

I – QISM. BUG' TURBINALARI

I – BOB. BUG' TURBINALARI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOT.

1.1. BUG' TURBINALARINING GURUHLANISHI

Bug' yoki gaz turbinasi bu – bug' yoki gazning potensial energiyasini kinetik energiyaga aylantiruvchi va o'z navbatida turbina valining aylanishi natijasida ushbu kinetik energiyani mexanik energiyaga aylantiruvchi kuch dvigatelidir. Turbina vallari bevosita yoki tishli uzatma yordamida ishchi mashinasiga ulanadi. Ishchi mashinaning xususiyatlariga bog'liq ravishda bug' yoki gaz turbinalari sanoatning turli – tuman soxalarida qo'llanishi mumkin: energetikada, transportda, dengiz texnikasida, aviatsiyada va x. k. Bug' va gaz turbinalaridan kuch dvigateli sifatida sanoat va energetikada boshqa energetik qurilmalarning saylanmasi sifatida ham foydalanilishi mumkin.

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

1) pog'onalar soniga ko'ra:

- a) bir pog'onali turbinalar; bu turbinalar kichik quvvatga ega bo'lib, odatda, markazdan qochma nasoslar va ventilyatorlarni aylantirish uchun qo'llaniladi;
- b) kichik, o'rta va katta quvvatli aktiv va reaktiv ko'p pog'onali turbinalar.

2) bug' oqimi harakatiga ko'ra:

- a) bug' oqimi turbina o'qi bo'yicha yo'naluvchi turbinalar;
- b) radial turbinalar; bu turbinalarda bug' turbina aylanish o'qiga perpendikulyar tekislik bo'ylab harakatlanadi. Ayrim hollarda katta quvvatli kondensatsion radial turbinalarning oxirgi pog'onalari o'q bo'yicha yo'naluvchi qilib bajariladi. Radial turbinalar qo'zg'almas yo'naltiruvchi kurakchalarga va faqat aylanuvchi ishchi kurakchalarga ega bo'lishi mumkin.

3) silindrlar (korpuslar) soniga ko'ra:

- a) bir korpusli (bir silindrli);

- b) ikki korpusli (ikki silindrli);
- v) ko'p korpusli (ko'p silindrli).

Ko'p silindrli turbinalar silindrlarining vallari bitta generatorga birlashtirilgan bo'lsa, bir valli turbinalar deyiladi, agar har bir silindr ayrim generatorga birlashtirilsa, ko'p valli turbinalar deyiladi.

4) bug' taqsimlanish prinsipiga ko'ra:

- a) aktiv turbinalar; bu turbinalarda bug'ning potentsial energiyasi kinetik energiyaga qo'zg'almas kurakchalarda yoki soploda aylantiriladi; ishchi kurakchalarda esa bug'ning kinetik energiyasi mexanik ishga aylantiriladi;
- b) reaktiv turbinalar; bu turbinalarda bug' kengayishi yo'naltiruvchi va ishchi kurakchalarda bir xilda amalga oshiriladi.

5) issiqlik jarayoni xarakteriga ko'ra:

- a) regeneratsiyali kondensatsion turbinalar; bu turbinalarda ishlatilgan bug' atmosfera bosimidan past bosimda kondensatorga kiritiladi;
- b) bitta yoki ikkita rostlanadigan bug' olinadigan kondensatsion turbinalar; olingan bug' 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 tsilindrlarga kiritiladi.

6) bug' bosimiga ko'ra:

- a) o'rta bosimli turbinalar, $P=3,43 \text{ MRa}$, $t=345 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) orttirilgan bosimli turbinalar, $P=8,8 \text{ MRa}$, $t=535 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- v) yuqori bosimli turbinalar, $P=12,7 \text{ MRa}$, $t=565 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- g) kritik bosimdan yuqori bosimli turbina, $P=23,5 \text{ MRa}$,
 $t_0=560 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{kk}=565 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

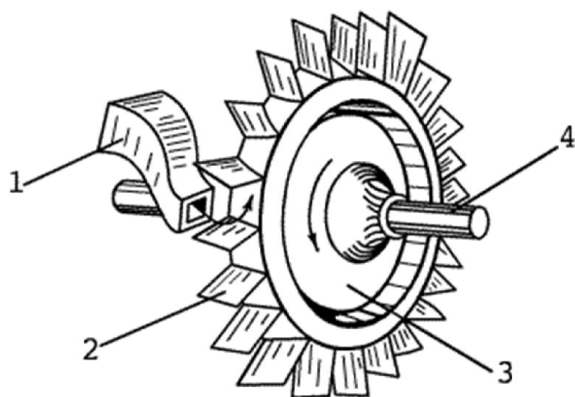
1.2. BUG' TURBINASINING ISHLASH PRINSIPI

Bug' turbinasida bug'ning potentsial 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 potentsial energiyasini val aylanishining mexanik energiyasiga aylantirishning turli xil usullari mavjud. Bug' potentsial 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 (1.1-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 tegishli 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.

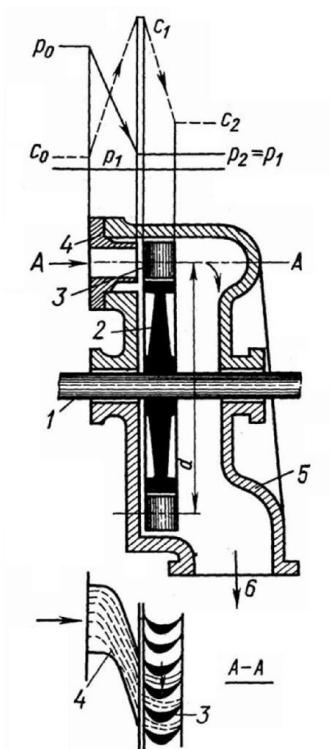


1.1–rasm. Bug' turbinasining soplosi va ish g'ildiragi.

Bir pog'onali bug' turbinasi quyidagi asosiy qismlardan iborat (1.2-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 P_0 bosimdan oxirgi P_2 bosimgacha bitta yoki bir guruh soplolarda kengayadi. Soplolar aylanuvchi diskka o'rnatilgan ishchi kurakchalar oldida korpusga o'rnatilgan.

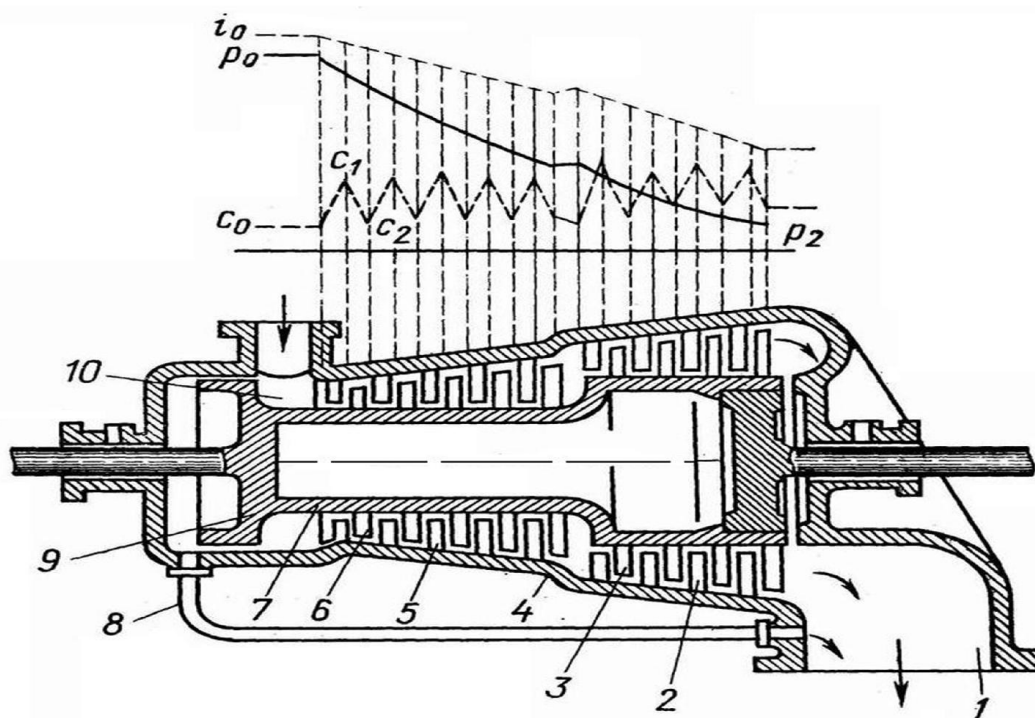
Soploda bug' bosimi pasayishi bilan uning entalpiyasi ham kamayadi, ya'ni soplolarda bug' issiqlik energiyasiga aylanadi. Bug'ning soplodagi kengayishi natijasida tezligi s_0 dan s_1 gacha ortadi. Ishchi kurakchalar kanallarida esa bug' tezligi s_1 dan s_2 gacha pasayadi, ya'ni bug' kinetik energiyasi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



1.2 - rasm. Bir pog'onali bug' turbinasi sxemasi.

Bug'ning butun kengayish jarayoni faqat qo'zg'almas kanallarda, ya'ni soplolarda, kinetik energiyaning mexanik energiyaga aylanish jarayoni esa faqat ishchi kurakchalarda (bug' kengaymasdan) sodir bo'ladigan turbinalar aktiv turbinalar deyiladi.

Bir pog'onali aktiv turbinalar quvvati 500÷800 kVtdan oshmaydi. Kichik quvvatli reaktiv turbina ish prinsipini ko'rib chiqamiz.



1.3-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.

Birlamchi bug’ xalqasimon bug’ kamerasi 10 orqali kiritiladi (1.3-rasm). Rotorda ishchi va korpusda yo’naltiruvchi kurakchalar o’rnatilgan bo’lib, bu kurakchalar orasida bug’ o’tishi uchun kanal mavjud. Bug’ kurakchalar orqali o’tib chiqarish quvuri 1 orqali kondensatorga kiritiladi.

Bug’ harakatlanishi davomida r_0 dan r_2 bosimgacha kengayadi. Bug’ kengayishi va entalpiya kamayishi ishchi va yo’naltiruvchi kurakchalarda bir xilda sodir bo’ladi. Turbina old qismidagi bug’ quvur 8 orqali chiqarib yuboriladi.

Turbina korpusi va rotorda joylashgan ikki qo’shni kurakchalar qatorlari - pog’onani tashkil qiladi. Bir nechta ketma-ket joylashgan ishchi va yo’naltiruvchi kurakchalarga ega bo’lgan turbinalar ko’p pog’onali turbinalar deyiladi. Hozir ko’rib 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.

r_0-r_2 egri chiziq bug' bosimi o'zgarishini ko'rsatadi, $c_0-c_1-c_2$ 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.

Savollari

1. Fanning vazifasi va maqsadi nimalardan iborat?
2. Bug' turbinasi qanday qurilma sanaladi?
3. Qanday qurilma gaz turbinasi deb nomlanadi?
4. Bug' va gaz turbinalaridan qayerlarda foydalaniladi? Mavzudan tashqari o'z dunyoqarashingizdan kelib chiqib javob bering?
5. Bug' turbinasi elementlari va ularning bajaruvchi vazifasi nimalardan iborat?
6. Mustaqil ravishda bug' turbina qurilmasi prinsipial sxemasini chizing va ta'riflang?
7. Bir pog'onali aktiv turdagi bug' turbinasi qanday qismlardan tarkib topgan?
8. Bir pog'onali aktiv turdagi bug' turbinasining ishlash tartibini tushuntiring?
9. Bug' turbinasida ishchi jism nima ?

$$\Delta D_0 = \frac{h_o - h_k}{h_0 - h_k} D_t \quad (2.3)$$

Demak, D_t otborli va bug' kondensatsiyalanuvchi turbinaga bug' sarfi quyidagiga teng bo'ladi:

$$D_0 = \frac{3600 N_e}{H_{ki} \eta_m \eta_g} + \frac{h_o - h_k}{h_0 - h_k} D_t \quad (2.4)$$

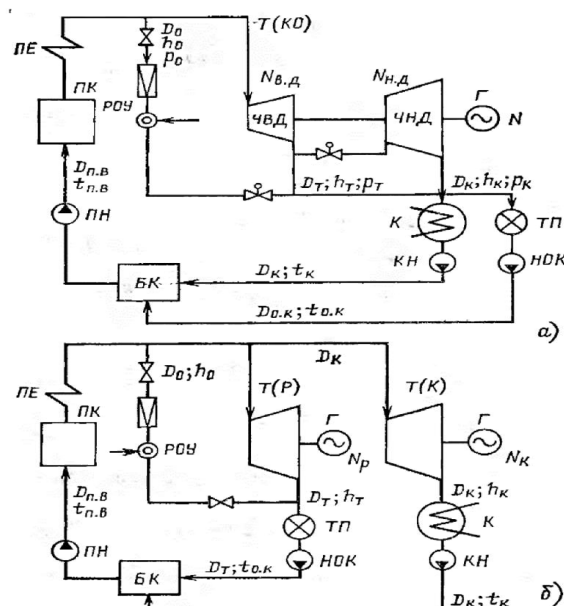
Otbor bug'ini quvvat ishlamaganlik koeffitsiyentini kiritamiz:

$$y_o = \frac{h_o - h_k}{h_0 - h_k} \quad (2.5)$$

Otborli va bug' kondensatsiyalanuvchi teplofikatsion turbinaga bug' sarfini quyidagicha yozish mumkin:

$$D_0 = D_{0(k)} + y_o D_t \quad (2.6)$$

Quvvat ishlamaganlik koeffitsiyenti otbarga olinayotgan bug'ning quvvat ishlamaganlik issiqlik tushishini xarakterlaydi (2.1-rasm), ya'ni quvvat ishlamaganlik koeffitsiyenti otbor bug'i miqdorining birligida turbinaga bug'



sarfini nisbiy ortishini aniqlaydi.

2.2-rasm. Oddiy issiqlik elektr markazlarining issiqlik sxemalari

a-rostlanuvchi otborli va bug‘ kondensatsiyalanuvchi T(KO) turidagi turbinali IEM; b-T(R) turidagi qarshi bosim turbinali va T(K) turidagi parallel ishlovchi ishlovchi kondensatsion turbinali IEM; II(TP)-issiqlik iste’molchisi; QKN(NOK) issiqlik iste’molchisidan qaytgan kondensat nasosi; RSQ-reduksion sovitish qurilmasi; BK-aralashtirgich; G-elektrogenerator; K-kondensator; KN-kondensat nasosi; TN-ta’minot nasosi.

Quvvat ishlamaganlik koeffitsiyenti $0 \leq y_o \leq 1$ oralig‘ida o‘zgaradi, $h_o = h_k$ bo‘lganda, ya’ni turbinada ishlatib bo‘lingan bug‘ to‘liq kondensatorga yuborilsa $y_o = 0$ bo‘ladi. Odatda $y_o = 0,3 \div 0,7$, o‘rtacha $y_o = 0,5$. Agar $D_o = 0$ bo‘lsa, u holda $D_o = D_{o(k)}$ va bug‘ sarfi kondensatsion rejimdagi kabi bo‘ladi. (2.4) ifoda turboagregatning energetik tenglamasi hisoblanadi, uning energetik balansini, ya’ni bug‘ sarfi va turbinaning elektrik quvvati orasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi.

Bunday turbinaning material balans tenglamasi quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$D_0 = D_o + D_k \quad (2.7)$$

bu yerda D_k -turbina kondensatoriga kirayotgan bug‘.

Bug‘ kondensatsiyalanuvchi va otbor olinuvchi turbinada quvvat balansi ikkita turdagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$N_e = N_{yu.b} + N_{p.b} \quad (2.8)$$

$$N_e = N_o + N_k \quad (2.9)$$

bu yerda

$$N_{yu.b} = \frac{D_0(h_0 - h_k)\eta_m\eta_g}{3600}$$

$$N_{p.b} = \frac{D_k(h_o - h_k)\eta_m\eta_g}{3600}$$

$$N_o = \frac{D_o(h_0 - h_o)\eta_m\eta_g}{3600}$$

$$N_k = \frac{D_k(h_0 - h_k)\eta_m\eta_g}{3600}$$

$N_{Y.b}$, $N_{p.b}$, N_o va N_k qiymatlar otbor olinayotgan va barcha turbinalar orqali kondensatorga kirayotgan bug‘ yordamida turbinaning YUBQ va PBQ qismlarida hosil qilingan quvvat.

2.2, a-rasmda KO turidagi turbinali IEM ning oddiy sxemasi ko‘rsatilgan. Otbor olinadigan va bug‘ kondensatsiyalanadigan turbinalar aralash teplofikatsion-kondensatsion turdagi turbina bilan bir xildir. Elektr energiyasini va issiqlikni qurama usulda ishlab chiqarish to‘liq shaklda qarshi bosimli teplofikatsion turbinalarda amalga oshiriladi (9.2, b-rasm). Teplofikatsion turbinaning umumiy balansi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Q_{t.q} = 3600N_i + Q_o \quad (2.10)$$

Bunday turboagregatning asosiy energetik xususiyati shundaki, eoyektrik quvvatni ishlab chiqarishni turbina orqali o‘tayotgan bug‘ga bog‘liqligidir, ya’ni issiqlik va issiqlik iste’molchisiga bug‘ sarfiga bog‘liqdir:

$$N_e = \frac{D_o(h_0 - h_k)\eta_m\eta_g}{3600} \quad (2.11)$$

Qarshi bosimli turboagregatlarning bunday xususiyati ularni IEM da qo‘llanilishini cheklaydi. Bug‘ iste’moli kamayib qolganda zarur elektrik quvvatni ishlab chiqarish imkoni bo‘lmay qoladi. Bunda talab qilingan qo‘shimcha elektrik quvvat ancha qiyinlashadi va qurilmani qimmatlashtiradi. Issiqlik iste’molchisiga issiqlik va bug‘ sarflari quyidagi tenglama bilan bog‘langan:

$$Q_o = D_o(h_o - h_{q.k}) \quad (2.12)$$

bu yerda $h_{q.k}$ -iste’molchidan qaytgan kondensatning entalpiyasi.

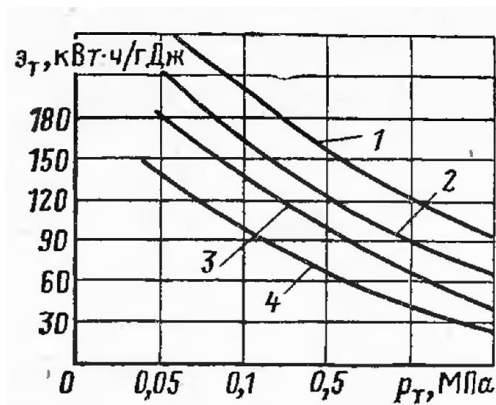
Qarshi bosimli turbinaning energetik tenglamasiga D_o ni o‘rniga Q_o ni qo‘yib, turbinaning elektrik quvvati N_e va tashqi iste’molchiga issiqlik sarfi $Q_{t.i}$ orasidagi bog‘likka ega bo‘lamiz:

$$N_e = \frac{Q_o(h_0 - h_o)\eta_m\eta_g}{3600(h_0 - h_{q.k})} 10^6 \quad (2.13)$$

bu yerda Q_o , GJ/soat da o‘lchanadi.

Ushbu ifodadan muhim energetik ko'rsatkich-issiqlik iste'molida elektr energiyasini solishtirma ishlab chiqarish aniqlanadi, kVt·soat/GJ:

$$e_{i.i} = \frac{N_e}{Q_o} = \frac{h_0 - h_o}{h_0 - h_{q.k}} \eta_m \eta_g \quad (2.14)$$



2.3-rasm. Issiqlik iste'molida elektr energiyasini solishtirma ishlab chiqarishni $e_{i.i}$ bug'ning parametrlariga bog'liqligi:

p_o -tashqi iste'molchiga issiqlik uzatilganda rostlanuvchi otbordagi bug' bosimi; p_o , t_o -bug'ning boshlang'ich parametrlari; 1- $p_o=23,53$ MPa, $t_o=540/540^0S$; 2- $p_o=12,75$ MPa, $t_o=565^0S$; 3- $p_o=9$ MPa, $t_o=530^0S$; 4- $p_o=3,8$ MPa, $t_o=440^0S$.

Ushbu ko'rsatkich turbinada issiqlik tushishini, ishlatib bo'lingan bug'ning tashqi iste'molchiga uzatgan issiqligiga nisbatini ifodalaydi.

Bug'ning boshlang'ich va oxirgi parametrlariga bog'liq holda $e_{i.i}=50\div 100$ kVt·soat/GJ. Ushbu ko'rsatkichdan otbor olinadigan va bug' kondesatsiyalanuvchi turbinani otbor bug'ining oqimi uchun ham qo'llash mumkin.

2.2. IEM ga issiqlik sarfi va FIK.

Issiqlik elektr markazlari iste'molchiga elektr energiyasi va turbinada ishlatib bo'lingan bug' bilan issiqlik uzatadi. Ushbu ikki turdagi energiya uchun issiqlik va yoqilg'i sarflarini taqsimlanishi quyidagicha qabul qilinadi:

$$Q_s = Q_s^e + Q_s^i \quad (2.15)$$

$$Q_{t.q} = Q_{t.q}^e + Q_{t.q}^i \quad (2.16)$$

Indekslar “s” va “t.q” stansiya va turbina qurilmasiga tegishli, “e”-elektr energiyasiga, “i”-issiqlikka tegishli.

IEM ning ikkita FIK farqlanadi:

1) elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha:

$$\eta_s^e = \frac{3600N_e}{Q_s^e} \quad (2.17)$$

$$\eta_{t.q}^e = \frac{3600N_e}{Q_{t.q}^e} \quad (2.18)$$

2) issiqlikni ishlab chiqarish va uzatish bo'yicha:

$$\eta_s^i = \frac{Q_i^u}{Q_s^i} \quad (2.19)$$

$$\eta_{t.q}^i = \eta_t = \frac{Q_i^u}{Q_{t.q}^i} \quad (2.20)$$

bu yerda $Q_{t.q}^i = Q_t$ -iashqi iste'molchiga issiqlik sarfi; Q_i^u -iste'molchiga uzatilgan issiqlik; η_t -turbina qurilmasini issiqlikni uzatish bo'yicha FIK, issiqlikni uzatishda issiqlik yo'qotilishlarini (tarmoq qizdirgichlarida, bug' uzatish quvurlarida) inobatga oladi; $\eta_t=0,98 \div 0,99$.

Turbina qurilmasiga issiqlikni umumiy sarfi $Q_{t.q}$ turbinaning ichki quvvati $3600N_i$ issiqlik ekvivalentidan, tashqi iste'molchiga issiqlik sarfi Q_t va turbina kondensatoridagi issiqlik yo'qotilishlaridan Q_k tashkil topadi. Teplofikatsion turbina qurilmasi issiqlik balansining umumiy tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q_{t.q} = 3600N_i + Q_t + Q_k \quad (2.21)$$

Elektr va issiqlik energiyasi orasida issiqlik sarfini taqsimlanishini fizik usulidan ko'p foydalaniladi. Issiqlik iste'moliga, iste'molga sarflangan haqiqiy issiqlik miqdori, elektr energiyasiga-qolgan issiqlik miqdori kiritiladi:

$$Q_{t.q}^i = Q_t \quad (2.22)$$

$$Q_{t.q}^e = Q_{t.q} - Q_t = 3600N_i + Q_k \quad (2.23)$$

Bug' qozonining FIK va issiqlikni tashish FIK hisobga olinganda IEM uchun umumiy FIK:

$$\eta_s^e = \eta_{t,q}^e \eta_{tash} \eta_{b,q} \quad (2.24)$$

$$\eta_s^i = \eta_{t,q} \eta_{tash} \eta_{b,q} \quad (2.25)$$

Ishlatib bo‘lingan issiqlikdan foydalanib elektr energiyasini ishlab chiqarish KES bilan taqqoslanganda IEM da elektr energiyasini ishlab chiqarish bo‘yicha FIK ni oshiradi, natijada yoqilg‘ini tejatishiga erishiladi.

2.3. Elektr energiyasini ishlab chiqarish bo‘yicha issiqlik sarfini va FIK ni solishtirish.

Kondensatsion rejimda bug‘ oraliq o‘ta qizdirilmaydigan KO turidagi teplofikatsion turbinaga issiqlikni soatliy sarfi quyidagiga teng:

$$Q_{t,q}^k = Q_{0(k)} = D_{0(k)}(h_0 - h_{t,s}) \quad (2.26)$$

Bug‘ kondensatsiyalanuvchi va bug‘ otbor olinuvchi teplofikatsion turbina qurilmasiga issiqlikni umumiy sarfi:

$$Q_{t,q} = D_0(h_0 - h_{t,s}) = D_{0(k)}(h_0 - h_{t,s}) + y_o D_t(h_0 - h_{t,s}) \quad (2.27)$$

$D_t = \frac{Q_i}{(h_i - h_{q,k})}$ ni quyib quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$Q_{t,q} = Q_{t,q}^k + \xi_i Q_i \quad (2.28)$$

bu yerda $\xi_i = y_i \frac{h_0 - h_{t,s}}{h_i - h_{q,k}}$ -otbor bug‘ni issiqligining ahamiyatlilik koeffitsiyenti,

uning qiymati quvvat ishlamaganlik koeffitsiyentiga yaqin va quruq bug‘ uchun 1 dan turbinadan chiqayotgan bug‘ uchun 0 gacha oraliqda o‘zgaradi. Koeffitsiyent ξ_i otbor bug‘ining ishlash qobiliyati potensialini xarakterlaydi, shuningdek kondensatsion sarf bilan taqqoslanganda uzatilgan issiqlik miqdoriga nisbatan turbina qurilmasiga issiqlikni umumiy sarfini nisbiy ortishidan aniqlanadi:

$$\xi_i = \frac{Q_{t,q} - Q_{t,q}^k}{Q_i} \quad (2.29)$$

yoki

$$\xi_i = \frac{\partial Q_{t,q}}{\partial Q_i} \quad (2.30)$$

Elektr va issiqlik energiyasi orasida issiqlik sarfini taqsimlanishi fizikaviy usulga muvofiq elektr energiyasini ishlab chiqarishga issiqlik sarfi:

$$Q_{t,q}^e = Q_{t,q} - Q_i = Q_{t,q}^k - (1 - \xi_i) Q_i \quad (2.31)$$

Issiqlik uzatilishini ortishi bilan issiqlikni umumiy sarfi ortadi, elektr energiyasini ishlab chiqarishga issiqlik sarfi esa kamayadi, shuningdek turbina kondensatorida issiqlik yo‘qotilishi kamayadi. Buni Ko va K turidagi turbinalarning umumiy issiqlik balansi tenglamasidan aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} Q_{t,q}^e &= 3600 N_i + Q_k \\ Q_{t,q}^k &= 3600 N_i + Q_k^k \end{aligned}$$

Farq $\Delta Q_{t,q} = Q_k^k - Q_{t,q}^e = Q_k^k - Q_k = \Delta Q_k$, kondensatsion va teplofikatsion turbina qurilmalarida elektr energiyasini ishlab chiqarishga issiqlik sarflarining farqi turbina kondensatorida (sovuq manbada) issiqlik yo‘qotilishini kamayishiga teng:

$$\Delta Q_{t,q} = \Delta Q_k = \Delta D_k (h_k - h'_k) = (1 - y_i) D_i q_k \quad (2.32)$$

bu yerda $q_k = h_k - h'_k$.

$\Delta Q_{t,q} = \Delta Q_k$ qiymat qancha katta bo‘lsa, bug‘ otbori shuncha ko‘p va y_o va ξ_i koeffitsiyentlar shuncha kichik bo‘ladi, ya’ni otbor bug‘i bilan elektr energiyasini ishlab chiqarish shuncha yuqori bo‘ladi.

Qarshi bosimli turbina uchun va elektr energiyasini ishlab chiqarish bo‘yicha FIK:

$$\eta_{t,q}^e = \frac{3600 N_e}{Q_{t,q}^e} = \frac{3600 N_i \eta_m \eta_g}{N_i} = \eta_m \eta_g \quad (2.33)$$

Mexanik va elektrik yo‘qotilishlar bo‘lmagan ideal turboagregati uchun $\eta_{t,q}^e = 1$. Bundan shunday xulosa qilish mumkin, ya’ni bunday turbina qurilmasining energetik samaradorligi bug‘ning boshlang‘ich va oxirgi parametrlariga va turbinaning ichki FIK ga bog‘liq emas. Boshlang‘ich parametrlarni ortishi va oxirgi parametrlarni pasayishi, qarshi bosimli turbinaning ichki FIK ni ortishi energetika nuqtai nazaridan doimo qulay, shuningdek bunda

teplofikatsion turbinaning ichki elektrik quvvati ortadi va energetik tizimning turbogeneratorida kondensatsion usul bilan ishlab chiqariladigan quvvat kamayadi.

Teplofikatsion va kondensatsion turbina qurilmalarini elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha FIK ni taqqoslashda energetik koeffitsiyentlar usulidan foydalanish maqsadga muvofiq.

KO turidagi turbina qurilmasining elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha FIK:

$$\eta_{t.q}^e = \frac{N_k + N_i}{Q_{t.q}^k + N_i} = \frac{N_k}{Q_{t.q}^k} \frac{1 + N_i / N_k}{1 + N_i / Q_{t.q}^k} \quad (2.34)$$

Bu yerda $\eta_m \eta_g = 1$ qabul qilinadi, ya'ni turbinaning ichki quvvati $N_i = N_k + N_i$; $Q_{t.q}^k$ - bug'ning kondensatsion oqimiga issiqlik sarfi.

Oxirgi tenglamadan:

$$\eta_{t.q}^e = \eta_{t.q}^k \frac{1 + A_i}{1 + A_i \eta_{t.q}^k} \quad (2.35)$$

Bu yerda $\eta_{t.q}^k = \frac{N_k}{Q_{t.q}^k}$ - kondensatsion turbinaning FIK; $A_i = N_i / N_k$ - otbor bug'ining energetik koeffitsiyenti, otbor bug' quvvati va kondensatsion oqim nisbatiga teng.

Shubhasiz:

$$\frac{\eta_{t.q}^e}{\eta_{t.q}^k} = \frac{1 + A_i}{1 + A_i \eta_{t.q}^k} > 1 \quad (2.36)$$

ya'ni, elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha FIK kondensatsion oqimning FIK dan katta.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha kondensatsion turbina qurilmasining FIK bilan taqqoslanganda teplofikatsion turbina qurilmasining FIK ni nisbiy ortishi quyidagiga teng:

$$\delta \eta_{t.q}^e = \frac{\eta_{t.q}^e - \eta_{t.q}^k}{\eta_{t.q}^k} = \frac{\eta_{t.q}^e}{\eta_{t.q}^k} - 1 = \frac{1 - \eta_{t.q}^k}{1 / A_i + \eta_{t.q}^k} \quad (2.37)$$

Shubhasiz, har qanday bug‘ otborida $\delta\eta_{t,q}^e > 0$. Masalan, agar $N_i=N_k$ va $A_i=1$ bo‘lsa, shuningdek $\eta_{t,q}^k = 0,5$ bo‘lsa, u holda $\delta\eta_{t,q}^e = 0,33$. A_i ning katta qiymatlarida FIK ning nisbiy ortishi yanada katta bo‘ladi.

2.4. Issiqlik tejamkorligi va IEM ga yoqilg‘i sarfi.

Elektr energiyasi va issiqlikni alohida ishlab chiqarish jarayonining energetik samaradorligi va issiqlik tejamkorligi IEM ning FIK bilan xarakterlanadi:

$$\eta_s^e = \frac{3600 N_e}{Q_s^e} \quad (2.38)$$

$$\eta_s^i = \frac{Q_i^o}{Q_s^i} \quad (2.39)$$

Ikki turdagi energiyani birgalikda ishlab chiqarish jarayonining umumiy issiqlik tejamkorligini IEM ning to‘liq FIK bilan xarakterlash mumkin:

$$\eta_s^{e,i} = \frac{3600 N_e + Q_i^o}{Q_s^i} \quad (2.40)$$

Teplofikatsion turbina qurilmasi uchun:

$$\eta_s^{e,i} = \frac{3600 N_e + Q_i^o}{Q_{t,q}} \quad (2.41)$$

IEM da faqatgina elektr energiyasi ishlab chiqarilmoqda deb hisoblaymiz, u holda turbina qurilmasi uchun absolyut elektrik FIK:

$$\eta_{t,q}^a = \frac{3600 N_e}{Q_{t,q}} \quad (2.42)$$

$\eta_{t,q}^a = 1$ qabul qilamiz va turbina qurilmasidan tashqi iste’molchiga sarflangan issiqlik ulushini quyidagicha belgilaymiz:

$$\beta_i = \frac{Q_i}{Q_{t,q}} \quad (2.43)$$

$$1 - \beta_i = \frac{Q_{t,q}^e}{Q_{t,q}} \quad (2.44)$$

Teplofikatsion turbinaning keltirilgan yuqori FIK orasidagi munosabatni quyidagi ko‘rinishda ifodalaymiz:

$$\eta_s^{e.i} = \frac{3600N_e + Q_i}{Q_{t.q}} = \eta_{t.q}^a + \beta_i \quad (2.45)$$

va

$$\eta_s^e = \frac{3600N_e}{Q_{t.q}^e} = \frac{3600N_e}{Q_{t.q}(1-\beta_i)} = \frac{\eta_{t.q}^a}{1-\beta_i} \quad (2.46)$$

Bundan ushbu uchta FIK orasidagi munosabat quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\eta_s^a = (1-\beta_i)\eta_{t.q}^e = \eta_{t.q}^{e.i} - \beta_i \quad (2.47)$$

Agar β_i va FIK lardan biri aniq bo‘lsa, qolgan ikkitasini (2.47) ifodadan aniqlash mumkin.

IEM da elektr energiyasi va issiqlik orasida issiqlik va yoqilg‘ining umumiy sarfini taqsimlanishi turbina qurilmasiga issiqlikni sarflanishi kabi bo‘lib, $\beta_i = Q_i / Q_{t.q}$ koefitsiyenti bilan inobatga olinadi. Bundan:

$$Q_s^i = \beta_i Q_s \quad (2.48)$$

$$Q_s^e = (1-\beta_i)Q_s \quad (2.49)$$

Xuddi shunday:

$$B_i = \beta_i B \quad (2.50)$$

$$B_e = (1-\beta_i)B \quad (2.51)$$

bu yerda $B_i + B_e = B$ - IEM ga umumiy yoqilg‘i sarfi.

Yoqilg‘i sarflari FIK bilan quyidagicha bog‘langan:

$$B_e Q_q^i \eta_s^e = 3600 N_e$$

$$B_i Q_q^i \eta_s^i = Q_i^o$$

IEM ga umumiy yoqilg‘i sarfini bug‘ qozonining issiqlik balansi tenglamasidan ham aniqlash mumkin:

$$B Q_q^i \eta_{b.q} = Q_{b.q} = D_{b.q} (h_{o'qb} - h_{t.s}) \quad (2.52)$$

Soatliy energetik balans tenglamasidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasining birligida yonish issiqligi 29,308 kJ/kg bo‘lgan shartli yoqilg‘ining umumiy sarfini aniqlash mumkin, g/(kVt·soat) :

$$b_e = \frac{B_e}{N_e} = \frac{3600}{Q_{q.sh}^i \eta_s^e} = \frac{3600}{29,308 \eta_s^e} = \frac{122,8}{\eta_s^e} \approx \frac{123}{\eta_s^e} \quad (2.53)$$

Elektr energiyasini ishlab chiqarish bo‘yicha IEM FIK ni eng kichik qiymati uning kondensatsion rejimiga mos keladi, masalan $\eta_s^e = 0,34$, u holda $b_e = 360$ g/(kVt·soat). IEM kondensatorda issiqlik yo‘qotilishlarisiz qarshi bosimli turbina bilan ishlaganda eng katta FIK ga erishadi. Bunda

$$\eta_s^e = \eta_{t,q}^e \eta_{tash} \eta_{b,q} = \eta_m \eta_g \eta_{tash} \eta_{b,q} \quad (2.54)$$

Masalan, $\eta_s^e = 0,985 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,90 = 0,855$ bo‘lganda, $b_e = 144$ g/(kVt·soat) ga ega bo‘lamiz.

IEM da elektr energiyasini ishlab chiqarishga issiqlikni solishtirma sarfi va FIK quyidagicha bog‘langan:

$$\eta_s^e = \frac{3600 N_e}{Q_s^e} = \frac{3600}{q_s^e} \quad (2.55)$$

agar $\eta_s^e = 0,40 \div 0,50$ bo‘lsa, u holda $q_s^e = 9000 \div 7200$ kJ/(kVt·soat) ga teng bo‘ladi.

Tashqi iste’molchiga uzatilgan issiqlik birligida shartli yoqilg‘ining solishtirma sarfi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

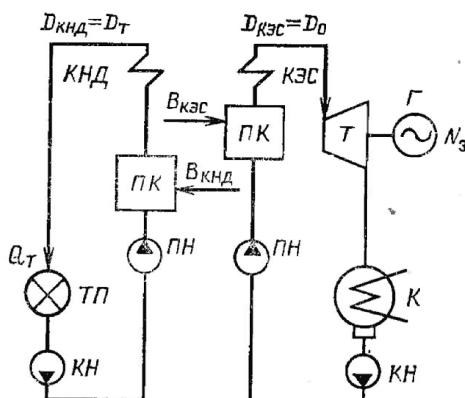
$$b_i = \frac{B_i}{Q_i^o} = \frac{1}{Q_{q.sh}^i \eta_s^i} = \frac{10^3}{29,308 \eta_s^i} = \frac{34,121}{\eta_s^i} \quad (2.56)$$

$$\eta_s^i = \eta_{t,q}^i \eta_{tash} \eta_{b,q} = 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,90 = 0,873 \text{ bo‘lganda } b_i = 39,08 \text{ kg/GJ.}$$

Cho‘qqili suv qizdirish qozoni yordamida issiqlik qo‘shimcha uzatitlganda qozondagi yoqilg‘i sarfi ham inobatga olinadi.

2.5. Elektr va issiqlik energiyasini qurama va alohida ishlab chiqarishni taqqoslash.

Elektr energiyasi va issiqlikni qurama usulda ishlab chiqarish yoqilg‘i sarfi kamayishini ta’minlaydi. Ammo issiqlik iste’molini kichik yillik davomiyligida va arzon yoqilg‘ida ishlaganda elektr energiyasi va issiqlikni alohida ishlab chiqarish iqtisodiy tomonlama qulay.



2.4-rasm. Oddiy alohida qurilmaning issiqlik sxemasi

PBQ(KND)-past bosimli qozonxona; KES-kondensatsion elektr stansiya; II(TP)-issiqlik iste’molchisi; EG-elektr generator.

Bunda elektr energiyasi kondensatsion usulda ishlab chiqariladi, issiqlik esa past bosimli qozonxonadan uzatiladi. Ushbu holda energetik qurilma KES va past bosimli qozonxonadan iborat bo‘lib alohida sxema deb nomlanadi (9.4-rasm).

IEM va alohida semani taqqoslaymiz. Bunday qurilmalarni taqqoslash sharti ularni energetik taqqoslashdir, ya’ni har bir uzatilgan energiyaning tenglidan foydalaniladi. Taqqoslashni birinchi taxminda bug‘ning sarfi bo‘yicha, keyin issiqlik va yoqilg‘i sarfi bo‘yicha amalga oshiramiz.

Alohida sxemaga umumiy bug‘ sarfi:

$$D_a = D_{KES} + D_{PBQ} = D_{KES} + D_t \quad (2.57)$$

IEM ga umumiy bug‘ sarfi:

$$D_0 = D_{0(k)} + y_o D_t \quad (2.58)$$

bu yerda D_{KES} va $D_{0(k)}$ -KES va IEM da bir xil elektrik quvvatni kondensatsion ishlab chiqarishga bug‘ sarfi: $D_{0(k)} \approx D_{KES}$, bundan:

$$\Delta D = D_a - D_0 = (1 - y_0) D_t \quad (2.59)$$

Yoqilg'i issiqligining umumiy sarfi quyidagiga teng:
alohida sxemaga:

$$Q_a = Q_{KES} + Q_{PBQ} = Q_{KES} + Q_s^i \quad (2.60)$$

IEM ga:

$$Q_s = Q_s^e + \xi_i Q_s^i \quad (2.61)$$

$Q_s^e = Q_{KES}$ qabul qilamiz, u holda:

$$\Delta Q = Q_a - Q_s = (1 - \xi_i) Q_s^i \quad (2.62)$$

bu yerda ξ_i -IEM da tashqi iste'molchiga sarflangan issiqlikning ahamiyatlilik koeffitsiyenti.

IEM va alohida sxemaga yoqilg'i sarflarini taqqoslash-ularni texnik-iqtisodiy solishtirishning asosiy elementlaridan biri hisoblanadi.

Yoqilg'ining umumiy sarfi:

alohida sxemaga:

$$B_a = B_{KES} + B_{PBQ} \quad (2.63)$$

IEM ga:

$$B = B_e + B_i \quad (2.64)$$

IEM da umumiy elektrik quvvat otbor bug'i yordamida ishlab chiqarilgan quvvat N_i va kondensatsion oqim bilan ishlab chiqarilgan quvvatlardan N_k tashkil topadi. Quvvat N_i shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi bilan amalga oshiriladi.

KES da ham umumiy quvvatni ikkita tashkil etuvchiga N_k va N_i larga ajratish mumkin. U holda yuqorida keltirilgan yoqilg'i sarfi uchun ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$B_a = b_{KES}(N_k + N_i) + B_{PBQ}$$

$$B = (b_e^a N_i + b_e^k N_k) + B_s^i$$

Ma'lumki $b_e^a \approx b_{KES}$, va $B_s^i = B_{PBQ}$ qabul qilamiz, u holda:

$$\Delta B = B_a - B = (b_{KES} - b_e^a)N_i \quad (2.65)$$

Bu muhim munosabat IEM da elektr va issiqlik energiyasini qurama usulda ishlab chiqarish hisobiga tejalgan yoqilg'ini aniqlaydi, teplofikatsioning ahamiyatini bildiradi.

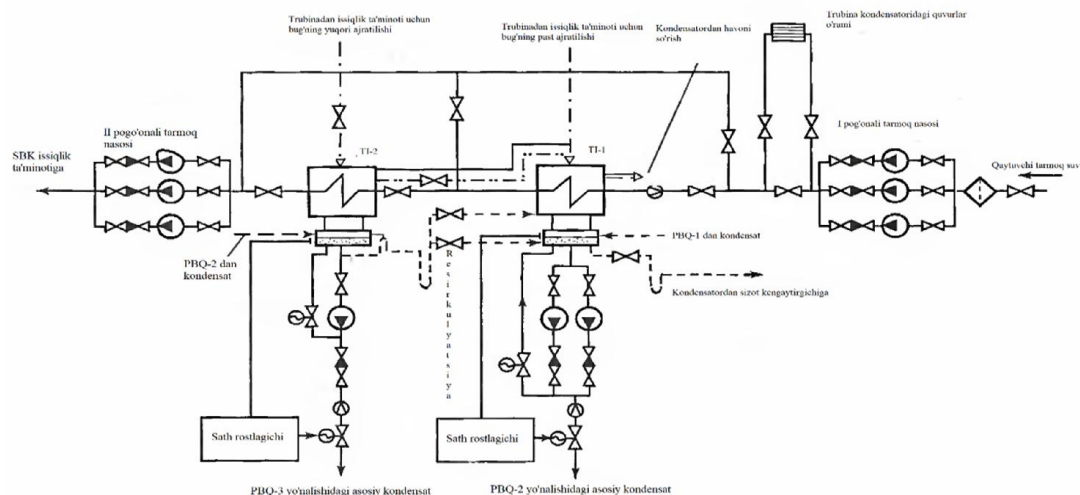
$b_{KES}=0,30$ kg/(kVt·soat) va $b_e^a = 0,15$ kg/(kVt·soat) qabul qilamiz va $\Delta B = 0,15N_i$ ga ega bo'lamiz. $N_i=1$ mln. kVt teplofikatsion quvvat uchun $\Delta B=150$ t/soat yoki taxminan 500 ming t/yil.

$e_i=50 \div 150$ kVt·soat/GJ qabul qilamiz, u holda $\Delta b=7,5 \div 22,5$ kg/GJ, o'rtacha $\Delta b=15$ kg/GJ.

$Q_i=1$ mln. GJ uzatilgan issiqlik uchun tejalgan shartli yoqilg'i taxminan 15 ming tonna.

2.6. Teplofikatsion bug' turbinali issiqlik elektr markazining issiqlik sxemalari.

Teplofikatsion turbina qurilmalarining issiqlik sxemalari kondensatsion turbina qurilmalarining sxemalari bilan bir xildir. Faqatgina jihozlarning alohida guruhini qo'shilishi bilan farqlanadi, ular teplofikatsion qurilma deb ataladi. Teplofikatsion qurilmaning tarkibiga quyidagilar kiradi: tarmoq qizdirgichlari (boylerlar); birinchi va ikkinchi pog'ona tarmoq qizdirgichlari; qizdiruvchi bug' kondensatini uzatish uchun kondensat nasoslari; uzatish quvurlarning tizmi; berkitish-rostlash armaturalari.



2.5-rasm. T-110-12,8 turbinali teplofikatsion qurilmaning issiqlik sxemasi.

T-110-12,8 turbinali teplofikatsion qurilmaning sxemasi ko'rsatilgan. Qaytish tarmoq suvi to'rchali filtr va so'ruvchi nasos orqali diametri 800 mm bo'lgan uzatish quvurlari bo'yicha PSG-1 tarmoq qizdirgichiga uzatiladi. So'ruvchi nasoslardan chiqishdagi bosim PSG-2300-3-8 turidagi PSG-2 dan chiqayotgan tarmoq suvini bir zumda qaynab ketishini oldini olish uchun yetarli bo'lishi kerak va ushbu vaqtda PSG-1 quvurlar tizimidagi shu suvning bosimi 0,78 MPa dan oshmasligi kerak. PSG orqali o'tayotgan tarmoq suvining nominal sarfi 972,2 kg/soat, maksimal sarfi esa-1250 kg/soat bo'lishi kerak. PSG-1 da suvni maksimal qizdirish 50°S ga teng bo'lishi kerak.

Yilning isitish mavsumida ikkita tarmoq qizdirgichi ishga tushiriladi. Yozgi mavsumda odatda faqat PSG-1 ishlaydi. Tarmoq suvini tashqi uzatish quvurlari PSG-2 ni o'chirish imkoniyatini ta'minlaydi, shuningdek qizdirgich bo'lmaganda ham suvni uzatilishini ta'minlaydi. Tarmoq qizdirgichlaridan keyin ikkinchi pog'ona tarmoq nasoslari o'rnatilgan, ular pyezometrik grafik bo'yicha tarmoq shunday bosim hosil qilishi kerakki, ushbu bosim cho'qqili suv qizdirish qozonining yuqori nuqtasida suvni bir zumda qaynab ketishini oldini olish kerak (agar u ulangan bo'lsa). Tarmoq qizdirgichlari halokatli uchirilganda suv diametri 600 mm bo'lgan tashqi liniya bo'yicha o'tkaziladi. Shuning uchun IEM da tarmoq qizdirgichlar orqali o'tayotgan sarf boshqa turbinalarda taxminan o'zgarmaydi va shaharning issiqlik magistralida gidravlik rejim o'zgarmaydi.

Berkitish armaturasi yordamida PSG-2 o'chirilishi yoki ikkita tarmoq qizdirgichi ham o'chirilish mumkin.

Qizdiruvchi bug' kondensatini PSG-1 dan chiqarib yuborish uchun sxemada ikkita to'kish krani o'rnatilgan. Ko'pgina ish rejimlarida bitta to'kish nasosi yetarli bo'ladi. Shuning uchun PSG-1 ning ikkinchi to'kish nasosi zahiralash va issiqlik sxemalarining ishonchliligini oshirish uchun qo'llaniladi.

PSG-2 qizdirgich bitta to'kish nasosi bilan jihozlanadi. U halokatli o'chirilganda kondensat to'kgich avtomatik ochiladi va gidrozatvor orqali PSG-1 korpusiga to'kiladi. Bunda PSG-1 ning ikkinchi to'kish nasosi ishga tushadi.

PSG-1 va PSG-2 larning kondensat yig'gichlariga PBQ-1 va PBQ-2 lardan chiqayotgan qizdiruvchi bug' kondensati o'z oqimi bilan quyiladi.

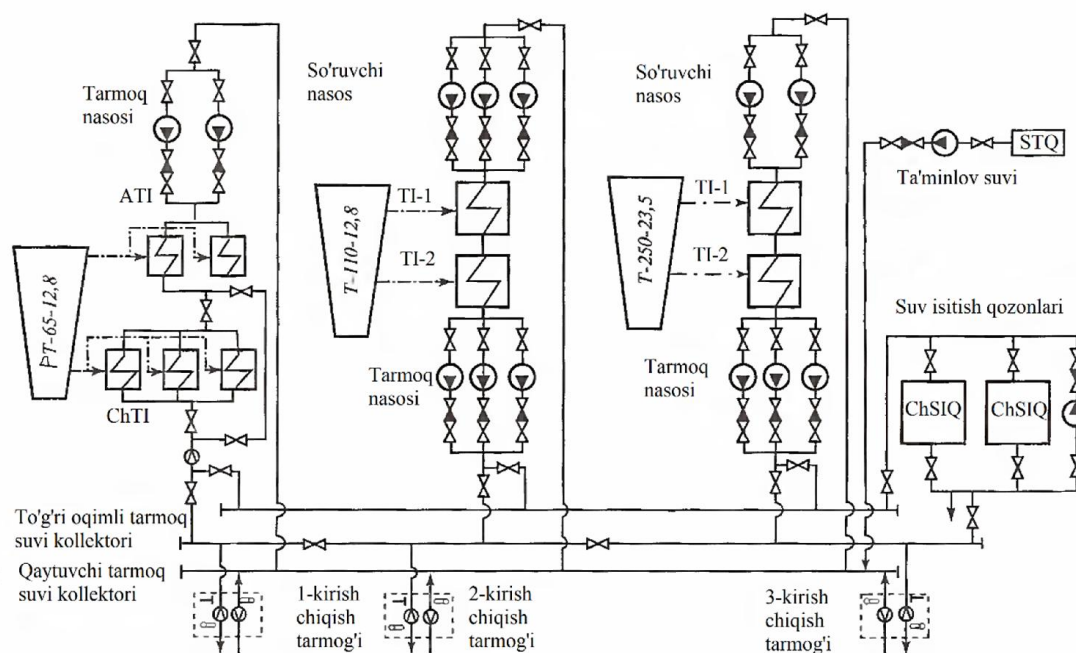
Kondensat liniyasida to'kish nasoslaridan keyin rostlovchi klapan o'rnatiladi, u tarmoq qizdirgichlarining kondensat yig'gichlarida joylashgan elektron sath rostlagich orqali boshqariladi.

Ko'pgina ish rejimlarida PSG-1 korpusidagi bosim atmosfera bosimidan past bo'ladi. Jihozlarni zichlamalarini buzilishi natijasida ekspluatatsiya sharoitida PSG-1 va PSG-2 larga kichik miqdorda havo kirib qoladi. Havoni so'rilishini bartaraf etish uchun PSG-1 korpusi kondensator bilan diametri 150 mm bo'lgan quvur orqali ulanadi. Yuqori tarmoq qizdirgichlaridan chiqayotgan kondensatsiyalanmagan gazlar pastdan diametri 100 mm bo'lgan quvur orqali chiqariladi.

Tarmoq qizdirgichi ishga tushirilgan jarayonda (turbogeneratorning yuklamasi nominalning 30% ini tashkil etishi kerak) bug'ning (kondensat) kichik sarflarida va to'kish nasoslarining bosimi yetarli bo'lmaganda PSG-1 o'chiriladi, kondensatni to'kish esa balandligi 14 m bo'lgan gidrozatvor orqali kondensatning kondensat yig'gichiga to'kiladi. Yuqori tarmoq qizdirgich turbina qurilmasining elektrik yuklamasi nominaldan 50% gacha kam bo'lmaganda ishga tushiriladi.

Ekspluatatsiya sharoitida tarmoq qizdirgichining texnik holati uning haroratlar farqini va gidravlik qarshiligini qiymati bo'yicha nazorat qilinadi.

2.6-rasmda IEM da tarmoq suvini qizdirish tizimi jihozlarning prinsipial sxemasi keltirilgan. IEM ning mashina zali bo'ylab to'g'ri va qaytish tarmoq suvining uzatish quvurlari (kollektorlar), cho'qqili suv qizdirish qozonlari CHSQQ bilan ulangan uzatish quvurlari joylashgan. PT-65-12,8 turbinali teplofikatsion qurilmasi PSV-315-3-23 turidagi ikkita asosiy tarmoq qizdirgichi va uchta cho'qqili tarmoq qizdirgichlaridan tashkil topgan. Tarmoq suvini uzatish tarmoq nasoslarining bitta pog'onasi orqali ta'minlanadi. T-110-12,8 va T-250-23,5 turbinali teplofikatsion qurilmaning tarkibiga ketma-ket ulangan ikkita PSG-1 va PSG-2 tarmoq qizdirgichlari va nasoslarning ikkita pog'onasi kiritiladi. T-250-23,5 turbina sxemasida PSG-5000-2,5-8 va PSG-5000-3,5-8 turidagi qizdirgichlar qo'llaniladi. Tashqi havoning harorati past bo'lganda, tarmoq suvining harorati teplofikatsion qurilmali turbinadan chiqishdagi haroratidan ortganda cho'qqili suv qizdirish qozonlari ishga tushiriladi.



2.6-rasm. IEM da tarmoq suvini qizdirish tizimlari jihozlarning prinsipial sxemasi.

Qozonning qizdirish yuzasi uzoq vaqt ishlashi sharoitidan qozonga kirayotgan tarmoq suvining harorati gazda ishlaganda 70°S dan oshmasligi kerak, mazutda ishlaganda 110°S dan kam bo'lmasligi kerak. Ushbu sharoitni bajarish uchun issiqlik sxemada nasos yordamida retsirkulyatsiya liniyasi mavjud, u orqali

CHSQQ dan chiqayotgan issiq suvning bir qismi qaytadan nasosga qaytariladi. Agar KV-GM-209-150-2 qozonlar qo'llanilganda qozonga qirayotgan tarmoq suvining bosimi 0,98 MPa dan kam bo'lmashligi kerak. Qozon orqali o'tayotgan tarmoq suvining sarfi 1027,7 kg/s gacha kamayganda avtomatik himoya qozon qurilmasini o'chiradi.

Tarmoq suvini IEM dan shahar issiqlik tarmog'iga uzatish issiqlik energiyasi va issiqlik tashuvchini hisoblash tuguni orqali amalga oshiriladi. Hisoblash tugunida tarmoq suvining sarfi, harorati va bosimi o'lchanadi. Ushbu parametrlarga muvofiq uzatilayotgan issiqlik energiyasining miqdori va sifatini hisoblash amalga oshiriladi. Issiqlik tarmog'ida yo'qotilishlarni to'ldirishga ketayotgan suvni qayta ishlash uchun IEM da suv tayyorlash qurilmasi mavjud.

Teplofikatsion turbinalarni ishlab chiqaruvchilardan biri "Ural turbina zavodi" OAJ (Rossiya) hisoblanadi. Turbinaning tipaviy o'lchamlaridagi belgilashlarda, masalan T-250/300-23,5-3, T harfi teplofikatsion turbinaning turi; sonlar: 250-nominal ish rejimida elektrik quvvat, MVt; 300-kondensatsion (teplofikatsion qurilmaga bug' otborlari o'chirilganda) rejimda ishlagandagi elektrik quvvati, MVt; 23,5-o'ta qizigan bug'ning nominal bosimi, MPa; 3-modifikatsiya nomeri. Tipaviy o'lchamlarni qisqartirib yozish ruxsat etiladi, masalan T-250-23,5. Eng ko'p tarqalgan turbinalarning asosiy parametrlari 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval.

Teplofikatsion turbinaning asosiy ko'rsatkichlari

Parametr	T-55/65-12,8	T-110/120-12,8-5	TP-115/125-12,8-1	T-185/220-12,8-2	T-250/300-23,5-1	T-255/305-23,5-5	T-180-12,8-2
Nominal elektrik quvvat, MVt	50	110	115	185	250	260	180
O'ta qizigan bug'ning bosimi, MPa	12,8	12,8	12,8	12,8	23,5	23,5	12,8

O'ta qizigan bug'ning harorati, °S	555	555	555	555	560	540	540
O'ta qizdirgichdan chiqqan bug'ning harorati, °S	-	-	-	-	565	540	540
Kondensatordagi bosim, kPa	5,1	5,6	5,0	5,0	5,8	5,8	6,3
Teplofikatsion yuklama (nominal), MVt	116,7	203,53	209,3	325,64	384	418,7	302,5
Teplofikatsion otbordagi bosimning ishchi ko'lami, MPa:	0,059-	0,06-	0,06-	0,06-	0,06-	0,06-	0,059-
yuqori	0,245	0,25	0,25	0,3	0,2	0,2	0,196
quyi	0,05-	0,05-	0,05-	0,05-	0,05-	0,05-	0,049-
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0,147
toza bug'ning maksimal sarfi, kg/s	73,6	134,72	136,1	225	258,3	277,78	186,1
Ta'minot suvining harorati, °S	225	234	228	232	263	265	232
Bug'ning solishtirma sarfi, kg/(kVt·soat)	4,9	4,3	-	4,25	3,64	-	3,65

T-110/120-12,8 turbinali turbina qurilmasining issiqlik sxemasi 8.3-rasmda keltirilgan. Issiqlik sxemani ikkita joylashtirish varianti qo'llaniladi-blokli va ko'ndalang bog'lamali. Qozonxona bo'limidan chiqayotgan bug' diametri 300 mm bo'lgan bug' uzatish quvuri bo'yicha turbinaga kiritiladi. Toza bug'ning bug' uzatish quvurida asosiy bug'li zadviyka o'rnatilgan. Turbinaning YUBS dan oldin to'xtatish klapani va to'rtta rostlash klapani mavjud. YUBQ da birinchi ikki tojli rostlash pog'onali bug' taqsimlash qabul qilingan.

Birinchi regenerativ otbor YUBQ dan chiqib yuqori P-7 PBQ ga kiritiladi. Birinchi otbor liniyasiga YUBS oxirgi zichlamasidan oldingi birinchi kameradan ham bug' uzatiladi.

iste'mol qiladi. Shuning uchun so'nggi pog'onadan chiqayotgan bug'ning harorati va entalpiyasi oldingi pog'onanikiga qaraganda yuqori, shuning uchun ushbu parametrlarning qiymati PBS ga kirishdagi qiymatiga qaraganda yuqori bo'lishi mumkin.

Regenerativ qizdirish tizimi to'rtta PBQ, deaerator va uchta YUBQ dan iborat. Kondensator va PBQ trakti orasida yordamchi issiqlik almashinuvi qurilmasi, asosiy ejektorni sovitgich, zichlama ejektorini sovitgich va salnikli qizdirgich o'rnatiladi. Ushbu moslamalarda turbinaning so'nggi zichlamalaridan olinayotgan bug' oqimining, ejektorlarning ishchi bug'i va kondensatordan chiqayotgan bug'-suvli aralashma issiqlik energiyasidan foydali ishlatiladi.

Asosiy kondensat liniyasida salnikli qizdirgichdan keyin ikki yo'lli klapan IYK o'rnatiladi, uning yordamida ikkita texnologik funktsiya bajariladi. IYK ning barcha ish rejimlariga kondensatorda kondensat sathini avtorostlagich ta'sir ko'rsatadi. Tarmoq qizdirgichlari ulangan rejimlarda kondensatorga kichik miqdordagi bug' kiritiladi, keyin asosiy kondensatni bir qismini kondensatorga qaytishi uchun IYK ning ikkinchi yo'li ochiladi. Buning yordamida kondensat nasosi, zichlagich ejektorini sovitgich va salnikli qizdirgich orqali o'tayotgan asosiy kondensatning zarur sarfi ta'minlanadi. Zichlagich ejektorini sovitgich va salnikli qizdirgich orqali o'tayotgan kondensatning minimal ruxsat etilgan sarfi 38,9 kg/s ga teng bo'lishi kerak, yopiq burovchi diafragma orqali kondensatorga o'tayotgan bug'ning maksimal sarfi 5 kg/s.

Barcha PBQ lar yuzaviy turdagi. P-4 PBQ qizdiruvchi bug'ining kondensati o'z oqimi bilan P-3 ga quyiladi, u yerda nasos yordamida P-3 va P-4 orasidagi liniyada joylashgan oqimlarni aralashish tuguni S-3 uzatiladi.

Past bosimli qizdirgichlar P-2 va P-1 dan chiqayotgan qizdiruvchi bug'ning kondensatini quyishning uchta varianti mavjud. Turbina ishga tushirilganda va yuklama taxminan 30% ga yetganda kondensator kengaytirgichiga to'kiladi. Tarmoq qizdirgichlari ishlamay turganda (kondensatsion rejim) to'kish nasosi P-2 va kichik nasos PSG-1 ishga tushiriladi. Teplofikatsion rejimlarda P-2 dan chiqqan kondensat o'z oqimi bilan PSG-2 kondensat yig'gichga to'kiladi, P-1 chiqqan

kondensat esa PSG-1 kondensat yig'gichga to'kiladi. P-1 to'kish quvurining diametri shunday tanlanadiki, bunda to'kish P-1 da kerakli sath bo'lmaganda ham amalga oshiriladi. Bunda P-1 ni sath rostlagich va kondensatni PSG-1 ga to'kilish liniyasida rostlovchi klapan bilan jihozlash shart bo'lmaydi. Bunday sxema ekspluatatsiyada ancha ishonchli. Tarmoq qizdirgichlari orqali o'tayotgan tarmoq suvining sarfi 278-1250 kg/s ni tashkil qiladi. U 117⁰S gacha qizdiriladi.

Asosiy kondensat qizdirilgandan so'ng deaeratorga kiritiladi. Deaeratoridagi ishchi bosim 0,59 MPa ga teng. Bosimi 1,22 MPa va harorati 266⁰S bo'lgan bug' normal rejimda uchinchi regenerativ otbordan deaeratorga kiritiladi. Bosim bo'yicha kerakli zahira turbinani kichik yuklamalarda ishlashini ta'minlaydi. Deaerator kolonkasida doimiy bosimni ta'minlash uchun elektro rostlagich bug'ni deaeratorga kiritish liniyasida o'rnatilgan drossel klapaniga ta'sir ko'rsatadi. Turbinaning katta yuklamalarida, ya'ni otbordagi bosim 0,7 MPa dan kam bo'lmaganda deaerator ikkinchi regenerativ otboriga ulanadi.

Ko'ndalang bog'liqlikli IEM da deaeratorlar parallel ulanadi. Ular ta'minot nasosi o'rnatilgan joydan yuqorida joylashadi.

Yuqori bosimli qizdirgich guruhi uchta moslamadan tashkil topgan, ular ta'minot suvining yo'li bo'yicha ketma-ket ulangan. Quyi YUBQ P-5 da otbordagi bosim 0,88-0,93 MPa bo'lganda qizdiruvchi bug'ning kondensati ketma-ket holda deaeratorga quyiladi. Bosim kichik bo'lganda PBQ P-4 ga to'kiladi. Beshinchi modifikatsiyali turbina qurilmasida katta issiqlik almashinuv yuzali yuqori bosimli qizdirgichlar o'rnatiladi.

Turbina kondensatori ikkita alohida korpuslardan iborat. Bug'li bo'shliq diametri 700 mm bo'lgan ko'tarma bilan biriktirilgan. Sovituvchi suvning oqimlari kondensator korpusi orqali parallel o'tadi. Qo'shimcha suv kondensatorga kondensatordagi to'yinish haroratidan 8-10⁰S yuqori haroratda uzatiladi. Kondensatorning quvurlar doskasi bilan bir qatorda joylashgan bo'lmalar tuzli bo'lmalar deb nomlanadi. Kondensat tarkibidagi tuz miqdori juda yuqori bo'lganda kondensat tuzli bo'lmadan o'tib qo'shimcha kondensat yig'gichga to'kiladi. Ikkita kondensat nasoslari o'rnatiladi, ulardan biri zahirada turadi. Asosiy kondensatning

sarfi taxminan 97 kg/s ga teng bo'lganda ikkila nasos ham ishga tushiriladi. Tuzli bo'lmalarning qo'shimcha kondensat yig'gichi uchun alohida nasos o'rnatiladi. Har bir korpusda uchta issiqlik almashinuvi yuzasi ajratilgan – ikkita asosiy va bitta quvurlar to'plami ichki o'rnatilgan yuza. Ichki o'rnatmali yuza orqali yoki sovituvchi, yoki tarmoq yoki qo'shimcha suv o'tkaziladi. Qo'shimcha suvning ichki o'rnatmali yuzadan chiqishdagi harorati 35⁰S dan oshmasligi kerak.

Deaerator bakining yuqori qismidan bug' ejektorga uzatiladi. Shuningdek asosiy ejektorlar o'ta qizigan bug' bilan ta'minlanishi kerak, u holda asosiy ejektor liniyasiga rostlovchi klapanlardan chiqayotgan bug'ni kiritish amalga oshiriladi. Ikkita asosiy ejektolardan har biriga bug' sarfi 0,24 kg/s ni, zichlagich ejektoriga esa 0,15 kg/s ni tashkil etadi. Shuningdek beshinchi regenerativ otbordan olinayotgan qo'shimcha 13,9 kg/s miqdordagi rostlanmaydigan bug' otbori mavjud.

2.7. IEM ishlashining energetik ko'rsatkichlari.

IEM ishlashining energetik ko'rsatkichiga quyiladigan asosiy talab quyidagicha, ya'ni ular IEM ishlagandagi iqtisodiy samaradorlikni baholashni ta'minlashi va energiyaning har bir turi bo'yicha alohida iqtisodiy samaradorlikni baholab berishi kerak.

Odatda IEM uchun energetik ko'rsatkichlarni hisoblash to'raligicha va har bir teplofikatsion energetik blok uchun, energetik qozon uchun, teplofikatsion turbina qurilmasi va cho'qqili qozon uchun amalga oshiriladi. Bunday hisoblar turli vaqtlar oralig'i uchun amalga oshiriladi: yil, kvartal, oy, sutka.

IEM ishlashining asosiy energetik ko'rsatkichlari elektr energiyasi va issiqlikni ishlab chiqarish va uzatish samaradorligini baholashi zarur.

Zamonaviy energetikada IEM ishlashining energetik ko'rsatkichlarini hisoblashda ikkita yondoshuvdan foydalaniladi.

Birinchi yondoshuv asosida IEM da ishlab chiqarilgan elektr va issiqlik energiyasini sifat tengligi (bir xil ahamiyatliligi) yotadi. Bunda bug'dan

kondensatorga uzatilgan issiqlik miqdori va xuddi shu miqdorda qozon qurilmasida olingan issiqlik miqdori bir xil ahamiyatga ega deb qabul qilinadi. Barcha hisoblashlar energiyasining saqlanish va o'zgarish qonuni yoki termodinamikaning birinchi qonuni asosida olib boriladi. Demak hisoblashlar balans tenglamalar asosida amalga oshiriladi va bu usul balans usuli deb nomlanadi.

Ikkinchi yondoshuv asosiga quyidagi holat qabul qilinadi, bunda IEM ishlashining iqtisodiy samaradorligini aniqlash uchun energiyani saqlanish va o'zgarish qonunidan va energetik ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Hisoblashlar energiyani saqlanish va o'zgarish qonuni asosida termodinamikaning ikkinchi qonunin hisobga olgan holda olib boriladi. Ushbu qonunga muvofiq yuqori energetik potensialga ega bo'lgan issiqlik energiyasi kichik potentsialli issiqlik miqdoriga qaraganda doimo ko'p miqdorda ish bajaradi. Bunda oxirgi kengayishda bug'ning harorati bir xil bo'lishi kerak. Issiqlik qisman ishga o'zgaradi, u holda ish to'liq issiqlikka o'tadi. Cheklashlarga muvofiq, termodinamikaning ikkinchi qonunini inobatga olib balans tenglamadan foydalaniladi.

Otborlari rostlanuvchi va bug' kondensatsiyalanuvchi turbinaning issiqlik balansi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q_{0kt} = Q'_e + Q_{otb} + Q_k \quad (2.67)$$

bu yerda Q'_e -turbinaga umumiy uzatilgan issiqlikning bir qismi, u to'liq ichki ish (elektr energiyasini ishlab chiqarishga) bajarishga sarflanadi, u quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$N_i = D_{0kt}(h_0 - h_{otb}) + (D_{0kt} - D_{otb})(h_{otb} - h_k) \quad (2.68)$$

bu yerda Q_k -bug'ni kondensatorda kondensatsiyalanish issiqligi; Q_{otb} -bug' bilan rostlanuvchi otborlarga uzatilgan issiqlik miqdori.

Elektr energiyasini ishlab chiqarishga sarflangan Q_e issiqlik miqdorini aniqlashda bug'dan kondensatorga uzatilgan issiqlik ham kiritiladi:

$$Q_e = Q_{0kt} - Q_{otb} \quad (2.68)$$

Elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun energetik qozonga yoqilg'i sarfi, kg/s:

$$B_e = \frac{Q_e}{Q_q^i \eta_{ta} \eta_q} \quad (2.69)$$

bu yerda Q_q^i -yoqilg'ining quyi yonish issiqligi; η_{ta} -issiqlikni tashish FIK, u energetik qozondan turbinaning rostlovchi klapanlarigacha bo'lgan qismda atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlikni inobatga oladi; η_q -qozonning (brutto) FIK.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha turbina qurilmasining FIK:

$$\eta_{tq}^e = \frac{N_e}{Q_{0kt} - Q_{otb}} = \frac{N_e}{Q_e} \quad (2.70)$$

Ishlab chiqarilgan elektr energiya birligiga nisbatan yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b_e = \frac{B_e}{N_e} \quad (2.71)$$

Yoqilg'ining sekundlik sarfini aniqlash uchun (2.71) formulaga (2.70), (2.71) bog'liqliklardagi B_e va N_e larni qo'yamiz, u holda o'zgartirishlardan so'ng quyidagiga ega bo'lamiz:

$$b_e = \frac{1}{Q_q^i \eta_{tq}^e \eta_{ta} \eta_q} = \frac{1}{Q_q^i \eta_{bl}^e} \quad (2.72)$$

bu yerda $\eta_{bl}^e = \eta_{tq}^e \eta_{ta} \eta_q$ -teplofikatsion energetik blokning elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha FIK.

$Q_q^i = 29,31 \text{ kJ} / \text{g}$ bo'lganda soatiy davr uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$b_e = \frac{3600}{29,31 \eta_{bl}^e} = \frac{123}{\eta_{bl}^e} \quad (2.73)$$

Tashqi iste'molchilarning rostlanuvchi otborlardan olingan issiqlik miqdori quyidagi tashkil etadi:

$$Q_{t.ot} = Q_{otb} \eta_{otb} = D_{otb} (h_{otb} - h_{0k}) \eta_{otb} \quad (2.74)$$

bu yerda h_{0k} -olingan bug‘ kondensatining entalpiyasi; η_{otb} -turbina qurilmasining issiqlik uzatish bo‘yicha FIK, u teplofikatsion turbina qurilmasining issiqlik energiyasini uzatish bo‘yicha FIK ga teng:

$$\eta_{otb} = \eta_{tq}^{oyb} = \frac{Q_{t.otb}}{Q_{otb}} \quad (2.75)$$

Issiqlik energiyasini uzatish bo‘yicha energetik blokning FIK:

$$\eta_{bl}^i = \eta_{tq}^i \eta_{ta} \eta_q \quad (2.76)$$

Tashqi iste‘molchiga uzatilgan issiqlikni ishlab chiqarishga yoqilg‘i sarfi:

$$B_i = \frac{Q_{t.otb}}{Q_q^i \eta_{tq}^i \eta_{ta} \eta_q} = \frac{Q_{t.otb}}{Q_q^i \eta_{bl}^i} \quad (2.77)$$

Tashqi iste‘molchiga uzatilgan issiqlik birligiga sarflangan solishtirma yoqilg‘i sarfi:

$$b_{i.e} = \frac{B_i}{Q_{t.otb}} \quad (2.78)$$

Bu yerda $Q_{t.otb} = B_i Q_q^i \eta_{tq}^i \eta_{ta} \eta_q$, u holda shartli yoqilg‘ining solishtirma sarfi, g/kJ:

$$b_{sh} = \frac{1}{Q_q^i \eta_{tq}^i \eta_{ta} \eta_q} = \frac{1}{29,31 \eta_{bl}^i} = \frac{0,034}{\eta_{bl}^i} \quad (2.79)$$

Yoqilg‘ining umumiy sarfi:

$$B = B_e + B_i \quad (2.78)$$

U quyidagi bog‘liqlik bo‘yicha ham aniqlanishi mumkin:

$$B = \frac{Q_{t.otb}}{Q_q^i \eta_{ta} \eta_q} \quad (2.79)$$

IEM ning yoki alohida teplofikatsion energetik blokning umumiy issiqlik samaradorligini baholash uchun hisoblashlarda to‘liq (umumiy) FIK dan foydalaniladi.

IEM ning to‘liq FIK IEM da uzatilgan umumiy energiyani yoqilg‘ining sarflangan issiqligiga nisbatidan aniqlanadi:

$$\eta_{IEM}^{to'liq} = \frac{N_e + Q_{t.otb}}{B Q_q^i} = \frac{N_e + Q_{otb} \eta_{otb}}{B Q_q^i} \quad (2.80)$$

bu yerda N_e -generator klemmlarida ishlab chiqarilgan elektr energiya; $Q_{t.otb}$ -tashqi iste'molchilar qabul qilgan issiqlik miqdori.

Teplofikatsion turbina qurilmasida elektr energiyasini ishlab chiqarish samaradorligini xarakterlovchi ko'rsatkich bo'lib, issiqlik iste'molida elektr energiyasini solishtirma ishlab chiqarish hisoblanadi:

$$e = \frac{N_i}{Q_i} \quad (2.81)$$

Bu yerda N_i -otbor olingan bug' bilan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi. N_i ni hisoblashda rostlanmaydigan otborlar bug'larining ta'sirini hisobga olishi zarur.

Agar rostlanmaydigan otborlarning ta'siri hisobga olinmasa va bug' oraliq o'ta qizdirilishi mavjud bo'lsa, u holda:

$$e = \frac{N_i}{Q_i} = \frac{D_i(h_0 - h_i)}{D_i(h_i - h_{0k})} = \frac{h_0 - h_i}{h_i - h_{0k}} \quad (2.82)$$

Issiqlik iste'molida elektr energiyasini solishtirma ishlab chiqarish otbor bug'ining bosimi va harorati kamayganda ortadi.

Issiqlik elektr markazlarining energetik ko'rsatkichlari balans usuli bilan hisoblanganda qator xususiyatlarga ega. IEM da elektr energiyasi ishlab chiqarishga yoqilg'i sarfi issiqlikning miqdoriy kattaligini hisobga oladi, ammo uning energetik potentsiallarini hisobga olmaydi.

Issiqlik iste'molchisiga uzatilgan issiqlik energiyasiga yoqilg'i sarfi energetik qozonning FIK ga bog'liq va olinayotgan bug'ning energetik potentsialiga bog'liq emas.

Tashqi iste'molchiga uzatilgan issiqlik birligiga solishtirma yoqilg'i sarfi bug' olinayotgan otbor joyiga bog'liq emas. Issiqlik iste'molida elektr energiyasini solishtirma ishlab chiqarish teplofikatsion sikl bo'yicha ishlovchi bug' oqimiga kiritiladi.

2.9. Soplo va yo'naltiruvchi kanallarda bug'ning kengayishi.

Bug'ning kengayish jarayoni uning potensial energiyasini kinetik energiyaga aylanishi bilan bog'liqdir. Bunda bug'ning entalpiyasi kamayadi, biroq oqimning tezligi ortadi.

Termodinamikadan ma'lumki, ideal holatdagi soploda bug' oqimining potensial energiyasini kinetik energiyaga aylanishi quyidagi energiya tenglamasiga bo'ysunadi:

$$i_0 - i_{1t} = \frac{c_{1t}^2 - c_0^2}{2000} \quad (2.83)$$

bu yerda: i_0 ; i_{1t} – 1 kg bug'ning boshlang'ich va oxirgi entalpiyasi, j/kg;

c_0 – bug'ning soplo oldidagi boshlang'ich tezligi, m/sek;

c_{1t} – bug'ning soplodan chiqish joyidagi nazariy tezligi, m/sek.

(2.1) tenglamadan nazariy (yo'qotishlari hisobga olinmagan) tezlikni aniqlaymiz:

$$c_{1t} = \sqrt{2(i_0 - i_{1t}) + c_0^2} = \sqrt{2000 h_0 + c_0^2} \quad (2.84)$$

bu yerda $h_0 = i_0 - i_{1t}$ – soplo yoki yo'naltiruvchi kanallarda izoentropik issiqlik tushishi, j/kg.

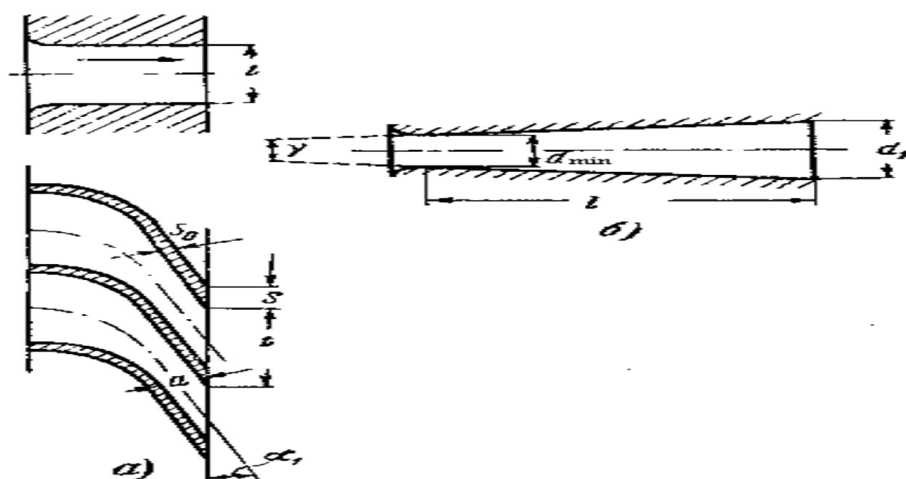
Agar c_0 tezlik kichik bo'lsa, uni e'tiborga olmasak ham bo'ladi:

$$c_{1t} = \sqrt{2000 h_0} = 44,7 \sqrt{h_0} \quad (2.84 a)$$

Bug' turbina qurilishida asosan egri qirqimli (kesimli) torayuvchi soplo va ayrim hollarda egri kesimli kengayuvchi soplo qo'llaniladi. Egri kesimsiz torayuvchi va kengayuvchi soplolar suv va bug' oqimli ejektorlarda qo'llaniladi.

Tajriba va nazariy tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, torayuvchi soplodagi oqayotgan bug'ning kengayishi kritik bosim deb ataluvchi p_{kr} bosimgacha yuz berishi mumkin. Kritik bosim p_{kr} ning soplo oldidagi p_0 bosimga nisbati, kritik

munosabat deb ataladi va $v_{kr} = \frac{p_{kr}}{p_0}$ shaklda bo'ladi.



2.8- rasm. Soplo shakllari.

Gazodinamikadan ma'lumki:



bu yerda k – izoentropiya ko'rsatkichi bo'lib sonli ko'rinishda quyidagicha qabul qilinadi:

o'ta qizigan bug' uchun.....1,3

quruq to'yingan bug' uchun.....1,135

X quruqlik darajasiga to'yingan bug' uchun.....1,035 ÷ 0,1X

Shuningdek har bir gaz o'zining kritik bosim

munosabatiga ega, masalan p_{kr} :

O'ta qizigan bug' uchun.....0,546

Quruq to'yingan bug' uchun.....0,577

Havo va ikki atomli gazlar uchun.....0,528

$\gamma_{kr} = \frac{p_{kr}}{p_0}$ kritik bosim munosabatida torayuvchi soplarning chiqish kesimida

kritik tezlik kattaligi ham hosil bo'ladi, c_{kr} , m/sek.

Gazodinamik qonuniyatlar asosida bu tezlikni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$c_{kr} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} p_0 v_0} \quad (2.85)$$

bu yerda p_0 – soplodagi bug' bosimi, N/m²;

ρ_0, v_0 - soplodagi bug'ning zichligi va solishtirma hajmi, kg/m³, m³/kg;

k – sonli ko'rsatkichlarini (2.3) tenglamaga qo'ysak, o'ta qizigan bug' uchun:

$$c_{kr} = 336,0 \sqrt{p_0 v_0} \quad (2.85 a)$$

Quruq to'yingan bug' uchun:

$$c_{kr} = 326,0 \sqrt{p_0 v_0} \quad (2.85 b)$$

(2.3) tenglikdan ko'rinadiki, c_{kr} ko'rsatkich p_0 bosimga, v_0 solishtirma hajmga va adiabat ko'rsatkichi k ga bog'liq ekan.

Ideal gaz uchun:

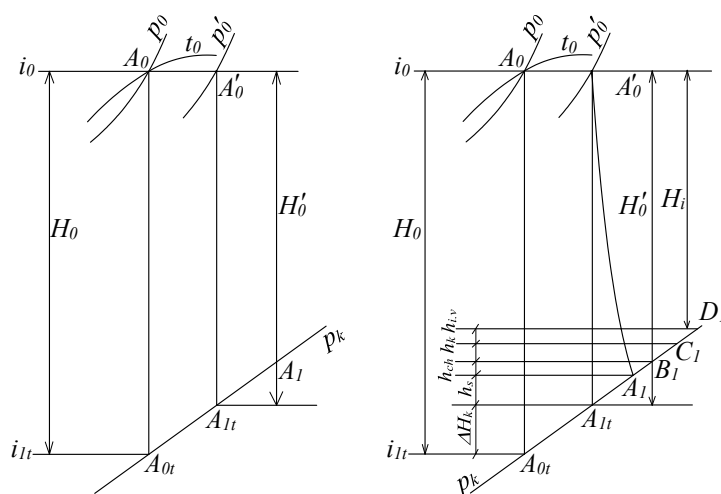
$$\frac{p_0}{\rho_0} = p_0 v_0 = RT_0 \quad (2.86)$$

bu yerda – $R = 288,4$ – gaz doimiysi J/(kg·°S); T_0 – soplodagi bug' harorati.

Agar soplodagi bosim $p_1 > p_k = v_{kr} \cdot p_0$ bo'lsa, kengayish p_1 – bosimgacha o'zgaradi va bunda soplodan chiqishdagi bug'ning tezligi c_{kr} dan kichik bo'ladi.

Bug'ning kengayishida soploda bosimning $p_1 < v_{kr} p_0$ gacha o'zgarishi va tezlikning $c_1 > c_{kr}$ gacha o'zgarish holati faqat kengayuvchi soplodagina ro'y berishi mumkin. Egri kesimsiz torayuvchi soploda kengayish faqat kritik bosimgacha o'zgarishi mumkin.

Egri kesimli torayuvchi soploda bosimning $p_1 < p_{kr}$ gacha o'zgarishida soplo bo'g'zida kritik bosim p_{kr} o'rnatiladi va kritik tezlikkacha erishiladi, bug'ning keyingi kengayishida p_1 bosimga va c_1 tezlikkacha erishish soploning egri kesimi nihoyasida sodir bo'ladi. Soplo va yo'naltiruvchi kurak kanallarida bug' tezligining oshishi uning entalpiyasini pasayishi va shunga muvofiq ravishda bug' bosimining pasayishi hisobiga sodir bo'ladi.



2.9-rasm.

Bug' turbinasidagi yo'qotishlar

(a) hisobga olinmagan va (b) hisobga olingan issiqlik jarayonining iS – diagrammasi.

Bug' turbinasining muhandislik hisoblarida iS -diagrammasi keng qo'llaniladi. Yuqoridagi rasmda soploda bug' kengayishi- ning yo'qotishlar hisobga olinmagan va hisobga olingan issiqlik jarayonlari tasvirlangan.

Bug'ning soplo oldidagi holati berilgan parametrlarga muvofiq bo'ladi. Pog'onaning hisobida soplo oldidagi bosim va harorat p_o va t_o soplodan keyingi bosim p_1 va bug'ning soplo kanali oldidagi tezligi c_o beriladi.

iS – diagrammada boshlang'ich parametrlar p_o va t_o kesishuvchi A_o nuqta bilan belgilanadi.

a – yoʻqotishlar hisobga olinmaganda;

b – yoʻqotishlar hisobga olinganda;

(p_o^* va t_o^* nuqtalar tormozlanish parametrlari ham deb ataladi).

Bugʻning soplo kanali oldidagi kinetik energiyasini hisoblash bilan (c_o/d) A_o^* orqali ishchi jismning soplo oldidagi holati aniqlanadi.

Agar c_o tezlik kichik va uni qisqartirib yuborish mumkin boʻlsa, yaʼni hisobda $c_o=0$ deb hisoblasak, bu holda A_o^* nuqta bilan tenglashadi. Tormozlanish parametrlari p_o^* va t_o^* ham bosim p_o , t_o parametrlarga tenglashadi. Agar soplo kanalida bugʻ oqimining yoʻqotishlari hisobga olinmasa, bunday nazariy jarayon *is*- diagrammasida toʻgʻri vertikal chiziq shaklida tasvirlanadi. $A_o^*=A_{1t} \times h_{o1}=i_o-i_{1t}$ J/kg, kattaligi soplodagi toʻliq issiqlik tushishi.

Ushbu nuqtadagi aniqlangan tezlik ham nazariy deb yuritiladi va c_{1t} bilan belgilanadi:

$$c_{1t} = \sqrt{2 \cdot h_{o1} + c_o^2} \quad (2.87)$$

Soploda bugʻ kengayishining haqiqiy holatida energiya yoʻqotishlari kuzatiladi va bu paytda tezlik pasayadi. Bu yoʻqotishlar soplodagi bugʻ entalpiyasini oshiradi. SHunday qilib soplodagi bugʻ entalpiyasi i_l nazariysidan i_{1t} yuqoriroq boʻladi, yaʼni $i_l > i_{1t}$ (b-rasm) soplodagi oqimning haqiqiy tezligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$c_1 = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot h_o + c_o^2} \quad (2.88)$$

bu yerda $\varphi = c_1/c_{1t} < 1$ tezlik koeffitsiyenti deyiladi.

Soplo va yoʻnaltiruvchi kuraklardagi tezlik koeffitsiyenti φ juda koʻp faktorlarga bogʻliq boʻladi. Soplo va yoʻnaltiruvchi kuraklarning geometrik oʻlchamlariga, ularning yuzasi qayta ishlanganligiga va h.k. φ koeffitsiyent 0,91 – 0,93 dan 0,96 – 0,98 gacha oraliqda farqlanishi mumkin. Yuqori iqtisodiy koʻrsatkichli zamonaviy bugʻ turbinalari uchun φ kattalik koʻrsatkichi 0,96 – 0,98

ga teng bo'ladi. Soplo va yo'naltiruvchi kuraklarda issiqlik tufayli ish h_s bilan belgilanadi va quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

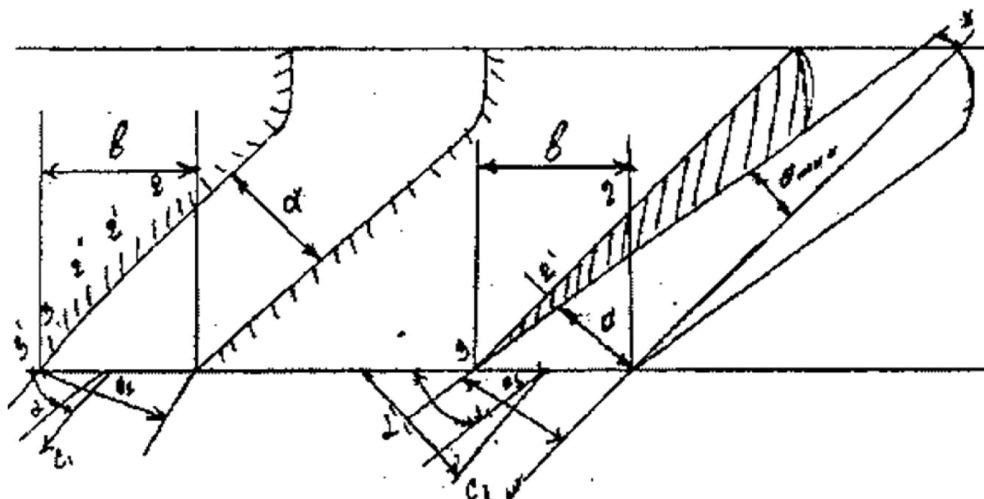
$$\frac{h_s}{h_0} = \frac{p_0}{p_s} \quad (2.89)$$

is – diagrammadan foydalanib, bug' oqimining kritik tezligini aniqlash mumkin. Shuning uchun tormozlanish bosimi bo'yicha p_o^* kritik bosimni $p_{kr} = v_{kr} \times p_o^*$ va is – diagrammadan kritik issiqlik tushishini $h_{kr} = i_0 - i_{kr}$; J/kg, aniqlaymiz. SHundan keyin, kritik tezlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$c_{kr} = \sqrt{2 \cdot h_{kr}} \quad (2.90)$$

Soploning egri kesimida bug'ni kengayishi bug' turbinasining soplo kanalida bir qancha burchaklar (ishchi kurak aylanma yo'nalishi bo'ylab) hosil qiladi va ular soploning chiqish joyida egri kesim deb ataladi.

Soploda (egri kesimli) bug'ning kengayish jarayoni ma'lum o'ziga xosliklarga ega.



2.10-rasm. Egri kesimli torayuvchi va kengayuvchi soplolar

2.10. Torayuvchi soplo.

$p_1 / p_{10} \leq \gamma_{kr}$ bo'lganda, egri kesimli torayuvchi soploda bug'ning kengayish jarayoni egri kesimsiz soplodagi bug' kengayishidan hech qanday farq qilmaydi. Biroq $p_1 / p_{10}^* \geq \gamma_{kr}$ bo'lsa, egri kesimli soplodagi ro'y beradigan bug'ning kengayish jarayoni o'ziga xos xususiyatlarini namoyon qiladi. Soplo xalqumi deb ataluvchi, soploning eng kichik kesim yuzasida (o'tish) yuz beradigan bug'ning boshlang'ich p_o^* holatidan p_{kr} holatigacha kengayishi egri kesimsiz torayuvchi soplodagidek yuz beradi. Demak, o'tish kesim maydoni f_{min} ga teng bo'lgan (a) 1 – 2 kesimi) soplo xalqumida kritik bosim p_{kr} va kritik tezlik c_{kr} o'rnatilar ekan.

Bug'ning p_{kr} dan p_1 gacha kengayishi va shunga muvofiq tezlikning ham c_{kr} dan c_1 gacha ortishi soploning egri kesim chegarasida yuz beradi. Soploning 1 – 2 kesimining chiqishi p_1 bosim fazosida yuz beradi. Demak, 1 – nuqtada bug'ning bosimi p_{kr} dan p_1 gacha sakrab pasayadi. Biroq, soplo egri kesimining 2 – 3 uchastkasida bug'ning p_{kr} dan p_1 gacha kengayishi asta – sekinlik bilan yuz beradi. SHunday ekan 1 – nuqtadan egri kesim chegarasigacha bosimning p_{kr} dan p_1 gacha o'zgarishi bo'ylab izobara bog'larini o'tkazish mumkin.

Izobaralar tajribasiga asoslangan holda 1 – 2, 1 – 2', 1 – 2'' va 1 – 3 egri chiziqlarni sxematik ko'rinishda chizish mumkin (6-(a) rasm).

Egri kesimli kengayishda bug' c_{kr} tezlikka erishgan kesimdan boshlab uning tezligi soplo markaziy o'qidan chetga og'ishi kuzatiladi. Bunda oqimning yo'nalishi soplo egri kesimining har qanday qirqimida MAX burchagi deb nomlanuvchi (θ) 1 – 2, 1 – 2', 1 – 2'' va h.k. izobaralar yo'nalishini hosil qiladi va quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\sin \theta = \frac{c_s}{c_1}$$

bunda c_s – bug' holatiga mos keladigan tovush tezligi.

Bug' holatiga mos keladigan tovush tezligiga taxminan 1 – 3 chizig'i bo'ylab egri kesimda bug' kengayishi mumkin bo'lgan eng oxirgi p_{1a} bosimda erishish mumkin.

Agar bosim soplodan keyin p_{1a} dan kichik bo'lsa, bug'ning keyingi kengayishi soplo chegarasidan tashqarida yuz beradi va enining sochilishi kuzatiladi. Agarda soplodagi bosim $p_1 > p_{1a}$ bo'lsa, p_1 oxirgi bosim egri kesimning qaysidir oraliq qirqimlarida o'rnatiladi. Bunday holatlar 6 – rasmda tasvirlangan. Soplo qiya kesimida bug' oqimining chetga og'ishi uning p_{kr} dan p_1 gacha yoki p_{1a} gacha kengayishiga yoxud bug' solishtirma hajmining intensiv oshishiga bog'liq, agarda $p_1 > p_{1a}$ bo'lsa o'tish kesimini kattalashtirish talab qilinadi.

Aytish mumkinki, α_1 burchak qanchalik kichik bo'lsa, torayuvchi soplonegi qiya qirqimida bug' kengayishi shunchalik katta bo'ladi. Haqiqatda $\alpha_1 = 90^\circ$ da qiya qirqim bo'lmaydi va yakunlovchi tezlikning kiritik tezlikdan yuqori natijasini oshirishning imkoni ham bo'lmaydi. α_1 burchagini kamaytirish tadbirida soplonegi qiya qirqimi maydoni kattalashadi va unda bug'ning kengayishi uchun imkoniyat oshadi.

Aerodinamik hisoblarini to'g'ri bajarish va keyingi ishchi kuraklarni qiyalab tekislash uchun bug' oqimining soplo kanalidan chiqish joyidagi haqiqiy yo'nalishini bilish zarur. Soplo kuragi qiyaligidan α_1 chiqish burchagidan tashqari, bug' oqimining soplo o'zanidan ogish burchagini (β) ham bevosita bilish kerak. β burchakni aniqlash uchun quyidagicha yo'l tutamiz.

6 (a) rasmni sharhlab chiqamiz:

a – soplo xalqumi eni (1 – 2 qirqim);

a_1 – soplodan chiqish joyidagi bug' oqimi eni,

l – qiya qirqim chegarasida soplo balandligi (chizmaning perpendikulyar tekislikdagi o'lchami);

l_1 – soplodan chiqqandan keyingi bug' oqimining qalinligi (3' – 4 chizig'ii);

c_{kr} va v_{kr} – bug'ning kritik tezligi va solishtirma hajmi (soplo bo'g'zidagi 1 – 2 kesmada);

c_1 va v_1 - soploning chiqish kesimida bug' tezligi va solishtirma hajmi.

1 – 2 va 3' – 4 kesmalarda bir xil miqdordagi bug' oqib o'tar ekan, buni tenglik ko'rinishida shunday yozish mumkin:

$$G = \frac{f_{\min} c_{kr}}{v_{kr}} = \frac{f_1 c_1}{v_1} \quad (2.91)$$

Bunda $f_{\min} = a l$ va $f_1 = a_1 l_1$ – 1 – 2 va 3' – 4 o'tish kesimlarining maydoni.

f_{\min} va f_1 o'rniga a ning qiymatlarini qo'yamiz va tenglikning ikkala tomonini l ga ($l \approx l_1$ deb olib) qisqartiramiz:

$$\frac{ac_{kr}}{v_{kr}} = \frac{a_1 c_1}{v_1} \quad (2.92)$$

6 (a) rasmdan ko'rinadiki, $a = t \cdot \sin \alpha_1$ va $a = t \cdot \sin(\alpha_1 + \beta)$ ga teng, bularni (2.9) tenglikka kiritamiz:

$$\sin \frac{\alpha_1 c_{kr}}{v_{kr}} = \sin(\alpha_1 + \omega) \frac{c_1}{v_1} \quad (2.93)$$

(2.10) formuladagi $(\alpha_1 + \omega) = \alpha_1'$, orqali ifodalaymiz:

$$\sin \alpha_1' = \sin(\alpha_1 + \omega) = \frac{c_{kr}}{c_1} \frac{v_1}{v_{kr}} \sin \alpha_1 \quad (2.94)$$

bundan tashqari

$$\sin \alpha_1' = \frac{f_1}{f_{\min}} \sin \alpha_1 \quad (2.95)$$

ekanligi ham ma'lum.

Soplning qiya kesimi chegarasida bug' kengayishining maksimal imkoniyatida, ya'ni 1 – 3 chizig'ida p_{la} bosim hosil bo'ladi va oqimning ogish burchagi β_{ox} ham o'zining so'nggi ko'rsatkichiga erishadi.

2.11. Kengayuvchi soplo

Kengayuvchi soplarning qiya qirgimida bug' hisoblanganidan ham past bosimgacha, masalan p_I dan p_I' gacha qo'shimcha kengaytirish imkonini beradi. Kengayuvchi soplo qiya qirgimida oqimning chetga og'ishi soplarning 1 – 2 chiqish kesimidan keyin ro'y beradi.

Kengayuvchi soplo qiya kesimida bug' oqimining og'ishini taxminan (2.2) tenglamadan aniqlash mumkin. Undagi v_{kr} va c_{kr} o'rnini 1 – 2 kesim uchun ω_1 va c_I ga almashtiramiz hamda 3 – 4 kesim uchun ω_1 va c_I o'rniga ω_1' va c_I' qo'yamiz:

$$\sin \alpha_1' = \sin(\alpha_1 + \omega_1) = \frac{c_1}{c_1'} \frac{v_1'}{v_1} \sin \alpha_1 \quad (2.96)$$

Kengayuvchi va torayuvchi soplolar uchun qiya kesimda bug'ning kengayishi imkon chegarasini baholovchi munosabatni yozish mumkin:

$$v_{1a}' = \frac{c_s'}{c_1} \frac{v_1}{\sin \alpha_1} \quad (2.97)$$

bunda c_I' – soplarning 1 – 2 chiqish kesimidagi bug' parametrlarida tovush tezligi. c_I' tezlikni quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$c_1' = \sqrt{kp v} \quad (2.98)$$

c_I' – tezlikni taxminan soplo bo'g'zidagi kritik tezlikka teng c_{kr} deb olish mumkin.

(2.14) tenglikdan olingan $v_{1a}' < v_1'$ tengsizlikdan ko'rinadiki, bug'ning kengayish jarayoni kengayuvchi soplarning qiya kesimidan keyin ham davom etadi.

Agarda $v_{1a}' > v_1'$ bo'lsa, bug'ning kengayishi qiya kesim chegarasida tugar edi.