

MA'RUZA №10

AYLANMA TERMODINAMIK PROTSESSLAR YOKI SIKLLAR

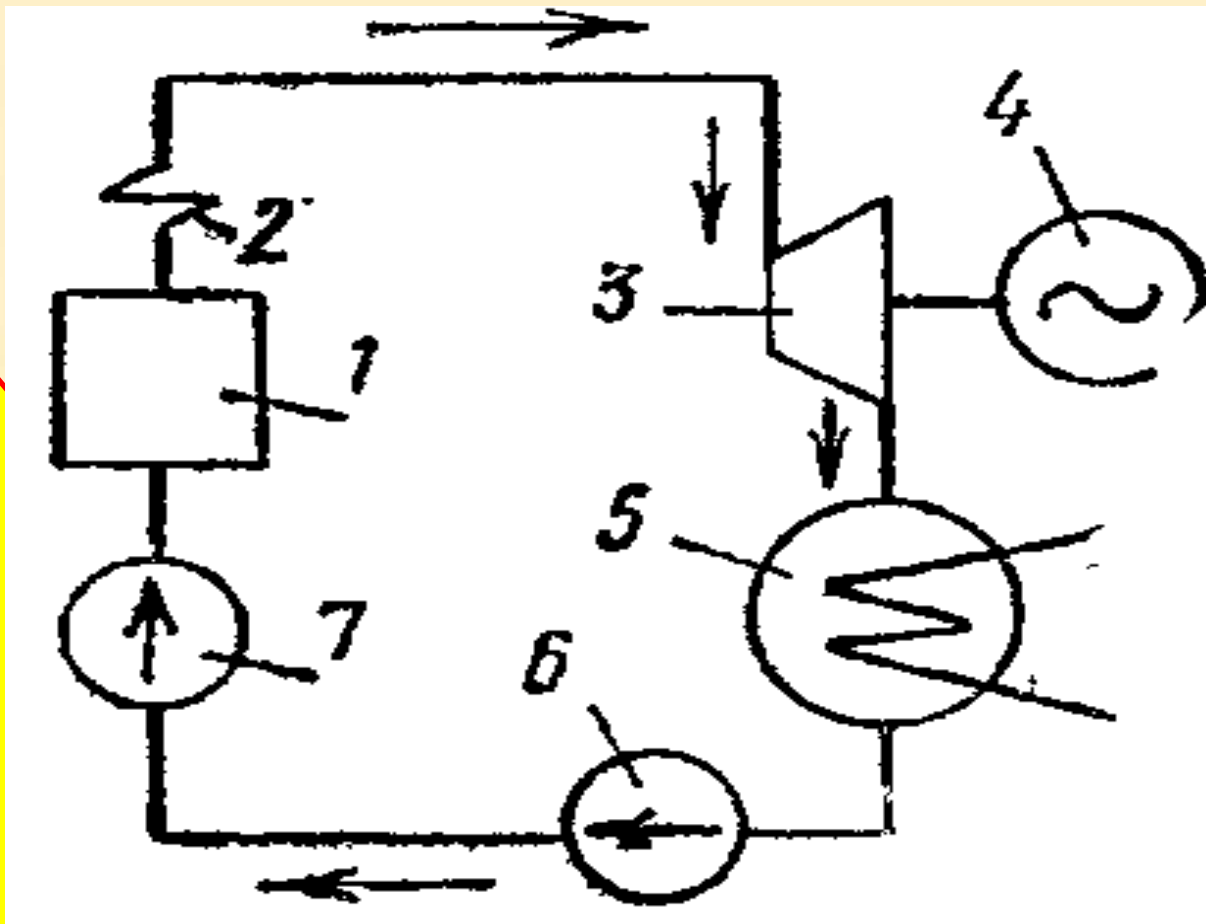
Reja:

- ✘ *Bug' - kuch qurilmasining nazariy sikli*
- ✘ *Regenerativ siklli bug' – kuch qurilmasi*
- ✘ *Binar siklli bug' – kuch qurilmasi*
- ✘ *Teplofikatsion bug'-kuch qurilmasi*



BUG' - KUCH QURILMASINING NAZARIY SIKLI

Hozirgi vaqtda elektr energiyasining asosiy qismi (80% ga yaqini) bug' - kuch qurilmalarida ishlab chiqariladi, ularda ish jismi sifatida suyuq va bug' xolatdagi suv ishlatiladi. Yoqilg'ining yonishida hosil bo'ladigan issiqlikni mexanikaviy ishga aylantiradigan qurilmalar yig'indisi bug'-kuch qurilmasi deyiladi

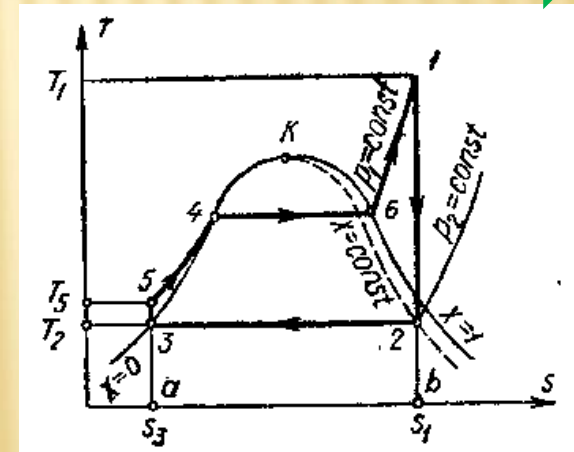
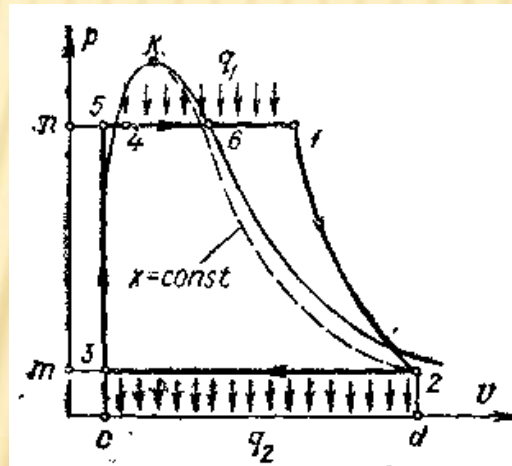
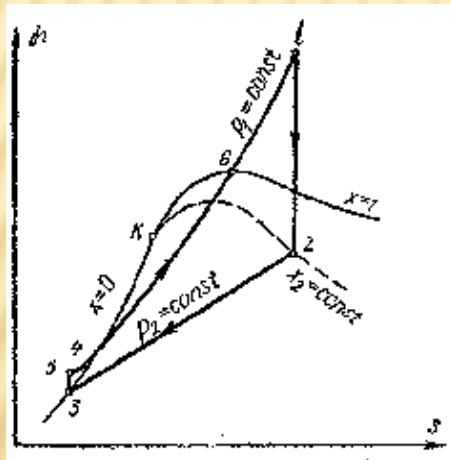


Bug'kuch qurilmasining elementar sxemasi

Bug'-kuch qurilmalari qozon agregati, bug' turbinasi, kondensator, nasos, elektr generator va boshqa yordamchi uskunalardan tashkil topgan. Bug'-kuch qurilmalarida ishlatiladigan ish jismi – suv bug'i parametrlarining o'zgarishini qarab chiqamiz. Bug'-kuch qurilmalarining nazariy sikli Renkin sikli hisoblanadi. Bunday siklni XIX asrning 50 – yillarida shotlandiyalik muxandis va fizik U.Renkin hamda R.Klauziuslar qariyb bir vaqtda taklif etdilar; odatda bu siklni Renkin sikli deb ataydilar.

Bug' qozoni 1ga issiqlik keltiriladi. Qozondagi suv isiydi va to'yingan nam bug'ga aylanadi. Bug' bug' qizdirgich 2 ga o'tadi va yerda belgilangan temperaturagacha qiziydi. Yuqori bosim va temperaturadagi qizdirilgan bug' turbina 3 ga yuboriladi, bu yerda u kengayib ish bajaradi. Mexanik ish generator 4 ning valiga uzatiladi. Ishlab bo'lgan bug' esa turbinadan kondensator 5 ga o'tib u yerda kondensatlanadi. So'ngra kondensat nasosi 6 bilan ta'minlash nasosi 7 kondensatning bosimini berilgan qiymatgacha oshirib, keyingi sikl uchun qozonga uzatib beradi.

Renkin sikli to'rtta – ikkita izobarik va ikkita adiabatik jarayondan tarkib topadi. 2 – rasmda Renkin siklining Pv , Ts va hs diagrammalari tasvirlangan. Bu diagrammalarda ordinatadagi 1 va 2 nuqtalar orasidagi masofa turbina bajarigan ishga, 2 va 3 nuqtalar orasida ish bajarib bo'lgan bug', o'zidagi qoldiq issiqlikni kondensator – sovitgichga berib kondensatsiyalanadi, 3 va 5 nuqtalar orasida kondensat nasosda siqiladi, 1 va 5 nuqtalar orasidagi masofa siklda bajarilgan issiqlik q_1 ga mos keladi.



Renkin siklining Pv , Ts va hs diagrammasi

Siklda ish jismiga, beriladigan issiqlik miqdori (q_1) T_s diagrammada a-3-5-4-6-1-v-s yuza bilan tasvirlanadi. Sikldan olinadigan issiqlik (q_2) a – 3-2-v-a yuzaga, sikl ishi esa Pv diagrammada 3-5-4-6-1-2-3 yuzaga ekvivalent.

Renkin siklida issiqlik berish va olish jarayonlari izobaralar bo'yicha amalga oshirilishi, izobarik jarayonda esa berilgan (olingan) issiqlik miqdori ish jismining jarayon boshi va oxiridagi entalpiyalari ayirmasiga teng bo'lishi tufayli, Renkin sikliga tadbiquan quyidagilarni yozish mumkin:

$$q_1 = h_1 - h_5 \quad (1)$$

va

$$q_2 = h_2 - h_3 \quad (2)$$

Bu yerda h_1 o'ta qizigan suv bug'ining qozondan chiqishdagi entalpiyasi (p_1 bosim va T_1 temperaturada); h_5 – suvning qozonga kirishdagi, ya'ni nasosdan chiqishdagi entalpiyasi (p_1 bosim va T_5 temperaturada); h_2 – nam bug'ning turbinadan chiqishdagi, ya'ni kondensatorga kirishidagi entalpiyasi (bu entalpiya p_2 bosim bilan qat'iy aniqlanadigan to'yinish temperaturasi T_2 da suvning to'yinish chizig'idagi entalpiyasiga teng). 1 kg bug'ning sikl davomida bajargan foydali ishi l_{foy} bug'ning turbinaga kirishdagi h_1 va undan chiqishdagi h_2 entalpiyalarning farqiga teng:

$$l_{\text{foy}} = h_1 - h_2$$

Umumiy ta'rifga ko'ra, har qanday siklning termik F.I.K. η_t foydalanilgan issiqlik q_1 - q_2 ning keltirilgan issiqlik q_1 ga nisbatiga teng:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{l_{\text{foida}}}{q_1} \quad (4)$$

Renkin siklining F.I.K. ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_5) - (h_2 - h_3)}{h_1 - h_5} \quad (5)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_5) - (h_5 - h_3)}{h_1 - h_5} \quad (6)$$

Nasos bajargan ish ($h_5 - h_3$) turbinada bajarilgan ishga ($h_1 - h_2$) nisbatan juda kichik bo'lishi tufayli, uni nazarga olinmasa, ya'ni $h_3 \approx h_5$ bo'ladi desak, u holda (6) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} \quad (7)$$

Bu munosabatdan past bosimli bug' – kuch qurilmalar siklini taxminan hisoblashda foydalanish mumkin. Yuqori bosimli qurilmalarda nasos ishi kattaligini nazarga olmasdan bo'lmaydi. Foydali ish birligi olish uchun turbina orqali muayyan miqdorda bug' o'tkazish kerak; bug'ning shu miqdori bug'ning solishtirma sarfi deyiladi va d_0 xarfi bilan belgilanadi (kg/J):

$$d_0 = \frac{1}{h_1 - h_2} \quad (8)$$

Barcha bug'-kuch qurilmalari, asosan elektr energiyasi ishlab chiqarishga mo'ljallangan bo'ladi, shuning uchun bug'ning solishtirma sarfi d_0 elektr energiyasi birligiga to'g'ri keladigan birliklarda o'lchanadi. Agar entalpiyalar farqi h_1-h_2 kJ/kg larda ifodalansa, u holda d_0 kg/(kVt·soat) bilan ifodalanadi. 1 kVt·soat = 3600 kJ ekanligini hisobga olib, (8) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

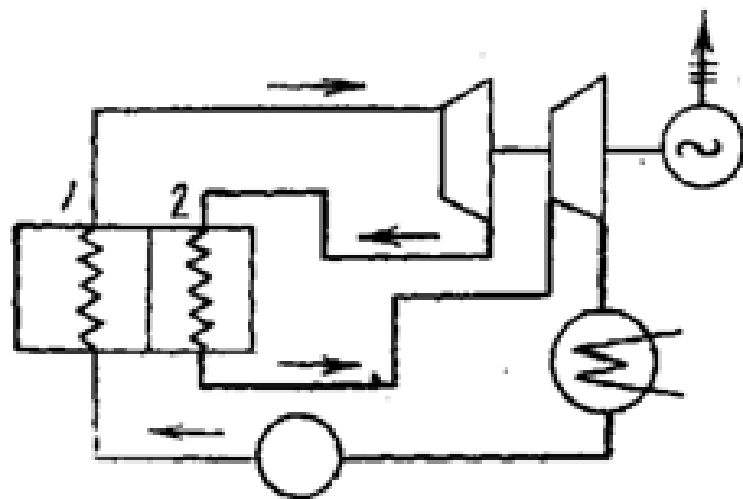
$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} \quad \text{kg} / (\text{kVt} \cdot \text{soat})$$

Muayyan quvvatda bug'ning nisbiy sarfi qanchalik kam bo'lsa, bug'-kuch siklining F.I.K. shunchalik katta bo'ladi. Zamonaviy bug'-kuch qurilmalari o'ta murakkab bo'lishiga qaramasdan F.I.K. 90-98% ni tashkil qiladi. Renkin sikli termik F.I.K.ning kattaligi suv bug'i parametrlariga qanday bog'liqligini aniqlaymiz. Tadqiqotlar natijasida Renkin siklining F.I.K. quyidagi hollarda ortishi aniqlangan: p_1 bosim ortsa, p_2 bosim kamaysa va bug'ning o'ta qizish temperaturasi T_1 ortsa. Bug'-kuch qurilmalarining F.I.K. ortishi tufayli ko'p miqdorda yoqilg'i tejaladi. Masalan, quvvati 50 ming kVt bo'lgan bug'-kuch qurilmasining F.I.K. 1%ga ortsa, har soatda 250 kg shartli yoqilg'i tejaladi. 15.1- jadvaldan ko'rinib turibdiki, t_1 va p_1 o'zgarmas bo'lib, boshlang'ich bosim p_1 ortsa, Renkin siklining termik F.I.K. ortadi. Lekin p_1 bosimni ortishi natijasida kengayish oxirida bug'ning namligi ortadi.

η_t ning P_1 , t_1 , P_2 larga bog'liqligi

1 – jadval

P_1 , MPa	η_t , %	t_1 , °S	η_t , %	P_2 , MPa	η_t , %
1,5	34	300	37,4	0,004	38,9
2,5	36,9	350	38	0,01	36,3
5	38,9	400	38,9	0,08	29,6
7,5	40,5	450	39,5	0,12	27,8
10	41,5	500	40,2	0,2	25,5
12,5	42	550	40,8	0,3	22,3
$t_1=400$; $P_2=0,004$ MPa		$P_1=5$ MPa; $P_2=0,004$ MPa		$P_1=5$ MPa; $t_1=400$ °S	



3- rasm. Bug'ni oraliq bosqichda qizdiriladigan bug'-kuch qurilmasining sxemasi

olib keladi. 3-rasmda bug'ni oraliq bosqichda qizdirishning oddiy sxemasi keltirilgan.

Namligi yuqori bo'lgan bug' turbina parraklarini tez ishdan chiqaradi. Namlikning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan me'yordan (10% gacha) ortib ketmasligi uchun bug' oraliq bosqichda qizdiriladi. Bug' turbinada qisman kengaygandan keyin bug' qizdirgichga beriladi, bu yerda u qaytadan o'ta qizigan bug' holatiga o'tdi. Shundan keyin u bug' turbinaning oxirgi bosqichlariga yuboriladi. Bug'ni oraliq bosqichda qizdirish termik F.I.K. ni qisman ko'payishiga va turbina parraklari ishlash muddatining uzayishiga

4-rasmda tasvirlangan bug' ikki marta olinadigan bug'-kuch qurilmasining F.I.K. ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta_t = \frac{A}{q_1} = \frac{(h_1 - h'g_m - h''g_n - h_2g)}{(h_1 - h_{T.c.})} \quad (9)$$

bu yerda h_1 - turbinaga kirayotgan bug' entalpiyasi; h' , g_m - birinchi isitgichga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori; h'' , g_n – ikkinchi isitgichga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori; h_2 , g - kondensatorga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori; $h_{t.s.}$ – ta'minlash suvi entalpiyasi.

Bug'ning solishtirma sarfi quyidagicha bo'ladi:

$$d_0 = \frac{1}{l} = \frac{1}{(h_1 - h'g_m - h''g_n - h_2g)} \quad (10)$$

grafik tasvirlash mumkin.



3. Binar siklli bug' – kuch qurilmasi

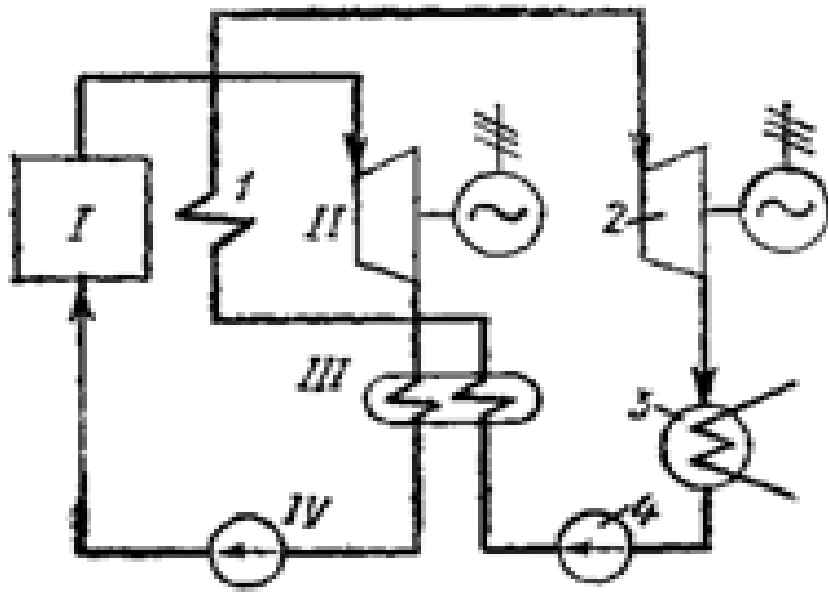
Bug' – kuch qurilmasida ishchi jism sifatida suvning jiddiy kamchiligi shundan iboratki, suvning kritik temperaturasi nisbatan katta bo'lmagan holda ($t_{kr}=374,15^0 S$), kritik bosimi ancha yuqoridir ($p_{kr}=221,15 \text{ bar}$).

Shu sababli siklning termik F.I.K. ni oshirish uchun, bug'ning boshlang'ich temperaturasini yuqori boshlang'ich bosim bilan birgalikda ko'tarish lozim bo'ladi, bunga esa, qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallar bardosh bera olmaydi.

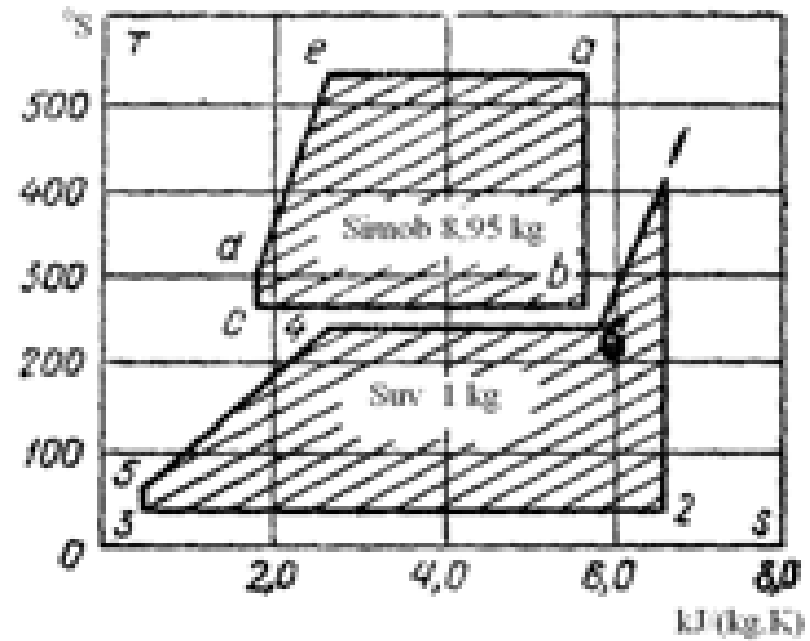


Boshqa ish jismlariga boshqacha kamchiliklar hos bo'ladi. Masalan, simob yuqori temperaturada past to'yinish bosimiga va yuqori kritik parametrlarga ega bo'ladi: $P_{kr} = 151 \text{ MPa}$, $t_{kr} = 1490 \text{ }^{\circ}\text{S}$; masalan $557 \text{ }^{\circ}\text{S}$ da to'yinish bosimi atigi 15 barni tashkil etadi. Lekin boshqa tomondan olganda, atrof muhit temperaturasiga yaqin temperaturada simobning to'yinish bosimi juda past: $t=300^{\circ}\text{S}$ da $P=0,36 \text{ Pa}$. Odatda bug' turbinalari kondensatorida qo'llaniladigan bosim uchun ($P \cong 4\text{Pa}$) simobning juda ham katta temperaturasi ($t \cong 217,1^{\circ}\text{S}$) mos keladi. Pastki temperaturasi shunchalik katta bo'lgan siklning termik F.I.K. katta bo'lmaydi.

Simob qozoni I da simobga issiqlik beriladi, simob bug'lanadi va simobning to'yingan quruq bug'i p_1^s bosimda simob turbinasi II ga kiradi, bu yerda u turbina bilan birlashtirilgan elektr generatoriga beriladigan ishni bajaradi. Ish bajargan va p_η^s bosimga ega bo'lgan simob bug'i kondensator – bug'latgich III ga yuboriladi, u yerda bug' kondensatsiyalanadi, so'ngra esa suyuq simob nasos IV yordamida qozon I ga yuboriladi; simob bosimi nasosda p_2^s dan p_1^s gacha ortadi. Kondensator-bug'latgich IAA dan iborat bo'lib, kondensatsiyalanayotgan simob bug'i o'z issiqligini bu yerda sovituvchi suvga beradi. Bu issiqlik hisobiga kondensator – bug'latgichdagi suv qaynash temperaturasigacha isiydi va bug'lanadi. To'yingan quruq suv bug'i bug' qizdirgich 1 ga yuboriladi. O'ta qizigan suv bug'I p_1^{suv} bosimda bug' turbinasi 2 ga kiradi. Ish bajargan suv bug'i P_2^{suv} bosimda kondensator 3 da kondensatsiyalanadi, so'ngra suv nasosi 4 yordamida kondensator – bug'latgichga yuboriladi.



5 – rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasi sxemasi



6 – rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasining Ts-diagrammasi

Aytib o‘tish kerakki, siklda simob va suv sarflari turlicha bo‘ladi. Kondensator – bug‘latkichda 1kg suvni qaynaguncha isitish va so‘ngra bug‘latish uchun 8,95 kg kondesatsiyalanadigan simob bug‘idan issiqlik olinishi zarur. Ko‘rib chiqilayotgan siklning Ts diagrammasi 1kg suv va 8,95 kg simob uchun qurilgan (6-rasm). Bu yerda a v – simob turbinasidagi adiabatik jarayon; bs – kondensator-bug‘latgichda kondensatsiyalanayotgan simob bug‘idan issiqlik olish, sd – simob nasosidagi jarayon, yea – simob qozonida simobga izobarik issiqlik berish jarayoni.

Binar siklining termik F.I.K. quyidagi

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{L_s + L_{suv}}{Q_1} = \frac{m(h_8^s - h_7^s) + (h_1^{suv} - h_2^{suv})}{m(h_8^s - h_6^s) + (h_1^{suv} - h_5^{suv})} \quad (11)$$

munosabat yordamida aniqlanadi, bu yerda L_s -m kg simob bug‘ining ishi; L_{suv} – 1 kg suv bug‘ining ishi, m - simobning aylanish karraligi (1kg suvga to‘g‘ri keladigan simob massasi, kg); h_8^s - simob qozonidan chiqqan simob bug‘i entalpiyasi; h_7^s – simob turbinasidan chiqqan simob bug‘i entalpiyasi; h_2^{suv} - turbinadan chiqqan suv bug‘i entalpiyasi; h_1^{suv} - bug‘ qizdirgichdan chiqqan o‘ta qizigan suv bug‘i entalpiyasi; h_6^s -kondensatordan chiqqan simob entalpiyasi; h_5^{suv} – qozondan chiqayotgan to‘yingan suv bug‘i entalpiyasi. Simobni aylanish karraligi m ni kondensator-bug‘latgichning issiqlik balansidan aniqlaymiz

$$m = (h_5^{suv} - h_3^{suv}) / (h_7 - h_6), \quad (12)$$

bu yerda: h_3^{suv} – kondensatordan chiqqan suv entalpiyasi.

4. Teplofikatsion bug'-kuch qurilmasi



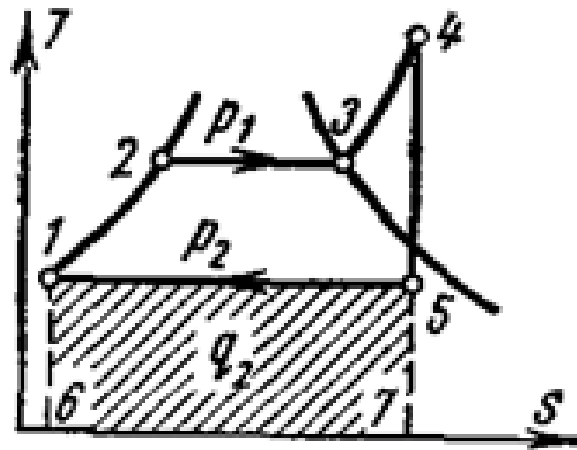
Issiqlik elektr stantsiyalarida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida juda ko'p issiqlik miqdori kondensatorida sovituvchi suvga beriladi va shunday qilib, foydasiz yo'qoladi. Ma'lumki, ishlab chiqarish va turmush ehtiyojlari uchun issiqlik issiq suv va bug' ko'rinishida har xil turdagi texnologik jarayonlarda binolarni isitish, hamda issiq suv bilan ta'minlashda juda ko'p miqdorda iste'mol qilinadi

Teplofikatsion bug' turbinalari qurilmasining sikli va sxemasi 7 va 8- rasmda tasvirlangan.

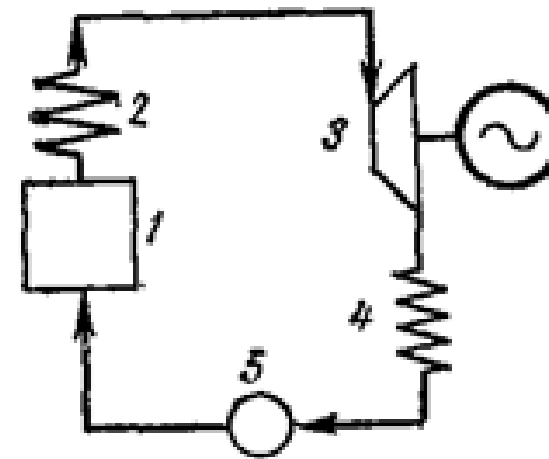
Ts-diagrammada sikl ishi odatdagidek 1-2-3-4-5-1 yuza bilan tasvirlanadi. 1-5-7-6-1 yuza esa tashqi iste'molchiga berilgan issiqlik q_2 dan iborat. IEM bug' qozoni 1, bug' qizdirgich 2, qarshi bosimli bug' turbinasi 3, issiqlik iste'molchilari 4 va nasos 5dan tashkil topgan. Bunday turdagi kurilmalarda kondensator bo'lmaydi, ish bajargan bug' turbinadan bug' quvuri bo'yicha ishlab chiqarish ehtiyojlariga yuboriladi. Turbinadan chiqayotgan bug' bosimi ishlab chiqarish ehtiyojlari bilan aniqlanadi.

Siklning termik F.I.K. quyidagiga teng:

$$\eta_t = (q_1 - q_2) / q_1 = l / q_1.$$



7-rasm. Teplofikatsion
bug' – kuch
qurilmasining Ts-
diagrammasi



8-rasm. IEM ning
sxemasi.

Qurilmada issiqlikdan foydalanish.

$$K=(L+q_2)/q_1$$

munosabat bilan aniqlanadi.

Bu yerda L -ishga aylangan issiqlik,

q_2 – issiqlik iste'molchilari foydalangan issiqlik.

E'TIBORINGIZ
UCHUN RAXMAT!