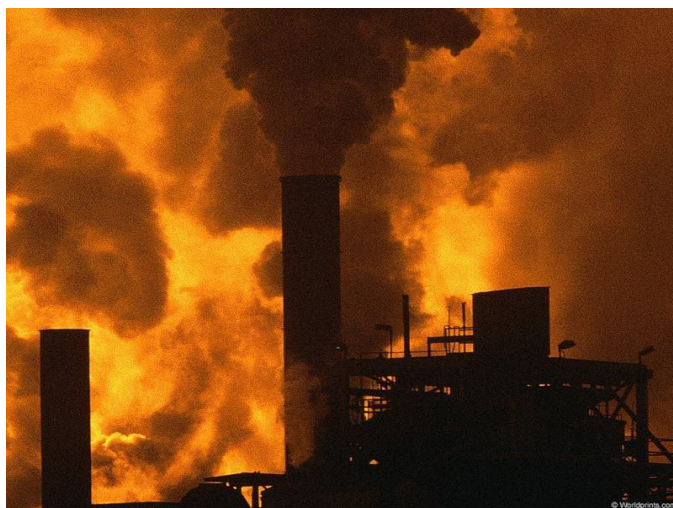


1.O'QUV MATERIALLARI

**NAMANGAN MUHANDISLIK – TEXNOLOGIYA
INSTITUTI**

“ENERGETIKA” KAFEDRASI

“BUG`-GAZ QURILMALARI” FANIDAN



MA`RUZALAR MATNI

5310100 – Energetika (Issiqlik energetikasi) ta'lim yo'nalishi talabalari uchun

Namangan – 2020

Ushbu o'quv-uslubiy majmua O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi 20____ yil "____" yanvardagi ____-sonli buyrug'i bilan (buyruqning 2-ilovasi) tasdiqlangan "Bug'-gaz qurilmalari" fanining fan dasturi asosida ishlab chiqilgan.

O'quv-uslubiy majmua O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2017 yil 1 martdagi 107-buyrug'iga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchilar:

Tuzuvchilar: M.Nabiyev -Energetika kafedrası, katta o'qituvchisi
M.To'lqinov – Energetika kafedrası assistenti

Taqrizchi: Sh. Nabiyev - NamMQI, Elektr energetika kafedrası dotsenti

Ushbu o'quv-uslubiy Namangan muhandislik-texnologiya instituti Kengashining 2020 yil 29-avgustdagi №1-sonli bayoni bilan tasdiqlangan.

MUNDARIJA

1.	Gaz turbina qurilmalarini umumiy konstruksiyasi va tuzilishlari	
2.	Gaz turbina qurilmalarini umumiy konstruksiyasi va tuzilishlari	
3.	Gaz turbinalari	
4.	Gaz turbinalari	
5.	Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari	
6.	Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari	
7.	Kompressorlar	
8.	Yonish kameralari	
9.	Yonish kameralari	
10.	Yordamchi mexanizm va tizimlar	
11.	Gaz turbinalarida sovitish vazifalarini bajarilishi	
12.	Turbina kurakchalarini sovitish usullari	
13.	Turbina kurakchalarini sovitish usullari	
14.	Sovitish samaradorligini baxolash	
15.	Sovitish tizimi uchun issiqlik tashuvchini tanlash	
16.	Sovitish tizimi uchun issiqlik tashuvchini tanlash	
17.	Turbinani sovitish uchun bug'dan foydalanish	
18.	Gaz turbinalarini ish rejimlari	
19.	Gaz turbina qurilmalarini statik xarakteristikalar	
20.	Yurgizish va to'xtatish rejimlari	
21.	Gaz turbina qurilmalarini rostlash usullari	
22.	Gaz turbina qurilmalarini ishini boshqarish	
23.	Energetik gaz turbina qurilmalariga texnik talablar	

24	Gaz turbina qurilmalari xarakteristikallari va ularni firmalari xaqida mahlumotlar	
25	Gaz va bug'i alohida konturli qurilmalar	
26	Gaz va bug'i alohida konturli qurilmalar	
27	Qozon - utilizatorlar	
28	Qozon - utilizatorlar	
29	Qozon – utilizatorlar uchun bug' turbinasi va ularni rostlash	
30	Sintetik yoqilg'ini olishni asosiy jarayonlari	
31	Sintetik yoqilg'ini olishni asosiy jarayonlari	
32	Gazlashtirish jarayonlarini apparatlar bilan ta'minlash	
33	Gazlashtirish jarayonlarini apparatlar bilan ta'minlash	
34	Gaz turbina qurilmalarida qattiq yoqilg'idan foydalanishni ayrim sxemalari	
35	Gaz turbina qurilmalarida qattiq yoqilg'idan foydalanishni ayrim sxemalari	
36	Ichki yonuv dvigatelli bug'-gaz qurilmalarida qattiq yoqilg'idan foydalanish	

MA'RUZA 1.

Gaz turbina qurilmalarini umumiy konstruksiyasi va tuzilishlari

UMUMIY MA'LUMOTLAR.

Reja:

1. Kirish;
2. Gaz turbinalarining guruhlanishi;
3. Gaz turbinasining ishlash prinsipi;
4. Nazorat savollari.

1. Kirish.

Issiqlik elektr stansiyalarida issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda qo'llaniladigan asosiy yuritgich bug' turbinasi hisoblanadi.

"Issiqlik energetikasi" yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun bug' va gaz turbinalarining hamda bug' turbinasi qurilmasining tuzilishi, ishlash prinsipi va unda sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlarni o'rganish hamda ularni tahlil qilish muhim ahamiyatga egadir. CHunonchi O'zbekiston energetikasida quvvati 25 MVt dan 800 MVt gacha bo'lgan bug' turbinalari ishlatilyapti va bir nechta IESlarda, shu jumladan, Tolimarjon IES, Toshkent IEM va Navoiy IES da gaz turbinalari va bug'-gaz qurilmalari asosidagi energetik bloklarni qurish mo'ljallanyapti.

Bug' va gaz turbinalari qurilmalarining samaradorligini oshirish, ularga yoqilg'i sarfini kamaytirish, atrof-muhitni zararli chiqindilardan himoyalash kabi dolzarb muammolarni hal etish issiqlik energetikasi mutaxassislari zimmasiga yuklanadi. SHu sababli "Bug' va gaz turbinalari" fanida yoritiladigan nazariy va amaliy bilimlarni chuqur egallash va hayotga tatbiq etish muhim amaliy ahamiyatga ega.

2. Bug' turbinalarining guruhlanishi.

Bug' turbinalari konstruksiyasi, issiqlik jarayoni xarakteri, bug' parametrlari va sanoatda ishlatilishiga qarab quyidagicha asosiy guruhlarga bo'linadi:

- 1) pog'onalar soniga ko'ra:

a) bir pogʻonali turbinalar; bu turbinalar kichik quvvatga ega boʻlib, odatda, markazdan qochma nasoslar va ventilyatorlarni aylantirish uchun qoʻllaniladi;

b) kichik, oʻrta va katta quvvatli aktiv va reaktiv koʻp pogʻonali turbinalar.

2) bugʻ oqimi harakatiga koʻra:

a) bugʻ oqimi turbina oʻqi boʻyicha yoʻnaluvchi turbinalar;

b) radial turbinalar; bu turbinalarda bugʻ turbina aylanish oʻqiga perpendikulyar tekislik boʻylab harakatlanadi. Ayrim hollarda katta quvvatli kondensatsion radial turbinalarning oxirgi pogʻonalari oʻq boʻyicha yoʻnaluvchi qilib bajariladi. Radial turbinalar qoʻzgʻalmas yoʻnaltiruvchi kurakchalarga va faqat aylanuvchi ishchi kurakchalarga ega boʻlishi mumkin.

3) silindrlar (korpuslar) soniga koʻra:

a) bir korpusli (bir silindrli);

b) ikki korpusli (ikki silindrli);

v) koʻp korpusli (koʻp silindrli).

Koʻp silindrli turbinalar silindrlarining vallari bitta generatorga birlashtirilgan boʻlsa, bir valli turbinalar deyiladi, agar har bir silindr ayrim generatorga birlashtirilsa, koʻp valli turbinalar deyiladi.

4) Bugʻ potensial energiyasini kinetik energiyaga oʻzgartirish xarakteriga koʻra:

a) aktiv turbinalar; bu turbinalarda bugʻning potensial energiyasi kinetik energiyaga qoʻzgʻalmas kurakchalarda yoki soploda aylantiriladi; ishchi kurakchalarda esa bugʻning kinetik energiyasi mexanik ishga aylantiriladi;

b) reaktiv turbinalar; bu turbinalarda bugʻ kengayishi yoʻnaltiruvchi va ishchi kurakchalarda bir xilda amalga oshiriladi.

5) issiqlik jarayoni xarakteriga koʻra:

a) regeneratsiyali kondensatsion turbinalar; bu turbinalarda ishlatilgan bugʻ atmosfera bosimidan past bosimda kondensatorga kiritiladi;

b) bitta yoki ikkita rostlanadigan bugʻ olinadigan kondensatsion turbinalar; olingan bugʻ ishlab chiqarish yoki turar joylarni isitish uchun ishlatiladi, qolgan qismi

kondensatorga kiritiladi;

v) qarshi bosimli turbinalar; bu turbinalarda ishlatilgan bug‘ bir necha atmosfera bosimida sanoat yoki isitish uchun yuboriladi;

g) qo‘shimcha ulanadigan turbinalar; bunda ishlatilgan bug‘ o‘rta yoki past bosimli silindrlarga kiritiladi.

6) bug‘ bosimiga ko‘ra:

a) o‘rta bosimli turbinalar, $r=3,43 \text{ MRa}$, $t=345 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

b) orttirilgan bosimli turbinalar, $r=8,8 \text{ MRa}$, $t=535 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

v) yuqori bosimli turbinalar, $r=12,7 \text{ MRa}$, $t=565 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

g) kritik bosimdan yuqori bosimli turbina, $p=23,5 \text{ MRa}$,

$t_0=560 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{kk}=565 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

MA’RUZA 2.

Gaz turbina qurilmalarini umumiy konstruktsiyasi va tuzilishlari

3. Gaz turbinasining ishlash prinsipi.

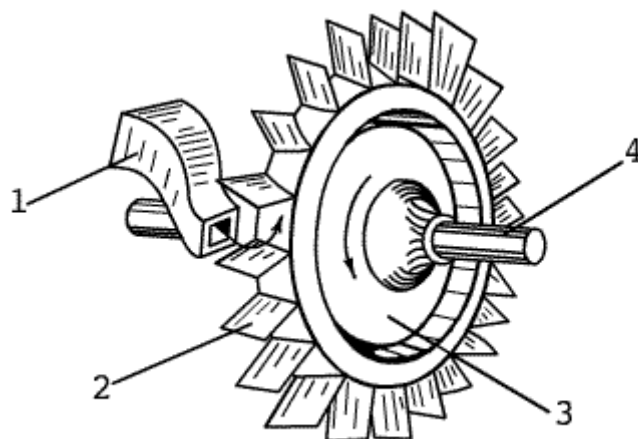
Gaz turbinasida bug‘ning potensial energiyasi kinetik energiyaga, kinetik energiya esa turbina valining mexanik energiyasiga aylantiriladi. Turbina vali bevosita yoki uzatma moslama orqali ishchi mashina bilan ulanadi.

Turbinada bug‘ning potensial energiyasini val aylanishining mexanik energiyasiga aylantirishning turli xil usullari mavjud. Bug‘ potensial energiyasini kinetik energiyaga o‘zgartirish xarakteriga ko‘ra aktiv, reaktiv va aktiv-reaktiv turbinalar farqlanadi.

Turbinaning bug‘ oqib o‘tish qismi ikkita asosiy qismdan - soplo apparati 1 va val 4 ga o‘rnatilgan disk 3 dan tashkil topgan (1-rasm). Diskning aylanasi buylab ishchi kurakchalar 2 mahkamlangan bo‘lib, ular kanallar hosil qiladi.

Birinchi jarayon soplo apparatida sodir bo‘ladi, bu erga yuqori bosimli bug‘ kiradi va kengayadi, uning bosimi pasayadi va tegishlicha tezligi ortadi, ya’ni soplo apparatida bug‘ning ichki energiyasi kinetik energiyaga aylanadi. Ikkinchi jarayon

ishchi kurakchalari kanallarida sodir bo‘ladi, bu erda bug‘ning kinetik energiyasi diskning va u bilan bog‘langan turbina valining mexanik ishiga aylanadi.

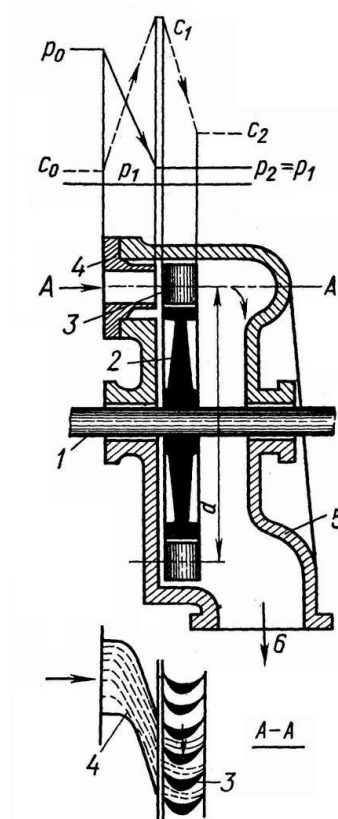


1–rasm. Bug‘ turbinasining soplosi va ish g‘ildiragi.

Bir pog‘onali bug‘ turbinasi quyidagi asosiy qismlardan iborat (2-rasm): soplo 4, val 1, disk 2 va unda o‘rnatilgan ishchi kurakchalar 3, chiqaruv quvuri 6. Val 1 unga o‘rnatilgan disk 2 bilan turbinaning asosiy qismi hisoblanadi va rotor deb nomlanadi. Rotor korpus 5 da o‘rnatilgan. Val korpusga tirgovuch podshipniklar orqali o‘rnatiladi.

Bug‘ boshlang‘ich r_0 bosimdan oxirgi r_2 bosimgacha bitta yoki bir guruh soplolarda kengayadi. Soplolar aylanuvchi diskka o‘rnatilgan ishchi kurakchalar oldida korpusga o‘rnatilgan.

Soploda bug‘ bosimi pasayishi bilan uning entalpiyasi ham kamayadi, ya‘ni soplolarda bug‘ issiqlik energiyasiga aylanadi. Bug‘ning soplodagi kengayishi natijasida tezligi s_0 dan s_1 gacha ortadi. Ishchi kurakchalar kanallarida esa bug‘ tezligi s_1 dan s_2 gacha pasayadi, ya‘ni bug‘ kinetik energiyasi kamayadi. Bunda bug‘ning kinetik energiyasi rotorni aylantirish uchun sarflanadi, ya‘ni rotor aylanish mexanik energiyasiga aylanadi.



2 - rasm. Bir pogʻonali bugʻ turbinasi sxemasi.

Bugʻning butun kengayish jarayoni faqat qoʻzgʻalmas kanallarda, yaʼni soplolarda, kinetik energiyaning mexanik energiyaga aylanish jarayoni esa faqat ishchi kurakchalarda (bugʻ kengaymasdan) sodir boʻladigan turbinalar aktiv turbinalar deyiladi.

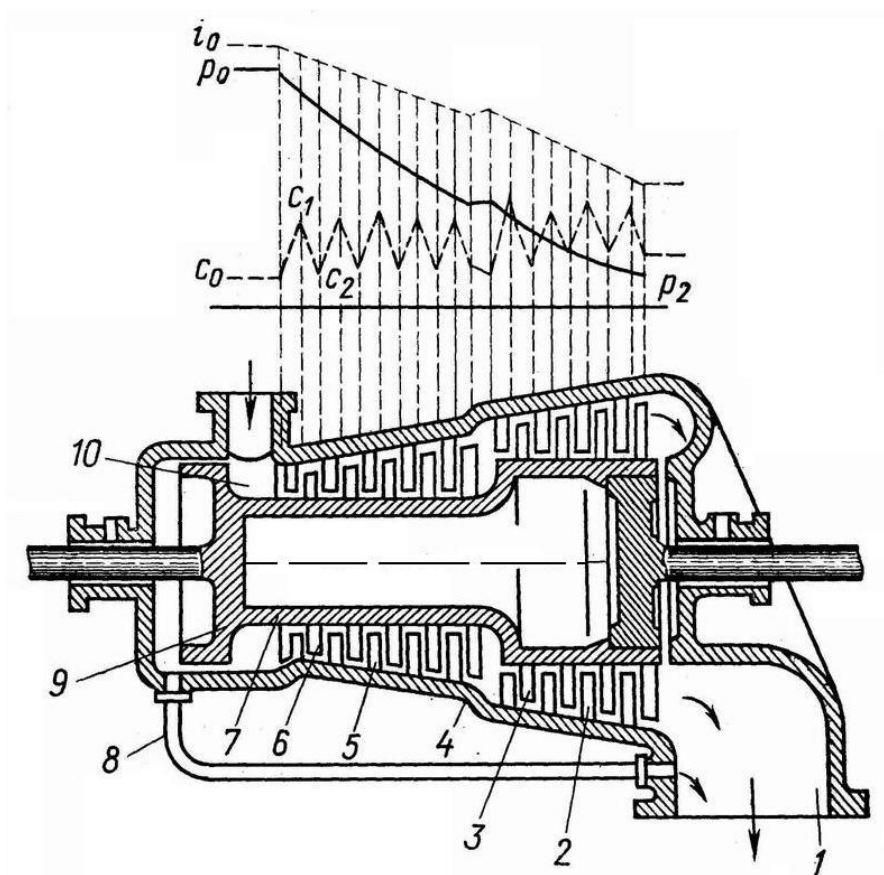
Bir pogʻonali aktiv turbinalar quvvati 500÷800 kVtdan oshmaydi. Kichik quvvatli reaktiv turbina ish prinsipini koʻrib chiqamiz.

Birlamchi bugʻ xalqasimon bugʻ kamerasi 10 orqali kiritiladi (3-rasm). Rotorda ishchi va korpusda yoʻnaltiruvchi kurakchalar oʻrnatilgan boʻlib, bu kurakchalar orasida bugʻ oʻtishi uchun kanal mavjud. Bugʻ kurakchalar orqali oʻtib chiqarish quvuri 1 orqali kondensatorga kiritiladi.

Bugʻ harakatlanishi davomida r_0 dan r_2 bosimgacha kengayadi. Bugʻ kengayishi va entalpiya kamayishi ishchi va yoʻnaltiruvchi kurakchalarda bir xilda sodir boʻladi. Turbina old qismidagi bugʻ quvur 8 orqali chiqarib yuboriladi.

Turbina korpusi va rotorda joylashgan ikki qoʻshni kurakchalar qatorlari - pogʻonani tashkil qiladi. Bir nechta ketma-ket joylashgan ishchi va yoʻnaltiruvchi kurakchalarga ega boʻlgan turbinalar koʻp pogʻonali turbinalar deyiladi. Hozir koʻrib

chiqilgan turbinada bug'ning kengayish jarayoni ishchi kurakchalar orasidagi kanallarda va yo'naltiruvchi kurakchalar orasidagi kanallarda bir xilda sodir bo'ladi. Bunday turbinalar reaktiv turbinalar deyiladi.



3-rasm. Kichik quvvatli reaktiv turbina sxemasi.

1—chiqish quvuri; 2—ikkinchi qator yo'naltiruvchi kurakchalar; 3—ikkinchi qator ishchi kurakchalari; 4—korpus; 5—birinchi qator yo'naltiruvchi kurakchalar; 6—birinchi qator ishchi kurakchalar; 7—rotor; 8—bug' quvuri; 9—porshen; 10—bug' kirish halqasimon kamerasi.

r_0-r_2 egri chiziq bug' bosimi o'zgarishini ko'rsatadi, $s_0-s_1-s_2$ punktir chiziq esa bug' absolyut tezligi o'zgarishini ko'rsatadi. Yo'naltiruvchi kurakchalarda entalpiya h_0 kamayishi hisobiga bug' tezligi ortadi. Yo'naltiruvchi va ishchi kurakchalarida entalpiya o'zgarishi hisobiga turbina aylanish mexanik energiyasi yuzaga keladi. Reaktiv turbinada entalpiya ishchi va yo'naltiruvchi kurakchalarda bir xilda kamayadi.

4. Nazorat savollari:

1. Pog'onalar soniga ko'ra bug' turbinalari qanday guruhlanadi?

2. Bug‘ taqsimlanish prinsipiga ko‘ra bug‘ turbinalari qanday guruhlanadi?
3. Issiqlik jarayoni xarakteriga ko‘ra bug‘ turbinalari qanday guruhlanadi?
4. Bir pog‘onali bug‘ turbinasi ishlash prinsipini tushuntirib bering.
5. Ikki pog‘onali bug‘ turbinasi ishlash prinsipini tushuntirib bering.
6. Aktiv va rekativ turbinalar nimasi bilan farqlanadi?

MA’RUZA 3.

Gaz turbinalari.

Reja:

1. Aktiv pog‘ona;
 2. Aktiv pog‘ona uchun tezliklar uchburchagi;
 3. Aktiv pog‘ona kurakchalaridagi issiqlik jarayoni;
 4. Nazorat savollari.
1. Aktiv pog‘ona.

Aktiv pog‘onada bug‘ kengayishi faqat soploda amalga oshiriladi. Pog‘onaning issiqliklar farqi h_0 kinetik energiyaga faqat soplolarda aylantiriladi. Ishchi kurakchalarda esa faqatgina kinetik energiyaning mexanik energiyaga aylantirish jarayoni sodir bo‘ladi. Bug‘ oqimi soplo kanallaridan aylanish tekisligiga α_1 burchak ostida s_1 absolyut tezlik bilan chiqadi va ishchi kurakchalar kanaliga kiradi. Ishchi kurakchalar aylanib turganligi sababli bug‘ kanallariga kirishida ularning devorlariga nisbatan boshqacha tezlik va yo‘nalishga ega bo‘ladi. Bu tezlik nisbiy tezlik deb ataladi va ω_1 bilan belgilanadi. Nisbiy tezlik qiymatini va yo‘nalishini tezliklar uchburchagini qurish bilan osonlikcha topish mumkin.

Bug‘ absolyut tezligi s_1 dan kurakchalar o‘rtacha diametriga nisbatan aniqlangan aylanish tezligi u ni geometrik ayirish natijasida nisbiy tezlik w_1 aniqlanadi.

Geometrik ayirish qoidasiga ko'ra c_1 tezlik parallelogrammning diagonalini hisoblanadi, tezlik u esa uning bir tomoni. Demak, nisbiy tezlik w_1 ning qiymati va yo'nalishi parallelogrammning ikkinchi tomoni bilan aniqlanadi.

2. Aktiv pog'ona uchun tezliklar uchburchagi.

Bug' oqimining ishchi kurakchalar kanallariga kirishdagi yo'nalishini belgilovchi β_1 burchak kirish burchagi deyiladi. Bug'ning ishchi kurakchalar kanallariga zarbasiz kirishini ta'minlash uchun ishchi kurakchalarning chekka qismlari aylanish tekisligiga nisbatan β_1 burchakka og'ma qilib yasalishi kerak.

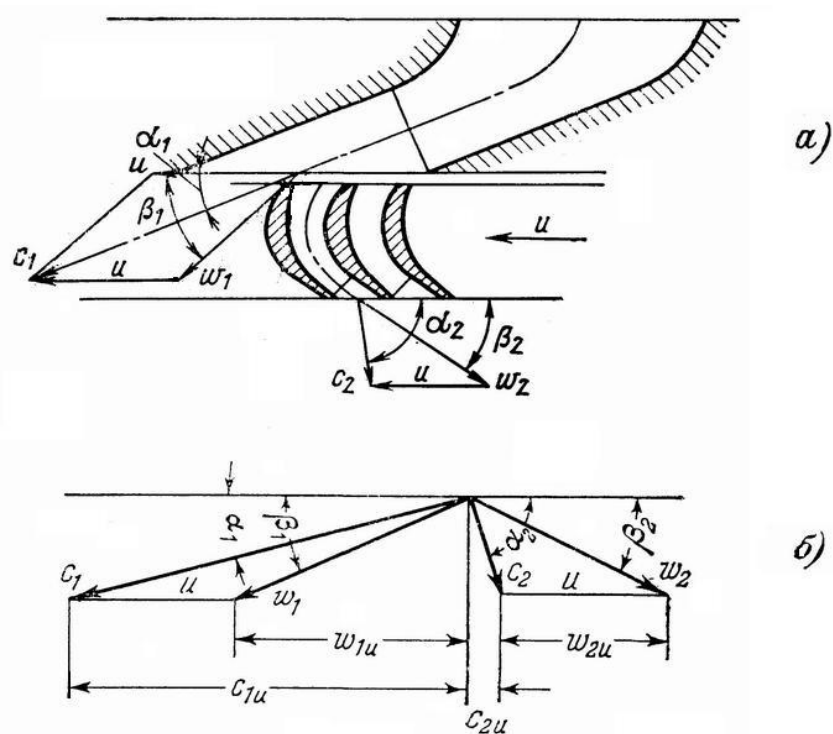
Tezlik w_1 va burchak (1ning qiymatlarini uchburchaklar formulasidan foydalanib analitik usulda aniqlaymiz:

$$w_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2uc_1 \cos \alpha_1};$$

$$\sin \beta_1 = \frac{c_1}{w_1} \sin \alpha_1$$

Kanalning egriligi sababli bug' oqimi o'z yo'nalishini o'zgartiradi va kurakchalardan ω_2 burchak ostida chiqib ketadi. β_2 tezlik chiqish tezligi deb ataladi. β_2 burchak odatda β_1 burchakdan kichik, ya'ni

$$\beta_2 = \beta_1 - (2^\circ \div 10^\circ).$$



4-rasm. Aktiv turbina ishchi kurakchalarida bug‘ tezligi o‘zgarishi: a–kurakchalardagi oqim sxemasi; b–tezliklar uchburchagi.

Kurakchalar kanallarida bug‘ energiyasi yo‘qotilishi tufayli ω_2 nisbiy tezlik ω_1 nisbiy tezlikdan kichik, ya’ni

$$\omega_2 = \psi \omega_1,$$

bu erda $\psi < 1$ tezlik koeffitsienti bo‘lib, bug‘ning ishchi kurakchalar kanallarida harakatlanishidagi zararli qarshiliklarni hisobga oladi.

Bug‘ning ishchi kurakchalarni tark etishidagi absolyut tezlik s_2 ni chiquvchi tezliklar uchburchagini qurib, nisbiy tezlik ω_2 dan aylanish tezligi u ni geometrik ayrishi orqali aniqlanadi.

Geometriya qoidasiga ko‘ra c_2 tezlik ω_2 va u tezliklarga qurilgan parallelogrammning diagonali hisoblanadi.

Absolyut tezlik c_2 va burchak α_2 ni quyidagi formulalar orqali analitik aniqlash mumkin:

$$S_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2u\omega_2 \cos\beta_2}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{\omega_2}{c_2} \sin \beta_2$$

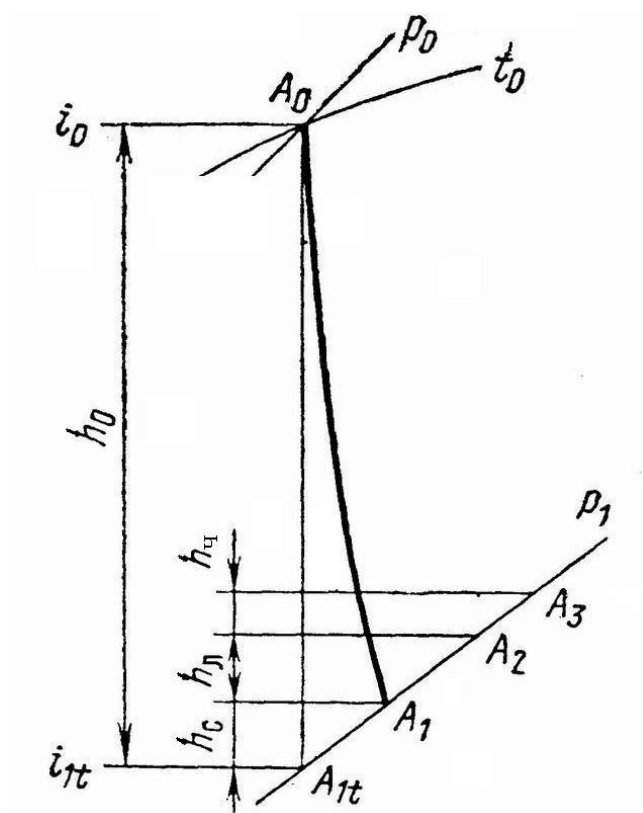
MA'RUZA 4.

Gaz turbinalari.

Reja;

3. Aktiv pog'ona kurakchalaridagi issiqlik jarayoni.

Pog'onadagi bug' harakati tezligining o'zgarishini bilgach, uning kinetik energiyasi o'zgarishini ham aniqlash mumkin.



5-rasm. Aktiv pog'ona kurakchalaridagi issiqlik jarayonining yo'qotishlarini hisobga olgan holdagi i - s diagrammadagi tasviri.

Bug‘ ishchi kurakchalar kanallaridan o‘tishdagi zararli qarshilikni engishga sarflaydi. Ishchi kurakchalardagi kinetik energiya yo‘qotilishi h_A quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_e = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2} = (1 - \psi^2) \frac{\omega_1^2}{2}, \text{ kJ/kg}$$

bu erda $\frac{\omega_1^2}{2} - 1 \text{ kg}$ bug‘ning ishchi kurakchlarga kirishdagi kinetik energiyasi;

$\frac{\omega_2^2}{2} - 1 \text{ kg}$ bug‘ning ishchi kurakchalardan chiqishdagi kinetik energiyasi.

Ishchi kurakchalar kanallaridagi ishqalanishni va boshqa qarshiliklarni engish uchun sarflanadigan energiya issiqlikka aylanadi va bug‘ning ishchi kurakchalardan chiqishdagi issiqlik miqdorini h_A kattalikka oshiradi. c_2 tezlik va $\frac{c_2^2}{2}$ energiya ham mazkur pog‘ona uchun yo‘qotish hisoblanadi. Bu yo‘qotish chiquvchi tezlik bilan yo‘qotish deb ataladi va quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_{CH} = \frac{c_2^2}{2}, \text{ j/kg.}$$

Aktiv pog‘ona kurakchalaridagi issiqlik jarayoni barcha yo‘qotishlar bilan birga 5-rasmda ko‘rsatilgan.

Bu rasmda A_{It} nuqtadan yuqori h_C , h_A , h_{CH} yo‘qotishlar ko‘rsatilgan. A_1 , A_2 va A_3 nuqtalar bug‘ning soplodan va ishchi kurakchalardan chiqishdagi va undan keyingi holatlarini ifodalaydi.

4. Nazorat savollari:

1. Aktiv pog‘onaning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
2. Aktiv pog‘ona uchun tezliklar uchburchagini qurib bering?
3. Aktiv pog‘onada chiquvchi tezlik qanday aniqlanadi?
4. Aktiv pog‘onada uchun absolyut tezlik c_2 va burchak α_2 qaysi formulaga asosan aniqlanadi?
5. Aktiv pog‘ona issiqlik jarayonining hs diagrammadaga ko‘rinishi qanaqa bo‘ladi?

6. Aktiv pogʻona ishchi kurakchalaridagi kinetik energiya yoʻqotilishi qaysi formula orqali aniqlanadi?

MAʼRUZA 5.

Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari

Reja:

1. Reaktiv pogʻona;
2. Reaktiv pogʻona uchun tezliklar uchburchagi;
3. Erkin reaktivlik darajalik pogʻona;
4. Nazorat savollari.

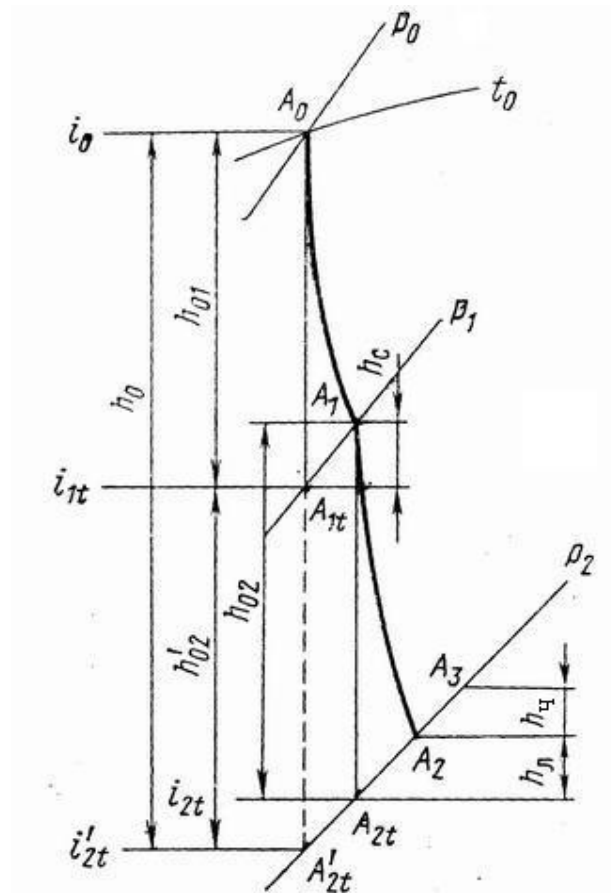
1. Reaktiv pogʻona.

Aksial reaktiv pogʻonada nazariy issiqlik tushishi:

$$h_0 = i_0 - i'_{2t} = h_{01} + h'_{02}$$

bu erda h_{01} va h'_{02} —yoʻnaltiruvchi va ishchi kurakchalardagi asoiy adiabat $A_0A'_{2t}$ boʻyicha issiqlikning nazariy sarflari. Aksial reaktiv pogʻonada nazariy issiqlik tushishi yoʻnaltiruvchi va ishchi kurakchalar orasida teng taqsimlanadi, yaʼni $h_{01} \approx h'_{02}$

Yoʻnaltiruvchi kurakchalar kanallarida issiqlik yoʻqotilishi h_s mavjudligi sababli ishchi kurakchalardagi haqiqiy issiqlik tushishi h'_{02} emas balki h_{02} ga teng (6–rasm).



6–rasm. Reaktiv pog‘ona kurakchalaridagi yo‘qotishlar hisobga olingan holdagi issiqlik jarayonining is diagrammadagi tasviri.

Ishchi kurakchalardagi issiqlik tushishining butun pog‘ona nazariy issiqlik tushishiga nisbati reaktivlik darajasi deyiladi va (harfi bilan belgilanadi:

$$\rho = \frac{h_{02}}{h_0}$$

yoki

$$h_{02} = \rho \cdot h_0$$

Yo‘naltiruvchi kurakchalarda $h_{01} = i_0 - i_{1t}$ miqdordagi issiqlik tushishi ro‘y beradi va bosim r_0 dan r_1 gacha pasayadi.

Bug‘ oqimi yo‘naltiruvchi kurakchalar kanallaridan s_1 absolyut tezlikda α_1 burchak ostida chiqadi va ishchi kurakchalar kanallariga kiradi.

Bug‘ning yo‘naltiruvchi kurakchalar kanallaridan chiqishdagi tezligi quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlanadi:

$$c_1 = \varphi c_{1r} = \varphi \sqrt{2h_{01} + c_0^2} = \varphi \sqrt{2(1-\rho)h_0 + c_0^2}.$$

2. Reaktiv pog‘ona uchun tezliklar uchburchagi.

Bug‘ oqimi tezligi ω_1 va β_1 burchak tezliklar uchburchagini (7-rasm) yasash orqali aniqlanadi. SHuningdek, analitik usulda quyidagi formulalar bo‘yicha ham aniqlash mumkin:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2uc_1 \cos \alpha_1};$$

$$\sin \beta_1 = \frac{c_1}{\omega_1} \sin \alpha_1.$$

Pog‘onaning ishchi kurakchalari kanallarida bug‘ning kengayishi davom etib, tezligi ortadi va bosimi r_1 dan r_2 gacha kamayadi.

Ishchi kurakchalardagi 1 kg bug‘ kinetik energiyasi oqimning ishchi kurakchalarga kirishdagi kinetik energiyasi $\left(\frac{\omega_1^2}{2}\right)$ va issiqlik tushishi h_{02} lar yig‘indisiga teng, ya’ni: $\frac{\omega_{2t}^2}{2} = \frac{\omega_1^2}{2} + h_{02}$.

bu erda ω_{2t}^2 —bug‘ning ishchi kurakchalar chiqish kesimidagi nazariy nisbiy tezligi.

Bu erdan

$$\omega_{2t}^2 = \sqrt{2h_{02} + w_1^2}$$

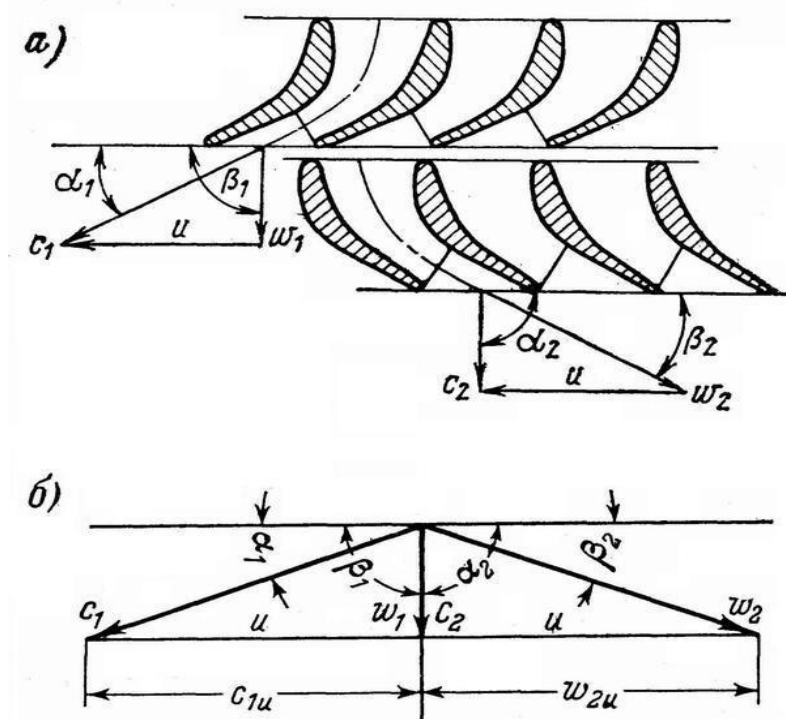
Bug‘ning ishchi kurakchalardan chiqishidagi haqiqiy nisbiy tezligi, ya’ni ishchi kurakchalardagi energiya yo‘qotilishini hisobga olgan holdagi tezlik quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\omega_2 = \psi \omega_{2t} = \psi \sqrt{2h_{02} + w_1^2}.$$

c_2 tezlik va α_2 burchak chiquvchi tezliklar uchburchakini qurish orqali aniqlanadi.

Reaktiv bug‘ turbinalari hamisha ko‘p pog‘onali qilib yasaladi va ular pog‘onalarida $r=0,5$ saqlanadi. Har bir oraliq pog‘ona uchun $s_0=s_2$ bo‘lganligi sababli reaktiv pog‘ona yo‘naltiruvchi va ishchi kurakchalarini konstruksiyalashda $\alpha_1 = \beta_2$ va

$\alpha_2 = \beta_1$ qabul qilinadi. Bu holda $\varphi = \psi$, demak, $w_2 = s_1$. Bu shuni ko'rsatadiki, chiquvchi tezliklar uchburchagi kiruvchi tezliklar uchburchagining aksidir (7-rasm).



7-rasm. Reaktiv pog'ona ishchi kurakchalarida bug' tezligi o'zgarishi: a–kurakchalardagi oqim sxemasi; b–tezliklar uchburchaklari.

Ishchi kurakchalarda issiqlik yo'qotilishi quyidagi tenglamaga binoan aniqlanadi:

$$h_A = \frac{\omega_{2t}^2 - \omega_2^2}{2} = (1 - \psi^2) \frac{\omega_{2t}^2}{2} = \left(\frac{1}{\psi^2} - 1 \right) \frac{\omega_2^2}{2}$$

CHiquvchi tezlik bilan issiqlik yo'qotilishi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$h_{CH} = s_2^2 / 2$$

Reaktiv pog'onadagi issiqlik jarayoni $i-s$ diagrammada quyidagicha quriladi (6-rasm). Bug'ning boshlang'ich holatini ifodalovchi r_0 va t_0 parametrlari A_0 nuqtadan oxirgi bosim izobarasi r_2 bilan kesishgunicha adiabat o'tkaziladi. $A_0A'_{2t}$ issiqlik tushishi pog'ona kurakchalarida sodir bo'ladi. A_{1t} nuqta bug'ning yo'naltiruvchi kurakchalardan keyingi holatini yo'qotishlarni hisobga olmasdan ko'rsatadi.

Yo‘qotishlarni hisobga olgan holda bug‘ning yo‘naltiruvchi kurakchalardan keyingi holati A_1 nuqta orqali aniqlanadi, bu holda yo‘naltiruvchi kurakchalarda energiya yo‘qotilishi quyidagi formulaga ko‘ra aniqlanadi:

$$h_c = (1 - \varphi^2)(h_{01} + \frac{c_0^2}{2})$$

Ishchi kurakchalarda bug‘ r_1 bosimdan r_2 bosimgacha kengayadi. Bu jarayondagi nazariy issiqlik tushishi $i-s$ diagrammada A_1A_{2t} adiabatada orqali ko‘rsatiladi. Ishchi kurakchalardagi yo‘qotish h_A ni A_{2t} nuqtadan yuqoriga qo‘yish orqali A_2 nuqta topiladi va bu nuqta bug‘ning reaktiv pog‘onadan keyingi holatini ifodalaydi.

MA’RUZA 6.

Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari

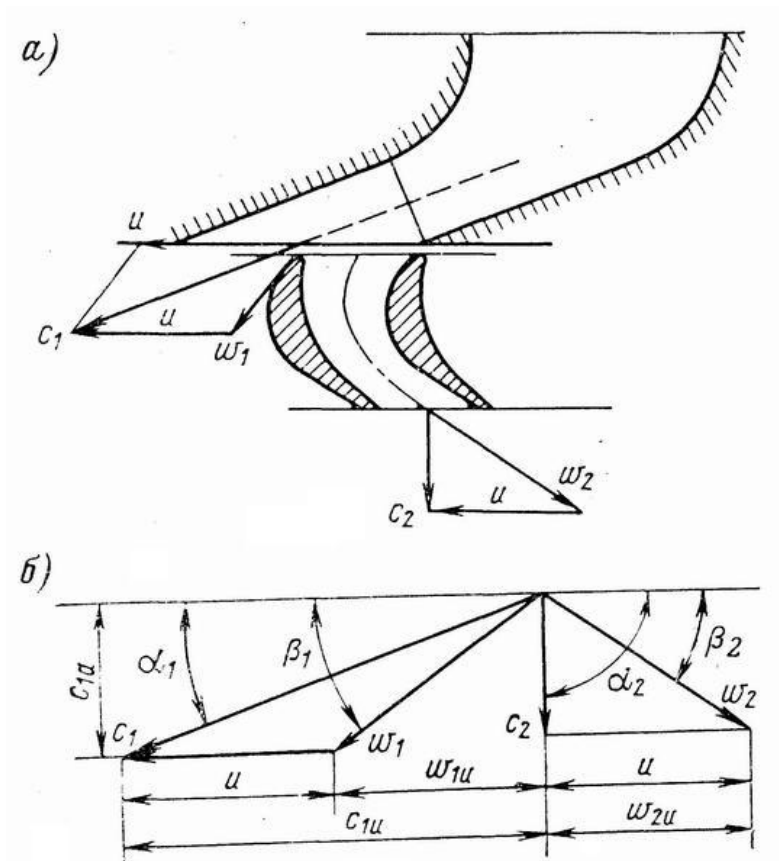
3. Erkin reaktivlik darajalik pog‘ona.

Hozirgi aktiv turbinalarda har xil reaktivlik darajasiga ega bo‘lgan pog‘onalar keng qo‘llaniladi.

Istalgan reaktivlik darajasili pog‘ona ishchi kurakchalarida energiyani bir turdan boshqa turga aylantirish prinsipi reaktivlik darajasi $r=0,5$ bo‘lgan reaktiv pog‘ona prinsipi bilan bir xil bo‘lib, farqi pog‘ona nazariy issiqlik tushishining asosiy qismi kichik reaktivlik darajasida qo‘zg‘almas yo‘naltiruvchi kurakchalarga (soplo) to‘g‘ri keladi.

Erkin reaktivlik darajasili pog‘ona uchun yuqorida ko‘rib o‘tilgan reaktiv pog‘ona tengliklari to‘g‘ri keladi.

Reaktivlik darajasi taxminan 30 % ga teng pog‘onaning issiqlik jarayoni 8–rasmda ko‘rsatilgan.



9–rasm. Reaktivlik darajasili pog‘ona kurakchalarida bug‘ tezligi o‘zgarishi: a–kurakchalardagi oqim sxemasi; b–tezliklar uchburchagi.

4. Nazorat savollari:

1. Reaktiv pog‘onaning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
2. Reaktiv pog‘ona uchun tezliklar uchburchagini qurib bering?
3. Reaktiv pog‘onada chiquvchi tezlik qanday aniqlanadi?
4. Reaktiv pog‘onada uchun absolyut tezlik c_2 va burchak α_2 qaysi formulaga asosan aniqlanadi?
5. Erkin reaktivlik darajalik pog‘ona deb nimaga aytiladi?
6. Reaktivlik darajasi nima?

MA'RUZA 7.

Kompressorlar.

Reja:

1. Yo'qotishlarning guruxlanishi;
2. Klapanlardagi yukotishlar;
3. Soplolardagi yukotishlar;
4. Ishchi kurakchalardagi yo'qotishlar;
5. Nazorat savollari.

1. Yo'qotishlarning guruhlanishi.

Bug' turbinalarida sodir bo'ladigan yo'qotishlarni ikki guruhga ajratish mumkin:

- 1) ichki yo'qotishlar. Turbinada ishchi jism kengayishida uning holati o'zgarishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi;
- 2) tashqi yo'qotishlar. Bu yo'qotishlar turbinada ishchi jism kengayishida uning holati o'zgarishiga ta'sir ko'rsatmaydi.

Ichki yo'qotishlarga quyidagilar kiradi: klapanlardagi yo'qotishlar, soplodagi yo'qotishlar, chiquvchi tezlik bilan disk ishqalanishi va ventilyasiyasidagi yo'qotishlar, ichki tirqishlar orqali yo'qotishlar, bug' namligi sababli yo'qotishlar, chiqish quvuridagi yo'qotishlar.

Tashqi yo'qotishlarga quyidagilar kiradi: mexanik yo'qotishlar, tirqishdagi bug' yo'qotishlar sababli sodir bo'ladigan yo'qotishlar.

2. Klapanlardagi yo'qotishlar.

Turbinaga kiruvchi bug' berkituvchi va rostlovchi qurilmalardan o'tishi kerak. Bular turbinaning kirish qismida joylashgan stopor(to'xtatuvchi) va rostlovchi klapanlardir. Bu qurilmalar turbinaning konstruktiv qismlaridan biri hisoblanadi. Demak, turbinaga kirishdagi bug' holati deganda stopor klapani oldidagi bug' holati tushuniladi.

Bug' stopor va rostlovchi klapanlardan o'tishida uning bosimida yo'qotish sodir bo'ladi, ya'ni bug' drossellanadi. Drossellanganda bug' entalpiyasi o'zgarmaydi, $h_o = \text{const}$.

Lekin bu drossellash sababli turbinadagi issiqlik pasayishi kamayadi, ya'ni drossellanishdan issiqlik yo'qotilishi sodir bo'ladi:

$$\Delta h_k = h_0 - \Delta h_{i,y}.$$

O'rta bosimli turbinalarda drossellash tufayli sodir bo'ladigan bosim yo'qotilishi klapanlar butunlay ochiq bo'lganida birlamchi bug' bosimining 5 % ini tashkil qilishi mumkin. Zamonaviy bug' turbinalarida bu yo'qotishlar 3% va undan ham kamroq. Hisob-kitoblar uchun drossellashdagi bosim yo'qotilishini quyidagicha qabul qilinadi:

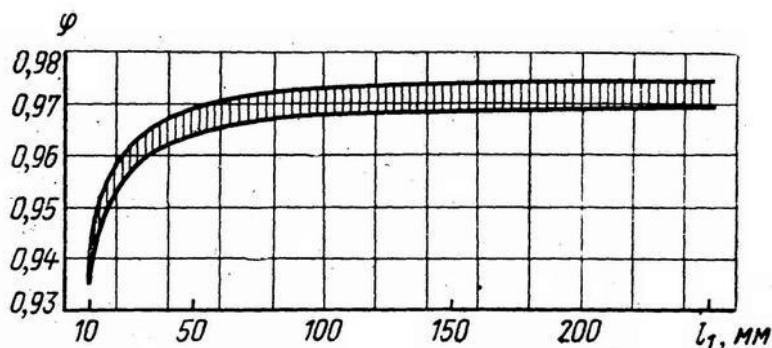
$$\Delta r_k = (0,03 \div 0,05) r_0.$$

3. Soplolardagi yo'qotishlar.

Soplodagi bug' kinetik energiyasining yo'qotilishi bug'ning soploga kirishidagi yo'qotilishi tufayli, bug' zarrachalarining soplo devoriga ishqalanishi tufayli, bug' oqimi yo'nalishi o'zgarishi tufayli va bug' uyurma harakati tufayli sodir bo'ladi.

Bug' harakatlanish tezligi sababli sodir bo'ladigan yo'qotish tezlik koeffitsienti φ orqali ifodalanadi. Tezlik koeffitsienti soplo kanali o'lchamlariga (uzunligi, balandligi va radiusi), soplo devorlari yuzasi g'adir-budirlik darajasiga, bug' tezligiga va soplo shakliga bog'liq. Tezlik koeffitsienti φ soplo balandligiga juda kuchli bog'liq: balandlik kamayishi bilan φ kamayadi.

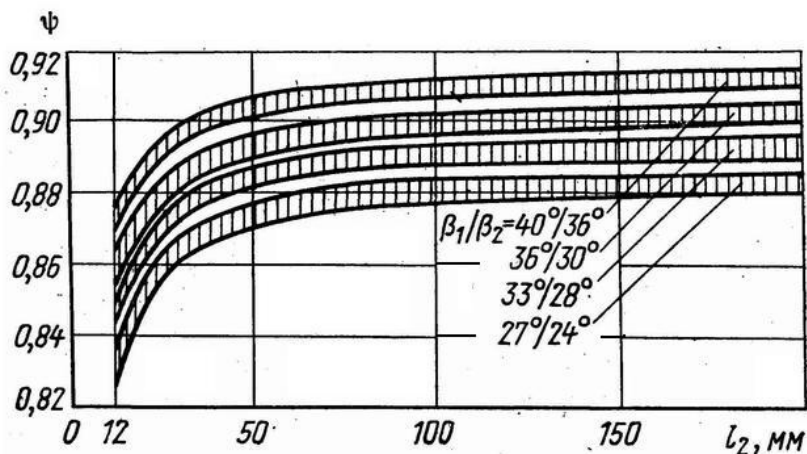
Tezlik koeffitsienti φ ning qiymatini qo'pol ishlangan soplolar uchun $0,93 \div 0,94$, yaxshi qo'yilgan va ishlov berilgan soplolar uchun $0,95 \div 0,96$ va frezerlangan soplolar uchun $0,96 \div 0,975$ oralig'ida qabul qilish mumkin.



10-rasm. Siqiluvchi kanalli soplo kurakchalari uchun tezlik koeffitsientining sopla balandligiga bog'liqligi.

4. Ishchi kurakchalardagi yo‘qotishlar.

Kurakchalardagi energiya yo‘qotishlari tezlik koeffitsienti ψ orqali hisobga olinadi. Tezlik koeffitsienti ψ qiymati aktiv turbinalar uchun $\psi=0,94\div0,95$, reaktiv turbinalar uchun $\psi=0,96\div0,975$ oralig‘ida qabul qilinadi.



11–rasm. Aktiv turbina ishchi kurakchalari uchun tezlik koeffitsientining har xil egrilik darajasili kurakchalar balandligiga bog‘liqligi.

Ishchi kurakchalardagi energiya yo‘qotilishini quyidagi formulalar yordamida aniqlash mumkin:

aktiv turbinalar uchun:

$$h_{i.k.} = \frac{w_1^2 - w_2^2}{2000} = (1 - \psi^2) \frac{w_1^2}{2000};$$

reaktiv turbinalar uchun:

$$h_{i.k.} = (1 - \psi^2) \left(\frac{w_1^2}{2000} + h_{02} \right),$$

5. Nazorat savollari: bu erda: $\frac{w_1^2 - w_2^2}{2000}$ – 1 kg bug‘ning ishchi kurakchaga kirishdagi va chiqishdagi kinetik energiyasi, kJ/kg;

h_{02} –reaktiv turbina ishchi kurakchalaridagi bug‘ adiabatik kengayishidagi entalpiyalar farqi, kJ/kg.

1. Yo‘qotishlar qanday guruxlanadi?
2. Klapanlardagi yukotishlar qiymati qancha?
3. Soplolardagi yukotishlar deb nimaga aytiladi?
4. Ishchi kurakchalardagi yo‘qotishlar nimadan kelib chiqadi?
5. Soplolardagi yo‘qotishlar qanday sababga ko‘ra hosil bo‘ladi?

MARUZA 8.

Yonish kameralari.

Reja:

1. Ishchi kurakchalardan chikish tezligidagi yukotishlar;
2. Disk ishkalanishi va ventilyasion yukotishlar;
3. Aktiv turbina ichki tirqishidagi yo‘qotishlar;
4. Bug‘ namligidagi yo‘kotishlar;
5. CHiqish quvuridagi yo‘kotishlar
6. Tashqi yo‘qotishlar;
7. Nazorat savollari.

1. Ishchi kurakchalardan chikish tezligidagi yukotishlar.

Bug‘ ishchi kurakchalardan chiqishida uning absolyut tezligi s_2 bo‘ladi. Bug‘ chiqishidagi tezlik energiyasidan to‘liq foydalanish uchun oldingi va keyingi pog‘ona ishchi kurakchalar orasidagi tirqish kichik bo‘lishi kerak, shunda bug‘ ishchi kurakchalar kanallariga zarbasiz kiritiladi va kurakchalarga ishqalanishi kam bo‘ladi. Ko‘p pog‘onali bug‘ turbinalarida bir pog‘onadan chiqqan bug‘ tezligi energiyasi keyingi pog‘ona ishchi kurakchalarida to‘liq yoki qisman ishlatilishi mumkin.

Ishchi kurakchalar va keyingi pog‘ona soplolari orasida tirqish katta bo‘lganida chiquvchi tezlik energiyasi butunlay yo‘qotiladi, masalan, rostlovchi halqa ishchi kurakchalaridan chiqishda, bug‘ olish kamerasidan oldingi pog‘onada, diametr to‘satdan ortishida va oxirgi pog‘ona kurakchalaridan chiqishda.

Chiquvchi tezlik bilan yo‘qotiladigan energiya quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$h_{CH} = s_2^2/2000$$

Oxirgi pog‘onadan chiquvchi bug‘ tezligi bilan yo‘qotiladigan energiya miqdori kichik va o‘rta quvvatli turbinalar uchun turbinadagi adiabatik entalpiyalar farqining 1–2 % idan oshmaydi. Katta quvvatli va chuqur vakuumda ishlaydigan turbinalar uchun bu ko‘rsatkich 3–4 % va undan ham yuqori bo‘ladi.

2. Disk ishqalanishi va ventilyasion yo‘qotishlari.

Aylanuvchi disk va uni o‘rab turgan bug‘ orasida ishqalanish sodir bo‘ladi. Aylanayotgan disk o‘ziga yaqin bug‘ zarralariga tezlanish beradi. Ishqalanishni engish uchun va bug‘ zarralariga tezlanish berish uchun ma’lum miqdordagi ish sarflanadi. Bu sarflangan ish qaytadan issiqlikka aylanadi va bug‘ issiqlik miqdorini oshiradi.

Bug‘ni soplolar bilan band bo‘lmagan qatlamga parsial kiritilganda ishchi kurakchalar kanalida uyurmali harakat vujudga keladi va ventilyasion yo‘qotishlar sodir bo‘ladi. Ventilyasion yo‘qotishlarga quyidagilar kiradi: bug‘ning ishchi kurakchalarga ishqalanishi va zarbasi (urilishi), ishchi kurakchalarning ventilyator sifatidagi harakati, parsial disk kurakchalariga bug‘ning uzilishlar bilan berilishi.

Bundan tashqari, bug‘ni soplodan parsial ravishda kiritilganda faqat soplo to‘g‘risidagi qarshisidan ishchi kurakchalar kanallarigagina bug‘ beriladi. Ishchi kurakchalarning boshqa barcha kanallarni ishchi jism emas, balki boshqa muhit to‘ldirib turadi. Bu kanallar soplo qarshisiga kelganida, ishchi bug‘ energiyasining bir qismi kanallardan ishchi emas jismni surib chiqarishga sarflanadi. Bu energiya sarfi surib chiqarish uchun yo‘qotish deyiladi. Bu ko‘rsatilgan qarshiliklarni engish uchun mexanik ish sarflanadi, bu esa bug‘ issiqlik miqdorini oshiradi.

Ishqalanish va ventilyasiya yo‘qotishlarni aniqlash uchun Stodan formulasidan foydalaniladi:

$$N_{i.v.} = \lambda [1,07d^2 + 0,61z(1-E)dl^{1,5}_2] u^3 \cdot 10^{-6} \rho,$$

bu erda: $N_{i.v.}$ - ishqalanish va ventilyasiyaga sarflanadigan quvvat, kVt;

λ - koeffitsient, havo va yuqori darajada qizdirilgan bug‘ uchun $\lambda=1$, o‘ta qizigan bug‘ uchun $\lambda=1,1 \div 1,2$, to‘yingan bug‘ uchun $\lambda=1,3$;

d – disk diametri, m;

z – tezlik pog‘onalari soni;

E – bug‘ kiritilishi parsiallik darajasi;

l_2 – kurakchalar balandligi, sm;

u – o‘rtacha diametr atrofidagi aylanma tezlik, m/s;

ρ – disk aylanayotgan muhim zichligi, kg/m³.

Ishqalanish va ventilyasiya yo‘qotishlari issiqlik birliklarida quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{i.v.} = N_{i.v.} / G,$$

bu erda: G - pog‘onadagi bug‘ sarfi, kg/;

$h_{i.v.}$ - ishqalanish va ventilyasiyani engishga sarflangan ishga ekvivalent bug‘ issiqlik miqdori ortishi, kJ/kg.

Reaktiv turbinalarda disklar yo‘qligi va kurakchalarga bug‘ni to‘liq berilishi sababli ishqalanish tufayli yo‘qotishlarni hisobga olinmaydi, sababi barabansimon konstruksiyada ularning qiymati juda kichik. Ventilyasiya yo‘qotishlari esa, umuman yo‘q.

MARUZA 9.

Yonish kameralari.

Reja:

3. Aktiv turbina ichki tirqishidagi yo‘qotishlar.

Diafragmaning ikki tomonida soploda bug‘ kengayishi natijasida bosim farqi vujudga keladi. Diafragma korpusga mahkamlanganligi sababli va disk val bilan birga aylanishi tufayli disk gupchagi va diofragma oralig‘ida tirqish hosil bo‘ladi.

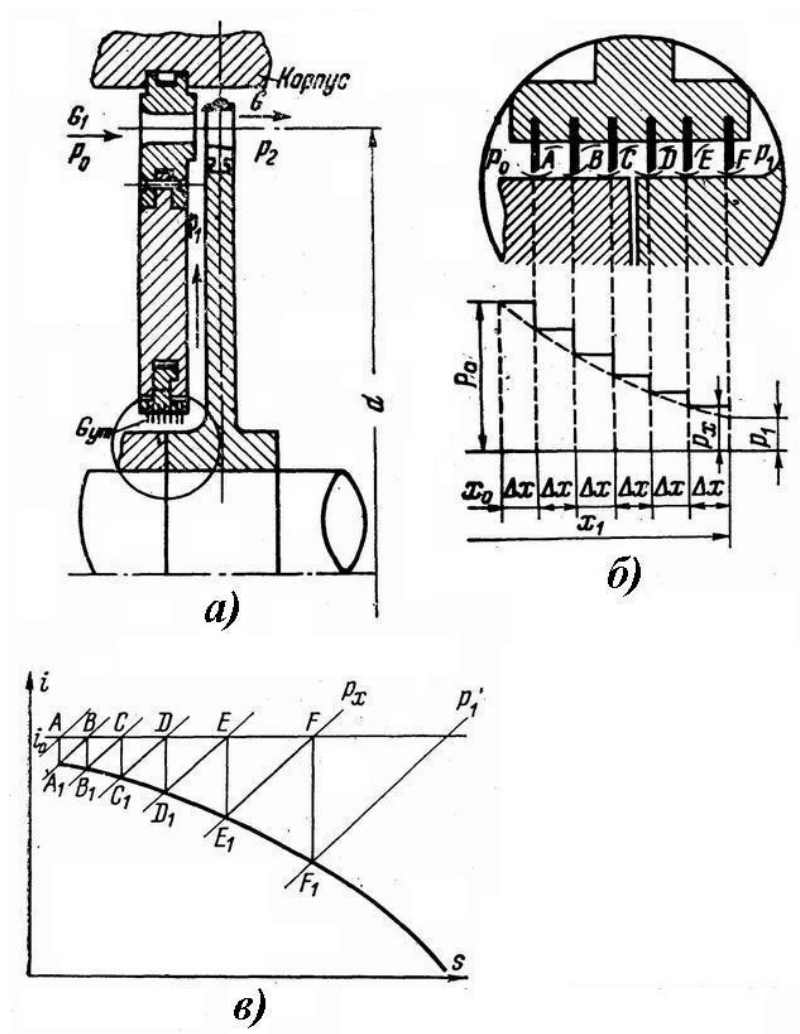
12-rasmda aktiv turbina bosim pog‘onasi sxemasi ko‘rsatilgan. Diafragmaning ikki tomonida hosil bo‘ladigan bosim farqi tufayli tirqish orqali soplodan o‘tmasdan va ish bajarmasdan ma’lum miqdordagi bug‘ o‘tadi. Bu yo‘kotishlar bug‘ning issiqlik saqlanuvchanligini oshishiga va FIKning tushishiga olib keladi. Bu yo‘kotishlarni kamaytirish uchun maxsus labirint zichlagichlar o‘rnatiladi.

Issiqlik energiyasining diafragma va turbina validagi tirqishlaridan yo‘qolishi bir qator omillarga: zichlagich qirralari soni, ko‘ndalang tirqishlar kattaligi, keyingi pog‘ona disklaridagi engillatish moslamalarining bor–yo‘qligi va h.k.larga bog‘liq.

Bu sarfni grafik usulda nomogrammalardan topish mumkin. Injenerlik hisoblarida

$$G_t = f_b c/v = 316,2 \mu f_s \sqrt{2(p' - p'')/v}$$

formuladan foydalanish ham mumkin.



12-rasm. Aktiv turbina bosim pog'onasi sxemasi.

Bu erda:

$f_s = \pi ds$ —aylana ko'rinishidagi tirkish yuzasi;

c —adiabatik kengayishdagi bug'ning tirkishdagi tezligi m/s;

s —ko'ndalang tirqish kattaligi, m;

d —disk gupchagi diametri;

μ —bug' kengayishi va tezligi o'zgarishini e'tiborga oluvchi miqdoriy koeffitsient;

ν —tirqishdagi bug'ning nisbiy hajmi;

$(p' - p'')$ —tirqish zichligining ikki tomondagi bosimlar farqi.

4. Bug' namligidagi yo'kotishlar.

Kondensatsion tipdagi turbinalar keyingi pog'onalari, asosan, to'yingan nam bug' rejimida ishlaydi, natijada suv tomchilari hosil bo'ladi. Bu tomchilar markazdan qochma kuchlar ta'sirida periferiyaga uloqtiriladi, shu bilan birga, asosiy bug' oqimidan tezlanish oladi. SHunday qilib, tomchilarga tezlanish berish uchun ma'lum miqdorda energiya sarflanadi. Bug' absolyut tezligining nisbiy vektoridan katta bug'ning ishchi kuraklariga yo'nalish turlicha bo'ladi, ya'ni suv tomchilari yo'nalishi ishchi kuraklarining pastki qismiga to'g'ri keladi, bu turbina pog'onasining ishiga ta'sir ko'rsatadi. Bir tomondan, suv tomchilari ishchi kuraklari korpusini emiradi, ikkinchi tomondan, suv tomchilari ishchi kuraklariga ta'sir etayotgan tormozlash effektining yangilanishi uchun ma'lum miqdorda energiya sarfini talab etadi. Nam bug' rejimida suv tomchilarining ajralib chiqishi natijasida ish jarayonini berilgan bug' miqdorining xammasi bajarmaydi. Bug' miqdorining bug' kengayishi jarayonida va suv tomchilariga aylanadigan qismi namlik tufayli sarf bo'ladigan energiya sarfining miqdorini tashkil etadi. Injenerlik hisoblari uchun bu sarf:

$$h_{mn} = (1 - x) h_i, \text{ kJ/kg},$$

bu erda: h_i —pog'onadagi xamma yo'kotishlarni e'tiborga olingandagi issiqlik miqdori farqi, kJ/kg; x —bug' pog'onadagi bug'ning quruqlik darajasi.

5. CHiqish quvuridagi yo'kotishlar.

Ishlatilgan ikkilamchi bug' turbinadan chiqarish quvuri orqali ma'lum tezlik bilan chiqariladi. Buning uchun ma'lum miqdorda bosim sarflanadi.

Bug' turbinadagi chiqaruvchi tezlik 40–60 m/s bo'lsa, kondensatsion turbinalarda 100–120 m/s ga etadi. Turbinadan chiqadigan bug'ning kinetik energiyasi bosim farqlari bilan ifodalanadi. CHiqaruv qismi quvuridagi bosim sarfi quyidagi empirik formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta r_n = r_2 - r_{2k} = \lambda (s_n/100)^2 r_{2k},$$

bu erda: r_2 —bug'ning turbina kuraklaridan keyingi bosimi;

r_{2k} —bug'ning kondensatordan keyingi bosimi;

s_n —bug'ning chiqarish quvuridagi tezligi;

λ —qo'shimcha koeffitsient (0,07 – 0,1).

6. Tashqi yo'qotishlar.

Mexanik yo‘qotishlar. Podshipniklarning tayanch va tirgak qismlarida generatorning boshqa mashinalaridagi qarshiliklarini engish uchun ketadigan energiya sarfi mexanik yo‘kotishlarni tashkil etadi. Bundan tashqari, turbinaning qismlarini birlashtiruvchi zichlagichlari qarshiligini engish uchun ham energiya sarf bo‘ladi. Turbogeneratordagi mexanik yo‘kotishlar mexanik FIKni aniqlashda e‘tiborga olinadi. Mexanik yo‘kotishlarni tajriba yo‘li bilan topiladi. Bunda har xil FIKli va har xil quvvatdagi turbinalar uchun qo‘llaniladigan normogrammalardan foydalanish mumkin.

Val zichlagichlari orasidan chiqadigan yo‘qotishlar. Turbinadagi bug‘ bosimining atmosfera bosimidan yuqori bo‘lishi natijasida val zichlagichi orasidan bug‘ tashqariga oqib chiqadi. Buning oldini olish uchun zichlagichlar turbina valiga o‘rnatilgach tekshiriladi

7. Nazorat savollari:

1. Ishchi kurakchalardan chikish tezligidagi yukotishlar qanday sodir bo‘ladi?
2. Disk ishkalanishi va ventilyasion yukotishlari nima?
3. Aktiv turbina ichki tirqishidagi yo‘qotishlar qiymati qancha?
4. Bug‘ namligidagi yo‘kotishlar qiymati qancha?
5. CHiqish quvuridagi yo‘kotishlar paydo bo‘lishiga sabab nima?
6. Tashqi yo‘qotishlar qanday bo‘ladi?

MA’RUZA 10.

Yordamchi mexanizm va tizimlar

Reja:

1. Bug‘ turbinasining FIK va quvvati;
2. Turbinaning effektiv quvvati;
3. Turbinaga bug‘ va issiqlik sarfi;
4. Nazorat savollari.

1. Bug‘ turbinasining FIK va quvvati.

Bug‘ turbinasi issiqlik jarayonini $h-s$ diagrammada 13-rasmdagidek tasvirlash mumkin. Turbinaning ichki nisbiy FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_{oi} = \frac{H_i}{H_0} = \frac{\sum_{i=1}^z h_i}{H_0};$$

bu erda: $\sum_{i=1}^z h_i$ –turbina pog‘onalaridagi haqiqiy entalpiya tushishlari

yig‘indisi.

Turbinaning nazariy quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_0 = D_0 - H_0; \text{ kW},$$

bu erda: D_0 –turbinaga bug‘ sarfi; kg/s.

Turbinaning ichki quvvati:

$$N_i = D_0 \cdot H_i = D_0 \cdot H_0 \eta_{oi} = N_0 \cdot \eta_{oi}.$$

2. Turbinaning effektiv quvvati.

Turbinaning effektiv quvvati:

$$N_e = N_i - \Delta N_m,$$

bu erda: ΔN_m -podshipnik mexanik qarshiliklarini engishga va moy nasosini aylantirishga yo‘qotilgan quvvat.

Turbina mexanik FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_M = N_e / N_i.$$

$$\eta_{0e} = \frac{N_e}{N_0} = \frac{N_0 \eta_{0i} \eta_M}{N_0} = \eta_{0i} \eta_M$$

Elektrgenerator klemmlaridagi quvvatning turbina effektiv quvvatiga nisbati elektr generatori FIK deyiladi:

$$\eta_t = N_e / N_0 .$$

Elektr quvvati uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$N_e = N_0 \cdot \eta_{0i} \cdot \eta_M \cdot \eta_g .$$

Nisbiy elektr FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_{0e} = N_e / N_0 = \eta_{0i} \cdot \eta_M \cdot \eta_g = \eta_{0e} \cdot \eta_g .$$

Odatda, podshipniklardagi mexanik yo‘qotishlar va generatordagi elektr yo‘qotishlarni birgalikda turbina elektromexanik FIK η_{em} orqali hisobga olinadi.

Elektr quvvati $N_e=200$ MW va bug‘ning boshlang‘ich parametrlari 130 at/565 °S bo‘lgan K–200–130 bug‘ turbinasining absolyut (mutlaq) FIKi 42 % ga teng.

3. Turbinaga bug‘ va issiqlik sarfi.

Turbinaga bug‘ sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$D_0 = \frac{3600 N_0}{H_0 \cdot \eta_{0i} \cdot \eta_M \cdot \eta_g} = \frac{3600 N_0}{H_i \cdot \eta_M \cdot \eta_r}; \text{ kg/soat.}$$

bu erda N_e –turbina elektr quvvati, kW;

N_0 –adiabatik issiqliklar tushishi, kJ/kg;

η_{0i}, η_M –turbinaning ichki nisbiy va mexanik FIK;

η_r – elektrgeneratori FIK.

Quvvati 150 MW va undan yuqori quvvatli IESlar ikkilamchi bug‘ qizdirgichiga ega va ikkilamchi o‘ta qizigan bug‘ temperaturasi birlamchi bug‘ temperaturasiga teng. Bug‘ni ikkilamchi qizdirish IESning FIKini oshirish maqsadida amalga oshiriladi.

Qayta qizdirish (ikkilamchi) quvurlarida bosim yo'qotilishi:

$$\Delta R_{q,q} = (0,1 \div 0,15) R'_{q,q};$$

$$R_{q,q} = (R'_{q,q} - \Delta R_{q,q}).$$

Ikkilamchi bug' qizdirgichiga ega, ya'ni ikki silindrlı bug' turbinasiga bug' sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$D_0 = \frac{3600 N_{\mathfrak{z}}}{(H_a^{10.6} \cdot \eta_{oi}^{10.6} + H_a^{n.6} \cdot \eta_{oi}^{n.6}) \eta_M \cdot \eta_{\mathfrak{z}}} = \frac{3600 N_{\mathfrak{z}}}{(H_i^{10.6} + H_i^{n.6}) \eta_M \cdot \eta_{\mathfrak{z}}}$$

Ikki silindrlı turbinadagi haqiqiy ish bajarilishi:

$$H_i = H_i^{10.6} + H_i^{n.6} = H_a^{10.6} \cdot \eta_{oi}^{10.6} + H_a^{n.6} \cdot \eta_{oi}^{n.6}.$$

Turbinada bug' bajargan ishi samaradorligini ifodalovchi ko'rsatkich turbinaga bug'ning solishtirma sarfidir:

$$d_0 = \frac{D_0}{N_{\mathfrak{z}}} = \frac{3600}{\sum H_a \eta_{oi} \cdot \eta_M \cdot \eta_{\mathfrak{z}}}.$$

Kondensatsion turbinalar uchun $d_0 = 3,1 \div 3,2$ kg/(kW·s).

Turbinada bug' bajargan ishining samaradorligini ifodalovchi keyingi ko'rsatkich turbinaga issiqlikning solishtirma sarfidir:

$$q_{i,yu} = \frac{Q_{BTQ}}{N_{\mathfrak{z}}} = \frac{D_0}{N_{\mathfrak{z}}} (h_0 - h_{T.c} + q_{K.K}),$$

yoki

$$q_{i,yu} = d_0 (h_0 - h_{T.c} + q_{K.K}).$$

$q_{i,yu}$ va $\eta_{u,yu}^a$ o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\eta_{i,yu}^a = \frac{3600}{q_{i,yu}}.$$

Agar $\eta_{i,yu}^a = 0,48$ bo'lsa, $q_{i,yu} = 7500 \text{ kDj}/(\text{kW s})$.

4. Nazorat savollari:

1. Bug' turbinasining ichki nisbiy FIK qanday aniqlanadi?
2. Bug' turbinasining nazariy va ichki quvvatlari qanday aniqlanadi?
3. Turbinaning effektiv quvvati formulasi qanaqa?
4. Turbinaga bug' sarfi qanday aniqlanadi?
5. Turbinaga issiqlik sarfi qanday aniqlanadi?

MA'RUZA 11.

Gaz turbinalarida sovitish vazifalarini bajarilishi

Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar;
2. Drosselli bug' taqsimlash;
3. Soploli bug' taqsimlash;
4. Tashqi bug' taqsimlash;
5. Nazorat savollari.

1. Umumiy ma'lumotlar.

Turbinaning eng kichik solishtirma issiqlik sarfi bilan ishlaydigan quvvati tejamkor (iqtisodiy) quvvati deyiladi. Iqtisodiy quvvatda FIK yuqori qiymatida bo'ladi.

Turbina uzoq muddat davomida ishlashi mumkin bo'lgan yuqori chegaraviy

quvvati nominal quvvat deyiladi. Nominal quvvat iqtisodiy quvvat bilan teng bo'lishi yoki undan $5 \div 20$ % katta bo'lishi mumkin.

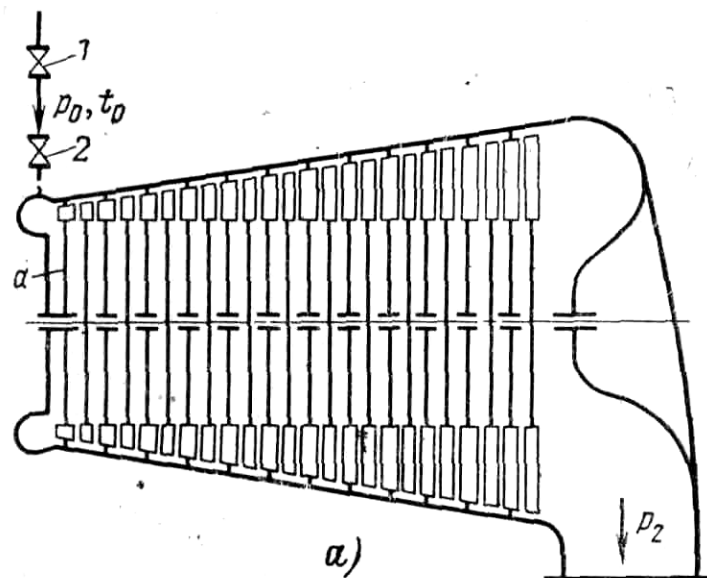
Turbinaning issiqlik hisobi iqtisodiy quvvatga nisbatan olib boriladi. Turbina ishlaganida uning quvvati salt yurishdan tortib nominal quvvatgacha o'zgarishi mumkin. Turbina quvvati o'zgarishiga, asosan, bug' sarfini, entalpiyalar farqini va bug' boshlang'ich parametrlarini o'zgartirish orqali erishiladi.

Bug' turbinasi quvvatini quyidagi usullarda o'zgartirish mumkin:

- 1) bug'ni turbinaga kirishda drossellash yo'li bilan (drosselli bug' taqsimlash);
- 2) turbinaning birinchi boshqariluvchi pog'onasi ochiq soplolari sonini o'zgartirish orqali (soplolik bug' taqsimlash);
- 3) turbinaning bitta yoki bir nechta oraliq pog'onalariga birlamchi bug' kiritish orqali (tashqi bug' taqsimlash).

2. Drosselli bug' taqsimlash.

Drosselli bug' taqsimlash hozir juda kam qo'llaniladi. Bug' soplalarga butun aylana bo'ylab halqasimon tarzda bitta yoki ikkita birvarakayiga ochiladigan boshqaruvchi drossel klapanlar orqali kiritiladi (14–rasm). Turbinalar nominal quvvatda ishlaganida drossel klapanlar butunlay ochiladi.



14–rasm. Drosselli bug' taqsimlash sxemasi.

Drossellik bug‘ taqsimlash usuli qo‘llanilganida nominal quvvat iqtisodiy quvvatga teng bo‘ladi.

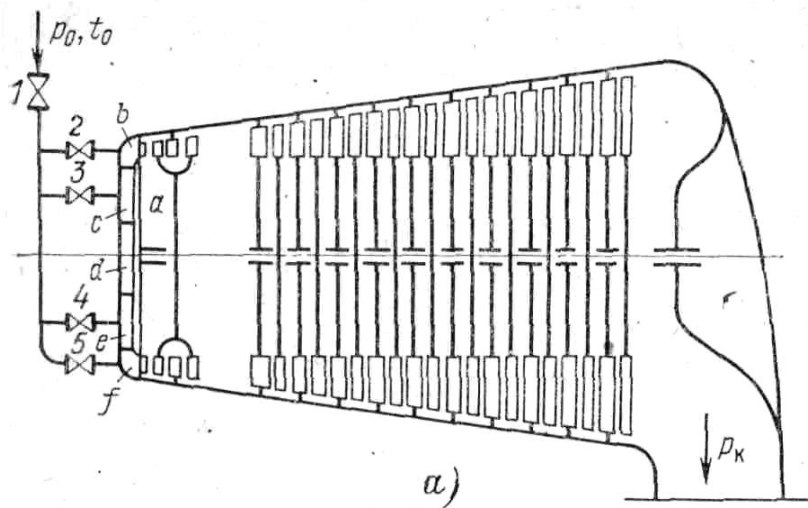
Turbina kichik quvvatda ishlaganida drossel klapanlari qisman yopiq bo‘ladi. SHuning uchun kichik quvvatda turbinaga kiritiladigan bug‘ning hammasi drossellanadi. Bug‘ni drossellashda yo‘qotishlar sodir bo‘ladi va FIK pasayadi.

MA’RUZA 12.

Turbina kurakchalarini sovitish usullari

3. Soploli bug‘ taqsimlash.

Soploli bug‘ taqsimlashda bug‘ birinchi pog‘ona soplolariga $3\div 10$ ta klapanlar orqali kiritiladi. Bu klapanlar soploli yoki boshqaruvchi klapanlar deyiladi. Har bir boshqaruvchi klapan ma’lum soplolar guruhiga xizmat qiladi.



15–rasm. Soploli bug‘ taqsimlash sxemasi. 2, 3, 4, 5–4 ta boshqaruvchi klapanlar.

Nominal quvvatda barcha boshqaruvchi klapanlar ochiq bo‘ladi. Quvvat o‘zgarganda boshqaruvchi klapanlar ochiladi yoki yopiladi.

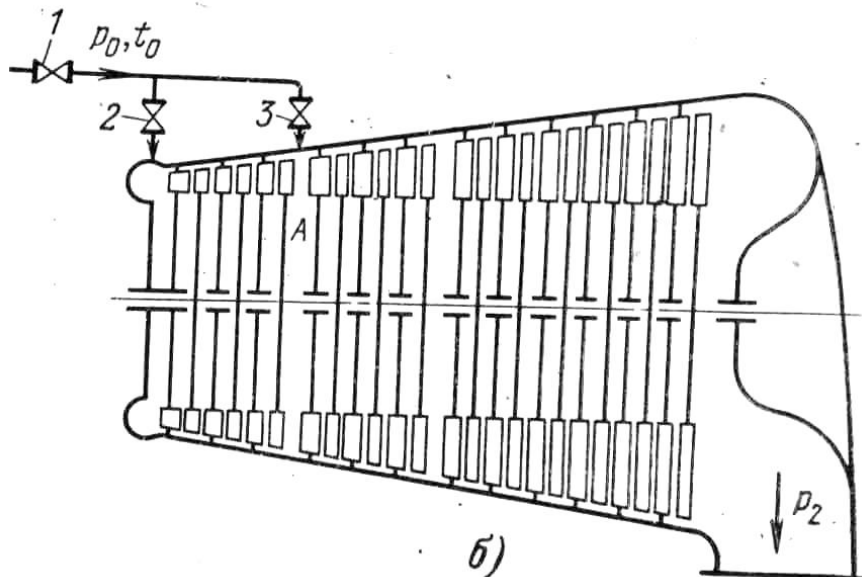
Bunday bug‘ taqsimlanishida bug‘ning faqat bir qismi boshqaruvchi klapanda

drossellanadi va shu sababli yoʻqotishlar drosselli bugʻ taqsimlashdagiga qaraganda kichik.

Soploli bugʻ taqsimlanadigan turbinaning FIK drosselli bugʻ taqsimlanadigan turbinanikidan katta.

4. Tashqi bugʻ taqsimlash.

Soploli bugʻ taqsimlovchi turbinalarda ayrim hollarda ichki yoki tashqi aylanib oʻtishlardan foydalaniladi.



16–rasm. Tashqi bugʻ taqsimlash sxemasi.

5. Nazorat savollari:

1. Turbina nominal quvvati deb nimaga aytiladi?
2. Drosselli bugʻ taqsimlashning kamchiliklari nimada?
3. Soploli bugʻ taqsimlashning afzalliklari qanaqa?

4. Tashqi bug‘ taqsimlash qachon qo‘llaniladi?

MA’RUZA 13.

Turbina kurakchalarini sovitish usullari

Reja:

1. Kichik va o‘rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
3. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasi;
4. K-300-240 LMZ bug‘ turbinasi;
5. Nazorat savollari.

1. Kichik va o‘rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Kichik va o‘rta quvvatli turbinalar uchun katta diametrli disklarni tanlash orqali turbina bosqichlari soni kam, loyihasi ixcham i tannarxi kam bo‘lishiga erishish mumkin. Ammo bu soplo va birinchi bosqich kurakchalari o‘lchamlari kamayishi, rostlovchi bosqich parsiallik darajasi kamayishi va shu sababli keyingi bosqichlarda parsiallikni kiritish zarurati paydo bo‘lishiga olib keladi. Soplo va kurakchalar balandligi kichik bo‘lishi va keyingi bosqichlarda parsiallik kiritish bu bosqichlar va turbina FIKni anchaga kamaytiradi. SHu sababli tejamkorlik nuqtai nazaridan kichik va o‘rta quvvatli turbinalarda kichik diametrli disklarni qo‘llash foydali, sababi bu holda soplo va kurakchalar balandligi oshadi, rostlovchi bosqich

parsialligi ortadi va keyingi bosqichlarga parsiallik kiritishga zarurat qolmaydi. Ammo shuni nazarda tutish kerakki, aylanishlar soni 3000 1/min turbinalarda kichik diametrli disklarni ishlatish turbina tejamkorligini oshirish bilan bir vaqtda bosqichlar soni oshishiga ham olib keladi, bu esa turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi.

Turbinaning optimal konstruksiyasini tanlash uchun, ya'ni unga qo'yiladigan barcha talablarni (yuqori tejamkorlik, ishonchlilik, konstruksiyasi soddaligi va tannarxi arzonligi) qanoatlantirish uchun har xil konstruksiyalar uchun texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarni bajarish zarur.

Kichik va o'rta quvvatli turbinalarda rostlovchi bosqich sifatida, asosan, ikki kator kurakchali (dvuxvenечные) disklar keng qo'llaniladi. Ikki kator kurakchali disklarning afzalligi turbina konstruksiyasining soddalashuvi va o'zgaruvchan yuklamalarda yuqori f.i.k.ga egaligidir.

Odatda, ikki kator kurakchali diskli turbinalarda issiqliklar farqi katta (165–210 kJ/kg) bo'ladi. Bu esa turbina korpusi va halqasimon zichlagichlarning konstruksiyasini soddalashtiradi, bug' turbinasi ichidagi bosimi kamayishi hisobiga bug'ning solishtirma hajmi oshishi sababli birinchi pog'onalar kurakchalarini konstruksiyalashni engillashtiradi.

Issiqliklar farqi kichik bo'lgan (60–85 kJ/kg) bir halqali rostlovchi bosqichlardan foydalanish turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi va tannarxini oshiradi, shu sababli, ko'pincha, ulardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'lavermaydi.

2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash nihoyatda murakkab masala hisoblanadi. Sababi, bunday turbinani konstruksiyalashda nafaqat rostlovchi pog'ona konstruksiyasini emas, balki oxirgi pog'ona konstruksiyasini ham e'tiborga olish kerak. Turbina ishonchliligi, tejamkorligi va tannarxi oxirgi pog'ona konstruksiyasini to'g'ri tanlashga bog'liq.

Hozirda ishlatilayotgan katta quvvatli turbinalar konstruksiyalari, tejamkorligi va tannarxi nihoyatda xilma-xildir. Drosselli bug' taqsimlash va bug'ni qisman oraliq pog'onalariga kiritish eskirgan konstruksiya hisoblanadi. Sababi, bunday bug' taqsimlash usuli ishlatilgan turbinalar kichik yuklamalarda ishlaganida drossellashdagi yo'qotishlar katta va hatto, nominal yuklamada ishlaganida ham FIK unchalik katta emas.

Soploli bug‘ taqsimlash va qisman bug‘ni oraliq pog‘onaga berish tizimiga ega bo‘lgan turbinalar nominal yuklamada katta FIKga ega, ammo yuklama ortishi bilan ularning FIK pasayib ketadi va bu ularning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Katta quvvatli turbinalarning nominal yuklamadagi tejamkor ishlashini ta‘minlash uchun soplolik bug‘ taqsimlash usulidan foydalanish keng tarqalgan. Bunday turbinalarda rostlovchi pog‘ona sifatida bir qator kurakchali va ikki qator kurakchali rostlovchi disklardan foydalaniladi.

Odatda, ikki qator kurakchali disklardan foydalanish turbina konstruksiyasini soddalashtirgani bilan tejamkorligini etarlicha ta‘minlay olmaydi. Bir qator kurakchali diskdan foydalanish turbina tejamkorligini oshirishi sabali, maqsadga muvofiqdir. Biroq rostlovchi pog‘onadagi issiqliklar farqi qanchalik kichik bo‘lsa, turbinadagi bosim shunchalik yuqori, pog‘onalar soni ko‘p, korpus devorlari qalinligi katta va oldingi zichlagichlar konstruksiyasi murakkab bo‘ladi. Bu ayniqsa, yuqori va kritik bosimdan yuqori bosimda ishlaydigan turbinalarga tegishli.

Katta quvvatli kondensatsion turbinalarning oxirgi pog‘onalari kurakchalari konstruksiyalari va o‘lchamlari hamda bug‘ kanalizatsiyalari asosan bug‘ning kurakchalardan keyingi absolyut bosimiga bog‘liq. Turbina tejamkorligini oshirish maqsadida oxirgi pog‘ona kurakchalari iloji boricha chuqur vakuumdan foydalanadigan qilib konstruksiyalanadi. Vakuum chuqurlashishi ishlatilgan bug‘ solishtirma hajmining ortishiga olib keladi va oxirgi pog‘ona chiqish yuzasi katta bo‘lishini taqozo etadi. Quvvati 50 MVt dan yuqori chuqur vakuumli turbinalarda oxirgi pog‘onalardagi bug‘ ikki yoki uch oqimga bo‘linadi. Masalan Sankt Peterburg Metallurgiya zavodining K–800–240 kondensatsion turbinasida uchta ikki oqimli past bosimli silindrdan foydalanilgan, ya‘ni oxirgi pog‘ona oltita bir xil oqimlarga bo‘lingan.

Zamonaviy turbinani yasatish bug‘ning yuqori va o‘ta yuqori parametrlaridan foydalanishga asoslanadi. Ma‘lumki, bug‘ turbina qurilmasi FIK birlamchi bug‘ parametrlari ortishi bilan va ta‘minot suvini regenerativ qizdirish tizimi takomillashishi bilan oshadi.

SHuning uchun birlamchi bug‘ harorati va bosimini imkoni boricha oshirish, regenerativ qizdirgichlar uchun turbinadan bug‘ olishlar sonini oshirish va turbinadan olinadigan bug‘ issiqligidan tarmoq suvini isitish va texnologik maqsadlarida foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Birlamchi bug‘ haroratining yuqori chegaraviy qiymati turbinada ishlatiladigan metallar sifati, narxi va unga ishlov berish texnologiyasi bilan belgilanadi. Bosim ortishi ishlatilgan bug‘ namligi ortishiga, turbina konstruksiyasi va yuqori bosimli silindr zichlagichlari murakkablashuviga olib keladi.

MA’RUZA 14.

Sovitish samaradorligini baxolash

1. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasi.

Quvvati 300 MVt bo‘lib, aylanishlar soni 3000 1/min. Turbina bir vallik bo‘lib, uchta kondensator uchun bug‘ chiqarish quvuriga ega. Bug‘ ishlab chiqarish quvvati 900 t/s li bug‘ qozoni bilan blok tarkibida ishlashga mo‘ljallangan bo‘lib, bug‘ning boshlang‘ich parametrlari 235 bar va 560 °S.

Yuqori bosimli silindrdan chiqqan bug‘ 39,2 bar bosimda qayta qizdirgichga yuboriladi va undan 560 °S va 34,3 bar parametrlarda qaytib keladi. Kondensatordagi bosim 0,035 bar.

Birinchi K-300-240 XTGZ turbinasi 1960–yilda tayyorlangan.

Bug‘ taqsimlash usuli – soplolik. Yuqori bosimli silindr bir qatorlik kurakchali rostlovchi pog‘ona va o‘nta bosim pog‘onasidan iborat. O‘rta bosimli silindr o‘n ettita pog‘onadan iborat bo‘lib, ulardan o‘n ikkitasi o‘rta bosim qismiga, beshtasi esa past bosim qismiga tegishli. Past bosimli silindr ikki oqimli bo‘lib har bir oqim beshta pog‘onadan iborat.

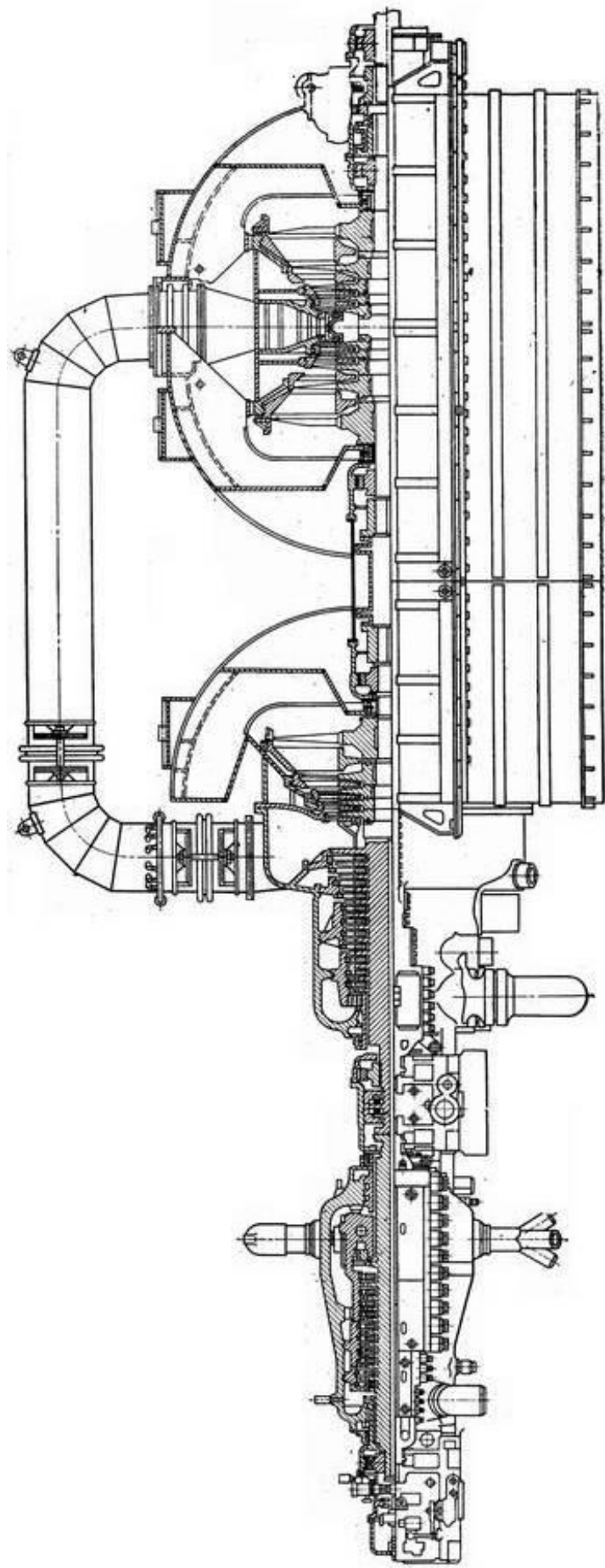
Oxirgi pog‘ona kurakchalari aylanasing diametri 2550 mm bo‘lib, ishchi kurakchalar balandligi 1050 mm.

Turbinadan ta‘minot suvini 265 °S gacha qizdirish va issiqlik ta‘minoti uchun sakkizta boshqarilmaydigan bug‘ olish mumkin. SHahar turar joy binolarini isitish uchun turbinadan 63 GJ/s gacha issiqlik olish mumkin.

Turbinaga maksimal bug‘ sarfi 890 t/s. Turbina qurilmasiga boylerlar va bug‘latgichlar ulangan holda kafolatlangan solishtirma bug‘ sarfi 7680 kJ/(kW·s).

Yuqori bosimli silindr va o‘rta bosimli silindr rotorlari qattiq mufta orqali

biriktirilgan. O'rta bosimli silindr va past bosimli silindr hamda past bosimli silindr va generator rotorlari yarim egiluvchan muftalar bilan birlashtirilgan.



19–rasm. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasining ko‘ndalang kesimi.

Turbinani boshqarish sistemasida moy oʻrniga suv (kondensat) qoʻllaniladi.

2. K-300-240 LMZ bugʻ turbinasi.

K-300-240 LMZ – uch silindrli kondensatsion bugʻ turbinasi boʻlib, quvvati 300 MVt, aylanishlar soni 3000 1/min. “Elektrosila” zavodining vodorod bilan sovutiladigan TVZ-320-2 tipidagi elektrgeneratorni aylantirishga moʻljallangan.

Bu turbina bir valli, qayta qizdirgichga, kondensatorga, uchta bugʻ chiqishiga ega. Taʼminot suvini 265 °S gacha qizdirish uchun sakkizta regenerativ bugʻ olinadi. K-300-240 LMZ turbinasi blok tarkibida bugʻ ishlab chiqarish quvvati 950 t/soat boʻlgan qozon bilan ishlashga moʻljallangan.

Bugʻ ning turbinaga kirishdagi parametrlari: $r_0=235$ bar, $t_0=560$ °C, $t_{kk}=565$ °S, kondensatordagi bosim $r_k=0,035$ bar.

Undan tashqari, uy–joylarni isitish maqsadida turbinadan 64 GJ/s va yoqilgʻini quritish uchun 5,3 bar bosimli 60 t/soat miqdorida bugʻ olinadi.

Bugʻ taqsimlash usuli–soploli. Turbinaga bugʻ ettita rostlovchi klapan orqali kiritiladi, bu klapanlarga esa ikkita avtomatik stopor klapanlardan kiritiladi.

Bugʻ yuqori bosimli silindrning oʻrtasiga kiritiladi va chap tomondagi beshta pogʻonadan oʻtadi. Keyin yoʻnalishini 180° ga oʻzgartirib, yuqori bosimli silindrning oʻng tomoniga kiritiladi va oltita pogʻonadan oʻtkaziladi.

Yuqori bosimli silindrdan keyin bugʻ 39 bar bosimda qayta qizdirgichga yuboriladi va undan 35 bar bosim bilan qaytib keladi (565 °S). Bu bugʻ oʻrta bosimli silindrga kiritiladi va uning oʻn ikkinchi pogʻonasidan keyin uch qismga boʻlinadi: uchdan bir qismi oʻrta bosimli silindrning oxirgi beshta pogʻonasidan oʻtadi, uchdan ikki qismi esa ikki oqimli past bosimli silindrga yuboriladi.

Past bosimli silindrning har bir oqimida beshta pogʻona bor. Turbinada ishlatib boʻlingan bugʻ uchta tirqish orqali bitta umumiy kondensatorga kiritiladi.

Turbina oxirgi pogʻonasi kurakchalari aylanasing diametri 2480 mm boʻlib, ishchi kurakchalar balandligi 960 mm ga teng.

Turbinani moy bilan taʼminlash markazdan qochma nasos orqali amalga

oshiriladi, moy sarfi 7000 l/min ga teng. Bug‘ turbinasining elektr quvvati 300 MW bo‘lganda unga bug‘ sarfi 890 t/soat ga teng.

Turbinaning maksimal ruxsat etilgan quvvati 320 MW bo‘lib, bunda bug‘ sarfi 930 t/soat ga teng. Turbinaga kafolatlangan solishtirma bug‘ sarfi $q_e=7680 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{s)}$ ga teng.

5. Nazorat savollari:

1. Kichik va o‘rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda nimalarga e’tibor beriladi?
2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda qaysi faktorlarni e’tiborga olish kerak?
3. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasining asosiy ko‘rsatkichlari qanaqa?
4. K-300-240 LMZ bug‘ turbinasida ikkilamchi qayta qizigan bug‘ parametrlari qanday?
5. K-300-240 LMZ bug‘ turbinasi oxirgi pog‘onasi kurakchalari aylanasining diametri qancha?

MA’RUZA 15.

Sovitish tizimi uchun issiqlik tashuvchini tanlash

Reja:

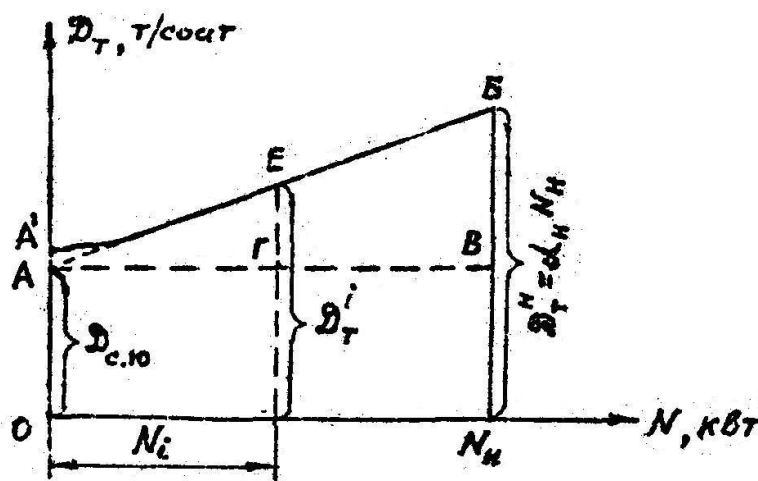
1. Turbina quvvatining bug‘ sarfiga bog‘liqlik grafigi;

2. Bir marta bug‘ olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi;

3. Nazorat savollari.

1. Turbina quvvatining bug‘ sarfiga bog‘liqlik grafigi.

Turbinaga bug‘ sarfining elektr quvvatga bog‘liqlik grafigi turbina energetik xarakteristikasi deyiladi. Bu bog‘liklik to‘g‘ri chiziq ko‘rinishiga ega. (17–rasm).



17–rasm. Turbina quvvatining bug‘ sarfiga bog‘liqlik grafigi.

Kondensatsion turbina energetik xarakteristikasi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$D = a + N_e \operatorname{tg} \alpha$$

bu erda: a —elektr quvvati $N_e = 0$ bo‘lgandagi turbinaga bug‘ sarfi;

$\operatorname{tg} \alpha$ — abssissa o‘qiga nisbatan burchak;

$OA=a=D_{s,yu}$ –turbina salt yurishidagi bug‘ sarfi.

Salt yurishdagi haqiqiy bug‘ sarfi OA kesimdagiga nisbatan biroz katta bo‘lib, OA' kesimga teng. Salt yurishdagi bug‘ sarfining nominal quvvatdagi bug‘ sarfiga nisbati salt yurish koeffitsienti deyiladi:

$$x = \frac{D_{c.io}}{D_T^H}.$$

Kondensatsion turbina uchun $x=0,03\div 0,05$.

Turbina nominal quvvatdagi solishtirma bug‘ sarfi:

$$d_H = \frac{D_T^H}{D_H}$$

Turbina salt yurishidagi bug‘ sarfi:

$$D_{c.io.} = x \cdot D_T^H = x d_H \cdot N_H.$$

Bug‘ sarfining solishtirma foydali o‘sishi:

$$\epsilon = \frac{D_T^H - D_{c.io.}}{N_H} = \frac{d_H N_H - x d_H N_H}{N_H} = (1 - x) d_H, \text{ kg/kW}\cdot\text{soat}$$

Turbina kondensatsion rejimda ishlaganida hohlagan yuklama uchun bug‘

sarfi:

$$D'_T = D_{c.io.} + d_H N_H (1-x) \frac{N_i}{N_H} = x d_H N_H + (1-x) d_H N_i$$

MA'RUZA 16.

Sovitish tizimi uchun issiqlik tashuvchini tanlash

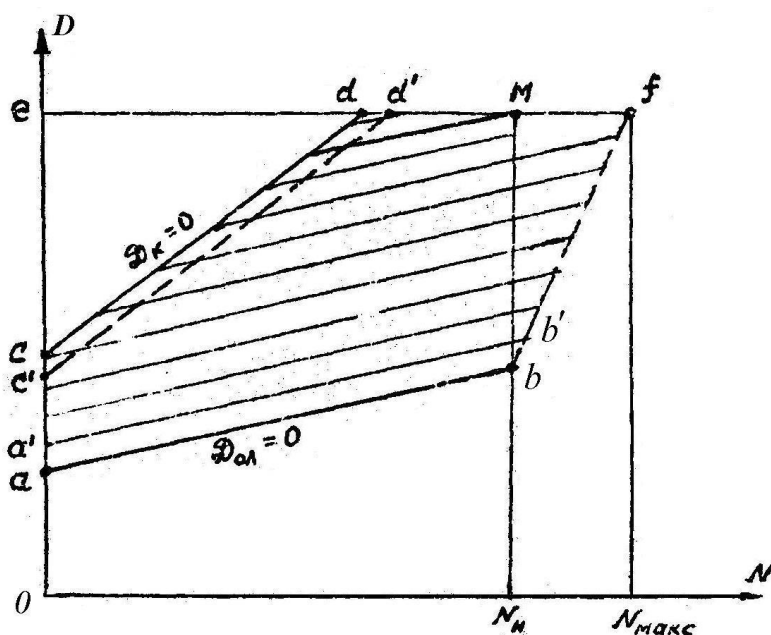
1. Bir marta bug' olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi.

Bug' olinadigan turbina uchun bug' sarfi professor V.I.Grinevetskiy tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$D_T = D_0 + y_{oi} D_{oi} = x d_H N_H + (1-x) d_H N_i + y_{oi} D_{oi}$$

bu erda: D_0 – kondensatsion rejimdagi bug' sarfi.

Bu tenglama asosida bug' olinadigan turbina ish holatlari diagrammasini qurish mumkin. Oldin kondensatsion rejim $D_{oi}=0$ uchun chiziq chiziladi, keyin har xil miqdorda bug' olinadigan rejimlar uchun chiziladi (18–rasm).



18–rasm. Bir marta bug‘ olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi.

Odatda, turbina ish holatlari diagrammasi uchun ikkita asosiy bog‘liqlikni, ya’ni kondensatsion rejim va qarshi bosimli rejim uchun bog‘liqliklarni qurib olish muhim. Qarshi bosimda bug‘ kondensatoridagi bosimgacha kengaymaganligi sababli bug‘ sarfi katta bo‘ladi. Sababi $h_0 - h_{ol} < h_0 - h_k$.

Qarshi bosim rejimidagi turbina uchun bug‘ sarfi:

$$D_t^{k.6.} = x d_{k.6.} N_H + (1 - x) d_{k.6.} N_{k.6.}$$

yoki

$$D_t^{k.6.} = D_{c.io.}^{k.6.} + b_{k.6.} \cdot N_{k.6.}$$

YOki qarshi bosim rejimidagi turbinaga bug‘ sarfi kondensatsion turbinadagiga nisbatan $\frac{1}{1-y}$ kattalikka katta bo‘ladi:

$$D_T^{к.б} = \frac{D_T^{конд}}{1 - y_{ол}} = \frac{x d_H N_H + (1 - x) d_H N_i}{1 - y_{ол}}$$

Aslida kondensatsion turbinalar uchun $D_k=0$ bo'lmaydi

3. Nazorat savollari:

1. Turbina energetik xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
2. Bug' olinmaydigan kondensatsion turbina quvvatining bug' sarfiga bog'liqlik grafigi qanday ko'rinishga ega?
3. Bug' olinadigan turbina uchun bug' sarfi qaysi formulaga asosan aniqlanadi?

МА'RUZA 17.

Turbinani sovitish uchun bug'dan foydalanish

Reja:

1. Kichik va o'rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
 2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
-
1. Kichik va o'rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Kichik va o'rta quvvatli turbinalar uchun katta diametrli disklarni tanlash orqali turbina bosqichlari soni kam, loyihasi ixcham i tannarxi kam bo'lishiga erishish mumkin. Ammo bu soplo va birinchi bosqich kurakchalari o'lchamlari kamayishi, rostlovchi bosqich parsiallik darajasi kamayishi va shu sababli keyingi bosqichlarda parsiallikni kiritish zarurati paydo bo'lishiga olib keladi. Soplo va kurakchalar balandligi kichik bo'lishi va keyingi bosqichlarda parsiallik kiritish bu bosqichlar va turbina FIKni anchaga kamaytiradi. SHu sababli tejamkorlik nuqtai

nazaridan kichik va oʻrta quvvatli turbinalarda kichik diametrli disklarni qoʻllash foydali, sababi bu holda soplo va kurakchalar balandligi oshadi, rostlovchi bosqich parsialligi ortadi va keyingi bosqichlarga parsiallik kiritishga zarurat qolmaydi. Ammo shuni nazarda tutish kerakki, aylanishlar soni 3000 1/min turbinalarda kichik diametrli disklarni ishlatish turbina tejamkorligini oshirish bilan bir vaqtda bosqichlar soni oshishiga ham olib keladi, bu esa turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi.

Turbinaning optimal konstruksiyasini tanlash uchun, yaʼni unga qoʻyiladigan barcha talablarni (yuqori tejamkorlik, ishonchlilik, konstruksiyasi soddaligi va tannarxi arzonligi) qanoatlantirish uchun har xil konstruksiyalar uchun texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarni bajarish zarur.

Kichik va oʻrta quvvatli turbinalarda rostlovchi bosqich sifatida, asosan, ikki kator kurakchali (dvuxvenечные) disklar keng qoʻllaniladi. Ikki kator kurakchali disklarning afzalligi turbina konstruksiyasining soddalashuvi va oʻzgaruvchan yuklamalarda yuqori f.i.k.ga egaligidir.

Odatda, ikki kator kurakchali diskli turbinalarda issiqliklar farqi katta (165–210 kJ/kg) boʻladi. Bu esa turbina korpusi va halqasimon zichlagichlarning konstruksiyasini soddalashtiradi, bugʻ turbinasi ichidagi bosimi kamayishi hisobiga bugʻning solishtirma hajmi oshishi sababli birinchi pogʻonalar kurakchalarini konstruksiyalashni engillashtiradi.

Issiqliklar farqi kichik boʻlgan (60–85 kJ/kg) bir halqali rostlovchi bosqichlardan foydalanish turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi va tannarxini oshiradi, shu sababli, koʻpincha, ulardan foydalanish maqsadga muvofiq boʻlavermaydi.

2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash nihoyatda murakkab masala hisoblanadi. Sababi, bunday turbinani konstruksiyalashda nafaqat rostlovchi pogʻona konstruksiyasini emas, balki oxirgi pogʻona konstruksiyasini ham eʼtiborga olish kerak. Turbina ishonchliligi, tejamkorligi va tannarxi oxirgi pogʻona konstruksiyasini toʻgʻri tanlashga bogʻliq.

Hozirda ishlatilayotgan katta quvvatli turbinalar konstruksiyalari, tejamkorligi va tannarxi nihoyatda xilma-xildir. Drosselli bugʻ taqsimlash va bugʻni qisman oraliq pogʻonalarga kiritish eskirgan konstruksiya hisoblanadi. Sababi,

bunday bug‘ taqsimlash usuli ishlatilgan turbinalar kichik yuklamalarda ishlaganida drossellashdagi yo‘qotishlar katta va hatto, nominal yuklamada ishlaganida ham FIK unchalik katta emas.

Soploli bug‘ taqsimlash va qisman bug‘ni oraliq pog‘onaga berish tizimiga ega bo‘lgan turbinalar nominal yuklamada katta FIKga ega, ammo yuklama ortishi bilan ularning FIK pasayib ketadi va bu ularning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Katta quvvatli turbinalarning nominal yuklamadagi tejamkor ishlashini ta‘minlash uchun soplolik bug‘ taqsimlash usulidan foydalanish keng tarqalgan. Bunday turbinalarda rostlovchi pog‘ona sifatida bir qator kurakchali va ikki qator kurakchali rostlovchi disklardan foydalaniladi.

Odatda, ikki qator kurakchali disklardan foydalanish turbina konstruksiyasini soddalashtirgani bilan tejamkorligini etarlicha ta‘minlay olmaydi. Bir qator kurakchali diskdan foydalanish turbina tejamkorligini oshirishi sabali, maqsadga muvofiqdir. Biroq rostlovchi pog‘onadagi issiqliklar farqi qanchalik kichik bo‘lsa, turbinadagi bosim shunchalik yuqori, pog‘onalar soni ko‘p, korpus devorlari qalinligi katta va oldingi zichlagichlar konstruksiyasi murakkab bo‘ladi. Bu ayniqsa, yuqori va kritik bosimdan yuqori bosimda ishlaydigan turbinalarga tegishli.

Katta quvvatli kondensatsion turbinalarning oxirgi pog‘onalari kurakchalari konstruksiyalari va o‘lchamlari hamda bug‘ kanalizatsiyalari asosan bug‘ning kurakchalardan keyingi absolyut bosimiga bog‘liq. Turbina tejamkorligini oshirish maqsadida oxirgi pog‘ona kurakchalari iloji boricha chuqur vakuumdan foydalanadigan qilib konstruksiyalanadi. Vakuum chuqurlashishi ishlatilgan bug‘ solishtirma hajmining ortishiga olib keladi va oxirgi pog‘ona chiqish yuzasi katta bo‘lishini taqozo etadi. Quvvati 50 MVt dan yuqori chuqur vakuumli turbinalarda oxirgi pog‘onalardagi bug‘ ikki yoki uch oqimga bo‘linadi. Masalan Sankt Peterburg Metallurgiya zavodining K–800–240 kondensatsion turbinasida uchta ikki oqimli past bosimli silindrdan foydalanilgan, ya‘ni oxirgi pog‘ona oltita bir xil oqimlarga bo‘lingan.

Zamonaviy turbinani yasatish bug‘ning yuqori va o‘ta yuqori parametrlaridan foydalanishga asoslanadi. Ma‘lumki, bug‘ turbina qurilmasi FIK birlamchi bug‘ parametrlari ortishi bilan va ta‘minot suvini regenerativ qizdirish tizimi takomillashishi bilan oshadi.

SHuning uchun birlamchi bug‘ harorati va bosimini imkoni boricha oshirish, regenerativ qizdirgichlar uchun turbinadan bug‘ olishlar sonini oshirish va turbinadan

olinadigan bug‘ issiqligidan tarmoq suvini isitish va texnologik maqsadlarida foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Birlamchi bug‘ haroratining yuqori chegaraviy qiymati turbinada ishlatiladigan metallar sifati, narxi va unga ishlov berish texnologiyasi bilan belgilanadi. Bosim ortishi ishlatilgan bug‘ namligi ortishiga, turbina konstruksiyasi va yuqori bosimli silindr zichlagichlari murakkablashuviga olib keladi.

5. Nazorat savollari:

1. Kichik va o‘rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda nimalarga e‘tibor beriladi?

2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda qaysi faktorlarni e‘tiborga olish kerak?

3. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasining asosiy ko‘rsatkichlari qanaqa?

4. K-300-240 LMZ bug‘ turbinasida ikkilamchi qayta qizigan bug‘ parametrlari qanday?

5. K-300-240 LMZ bug‘ turbinasi oxirgi pog‘onasi kurakchalari aylanasi diametri qancha?

MA’RUZA 18.

Gaz turbinalarini ish rejimlari

Reja:

1. Rostlash to‘g‘riidagi asosiy tushunchalar;
2. Turbina uchun momentlar tenglamasi;
3. Markazdan qochma rostlagich sxemasi;
4. Nazorat savollari.

1. Rostlash to'g'risidagi asosiy tushunchalar

Turbina aylanishining mexanik energiyasi generatorda elektr energiyasiga aylantiriladi va u iste'molchiga yuboriladi. SHuning uchun turbina validagi mexanik energiya qiymati bilan generatordan olinadigan elektr energiyasi qiymati orasida qat'iy munosabat o'rnatiladi. Bundan kelib chiqadiki, elektrgeneratoridan olinayotgan elektr yuklama qiymatining har qanday o'zgarishi bilan turbina validagi mexanik energiya ishi o'zgaradi.

Agar bug' turbinasi vali mexanik ishni sarflaydigan qurilma, ya'ni nasos, kompressor bilan bevosita ulangan bo'lsa, bu qurilma yuklamasi o'zgarishi ham bug' turbinasi validagi mexanik ishni o'zgartiradi.

Bug' turbinasi salt yurishdan to maksimal quvvatgacha diapazonda turg'un ishlashi kerak. Bug' turbinasi validagi quvvat bilan turbinadagi bug' sarfi orasida ma'lum munosabat hosil bo'ladi va shu sababli turbina validagi yuklamaning har qanday o'zgarishi turbinaga bug' sarfi o'zgarishiga olib kelishi kerak.

Turbina valining ma'lum yuklamasida bug' sarfi va valdagi aylantiruvchi moment orasida doimiy munosabat saqlanadi. YUklama o'zgarganda bu munosabat o'zgaradi va turbina valining aylanishlar soni o'zgaradi. Turbina aylanishlar sonini o'rnatilgan kattalikka qaytarish uchun rostlovchi qurilmalar bug' sarfini o'zgartirishi kerak.

2. Turbina uchun momentlar tenglamasi.

Turbina uchun momentlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$M_e = M_g + M_{\text{ii}} + (I_r + I_t) \frac{dw}{dt},$$

bu erda: M_e – turbina muftasidagi aylantiruvchi moment, N·m;

M_g – generatoridagi foydali reaktiv moment, N·m;

M_y –podshipnik va generatoridagi yo‘qotishlar tufayli kelib chiqadigan tormozlovchi moment, N·m;

I_t, I_g –turbina va generator rotorlaridagi inersiyalar momentlari, N·m·s²;

dw/dt – rotorlar burchak tezlanishi, 1/s².

Agar turbina vali aylanishlar soni o‘zgarmas bo‘lsa ($n=0$), burchak tezlanish $dw/dt=0$ bo‘lib, quyidagi formulani yozish mumkin:

$$M_e = M_e + M_y.$$

Bu tenglamaga quyidagicha o‘zgartirish kiritish mumkin:

$$\frac{M_{ye}w}{1000} = \frac{M_e w}{1000} + \frac{M_y w}{1000}$$

yoki

$$N_e = N_e + N_y, \text{ kW}.$$

bu erda: N_e –turbina muftasidagi effektiv quvvat, kW;

N_e –iste’molchining elektrgeneratori klemmlaridan olayotgan elektr quvvati, kW;

N_y –podshipnik va generatoridagi yo‘qotishlar, kW.

Elektrgeneratoridan iste’molchi olayotgan elektr quvvat qiymatining o‘zgarishi yuqoridagi tenglikning buzilishiga olib keladi:

$$N_e + N_y \geq N_y$$

va bu turbina vali aylanishlar sonining ortishiga yoki kamayishiga olib keladi. N_e ortishi n kamayishiga olib keladi. Aksincha, N_e kamaysa, turbina vali aylanishlar soni ortib ketadi.

Avtomatik rostlanadigan turbinalarda bug‘ taqsimlash qurilmalari turbina vali aylanishlar soni rostlagichi (regulyatori), ya’ni tezlik rostlagichi bilan bog‘langan.

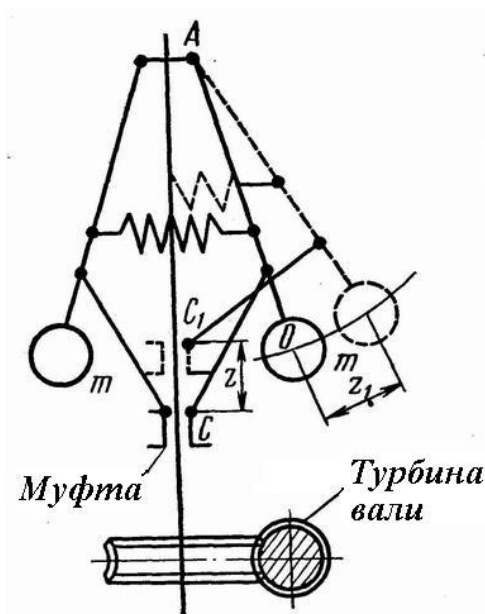
3. Markazdan qochma rostlagich sxemasi.

Turbina vali aylanishlar soni rostlagichi aylanishlar soniga bogʻliq markazdan qochma kuch ishiga asoslanadi (20–rasm).

Bugʻ turbinasi vali aylanishlar soni ortganda m yuklar markazdan qochma kuchlar taʼsirida AO radius boʻyicha z_1 masofaga uzoqlashadi. Bunda mufta S nuqtadan S_1 nuqtaga z masofaga koʻchadi. Aylanishlar soni kamayganda esa yuklar bir biriga yaqinlashadi va mufta pasayadi. Muftaning koʻchishidan turbinaga bugʻ sarfini oʻzgartirish uchun foydalaniladi.

Bunday rostlagichlarni harakatga keltirishda tishli uzatish mexanizmidan foydalaniladi va bu ularning katta kamchiligidir.

Impuls marzadan qochma rostlagichdan rostlovchi klapanlarga mexanik bogʻlanish (richaglar) yoki gidravlik taʼsir (moy bosimi) orqali etkazilishi mumkin.



20–rasm. Markazdan qochma rostlagich sxemasi.

Amalda keng tarqalgan gidrodinamik rostlagichlarning ishlash prinsipi turbina valida joylashgan markazdan qochma nasos bilan xaydalayotgan moy bosimining aylanishlar soni kvadratiga bogʻliqligiga asoslangan.

4. Nazorat savollari:

1. Rostlashning vazifasi nima?
2. Turbina uchun momentlar tenglamasi qanaqa ko‘rinishga ega?
3. Markazdan qochma rostlagich sxemasi qanday ishlaydi?
4. Amalda qanday rostlashichlar keng tarqalgan?

MA’RUZA 19.

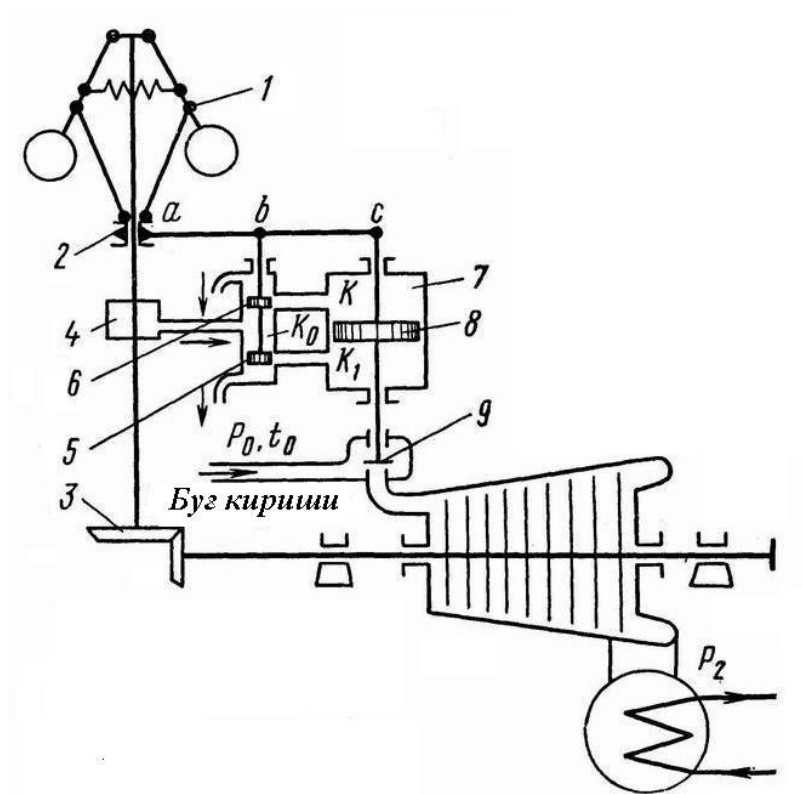
Gaz turbina qurilmalarini statik xarakteristikalari

Reja:

1. Turbinalarni bilvosita rostlash sxemalari;
2. Turbinalarni moy bilan ta’minlash sxemalari;
3. Nazorat savollari.

1. Turbinalarni bilvosita rostlash sxemalari

Bilvosita rostlash sxemasi sifatida porshenli servomotor sxemasini (21–rasm) ko‘rib chiqamiz.



21–rasm. Porshenli servomotor sxemasi: 1–markazdan qochma rostlagich; 2–mufta; 3–tishli uzatish mexanizmi; 4–moy nasosi; 5–zolitnik; 6–porshen; 7–servomotor; 8–servomotor porsheni; 9–turbina bug‘ rostdash klapani.

Qaror topgan rejimda servomotor zolitnigi klapani 6 o‘rtacha holatda bo‘lib, zolitnikni servomotor bilan birlashtiruvchi yo‘laklarni yopib turadi. Turbina rostdash klapani 9 bu paytda ma’lum bir vaziyatda bo‘ladi.

Markazdan qochma rostlagich muftasi 2 harakatga kelishi bilan porshen 6 harakatga keladi. Zolitnik porsheni 6 ning harakatlanish yo‘nalishiga qarab moy nasosi 4 dan moy servomotor 7 ning K yoki K_1 bo‘shlig‘iga kiritiladi. Moy K bo‘shliqqa kiritilganda turbina rostdlovchi klapani 9 yopiladi va turbinaga bug‘ sarfi hamda uning quvvati kamayadi. Bu vaqtda K_1 bo‘shliqdagi moy zolitnik 5 orqali oqib ketadi. Moy K_1 bo‘shliqqa kiritilsa, turbina rostdlovchi klapani ochiladi.

Rostlashning bu sxemasida porshen 6 ni harakatlantirish uchun kichik kuch kerak bo‘ladi, sababi u zolitnikning o‘rta kamerasi K_0 da muvozanat holatida bo‘ladi. Rostlash sxemasidagi moy bosimi 3÷7 bar oralig‘ida qabul qilinadi. Zamonaviy bug‘ turbinalarida bu bosim 12÷20 bar gacha boradi.

Yurgizish va to'xtatish rejimlari

Reja:

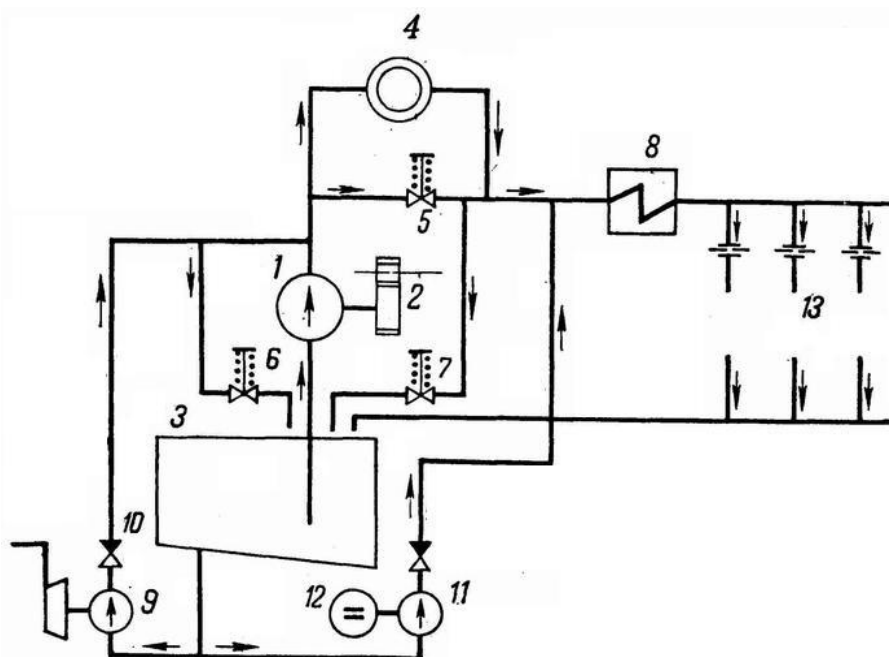
1. Turbinalarni moy bilan ta'minlash sxemalari.

Eng ko'p tarqalgan moy ta'minoti sxemalari quyidagilar:

- xajmiy nasosli sxemalar;
- markazdan qochma nasosli sxemalar.

Hajmiy nasoslardan moy ta'minotida tishli va vintli nasoslar ishlatiladi.

Moy bak 3 dan (22-rasm) bosh tishli nasos 1 yordamida so'riladi. So'rilgan moyning yuqori bosimli bir qismi turbinani rostlash sxemasi 4 ga yuboriladi. Moyning ikkinchi qismi esa reduksion klapan 5 orqali turbina, generator va uyg'otgich podshipniklariga yuboriladi. Podshipniklarga yuboriladigan moy bosimi 1,4–1,8 bar oralig'ida qabul qilinadi. Moy podshipniklarga kiritilishdan oldin moy sovitgich 8 da sovitiladi.



22-rasm. Hajmiy nasosli moy ta'minoti sxemasi. 1–bosh moy nasosi; 2–reduktorli uzatgich; 3–moy baki; 4–rostlash sxemasi; 5–prujinali reduktor;

6–yuqori bosimli moy tashlab yuborish klapani; 7–past bosimli moy tashlab yuborish klapani; 8–moy sovitgich; 9–yordamchi turbomoy nasosi; 10–teskari klapan; 11–avariyaviy elektromoy nasosi; 12–o‘zgarmas tok elektryuritgichi; 13–moy podshipniklari.

Moy podshipniklarga bir xil miqdorda taqsimlanishi uchun moy quvurlarida chegaralovchi diafragmalar o‘rnatiladi. Podshipniklardan chiqqan moy qaytuvchi moy quvurida yig‘iladi va o‘z oqimi bilan moy nasosiga qaytadi.

Moylash sxemasi moy quvurida saqllovchi klapan o‘rnatilgan bo‘lib, podshipniklarga yuboriladigan moy bosimi ortib ketganda ochiladi va ortiqcha moyni bakka qaytarib yuboradi.

3. Nazorat savollari:

1. Turbinalarni bilvosita rostlash sxemalariga misol keltiring.
2. Porshenli servomotor ishlash prinsipini tushuntirib bering.
3. Turbinalarni moy bilan ta’minlashdan maqsad nima?
4. Turbinani moy bilan ta’minlash sxemasini tushuntirib bering.

MA’RUZA 21.

Gaz turbina qurilmalarini rostlash usullari

Reja:

1. Umumiy tushunchalar;
2. Halqasimon himoya rostlagichi;
3. Gidravlik himoya rostlagichi;

4. Nazorat savollari.

1. Umumiy tushunchalar.

Generator klemmlaridagi quvvatning oshishi aylanishlar sonini kamaytiradi va, aksincha. Rostlash organlarining vazifasi har qanday miqdoriy o'zgarishlarni avtomatik ravishda rostlashdan iborat. Turbinalarda bug' ta'minoti miqdorini rostlash avtomatik ravishda tezlik rostlagichlarida olib boriladi. Bunda aylanishlar soni o'zgarishi impulsi turbina bug' ta'minoti rostlash organlariga uzatiladi. Rostlash sxemalari turbina quvvati va ish rejimiga qarab turli xil bo'ladi.

Zamonaviy IES va IEMlar ulkan energetik sistemalarga birlashib umumiy elektr tarmog'ini hosil qiladi va parallel ishlaydi. Bu holda elektr uzatish chastotasi doimiy o'zgarmas bo'lib qoladi. Elektr tarmog'idagi chastotalarni generator aylanishlar sonini saqlab qolish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Elektr tarmog'idagi yuklamaning o'zgarishi turbina yuklamasining va rotor aylanishlar sonining o'zgarishiga olib keladi. YUklama o'zgarishi miqdori statik xarakterga bog'liq rostlash organlarining sezish darajasi kam va statik xarakteristikada ochiq uchastkalar bo'lsa, turbina yuklamasi o'z-o'zidan o'zgarib ketishi mumkin. Bu esa turbinaning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Energetik sistemalarda turbinalarni statsionar va davriy turlarga ajratiladi. Statsionar turbinalarga yuqori quvvat, iqtisodiy samarador va doimiy ishlovchi turlariga aytiladi. Davriy turbinalarga esa past quvvatli davriy ishlovchi turlariga aytiladi. Davriy turbinalar elektr tarmoqlarida hosil bo'ladigan kritik yuklamalarda ishlashi statik xarakteristika ko'rinishi egrilik darajasi oshib ketishiga olib keladi. Bu rostlash organlari ishiga ta'sir qiladi. SHu holatlarni rostlash uchun turbina yuklamasining bir qismi davriy turbinaga beriladi.

Olingan miqdor aylanishlar soni dinamik tushirilishi koeffitsienti bilan belgilanadi. Bu koeffitsient o'z rostlash darajasiga bog'liq. Statsionar turbinalarda rostlash darajasi 94 % qilib qabul qilingan.

Aylanishlar soni dinamik tushirishlar koeffitsienti:

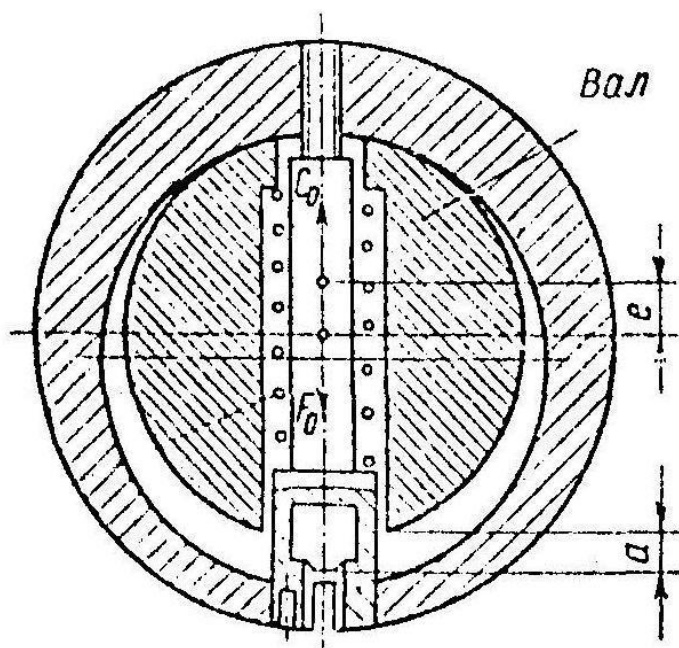
$$\Delta n = \delta n_0 / 100,$$

bu erda: δ – rostlash darajasi;

n_0 – aylanishlar soni.

2. Halqasimon himoya rostlagichi.

Rotor aylanishlar sonining yuqori chegarasi ishchi aylanishlar sonidan 10–12 % katta olinadi. Har bir turbina bir yoki ikki himoya rostlagichi bilan ta'minlanadi. Ularning vazifasi aylanishlar soni kamayib ketganda yoki oshib ketganda turbina ishini to'xtatishdan iborat. Himoya rostlagichlari konstruksiyasiga ko'ra halqali, richagli va gidravlik bo'lishi mumkin. Halqasimon himoya rostlagichi valga o'rnatiladi va aylanishini to'xtatadi (23–rasm).

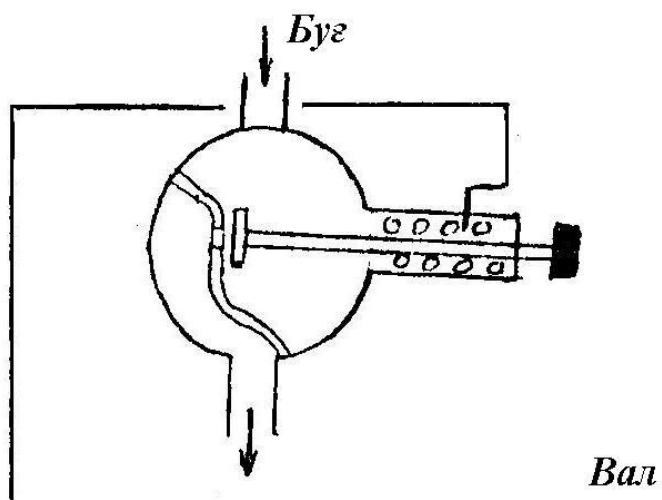


23–rasm. Halqasimon himoya rostlagichi.

Richagli himoya rostlagichlari va aylanishi soni o'zgarganda richag va zashyolkalar orqali bug' ta'minoti rostlash klapanlarini yopib qo'yadi.

3. Gidravlik himoya rostlagichi.

Gidravlik himoya rostlagichlari boshqarish, ta'minot va rostlash organlariga rotor aylanishlar soni o'zgarganda yog'lash suyuqligini yubormay qo'yadi, natijada turbina ishdan to'xtaydi (24–rasm).



24–rasm. Gidravlik himoya rostlagichi.

4. Nazorat savollari:

1. Himoya rostlagichlari vazifasi nima?
2. Halqasimon himoya rostlagichi ishlash prinsipini tushuntirib bering.
3. Gidravlik himoya rostlagichi qanday ishlaydi?

MA'RUZA 22.

Gaz turbina qurilmalarini ishini boshqarish

Reja:

1. Umumiy malumotlar;
2. Bir pogʻonali ejektorlar;
3. Ikki pogʻonali ejektorlar;
4. Ejektor qurilmasining ulanish sxemasi;
5. Nazorat savollari.

1. Umumiy malumotlar.

Kondensatorga kiradigan havoning kichik bir qismi qozondan bugʻ bilan birga keladi, asosiy qismi esa vakuumda ishlayotgan kran, ventil va boshqa birlashtirgichlarning nozichligi tufayli soʻrilishlardan kiradi.

Vakuum sistemasining nozichligini baholash imkoniyati yoʻq. SHuning uchun kondensatordan olib ketilishi kerak boʻlgan havo miqdorini nazariy aniqlash ham mumkin emas. Uni faqat tajriba yoʻli bilan (eksperimental) aniqlash mumkin.

YA.D.Berman eksperimental natijalarga asoslanib, kondensatordan soʻrib tashlanishi kerak boʻlgan havo miqdorini aniqlash uchun quyidagi formulani taklif qiladi:

$$G_h = \alpha \left(\frac{D_k}{100} + 1 \right), \text{ kg/soat,}$$

bu erda: D_k —nominal yuklamadagi kondensatorga bugʻ sarfi, t/soat;

α —kondensator vakuum sistemasiga bogʻliq koeffitsient;

u aʼlo, yaxshi va oʻzaro havo zichlikli sistemalar uchun 1; 2 va 3,5 ga teng.

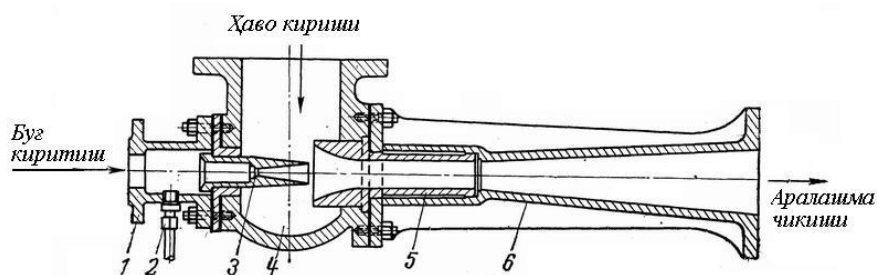
Bugʻ turbina qurilmalarida kondensatordan havoni soʻrib vakuumni taʼminlab turish uchun quyidagi havo soʻrish qurilmalari ishlatiladi:

– bugʻ oqimli ejektorlar;

- suv oqimli ejektorlar;
- markazdan qochma havo nasoslari.

2. Bir pogʻonali ejektorlar.

Bugʻ turbinasi qurilmalarida eng koʻp qoʻllaniladigani bugʻ oqimli ejektorlardir. Nazariya va tajriba koʻrsatadiki, bir pogʻonali bugʻ oqimli ejektor bilan chuqur vakuum hosil qilish mumkin emas. SHuning uchun bugʻ turbinasi qurilmalarida ikki va uch pogʻonali bugʻ ejektorlaridan foydalaniladi. Bir pogʻonali bugʻ oqimli ejektorlardan faqat turbinani ishga tushirishda foydalaniladi.



25–rasm. LMZ ishga tushirish ejektor.

25-rasmda sovitgichsiz ishlangan LMZ ishga tushirish ejektor koʻrsatilgan. Bugʻ quvuri 1 dan soplo 3 ga 8–12 bar bosimli ishchi bugʻ kiritiladi. Katta kinetik energiyaga ega boʻlgan bugʻ oqimi kamera 4 dan bugʻ-*havo* aralashmasini diffuzor torayuvchi qismi 5 ga oʻzi bilan olib kiradi. Diffuzor 6 da bugʻ-*havo* kinetik energiyasi bosim energiyasiga aylanadi va aralashma atmosferaga chiqib ketadi.

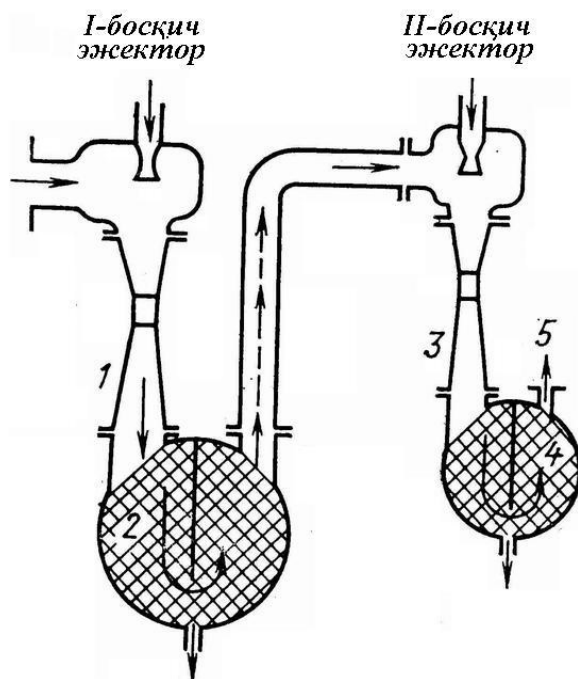
МА'RUZA 23.

Energetik gaz turbina qurilmalariga texnik talablar

Reja:

1. Ikki pogʻonali ejektorlar.

Ikki va uch pogʻonali ejektorlarda maxsus sovitgichlar oʻrnatilgan boʻlib, ularda ejektorlar bugʻi kondensatsiyalanadi va qozonga taʼminot suvi sifatida yuboriladi.

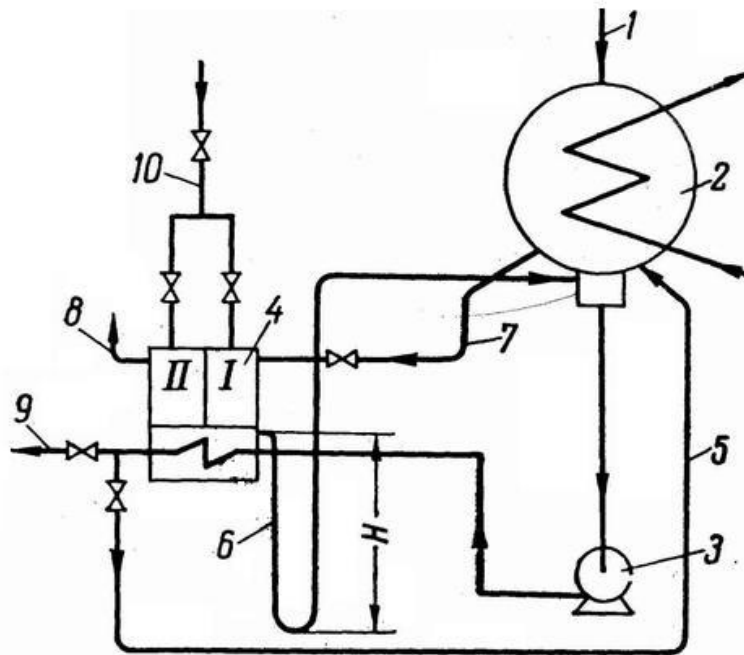


26–rasm. Ikki bosqichli ejektor sxemasi: 1–I bosqich ejektor; 2–oraliq sovitgich; 3–II bosqich ejektor; 4–tashqi sovitgich; 5–atmosfera ga chiqarish quvuri.

Ikki bosqichli ejektorda I bosqich ejektor 1 bugʻ havo aralashmasi bugʻi sovitgich 2 da kondensatsiyalanadi, aralashma II bosqich ejektor 3 ga kiritiladi va keyin sovitgich 4 da aralashma bugʻi kondensatsiyalanadi. Havo quvur 5 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Kondensat esa sovitgichlardan olinib, qozon taʼminot suvi sifatida ishlatiladi.

2. Ejektor qurilmasining ulanish sxemasi.

Bu ejektor qurilmasida sovitgichlarda sovituvchi muhit sifatida asosiy kondensat ishlatiladi. Turbinani ishga tushirishda, salt yurishda va turbina kichik quvvatda ishlaganida retsirkulyasiya liniyasi 5 ulanadi (27-rasm). Ejektor sovitgichida qizigan kondensatning bir qismi retsirkulyasiya liniyasi orqali kondensatorga qaytariladi, u erda sovitiladi va yana ejektor sovitgichida qayta ishlatiladi.



27-rasm. Ejektor qurilmasi ulanish sxemasi: 1–bug‘ni kondensatorga kiritish; 2–kondensator; 3–kondensat nasosi; 4–ejektor; 5–retsirkulyasiya liniyasi; 6–sifon; 7–bug‘ – havo aralashma-sini so‘rib olish; 8–havoni atmosferaga chiqarish; 9–kondensat liniyasi; 10–ejektorga bug‘ berish.

Turbina nominal yuklamada yoki etarlicha katta yuklamada ishlaganida retsirkulyasiya liniyasi ajratiladi.

Bug‘-havo aralashmasi bug‘i kondensati II bosqich sovitgichdan I bosqich sovitgichiga kiritiladi va undan sifon 6 orqali kondensatorga quyiladi.

Ejektorning uzluksiz ishlashini ta‘minlash uchun sifon balandligi quyidagi talabga javob berishi kerak:

$$H \geq 2(P_x - P_k), \text{ m,}$$

bu erda: R_x – I bosqich sovutgichdagi bosim, m suv ustuni;

R_k – kondensatordagi bosim, m suv ustuni.

5. Nazorat savollari:

1. Vakuum sistemasining chuqurligini qanday aniqlash mumkin?
2. IESlarda qanday turdagi havo so‘ruvchi qurilmalar ishlatiladi?
3. Bir pog‘onali ejektorlar qaysi holatlarda ishlatiladi?
3. Ikki pog‘onali ejektorlar ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Ejektor qurilmasining ulanish sxemasini tushuntirib bering.

MA’RUZA 24.

Gaz turbina qurilmalari xarakteristikalari va ularni firmalari xaqida malumotlar.

Reja:

1. Umumiy ma’lumotlar;
2. Gaz turbinalari ishlash prinsipi;
3. Nazorat savollari.
1. Umumiy ma’lumotlar.

Gaz turbinasi deb, ishchi jismi yonuvchi gaz va havo aralashmasidan iborat bo‘lgan issiqlik yuritgichiga aytiladi. Ishlash prinsipi va konstruksiyasi jihatidan bug‘

turbinasiga o'xshash. Gaz turbinasining oquvchi qismida gaz oqimidan issiqlik energiyasi avval kinetik va so'ng rotor aylanishi mexanik ishga aylanadi.

Gaz turbina qurilmalari bug' turbinalariga nisbatan quyidagi afzalliklariga ega:

- 1) ixcham;
- 2) kondensat qurilmasining yo'qligi;
- 3) konstruksiyasining soddaligi va qulayligi;
- 4) kam metalliligi arzonligi;
- 5) sovitish uchun ko'p suv talab qilinmaydi.

Gaz turbinasining quyidagi kamchiliklari mavjud:

- 1) gaz turbinalarining tez ishdan chiqishi;
- 2) ishlatiladigan yoqilg'iga yuqori talabliligi.

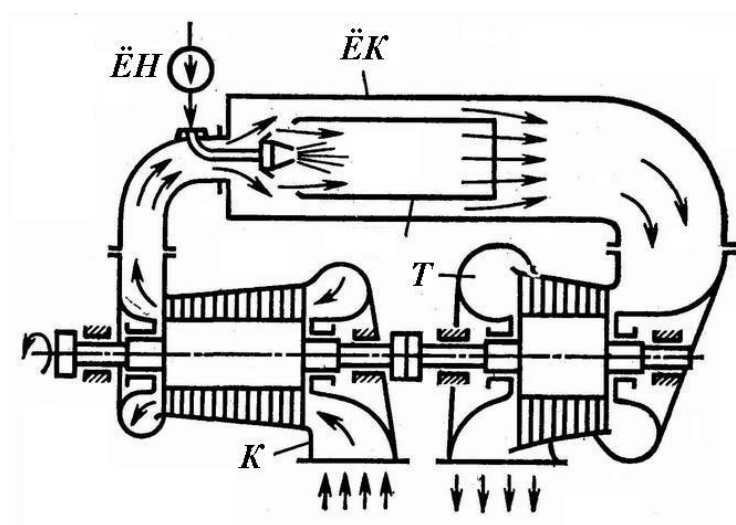
Bug' turbinalari kabi gaz turbinalari ham aktiv va reaktiv, bir pog'onali va ko'p pog'onali bo'ladi. Gaz harakatiga qarab o'qli va radial turlariga bo'linadi. Agar gaz turbina o'qi yo'nalishida harakat qilsa, u o'qli gaz turbinasi bo'ladi. Agar gaz turbina o'qiga perpendikulyar (ko'ndalang) harakat qilsa, unda radial gaz turbinasi bo'ladi. Reaktiv gaz turbinalarining qo'llanilishi FIK va ish rejimining barqarorlanishiga olib keladi. Ishlash rejimi, issiqlik miqdori, ishlatiladigan yoqilg'i turiga qarab ko'p pog'onali gaz turbinalari 2–7 va undan ham ko'p pog'onali bo'lishi mumkin. Kam miqdorli yuklamalar uchun bir pog'onali gaz turbinalari iqtisodiy qulay.

2. Gaz turbinalari ishlash prinsipi.

Gaz turbinalari bug' turbinalariga nisbatan yuqori boshlang'ich temperaturada ishlaydi. SHuning uchun uning detallari issiqqa chidamli po'latdan yasaladi, ba'zi holda ishchi kuraklarni sovitish uchun maxsus qurilmalar o'rnatiladi. Gaz turbinalari past boshlang'ich bosimda ishlaydi. Gaz kengayishi natijasida uning hajmi bir necha yuz barobar oshadi. SHuning uchun gaz turbinasini ishga tushirishdan oldin uning aerodinamikasi tekshirib ko'riladi. Gaz turbinasining alohida qurilmalarini hisoblash metodikasi bug' turbinasi hisobi metodikasi bilan bir xil.

Kompressor atmosferadan havoni so'rib, kerakli bosimgacha siqib beradi va

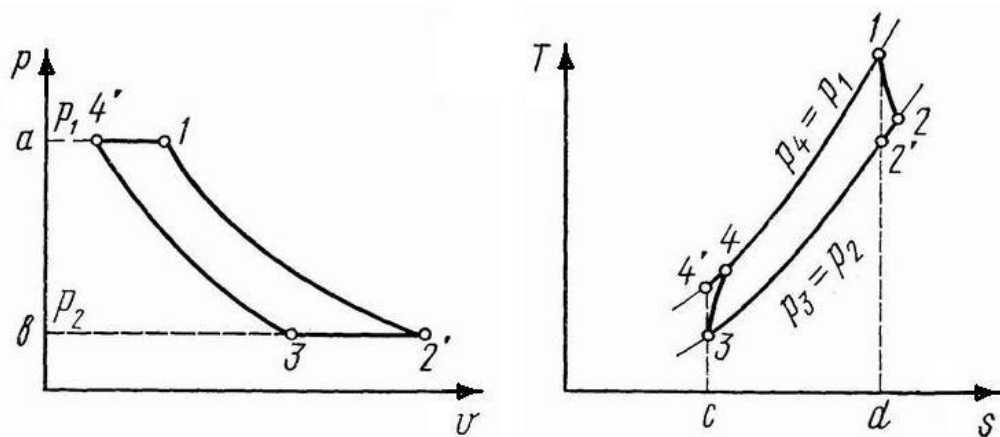
yonuv kamerasiga uzatadi. YOnish kamerasiga nasos orqali forsunkadan yoqilg'i keladi va havo bilan aralashib yonadi. Hosil bo'lgan issiq aralashma turbinaga yo'naltiriladi (28–rasm). Aralashma temperaturasi yonish kamerasida havo miqdori orqali o'zgartirish mumkin. Masalan, turbinaga uchun issiq havo temperaturasi 900–1100 K bo'lsa, u uzoq muddat ishlashi isbotlangan. YOnish temperaturasi esa yonish kamerasida 2000 K ni tashkil etadi. Turbinada gaz kengayib, mexanik ish bajaradi. Turbina validagi quvvatning bir qismi kompressor kuraklarining aylanishiga sarf bo'ladi, qolgani iste'molchiga uzatilishi yoki elektr energiyasi olishga sarf bo'lishi mumkin.



28–rasm. Gaz turbinasi qurilmasi sxemasi va sikli.

Gaz turbina qurilmasining ish sikli nazariy va haqiqiy sikllarga bo'linadi. Nazariy termodinamik siklda soddalash-tirishlar qabul qilingan:

- 1) sikl yonish deb qaraladi, ideal gaz miqdori, tarkibi va sig'imi o'zgarmas;
- 2) sikldagi hamma jarayonlar qaytar, issiqlik va gidarvlik yo'qotishlar yo'q;
- 3) kompressorda siqilish va turbinada kengayish adiabatik bo'ladi, entropiya soni o'zgarmas.



29-rasm. Gaz turbina qurilmasining P - V va T - S diagrammalari.

YOnish kamerasiga issiqlik berilganda izobara bo'yicha (4-1) temperatura T_4 dan T_1 gacha ortadi. 1-2 chizig'i turbinada ishchi jismining izoentropik kengayishini xarakterlaydi. Haqiqiy siklda ichki sraflar hisobiga issiqlik yo'qoladi va sikl 1-2 chizig'i bo'yicha bo'ladi.

Termodinamik siklda issiqlik olinishi 2-3 izobarasi bilan ifodalanadi. Issiqlik olinish natijasida temperatura boshlang'ich holatiga keladi (T). Haqiqiy jarayonda esa 2-3 chizig'i turbinadan gazning atmosferaga chiqarib yuborilishidagi sovishini bildiradi.

Termodinamik siklning termik FIK:

$$\eta_1 = (q_1 - q_2) / q_1 = I_0 / q_1$$

bu erda:

q_1 —keltirilgan issiqlik miqdori;

q_2 —olingan issiqlik miqdori;

I_0 —olingan foydali ish.

Foydali ish turbina va kompressor izoentropik ishlari farqiga teng:

$$I_0 = I_{0t} - I_{0k}$$

Kompressorda izoentropik siqilish $3-4'-a-v$ yuza bilan belgilanadi va sikl boshidagi hamda oxiridagi entalpiyalar farqi bilan ifodalanishi mumkin:

$$l_{ok} = i'_4 - i_3 = c_p(T_4 - T_3)$$

bu erda:

c – o'zgarmas bosimdagi gazning issiqlik sig'imi;

$i'_4 - i_3$ – shakldagi siqilish boshidagi va oxiridagi entolpiya;

$T_4 - T_3$ – $3-4$ nuqtadagi absolyut temperatura.

Turbinada gazning izoentropik kengayishi $p-v$ diagrammada $a-1-2-v$ yuza bilan belgilanadi hamda kengayishi boshi va oxiridagi entalpiya farqi bilan ifodalanishi mumkin:

$$l_{ok} = i_1 - i'_2 = c_v(T_1 - T_2)$$

bu erda:

c_v – o'zgarmas hajimdagi gazning issiqlik sig'imi;

$i_1 - i'_2$ – kengayish boshi va oxiridagi entalpiya;

$T_1 - T_2$ – $1-2$ nuqtadagi absolyut temperatura.

Siklga keltirilgan issiqlik miqdori $T-S$ diagrammada $s-4-l-d$ yuza bilan belgilanadi:

$$q_1 = c_p(T_1 - T_4).$$

Haqiqiy jarayonda kompressorda gazning siqilishi va turbinada kengayishidagi ish miqdori:

$$l_k = c_p (T_4 - T_3);$$

$$l_t = c_p (T_1 - T_2).$$

Kompressor ichki FIK:

$$\eta_k = 1_{0k} / 1_k = (T'_4 - T_3) / (T_4 - T_3).$$

Nazorat savollari:

1. Gaz turbina qurilmalarining afzalliklari nimada?
2. Gaz turbina qurilmalarining kamchiliklari nimada?
3. Gaz turbinalari ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Gaz turbinalari uchun TS- va PV-diagrammalarini qurib bering.

MA'RUZA 25.

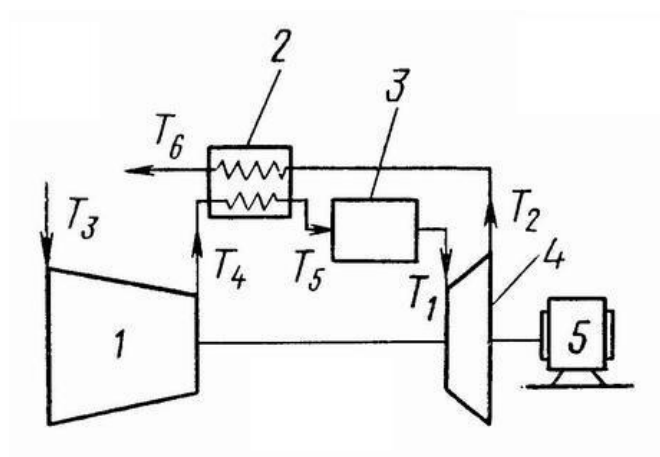
Gaz va bug'i alohida konturli qurilmalar

Reja:

1. Umumiy tushunchalar;
 2. Havoni pog'onali siqish va pog'onali yondirishli gaz turbina kurilmalari;
 3. YOkiilg'ini pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmalari;
 4. Nazorat savollari.
1. Umumiy tushunchalar.

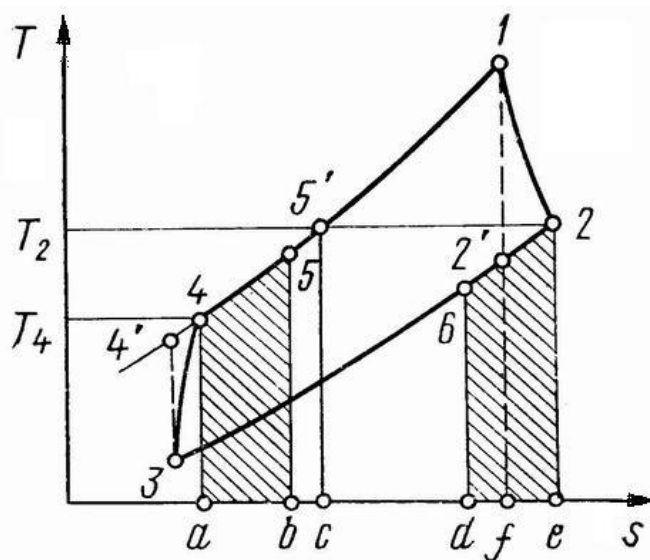
GTQ iqtisodiy samaradorligini oshirishning yo'llaridan biri turbinada ishlatiladigan gazlarni yonish kamerasidagi havoni qizdirish uchun ishlatishdir. Buning uchun kompressordan chiquvchi havoni regenerator (havo qizdiruvchi)dan o'tkaziladi. Xuddi shu regeneratorga gaz turbinasidan chiquvchi ishlatilgan issiq havo yuboriladi, u o'z issiqligini issiqlik almashinuvi orqali uzatadi va atmosferaga chiqib

ketadi (30–rasm).



30–rasm. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmasi sxemasi.

Bu jarayonning T – S diagrammasidagi jarayoni quyidagicha bo‘ladi (31–rasm):



31–rasm. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmasining T – S diagrammasi.

- 3–4 kompressorda havoning siqilishi;
- 4–5 regeneratorda havoning o‘zgarmas bosimda qizishi;
- 5–1 yonish kamerasida $r=\text{const}$ issiqlik uzatilishi;
- 1–2 turbinada havoning kengayishi;
- 2–6 regeneratorda ishlatilgan gazlarning issiqlik almashinuvi;
- 6–3 atmosferaga chiqariladigan gazlarning izobarik sovishi;
- q_1 –1 kg havoning regeneratorda olgan issiqlik miqdori;

q_2 —1 kg gazning havoga uzatgan issiqlik miqdori.

$$q_1 = C_p(T_5 - T_4);$$

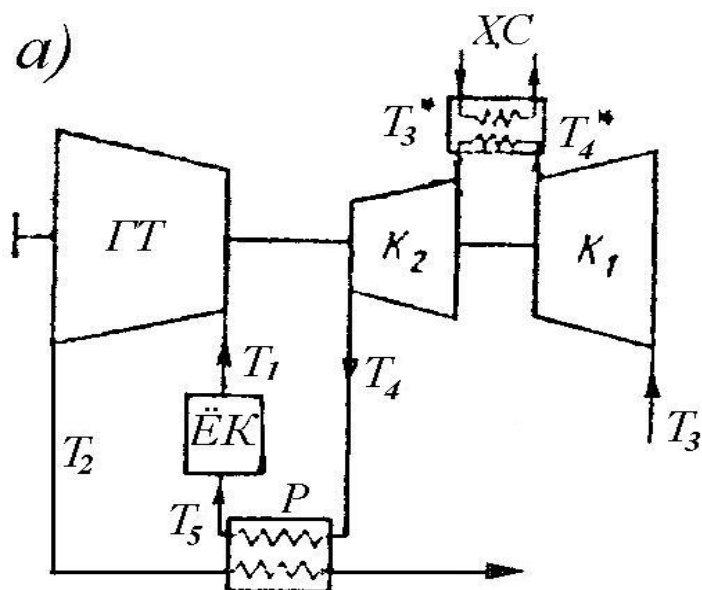
$$q_2 = C_p(T_2 - T_4).$$

Regeneratsiya paytida bosim oshirish darajasining optimal qiymati tushadi. SHuning uchun regeneratsiyaning qo'llanilishi FIKning oshishiga olib keladi. Bu turdagi GTQning FIK $\eta = 0,87-0,89$ ga teng. Lekin regeneratsiyaning optimal qiymati olinmasa regeneraturning yuzasi ortib, metall isrofiga olib kelishi yoki uning aksi bo'lishi mumkin. Bu holni regeneratsiya darajasi xarakterlaydi. Regeneratsiya darajasi $R < 0,5$ dan kichik bo'lsa, regeneratsiya qo'llanilishidan iqtisodiy samara olinmaydi.

Zamonaviy GTQlarida bu daraja 0,6–0,8 ga teng. Bunda yoqilg'i 22–28 % iqtisod qilinadi, chunki yonish kamerasida havoni qizdirish uchun kam yoqilg'i sarf etiladi. Regeneratsiya darajasi texnik iqtisodiy taqqoslash yo'li bilan kompressor FIK boshlang'ich temperatura, gabarit ko'rsatkichlar, ish rejimi e'tiborga olinib qabul qilinadi.

2. Havoni pog'onali siqish va pog'onali yondirishli gaz turbina kurilmalari

GTQlarida havoni siqish uchun ketadigan ishni kamaytirish uchun har bir pog'onada havoni sovitish yo'li bilan siqiladi. Bu jarayonlarni oraliq sovitgich (xolodilnik)larda amalga oshiriladi. Qancha ko'p sovitgichli pog'onalar bo'lsa, sikl izotermaga yaqin bo'ladi va kam ish sarf bo'ladi, lekin qurilmaning murakkabliligi, qimmatliligi va gidravlik qarshiliklari oshishi tufayli quvvat tushadi. SHuning uchun sanoatda GTQ, asosan, ikki pog'onali va kamdan kam uch pog'onali bo'lishi mumkin (32–rasm).



32–rasm. Havoni pog‘onali siqishli gaz turbina qurilmasi sxemasi.

Atmosferadan havo K_1 kompressor orqali so‘rib olinadi va Z kerakli bosimni siqib temperaturasi oshirib beradi. U erdan havo sovitgichga kelib o‘zgarmas bosimda T_3 temperaturagacha soviydi va K_2 kompressorga kelib tushadi. K_2 da yana R_4 siqiladi temperaturasi oshadi. T_4 regeneratorda temperaturasi oshgan havo T_5 yonish kamerasiga kelib tushadi. U erdan kerakli bosim va temperatura olgach, turbinaga tushadi ish bajarib, yana regenerator orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Bu qurilma ichki F.I.K:

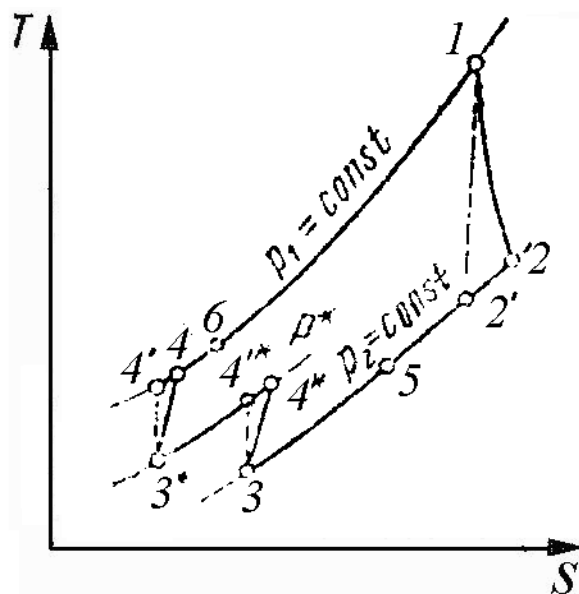
$$\eta_0 = l_1 / q_{\text{sov}},$$

bu erda: l_1 – GTQ ichki foydali ishi;

q_{sov} —yonish kamerasiga uzatilgan issiqlik miqdori.

$$l_i = l_t - l_{k1+k2}$$

Jarayonning T – S -diagrammasi 33-rasmda ko‘rsatilgan.



33–rasm. Havoni pog‘onali siqishli gaz turbina qurilmasining T – S -diagrammasi.

3–4*– birinchi kompressorda havoning siqilish jarayoni;

3*–4– ikkinchi kompressorda havoning siqilishi;

4*–3* –havo sovitgichida havoning sovushi;

4–5 –regeneratorda havoning qizishi;

5–1 –yonish kamerasida issiqlik uzatilishi;

1–2 –turbina havoning kamayishi;

2–3–ishlatilgan havoning regeneratorga uzatilishi va atmosferaga chiqarilishdagi issiqlik almashinuvi.

Bu sikl regeneratsiyadagi siklga nisbatan ko‘proq samara beradi. Oraliq sovitgichlari o‘rnatilishi qurilma FIK oshishiga va ishlovchi gaz miqdorini kamaytirishga olib keladi.

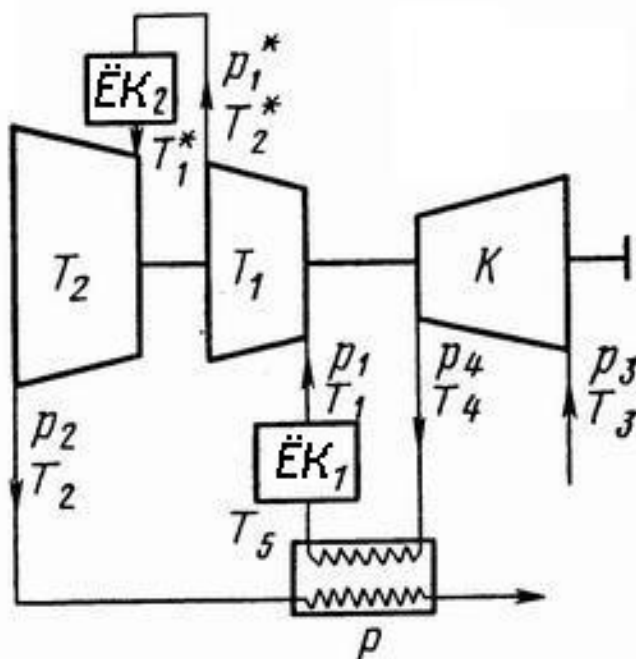
MA’RUZA 26.

Gaz va bug‘i alohida konturli qurilmalar

Reja:

1. YOkilg'ini pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmalari.

GTQ iqtisodiy samarasini oshirish oraliq pog'onalaridagi yonish kameralarida yoqilg'ini yoqish hisobiga bo'lishi mumkin (34–rasm).



34–rasm. YOkilg'ini pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmasi sxemasi.

Havo kompressor orqali regeneratorga tushadi, u erdan kerakli bosim va temperatura olib birinchi yonish kamerasida yonadi. YOnish gazlari birinchi turbinaga kelib kengayadi. Birinchi turbinada ishlagan gazlar ikkinchi yonish kamerasiga kelib tushadi, bu erda qo'shimcha issiqlik olib (yonish hisobiga) ikkinchi turbinaga tushadi. Turbinada kengayib, regenerator orqali chiqarib yuboriladi.

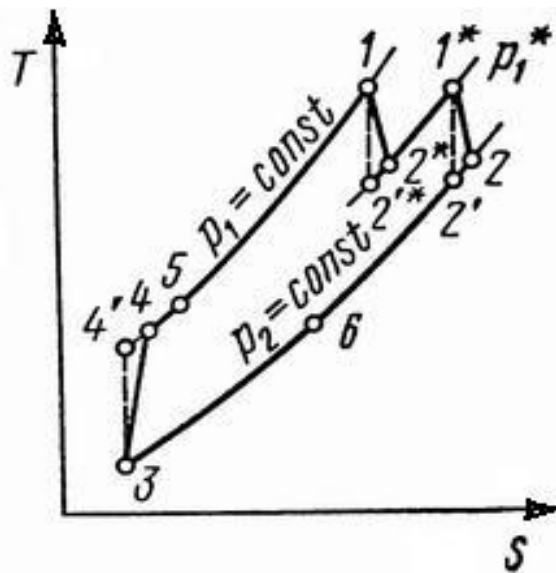
Bu turdagi GTQning F.I.K:

$$\eta_o = l_1 / q_{n1} + q_{n2}$$

bu erda: l_1 —GTQ ichki foydali ishi

q_{n1}, q_{n2} — birinchi va ikkinchi yonish kameralarida olingan issiqlik miqdori.

Jarayonning T – S -diagrammasi 35-rasmda ko'rsatilgan. Oraliq pog'onalarda sovitish kabi bu tipdagi qurilmalarda yonish kameralari asosan 2 pog'onali qilib olinadi.



35-rasm. YO'kilg'ini pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmasining T - S -diagrammasi.

3-4 –kompressorda havoning siqilishi;

4-5 –regeneratorda havoning qizishi;

5-1 –birinchi yonish kamerasida issiqlik ajralishi;

1-2* –birinchi turbinada gazning kengayishi;

2*-1* –ikkinchi yonish kamerasida issiqlik ajralishi;

1*-2 –ikkinchi turbinada gaz kengayishi;

2-6 –regeneratorda gazning issiqlik uzatishi;

6-3–ishlatilgan gazning atmosferaga chiqarishidagi issiqlik chiqarilishi.

YUqori quvvatli GTQ ishlab chiqarishda ba'zan pog'onali sovitish va pog'onali qizdirish sxemalarini birgalikda qo'llaniladi. Bu sxema qurilma murakkab bo'lishiga qaramasdan, yuqori FIK va optimal bosim orttirish darajasi hamda ishlatiladigan havo miqdorining kamligi bilan ham xarakterlanadi.

4. Nazorat savollari:

1. Regeneratsiyadan maqsad nima?

2. Havoni pog'onali siqish va pog'onali yondirishli gaz turbina kurilmalari sxemasini tushuntirib bering.

3. YO'qotishni pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmalari sxemasini tushuntirib bering.

MA'RUZA 27.

Qozon - utilizatorlar

Reja:

1. Gaz turbina qurilmalari ichki yo'qotishlari;
2. Gaz turbina qurilmalari tejamkorlik ko'rsatkichlari;
3. Nazorat savollari.

1. Gaz turbina qurilmalari ichki yo'qotishlari.

Bug' turbinasi kabi gaz turbinasida ham ko'plab yo'qotishlar bo'ladi. Ularni ichki va tashqi yo'qotishlarga ajratiladi.

Ishchi jismining holatiga ta'sir etuvchi yo'qotishlar ichki yo'qotishlar, ta'sir etmaydigan yo'qotishlar tashqi yo'qotishlar deyiladi.

Ichki yo'qotishlarga kompressor va turbina ichidagi ishqalanish, ventilyasiya, qaytish issiqligi, tirkishlardagi, kuraklardagi, pog'onalardagi yo'qotishlar kiradi. Bundan tashqari, ichki yo'qotishlarga yonish kamerasidagi issiqlik yo'qotilishi, gidravlik qarshiliklar, regeneratordagi, havo quvurlaridagi, sovitish sistemasidagi yo'qotishlarni ham kiritish mumkin.

Bu yo'qotishlarning barchasi e'tiborga olinadi. Ularni topish uchun muhandislik hisoblarida nomogrammalar, grafiklar, jadvallardan foydalaniladi. Masalan: kompressordagi ichki yo'qotishlar kompressor ichki F.I.K bilan ifodalanadi, turbinadagi ichki F.I.K bilan ifodalanadi. Yonish kamerasidagi ichki yo'qotishlar yonish kamerasi issiqlik F.I.K bilan ifodalanadi.

Gaz turbina qurilmasini ichki yo'qotishlari barcha qurilmalari ichki yo'qotishlari yig'indisidir:

$$q_y = \sum q_1.$$

Gaz turbina qurilmasi ichki F.I.K orqali ham bu yo'qotishlarni ifodalash mumkin:

$$\eta_i = l_g / q_y$$

.bu erda: q_y . – havoni ishlatish uchun ketgan barcha isiqlik

yoʻkotishlari miqdori;

l_g – gaz turbina qurilmasi bajargan ichki foydali ish.

Gaz turbina qurilmalarining koʻrsatkichlaridan biri boshlangʻich temperaturadir. Atmosfera temperaturasining oʻzgarib turishi GTQ quvvatiga va iqtisodiga taʼsir qiladi. Temperatura oshishi bilan havo nisbiy hajmi ortadi va uni kompressorda siqish uchun ketadigan ish miqdori ham ortadi, bunda qurilma quvvati pasayadi. Amalda GTQ F.I.Kini oshirish uchun turbinaga tushayotgan gaz temperaturasi oshiriladi. Termodinamik hisoblar ham turbina oldi gaz trakti temperaturasi oshishi qurilma F.I.Ki oshishini koʻrsatadi. Hozirgi turbinalarda bu temperatura 1300–1500 °S ni tashkil etadi. Mavjud issiqbardosh materiallar bundan yuqori temperaturani koʻtara olmaydi. Ayrim maxsus turbinalar masalan aviaturbinalarda temperatura 1500 °S dan ortadi.

Aslida, boshlangʻich temperaturaning qabul qilinishi shu qurilma yoqilgʻisi ish rejimi, isteʼmolchi turi, isteʼmol miqdori va h.k.larga bogʻliq. Masalan, tarkibida vanadiy miqdori koʻp boʻlgan mazut yoqilganda korroziyani kamaytirish uchun temperatura pastroq boʻlishi kerak va bu F.I.K tushishiga olib keladi.

Gaz turbina qurilmasi koʻrsatkichlaridan biri bu bosim oshirish darajasidir, yaʼni kompressordagi bosim va turbinadagi gaz bosimi orasidagi bogʻliqlikdir. Bosim oshirish darajasi temperaturaga, kompressor va turbina F.I.K, ishlash rejimi, yoqilgʻi koʻrsatkichlariga bogʻliq. Optimal bosim oshirish darajasini topish qiyin. Injenerlik hisoblarida nomogrammadan foydalaniladi. Bu koʻrsatkich F.I.K oshishiga toʻgʻri proporsional.

MAʼRUZA 28.

Qozon - utilizatorlar

Reja:

1. Gaz turbina qurilmalari tejamkorlik koʻrsatkichlari.

Foydali ish koeffitsienti (F.I.K) – gaz turbina qurilmasi foydali ishi va turbina bajayotgan ish nisbatini belgilaydi:

$$\delta = l_i / l_t = (l_t - l_k) / l_t$$

bu koeffitsient qancha katta boʻlsa, gaz turbina qurilmasi kompressorida siqish uchun shuncha kam ish sarflanadi.

Gaz turbina qurilmasi ichki quvvati:

$$N_i = G_x l_i$$

bunda: G_x - qurilmadagi havo miqdori;

l_i – GTQ ichki foydali ishi.

GTQ uchun solishtirma havo miqdori, solishtirma issiqlik miqdori, solishtirma yoqilg‘i miqdori ham asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

Solishtirma havo miqdori – qurilmada bir soatlik havo miqdorining foydali quvvatga nisbatini bildiradi va qurilma o‘lchamlarini xarakterlaydi. Solishtirma havo miqdori qancha kichik bo‘lsa qurilma o‘lchamlari ham shuncha kichik bo‘ladi:

$$d_1 = 3600 G_H / N_i.$$

Solishtirma issiqlik miqdori – qurilma iqtisodliligini ko‘rsatadi. U 1 kW/soat foydali energiya chiqarish uchun sarflangan issiqlik miqdoriga teng:

$$q = 3600 / \eta.$$

Solishtirma yoqilg‘i miqdori shu qurilma uchun yoqilg‘i turini belgilash uchun xizmat qiladi:

$$g_i = q_i / Q_n^r$$

bu erda: Q_n^r – yoqilg‘ining quyi yonish issiqligi.

GTQ tashqi yo‘kotishlariga turbina va kompressor podshipniklaridagi ishqalanishdagi yo‘qotishlar, val zichlagichlari orasidan yo‘qoladigan yo‘qotishlar, yordamchi qurilmalarga ketadigan energiya yo‘kotishlari va h.k.lar kiradi.

Tashqi yo‘qotishlar mexanik F.I.K orqali ifodalanadi:

$$\eta_m = l_e / l_i$$

bu erda: l_e –GTQ effektiv ishi,

$$l_e = l_i / l_m$$

Gaz turbina qurilmasi iqtisodiy samaradorligini oshirishning yo‘llari ko‘p:

- 1) turbinada ishlatilgan gaz issiqligini qayta qo‘llash (regeneratsiya qilish);
- 2) havoni oraliq pog‘onalarida sovitish yo‘li bilan siqish;
- 3) bir necha valli qurilma yaratish;
- 4) ham bug‘ havo sikli, ham porshenli yonuv kamera siklida ishlovchi kombinatsiyalangan qurilma yaratish;
- 5) havo gaz aralashmasini oldindan qizdirib berish.

Hozirgi paytda bu yoʻnalishlarning hammasi qoʻllanilmoqda.

3. Nazorat savollari:

1. Gaz turbina qurilmalari ichki yoʻqotishlari nimalar?
2. Gaz turbina qurilmalari tejamkorlik koʻrsatkichlariga qaysi koʻrsatkichlar kiradi?
3. Gaz turbina qurilmasi ichki quvvati qanday aniqlanadi?
4. Gaz turbina qurilmasi iqtisodiy samaradorligini oshirishning qanday yoʻllari mavjud?

Qozon – utilizatorlar uchun bug' turbinasi va ularni rostlash

Reja

1. Gaz turbina qurilmalarida ishlatiladigan materiallar;
2. Gaz turbina qurilmalarida ishlatiladigan materiallarini guruxlari
3. Nazorat savollari.

1. Gaz turbina qurilmalarida ishlatiladigan materiallar.

Turbina kuraklari, rotorlari yuqori temperatura va bosimda ishlashi tufayli ularning detallarini ishlab chiqarilishiga yuqori talablar qo'yiladi. Ishlatiladigan materiallar yaxshi mexanik, korroziyaga chidamlilik, mustahkamlik xususiyatlariga, yuqori quvvatlarda va temperaturada doimiy mavjud plastik deformatsiyalarga chidamli bo'lishi kerak. Bunda metall oquvchanligi bo'lmasligi kerak. Turbina detallarini tayyorlashga ishlatiladigan materiallar oldin termik, mexanik deformatsiyalarga tekshirib ko'riladi. Bu detallarning uzoq ish rejimida ishlashiga kafolat beradi.

Turbina detallariga ishlatiladigan materiallar asosan uch guruhga bo'linadi:

Birinchi guruh 820–870 K (545–595 °S) temperaturalarda ishlash uchun mo'ljallangan materiallar. Bularga kam uglerodli, kam va o'rta chegaralangan, perlit va martensit klassli po'latlar kiradi. Ular plastik, egiluvchan va oson ishlov berilishi bilan xarakterlanadi. CHiziqli kengayish koeffitsienti kamligi va issiqlik o'tkazuvchanligini yuqorili detallarda issiqlik kuchlanishlarini tushirish va intensiv issiqlik uzatishini ta'minlaydi. Perlit po'lat klassiga kiruvchi materiallardan ko'p qo'llaniladigan xromnikelmolibdenli EI–395 va xromvolframolibden vanadiyli EI–415 po'latlar 820 K da ishlovchi rotorlarni ishlab chiqishda qo'llaniladi. Po'lat tarkibida molibden 0,5–1,0 % bo'lishi uning oquvchanligini kamaytiradi, xrom po'latning korroziyaga qarshi kimyoviy mustahkamligini oshiradi. Qo'shimcha yuqori temperaturalarda martensit klassiga kiruvchi yuqori xromli modifikatsiyalangan zanglamas po'lat qo'llaniladi. Uning tarkibida molibden, volfram, vanadiy, niobiy va titan elementlari bo'ladi.

Ikkinchi guruhga: 920–970 K (645–695 °S) temperaturalarida qo'llash uchun ishlatiladigan materiallar kiradi. Bularga austenit klassiga kiruvchi yuqori issiqbardosh korroziyaga chidamli po'latlar kiradi. Lekin bu tipdagi materiallar qator kamchiliklarga ega: bular ishlovga qiyin berilishi, issiqlik oshishi bilan mustahkamligi oshmasligi, chiziqli kengayish koeffitsientining kattaligi, issiqlik o'tkazish koeffitsientining kamligi, qimmatliligi va h.k. Po'lat tarkibiga nikel, volfram, molibden kabi qimmatbaho elementlar kiradi. Austenit klassiga kiruvchi EI–

405, EI-612 markali po'latlar rotor detallari, ishchi va yo'naltiruvchi kuraklar tayyorlashda ishlatilishi mumkin.

Uchinchi guruhga: 920–970 K dan yuqori temperaturalarda ishlovchi detallar tayyorlashda ishlatiladigan materiallar kiradi. Bu guruhga nikel, xrom, kobalt, temir elementlaridan iborat qotishmalar (splav) kiradi. Bular ichida nikel va xrom ko'p miqdorda bo'lgan qotishmalar ko'p ishlatiladi. EI-765, 437, 607, 893 markali qotishmalar gaz turbinasi ishchi kuraklari yasashda qo'llaniladi.

Lekin ko'pincha II va III guruhlar materiallari qimmat va mo'rt bo'lmasligi uchun I grupp materiallari qo'llaniladi. YUqori temperaturada materiallarni oquvchanligini yo'qotish uchun ko'pincha sovitish sistemalari qo'llaniladi. Sovitish sistemalari ichki va tashqi bo'lishi mumkin. Ichki sovitish sistemalari deb, qurilmadagi ma'lum bir elementni sovitish uchun qo'yiladigan sistemalariga aytiladi.

Tashqi sovitish sistemalari deb, qurilma bir necha elementlarini sovitish uchun qo'llaniladigan sistemalariga aytiladi.

Turbina ichki F.I.K:

$$\eta_{oi} = l_t / l_{ot} = (T_1 - T_2) / (T_1 - T'_2)$$

Gaz turbina qurilmasi bajargan haqiqiy ish:

$$l_i = l_t - l_k.$$

MA'RUZA 30.

Sintetik yoqilg'ini olishni asosiy jarayonlari

Reja

1. Gaz turbina qurilmalarining yonish kameralari;
2. Gaz turbina qurilmalarining issiqlik almashish qurilmalari;
3. Gaz turbina qurilmalarining kompressorlari;
4. Nazorat savollari.

1. Gaz turbina qurilmalarining yonish kameralari.

YOnish kamerasi GTQning asosiy elementi bo'lib, unda yoqilg'i yonishi hisobiga siqilgan havo kerakli temperaturagacha qizdiriladi. YOnish kameralariga quyidagi talablar qo'yiladi:

- 1) GTQ barcha ish rejimida yonish kamerasida yoqilg'i yonishi barqaror bo'lishi kerak. Alanganing uzilishi, pulsatsiyasi, kamayishi taqiqlanadi;
- 2) turbina oldidagi havo oqimining barcha kesimlarida bir xil temperatura maydoni hosil qilinishi shart;
- 3) uzluksiz ish rejimini ta'minlash uchun maxsus sovitish sistemalari bilan ta'minlanishi shart;
- 4) GTQ barcha ish rejimlarida kam yoqilg'i bilan ko'p issiqlik olinishi shart;
- 5) gidravlik qarshiliklar kam bo'lishi kerak;
- 6) konstruktiv jihatdan sodda, ishlatishga qulay, arzon bo'lishi kerak;
- 7) engil va ixcham bo'lishi kerak.

YOnish kameralari tabiiy gaz va suyuq yoqilg'ilarda ishlaydi. Og'ir xajmiy massaga ega bo'lgan mazutlarni qo'llash ba'zi bir qiyinchiliklar tug'diradi, uning tarkibidagi vanadiy, natriy, oltingugurt kamera ishchi detallarini korroziyaga olib keladi.

YOnish kameralari quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi:

1. Kamera issiqlik ishlab chiqarish qobiliyati:

$$Q_k = B Q_n^r$$

bu erda: B – ishlatiladigan yoqilg'i miqdori;

Q_n^r – yoqilg'ining quyi yonish issiqligi.

2. Hajmiy issiqlik kuchlanishi – kamera yuzasining samarali ishlatilishini

tavsiflaydi:

$$q = Q_K / V_K$$

bu erda: V_K – yonish kamerasi hajmi.

Yonish kamerasidagi energiya sarfi va bosim sarfi ham asosiy ko'rsatkichlardan hisoblanadi.

Ichki F.I.K orqali energiya sarfi xarakterlanadi. Bosim sarfi 1–3 % ba'zan 10 % gacha bo'ladi.

Mavjud yonish kameralari quyidagi tiplarga bo'linadi:

- a) individual;
- b) seksiyali ko'p quvurli;
- v) halqasimon;
- g) quvurli – halqasimon.

2. Gaz turbina qurilmalarining issiqlik almashish qurilmalari.

GTQda issiqlik almashish qurilmalari, asosan, regenerator, sovitkich vazifalarini bajarish uchun xizmat qiladi. Bu apparatlarga qo'yiladigan asosiy talab: kichik hajmga ega bo'lgan holda issiq jismdan sovuq jismga mumkin qadar ko'proq issiqlik uzatish.

GTQlarida regenerativ va rekuperativ tiplari qo'llaniladi. Ular, o'z navbatida, quvurli va plastinkali bo'ladi. Bularning hammasi GTQda ishlatiladi.

3. Gaz turbina qurilmalarining kompressorlari.

GTQda o'q yo'nalishli va markaziy yo'nalishli kompressorlar qo'llaniladi.

O'q yo'nalishli kompressorlar yuqori va o'rta quvvatli qurilmalarda ko'proq qo'llaniladi. Ular yuqori ishlab chiqarish quvvatiga ega (430–450 kg/s, F.I.K $\eta=0,83-0,9$), GTQ uchun kerakli bosim darajasini beradi va kompakt bo'ladi.

O'q yo'nalishli kompressorlarning kamchiliklaridan asosiysi uning ko'p pog'onaliigidir. Bu esa uning konstruksiyasining murakkablashishiga va uzayishiga olib keladi.

Kompressorlar ishlash prinsipi jihatidan turbinaning aksini ifoda etadi. Unda kompressor rotoriga uzatilgan energiya havoga kinetik energiya berish hisobiga sarf bo'ladi va uning kuraklarida bosimga aylanadi.

Amalda reaktiv pog'onali kompressorlar ham ishlatiladi.

Markaziy yoʻnalishli kompressorlar, asosan, bir pogʻonali va kamdan-kam ikki pogʻonali boʻladi.

Oʻq yoʻnalishli kompressorga nisbatan markaziy yoʻnalishli kompressorlar quyidagi afzalliklarga ega:

1) oʻq yoʻnalishiga nisbatan uzunligining kamligi. Bu bosim oshirish darajasining yuqoriligi hisobiga boʻladi;

2) konstruksiyasi soddaligi va mustahkamligi;

3) oquv qismining silliqligiga kam talabchanliligi;

4) ish rejimida koʻrsatilmagan parametrga chiqqanida F.I.K birdan tushib ketmasligi.

SHu afzalliklar kam quvvatli qurilmalarda markaziy yoʻnalishli kompressorlarni koʻp qoʻllanilishiga olib keldi. Ular ichki yonuv yuritgichlarida ishlatiladi.

4. Nazorat savollari:

1. Gaz turbina qurilmalarida qanday materiallar ishlatiladi?

2. Gaz turbina qurilmalarining yonish kameralari qanday talablar qoʻyiladi?

3. Gaz turbina qurilmalarining issiqlik almashish qurilmalariga nimalar kiradi?

4. Gaz turbina qurilmalarining kompressorlari turlari va kamchiliklari nima?

Gazlashtirish jarayonlarini apparatlar bilan ta'minlash

Reja:

1. Kichik va o'rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash;
3. K-300-240 XTGZ bug' turbinasi;
4. K-300-240 LMZ bug' turbinasi;
5. Nazorat savollari.

1. Kichik va o'rta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Kichik va o'rta quvvatli turbinalar uchun katta diametrli disklarni tanlash orqali turbina bosqichlari soni kam, loyihasi ixcham i tannarxi kam bo'lishiga erishish mumkin. Ammo bu soplo va birinchi bosqich kurakchalari o'lchamlari kamayishi, rostlovchi bosqich parsiallik darajasi kamayishi va shu sababli keyingi bosqichlarda parsiallikni kiritish zarurati paydo bo'lishiga olib keladi. Soplo va kurakchalar balandligi kichik bo'lishi va keyingi bosqichlarda parsiallik kiritish bu bosqichlar va turbina FIKni anchaga kamaytiradi. SHu sababli tejamkorlik nuqtai nazaridan kichik va o'rta quvvatli turbinalarda kichik diametrli disklarni qo'llash foydali, sababi bu holda soplo va kurakchalar balandligi oshadi, rostlovchi bosqich parsialligi ortadi va keyingi bosqichlarga parsiallik kiritishga zarurat qolmaydi. Ammo shuni nazarda tutish kerakki, aylanishlar soni 3000 1/min turbinalarda kichik diametrli disklarni ishlatish turbina tejamkorligini oshirish bilan bir vaqtda bosqichlar soni oshishiga ham olib keladi, bu esa turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi.

Turbinaning optimal konstruksiyasini tanlash uchun, ya'ni unga qo'yiladigan barcha talablarni (yuqori tejamkorlik, ishonchlilik, konstruksiyasi soddaligi va tannarxi arzonligi) qanoatlantirish uchun har xil konstruksiyalar uchun texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarni bajarish zarur.

Kichik va o'rta quvvatli turbinalarda rostlovchi bosqich sifatida, asosan, ikki kator kurakchali (dvuxvenечные) disklar keng qo'llaniladi. Ikki kator kurakchali disklarning afzalligi turbina konstruksiyasining soddalashuvi va o'zgaruvchan yuklamalarda yuqori f.i.k.ga egaligidir.

Odatda, ikki kator kurakchali diskli turbinalarda issiqliklar farqi katta (165–210 kJ/kg) bo‘ladi. Bu esa turbina korpusi va halqasimon zichlagichlarning konstruksiyasini soddalashtiradi, bug‘ turbinasi ichidagi bosimi kamayishi hisobiga bug‘ning solishtirma hajmi oshishi sababli birinchi pog‘onalar kurakchalarini konstruksiyalashni engillashtiradi.

Issiqliklar farqi kichik bo‘lgan (60–85 kJ/kg) bir halqali rostlovchi bosqichlardan foydalanish turbina konstruksiyasini murakkablashtiradi va tannarxini oshiradi, shu sababli, ko‘pincha, ulardan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘lavermaydi.

2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash.

Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlash nihoyatda murakkab masala hisoblanadi. Sababi, bunday turbinani konstruksiyalashda nafaqat rostlovchi pog‘ona konstruksiyasini emas, balki oxirgi pog‘ona konstruksiyasini ham e‘tiborga olish kerak. Turbina ishonchliligi, tejamkorligi va tannarxi oxirgi pog‘ona konstruksiyasini to‘g‘ri tanlashga bog‘liq.

Hozirda ishlatilayotgan katta quvvatli turbinalar konstruksiyalari, tejamkorligi va tannarxi nihoyatda xilma-xildir. Drosselli bug‘ taqsimlash va bug‘ni qisman oraliq pog‘onalarga kiritish eskirgan konstruksiya hisoblanadi. Sababi, bunday bug‘ taqsimlash usuli ishlatilgan turbinalar kichik yuklamalarda ishlaganida drossellashdagi yo‘qotishlar katta va hatto, nominal yuklamada ishlaganida ham FIK unchalik katta emas.

Soploli bug‘ taqsimlash va qisman bug‘ni oraliq pog‘onaga berish tizimiga ega bo‘lgan turbinalar nominal yuklamada katta FIKga ega, ammo yuklama ortishi bilan ularning FIK pasayib ketadi va bu ularning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Katta quvvatli turbinalarning nominal yuklamadagi tejamkor ishlashini ta‘minlash uchun soplolik bug‘ taqsimlash usulidan foydalanish keng tarqalgan. Bunday turbinalarda rostlovchi pog‘ona sifatida bir qator kurakchali va ikki qator kurakchali rostlovchi disklardan foydalaniladi.

Odatda, ikki qator kurakchali disklardan foydalanish turbina konstruksiyasini soddalashtirgani bilan tejamkorligini etarlicha ta‘minlay olmaydi. Bir qator kurakchali diskdan foydalanish turbina tejamkorligini oshirishi sababi, maqsadga muvofiqdir. Biroq rostlovchi pog‘onadagi issiqliklar farqi qanchalik kichik bo‘lsa, turbinadagi bosim shunchalik yuqori, pog‘onalar soni ko‘p, korpus devorlari qalinligi

katta va oldingi zichlagichlar konstruksiyasi murakkab bo‘ladi. Bu ayniqsa, yuqori va kritik bosimdan yuqori bosimda ishlaydigan turbinalarga tegishli.

Katta quvvatli kondensatsion turbinalarning oxirgi pog‘onalari kurakchalari konstruksiyalari va o‘lchamlari hamda bug‘ kanalizatsiyalari asosan bug‘ning kurakchalardan keyingi absolyut bosimiga bog‘liq. Turbina tejamkorligini oshirish maqsadida oxirgi pog‘ona kurakchalari iloji boricha chuqur vakuumdan foydalanadigan qilib konstruksiyalanadi. Vakuum chuqurlashishi ishlatilgan bug‘ solishtirma hajmining ortishiga olib keladi va oxirgi pog‘ona chiqish yuzasi katta bo‘lishini taqozo etadi. Quvvati 50 MVt dan yuqori chuqur vakuumli turbinalarda oxirgi pog‘onalardagi bug‘ ikki yoki uch oqimga bo‘linadi. Masalan Sankt Peterburg Metallurgiya zavodining K–800–240 kondensatsion turbinasida uchta ikki oqimli past bosimli silindrdan foydalanilgan, ya’ni oxirgi pog‘ona oltita bir xil oqimlarga bo‘lingan.

Zamonaviy turbinani yasatish bug‘ning yuqori va o‘ta yuqori parametrlaridan foydalanishga asoslanadi. Ma’lumki, bug‘ turbina qurilmasi FIK birlamchi bug‘ parametrlari ortishi bilan va ta’minot suvini regenerativ qizdirish tizimi takomillashishi bilan oshadi.

SHuning uchun birlamchi bug‘ harorati va bosimini imkoni boricha oshirish, regenerativ qizdirgichlar uchun turbinadan bug‘ olishlar sonini oshirish va turbinadan olinadigan bug‘ issiqligidan tarmoq suvini isitish va texnologik maqsadlarida foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Birlamchi bug‘ haroratining yuqori chegaraviy qiymati turbinada ishlatiladigan metallar sifati, narxi va unga ishlov berish texnologiyasi bilan belgilanadi. Bosim ortishi ishlatilgan bug‘ namligi ortishiga, turbina konstruksiyasi va yuqori bosimli silindr zichlagichlari murakkablashuviga olib keladi.

MA’RUZA 33.

Gazlashtirish jarayonlarini apparatlar bilan ta’minlash

Reja:

1. K-300-240 XTGZ bug‘ turbinasi.

YUqori bosimli silindr va oʻrta bosimli silindr rotorlari qattiq mufta orqali biriktirilgan. Oʻrta bosimli silindr va past bosimli silindr hamda past bosimli silindr va generator rotorlari yarim egiluvchan muftalar bilan birlashtirilgan.

Quvvati 300 MVt boʻlib, aylanishlar soni 3000 1/min. Turbina bir vallik boʻlib, uchta kondensator uchun bugʻ chiqarish quvuriga ega. Bugʻ ishlab chiqarish quvvati 900 t/s li bugʻ qozoni bilan blok tarkibida ishlashga moʻljallangan boʻlib, bugʻning boshlangʻich parametrlari 235 bar va 560 °S.

YUqori bosimli silindrdan chiqqan bugʻ 39,2 bar bosimda qayta qizdirgichga yuboriladi va undan 560 °S va 34,3 bar parametrlarda qaytib keladi. Kondensatordagi bosim 0,035 bar.

Birinchi K-300-240 XTGZ turbinasi 1960–yilda tayyorlangan.

Bugʻ taqsimlash usuli – soplolik. YUqori bosimli silindr bir qatorlik kurakchali rostlovchi pogʻona va oʻnta bosim pogʻonasidan iborat. Oʻrta bosimli silindr oʻn ettita pogʻonadan iborat boʻlib, ulardan oʻn ikkitasi oʻrta bosim qismiga, beshtasi esa past bosim qismiga tegishli. Past bosimli silindr ikki oqimli boʻlib har bir oqim beshta pogʻonadan iborat.

Oxirgi pogʻona kurakchalari aylanasing diametri 2550 mm boʻlib, ishchi kurakchalar balandligi 1050 mm.

Turbinadan taʼminot suvini 265 °S gacha qizdirish va issiqlik taʼminoti uchun sakkizta boshqarilmaydigan bugʻ olish mumkin. SHahar turar joy binolarini isitish uchun turbinadan 63 GJ/s gacha issiqlik olish mumkin.

Turbinaga maksimal bugʻ sarfi 890 t/s. Turbina qurilmasiga boylerlar va bugʻlatgichlar ulangan holda kafolatlangan solishtirma bugʻ sarfi 7680 kJ/(kW·s).

Turbinani boshqarish sistemasida moy oʻrniga suv (kondensat) qoʻllaniladi.

2. K-300-240 LMZ bug' turbinasi.

K-300-240 LMZ – uch silindrli kondensatsion bug' turbinasi bo'lib, quvvati 300 MVt, aylanishlar soni 3000 1/min. “Elektrosila” zavodining vodorod bilan sovutiladigan TVZ-320-2 tipidagi elektrgeneratorni aylantirishga mo'ljallangan.

Bu turbina bir valli, qayta qizdirgichga, kondensatorga, uchta bug' chiqishiga ega. Ta'minot suvini 265 °S gacha qizdirish uchun sakkizta regenerativ bug' olinadi. K-300-240 LMZ turbinasi blok tarkibida bug' ishlab chiqarish quvvati 950 t/soat bo'lgan qozon bilan ishlashga mo'ljallangan.

Bug'ning turbinaga kirishdagi parametrlari: $r_0=235$ bar, $t_0=560$ °C, $t_{kk}=565$ °S, kondensatordagi bosim $r_k=0,035$ bar.

Undan tashqari, uy-joylarni isitish maqsadida turbinadan 64 GJ/s va yoqilg'ini quritish uchun 5,3 bar bosimli 60 t/soat miqdorida bug' olinadi.

Bug' taqsimlash usuli–soploli. Turbinaga bug' ettita rostlovchi klapan orqali kiritiladi, bu klapanlarga esa ikkita avtomatik stopor klapanlardan kiritiladi.

Bug' yuqori bosimli silindrning o'rtasiga kiritiladi va chap tomondagi beshta pog'onadan o'tadi. Keyin yo'nalishini 180° ga o'zgartirib, yuqori bosimli silindrning o'ng tomoniga kiritiladi va oltita pog'onadan o'tkaziladi.

YUqori bosimli silindrdan keyin bug' 39 bar bosimda qayta qizdirgichga yuboriladi va undan 35 bar bosim bilan qaytib keladi (565 °S). Bu bug' o'rta bosimli silindrga kiritiladi va uning o'n ikkinchi pog'onasidan keyin uch qismga bo'linadi: uchdan bir qismi o'rta bosimli silindrning oxirgi beshta pog'onasidan o'tadi, uchdan ikki qismi esa ikki oqimli past bosimli silindrga yuboriladi.

Past bosimli silindrning har bir oqimida beshta pog'ona bor. Turbinada ishlatib bo'lingan bug' uchta tirqish orqali bitta umumiy kondensatorga kiritiladi.

Turbina oxirgi pog'onasi kurakchalari aylanasing diametri 2480 mm bo'lib, ishchi kurakchalar balandligi 960 mm ga teng.

Turbinani moy bilan ta'minlash markazdan qochma nasos orqali amalga oshiriladi, moy sarfi 7000 l/min ga teng. Bug' turbinasining elektr quvvati 300 MW bo'lganda unga bug' sarfi 890 t/soat ga teng.

Turbinaning maksimal ruxsat etilgan quvvati 320 MW boʻlib, bunda bugʻ sarfi 930 t/soat ga teng. Turbinaga kafolatlangan solishtirma bugʻ sarfi $q_e=7680 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{s)}$ ga teng.

5. Nazorat savollari:

1. Kichik va oʻrta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda nimalarga eʼtibor beriladi?
2. Katta quvvatli turbina konstruksiyasini tanlashda qaysi faktorlarni eʼtiborga olish kerak?
3. K-300-240 XTGZ bugʻ turbinasining asosiy koʻrsatkichlari qanaqa?
4. K-300-240 LMZ bugʻ turbinasida ikkilamchi qayta qizigan bugʻ parametrlari qanday?
5. K-300-240 LMZ bugʻ turbinasi oxirgi pogʻonasi kurakchalari aylanasiining diametri qancha?

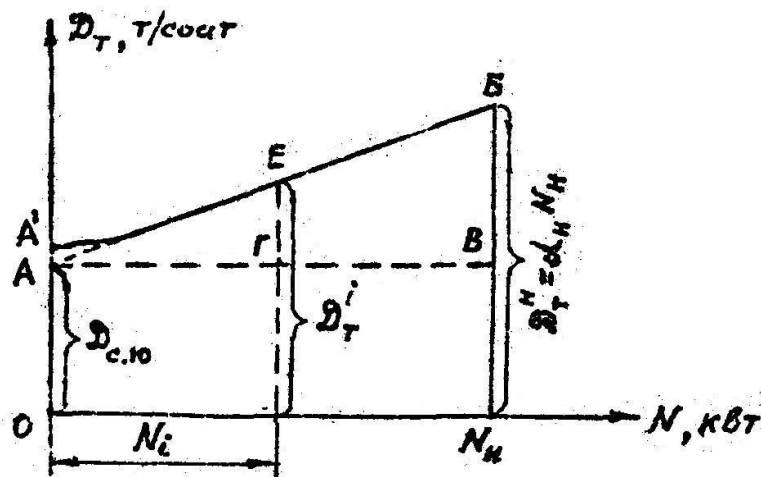
MAʼRUZA 34.

Gaz turbina qurilmalarida qattiq yoqilgʻidan foydalanishni ayrim sxemalari

Reja:

1. Turbina quvvatining bugʻ sarfiga bogʻliqlik grafigi;
 2. Bir marta bugʻ olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi;
 3. Nazorat savollari.
1. Turbina quvvatining bugʻ sarfiga bogʻliqlik grafigi.

Turbinaga bugʻ sarfining elektr quvvatga bogʻliqlik grafigi turbina energetik xarakteristikasi deyiladi. Bu bogʻliqlik toʻgʻri chiziq koʻrinishiga ega. (17–rasm).



17–rasm. Turbina quvvatining bug‘ sarfiga bog‘liqlik grafigi.

Kondensatsion turbina energetik xarakteristikasi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$D = a + N_e \operatorname{tg} \alpha$$

bu erda: a —elektr quvvati $N_e = 0$ bo‘lgandagi turbinaga bug‘ sarfi;

$\operatorname{tg} \alpha$ — abssissa o‘qiga nisbatan burchak;

$OA = a = D_{s.yu}$ —turbina salt yurishidagi bug‘ sarfi.

Salt yurishdagi haqiqiy bug‘ sarfi OA kesimdagiga nisbatan biroz katta bo‘lib, OA' kesimga teng. Salt yurishdagi bug‘ sarfining nominal quvvatdagi bug‘ sarfiga nisbati salt yurish koeffitsienti deyiladi:

$$x = \frac{D_{\text{c.ю.}}}{D_{\text{T}}^{\text{H}}}.$$

Kondensatsion turbina uchun $x=0,03\div 0,05$.

Turbina nominal quvvatidagi solishtirma bug‘ sarfi:

$$d_{\text{H}} = \frac{D_{\text{T}}^{\text{H}}}{D_{\text{H}}}$$

Turbina salt yurishidagi bug‘ sarfi:

$$D_{\text{c.ю.}} = x \cdot D_{\text{T}}^{\text{H}} = x d_{\text{H}} \cdot N_{\text{H}}.$$

Bug‘ sarfining solishtirma foydali o‘sishi:

$$\epsilon = \frac{D_{\text{T}}^{\text{H}} - D_{\text{c.ю.}}}{N_{\text{H}}} = \frac{d_{\text{H}} N_{\text{H}} - x d_{\text{H}} N_{\text{H}}}{N_{\text{H}}} = (1 - x) d_{\text{H}}, \text{ kg/kW} \cdot \text{soat}$$

Turbina kondensatsion rejimda ishlaganida hohlagan yuklama uchun bug‘ sarfi:

$$D'_{\text{T}} = D_{\text{c.ю.}} + d_{\text{H}} N_{\text{H}} (1 - x) \frac{N_{\text{i}}}{N_{\text{H}}} = x d_{\text{H}} N_{\text{H}} + (1 - x) d_{\text{H}} N_{\text{i}}$$

Gaz turbina qurilmalarida qattiq yoqilg'idan foydalanishni ayrim sxemalari

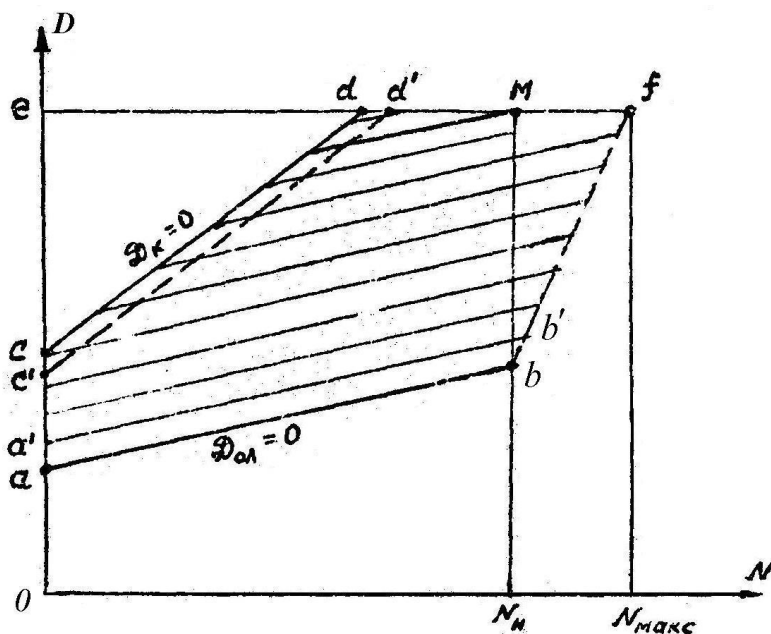
1. Bir marta bug‘ olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi.

Bug‘ olinadigan turbina uchun bug‘ sarfi professor V.I.Grinevetskiy tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$D_T = D_0 + y_{\text{ол}} D_{\text{ол}} = x d_H N_H + (1-x) d_H N_i + y_{\text{ол}} D_{\text{ол}}$$

bu erda: D_0 – kondensatsion rejimdagi bug‘ sarfi.

Bu tenglama asosida bug‘ olinadigan turbina ish holatlari diagrammasini qurish mumkin. Oldin kondensatsion rejim $D_{01}=0$ uchun chiziq chiziladi, keyin har xil miqdorda bug‘ olinadigan rejimlar uchun chiziladi (18–rasm).



18–rasm. Bir marta bug‘ olinadigan kondensatsion turbina ish holatlari diagrammasi.

Odatda, turbina ish holatlari diagrammasi uchun ikkita asosiy bog‘liqlikni, ya’ni kondensatsion rejim va qarshi bosimli rejim uchun bog‘liqliklarni qurib olish muhim. Qarshi bosimda bug‘ kondensatordagi bosimgacha kengaymaganligi sababli bug‘ sarfi katta bo‘ladi. Sababi $h_0 - h_{ol} < h_0 - h_k$.

Qarshi bosim rejimidagi turbina uchun bug‘ sarfi:

$$D_t^{k.б.} = x d_{k.б.} N_H + (1-x) d_{k.б.} N_{k.б.}$$

yoki

$$D_t^{k.б.} = D_{c.ю.}^{k.б.} + b_{k.б.} \cdot N_{k.б.}$$

Yoki qarshi bosim rejimidagi turbinaga bug‘ sarfi kondensatsion turbinadagiga nisbatan $\frac{1}{1-y}$ kattalikka katta bo‘ladi:

$$D_T^{k.б.} = \frac{D_T^{конд}}{1-y_{ол}} = \frac{x d_H N_H + (1-x) d_H N_i}{1-y_{ол}}$$

Aslida kondensatsion turbinalar uchun $D_k=0$ bo‘lmaydi

3. Nazorat savollari:

1. Turbina energetik xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
2. Bug‘ olinmaydigan kondensatsion turbina quvvatining bug‘ sarfiga bog‘liqlik grafigi qanday ko‘rinishga ega?
3. Bug‘ olinadigan turbina uchun bug‘ sarfi qaysi formulaga asosan aniqlanadi?

MARUZA 36.

Ichki yonuv dvigatelli bug‘-gaz qurilmalarida qattiq yoqilg‘idan foydalanish

Reja:

1. Ishchi kurakchalardan chikish tezligidagi yukotishlar;
2. Disk ishkalanishi va ventilyasion yukotishlar;
3. Aktiv turbina ichki tirqishidagi yo‘qotishlar;
4. Bug‘ namligidagi yo‘kotishlar;
5. CHiqish quvuridagi yo‘kotishlar
6. Tashqi yo‘qotishlar;
7. Nazorat savollari.

1. Ishchi kurakchalardan chikish tezligidagi yukotishlar.

Bug‘ ishchi kurakchalardan chiqishida uning absolyut tezligi s_2 bo‘ladi. Bug‘ chiqishidagi tezlik energiyasidan to‘liq foydalanish uchun oldingi va keyingi pog‘ona ishchi kurakchalar orasidagi tirqish kichik bo‘lishi kerak, shunda bug‘ ishchi kurakchalar kanallariga zarbasiz kiritiladi va kurakchalarga ishqalanishi kam bo‘ladi. Ko‘p pog‘onali bug‘ turbinalarida bir pog‘onadan chiqqan bug‘ tezligi energiyasi keyingi pog‘ona ishchi kurakchalarida to‘liq yoki qisman ishlatilishi mumkin.

Ishchi kurakchalar va keyingi pog‘ona soplolari orasida tirqish katta bo‘lganida chiquvchi tezlik energiyasi butunlay yo‘qotiladi, masalan, rostlovchi halqa ishchi kurakchalaridan chiqishda, bug‘ olish kamerasidan oldingi pog‘onada, diametr to‘satdan ortishida va oxirgi pog‘ona kurakchalaridan chiqishda.

CHiquvchi tezlik bilan yo‘qotiladigan energiya quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$h_{CH} = s_2^2/2000$$

Oxirgi pog‘onadan chiquvchi bug‘ tezligi bilan yo‘qotiladigan energiya miqdori kichik va o‘rta quvvatli turbinalar uchun turbinadagi adiabatik entalpiyalar farqining 1–2 % idan oshmaydi. Katta quvvatli va chuqur vakuumda ishlaydigan turbinalar uchun bu ko‘rsatkich 3–4 % va undan ham yuqori bo‘ladi.

2. Disk ishqalanishi va ventilyasion yo‘qotishlari.

Aylanuvchi disk va uni o‘rab turgan bug‘ orasida ishqalanish sodir bo‘ladi. Aylanayotgan disk o‘ziga yaqin bug‘ zarralariga tezlanish beradi. Ishqalanishni engish uchun va bug‘ zarralariga tezlanish berish uchun ma’lum miqdordagi ish sarflanadi. Bu sarflangan ish qaytadan issiqlikka aylanadi va bug‘ issiqlik miqdorini oshiradi.

Bug‘ni soplolar bilan band bo‘lmagan qatlamga parsial kiritilganda ishchi kurakchalar kanalida uyurmali harakat vujudga keladi va ventilyasion yo‘qotishlar sodir bo‘ladi. Ventilyasion yo‘qotishlarga quyidagilar kiradi: bug‘ning ishchi kurakchalarga ishqalanishi va zarbasi (urilishi), ishchi kurakchalarning ventilyator sifatidagi harakati, parsial disk kurakchalariga bug‘ning uzilishlar bilan berilishi.

Bundan tashqari, bug‘ni soplodan parsial ravishda kiritilganda faqat soplo to‘g‘risidagi qarshisidan ishchi kurakchalar kanallarigagina bug‘ beriladi. Ishchi kurakchalarning boshqa barcha kanallarni ishchi jism emas, balki boshqa muhit to‘ldirib turadi. Bu kanallar soplo qarshisiga kelganida, ishchi bug‘ energiyasining bir qismi kanallardan ishchi emas jismni surib chiqarishga sarflanadi. Bu energiya sarfi surib chiqarish uchun yo‘qotish deyiladi. Bu ko‘rsatilgan qarshiliklarni engish uchun mexanik ish sarflanadi, bu esa bug‘ issiqlik miqdorini oshiradi.

Ishqalanish va ventilyasiya yo‘qotishlarni aniqlash uchun Stodan formulasidan foydalaniladi:

$$N_{i.v.} = \lambda [1,07d^2 + 0,61z(1-E)dl^{1,5}_2] u^3 \cdot 10^{-6} \rho,$$

bu erda: $N_{i.v.}$ - ishqalanish va ventilyasiyaga sarflanadigan quvvat, kVt;

λ - koeffitsient, havo va yuqori darajada qizdirilgan bug‘ uchun $\lambda=1$, o‘ta qizigan bug‘ uchun $\lambda=1,1 \div 1,2$, to‘yingan bug‘ uchun $\lambda=1,3$;

d – disk diametri, m;

z – tezlik pog‘onalari soni;

E – bug‘ kiritilishi parsiallik darajasi;

l_2 – kurakchalar balandligi, sm;

u – o‘rtacha diametr atrofidagi aylanma tezlik, m/s;

r – disk aylanayotgan muhim zichligi, kg/m³.

Ishqalanish va ventilyasiya yo‘qotishlari issiqlik birliklarida quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{i.v.} = N_{i.v.} / G,$$

bu erda: G - pog‘onadagi bug‘ sarfi, kg/;

$h_{i.v.}$ - ishqalanish va ventilyasiyani engishga sarflangan ishga ekvivalent bug‘ issiqlik miqdori ortishi, kJ/kg.

Reaktiv turbinalarda disklar yo‘qligi va kurakchalarga bug‘ni to‘liq berilishi sababli ishqalanish tufayli yo‘qotishlarni hisobga olinmaydi, sababi barabansimon konstruksiyada ularning qiymati juda kichik. Ventilyasiya yo‘qotishlari esa, umuman yo‘q.