

## **8-Mavzu. Bug' kuch qurilmalarining sikllari**

### ***Reja:***

#### ***1.Bug' - kuch qurilmalarining sikllari, ishlash sxemasi .***

##### ***1.1.Suv bug'i uchun Karno sikli.***

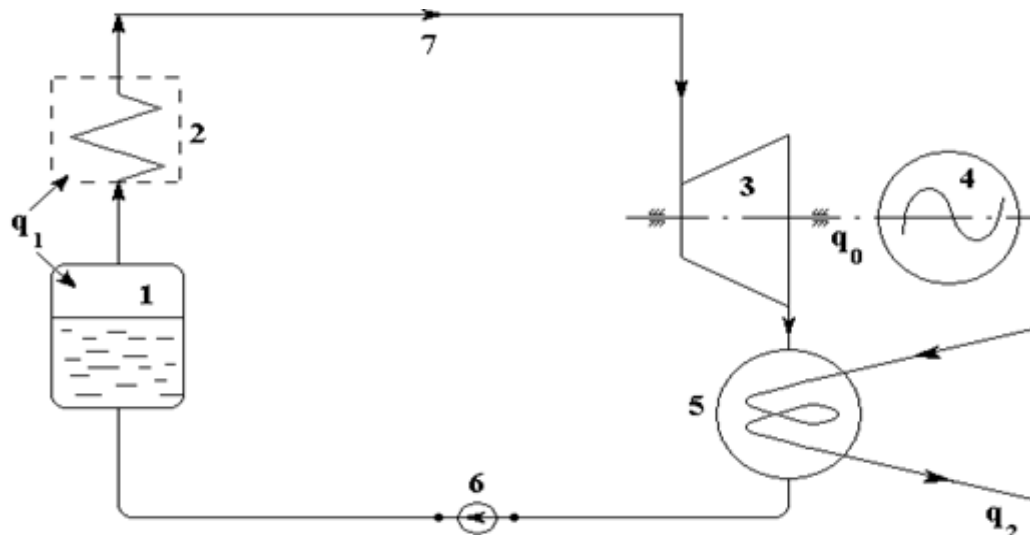
##### ***1.2.Suv bug'i uchun Renkin sikli.***

##### ***1.3.Issiqlik bilan ta'minlash asoslari.***

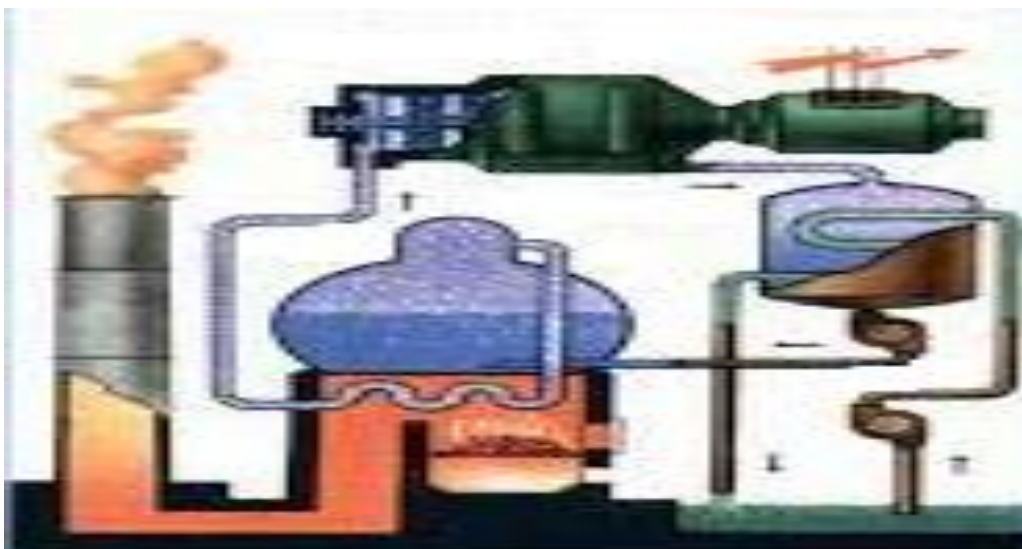
#### **1.Bug' - kuch qurilmalarining sikllari, ishlash sxemasi .**

Zamonaviy statsionar issiqlik energetikasiga asosan bug' issiqlik elektr stantsiyalaridan foydalaniladi. Ishlab chiqarilgan elektr energiyasining 80% dan ortig'i bug' turbinali elektr stantsiyalarining ulushiga to'g'ri keladi. Bug' issiqlik elektr stantsiyalarida, suv bug'i ishchi suyuqlik sifatida ishlatiladi asosiy sabablaridan biri, bu suvning mavjudligi va arzonligi bilan izohlanadi. 1-rasmda bug' elektr stansiyasining strukturaviy ishlash sxemasi ko'rsatilgan. (1) – bug' qozonidan  $p_1$ ,  $T_1$ ,  $h_1$  parametrlari bilan o'ta qizdirilgan bug', quvur (7) orqali (3) bug' turbina apparatidagi soplo orqali bug' turbina apparatiga kiradi va uning parraklariga urilib kengayib, bug' turbinasining rotorini aylantirib, kinetik energiyaga ega bo'ladi va mexanik ishga aylanadi. Turbinaning mexanik energiyasi EG elektr generatorida elektr energiyasiga aylanadi. Turbinadan keyin bosim  $p_2$  va entalpiya  $h_2$  bo'lgan bug' issiqlik almashinuvchisi bo'lgan K kondensatoriga kiradi, uning quvurlarida suv aylanib, bug'ni sovutadi. Issiqlik kondensatorga  $q_2$  miqdorida chiqariladi, buning natijasida bug' kondensatsiyalanadi. Kondensat H nasosi orqali qozonga yetkazib beriladi va sikl yana takrorlanadi. Shunday qilib, bug' elektr stantsiyalarining xarakterli xususiyati sikldagi ishchi suyuqlikning fazaviy o'zgarishi hisoblanadi doimiy ish jarayoni amalga oshadi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, ishchi jism (suv, bug') ga berilayotgan issiqlik miqdori  $q_1$  ikki bosqichda: suvni qaynatish va bug' hosil qilishda, hamda bug' qizdirgichda bug'ni quritish va qizdirishda beriladi.

a)



b)



1- rasm. Bug' elektr stansiyasining strukturaviy ishlash sxemasi.(a-shartli chizmasi;b-rasmi).

Rasmdan ko'rinib turibdiki, ishchi jism (suv, bug') ga berilayotgan issiqlik miqdori  $q_1$  ikki bosqichda: suvni qaynatish va bug' hosil qilishda, hamda bug' qizdirgichda bug'ni quritish va qizdirishda beriladi.

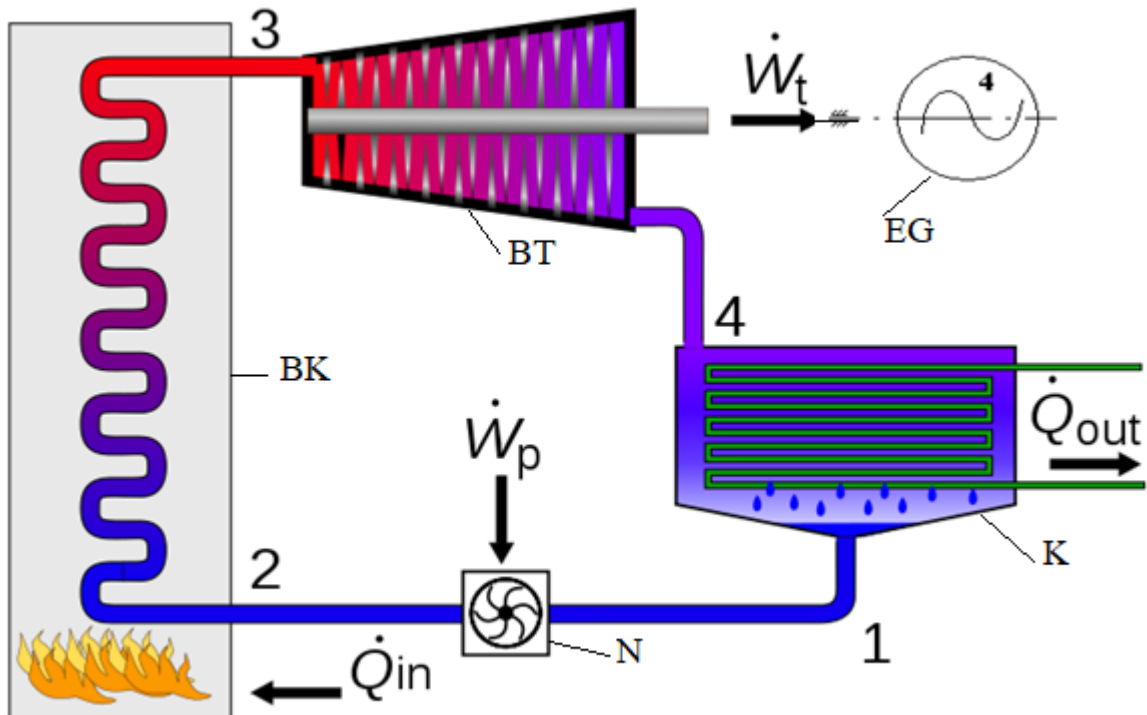
### 1.2. Suv bug'i uchun Renkin sikli.

Hozirgi vaqtdagi barcha zamonaviy elektr stansiyalari klassik Rankine siklidan foydalangan holda ishlatilmoqda.

Bug' kuch qurilmalari (BKQ) uchun Renkin sikli asos qilib olingan. Karno siklidan bu siklning farqi shundaki, bug' kondensatorda to'la suvga aylanadi.

4-rasm

Kompressor katta hajmli bug'-suv aralashmasini emas, nasos kichik hajmli suvni haydaydi, bu esa BKQ ning f.i.k. ni ancha ortishiga olib keladi.



2- rasm. Klassik Rankine siklidan foydalangan holda bug' elektr stansiyasining strukturaviy chizmasi.

1-Kondensatordan keyin ishchi suyuqlikning kondensati;

2- nasosdan keyingi ishchi suyuqlik;

3-turbina oldidagi ishchi suyuqlikning bug'i;

4-kondensatorga kirishda ishchi suyuqlikning bug'i;

$Q_{in}$  - bug'latgichga beriladigan issiqlik;

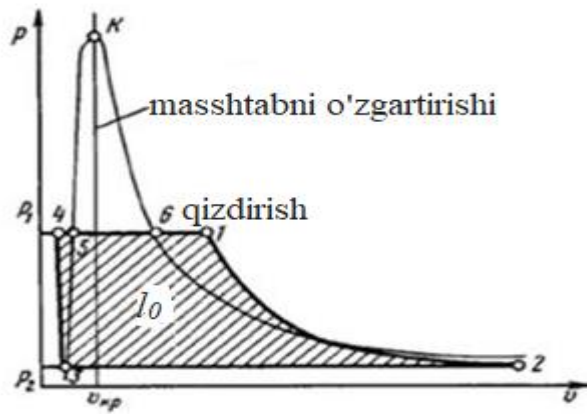
$Q_{out}$  - kondensatordan olingan issiqlik quvvati;

$W_t$ -issiqlik dvigatelining foydali mexanik kuchi;

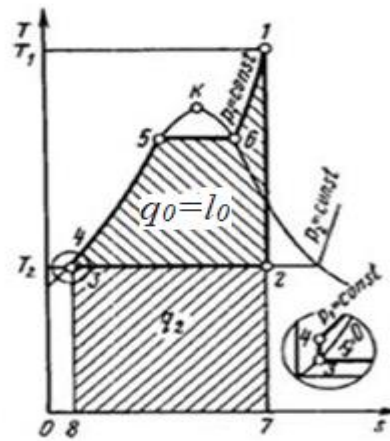
$W_p$  - bosim ostida ishlaydigan nasosning suyuqlikni yetkazib berish uchun sarflanadigan mexanik quvvat.

Renkin siklidagi qurilmaning ishlash tartibi

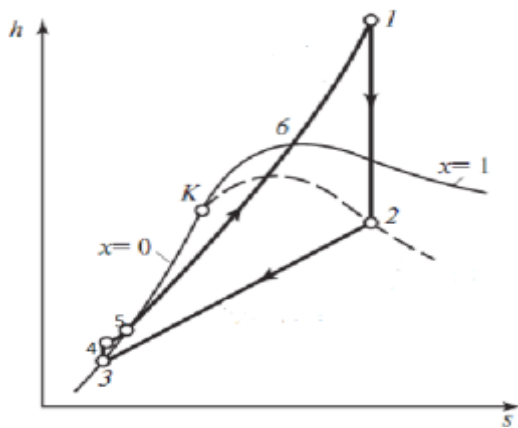
Renkin siklini " $p$ " , " $T_s$ " va  $h$ -s-diagrammlarida ifodalaymiz: Renkin sikli (3-rasmlar) da:



a) PV-diagrammasi.



b) TS-diagrammasi.



v) hS-diagrammasi.

3-rasm. Renkin sikli.

$l_0 = h_1 - h_2$  Siklda olingan foydali ish. qizdirish  $q_0 = l_0$  ;

4-nuqta bug' qozonining oldidagi ishchi suyuqlik holatiga mos keladi. Qozonda suyuqlik isitiladi (4-5), bug'lanish (5-6) va bug'ning haddan tashqari qizishi (6-1). Izobarik jarayonda 1 kg ishchi suyuqlikka berilgan  $q_1$  issiqlik  $q_1 = h_1 - h_4$  jarayonning oxiri va boshlang'ich nuqtalaridagi entalpiyalar farqiga teng.

Bug' turbinasida adiabatik kengayish jarayoni (1-2) amalga oshiriladi. Natijada, qizib ketgan bug' quruq to'yingan bug'ga, so'ngra 2-nuqtada bug'ning parametrlari bilan nam bug'ga aylanadi. Bug'ning kondensatsiyasi o'zgarmas bosimda (2-3-jarayon) sodir bo'ladi. Nam bug' hududidagi izobarlar ham izotermlardir, ya'ni 2-3 oraliqda bosim  $p_2$  va harorat  $T_2$  o'zgarishsiz qoladi. Bunda  $q_2 = h_2 - h_3$  issiqlik miqdori ishchi suyuqlikdan atrof muhitga chiqariladi. Qozonga kondensatni nasos bilan yetkazib berishning 3-4 jarayoni izoxor sifatida tasvirlangan, chunki suv amalda siqilmaydi. Ts va hs diagrammalarining 3 va 4-

oraliqda bir-biriga to'g'ri kelmaydi, lekin bu oraliq suvning og'ishi shunchalik kichikki, unga e'tibor berilmaydi. Shu tarzda hosil bo'lgan termodinamik sikl Renkin sikli deb ataladi (o'tgan asrning o'rtalarida buni taklif qilgan Shotlandiya fizigi nomi bilan).

Rankine siklining termik f.i.k. ning

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_4) - (h_2 - h_3)}{h_1 - h_3} \quad (8.1)$$

Yuqorida aytib o'tilganidek,  $h_3 = h_k$ , ya'ni, deb taxmin qilishimiz mumkin.

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_2)}{h_1 - h_3} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_k} \quad (8.2)$$

bu yerda  $h_k$  - 3-nuqtadagi kondensatning entalpiyasi.

$h_1 - h_2$  ifoda  $l_{ts}$  siklining ishiga teng.

Yuqoridagi formuladan kelib chiqadiki, Renkin siklining termik f.i.k. ning turbinaga qadar  $h_1$  va undan keyin  $h_2$  bug' entalpiyasi va bug' kondensatsiyasi harorati  $t_2$  ga teng  $h'_k$  entalpiyasi qiymatlari bilan aniqlanadi. Shuning uchun bug' elektr stansiyasi siklining  $\eta_t$  -qiymatini aniqlashda hs-diagrammasidan foydalanish qulay.

Bug' elektr stansiyasining issiqlik samaradorligini oshirish uchun ish jarayonining chegaralarini kengaytirish, ya'ni o'ta qizib ketgan bug'ning bosimi va haroratini oshirish (ya'ni,  $h_1$  qiymatini oshirish) va bug' bosimini  $p_2$  kamaytirish kerak, turbinaning quyi oqimida.

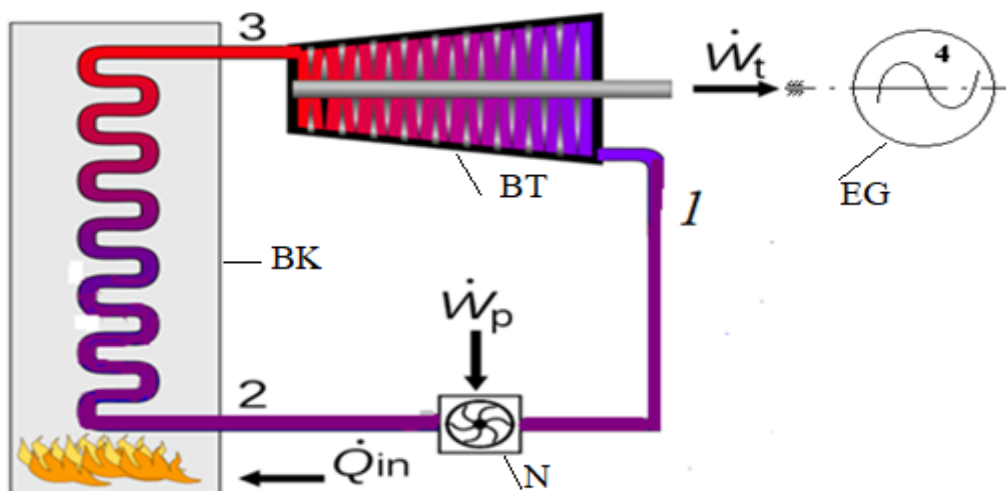
Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalarida dastlabki bosim  $p_1 = 13 \dots 16$  MPa (24 MPa ga teng o'ta kritik bosim ham ishlatiladi), bug' harorati  $t_1 = 535 \dots 565$  ° S. Turbinaning orqasidagi bug' bosimi  $p_2 = 3 \dots 5$  kPa.  $T_1$  doimiy harorat chegara qiymatida  $p_1$  bosimining oshishi bilan bug'ning namligi kengayish jarayonining oxirida ortadi (hs diagrammasida jarayon chapga siljiydi), bug'ning oraliq qizib ketishi ishlatilgan. Qayta isitish bosimi shunday tanlanadiki, siklning ishi  $L_s$  issiqlik iste'moli  $q_1$  dan (bug'ni qayta isitish uchun qo'shimcha iste'molni hisobga olgan holda) ko'proq darajada oshadi.

Bug' elektr stansiyasida regenerativ siklga ishlaganda issiqlik

samaradorligi ortadi, bu siklning qayta tiklanadigan Karno aylanishiga yaqinlashishi bilan bog'liq. Bug' elektr stantsiyasining regenerativ siklida bug'ning bir qismi 1-2 kengaytirish uchastkasidagi turbinadan olinadi va issiqlik almashtirgichga yuboriladi, u yerda kondensat bilan aralashib, qozon oldidagi haroratini oshiradi. Bunday hodisa natijasida  $L_s$  ishi biroz pasayadi, lekin  $h_1-h_k$  qozonidagi issiqlik iste'molining kamayishi tufayli siklning samaradorligi yuqori bo'ladi. Turbinadan bug' chiqarish bosimining optimal qiymatlari (va, demak, kondensat isitish harorati) tegishli texnik va iqtisodiy hisob-kitoblar asosida aniqlanadi. Renkin sikli termik f.i.k. ning son qiymati bug'ning asosiy ko'rsatkichlariga bog'liq.

### 1.2.Suv bug'i uchun Karno sikli.

Klassik *Karno sikli* dan foydalangan holda bug' elektr stantsiyasining strukturaviy ishlash sxemasi **quyida keltirilgan bo'lib uning ishlash jarayoni quyidagi tartibda amalga oshiradi.** (BK) - bug' qozonidan  $p_1, T_1, h_1$  parametrlari bilan o'ta qizdirilgan bug', quvur (3) orqali (BT) bug' turbina apparatidagi soplo orqali bug' turbina apparatiga kiradi va uning parraklariga urilib kengayib, bug' turbinasining rotorini aylantirib, kinetik energiyaga ega bo'ladi va mexanik ishga aylanadi. Turbinaning mexanik energiyasi EG elektr generatorida elektr energiyasiga aylanadi. Turbinadan keyin bosim  $p_2$  va entalpiya  $h_2$  bo'lgan bug' yarim kondensat holatida nasos orqali bug' qozoniga uzatib beriladi.



4- rasm. *Karno sikli* dan foydalangan holda bug' elektr stantsiyasining strukturaviy ishlash sxemasi. BK-bug' qozoni; BT-bug' turbinasi; EG-elektr generator.

1- bug' turbinasidan keyin ishchi bug'ning kondensati;

2 - nasosdan keyingi ishchi suyuqlik;

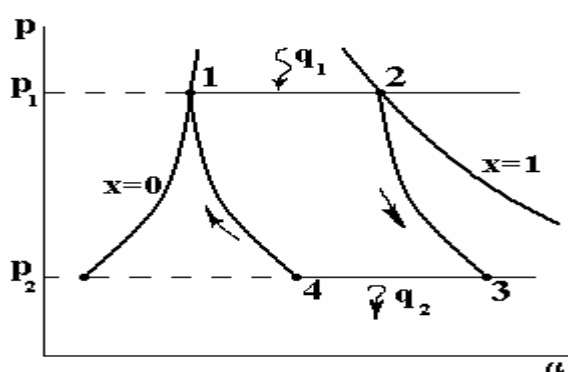
3 - turbina oldidagi ishchi suyuqlikning bug'i;

$Q_{in}$  - bug'latgichga beriladigan issiqlik;

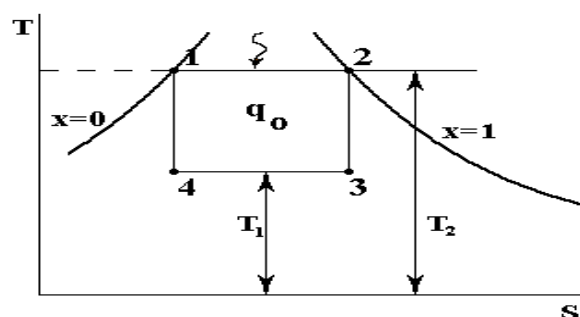
$W_t$  - issiqlik dvigatelining foydali mexanik kuchi;

$W_P$  - bosim ostida ishlaydigan nasosning suyuqlikni yetkazib berish uchun sarflanadigan mexanik quvvat.

*Karno sikli* dan foydalangan holda bug' elektr stansiyasining " $p^g$ " va " $T_s$ " koordinatalarida yuqori ( $x=1$ ) va quyi ( $x=0$ ) chegara (5-6-rasimlar)



5- rasm



6- rasm

chiziqlari orasida chizamiz. 1-2 chizig'i (jarayoni) izotermik va shu bilan birga izobarik jarayon hisoblanadi. 2-3 bug' turbinasidagi bug'ning adiabatik kengayish jarayoni. 3-4 izobarik va bir vaqtning o'zida izotermik sharoitda bug'ning kondensatsiyalanish jarayoni. 4-1 nam bug'ning adiabatik qisilishi ( kompressorda). Bug' ga berilgan va undan sovutgichga o'tgan issiqlik miqdorlari:

$$q_1 = (x_2 - x_1) r_1 \quad \text{J/kg}$$

$$q_2 = (x_3 - x_4) r_2 \quad \text{J/kg}$$

bu yerda,  $r_1, r_2$  -  $p_1, p_2$  - bosim sharoitida bug' hosil qilish uchun kerakli issiqlik miqdori. Siklda foydalanilgan issiqlik miqdori " $T_s$ " koordinatalarida 1-2-3-4-1 yuza bilan ifodalanadi.

$$q_0 = q_1 - q_2 = r_1 (x_2 - x_1) - r_2 (x_3 - x_4)$$

Nam bug' uchun Karno siklining termik f.i.k. uchun ifoda:

$$\eta_t = \frac{q_0}{q_1} = \frac{r_1(x_2 - x_1) - r_2(x_3 - x_4)}{r_1(x_2 - x_1)} \quad (8.3)$$

To'yingan quruq bug' uchun  $x_1=0$  va  $x_2=1$  bo'lganligi uchun termik f.i.k:

$$\eta_t = 1 - \frac{r_2}{r_1}(x_3 - x_4) \quad (8.4)$$

Suv bug'i uchun Karno siklininig termik f.i.k. ni issiqlik manbai va sovutgich haroratlari orqali ham ifodalash mumkin :

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (8.5)$$

1 kg quruq to'yingan bug'ning foydali ishi "pv" koordinatalarida 1-2-3-4-1 yuza bilan ifodalanadi:

$$\ell_0 = r_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (8.6)$$

To'yingan bug' uchun umumiy holda

$$\ell_0 = r_1(x_2 - x_1) \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (8.7)$$

Yuqorida qayd etilgan bug' kuch qurilmasidagi Karno siklininig termik f.i.k. yuqori (nazariy) bo'lishi bilan birga uning asosiy kamchiligi, ishlab bo'lgan bug'ning kondensatorda to'la suvga aylanmasligi bo'lib, kompressor bug'-suv aralashmasi, ya'ni katta hajmli massani qisishi kerak bo'ladi. Katta hajmni qisish uchun esa katta energiya talab qilinadi.

### 1.3.Issiqlik bilan ta'minlash asoslari.

Bug' elektr stantsiyasida yondirilgan yoqilg'ining samaradorligini oshirish mumkin bo'lgan issiqlik va issiq suv ta'minoti uchun turli xil texnologik isitish uchun ishlatilsa va bu yuqori haroratli manbadan olinadigan issiqlik miqdorining kamida yarmini tashkil qiladi. Faqat elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan kondensatsiyali elektr stantsiyalarida kondensatordan keyingi suvning harorati 20 ... 35 ° S ga ega va bu suvning issiqligidan foydalanish amalda



qiyin (past harorat tufayli u past darajadagi issiqlik deb ataladi). Issiq suv ta'minoti va boshqalar ehtiyojlari uchun suv harorati kamida 80 ... 100 °S isitilgan bo'lishi kerak. Bunga turbinadan chiqadigan bug' bosimini  $p_2$  ni oshirish orqali erishish mumkin. Bunday turbinalar kamaytirilgan vakumli turbinalar deyiladi. Agar  $p_2$  bosimi atmosfera bosimidan yuqori bo'lsa, u holda turbinalar qarshi bosimli turbinalar deb ataladi. Odatda, turbinaning orqasida bug' bosimi 0,10 ... 0,15 MPa, iste'molchilarga issiqlik ta'minoti bo'lmagan stantsiyalarda esa  $p_2 = 3 \dots 5$  kPa.

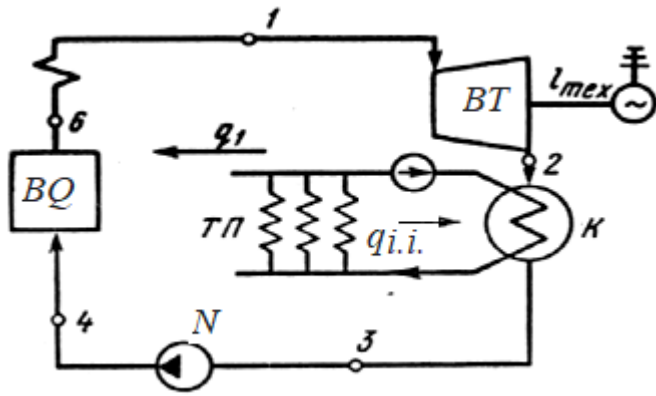
Bir vaqtning o'zida tashqi issiqlik ta'minoti uchun elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqaradigan stansiya **kombinasiyalashgan issiqlik elektr stantsiyasi (IES)** deb ataladi. Bunday stansiyaning diagrammasi 7-rasmda keltirilgan. Ts-koordinatalarda isitish davrining diagrammasi 8-rasmda ko'rsatilgan. Elektr va issiqlik ishlab chiqaruvchi boshqarilmaydigan bug' turbinasining shartli chizmasi (7-rasm) raqamlar Bug' kuch qurilmasining TS-diagrammasida issiqlik fizikasiga bog'liq bo'lgan . (8-rasmga qarang) xarakterli nuqtalarga to'g'ri keladi (8-rasmga qarang). Turli sanoat tarmoqlarining texnologik jarayonlarini isitish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdori 2-4-8-7-2 maydoni bilan belgilanadi. Issiqlik dvigatelining orqasida bosimning oshishi tufayli foydali ishlarning kamayishi 2-2'-4'-4-2 maydoniga teng. Shuning uchun bunday siklning issiqlik samaradorligi kondensatsiya pastroq, ammo umumiy issiqlikdan foydalanish ancha katta.

Issiqlik elektr stantsiyalarining xususiyatlari, elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarish (IES), issiqlikdan foydalanish omili bo'lib xizmat qiladi. Elektr va issiqlik energiyasini (IES) ishlab chiqaradigan issiqlik elektr stantsiyalarining xarakteristikasini aniqlashda termik f.i.k.da , belgilandi.

$$\eta_{it}=(l_e+q_2)/q_1 \quad (8.8)$$

bu yerda  $l_e$  - elektr energiyasini olish uchun ishlatiladigan siklning ishi;  $q_2$  - iste'molchiga chiqariladigan issiqlik;  $q_1$  - manbadan issiqlik ta'minoti.

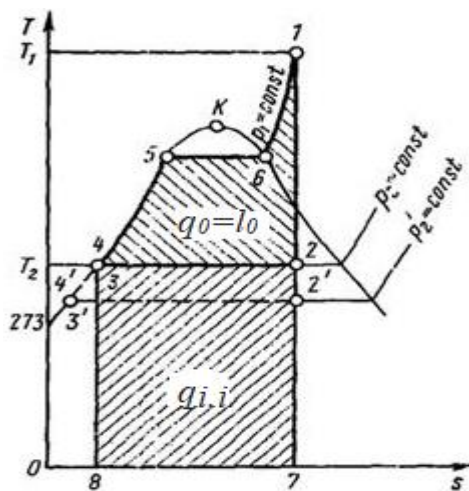
Nazariy jihatdan,  $\eta_{i,t}$  birga teng qiymatga ega bo'lishi mumkin va real sharoitlarda issiqlikdan foydalanish koeffitsienti 0,6 ... 0,8 ga etadi.



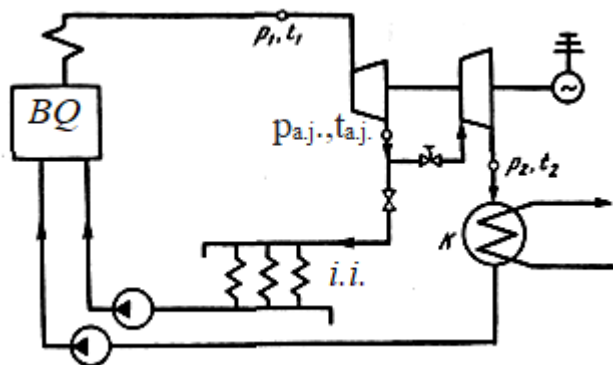
7-rasm. Elektr va issiqlik ishlab chiqaruvchi boshqarilmaydigan bug' turbinasining shartli chizmasi.

*BQ*-bug' qozoni; *BT*-bug' turbinasi; *K*-kondensator; *N*-nasos; *II*- issiqlik iste'molchisi.

7-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalarining muhim kamchiligi shundaki, elektr quvvati va issiqlik quvvati (vaqt birligida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori) bir-biridan mustaqil emas. Shu bilan birga, issiqlik va elektr energiyasining grafikalar o'z vaqtida mos kelmasligi mumkin. Issiqlik iste'molchilari uchun zarur bo'lgan bosimlarda oraliq boshqariladigan bug' chiqarishlari bilan kondensatsiyalanuvchi turbinalar ishlatadigan issiqlik elektr stansiyalari bu borada yanada oqilonadir. Boshqaruv tizimi turbina orqali bug' oqimidan olingan bug'ning parametrlarining mustaqilligini ta'minlaydi.



8-rasm. Bug' kuch qurilmasining TS-diagrammasidagi issiqlik fizikasi.  $q_{i.i}$ -issiqlik iste'molchisi.



9-rasm. Boshqariladigan bug' ishlab chiqaruvchi bug' kuch qurilmasining shartli chizmasi.

Shunday sxemalardan biri 9-rasmda keltirilgan. Bug' turbinasidagi oraliq bosqichlarida bug'ning bir qismi  $p_{a.j.}$  bosimda ajratib olinadi va iste'molchilarga yuboriladi. Bug'ning qolgan qismi  $(1 - d_{a.j.})$  kondensatorga kiradi. Boshqariladigan bug' chiqaruvchi turbinalarda iste'molchiga chiqariladigan issiqlik va elektr energiyasi bir-biridan mustaqil ravishda farq qilishi mumkin. Agar kerak bo'lsa, turli xil bug' parametrlari bo'lgan ikkita yoki uchta boshqariladigan bug' turbinalari taqdim etiladi. Bunda, bug' yuqori bosimda, texnologik ehtiyojlar uchun olinadi, isitish va issiq suv tizimlari uchun esa pastroq bosimda olinadi. Tartibga solinadigan bug' chiqarish qurilmalardan tashqari, kondensatordan keyin suvni isitish uchun mo'ljallangan tartibga solinmaydigan bug' chiqarish qurilmasi orqali ham amalga oshiriladi.

### ***Nazorat savollari va topshiriqlar***

1. Bug' kuch qurilmalari sxemalarini tasvirlang va ularning bir biridan farq qiluvchi xususiyatlarini ko'rsating. 2. Bug' kuch qurilmasi siklining FIK ni oshirish yo'llarini ko'rsating. 3. Siklning  $T_s$  – koordinatalardagi tasvirlanishidan foydalanib, sikl tahlilini bajaring.