

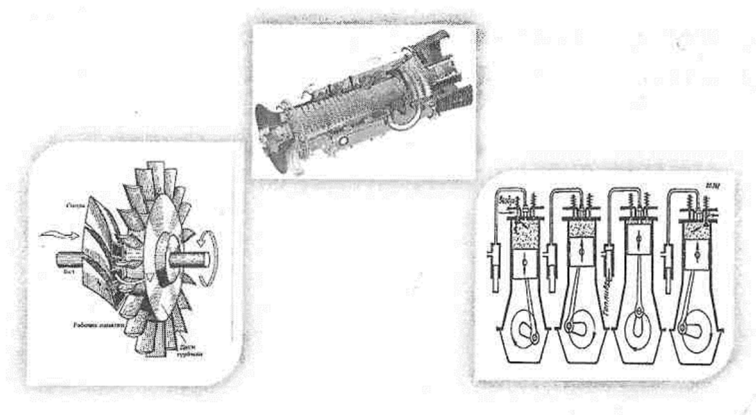
**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

TERMODINAMIKA BA ENERGETIK QURILMALAR

fanidan muistaqil ta‘limni bajarish uchun

USLUBIY KO‘RSATMAIAR



Toshkent 2018

Tuzuvchi: Alimova M.M., Axmatova S.R. 5310100–Energetika yʻonalishi talabalari uchun «Termodinamika va energetik qurilmalar» fanidan mustaqil taʼlimni bajarish uchun uslubiy koʻrsatma. Toshkent: ToshDTU, 2018. 44b.

Uslubiy koʻrsatmada bugʻ turbina qurilmalari, ichki yonuv dvigatellari, gaz turbina qurilmalari haqidagi maʼlumotlar, ularning sikllari, diagrammalari va mavzulariga doir masalalar variantlar asosida berilgan.

*Islom Karimov nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashi qarori
bilan chop etildi*

Taqrizchilar:

Xashimov F.A.. - Energetika va avtomatika laboratoriya mudiri, t.f.n.

Badalov A. – «Elektr mexanikasi va kabel texnikasi» dotsenti, t.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2018

KIRISH

«Termodinamika va energetik qurilmalar» fani «Issiqlik energetikasi» y'onalishida ta'lim oluvchi talabalarga energetik qurilmalarda bo'ladigan jarayonlarni o'rganishda, ularning tuzilishi, ishlash uslubi, ish bajarish jarayonini o'rganishda qanday sikllar bajarilishi mumkinligi to'g'risida ahamiyati katta. Har bir fanni o'rganishda uning mohiyatini va sohaga qo'llashni bilish zarur bo'ladi.

Fan o'z ichiga quyidagilarni oladi: «Aylanma jarayonlar», «Bug' turbina qurilmalarning sikllari», «Gaz turbina qurilmalarning sikllari», «Ichki yonuv dvigatellarining sikllari», «Sovutgich mashinalarining sikllari», «Issiqlik nasoslarining sikllari», «Kompressor qurilmalarning sikllari».

Ushbu uslubiy ko'rsatma orqali talabalar quyidagi mavzular bo'yicha nazariy va amaliy bilimlarga ega bo'ladilar:

1. Bug' turbina qurilmalari;
2. Ichki yonuv dvigatellari;
3. Gaz turbina qurilmalari.

Hozirgi vaqtda elektr energiyasining asosiy qismi (80% ga yaqini) bug' – kuch qurilmalarida ishlab chiqariladi, ularda ishchi jism sifatida suyuq va bug' holatdagi suv ishlatiladi. Yoqilg'ining yonishida hosil bo'ladigan issiqlikni mexanikaviy ishga aylantiradigan qurilmalar yig'indisi bug'-kuch qurilmasi deyiladi. Bug'-kuch qurilmalari qozon agregati, bug' turbinasi, kondensator, nasos, elektrgenerator va boshqa yordamchi uskunalardan tashkil topgan.

Ichki yonuv dvigatellari deb, porshenli dvigatellarga aytiladi va bunday dvigatellarda yonilg'ining yonishi (ya'ni issiqlikni keltirilishi) va yonilg'i mahsulotlarining ishga aylanishi silindrda amalga oshiriladi.

Gaz turbinasi deb, ishchi jismi yonuvchi gaz va havo aralashmasidan iborat bo'lgan issiqlik yuritgichiga aytiladi. Ishlash prinsipi va konstruksiyasi jihatidan bug' turbinasiga o'xshash. Gaz turbinasining oquvchi qismida gaz oqimidan issiqlik energiyasi avval kinetik va so'ng rotor aylanishi mexanik ishga aylanadi.

Introduction and preliminaries

The field of thermodynamics is concerned with the science of energy focusing on energy storage and energy conversion processes. During such processes we are transferring energy into or out of the mass, so it changes its conditions expressed by properties like temperature, pressure, and volume. We use several processes similar to this in our daily lives; we heat water to make coffee or tea or cool it in a refrigerator to make cold water or ice cubes in a freezer. In nature, water evaporates from oceans and lakes and mixes with air where the wind can transport it, and later the water may drop out of the air as either rain [liquid water] or snow [solid water]. As we study these processes in detail, we will focus on situations that are physically simple and yet typical of real-life situations in industry or nature.

By a combination of processes, we are able to illustrate more complex devices or complete systems—for instance, a simple steam power plant that is the basic system that generates the majority of our electric power. A power plant that produces electric power and hot water for district heating burns coal, as shown in Fig 1.1. The coal is supplied by ship, and the district heating pipes are located in underground tunnels and thus are not visible.

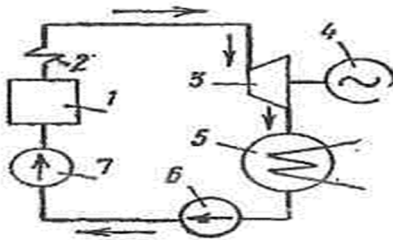
Termodinamika sohasi quvvatning saqlanish manbai va quvvatning konversiya jarayoniga yo‘nalgan energiya ilmi bilan o‘zaro bog‘liq. Biz isitish-sovutish yoki kengaytirish va siqishga nisbatan hajmni ko‘rsata olishimiz mumkinligi sabab bu natijalarni turli xil moddalarda o‘rganamiz. Bu kabi jarayonda energiyani hajm hisobiga kiritamiz shuning uchun u o‘z holatini harorat, bosim, hajm kabi xossalarga bog‘liq holda o‘zgartiradi. Kundalik hayotimizda shu kabi birtalay jarayonlardan foydalanamiz. Biz qahva yoki choy tayyorlash uchun suvni isitamiz yoki muzlatgichga sovuq suv yoki muz bo‘lakchalari tayyorlash uchun sovutamiz. Tabiatda suv okeanlar va ko‘llardan bug‘lanadi va shamol tarqata oladigan muhitda havo bilan aralashadi va keyinchalik o‘sha suv havodan yomg‘ir (suyuq suv) yoki qor (qattiq suv) bo‘lib tushishi mumkin. Bu jarayonni chuqur o‘rganishimiz bois sanoat yoki tabiatdagi odatiy jarayonlarga e‘tiborimizni qaratamiz.

1. BUG‘ TURBINA QURILMALARI

1.1. Bug‘ - kuch qurilmasining nazariy sikli

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

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 (1.1-rasm). Bunday siklni XIX asrning 50 - yillarida shotlandiyalik muhandis va fizik U. Renkin hamda R. Klauziuslar qariyb bir vaqtda taklif etdilar; odatda bu siklni Renkin sikli deb ataydilar.

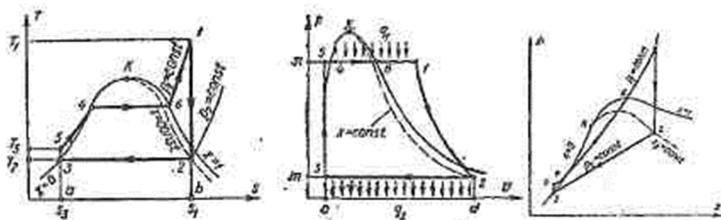


1.1-rasm. Bug‘-kuch qurilmasining elementar sxemasi

Bug‘ qozoni 1 ga 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. [2]

Renkin sikli to‘rtta- ikkita izobarik va ikkita adiabatik jarayondan tarkib topadi. 1.2 - rasmda Renkin siklining p-v, T-s va h-s diagrammalari

tasvirlangan. Bu diagramlarda ordinatadagi 1 va 2 nuqtalar orasidagi masofa turbina bajargan 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 masofasi siklda bajarilgan issiqlik q_1 ga mos keladi.



1.2 - rasm. Renkin siklining $p-v$, $T-s$ va $h-s$ 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 $P-V$ diagrammada $3-5-4-6-1-2-3$ yuzaga ekvivalent.

Renkin siklida issiqlik berish va olish jarayonlari izobaralar boyicha 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 kirishdagi 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 entalpiyaning farqiga teng:

$$\ell_{\text{foy}} = h_1 - h_2 \quad (3)$$

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:

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

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

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

Bu tenglamani quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin:

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_5) - (h_5 - h_3)}{h_1 - h_2} \quad (6)$$

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 harfi 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:

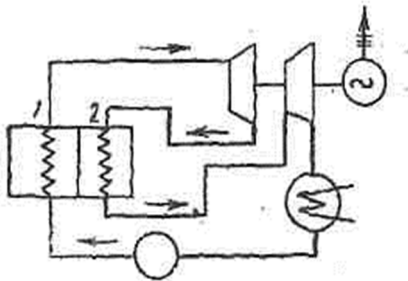
$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} \quad \text{kg} / (\text{kVt} \cdot \text{soat}) \quad (9)$$

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‘liq ligini 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 harorati T_1 ortsa. Bug‘-kuch qurilmalarining F.I.K. ortishi tufayli ko‘p miqdorda yoqilg‘i tejraladi. Masalan, quvvati 50 ming kVt bo‘lgan bug‘-kuch qurilmasining F.I.K. 1%ga ortsa, har soatda 250 kg shartli yoqilg‘i tejraladi. I.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 bosimning ortishi natijasida kengayish oxirida bug‘ning namligi ortadi.

η_t ning P_1 , t_1 , P_2 larga bog'liqligi

1.1 - jadval

P_1 , MPa	η_t , %	t_1 , °C	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	22,5
$t_1=400^\circ\text{C};$ $P_2=0,004\text{MPa}$		$P_1=5\text{MPa};$ $P_2=0,004\text{MPa}$		$P_1=5\text{MPa};$ $t_1=400^\circ\text{C}$	



1.3- rasml. Bug'ni oraliq bosqichda qizdiriladigan bug'-kuch qurilmasining sxemasi

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 olib keladi. 1.3- rasmda bug'ni oraliq

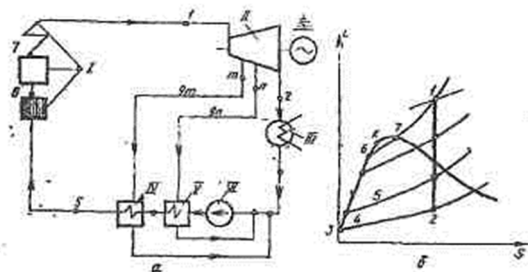
bosqichda qizdirishning oddiy sxemasi keltirilgan.

Oraliq bug' qizdirgich 2 qozon agregatining gaz yo'llariga, odatda, asosiy bug' qizdirgich 1 dan keyin o'rnatiladi. Bug' qizdirgich 2 dagi bug' qizigan gazlar ta'sirida deyarli boshlang'ich haroratigacha isiydi va turbinaning oxirgi bosqichlariga o'tadi. p_1 va p_2 o'zgarmasdan bug'ning boshlang'ich harorati t_1 ko'tarilishi bilan harorati tushishi ko'payadi va natijada η_t ortadi (1.1-jadvalga qarang), bug'ning namligi esa kamayadi. Bug'ning turbinadan chiqishdagi bosimi p_2 qanchalik past bo'lsa bug' bajargan ish shunchalik ko'p va qurilmaning termik F.I.K. katta bo'ladi. Lekin p_2 bosim kondensatordagi sovituvchi suvning temperaturasi bilan aniqlanadi. Suvning yillik o'rtacha harorati 10-15°C dan past temperaturagacha sovitadigan tabiiy sovitgichlar yo'qligi sababli, p_2 ni juda kamaytirish yo'li bilan siklning F.I.K.ni oshirish amalda mumkin emas.

1.2. Regenerativ siklli bug' - kuch qurilmasi

Issiqlik texnikasida regeneratsiya so'zi chiqib ketayotgan issiqlikning bir qismini issiqlik qurilmasida yana ishlatish uchun qaytarish ma'nosini bildiradi.

Kondensatordan qozonga o'tadigan kondensatni isitish ta'minlash suvini regenerativ isitish deyiladi. 1.4-rasmda ta'minlash suvi regenerativ isitiladigan bug'-kuch qurilmasining sxemasi va uning h-s diagrammasi keltirilgan.



1.4-rasm. Regeneratsiya siklli bug'-kuch qurilmasi va uning h-s diagrammasi:

I - qozon qurilmasi; II- bug' turbinasi; III- kondensator;

IV-kondensat nasosi; V va VI- regeneratsiya qurilmalari.

Ta'minlash suvini (kondensatni) isitish uchun uning yo'liga regenerativ isitgich V va VI lar o'rnatilgan. Issiqlik tashuvchi sifatida turbinaning oraliq bosqichlaridan bug'ning bir qismi olinadi, ya'ni to'liq ishlamagan bug' olinadi va isitgichga yuboriladi. Issiq bug' bilan isitilgan kondensat ta'minlash nasosi IV bilan qozonga uzatiladi. Bug'ning boshlang'ich parametrlari p_{1,t_1} ga qarab, kondensatning harorati 145-245°C ga yetkaziladi. Ta'minlash suvini regenerativ isitish natijasida siklning termik F.I.K. 10-14 % ga ortadi. Bug'ning boshlang'ich parametrlari qanchalik ortsa, shunchalik ko'p yoqilg'i tejaladi. Necha joydan va qayerdan bug' olinishi hamda shunga muvofiq holda isitgichlarning soni hisoblash yo'li bilan aniqlanadi. Tajribalarnmg ko'rsatishicha, suvni regenerativ isitish bosqichlari soni oshganda siklning F.I.K. ortadi. Zamonaviy, yuqori parametrli bug' turbinalari qurilmalarida regenerativ isitish bosqichlari soni o'ntaga yetadi.[3]

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

$$\eta_t = \frac{A}{q_1} = \frac{(h_1 - h'_m - h''_n - h_2 g)}{(h_1 - h_{t.s})} \quad (10)$$

bu yerda h_t turbinaga kirayotgan bug' entalpiyasi; h'_m - birinchi isitgichga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori; h''_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:

$$d_0 = \frac{1}{l} = \frac{1}{(h_1 - h'_m - h''_n - h_2 g)} \quad (11)$$

1.3. Binar siklli bug'- kuch qurilmasi

Bug'-kuch qurilmasida ishchi jism sifatida suvning jiddiy kamchiligi shundan iboratki, suvning kritik temperaturasi nisbatan katta

bo'lmagan holda ($t_{kr}=374,15^{\circ}\text{C}$), kritik bosimi ancha yuqoridir ($p_{kr}=221,15\text{ bar}$).

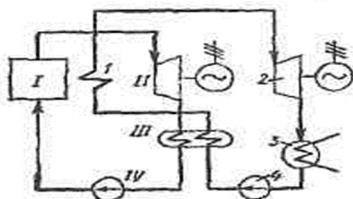
Shu sababli siklning termik F.I.K. ni oshirish uchun, bug'ning boshlang'ich haroratini yuqori boshlang'ich bosim bilan birgalikda ko'tarish lozim bo'ladi, bunga esa, qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallar bardosh bera olmaydi.

Agar, suvga nisbatan o'rtacha bosimda kritik temperaturasi yuqori bo'lgan ishchi jismni topish mumkin bo'lganda edi, Renkin siklini F.I.K.ni oshirish mumkin bo'lar edi. U holda siklga issiqlik keltirishni, izotermik jarayonda yuqori temperaturada va past bosimlarda amalga oshirish mumkin bo'lar edi. Shu bilan birgalikda past temperaturalar sohasida ishchi jismning to'yinish bosimi juda ham kichik bo'lmazligi lozim. Afsuski, hozirgi vaqtda bu shartlarni yetarli darajada qoniqtiradigan ish jismi ma'lum emas. Zamonaviy issiqlik energetikasida eng ko'p tarqalgan ish jismi - suv, siklning past temperaturali qismi uchun juda mos ishchi jism bo'ladi. Lekin, yuqorida aytib o'tilganidek, suvning kritik temperaturasi nisbatan pastligi tufayli, siklning yuqori haroratli qismi uchun u mos kelmaydi.

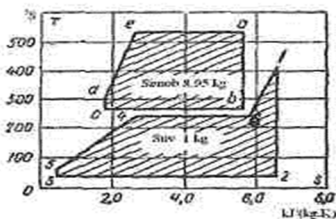
Boshqa ishchi jismlariga boshqacha kamchiliklar hos bo'ladi. Masalan, simob yuqori haroratda past to'yinish bosimiga va yuqori kritik parametrlarga ega bo'ladi: $P_{kr}=151\text{ MPa}$, $t_{kr}=1490^{\circ}\text{C}$; masalan 557°C da to'yinish bosimi atigi 15 barni tashkil etadi. Lekin boshqa tomondan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

Shunday qilib, simob ish jismi sifatida siklning yuqori (yuqori temperaturali) qismi uchun yaxshi, pastki qismi uchun qoniqarsiz bo'ladi. Hozirgi vaqtda siklning barcha haroratlari intervalida aytib o'tilgan talablarni qoniqtiradigan ishchi jismlari bo'lmagani uchun, siklni ikkita ishchi jismi o'zaro uyg'unligidan foydalanib amalga oshirish mumkin; bu ikkita ishchi jismining har qaysisi eng ko'p afzalliklarga ega bo'lgan haroratlar sohasida qo'llaniladi. Bunday turdagi sikllar binar sikllar deb aytiladi. Binar simob-suv sikli amalga oshiriladigan bug' kuch qurilmasining sxemasi 5-rasmda va T-s diagrammasi 6-rasmda ko'rsatilgan.

Simob qozoni I da simobga issiqlik beriladi, simob bug‘lanadi va simobning to‘yingan quruq bug‘i p_1 bosimda simob turbinasi II ga kiradi, bu yerda u turbina bilan birlashtirilgan elektr generatoriga beriladigan ishni bajaradi. Ish bajargan va p_1 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 dan p_1 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 temperaturasi gacha 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.



1.5 - rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasi sxemasi



1.6 - rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasining Ts-diagrammasi

Aytib o‘tish kerakki, siklda simob va suv sarflari turlicha bo‘ladi. Kondensator - bug‘latgichda 1kg suvni qaynaguncha isitish va so‘ngra bug‘latish uchun 8,95 kg kondensatsiyalanadigan simob bug‘idan issiqlik olinishi zarur. Ko‘rib chiqilayotgan siklning TS diagrammasi 1kg suv va 8,95 kg simob uchun qurilgan (1.6-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

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{L_s + L_{suv}}{Q_1} = \frac{m(h_8^s - h_1^s) + (h_1^{suv} - h_2^{suv})}{m(h_8^s - h_6^s) + (h_1^{suv} - h_3^{suv})} \quad (12)$$

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_3^{suv} - qozondan chiqayotgan to‘yingan suv bug‘i entalpiyasi. Simobning aylanish karraligi m ni kondensator-bug‘latgichning issiqlik balansidan aniqlaymiz:

$$m = \frac{(h_3^{suv} - h_7^s)}{(h_7^s - h_6^s)} Q \quad (13)$$

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

1.4. Teplofikatsion bug‘-kuch qurilmasi

Issiqlik elektr stansiyalarida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida juda ko‘p issiqlik miqdori kondensatorda 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.

Odatda, bug‘ turbinali qurilmalarda kondensatordagi bosim taxminan 4 kPa ga teng bo‘ladi, ya‘ni bug‘ -28-29°C ga yaqin haroratda kondensatsiyalanadi. Bunday haroratli suvdan esa, ishlab chiqarish yoki turmush ehtiyojlarida foydalanib bo‘lmaydi. Odatda, texnologik maqsadlar uchun bosimi 150-260 kPa bo‘lgan to‘yingan suv bug‘i yoki harorati ayrim qurilmalarda 180°C ga ko‘tariladigan issiq suvdan foydalaniladi. Agar kondensatordagi bosimni 100-200 kPa gacha oshirilsa, siklning pastki harorati oshadi, termik F.I.K ning kattaligi bir oz pasayadi, lekin texnologik va turmush ehtiyojlari uchun ko‘p miqdorda issiqlik olish imkonini paydo bo‘ladi. Elektr stansiyalarida elektr energiya va issiqlikni aralash ishlab chiqarish teplofikatsiya

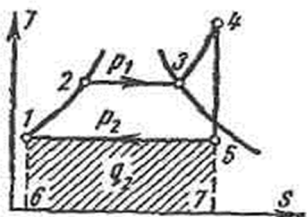
deb aytiladi, bunday elektr stansiyalarda ishlatiladigan turbinalar teplofikatsion turbinalar deb aytiladi. Bunday elektr stansiyalarni faqat elektr energiyasi ishlab chiqaradigan kondensatsion elektr stansiyalari (KES) dan farqli o'laroq (IEM) - issiqlik elektr markazlari deb aytiladi.

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

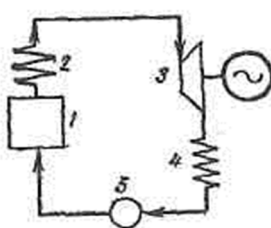
TS-diagrammada sikl ishi odatdagidek 1-2-3-4-5-1 yuza bilan tasvirlanadi. 1-5-7-6-1 yuza esa tashqi iste'molchiga berilgan issiqlik q_2 dan iborat. IEM bug' qozoni 1, bug' qizdirgich 2, qarshi bosimli bug' turbinasi 3, issiqlik iste'molchilari 4 va nasos 5 dan tashkil topgan. Bunday turdagi qurilmalarda 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:

$$\eta_t = (q_1 - q_2) / q_1 = \frac{l}{q_1} \quad (14)$$



1.7-rasm. Teplofikatsion bug' - kuch qurilmasining TS - diagrammasi



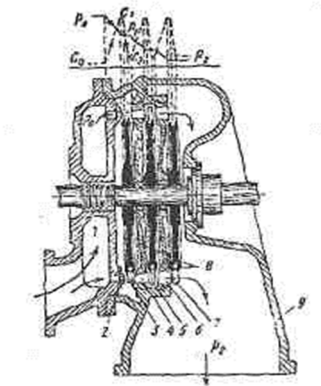
1.8-rasm. IEM chizmasi

Qurilmada issiqlikdan foydalanish quyidagicha aniqlanadi:

$$K = (L + q_2) / q_1 \quad (15)$$

Bu yerda L-ishga aylangan issiqlik, q_2 - iste'molchilar foydalangan issiqlik.

Tezlik bosqichlari bor turbinalar



1.9-rasm. Uchta bosim bosqichi bor aktiv turbinaning chizmasi

Qozon agregatlari takomillashib borishi bilan bug'ning parametrlari ham kattalashib bordi, natijada kuraklar va turbina disklarining aylanma tezligi U ham yanada ko'paydi. Lekin materialning mustahkamlik shartlariga ko'ra, aylanma tezlik 300 - 400 m/s dan ortib ketmasligi kerak, aks holda markazdan qochuvchi kuchlar turbina kuraklari va disklarida nihoyatda katta hamda xavfli kuchlanishlar paydo qiladi. Bug' turbinalarida tezlik bosqichlarini tatbiq etish yo'li bilan ish diskning aylanishlar sonini kamaytirishga, hamda bug'ning kinetik energiyasidan to'laroq foydalanishga muvofiq bo'lindi. 9-rasmda 2 ta tezlik bosqichi bor aktiv turbinaning sxemasi keltirilgan. Tezligi C_1 bo'lgan bug' tezlikning 1-bosqichiga, ya'ni birinchi qatordagi kuraklarning kanaliga kiradi, u yerda kinetik energiyaning faqat bir qismigina mexanik ishga aylanadi. So'ngra bug' $C_2 < C_1$ tezlik bilan turbina qobig'iga mahkamlangan yo'naltiruvchi kuraklarning kanallariga kiradi. Bu kuraklar bug' oqimining yo'nalishini o'zgartirishga mo'ljallangan. Bu yerda bug' yo'naltiruvchi kuraklarga ishqalanishi natijasida tezligining ozgina qismini yo'qotadi va ikkinchi qatordagi kuraklarga o'tadi. Tezlikning ikkinchi bosqichida kinetik energiyaning yana ma'lum bir qismi ishga aylanadi. Bunday turbinani Charlz Kyortis taklif etgan va birinchi marta 1900 yilda qurilgan.

Bosim bosqichlari bor turbina

1. 10 - rasmda 3 ta bosim bosqichi bo'lgan aktiv turbinaning sxemasi keltirilgan. Turbinani qobig'i to'siqlar: diafragma 8 lar bilan 3 ta kameraga bo'lingan. Bug' har qaysi diafragmaga va kuraklarning panjarasi 7 ga o'tadi.

bosimli ishlab bo'lgan bug' patrubka orqali kondensatorga o'tadi. Bosim bosqichlari bor turbinaning F.I.K. i ancha yuqori bo'ladi. Bug'- kuch qurilmalarida asosiy dvigatel sifatida keng ko'lamda ishlatiladi. Bosim bosqichlari aktiv turbinalarda ham, reaktiv turbinalarda ham qo'llaniladi.

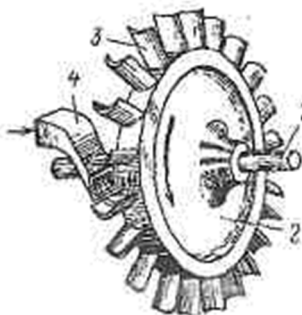
1.5. Bug' turbinasi

Bug'ning issiqlik energiyasini bosqichma bosqich mexanik energiyaga aylantirib beruvchi issiqlik mashinasi bug' turbinasi deyiladi.

Hozirgi paytda bug' turbinasi zamonaviy yirik elektr stansiyalarining yagona dvigateli hisoblanadi.

Italiyalik olim D.Branko bug' turbinasi modeliga xos bo'lgan bug' g'ildiragini 1629 yilda yaratgan, unda bug' oqimining kinetik energiyasi uyg'otgan impuls kurakli gildirakni aylantirishga sarflangan. Quvvati 4,4 kVt bo'lgan birinchi bug' turbinasini (reaktiv turbina) 1885 yili ingliz muhandisi Parsons yaratdi, 1913 yilda esa turbinaning quvvati 25 MVt gacha yetkazildi. Keyinchalik bug' turbinalarining nominal quvvati 60 MVt, bosimi 12,8 MPa ga yetkazildi, u kupchilik issiqlik elektr stansiyalarida qo'llanilib kelinmoqda. Zamonaviy turbinalarning quvvati 1200 MVt dan ortib ketgan. Turbina rotorining aylanishlar soni esa 2000-50000 ayl/min oralig'ida. Suv bug'ining kinetik energiyasini mexanik energiyaga aylantirish mumkinligini shved muhandisi Loval 1888 yilda (aktiv turbina) isbotladi.[3]

Shunday qilib, bug' turbinasi yaratilgandan so'ng, uni takomillashtirish tadqiqotlari davom etdi. Natijada bir, ikki va ko'p bosqichli bug' turbinalari yaratildi. Turbinadagi ish jarayoni ketma-ket kechadigan ikki bosqichdan tashkil topgan: bug'ning potensial energiyasini kinetik energiyaga aylanishi va bug'ning energiyasini turbina valining aylanma energiyasiga aylanishi.



1.10-rasm.Turbinaning ishlash tarsi:

1-val; 2-disk; 3-ishchi kuraklar; 4-soplo

Turbinaning ishlash tarzi sodda. Turbinaning (1.10-rasm) oqib o'tish qismi ikkita asosiy qismdan: soplo apparati 4 va turbinaning vali 1 ga o'rnatilgan disk 2 dan tashkil topgan. Diskning aylanasi bo'ylab ishchi kuraklar 3 mahkamlangan, ular kanallar hosil qiladi.

Bosimi yuqori bo'lgan va odatda temperaturasi ham yuqori bo'lgan ishchi jism (bug', gaz, suyuqlik) soplo apparatiga kiradi. Soplolarda bug' kengayadi, uning bosimi pasayadva tegishli tezligi ortadi, ya'ni soplo apparatida bug'ning ichki energiyasi kinetik energiyaga aylanadi. Ikkinchi bosqich ishchi kuraklar hosil qilgan kanallarda sodir bo'ladi, bu yerda bug'ning kinetik energiyasi diskning va u bilan bog'langan turbina valini harakatlantiradigan mexanik ishiga aylanadi. Turbina bosqichlariga bug' qo'zg'almas va aylanuvchan kanallar tizimi bo'yicha o'tadi. Shuning uchun harakat turiga ko'ra bug'ning uch xil tezligi bo'ladi: C - absolyut tezlik; I - ko'chma harakat tezligi, u turbina diskining aylanma tezligiga teng; w - nisbiy tezlik.

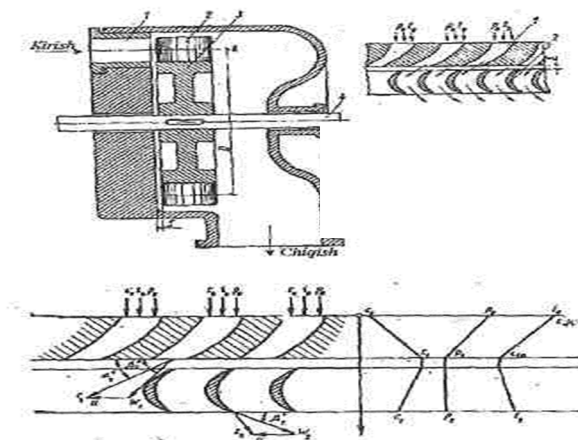
Bug'ning soploga kirish oldidagi, soplodan keyingi va kuraklardan keyingi parametrlari tegishli $0,1,2$ indekslar bilan belgilanadi. Ishchi kuraklar mahkamlangan bitta diskli soplo apparati turbinaning bosqichini hosil qiladi. Bitta bosqichdan iborat bo'lgan turbina bir bosqichli turbina deyiladi. Bir necha bosqichdan iborat bo'lgan turbinalar ko'p bosqichli turbinalar deyiladi.

Aktiv turbina. Aktiv turbina kuraklari panjarasining kanallarida bug' oqimi buriladi. Bug' oqimi harakat miqdorining o'zgarishi kuraklarga va aylanuvchan diskka hamda turbina valiga ta'sir etuvchi

aktiv kuchga aylanadi (1.11-rasm). Ish kanallarida aktiv kuch taʼsir etuvchi turbina aktiv turbina deyiladi.

Parametrlari , , c_0 boʻlgan bugʻ soplo 1 ga kiradi. Parametrlari , boʻlgan bugʻ soplodan kuraklar 2 ning kanallariga oʻtadi, bu yerda bugʻning bosimi oʻzgarmasligicha qoladi. ($p_1 = p_2$), tezligi esa s_1 dan s_2 gacha pasayadi, yaʼni bugʻning kinetik energiyasi disk 3 ni va u bilan bogʻliq boʻlgan turbina vali 1 ni aylantiruvchi mexanik ishga aylanadi.

Turbina valiga tushadigan kuch bugʻ oqimi burilgandagina uzatilgani tufayli, kuraklar kuchli bukilgan aktiv profilli boʻlishi kerak. Kuraklardan oldingi va ulardan keyingi bugʻ tezliklarining kattaligi va yʻonalishini kirish va chiqish tezlik uchburchaklari qurib aniqlash mumkin.



1.11 - rasm. Aktiv turbinada bugʻ oqimi chizmasi

Jumladan, nisbiy tezlik vektori ushbu geometrik ayirmadan aniqlanadi:

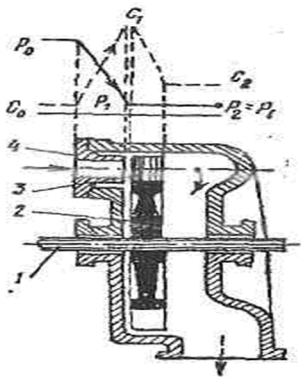
$$W_1 = C_1 - U$$

Bugʻ nisbiy tezligi w_1 ning yʻonalishi turbina yuzasi bilan β_1° burchak hosil qiladi, u kirish burchagi deyiladi. c_1 vektorning yʻonalishi

soplo o'qi va disk tekisligi orasidagi burchak α_1 bilan aniqlanadi. Bug' kanaldan o'tib, disk tekisligiga β_2° burchak ostida yo'nalgan w_2 nisbiy tezlikka ega bo'ladi. Bug'ning harakatidagi isroflar tufayli bug'ning chiqishdagi tezligi w_2 kirishdagi tezlik w_2 dan kichik bo'ladi. Bu isroflar kurakning tezlik koeffitsiyenti (odatda 0,93? 0,97) ψ bilan hisobga olinadi; bunda;

$$W_2 = \psi w$$

Bug'ning kuraklaridan chiqishdagi absolyut tezligi c_2 ni w_2 va U tezliklarini geometrik yig'indisidan aniqlanadi. Aktiv turbinaning o'ziga xos xususiyatlari shundan iboratki, birinchidan, bug'ning kengayish jarayoni mavjudligi, ya'ni uning bosimi faqat soplolarda pasayadi; ikkinchidan, kurakli kanallarda bug' bosimi o'zgarmasdan qoladi, bug'ning nisbiy va absolyut tezliklari esa kamayadi.



1.12- rasm. Reaktiv turbina chizmasi

Reaktiv turbina. 1.12-rasmda reaktiv turbina bosqichining sxemasi ko'rsatilgan. Turbinaning soplo apparati qo'zg'almas kuraklar 3 ning har qaysi jufti hosil qilgan torayib boradigan kanallar 4 dan iborat. Soplo apparatida bug' boshlang'ich bosimi p_0 dan biror oraliq bosim p_1 ($p_2 < p_1 < p_0$) gacha qisman kengayadi va energiyaning bir qismigina kinetik energiyaga aylanadi. Energiyaning qolgan qismi bevosita kurak kanallarida kinetik energiyaga aylanadi, bunda bug' p_1 bosimdan oxirgi p_2 bosimgacha kengayadi va natijada bug'ning nisbiy

tezligi w_1 dan w_2 gacha ortadi. Reaktiv bosqichning tavsifi reaksiya darajasidir (ρ), u ish g'ildiragining kuraklarida vujudga keladigan issiqlik pasayishining barcha bosqichdagi issiqlik pasayish nisbati sifatida aniqlanadi. Zamonaviy bug' turbinalarining oxirgi bosqichida $\rho \cong 0,5$ bo'ladi. Birinchi bosqichlar uchun ρ 0,1-0,2 atrofida tanlanadi chunki bu holda soplo va kuraklar profili bir xil bo'ladi va natijada turbinalarni tayyorlash osonlashadi. Turbinani aylantiruvchi kuch bug' p_1 dan p_2 bosimgacha kengayadigan, kuraklari torayib boruvchi kanalning reaktiv ta'sirida vujudga keladi. Bosimning pasayishi natijasida bug'ning kuraklarga nisbatan oqish tezligi ortadi. Bunda itarish kuchi -reaktiv kuch vujudga keladi. Reaktiv kuchning y'onalishi oqib chiqayotgan bug' tezligiga teskari yo'nalgan. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, reaktiv turbinaning kuragida reaktiv ishdan tashqari bug' oqimining burilishi bilan bog'liq bo'lgan aktiv ish ham bajariladi. 1.13-rasmda reaktiv bosqichning tezlik uchburchaklari ko'rsatilgan.

1.13-rasm. Turbinaning reaktiv bosqichida bug‘ oqimi sxemasi

$$\left(\frac{1}{2}(C_1^2 - C_2^2)\right)$$

tufayligina foydali ish bajara oladi. Ikkinchidan tezlik C_2 qanchalik kichik bo'lsa turbina quvvati shunchalik yuqori bo'ladi. Bug'

turbinasining aktiv va reaktiv bosqichlarini taqqoslash shuni ko'rsatadiki, reaktiv bosqichning asosiy afzalligi bug'ning kengayishi natijasida kurak bo'shlig'ini to'liq to'ldirishidir. Buning natijasida turbina reaktiv bosqichining quvvati aktiv bosqichnikiga qaraganda yuqori bo'ladi. Reaktiv bosqichning asosiy kamchiligi - turbina valiga bo'ylama kuchlarning ta'siri aktiv bosqichga qaraganda yuqori bo'ladi.

BUG' TURBINA QURILMALARI MAVZUSIGA DOIR MASALA

Masalaning berilishi:

Bug' - kuch qurilmasi Renkin sikli bo'yicha ishlamoqda. Boshlang'ich holatidagi parametrlari quyidagicha: $P_1=2$ MPa, $t_1=300$ °C. Kondensatordagi bosim $P_2=0,004$ MPa.

Termik foydali ish koeffitsiyentini aniqlang.

Masalaning yechimi:

Renkin siklining termik foydali ish koeffitsiyenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2'}$$

Quyidagilarni h-s diagrammasidan topamiz: $h_1=3019$ kJ/kg; $h_2=2036$ kJ/kg; $h_2'=121,0$ kJ/kg.

h_2' ning aniq qiymatini jadvaldan olamiz: $h_2'=121,4$ kJ/kg.

Topilgan qiymatlarni formulaga qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta_t = \frac{3019 - 2036}{3019 - 121,4} = 0.339$$

Izoh: Ushbu masalani 1-ilovadagi variantlar jadvalidan guruh jurnalidagi tartib raqamingiz variantidagi parametrlar qiymatlaridan foydalanib hisoblang.

2. ICHKI YONUV DVIGATELLARI

2.1. Ichki yonuv dvigatellari

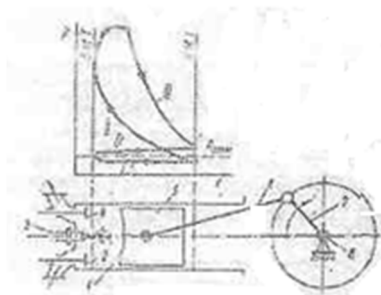
Ichki yonuv dvigatellari deb porshenli dvigatellarga aytiladi va bunday dvigatellarda yonilg'ining yonishi (ya'ni issiqlikni keltirilishi) va yonilg'i mahsulotlarining ishga aylanishi silindrda amalga oshiriladi.

2.1-rasmda 4 bosqichli ichki yonuv dvigateling tuzilishi chizmasi va uning P-V koordinatalarida ishlash jarayoni diagrammasi ko'rsatilgan. Dvigatel silindri-1 2 ta klapan, ya'ni kirituvchi- 2 va chiqaruvchi – 4 ga egadir, klapanlarning ochilishi va yopilishi maxsus gaz taqsimlovchi mexanizm (chizmada ko'rsatilmagan) yordamida amalga oshiriladi. Porshen-5 katta kirituvchi harakatni, ya'ni qiya qisqich-shatunli mexanizmini (shatun-6 va qiya qisqich-7) amalga oshirib, 8-valning aylana harakatini yuzaga keltiradi.

Porshenning chetki taraflarida porshenning harakatlanish y'onalishi (*o'lik nuqtalar* deb ataladi) silindr qopqog'ida joylashgan bo'lib, yuqori o'lik nuqtadan qarama-qarshi tarafga pastki o'lik nuqtada joylashgan nuqtalarga o'zgaradi

Porshen harakati bir o'lik nuqtadan ikkinchi bir o'lik nuqtaga teng taqsimlangan tezlikda harakatlanishi *taktlar* deb atalib, ular orasidagi yo'lak *porshen yo'li* deb nomlanadi. Bir yurishda harakatlanadigan porshen harakati kengligi *silindrning ishchi kengligi* deb nomlanadi.

Ichki yonuv dvigatellarining ishlash jarayoni yuqori o'lik nuqtadan porshen-5 ning chiqaruv klapani-2 da (1 so'rish taktida) pastga qarab harakatlanishidan boshlanadi. Natijada silindrga benzin yoki kerosinning maxsus korbyurator deb nomlanuvchi qurilmada (yoki gaz yonilg'isida aralashtiruvchi qurilma) hosil bo'lgan havo bilan aralashgan qorishmasi kelib tushadi. Og'ir yonilg'i mahsulotlaridan (neft, solyar yog'i) foydalanilganda so'rish taktiga toza havo kelib tushadi. [3]



2.1-rasm. Ichki yonuv dvigatellari ishlash jarayonining qurilmasi va diagrammalari chizmasi

Pastki kiritish klapani -2 yopiladi va porshen ortga harakatlenganda II siqish taktini amalga oshiradi. Korbnyuratorli ichki yonuvchi dvigatellarda yuqori o'lik nuqtadan issiqlikning o't olishi elektr uchqunida (kuch bilan o't oldirish) amalga oshiriladi va yonilg'i porshenning yuqori o'lik nuqtasiga kelib tushishida yonadi. Shuning natijasida yonilg'i mahsulotlari to'xtovsiz amaliy almashuv jarayonida taz yonishga tushish darajasi yuqori bo'ladi.

Yuqori darajadagi ichki yonuv dvigatellarida kuchli siqilgan va $500-600^{\circ}\text{C}$ haroratda qizdirilgan havo yonilg'iga aralashib suyultirib tez yonadi va o't oladi. Kompressorli dizel suyuq yonilg'ining forsunkada o't olishi maxsus kompressorda siqilgan havo yoki mexanik tarzda, ya'ni yonilg'i nasosi yordamida (kompressorsiz dizel) amalga oshiriladi. O't olish jarayoni amalga oshgandan keyin kengayish takti amalga oshiriladi (ya'ni ish takti *III*). Pastki o'lik nuqta yaqinidan chiqaruvchi klapan ochiladi, bosim pasayadi va porshenning pastki o'lik nuqtadan yuqori o'lik nuqtaga bo'lgan harakatlanishida ishlab bo'lgan (yonib bo'lgan) gazlar silindr orqali (*IV* chiqarish takti) atmosfera bosimidan ancha yuqori bo'lgan bosimda tashqariga chiqarilib tashlanadi. Ish jarayonining bunday diagrammasi odatda maxsus moslama yordamida - indikatorda yozib boriladi va bu tarzda olingan diagramma *indikatorli diagramma* deb nomlanadi. Indikatorli diagrammada porshen yordamida shu paytning o'zida tasvirlangan silindr kengligi chiqarib tashlanadi.

Dvigatel silindrdagi yuqori harorat ($1600-2000^{\circ}\text{C}$) tufayli uzluksiz tarzda silindr sovutilib turadi. Ko'pincha suv yordamida sovutiladi, shuning uchun

silindr va yonilg'i mahsulotlari orasida issiqlik almashuvi yuz beradi.

Ichki yonuv dvigatellarida aniq, yaqqol yuzaga keladigan jarayonlar qaytmas hisoblanadi (bu jarayon oxirgi tezliklar, ishqalanish va oxirgi har xil haroratda issiqlik almashuvi bilan yuzaga keladi). Shuning uchun indikatorli diagrammani termodinamik sikl jarayoni bilan birdek qabul qilish noto'g'ri. Shu sababli ichki yonuv dvigatellarini termodinamik tahlil qilishda quyidagilarni inobatga olish zarur:

a) yonilg'ining o't olish jarayoni q_1 issiqlikni kiritish (tashqi manbadan) jarayoni bilan almashtiriladi ishlatilgan (yongan) gazlarni chiqarib tashlash jarayoni - q_2 issiqlikni yig'uvchi qaytar jarayon bilan (izoxorik jarayon) almashtiriladi. Buning natijasida siklda doimiy ravishdagi sonda ishchi jismlar mavjud bo'ladi;

b) siqish va kengayish jarayonlari aidabatli qabul qilinadi;

d) ideal gaz to'xtovsiz issiqlik bilan ta'minlovchi ishchi jism hisoblanadi.

Shunday qilib, nazariy tahlil uchun ichki yonuv dvigatellarining aniq jarayonlari qaytar jarayonlardan iborat bo'lgan nazariy termodinamik sikllarga almashtiriladi.

Termodinamik nuqtai nazardan ichki yonuv dvigateli har qanday issiqlik dvigateli singari Karno sikli bo'yicha (eng yuqori termik FIKga ega $T_{\max}$? $T_{\min}$ belgilangan haroratda) ishlashi joiz. Lekin konstruktiv murakkabliklar natijasida, issiqlikning keltirilishi, olib ketilishi izotermalar bo'yicha bo'ladigan ichki yonuv dvigatelinini ishlab chiqish imkoni bo'lmagan.

Amaliy jihatdan issiqlikni izoxor bo'yicha yoki izobar, yoki bo'lmasa izoxor va izobar aralash usullari yordamida keltirish juda qulay. Shuning uchun ichki yonuv dvigatellari uchun amaliy ahamiyatga ega 3 nazariy sikl ishlab chiqilgan:

1) $V=\text{const}$ da issiqlikni keltirish sikli;

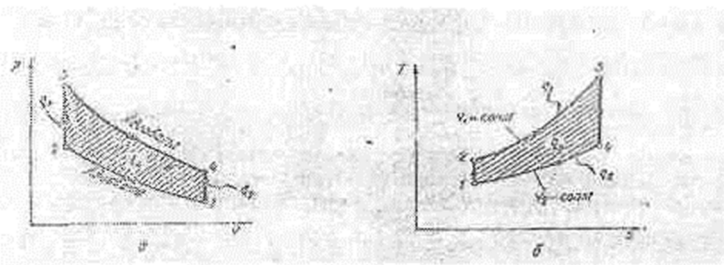
2) $P=\text{const}$ da issiqlikni keltirish sikli;

3) $V=\text{const}$ va $P=\text{const}$ da issiqlikni keltirish sikli.

Hajm o'zgarmaganda ($V=\text{const}$) issiqlikni keltirish sikli

Hajm o'zgarmaganda issiqlik keltirish sikli (jarayoni) kuch bilan harakatlantiriluvchi (yoqiluvchi) dvigatellarning ishlash jarayoniga o'xshash (asoslangan) jarayon. Bunday dvigatellarning o'ziga xos

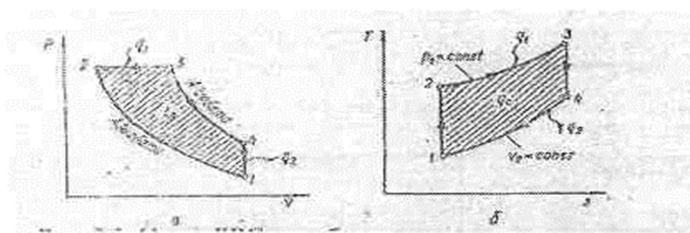
xususiyati yonilg'i aralashmasini (benzin va havo bug'larining qorishmasi) torayishidan iborat. Bu sikl ikkita adiabat va ikkita izoxor (2.2-rasm) jarayonlaridan tashkil topgan. 1-2 adiabatasi yonilg'i aralashmasini siqilishiga, 2-3 izoxora yonilg'ining yonishiga (ya'ni issiqlik q_1 ni keltirilishiga) javob beradi va natijada bosim gacha ko'tariladi. Bundan keyin yonuvchi mahsulotlar adiabatli tarzda kengayadi (3-4 jarayon). Izoxorik jarayonda (4-1) gazdan q_2 issiqlik olib ketiladi.



2.2-rasm. Ichki yonuv dvigatellarida izoxor tarzda issiqlikni keltirilish sikli a) P-V koordinatalarda; b) T-S koordinatalarda.

Bosim o'zgarmaganda ($P=const$) issiqlikni keltirish sikli

Issiqlikning bosim o'zgarmaganda keltirilishi jarayoni ikkita adiabatalardan: izobara va izoxoradan iborat (2.3-rasm) bo'lib, kompressorli dizellar deb nomlanuvchi og'ir yonilg'i mahsulotlari uchun mo'ljallangan dvigatellar uchun namuna hisoblanadi. Bunday dvigatellarda oldin 1-2 adiabat yordamida toza havo siqiladi, natijada harorat yonilg'ining o'zi yonishi (o't olishi) uchun talab qilinadigan darajasiga yetadi. Keyin 2-3 izobarik jarayonda yonilg'ining sochilishi va yonishi ($q_1 < q_2$ issiqlikning keltirilishi) yuzaga keladi. Oxirida 3-4 adiabatik kengayish hosil bo'ladi va izoxorik chiqarish jarayoni amalga oshadi.



2.3-rasm. Bosim o'zgarmaganda ($P=\text{const}$) issiqlik keltiruvchi ichki yonuv dvigatellari

a) P-V koordinatalarda; b) T-S koordinatalarda.

Aralashgan usulda issiqlikni keltirish sikli

Issiqlikni aralash usulda keltirish siklida kompressorli bo'lmagan yonilg'ini mexanik tarzda puflovchi og'ir yonilg'i dvigatellariga xos jarayon (2.4-rasm). Bunday dvigatellarda yonilg'ini yonishi avval $V=\text{const}$ chizig'ida (2 – 3 jarayon) bosimni oshirish, so'ngra doimiy bosimda (3-4 jarayon) orqali amalga oshiriladi.

Siklning asosiy sifati (xususiyati) ni belgilab beruvchi tushunchalarni kiritamiz:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} - \text{siqilish darajasi;}$$

$$\lambda = \frac{P_1}{P_2} - \text{bosimni ko'tarish darajasi;}$$

$$p = \frac{V_4}{V_3} - \text{oldindan kengayish darajasi.}$$

Issiqlikni aralash usulda keltirish siklida bir-biriga bog'liq nuqtalarda gaz haroratini boshlang'ich harorat va ishchi jism ideal gaz deb faraz qilgan tarzda siklning ma'lum xususiyatlaridan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin.

a) 1-2 adiabatik siqilish jarayoni uchun:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}; \quad T_2 = T_1 \varepsilon^{k-1}; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1};$$

b) 2-3 izoxorik jarayon uchun: $T_3 = \lambda T_2 = T_1 \varepsilon^{k-1} \lambda$

d) 3-4 izobar jarayon uchun: $T_4 = P T_3 = T_1 \varepsilon^{k-1} \lambda P$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

e) 4-5 adiabatik kengayish jarayoni uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_1} \right)^{k-1} = \left(\frac{v_4}{v_3} \frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} = P^{k-1} \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Bunda, $T_5 = T_4 P^{k-1} \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = T_1 \lambda P^k$

Aralashgan usulda keltiruvchi va olib ketuvchi issiqlikni quyidagicha yozamiz:

$$q_1 = q_1' + q_1'' = C_{pm}(T_3 - T_2) + C_{pm}(T_4 - T_3) =$$

$$C_{vm} [T_1 \varepsilon^{k-1} (\lambda - 1) + k \lambda (P - 1)]$$

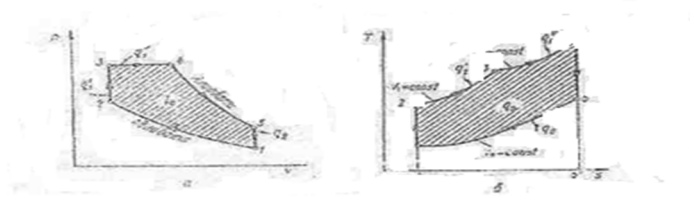
$$q_2 = C_{vm}(T_5 - T_1) = C_{vm} T_1 (\lambda P^k - 1)$$

Bunda issiqlikning aralash usulda keltirilishi siklining termik FIK:

$$\eta_{t,v,p} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_{vm} T_1 (\lambda \rho^k - 1)}{C_{vm} T_1 \varepsilon^{k-1} [(\lambda - 1) + k\lambda(P - 1)]} =$$

$$= 1 - \frac{\lambda \rho^{k-1} - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

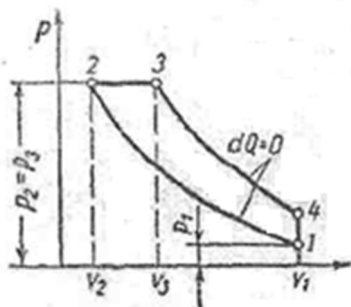
Ko‘rinib turganidek, termik FIK - siqilish darajasi ortishi bilan - bosimning ko‘tarish darajasi - oldindan kengayish darajasining kamayishi bilan pasayib boradi.



2.4-rasm. Ichki yonuv dvigatellarida issiqlikning aralash usulda keltirilish sikli. a) P-V koordinatalarida; b) T-S koordinatalarida.

ICHKI YONUV DVIGATELLARI MAVZUSIGA DOIR MASALA

Bosim o‘zgarmas bo‘lgandagi ($p = \text{const}$) issiqlik keltiruvchi sikl uchun parametrlari $P_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $\lambda = 12,7$, $k = 1,4$ bo‘lgan holatda siklning har bir nuqtasidagi foydali ish koeffitsiyentini, bajarilgan ishni, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdorlari topilsin. Ishchi jism-havo.



Masalaning yechimi:

1-nuqta.

$$P_1 = 0,1 \text{ MPa}, \quad t_1 = 20^\circ \text{C}$$

Hajmni aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 301}{0,1 \cdot 10^6} = 0,863 \quad \text{m}^3 / \text{kg}$$

2-nuqta.

Siqilish darajasi

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = 12,7;$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,863}{12,7} = 0,0679 \quad \text{m}^3 / \text{kg}$$

Adiabatik siqilishdagi harorat

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = 301 \cdot 12,7^{0,4} = 830,7 \quad \text{K};$$

$$t_2 = 536^\circ \text{C}$$

Adiabatik siqilish oxiridagi bosim

$$P_2 = \frac{RT_2}{V_2} = \frac{287 \cdot 809}{0,0661 \cdot 10^6} = 3,51 \text{ MPa}$$

3-nuqta.

Izobar jarayondagi parametrlar munosabatidan

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{v_3}{v_2} = P = 2$$

Bu yerda

$$v_3 = v_2 P = 0,0661 \cdot 2 = 0,1322 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$T_3 = T_2 P = 809 \cdot 2 = 1618 \text{ K}; \quad t_3 = 1345 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_3 = P_2 = 3,51 \text{ MPa}$$

4-nuqta.

$$v_4 = v_1 = 0,84 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Adiabatik kengayish oxiridagi bosim

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k = \left(\frac{v_1}{v_3} \right)^k = \left(\frac{0,84}{0,1322} \right)^{1,4} = 13,3;$$

$$P_4 = \frac{3,54}{13,3} = 0,263 \text{ MPa}$$

Adiabatik siqilish oxiridagi haroratni izoxor jarayondagi parametrlar munosabatidan aniqlaymiz (4-1);

$$t_4 = 500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Keltirilgan issiqlik miqdori

$$q_1 = q_{2-3} = C_p (T_3 - T_2) = \frac{29,3}{28,96} (1345 - 536) = 818 \text{ kJ / kg}$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori

$$q_1 = q_{4-1} = C_v (T_4 - T_1) = \frac{29,3}{28,96} (500 - 20) = 347 \text{ kJ / kg}$$

Siklning foydali ish koeffisiyenti

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{818 - 3457}{818} = 0,576 = 57\%$$

Siklning bajargan ishi

$$l_0 = q_1 - q_2 = 818 - 347 \text{ kJ / kg}.$$

/

Izoh: Ushbu masalani 1-ilovadagi variantlar jadvalidan guruh jurnalidagi tartib raqamingiz variantidagi parametrlar qiymatlaridan foydalanib hisoblang.

3. GAZ TURBINA QURILMALARI

3.1. Gaz turbinalari

Gaz turbinasi deb, ishchi jismi yonuvchi gaz va havo aralashmasidan iborat bo'lgan issiqlik yuritgichiga aytiladi. Ishlash prinsipi va konstruksiyasi jihatidan bug' turbinasiga o'xshash. Gaz turbinasining oquvchi qismida gaz oqimidan issiqlik energiyasi avval kinetik va so'ng rotor aylanishi mexanik ishiga aylanadi.

Gaz turbina qurilmalari bug' turbinalariga nisbatan quyidagi afzalliklariga ega:

- 1) ixcham;
- 2) kondensator qurilmasining yo'qligi;
- 3) konstruksiyasining soddaligi va qulayligi;
- 4) metall tejamkorligi;

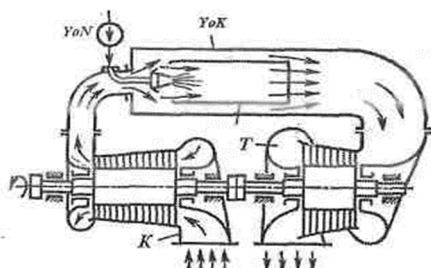
5) sovitish uchun ko'p suv talab qilinmaydi.

Gaz turbinasining quyidagi kamchiliklari mavjud:

1) gaz turbinalarining tez ishdan chiqishi;

2) ishlatiladigan yoqilg'iga yuqori talabliligi.

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



3.1-rasm. Gaz turbinasi qurilmasi chizmasi sikli

Kam miqdorli yuklamalar uchun bir pog'onali gaz turbinalari iqtisodiy qulay. [3]

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

Kompressor atmosferadan havoni so'rib, kerakli bosimgacha siqib beradi va yonish kamerasiga uzatadi. Yonish kamerasiga nasos orqali forsunkadan yoqilg'i keladi va havo bilan aralashib yonadi. Hosil bo'lgan issiq aralashma turbinaga yo'naltiriladi (3.1.-rasm). Aralashma haroratini yonish kamerasida

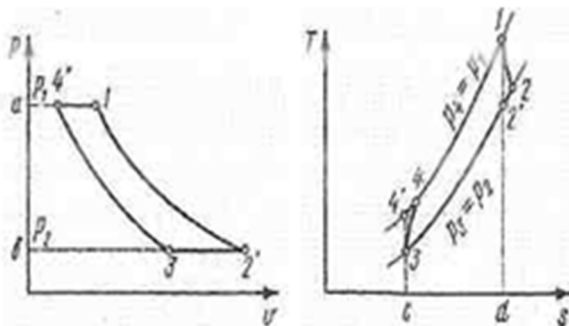
havo miqdori orqali o'zgartirish mumkin. Masalan, turbina uchun issiq havo harorati 900-1100 K bo'lsa u uzoq muddat ishlashi isbotlangan. Yonish harorati esa yonish kamerasida 2000 K ni tashkil etadi. Turbinada gaz kengayib, mexanik ish bajaradi. Turbina validagi quvvatning bir qismi kompressor kuraklarining aylanishiga sarf bo'ladi, qolgani iste'molchiga uzatilishi yoki elektr energiyasi olishga sarf bo'lishi mumkin.

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

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

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

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



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

Termodinamik siklning termik F.I.K.:

$$\lambda = (q_1 - q_2) / q_1 = \ell_0 / q_1$$

bu yerda:

– keltirilgan issiqlik miqdori;

q_2 – olingan issiqlik miqdori;

I_0 – olingan foydali ish.

Foydali ish turbina va kompressor izoentropik ishlari farqiga teng:

$$I_0 = \ell_{ot} - \ell_{ok}$$

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

$$\ell_{ok} = h'_4 - h_3 = C_p (T_4 - T_3)$$

bu yerda: c_p - o'zgarmas bosimdagi gazning issiqlik sig'imi;

?4—13 - shakldagi siqilish boshidagi va oxiridagi entolpiya;

T_4 - T_3 - 3-4 nuqtadagi absolyut harorat.

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

$$\ell_{ok} = h_1 - h'_2 = C_v (T_1 - T_2)$$

bu yerda: c_v - o'zgarmas hajmdagi gazning issiqlik sig'imi; i_1 - i'_2 - kengayish boshi va oxiridagi entalpiya; T_1 - T_2 - 1-2 nuqtadagi absolyut harorat. Siklga keltirilgan issiqlik miqdori T - S diagrammada s -4- l - d yuza bilan belgilanadi:

$$q_1 = C_p (T_1 - T_4);$$

Haqiqiy jarayonda kompressorda gazning siqilishi va turbinada kengayishidagi ish miqdori:

$$\ell_k = C_p (T_4 - T_3);$$

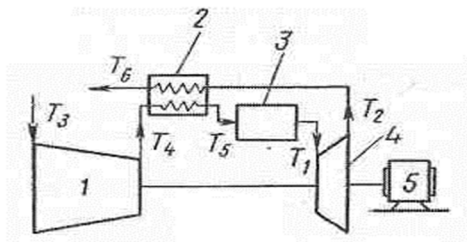
$$\ell_t = C_p (T_1 - T_2);$$

Kompressor ichki F.I.K.:

$$\eta_k = \ell_{ok} / \ell_k = (T_4 - T_3) / (T_4 - T_3)$$

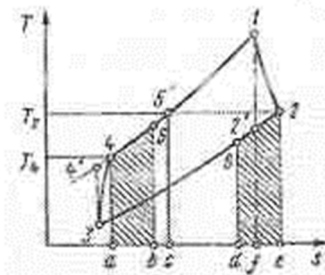
3.2. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari

GTQ iqtisodiy samaradorligini oshirishning yo'llaridan biri turbinada ishlatiladigan gazlarni yonish kamerasidagi havoni qizdirish uchun ishlatishdir. Buning uchun kompressordan chiquvchi havoni regenerator (havo qizdiruvchi) dan o'tkaziladi. Xuddi shu regeneratorga gaz turbinasidan chiquvchi ishlatilgan issiq havo yuboriladi, u o'z issiqligini issiqlik almashinuvi orqali uzatadi va atmosferaga chiqib ketadi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmasi sxemasi

Bu jarayonning T - S diagrammasidagi jarayoni quyidagicha bo'ladi (3.5-rasm):



3.5.-rasm. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmasining T - S diagrammasi

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

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

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

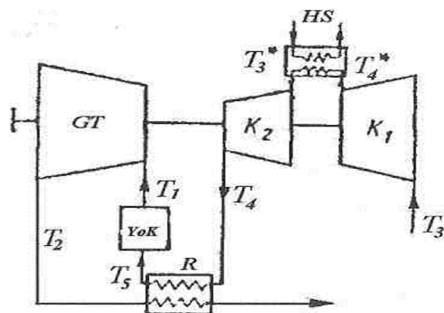
Regeneratsiya paytida bosim oshirish darajasining optimal qiymati tushadi. Shuning uchun regeneratsiyaning qo'llanilishi F.I.K..ning oshishiga olib keladi. Bu turdagi gaz turbinali qurilmaning f.i.k. $\eta = 0,87-0,89$ ga teng. Lekin regeneratsiyaning optimal qiymati olinmasa regeneratorning yuzasi ortib, metall isrofiga olib kelishi yoki uning aksi bo'lishi mumkin. Bu holni regeneratsiya darajasi xarakterlaydi. Regeneratsiya darajasi $R < 0,5$ dan kichik bo'lsa regeneratsiya qo'llanilishidan iqtisodiy samara olinmaydi.

Zamonaviy gaz turbinali qurilmalarda bu daraja ko'rsatkichi 0,6-0,8 ga teng. Bunda yoqilg'i 22-28 % iqtisod qilinadi, chunki yonish kamerasida havoni qizdirish uchun kam yoqilg'i sarf etiladi. Regeneratsiya darajasi texnik iqtisodiy taqqoslash yo'li bilan kompressor f.i.k.i boshlang'ich harorat gabarit ko'rsatkichlar va ish rejimini e'tiborga olinib qabul qilinadi.

3.3. Havoni pog'onali siqish va pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmalari

Gaz turbinali qurilmalarda havoni siqish uchun sarflanadigan mexanik ishni kamaytirish uchun har bir pog'onada havoni sovitish yo'li bilan siqiladi. Bu jarayonlarni oraliq sovitgich (xolodilnik) larda amalga oshiriladi. Qancha ko'p sovitgichli pog'onalar bo'lsa sikl izotermaga yaqin bo'ladi va kam ish sarf bo'ladi, lekin qurilmaning murakkabliligi, qimmatliligi va

gidravlik qarshiliklari ortishi tufayli quvvat tushadi. Shuning uchun sanoatda asosan, ikki pog'onali va kamdan kam uch pog'onali gaz turbinalari qurilmalari qo'llanilishi mumkin.



3.6 - rasm. Havoni pog'onali siqishli gaz turbina qurilmasi chizmasi

Atmosferadan havo K_1 kompressor orqali so'rib olinadi va Z kerakli bosimni siqib haroratini oshirib beradi. U yerdan havo sovitgichga kelib o'zgarmas bosimda T_3 haroratgacha soviydi va K_2 kompressoriga kelib tushadi, K_2 da yana siqiladi harorati T_4 gacha oshadi. R regeneratorda harorati T_5 gacha oshgan havo yonish kamerasiga kelib tushadi. U yerdan kerakli bosim va harorat olgach, turbinaga tushadi, ish bajarib, yana regeneratord orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Bu qurilma ichki F.I.K:

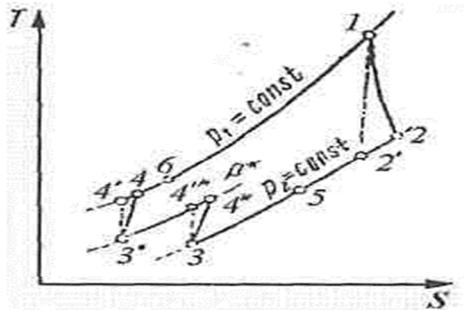
$$\eta_0 = \ell_1 / q_{sov}$$

bu yerda: ℓ_1 - GTQ ichki foydali ishi;

q_{sov} - yonish kamerasiga uzatilgan issiqlik miqdori.

$$\ell_1 = \ell_t - \ell_{k1+k2}$$

Jarayonning T-S-diagrammasi 3.7 - rasmda ko'rsatilgan.

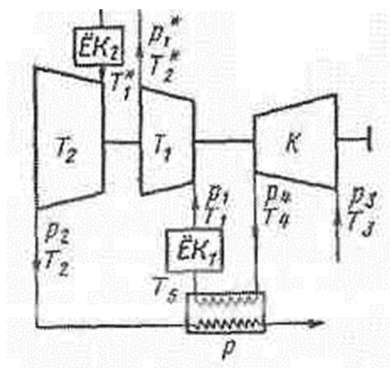


3.7 -rasm. Havoni pog‘onali siqishli gaz turbina qurilmasining T-S diagrammasi

- 3- 4 birinchi kompressorda havoning siqilish jarayoni;
- 3 -4 ikkinchi kompressorda havoning siqilishi;
- 4-3 havo sovitgichida havoning sovushi;
- 4-5 regeneratorda havoning qizishi;
- 5-1 yonish kamerasida issiqlik uzatilishi;
- 1-2 turbinada havoning kamayishi;
- 2-3 ishlatilgan havoning regeneratorga uzatilishi va atmosferaga chiqarilishdagi issiqlik almashinuvi.

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

GTQ iqtisodiy samaradorligini oshirish oraliq pog‘onalardagi yonish kameralarida yoqilg‘ini yoqish hisobiga bo‘lishi mumkin (3.8-rasm).



3.8-rasm.Yoqilg'ini pog'onali yondirishli gaz turbina qurilmasi chizmasi

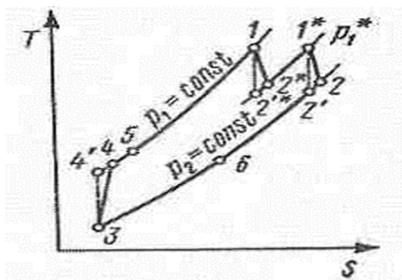
Havo compressor orqali regeneratorga tushadi, u yerdan kerakli bosim va harorat olib birinchi yonish kamerasida yonadi. Yonish gazlari birinchi turbinaga kelib kengayadi. Birinchi turbinada ishlagan gazlar ikkinchi yonish kamerasiga kelib tushadi, bu yerda qo'shimcha issiqlik olib (yonish hisobiga) ikkinchi turbinaga tushadi. Turbinada kengayib, regenerator orqali chiqarib yuboriladi.

Bu turdagi GTQ ning F.I.K:

$$\eta = \ell_1 / q_{n1+qn2}$$

bu yerda: ℓ_1 -GTQ ichki foydali ishi;

q_1, q_2 -birinchi va ikkinchi yonish kameralaridagi issiqlik miqdori. Jarayonning T-S diagrammasi 3.9 - rasmda ko'rsatilgan.



3.9 -rasm.Yoqilg'ini yondirishli gaz turbina qurilmasining T-S diagrammasi

- 3-4 kompressorda havoning siqilishi;
- 4-5 regeneratorda havoning qizishi;
- 5-1 birinchiyonish kamerasida Issiqlik ajralishi;
- 1-2 birinchi turbinada gazning kengayishi;
- 2-1 ikkinchiyonish kamerasida issiqlik ajralishi;
- 1 -2 ikkinchi turbinada gaz kengayishi;
- 2-6 regeneratorda gazning issiqlik uzatishi;
- 6-3 ishlatilgan gazning atmosferaga chiqarishidagi issiqlik chiqarilishi.

Oraliq pog'onalarda sovitish kabi bu tipdagi qurilmalarda yonish kameralari asosan 2 pog'onali qilib olinadi. Uni, to'rt yonish kamerali qilib olishda f.i.k. aytarlik oshmasligini va qurilma murakkab bo'lib ketishini ko'rsatadi.

Yuqori quvvatli gaz turbina qurilmasini ishlab chiqarishda ba'zan pog'onali sovitish va pog'onali qizdirish sxemalarini birgalikda qo'llaniladi.

Bu sxema qurilma murakkab bo'lishiga qaramasdan, yuqori F.I.K va optimal bosim oltirish darajasi hamda ishlatiladigan havo miqdorining kamligi bilan ham xarakterlanadi.

GAZ TURBINA QURILMALARI MAVZUSIGA DOIR MASALA

Masalaning berilishi:

$P_1=100$ kPa, $t_1=27^\circ\text{C}$, $t_3=700^\circ\text{C}$ ($p=\text{const}$) bo'lgan holatda gaz turbinasining ideal siklining xarakterli nuqtalarida quyidagi parametrlar topilsin: foydali ish, termik foydali ish ko'effitsiyenti keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdori. Ishchi jism-havo.

$$\lambda = \frac{P_2}{P_1} = 10; \quad k = 1,4$$

Masalaning yechimi:

1-nuqta.

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 300}{230 \cdot 10^5} = 0,0037 \quad \text{m}^3 / \text{kg}$$

2-nuqta.

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}; \quad T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = T_1 \lambda^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_2 = 300 \cdot 1,93 = 593 \quad \text{K};$$

$$t_2 = 306 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \lambda; \quad P_2 = P_1 \lambda = 230 \cdot 10 = 2300 \text{ kPa} = 2,3 \text{ MPa}$$

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{287 \cdot 570}{2,3 \cdot 10^6} = 0,071 \quad \text{m}^3 / \text{kg}$$

3-nuqta

$$T_3 = 700 + 273 = 973 \quad \text{K};$$

$$P_3 = P_2 = 2,3 \text{ MPa};$$

$$v_3 = v_2 = \frac{T_3}{T_2} = 0,071 \cdot \frac{973}{570} = 0,121 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

4-nuqta.

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{T_2}{T_4}; \quad \frac{973}{T_4} = \frac{579}{300};$$

$$T_4 = \frac{973 \cdot 300}{570} = 504 \text{ K}$$

$$t_4 = 229 \text{ }^0\text{C}; \quad P_4 = P_1 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$v_4 = v_1 = \frac{T_4}{T_1} = 0,861 \cdot \frac{504}{300} = 1,41 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Issiqlik miqdori

$$q_1 = q_{2-3} = C_p (T_3 - T_2) = \frac{29,31}{28,96} (973 - 579) = 399 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$q_2 = q_{4-1} = C_p (T_4 - T_1) = \frac{29,31}{28,96} (504 - 300) = 202 \text{ kJ} / \text{kg}$$

Siklning bajargan ishi

$$l_0 = q_1 - q_2 = 399 - 202 = 197 \text{ kJ} / \text{kg}$$

Siklning foydali ish koeffitsiyenti

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{202}{399} = 0,494 = 49\%$$

Izoh: Ushbu masalani 1-ilovadagi variantlar jadvalidan guruh jurnalidagi tartib raqamingiz variantidagi parametrlar qiymatlaridan foydalanib hisoblang.

Mustaqil ishdagi masalalarni bajarish uchun berilgan parametrlar
qiymatlarining variantlar jadvali

T/r	P ₁ , MPa			P ₂ , MPa	t ₁ , °C			t ₃ , °C
Har bir ma- sala uchun alohida qiymatlar	BTQ	IYD	GTQ kPa	BTQ	BTQ	IYD	GTQ	GTQ
1	6	0,2	100	0,02	500	26	26	600
2	4	0,5	300	0,05	530	24	24	400
3	5	0,3	250	0,03	510	25	25	500
4	3	0,4	180	0,04	560	23	23	300
5	7	0,6	230	0,06	515	27	27	700
6	8	0,1	220	0,01	550	28	28	800
7	3	0,7	280	0,07	580	23	23	300
8	6	0,6	180	0,06	510	26	26	600
9	2	0,4	225	0,04	555	22	22	200
10	9	0,6	190	0,06	525	29	23	900
11	5	0,2	175	0,02	590	25	29	500
12	6	0,8	240	0,08	570	26	24	600
13	7	0,3	100	0,03	500	27	29	700
14	3	0,5	300	0,05	530	23	23	300
15	9	0,6	250	0,06	510	29	27	900
16	4	0,4	180	0,04	560	24	26	400
17	9	0,1	230	0,01	515	29	25	900
18	3	0,7	220	0,07	550	23	23	300
19	7	0,3	280	0,03	580	27	27	700
20	6	0,8	210	0,08	510	26	28	600
21	5	0,2	200	0,05	520	25	22	600
22	9	0,1	180	0,01	500	26	29	900
23	2	0,4	200	0,04	530	24	25	200
24	6	0,6	100	0,06	510	25	26	600
25	3	0,6	300	0,06	560	23	27	300
26	8	0,5	250	0,05	515	27	23	800
27	7	0,3	180	0,03	550	28	29	700
28	3	0,1	230	0,01	580	23	24	300
29	5	0,4	220	0,04	510	26	29	500
30	4	0,2	280	0,02	570	22	23	400

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Issiqlik texnikasining nazariy asoslari. O'quv qo'llanma.-Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2010.
2. Tarik Al-SHemmeri. Engineering Thermodynamics. Renewable Energy Technology Staffordshire University, 2010
3. Richad E Sonntag, Claus Borgnakke. Fundamentals of Thermodynamics. – Amerika: University of Michigan, 2013.
4. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. -М.: Машиностроение, 2002
5. Под ред. Захаровой А.А. Техническая термодинамика и теплотехника. -М: Академия, 2006
6. Internet ma'lumotlari:
<http://www.bestreferat.ru/referat-57968.html>
http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm
<http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product no=854>
<http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>

MUNDARIJA

Kirish	3
Introduction and preliminaries	4
1. BUG‘ TURBINA QURILMALARI	5
1.1. Bug‘ - kuch qurilmasining nazariy sikli [2]	5
1.2. Regenerativ siklli bug‘ - kuch qurilmasi [3]	10
1.3. Binar siklli bug‘ - kuch qurilmasi	11
1.4. Teplofikatsion bug‘-kuch qurilmasi	14
1.5. Bug‘ turbinasi [3]	17
BUG‘ TURBINA QURILMALARI MAVZUSIGA DOIR MASALA	22
2.. ICHKI YONUV DVIGATELLARI	23
2.1. Ichki yonuv dvigatellari [3]	23
ICHKI YONUV DVIGATELLARI MAVZUSIGA DOIR MASALA	29
GAZ TURBINA QURILMALARI	32
3.1. Gaz turbinalari[3]	32
3.2. Regeneratsiyali gaz turbina qurilmalari	36
3.3. Havoni pog‘onali siqish va pog‘onali yondirishli gaz turbina qurilmalari	37
GAZ TURBINA QURILMALARI MAVZUSIGA DOIR MASALA	42
Mustaqil ishdagi masalalarni bajarish uchun berilgan parametrlarni qiymatlarining variantlar jadvali	44
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	45