilan ruy beradi.

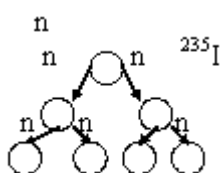
YAdro energetikasida esa, atom energiyasi atom yadrolari boglanish energiyasi bilan ana shu yadrolarning, ya'ni protonlarni ishtirokida ruy beradi. Bunda energetik jixatidan ikkita jarayon bo'ladi: 1) bir - necha engilrok yadrolarga bulinishi va 2) engil yadrolarni bitta yadroga birlashishi (sintez).

Bu ikkala jarayon katta energiya ajralishi bilan utadi. Masalan, bitta uran yadrosi ikkita kichik yadroga (tseziy va rubidiy) bulishi 200 MeV energiya ajratilb chikarishiga olib keladi. Ogir vodorodning ikkita yadrosining birlashishi natijasida 24 MeF energiya ajraydi. Takkoslash maqsadida quyidagi misolni kursataylik, uglerod bitta atomini ikkita kislorod atomimi bilan birlashishi (kimyoviy rekatsiya) da 4,17 eV energiya ajrab chikadi.

Atom energiyasidan foydlanishda xozir asosan reaktorlarda ogir yadrolarini bulinish uslubidan foydalaniladi.

Bu jaaryonni ham esga olaylik. YAdrolar albatta uz-uzicha bulinib ketavermaydi. Buning uchun ogir yadrolar kator oralik xolatlarda bulnish uchun sharoit yaratish zarur (bulinish jarayonni uchun kushimcha energiya zarur). Bularning hammasi atom (yadro) reaktorida yaratiladi.

YAdro reaktorida yadrolarni kushimcha energiya olish natijasida (neytron ta'sirida) uran yadrosining bulinish jarayoni ruy beradi. Bu jarayonni zanjirli yoki parchalanish reaksiyasi deb ham yuritiladi. Rasmda uran 235 yadrosining bulinishi sodda sxemada kursatilgan.



^{35}I -uran yadrasiga neytron ta'sir kilib, u kichikrok ikkita yadroga bulinadi va bunda neytronlar soni va tezligi kupayadi. Ular uz navbatida yana ikkitadan bulinishadi va xakoza. Xullas, yuqorida aytilganimizdek yadrolarni bulinish zanjirli reaksiya ruy beradi. Bunda oralik moddlar, izotoplar hamda neytron nurlarining mikdori va tezligi ortib boradi. Bundan tashkari zanjirli reaksiya davrida γ , α va β nurlari ham nurlanadi (chika-di). Agar reaksiya boshqarilmasa natijada nixoyatda boshqarilib bulmaydigan energiya ajraladi. Oralik xosil bulgan izatoplar va moddalar radioaktiv bo'ladi va ularning bulinish davri turli vakt davom etishi mum-kin. Radioaktivlik γ , α va β nurlari tirik organzmlarga va boshqa moddalarga yomon ta'sir kursatishi mumkin. Ayrim xollarda tabobatda, kishlok xujaligida va texnikada radioizatop nurlaridan foydali maqsadlarda ham foydalaniladi.

YAdro reaktorlarida “yokilgi” sifatida 235 I-urandan foydalaniladi. Bu uran-235 tabiatda uchramaydi uni uran-238 rudasidan kiyinchilik bilan olinadi. Bu jaranni boyitish deyiladi. Konlarda olinayotgan uran rudalarida uran-238 99 % tashkil etadi.

YAdro reaktorlari va issiqlik AES ning tuzilishi va ishlash rintspi bilan tanishib chikaylik.

AESning asosiy qismlaridan bittasi yadro reaktoridir. YAdro reaktorlarining turlari ham kup bo`ladi, lekin ular asosan ikki printsipda kuriladi.

Bulinadigan izotop uran-235 yordamida reaktorda zanjirli reaksiya ta`minlanib turadi. Reaksiyani sekinlatish va tuxtatish, ya`ni boshqarib turish rostlovchi sterjenlar yoramida bajariladi. Rostlovchi sterjenlar neytronlarni yutuvchi kadmiy, bor karbidi, berilmiy kabi elementlardan yasaladi.

Reaksiyani sekinlatgich (grafit, suv) bilan yadro yokilgisi aralashgan reaktorlar gomogen reaktorlar deyiladi.

YAdro yokiligisi va reaksiya sekinlatgichi katlamlari birin ketin keladigan reaktorlar geterogen reaktorlar deyiladi. Masalan, uran-235 sterjenlar (ustinlari) grafit bloklariga ichiga yoki ogir suvga botirilishi mumkin.

Bunda birorta uran ustinidan uchib chikkan neytronlar boshqa ustun bilan tuk-nashishi uchun grafit sekinlatgichdan utishi kerak, binobaran uning tezligi va mikdori (energiyasi) biroz kamayadi. Roslatgich ustunlar yordamida reaksiyani yani butunlay tuxtatib quyishi ham mumkin reaktor ana shu tarzida boshqariladi. Amalda kuprok geterogenli reaktorlardan foydalaniladi.

YAdro reaktori ish jaaryonida unda neytronlar va α , β , γ nurlanishlari xosil bo`ladi va ularning jaddaligi katta bulib energiyalari ham shunga mos bo`ladi.

YAdro reaktoridan issiqlik tashuvchi utkaziladi (suv, gaz yoki suyuk metal) va u neytron nulari bilan ta`sirlanishib kiziydi. Qizigan issiqlik tashuvchi issiqlik almashtirgich qurilmalarida issiqligini toza suvga utkazib, uni isitadi va bug` xosil bo`ladi. Xosil bulgan bug` esa bug` turbinasiga berilib, mexaniq energiyasi xosil bo`ladi va elektr generatorida elektr energiya ishlab chikariladi. α , β va γ nurlari goyat jonli organizmlarga zararli bulgani uchun yadro reaktorlari kuchli biologik ximoyaga ega bulishi shart. Bu maqsadda betondan foydalaniladi. Reaktor devorlari tashkaridan 2-3 m gacha bo`ladi.

YAdro yokilgisida ishlaydi AES larida reaktor orqali utuvchi issiqlik tashuvchi nurlanib koladi, demak bunday qurilmadan foydalanish katta kiyinchiliklar tugdiradi. SHuning uchun amalda ikki konturli bug` turbinali AES larida foydalaniladi.

Yuqoridagi AESning birinchi konturida issiqlik tashuvchi sifatida gazdan, ikkinchi konturida esa suv va suv bug`idan foydalaniladi.

Bunday sxemani qo`llanishi fakt birinchi konturini biologik xisoyalash bilan cheklanadi va bu sxemaning afzaligidir.

Issiqlik AENlar IESga nisbatan yanada murakkabrok inshoat va qurilmadir hamda uni ishlatishi ham murakkab masaladir. Birinchidan jixozlar, asbob uskunalar noyobdir, ikkinchidan AESni ishlatishda yuqori malakali xizmatchi va ishchilar talab kiladi. Bu ham ancha kiyin masala, uchinchidan xavsizlik ya`ni AESni avariyasiz ishlatish ham murakkabdir. Bu masala xal kilinmasa uning okibati yomon natijalarga olib keladi (chernobil AESdagi vokia 1986 yil Ukrana).

AESning afzalik tomonlari ham mavjudir. AESlar IESga nisbatan ixchamrok bo`ladi, ekologik jixatdan yaxshi, chikindilar kam va tabiy yokilgilar ishlatilmaydi, atmosfera va atrof muxit ifloslanmaydi.

Ishlab chikarilgan energiya tannarxi IESlarnikiga nisbatan yaqin. Murakkab suv qozoni qurilmalari yuk xisobida.

YAdro reaktori chikindilaridan tabobat, kishlok xujaligi va texnikada keng foydani-laniladi va xakazo.

SHunga karamay kamchiliklari ham bor. Bular: AESlarning avariya yomon okibatlariga olib kelishi, qurilma asbob-uskunalarini noyobligi yuqori malakali maxsus tayyorlangan kadrlarga bulgan extiyoj va AESlarni hamma joyga kurib bulmasligi (seyslik xududlarda kurish makul emas), nixoyatda AES lar ishlatish mudati tugagandan sung ularni demontari (maxsus usul bilan buzish) kilib, radioaktivligini xavfsizlantirish kerak. Mutaxasislar fikricha AES ni kurish uchun kancha mablag sarflansa, buzishda undan kuprok mablag ketar ekan.

Xozirgi kunda jaxonda energiya muammolarini xal kilishida unlab, yuzlab kurilgan AESlaridan muvafakiyat bilan extiyoj choralari kurib foydalanilmokda.

Ayniksa, chet ellarda Frantsiyada ishlab chikarilatgan elektr energiyasining 60-70 % AES tomonidan amalga oshirilayapti. Bu kur-satkich AKSHda, YAponiyada 50-60% ni tashkil etayapti. Boshqa davlatlarda ham bu kursatkich ancha durust.

Energetika tankisligi davrida AES larining ahamiyati yanada kuchaymokda.

Atom energetikasi istikboli yanada porlokdir. CHunki olimlar va mutaxasislar termoyadro reaksiyasini boshqarish ustida tinimsiz olib borilmokda va bu amalga oshsa energetika soxasida benixoya buyuk kashfiyot bo`ladi va energiya tankisligi xal kilingan bo`ladi. Bu muammo deyarli ishlab chikilgan, asosiy masala plazmani (protonlar ishtirok etuvchi) saklab turish xal etish kiyin bulayapti. Tugri toroidal shakldagi magnit kamerasida xosil bulgan plazmani (uchrashuvchi protonlar oqimi) saklab turuvchi qurilmalar "TOKMAK" yaratilgan. Lekin ularda plazma gaz xolatini uzok vakt davomida saklash imkoniyatiga erishishi kiyin kechayapti (uta kiska vaktida ushlab turishga erishilgan) va bu ishlar davom etdirilayapti.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Atom energiyasi va uning yartatilish tarixi.
2. Atom energiyasidan tinchlik maqsadida foydalanish - AES.
3. YAdro energiyasini xosil bulishi.
4. Zanjirli yadro reaksiyasi.
5. Neytron nurlari, α , β - γ nurlar.
6. YAdro reaktori va turlari.
7. Issiqlik AESi (ikki konturli) tuzilishi va ishlash.

15-Mavzu: Sovitkich qurilmalar

Reja

1. Ideal sovitkich qurilmasi va uning ish tsiklidagi termodinamik jarayonlar.
2. Havo bilan sovitish qurilmasi.
3. Siqilgan bug` bilan sovitish qurilmasi.
4. Bug` oqimli sovitish qurilmasi.

Sovitkich mashinalarining ishlash printsipti termodinamikaning ikkinchi qonuniga asoslangan bulib, ularda ish jismi temperaturasi atrof-muhit temperaturasidan pasayishidan iborat, ya`ni jismdan issiqlik miqdori tashqi muhitga chiqariladi. Moddaniy temperaturasi kichik bulishini ta`minlash uchun albatta ish bajariladi. Bu qurilmalarda soviq elitgich sifatida suv, Shur suv (-21,4°S), kal`tsiy xlorid (-55°S), etilenglikol` (-70°S), xladon (-96,7°S) va shu kabi moddalardan foydalaniladi.

Sovitkich mashinalarining tsikli Karno tsikliga teskari bulgan tsikldir. Karno tsikliga teskari bulgan tsikl ***ideal tsikli*** deyiladi. Ideal tsiklga sovitkich mashinalarining real tsikllari solishtirilib, ularning iqtisodiy jihatdan samaradorligi aniqlanadi.

Karnoning sovitish tsikli sovituvchi moddaga issiqlik miqdori sovitiluvchi jismdan izoterma ($T = const$) buyicha uzatiladi. Bu jarayon davomida ish jismi bosimi uz hajmini oshirishi hisobiga pasayadi.

Sovitish tsiklining bajargan ishi son qiymati jihatdan teng, ya`ni

$$A_y = q_1 - q_2$$

Bunda q_1 - ish moddasidan sovituvchi jismga uzatiladigan issiqlik miqdori; q_2 - sovitiluvchi jismdan ish moddasiga uzatilgan issiqlik miqdori; A – tsiklning bajargan ishi.

Sovitish mashinalarining iqtisodiy samaradorligi sovitish koefitsenti ξ orqali ifodalanadi:

$$\xi = \frac{q_2}{A_y}$$

Karnoning sovitish tsikli uchun ξ koefitsentni quydagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{A_y} = \frac{\Delta S * T_2}{\Delta S * (T_1 - T_2)} = \frac{1}{(\frac{T_1}{T_2} - 1)}$$

Bunda T_1 va T_2 – ish jismi va tashqi muhit temperaturali; ΔS - ish jismining izotermik kengayishidagi va siqilishidagi entropiyasining uzgarishi.

Havo bilan sovitish qurilmasi.

Havo bilan sovitish qurilmasining asosiy ish jismi atmosfera havosi hisoblanadi. Bunday sovitish qurilmasi sovitish xonasi, kompressor, issiqlik almashtirgich va pnevmatik dvigatel`dan tashkil topgan. Havo bilan sovitish qurilmasining tsikli quydagicha kechadi; kompressor sovitish xonasidagi T_1 temperaturali havoni suradi va shu havoni adiabatik siqib chiqarish klapani orqali issiqlik almashtirgichga haydaydi. Havoning kompressordan chiqishidagi temperaturasi sovituvchi suv

temperaturasi yuqori buladi. Shuning uchun issiqlik almashtirgichdan q_1 issiqlik miqdori siqilgan havodan suvga utadi, natijada havo soviydi. Bu sovitilgan havo pnevmatik dvigatelga klapan orqali haydaladi va unda adiabatik kengayib musbat ish bajaradi. Adiabatik kengayish jarayonida pnevmatik dvigateldagi havo soviydi va uning temperaturasi sovitish xonasidagi temperaturadan past buladi. Sovuq havo pnevmatik dvigateldan sovitish xonasiga haydaladi. U erda ortiqcha issiqlik miqdori q_2 ni yutadi. Sovitish xonasidagi jism soviydi. Tsikl takrorlanadi.

Kompressorda havoni siqish uchun sarf bulgan ish miqdori $4^1-1-2-3^1-4^1$ nuqtalar (PV diagramma) bilan chegaralangan yuzaga, pnevmatik dvigatelda havoning kengayishida bajarilgan ish miqdori $3-3-4-4-3$ nuqtalar (PV diagramma) bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng buladi. Tsiklning bajargan ishi kompressordagi manfiy va pnevmatik dvigateldagi musbat ishlarining ayirmasiga, ya'ni $1-2-3-4-1$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng buladi.

Issiqlik almashtirgichdan suvga uzatilgan q_1 issiqlik miqdori son qiymati jihatidan $a-3-2-v-a$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng buladi (TS diagramma), ya'ni

$$q_1 = q + A_u$$

Sovitish tsiklining koefitsientini TS diagramma orqali quydagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{A_u} = \frac{1}{[(T_2 - T_1) : (T_1 - T_4)] - 1}$$

PV diagrammadan kurinib turibdiki, $1-2$ va $3-4$ nuqtalar oralig'ida havo adiabatik siqiladi va kengayadi. Shuni e'tiborga olib havo temperaturalarini nisbatini quydagicha ifodalash mumkin:

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

Unda sovitish tsiklining koefitsientini kompressor va dvigatelning surish va haydash kanallaridagi havo temperaturalarini nisbati orqali ifodalash mumkin buladi, ya'ni

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

Demak, kompressorning haydash klapanidan utgan siqilgan havo temperaturasi qancha kichik balsa yoki havo dvigatelining surish kanalidagi havo temperaturasi qancha past balsa, sovitish qurilmasining iqtisodiy samaradorligi shuncha yuqori buladi.

Siqilgan bug` bilan sovitish qurilmasi.

Atmosfera bosimi yoki shunga yaqin bosimlarda bug` holatiga utuvchi gazlar moddani siqib sovituvchi qurilmalarning asosiy ish jismi bulib, ular goho sovitish agenti deb ham yuritiladi. Bunday gazlar nol` gradusdan past temperaturalarda tuyinish nuqtasiga ega buladi.

Siqilish hisobiga sovituvchi qurilmalarda qullaniladigan sovitish agentlari termodinamika nuqtai nazaridan kuydagi talablarga javob berishi kerak: a) vakumda bug`lanish yuz bermasligi va tashqaridan sovitish xonasiga havo surilmasligi uchun noldan past bulgan manfiy temperaturalarda tuyinish nuqtasiga ega bulgan sovitish agenti bug`ining bosimi atmosfera bosimidan kichik bulmasligi shart; b) siqish kamerasidagi bosim kichik bulishi talab qilinadi; v) past temperaturalarda tez va kup bug`lanadigan, ya`ni hajmiy soviqlik ishlab chiqarishi yuqori bulishi kerak; g) suyuqlikning issiqlik sig`imi past bulishi talab qilinadi.

Bunday talablarga tuliq javob beradigan sovitish agenti, ya`ni ideal gaz topilganicha yuq. Lekin shunga yaqinroqlari sovitish kurilmalarida qullanilmoqda.

Siqilgan bug` bilan sovitadigan kurilma sovitish xonasi, kompressor, bug`latkich, kondensator va rostlovchi ventil`dan tashkil topgan. Siqilgan bug` bilan sovitadigan qurilmada yuz beradigan termodinamik jarayonlarning TS diagrammasidan kurinib turibdiki, tsikl sovituvchi agent (ish moddasi) ni kompressorga surish va uni adiabatik siqishdan boshlanadi.

Bug`latkichda uzgarmas bosim ( $P = const$ ) ostida hosil bulgan sovituvchi agentning bug`ini kompressor surib oladi. Albatta, bu sovituvchi agent hosil qilgan bug`ning bosimi atmosfera bosimidan katta, temperaturasi esa manfiy ishorali buladi. Surilgan bug` adiabatik siqiladi va uning temperaturasi sovituvchi suv temperaturasidan katta buladi. Siqilgan bug` uzining ichki energiyasini ortishi hisobiga isiydi. Demak,  $T > T_c$  ortiqcha issiqlikni sovituvchi agent kondensatorida issiqlik almashinuv yuli bilan sovituvchi suvga beradi va uzgarmas bosim ostida ( $P = const$ ) sovituvchi agentning bug`i tuliq kondensatsiyalanadi.

Hosil bulgan sovitish agenti kondensatini Yana bug`lanish darajasiga etkazish maqsadida u drossellash ventilidan utkaziladi. Bug`lanish darajasiga etkazilgan sovitish agenti bug`latgichga haydaladi va unda keskin kengayib soviydi. Hosil bulgan bu sovuqlik miqdori sovituvchi shur suvga uzatiladi. Bu shur suv sovitish xonasi temperaturasi ni pasaytirib, undagi moddalarni sovitadi, ya`ni ulardan issiqlik miqdori chiqadi. Shwr suv tomonidan yutilgan issiqlik bug`latish xonasidagi sovituvchi agentni yana ham kuchliroq bug`lanishini ta`minlaydi. Tsikl takrorlanadi.

Bug` oqimli sovitish qurilmasi.

Suv bug`i asosiy ish jismi sifatida suv oqimli sovitish qurilmalarida ishlatilishi mumkin. Bunday bug` keskin kengayganda sovis hodisasidan foydalanadi. Agar oddiy suv urniga shwr suvdan foydalanilsa, u holda $-21,4^{\circ}\text{S}$ gacha bulgan temperaturani atrof-muhit temperaturasiga nisbatan tushirish mumkin buladi. Chunki anna shu temperaturada shwr suv muzlay boshlaydi.

Bug` oqimli sovitish qurilmasi bug` qozoni, ejektor, oqimli nasos, kondensator, drossellash vinteli, bug`latkich, sovitish xonasi, kondensat nasosidan tashkil topgan.

Bug` oqimli sovitish qurilmasining ish tsikli quydagicha: qozogdan bug` oqimi ejektorga oqib kiradi, u erdan de-Laval` soplosi orqali utayotganda uz parametrlarini uzgartirishi natijasida bug` oqimi zarralarining tezligi tovish tezligidan katta buladi. Bug` bunday kengaygandan sung u ejektorning aralashtirgich qismiga bug`latkichdan surilgan temperaturasi pastroq bug` bilan birgalikda konfuzorda adiabatik siqiladi. Bu siqilgan aralashmaning temperaturasi uning ichki energiyasi hisobiga ortadi. Bundagi siqilish xuddi kompressordagiday buladi. Konfuzordan chiqqan aralashma diffuzorda birdan kengayib soviydi. Bu sovis jarayoni kondensatorida davom etadi. Kondensatning ma`lum qismi drossellash ventilida katta hajmga utishda kengayib soviydi va sovitish xonasidagi bug`latkichga utadi. Uz navbatida, unda bug`lanib soviydi va sovitish xonasida joylashgan jismlardagi ortiqcha issiqlik miqdorini yutadi, jismlar esa soviydi. Bug`latkichdagi sovitkichga jismlardagi q_2 issiqlik miqdori

izotermik keltiriladi va sovituvchi modda hajmi ortadi. Bug` qozonida uzluksiz bug` hosil bulishi uchun ejektorga uzatilgan bug` miqdoriga teng bulgan kondensat suyuqlik nasosi orqali qozonga haydaladi. Tsikl takrorlanadi.

Demak, bug` oqimli sovitish qurilmasi tsiklidagi termodinamik jarayonlar bitta adiabatik, ikkita izotermik va bitta izoxoradan tashkil topgan ekan.

Bug` oqimli sovitish qurilmasining iqtisodiy samaradorligini, nasosga sarflangan ish e`tiborga olinmasa, qurilmadan chiqqan q_2 va unga kiritilgan q_1 issiqlik miqdorlari nisbati, ya`ni issiqlikdan foydalanish koefitsenti kurinishida ifodalash mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{q_1} = \frac{yuzaa - 4 - 1 - b - a}{yuzaa^1 - 4^1 - 5^1 - b^1 - a}$$

Tsikldagi ish moddasi ental`piyalarining uzgaruvchanligi uchun ξ ni quydagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{i_1 - i_4}{g(i_1' - i_4')}$$

Bug` oqimli sovitish qurilmasi tsiklidan shunday xulosa chiqarish mumkinki, termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq temperaturalar farqi mavjud bulganda foydali ishni olish mumkin ekan. Bu qurilmada temperaturalar farqi qozondagi bug` Bilan kondensatordagi suv urtasida paydo buladi.