

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

ENERGETIKA FAKULTETI

“ISSIQLIK ENERGETIKASI“ KAFEDRASI

**«AKTIV TURDAGI BUG' TURBINASINING
ISSIQLIK HISOBI»**

“IES BUG' VA GAZ TURBINALARI“ FANIDAN

MUSTAQIL ISH BAJARUVCHILARGA

U S L U B I Y K O ' R S A T M A

Qarshi – 2012 yil

Tuzuvchilar: **G'.N. Uzoqov, S. M. Xo'jaqulov**
 Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti
 «Issiqlik energetikasi» kafedrası o'qituvchilari

«IES bug' va gaz turbinalari» fanidan «Aktiv turdagi bug' turbinasining issiqlik hisobi» mavzusida mustaqil ishni bajaruvchilarga uslubiy ko'rsatma «Issiqlik energetikasi» bakalavr yo'nalishi bo'yicha «Issiqlik elektr stansiyalarining bug' va gaz turbinalari» fanidan mustaqil ishlarni bajarish uslubiyoti uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar: **I. N. Qodirov**
 «Issiqlik energetikasi» kafedrası mudiri, dosent
 T. A. Fayziev
 QDU «Issiqlik fizikasi va energetikasi»
 kafedrası dosenti

Ushbu uslubiy ko'rsatma Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti
Uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va o'quv jarayonida foydalanishga
tavsiya etilgan («___» _____ 2011 yil)

KIRISH

Issiqlik elektr stansiyalarining loyihalanishi va ekspluatasiya qilinishida asosiy e'tibor stansiyaning asosiy qurilmalari – bug' qozoni va bug' turbinalariga qaratiladi. Zamonaviy texnologiyalarning rivojlanib borishi elektr stansiyalarida nafaqat bug' – kuch qurilmalari va yadroviy energetik qurilmalari yordamida elektr energiyasini ishlab chiqishni, balki gaz turbina qurilmalari va bug' – gaz qurilmalari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarishning yangi qirralarini namoyon qilmoqda.

5520100 – «Issiqlik energetikasi» bakalavr yo'nalishida «IES bug' va gaz turbinalari» fanining o'qitilishi talabalarga issiqlik elektr stansiyasidagi bug' turbinalari hamda sanoatga muvaffaqiyat bilan kirib kelayotgan gaz turbinalari va bug' – gaz qurilmalari haqida batafsil ma'lumot beradi.

Kurs davomida o'tiladigan amaliy, mustaqil ta'lim, mustaqil ish mashg'ulotlarida talabalardan fanni mukammal egallab olish talab etiladi va kurs loyihalarini bajarish davomida mustaqil ravishda qurilmalarning murakkablashib boruvchi hisobiy sxemalarini o'zlashtirib olishlari lozim bo'ladi.

Mustaqil shug'ullanuvchi kerakli manbalar, iS-diagrammasi, Bradis jadvali va transporter lineykasi kabi ko'rgazmali qurollar bilan to'la ta'minlangan bo'lishi lozim.

Mustaqil shug'ullanuvchilarga yordam tariqasida mazkur uslubiy ko'rsatma tuzildi va talabalar e'tiboriga havola etilmoqda. Uslubiy ko'rsatma mustaqil ishlarni bajarish davomida talabalarga issiqlik elektr stansiyasida asosiy energetik qurilma sanaluvchi BUG' TURBINALARining issiqlik hisobini bajarish va ularning konstruksiyasini o'rganishda amaliy malakani egallashlariga yaqindan yordam beradi.

Hisoblash ishlarini bajarish davomida bevosita uslubiy ko'rsatma bilan birgalikda talabalarga mustaqil ravishda, is – diagrammasidan, zarur o'quv adabiyotlaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Ishning hajmi

- 1. Turbinaga kirish joyida va chiqish quvuridagi bug' parametrlarini tanlash va asoslash.**
- 2. Turbinani issiqlik hisobi uchun bug'ni kengayish jarayonining iS – diagrammasini dastlabki qurish.**
- 3. Bug'ning hisobiy quvvati va sarfini aniqlash.**
- 4. Rostlanuvchi pog'onani turini tanlash va asoslash.**
- 5. Rostlanuvchi pog'onaning issiqlik hisobi.**
- 6. Rostlanmaydigan pog'onaning issiqlik hisobi.**

1. Hisoblash uchun berilgan kattaliklar

- 1. Nominal elektr quvvati N_e**
- 2. Rostlanuvchi otbor parametrlari**
 - a) sarf: $G_{otb} = 150 \div 210 \text{ kg/s}$ gacha qabul qilinadi.**
 - b) bosim: $p_{otb} = 0,4 \div 5,7 \text{ MPa}$ gacha**
 - c) harorat: $t_{otb} = 56,8 \div 272 \text{ } ^\circ\text{C}$**
- 3. Valning aylanish soni: $n = 3000 \text{ ayl/min.}$**

2. Turbinani issiqlik hisobi uchun bug'ni kengayish jarayonining iS – diagrammasini dastlabki qurilishi

Turbinani issiqlik hisobi uchun dastlab bug'ni kengayish jarayonining iS – diagrammasini qurish zarur. Buning uchun bug'ning boshlangich va oxirgi parametrlarni bilgan holda, rostlovchi klapanga, chiqish quvuriga bug'ning uzatilishida sodir bo'ladigan bosim isroflarini va turbinaning ichki nisbiy foydali ish ko'effitsiyentini (FIK) aniqlash talab etiladi.

Saqlash va rostlash klapanlaridagi bosim isrofi toza bug'ning absolyut bosimini $3 \div 5 \%$ ga teng deb qabul qilinadi.

Demak birinchi pog'ona soplosi oldidagi bug' bosimi quyidagicha topiladi:

$$p'_0 = (0,97 \div 0,95) p_0, \text{ bar}$$

Chiqish quvuridagi bosim isrofi:

$$\Delta P_k = P_2 - P_k = \lambda \left(-\frac{C_n}{100} \right)^2 \cdot P_k$$

C_n – chiqish quvuridagi bug'ning tezligi

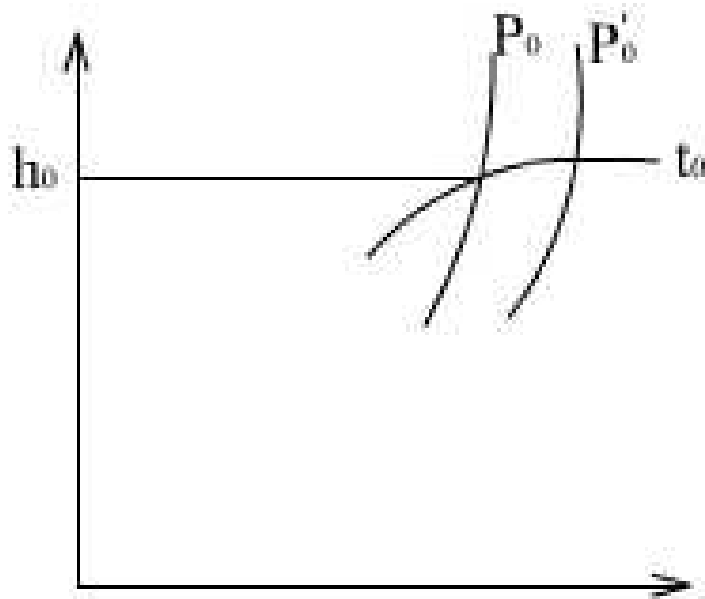
a) kondensatsion turbinalar uchun $C_n = 100 \div 120 \text{ m/c}$;

b) teplofikatsion (T va PT tipidagi) turbinalar uchun $C_n = 80 \div 100 \text{ m/c}$;

v) qarshi bosimli (R tipidagi) turbinalar uchun $C_n = 50 \div 80 \text{ m/c}$.

λ - tajriba ko'effitsiyenti $\lambda = 0,05 \div 0,1$;

p_k – kondensatordagi bosim bo'lib, odatda $p_k \approx (2 \div 5)\% p_0$ ga teng bo'ladi.



iS – diagrammadagi boshlang'ich va oxirgi parametrlar natijasida

$$H_0 = (h_0 - h_{kt})$$

iS – diagrammada jarayonni ko'rish va turbinadagi toza bug' sarfini aniqlash uchun turbinaning ichki nisbiy yoki nisbiy effektivlik foydali ish koeffitsiyentlarini tanlash zarur bo'ladi.

1 – rasmda nisbiy effektiv foydali ish koeffitsiyentining η_{oe} turbina quvvatiga bog'liqlik diagrammasi keltirilgan.

2 – rasmda turbinaning mexanik foydali ish koeffitsiyentini η_m turbina quvvatiga bog'liqlik diagrammasi keltirilgan.

Tanlangan η_{oe} va η_m FIK lari asosida turbinaning ichki nisbiy foydali ish koeffitsiyenti hisoblanadi.

$$\eta_{oi} = \frac{\eta_{oa}}{\eta_m}$$

Turbinadagi foydali issiqlik tushishi kattaligi:

$$H_f = H_0 \cdot \eta_{oi}$$

Kondensatsion turbina uchun diagrammada jarayonning dastlabki qurilishi quyidagicha amalga oshiriladi:

Bug'ning boshlang'ich parametri bo'yicha 1-nuqta o'rni topiladi va belgilanadi.

Boshqa isroflar kabi klapanlarda xam drossellanish sababli bosim isrofi yuz beradi, $h = const$ chizig'i asosida p_0' va t_0' parametrlardan 2 – nuqtani topiladi.

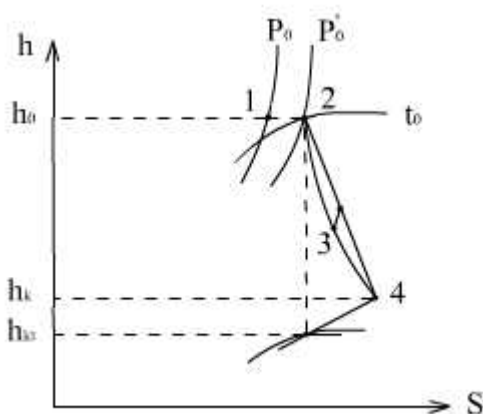
2 – nuqtadan p_k chizig'i bilan kesishguncha vertikal (izoentropiya) chizig'ini tushiriladi.

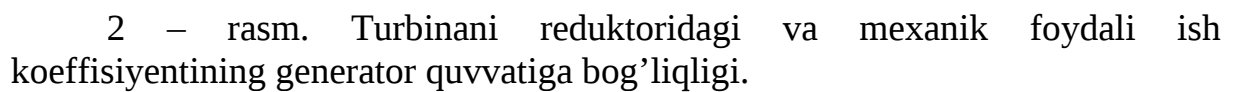
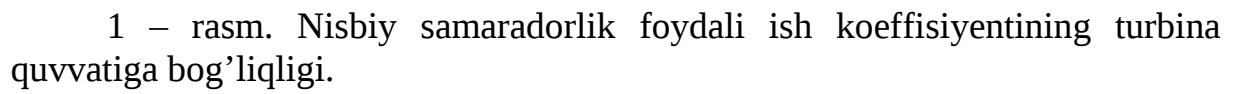
p_k chizig'idan Δp_k kattaligida yuqoriga ko'tariladi va H_0 ko'rsatkichni xamda p_2 izobarani topiladi.

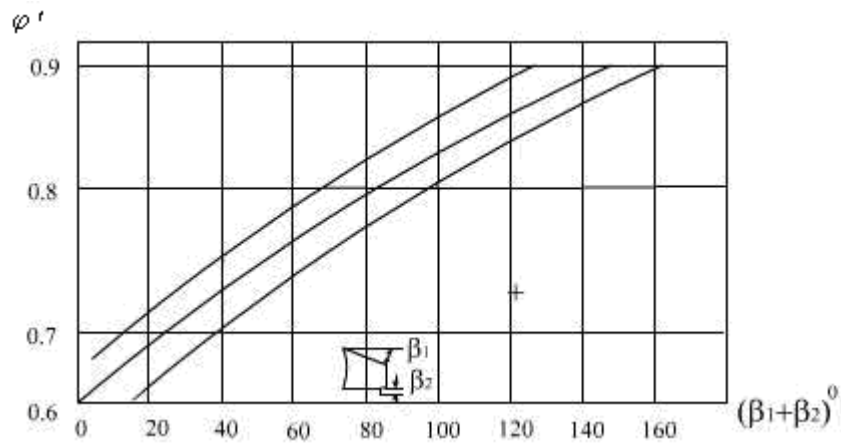
H_0 chizig'ida 2 nuqtadan $H_f = H_0 \cdot \eta_{oi}$ ko'atkichni aniqlanadi va p_2 izobara chizig'igacha gorizontaal chiziq ortib 4 – nuqtani topiladi, shu bilan jarayon oxiriga yetkaziladi.

2 – 4 nuqtalar orasini to'g'ri chiziq bilan birlashtirib markaziy nuqtasi belgilanadi va shu joydan taxminan 15 kJ/kg izobara chizig'i tushiriladi va shu nuqta 3 – raqam bilan belgilanadi. Bu jarayonning kengayish paytidagi bug'ning parametrini xarakterlaydi.

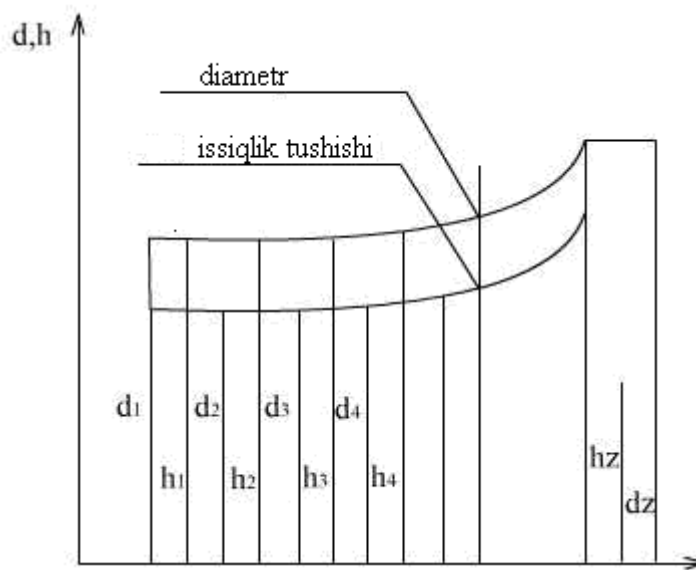
2, 3, 4 nuqtalar orqali turbinada bug'ning politropik kengayish jarayonini ifodalovchi egri chiziq tortiladi.







4-rasm. Og'ish burchagiga ko'ra α tezlik koeffitsiyentini aniqlash grafigi.



5 – rasm. d, h, l kattaliklarni aniqlash diagrammasi.

3. Turbina orqali bug' sarfini aniqlash.

1. Regenerativ otborli kondensatsion turbinalar uchun bug' sarfi.

$$G_o = \frac{N_{\dot{a}}}{(H_0 - \Delta H_o) \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g}$$

2. Regenerativ otborsiz kondensatsion turbinalar uchun bug' sarfi.

$$G_o = \frac{N_{\dot{a}} \cdot \hat{E}}{H_0 \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g}$$

3. Teplofikatsion turbinalar uchun:

$$G_0 = \left(\frac{N_{\dot{a}}}{H_0 \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g} + G_{\dot{O}} \frac{H_0^{II} \cdot \eta_{oi}^{II}}{H_0 \cdot \eta_{oi}} \right) \cdot K$$

bu yerda – $K = 1,015 \div 1,02$ gacha belgilangan quvvatni kafolatlovchi zaxira koeffitsiyenti;

$\Delta H_0 = C \cdot \Delta T$ - regeneratsiya uchun bug' olinishi hisobiga yuzaga keladigan issiqlik tushishi;

ΔT – ta'minot suvini to'liq qizdirish;

C – issiqlik sig'imi;

G_T – isituvchi otborning hisobiy sarfi, kg/s;

H_{oi}^H - past bosimli qismda vujudga keladigan izoentropik issiqlik tushishi, kJ/kg;

η_{oi}^H - past bosimli qismda ichki nisbiy FIK i

Zamonaviy turbina qurilmalarida regeneratsiya uchun bug' sarfi turbinadagi toza bug' sarfining 20-30 % ni tashkil qiladi. Demak toza bug'ning umumiy sarfi.

$$G_o' = (1,2 \div 1,3) \cdot G_o$$

4. Rostlanuvchi pog'ona turini tanlash bo'yicha tavsiyanomalar.

Rostlovchi pog'ona soplosi bug' taqsimotida ikki gardishli tezlik pog'onasi yoki bir gardishli bosim pog'onasi ko'rinishida bo'lishi mumkin. Droselli bug' taqsimotida esa rostlanuvchi pog'ona bo'lmaydi. Nazariy kursdan ma'lumki toza bug' droselli bug' taqsimotida bitta yoki bir nechta kanallardan turbinaga parallel ravishda uzatiladi. Ular birinchi pog'ona soplosiga turbinaning butun aylana uzunligi bo'ylab bir paytning o'zida kiritiladi (partsiiallik darajasi $\varepsilon=1$).

Droselli bug' taqsimotili turbinalarni o'rta va quyi kanallarida soploli bug' taqsimoti bilan taqqoslashga ko'ra iqtisodiy jihatdan samarali emas. Ular nominal rejimda ishlagandagina o'zini oqlashi mumkin. Shuning uchun droselli

bug' taqsimotili turbinalarni bazaviy yuklamaga ega katta quvvatli IESlarda o'rnatish maqsadga muvofiq.

Biroq, boshqa tomondan qaraganda zamonaviy energetikada va energiya iste'molining barcha notekisliklarida shu narsa talab qilinadiki, har qanday qudratli turbina ham o'zgaruvchan grafik asosida ishlatilishi zarur. Shu kabi sabablardan kelib chiqib zamonaviy bug' turbinalarda birinchi pog'onasi rostlovchi sanaladigan soploli bug' taqsimoti qo'llaniladi. Zamonaviy turbinasozlikda bir yoki ikki gardishli rostlanish pog'onasining qo'llanishi iqtisodiy yoki konstruktiv xususiyatlarning o'zgarishi bilan asoslanadi. Bir xil diametrdagi rostlanuvchi pog'onadagi issiqlik tushishlari bir gardishli pog'onada ikki gardishli pog'onaga nisbatan kam bo'ladi. Bunday munosabatning ko'rsatkichlari kattaligini u/c_a optimal nisbatning turlanishi bilan tushuntiriladi. Rostlovchi pog'onalarning har bir turi o'zining afzallik va kamchiliklariga ega.

Bir gardishli pog'ona hisobiy rejimlarda ikki gardishliga nisbatan katta foydali ish ko'effitsiyentiga ega bo'ladi. Biroq o'zgaruvchan yuklamalarda ularning **fiki** keskin kamayib ketadi. Agar e'tibor bilan qarasak bu holat rostlovchi pog'onaning doimiy ravishda o'zgaruvchan yuklamalar sharoitida ishlashligi jihatidan juda muhim sanaladi.

Ayniqsa, rostlanuvchi bug' otboriga ega teplofikatsion bug' turbinalar uchun bu jixat muximdir.

Ikki gardishli rostlovchi tezlik pog'onalari hisobiy rejimlarda kichik **fikiga** ega bo'lsa ham o'zgaruvchan rejimlarda ularning **fikiga** bir gardishlarga nisbatan barqaror bo'ladi. Ikki gardishli pog'ona bir gardishli pog'onaga nisbatan katta issiqlik tushishini amalga oshiriladi. Bu esa rostlanmaydigan pog'onalar sonini qisqarishiga turbina uzunligini kichrayishiga konstruktsiyaning soddalashuviga olib keladi. Bir gardishliga nisbatan bir xil aylanma tezliklarda issiqlik tushishi ikki gardishli pog'onada 4 marta, uch gardishli pog'onada esa 9 martagacha katta bo'lishi mumkin.

Ikki gardishli rostlanuvchi pog'onalarda katta issiqlik tushish ko'rsatkichlari bosimini va haroratini rostlanuvchi pog'ona kamerasida keskin

pasaytirish imkonini beradi va loyihalashni osonlashtiradi, hamda turbina silindri va rotor uchun arzon materialni qo'llash sharoitini yaratadi.

Bundan tashqari, bu holat old tomondagi zichlamalar orqali bug' isrofini kamaytirishga va birinchi rostlanmaydigan pog'onadagi kurakning hisobiy balandligini kattalashtirishga olib keladi.

Rostlovchi pog'onani tanlashda ba'zan uning kameralarida bug' haroratini 535 °C dan ortmasligini hisobga olib turbina rotor va korpusini tayyorlashda ferritli po'latlardan foydalanishga ruxsat beriladi.

Boshqa tomondan qaraganda, ikki gardishli rostlovchi tezlik pog'onasining yuzaga keltiradigan katta issiqlik tushishi rostlovchi pog'onada kamaygani kabi boshqa pog'onalarda ham ya'ni butun turbinani **fikini** kamayishiga olib keladi.

Rostlovchi pog'onani turini tanlash ko'pincha bug'ning turbinaga hajmiy sarfi kattaligiga ham bog'liq. Bug'ning boshlang'ich hajmiy sarfi kichik bo'lganda, ya'ni turbinaning kichik quvvatlarida ikki gardishli tezlik pog'onasini qo'llash maqsadga muvofiq. Bu rostlovchi pog'onani kamerasida eng kichik bosimga erishish imkonini beradi va bu bilan to'liq bug' uzatishda birinchi rostlanmaydigan pog'ona kuraklarining kerakli balandligi ta'minlanadi. Hamda old tomondagi oxirgi zichlamalar orqali bug' isrofining nisbiy kattaligi katta bo'lmaydi va u turbina **fikiga** sezilarli ta'sir ko'rsata olmaydi. Bunday holatda, rostlovchi pog'onadagi **fikini** kichik deb qabul qilish va bir gardishli rostlovchi pog'onani qo'llash maqsadga muvofiq.

Yuqoridagilarga qo'shimcha qilib shuni aytish mumkinki birinchi rostlanmaydigan pog'onadagi kuraklar balandligini yetarli deb qarab to'liq bug' berilishini ta'minlash mumkin. Bir gardishli rostlovchi pog'ona uchun o'rtacha sarf koeffitsiyenti $1,2 \div 1,3$ gacha va hisobiy rejimda optimal issiqlik tushishi kattaligi 80-125 kJ/kg dan oshmaydi. Sarf koeffitsiyenti o'rtacha diametrni belgilaydi. O'rtacha diametr $0,8 \div 1,2$ gacha, aylanishlar soni 3000 ayl/min bo'lgan ikki gardishli rostlovchi pog'ona uchun optimal issiqlik tushishi 150-420 kJ/kg oralig'ida topiladi. Bu turbinada yuz berayotgan umumiy izoentropik

Issiqlik tushishi 20–40 % ni tashkil qiladi. Nisbatan kichik (150-250 kJ/kg) issiqlik tushishlarini katta bug' sarfili turbinalarning ikki gardishli rostlovchi pog'onasi uchun katta (250-420 kJ/kg) bo'lgan issiqlik tushishlarini kichik bug' sarfili turbinalar uchun tanlash tavsiya etiladi. Shuni yodda tutish lozimki, soploli bug' taqsimotida turbinaning ish rejimlari o'zgarsa rostlovchi pog'onadagi issiqlikni tushishi ham keng oraliqda farqlanadi. Bitta to'liq ochiq klapan bilan ishlash rejimida eng katta issiqlik tushishi kuzatiladi. Issiqlik tushishi kattaligiga bog'liq holda rostlovchi pog'onada oqim tezligi tovush tezligigacha $m < 1$, tovush tezligi atrofida $m = 0,8 \div 1,2$ va tovush tezligidan yuqori $m > 1,2$ bo'ladi.

Rostlovchi pog'ona diametrining hisobiy kattaligini tanlash va optimal issiqlik tushishini belgilash pog'onaning o'zgaruvchan rejimidagi ish sharoitiga bog'liq. Bug' sarfi kamayganda pog'onada yuzaga kelayotgan issiqlik tushishining o'sishi hisobiga birinchi rostlovchi pog'onaning samaradorligi pasayadi va hisobiy kattaliklar bilan taqqoslaganda u/c_a ning nisbatan kichrayishi kuzatiladi. Turbinaning yuklamasi pasayishi yuqori bosimli silindrdagi katta diametrli pog'onadagi kabi yuz beradi. Boshqa tomondan qaraganda katta diametrlar katta issiqlik tushishini keltirib chiqaradi. Bu esa rostlovchi pog'onada yuz berayotgan issiqlik tushishi ulushining o'sishiga olib keladi. Natijada turbinaning samaradorligi pasayadi.

Rostlovchi pog'onaning ichki nisbiy **fik** asosan partsiallanish darajasiga u/c_a nisbatdan kurakning diametri va balandligiga xamda p_2/p_0 nisbatning natijalariga bog'liq bo'ladi.

5. Rostlovchi pog'onaning issiqlik hisobi. Ikki gardishli pog'ona uchun u/c_a ning optimal qiymatini tanlash .

Ushbu jarayonni boshlashda rostlovchi pog'onadagi issiqlik tushishini yoki uning diametrini qabul qilish mumkin.

1-holatda diametr aniqlanadi. Bu shuning uchun zarurki, u maksimal jihatdan kuraklar o'lchamini chegaralamaydi. O'zgaruvchan rejimlarda minimal ish sharoitini ta'minlaydi.

2- holatda rostlovchi pog'onadagi issiqlik tushishi aniqlanadi va yuqoridagi keltirilgan aniqliklar bo'yicha taqqoslanadi.

Hisob ishlari u/c_a qiymatlari asosida olib boriladi. u/c , u/c_H ko'rinishida yoki u/c_a ko'rinishida bo'lishi mumkin. Ushbu nisbatdagi c_a rostlovchi pog'onadagi ko'zda tutilgan issiqlik tushishiga ekvivalent shartli bug' tezligi.

Ikki gardishli rostlovchi pog'onani tezligi bo'yicha hisoblash tartibida u/c_a nisbatning optimal qiymati tanlanganda, pog'ona diametri to'g'ri tanlanganida ichki nisbiy **fik**ni aniqlash hisobiy formulalari quyidagi 1-jadvalga kiritiladi. η_{nk} , $\eta_{i,v}$ **fik** ko'rsatkichlari ishqalanish va ventilyatsiyaga isrof koeffitsiyentlari u/c_a ning optimal qiymatida $\eta_{i,v}$ maksimal ko'rsatkichga erishganda grafikdan aniqlab olinadi.

1 – jadval

№	Aniqlanadigan kattaliklar	u/c_a nisbat qiymati		
1	2	3	4	5
1	Pog'onaning diametri $d = (0,8 \div 1,2)$, m			
2	Ishchi kuragining aylanma tezligi $u = \frac{\pi dn}{60}$, m/c			
3	Soplodan chiqishdagi bug'ning tezligi $c_a = \frac{u}{u/c_a}$, m/c			
4	Pog'onadagi izoentropik issiqlik tushishi $h_o = \frac{c_a^2}{2000}$			

5	Umumiy reaktivlik darajasi $\rho < 0,1$ qabul qilinadi			
6	Soplo panjarasidagi hosil bo'layotgan izoentropik issiqlik tushishi $h_c = h_0(1-\rho)$ kJ/kg			
7	Soplo panjarasidan chiqishdagi bug'ning nazariy tezligi $c_{1t} = \sqrt{h_c \cdot 2000}$ m/s			
8	Soplo panjarasidagi bug'ning tezlik ko'effitsiyenti. Soploning tayyorlanish uslublaridan kelib chiqib $\varphi = 0,93 \div 0,97$			
9	Soplo panjarasidan chiqishdagi bug'ning haqiqiy tezligi $c_1 = \varphi \cdot c_{1t}$ m/s			
10	Soplo panjarasidan chiqishdagi burchak α a) Bir gardishli pagona uchun $\alpha_1 = 11^\circ \div 16^\circ$ v) Ikki gardishli pog'ona uchun $\alpha_1 = 16^\circ \div 22^\circ$ s) Uch gardishli pog'ona uchun $\alpha_1 = 20^\circ \div 24^\circ$			
11	Birinchi gardish ishchi panjarasiga kirishdagi bug'ning nisbiy tezligi $w_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1u \cos \alpha_1}$			
12	Ishchi kuragining birinchi gardishida reaktivlik darajasi sifatida umumiy reaktivlik darajasining 10% qabul qilinadi $\rho_r' = 0,1\rho$			
13	Birinchi gardish ishchi panjarasidan chiqishdagi bug'ning nisbiy nazariy tezligi $w_{2t} = 44,7 \sqrt{\frac{w_1^2}{2000} + \rho_r' h_0}$			
14	Oqimning birinchi gardish ishchi kuragiga kirish burchagi $\beta_1 = \arcsin \frac{c_1 \sin \alpha_1}{w_1}$			
15	Birinchi gardish ishchi kuragidan oqimning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - (3 \div 5)^\circ$			
16	Ishchi kurak birinchi gardishidagi bug'ning tezlik ko'effitsiyenti φ			
17	Ishchi kurak birinchi gardishdan bug'ning haqiqiy tezligi $w_2 = \varphi \cdot w_{2t}$; m/s			
18	Birinchi gardish ishchi panjarasidan chiqishdagi bug'ning absolyut tezligi $c_2 = \sqrt{w_2^2 + u^2 - 2w_2u \cos \beta_2}$			
19	Birinchi gardish ishchi panjarasidan bug'ning chiqish burchagi $\alpha_2 = \arcsin \frac{w_2 \cdot \sin \beta_2}{c_2}$			

20	Yo'naltiruvchi panjaradan bug' oqimining chiqish burchagi $\alpha'_1 = \alpha_2 - (3 \div 5)^0$			
21	Yo'naltiruvchi panjaraning reaktivlik darajasi ρ'_y umumiy reaktivlikning 10% i miqdorida			
22	Yo'naltiruvchi panjaradan chiqishdagi bug'ning nazariy tezligi $c'_{1t} = 44,7 \sqrt{\frac{c_2^2}{2000} + \rho'_y \cdot h_0}$, m/s			
23	Yo'naltiruvchi panjaradan chiqishdagi bug'ning tezlik koeffitsiyenti $\varphi_y - \alpha'_1 + \alpha_2$ burchaklari yig'indisiga ko'ra 4 – rasmdan topiladi			
24	Yo'naltiruvchi panjaradan chiqishdagi bug'ning haqiqiy tezligi $c'_1 = \varphi_y \cdot c'_{1t}$, m/s			
25	Ikkinchi gardish ishchi panjarasiga kirishdagi bug'ning nisbiy tezligi $w'_1 = \sqrt{(c'_1)^2 + u^2 - 2c'_1 u \cos \alpha'_1}$			
26	Ikkinchi gardish ishchi panjarasiga bug' oqimining kirish burchagi $\beta'_1 = \arcsin \frac{c'_1 \cdot \sin \alpha'_1}{w'_1}$			
27	Ikkinchi gardish ishchi kuragidagi reaktivlik darajasi ρ''_p umumiy reaktivlikning 10% i			
28	Ikkinchi gardish ishchi kuragidan chiqishdagi bug'ning nisbiy nazariy tezligi $w'_{2t} = 44,7 \sqrt{\frac{(w'_1)^2}{2000} + \rho''_p \cdot h_0}$			
29	Ikkinchi gardish ishchi kuragidan bug' oqimining chiqish burchagi $\beta'_2 = \beta'_1 - (3 \div 5)^0$			
30	Ikkinchi gardish ishchi kuragida bug'ning tezlik koeffitsiyenti $\varphi' - \beta'_2 + \beta'_1$ burchaklari yigindisiga ko'ra 4 – rasmdan topiladi			
31	Ikkinchi gardish ishchi kuragidan chiqishda bug'ning haqiqiy nisbiy tezligi $w'_2 = \varphi' \cdot w'_{2t}$,			
32	Ikkinchi gardish ishchi panjarasidan chiqishdagi bug' oqimining absolyut tezligi $c'_2 = \sqrt{(w'_2)^2 + u^2 - 2w'_2 u \cos \beta'_2}$			
33	Ikkinchi gardish ishchi panjarasidan absolyut tezlik bilan chiqish burchagi $\alpha'_2 = \arcsin \frac{w'_2 \cdot \sin \beta'_2}{c'_2}$			

34	Aylana yo'nalishidagi tezlik vektorlari proyeksiyasi $c_{1u} = c_1 \cdot \cos \alpha_1$ $c_{2u} = c_2 \cdot \cos \alpha_2$ $c'_{1u} = c'_1 \cdot \cos \alpha'_1$ $c'_{2u} = c'_2 \cdot \cos \alpha'_2$ $w_{1u} = w_1 \cdot \cos \beta_1$ $w_{2u} = w_2 \cdot \cos \beta_2$ $w'_{1u} = w'_1 \cdot \cos \beta'_1$ $w'_{2u} = w'_2 \cdot \cos \beta'_2$			
35	Kurakning nisbiy f.i.k I $\eta_{nk} = \frac{2u \sum (\tilde{n}_{1u} - c_{2u})}{c_{1t}^2}$			
36	Soplo balandligi $l=10 \div 20$ mm			
37	Soplo uchun sarf koeffetsenti $\mu = 0,95 \div 0,97$			
38	Partsiiallik darajasi $\varepsilon = \frac{G_0 \cdot v_1}{\mu \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot c_1 \cdot \sin \alpha_1}$			
39	Ishchi kuragining o'rtacha balandligi $l_{1o'r} = \frac{\sum l_i}{z} \approx 1,5l$			
40	Ishqalanish va ventilyatsiyaga isrofning quvvat formulasi $N_{i.v} = \lambda \cdot [1,09d^2 + 0,61(1-\varepsilon)dzl_{1o'r}^{1,5}] \frac{u}{10^6} \rho$ $\lambda = 1$ o'ta qizigan bug' uchun; $\lambda = 1,1 \div 1,2$ qizigan bug' uchun; d – pog'ona diametri; z – gardishlar soni; $l_{1o'r}$ – kurakning o'rtacha balandligi; ρ - bug'ning zichligi.			
41	Ishqalanish va ventilyatsiyaga solishtirma isrof, kJ/kg: $h_{i.v} = \frac{N_{i.v}}{G}$			
42	Ishqalanish va ventilyatsiyaga isrof koeffisiyenti $\xi_{i.v} = \frac{h_{i.v}}{h_0}$			
43	Pog'onaning ichki nisbiy f.i.k $\eta_{oi} = \eta_{nk} - \xi_{i.v}$			

6. Rostlanmaydigan pog'onaning issiqlik hisobi.

Rostlovchi pog'onadan keyingi birinchi pog'onani hisoblashda parsiallik darajasi $\varepsilon = 1$ bo'lgan holatda yo'naltiruvchi va ishchi kuraklarning yetarlicha balandligidan bug' to'liq o'tishini ko'zda tutish shart. Kichik quvvatli kondensatsion bug' turbinalarida dastlabki ikki, uchta rostlanmaydigan pog'ona ishi balandlikda ham (15-20 mm) parsial bug' uzatishga ega bo'lishi mumkin.

Birinchi va oxirgi rostlanmaydigan pog'onalar diametrini aniqlash

Oraliq pog'onalarining diametrlarni aniqlash uchun dastlab birinchi va oxirgi pog'ona o'lchamlarini topish kerak. Birinchi aktiv rostlanmaydigan pog'onaning ko'zda tutilgan diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$d_1 = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{60 \cdot G_0 \cdot v_{1t} \cdot u / c_1}{\varepsilon \cdot l_1 \cdot n \cdot \sin \alpha_1}}$$

Bunda : G_0 - birinchi rostlanmaydigan pog'ona orqali bug' sarfi;

v_{1t} –soplo panjarasidan chiqishdagi bug'ning solishtirma hajmi, m³/kg;

l_1 - soplo panjarasining chiqish balandligi;

ε - pog'ona partsiallik darajasi;

n - turbina aylanishlar soni;

α_1 - bug' oqimining soplo panjarasidan chiqish burchagi.

Bu yerda bug'ning solishtirma hajmi v_{1t} ni iS – diagrammadan yoki jadvallardan aniqlash mumkin. Soplo balandligi 15 – 20 mm dan kam qabul qilinmaydi. $\alpha_1 = 11^\circ \div 16^\circ$ u/c_1 ning optimal ko'rsatkichini aktiv pog'ona uchun 0,45 ÷ 0,55 gacha oraliqda tanlash tavsiya etiladi.

Pog'onadagi belgilangan issiqlik tushishi va tanlangan tezlik koeffitsiyenti φ bo'yicha qabul qilingan reaktivlik darajasi φ ni hisobga olib bug'ning soplodan chiqish tezligini aniqlash mumkin.

Buning uchun rostlanmaydigan pog'ona uchun bu tezlikdan foydalanilmaydi. c_1 ni pog'ona xarakteristikasiga $u/c_1 \approx 0,45 \div 0,55$ qo'yib

kurakning aylanma tezligi aniqlanadi va d_1 diametr topiladi. d_1 ni topish quyidagi tartibda olib boriladi.

1. Oldingi hisoblarda aniq bo'lgan d bo'yicha aylanma tezlik topiladi.

$$u = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60}, \quad m/s$$

2. u ni aniqlab soplodan chiqishdagi bug'ning haqiqiy tezligi topiladi.

$$\tilde{n}_1 = \frac{u}{u/c_1}, \quad m/s$$

3. c_1 kattalik bo'yicha izoentropik issiqlik tushishi aniqlanadi (bu qaralayotgan pog'onada yuz beradi)

$$h_0' = \frac{\left(\frac{c_1}{\varphi}\right)^2}{2000}$$

va soplodagi energiya isrofi

$$h_c = \frac{\left(\frac{c_1}{\varphi}\right)^2 - c_1^2}{2000}$$

Oxirgi pog'ona orqali bug'ning katta hajmiy sarfida pog'onadan o'tish kesimi talab qilinadi. Bu xususan katta quvvatli kondensatsion turbinalar uchun va yuqori bug' parametri uchun xos bo'lgan ko'rsatkichdir. Oxirgi pagonaning o'tish kesimini kattaligini chegaralovchi asosiy mezon o'lchamlari ulardagi yuklama asosida aniqlanadigan kurak diametri va balandligi sanaladi. Yuqoridagi oqimning mutanosiblik tenglamalaridan turbinaning oxirgi pog'onasi diametri aniqlanadi:

$$d_z = \sqrt{\frac{G_0 \cdot v_2}{\pi \cdot 44,72 \sqrt{\xi_{qm} \cdot H_0 \cdot \sin \alpha_2}}} * \frac{d_z}{l_z}$$

v_2 – oxirgi pog’ona ishchi panjarasidan chiqishdagi bug’ning solishtirma xajmi m^3/kg ;

H_0 – turbinadagi umumiy izoentropik issiqlik tushishi, kJ/kg ;

ξ - issiqlikning oxirgi pog’onadan chiqish tezligi tufayli isrof koeffitsiyenti: kondensatsion turbinalar uchun $\xi = 0,02 \div 0,03$; qarshi bosimli turbinalar uchun $\xi = 0,005$.

α_2 burchagi 90^0 teng bulishi uchun chiqish tezligi juda kichik bo’lishi kerak.

d_z/l_z –kichik va o’rta quvvatli kondensatsion turbinalar uchun $5 \div 6$ ga va katta quvvatli turbinalar uchun $2,5 \div 3$ ga teng bo’lishi kerak. (2-jadvalga qarang)

2 - jadval

№	Turbina turi va tayyorlov zavodi	Pog’ona diametr, mm	Kurak balandligi, mm	d_z/l_z munosabat kursatkichi
1	K – 12 – 35 UTMZ	1525	320	4,7
2	II – 25 – 29 LMZ	1218	432	3,0
3	K – 50 – 90 LMZ	2000	665	3,0
4	K – 100 – 90 LMZ	2085	740	2,82
5	K – 150 – 130 XGZ	2125	780	2,72
6	K – 200 – 100 LMZ	2100	735	2,75
7	K – 200 – 240 XTGZ	2550	1050	2,60
8	K – 300 – 240 LMZ	2480	960	2,58
9	K – 500 – 240 XTGZ	2550	1050	2,43
10	K – 800 – 240 – 2 LMZ	2480	960	2,58

Pog'onalar sonini va ular orasidagi issiqlik tushishi taqsimotini aniqlash.

Turbinalarning rostlanmaydigan pog'onalar sonini tanlash uchun texnik iqtisodiy ma'lumotlarni o'rganish talab etiladi. Turbinada pog'onalar soni kam bo'lsa, u shunchalik arzon bo'ladi, lekin **fik** kichik bo'ladi. Pog'onalar sonining ko'pligi turbinani qimmatlashtiradi. Lekin yuqori **fik**ga erishish imkonini yaratadi.

Kichik va o'rta quvvatli zamonaviy bug' turbinalarda bir silindrli bo'lib rostlanmaydigan pog'onalar soni 6-10 dan 20-22 tagacha bo'ladi. Ko'p sonli pog'onani bitta silindrda joylashtirish turbina uzunligini juda kattalashtirib yuboradi va kritik val aylanishlar sonini ruxsat berilgandan pasayib ketishiga olib keladi. Katta quvvatli turbinalar 3-6 silindrli qilib tayyorlanadi. Bunda yuqori bosimli silindr pog'onalari soni 12-14 dan oshmaydi. Chunki kirish va chiqishdagi haroratlar farqi imkon darajasida kichik bo'lishi kerak. 5-rasmda abstsissa o'qi rostlanmaydigan pog'onaning bo'ylama qismini uzunligi bo'yicha mos masshtabda birinchi va oxirgi rostlanmaydigan pog'onalarining diametrini aniqlangan. Bu diagrammalardan $(u/c)_a$ munosabat o'zgarishini ham topiladi, ya'ni birinchi pog'onada $(u/c)_a = 0,46 \div 0,5$ gacha va oxirgi pog'onalarda $0,55 \div 0,65$ gacha o'zgaradi. Pog'onadagi ko'zda tutilgan issiqlik tushishi $n=3000 \text{ айл/мин}$ da quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_0 = 12,325(d / (u/c)_a)^2 \text{ kJ/kg}$$

Bu formula bo'yicha bir nechta oraliq nuqtalar uchun issiqlik tushishini aniqlaymiz va bo'ylama qismning butun uzunligi bo'yicha issiqlik tushishining o'zgarish chizig'ini ko'rish mumkin. Keyin har bir uchastka teng qismlarga ajratiladi va ulardagi o'rtacha issiqlik tushishi aniqlanadi.

Turbina pog'onasidagi yuz berayotgan o'rtacha issiqlik tushishi

$$h_{oyp} = \frac{\sum_{i=1}^m h'_{oi}}{m} = \frac{h'_{01} + h'_{02} + h'_{03} + \dots + h'_m}{m}$$

bu yerda m - diagrammadagi uchastkalar soni.

Roslanmaydigan pog'onalar soni.

$$z = \frac{H'_0(1 + \alpha)}{h_{io'r}}$$

Bu yerda H_0^1 - rostlovchi pog'ona kamerasidagi bug' holatidan chiqish patrubkasidagi bosimgacha bo'lgan izoentropik issiqlik tushishi, kJ/kg;

α - issiqlik qaytish koeffitsiyenti. $\alpha = 0,04 \div 0,06$.

Issiqlik tushishlar yig'indisi rostlanmaydigan pog'onalarining orasidagi issiqlik tushishiga teng bo'lishi kerak

$$\sum_{i=1}^z h_{oi} = H_0^1(1 + \alpha)$$

Agar bunday natija kelib chiqmasa o'zgartirish kiritish kerak

$$\sum_{i=1}^z h_{oi} \pm \Delta = H_0^1(1 + \alpha)$$

Δ - pog'onalaridagi issiqlik tushishining umumiy to'g'rilagichi bo'lib, pog'onalar orasida (Δ / z) ko'rinishida taqsimlanadi.

Agar $\sum_{i=1}^z h_{oi}$ ba $H_0^1(1 + \alpha)$ orasidagi taqsimot katta bo'lsa bir necha

diametrlar chizig'ining harakterini o'zgartirib issiqlik tushishlarini yangicha uslubda ishlash talab qilinadi.

6.3. Bosim pog'onasini hisoblash.

1. Aniqlangan izoentropik issiqlik tushishi h_{oi} ga ko'ra tanlangan tezlik koeffitsiyentini φ ga ko'ra (0,93 ÷ 0,97) reaktivlik darajasi ρ ni hisobga olgan holda soplodan chiqishdagi bug' tezligi va keyingi pog'onaga kirishdagi bug' tezligi aniqlanadi.

$$c_1 = \varphi \cdot 44,7 \sqrt{h_{oi}(1 - \rho) + h'_a}$$

bu yerda h'_a - keyingi pog'onaga kirish va chiqish tezliklariga asoslangan issiqlik tushishi.

2. Pog'onaning ma'lum tezlik c_1 ko'rsatkichlarida u/c_1 xarakteristikasini belgilab kurakning aylanish tezligi aniqlanadi

$$u = c_1 \cdot \frac{u}{c_1}$$

va diametr ko'rsatkichini topish mumkin.

$$d = \frac{60 * u}{\pi * n}$$

3. α_1 burchakka $11^0 \div 16^0$ dan $30^0 - 35^0$ gacha kattalashishi oraliqlaridan belgilab, hisob uchun ma'lum bo'lgan c_1 va u aylanma tezlik kattaliklari asosida kirishdagi tezlik uchburchaklari quriladi. Albatta bu jarayonda kirishdagi nisbiy tezlik w_1 ba kirish burchagi β_1 aniqlangan bo'lishi kerak.

4. Chiqishdagi tezlik uchburchakni qurilishi. Buning uchun ishchi **kuragidan** chiqishdagi bug'ning nisbiy tezligi topiladi.

$$W_2 = \varphi \sqrt{\frac{W_1^2}{2000} + h_0 \rho}, \text{ м/сек}$$

bu yerda h_0 - pog'onadagi issiqlik tushishi;

ρ - pog'onaning reaktivlik darajasi;

φ - ishchi kuragidagi tezlik koeffitsiyenti (bizga ma'lumki, tezlik koeffitsiyenti β_1 + β_2 burchaklar yig'indisidan aniqlanadi);

w_1 - ishchi kurakka kirishdagi bug'ning nisbiy tezligi.

5. w_2 , β_2 va u ko'rsatkichlarni aniqlab $\alpha_2 = 90^\circ$ holat uchun c_2 ni topgan holda chiqishdagi tezlik uchburchagini quramiz. u ning yo'nalishidan absolyut tezlik proektsiyalariga ko'ra kurakning ichki nisbiy **FIK** η_{on} topiladi.

6. Quyidagi isroflar aniqlanadi.

1. Soplodagi
$$h_s = \frac{\tilde{n}_{1t}^2 - \tilde{n}_1^2}{2000}$$

2. Ishchi kurakdagi
$$h_k = \frac{\left(\frac{w_2}{\varphi}\right)^2 - w_2^2}{2000}$$

3. Chiqishdagi
$$h_{ch} = \frac{c_2^2}{2000}$$

Ishqalanish va ventilyatsiyadagi isrof STODOLA formulasidan aniqlanadi. Buning uchun kurak balandligini va partsiallik darajasini ε (bosim pog'onalari uchun $\varepsilon = 1$ bo'ladi) bilish zarur.

Ishchi kurakning balandligi l_1 quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$l_1 = l \frac{c_{1t} \cdot \sin \alpha_1}{w_{2t} \cdot \sin \beta_2} \text{ ёки } l = \frac{G \cdot v_1}{c_1 \cdot \pi \cdot d \cdot \sin \alpha_1}$$

bunda G – pog'ona orqali bug' sarfi, kg/sek;

v_1 - soplodan chiqishdagi bug'ning solishtirma hajmi;

d – pog'ona diametri.

Bug' yo'qotilishlarining sarf kattaligi quyidagicha aniqlanadi.

$$G_{yo'q} = 0,99 \cdot \mu_{yo'q} \cdot F_{yo'q} \sqrt{\frac{p_0}{v_0}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \varepsilon^2}{z}}$$

bu yerda $\mu_{yo'q}$ - 4-5 grafiklardan aniqlanadigan emperik sarf koeffitsientlari [№ 5 – adab];

$F_{yo'q}$ - labirintli zichlamani aylanasi bo'ylab minimal oraliq masofa ko'rsatkichi;

p_0, v_0 – zichlamalar oldidagi bug' parametrlari, H/m² va m³/kg;

ε - zichlamani ikki tomoni bo'yicha bosimlar nisbati;

z - zichlamadagi burilishlar soni.

I L O V A L A R

1. «Issiqlik elektr stansiyalarining bug' va gaz turbinalari» fanidan kurs loyihalarining VARIANTLARI

Mavzu: Aktiv turdagi bug' turbinasining issiqlik hisobi

T/ r	Turbina markasi	Bug'ni boshl. bos., p_0 , bar	Bug'ni boshl. xar-ti, t_0 , °C	Nominal quvvat, N_e , kVt	Otbor bug' bosimi, p_{ot6} , bar	Otbor bug' xar-ti t_{ot6} , °C	Otbor bug' sarfi G_{ot6} , kg/s	Ayl. soni n , ayl/min
1	K-25-90 JM3	90	400	25000	4,0	56,8	150	1650
2	K-50-90 JM3	90	450	50000	4,5	65	160	1675
3	K-100-90 JM3	90	475	100000	5,0	75	170	1700
4	K-100-130 JM3	130	475	100000	5,5	85	155	1725
5	K-100-90 XTГ3	90	500	100000	6,0	95	165	1750
6	K-150-130 JM3	130	500	150000	6,5	105	175	1775
7	K-160-130 JM3	130	540	160000	7,0	125	180	1800
8	K-200-130 JM3	130	540	200000	7,5	150	185	1825
9	K-250-130 JM3	130	520	250000	8,0	175	190	1850
10	K-250-130 XTГ3	130	550	250000	8,5	200	195	1875
11	K-300-240 JM3	240	540	300000	9,0	200	200	1900
12	K-300-240 JM3	240	545	300000	10,0	210	150	2000
13	K-500-240 JM3	240	540	500000	15,0	215	155	2100
14	K-500-240 JM3	240	550	500000	20,0	220	160	2200
15	K-800-240 JM3	240	540	800000	25,0	225	165	2300
16	K-800-240 JM3	240	550	800000	30,0	230	170	2400
17	K-1200-240 JM3	240	570	1200000	35,0	235	175	2500
18	K-300-240 JM3	240	550	300000	40,0	240	180	2600
19	K-500-240 JM3	240	535	500000	45,0	245	185	2700
20	K-800-240 JM3	240	560	800000	50,0	250	190	2800
21	K-1000-240 JM3	240	560	1000000	47,0	255	200	2900
22	K-1000-240 JM3	240	550	1000000	52,0	265	205	3000
23	K-1200-240 JM3	240	550	1200000	55,0	272	210	3000
24	K-50-90 JM3	90	550	50000	8,5	200	195	1875
25	K-100-90 JM3	90	575	100000	9,0	200	200	1900
26	K-100-130 JM3	130	575	100000	10,0	210	150	2000
27	K-100-90 XTГ3	90	550	100000	15,0	215	155	2100
28	K-150-130 JM3	130	450	150000	20,0	220	160	2200
29	K-160-130 JM3	130	565	160000	25,0	225	165	2300
30	K-200-130 JM3	130	565	200000	30,0	230	170	2400

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Паровые и газовые турбины. Под ред. А. Г. Костюка и В. В. Фролова, М. Энергоатомиздат 1985 г.
2. Самойлович Г. С., Траяновский Б. М. Паровые турбины (сборник задач) 3-е изд. М. Энергоатомиздат 1987 г.
3. Зуб М. М. Паровые турбины (Курсовое проектирование) Киев. «Вища Школа» 1974 г.
4. Шляхин П. Н., Берщадский М. А. Краткий справочник по паротурбинным установкам. М; Энергия 1970 г.
5. Шляхин П. Н. Паровые и газовые турбины. М. Энергия. 1996 г
6. Ташпулатов А. Ш., Ходжаев Д. Ш. Тепловой расчёт активной турбины. Методическое указание к курсовому проектированию по курсу «Паровые и газовые турбины ТЭС» Тошкент. 1992 г.

Mundarija

Kirish	3
1. Hisoblash uchun berilgan kattaliklar	4
2. Turbinani issiqlik hisobi uchun bug'ni kengayish jarayonining <i>iS</i> – diagrammasini dastlabki qurilishi	5
3. Turbina orqali bug' sarfini aniqlash	9
4. Rostlanuvchi pog'ona turini tanlash bo'yicha tavsiyanomalar ...	10
5. Rostlovchi pog'onani issiqlik hisobi. Ikki gardishli pog'ona uchun <i>u/c_a</i> ning optimal qiymatini tanlash	12
6. Rostlanmaydigan pog'onaning issiqlik hisobi	18
Ilovalar	26
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati	27