

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
TÜRKMENUSTANYŇ DÖWLET ENERGETIKA
INSTITUTY**

B.Altyýew

GAZ TURBINA DESGALARY

Hünär: “Ýylylyk elektrik stansiýalary”

2010ý

“Elektrik enrgiýasyny öndürmek, bu ugurda täze mümkinçilikleri açmak we işe girizmek-geljege gönükdirilen uzak möhletleýin döwlet ähmiýetli wezipedir. Ony ýerine ýetirmekdehem biz ep-esli üstünlikler gazandyk. Netijede öz halkymyzy elektrik energiýasy bilen mugt üpjün etmekden başga-da Türkmenistanyň elektrik energiýasyny daşary ýurtlara çykarmaklyga barha artýan mümkinçilikleri bolan ýurda öwrülýär”.

Sözbaşy

Türkmenistan energiýa çeşmelerine baýdyr, bu ýerde senagat okgunly ösýär, şonuň üçin kuwwatly energiýa pudagy-üstünlikli ösüşiň girewidir. Elektrik energiýasy adaty durmuşda we senagatda ymykly ornaşdy, ol kärhanalardaky stanoklaryň we mehanizmleriň, ýaşaýyş jaýlaryndaky köp mukdardaky elektrik abzallarynyň işini üpjün edýär.

Ilaty we senagaty elektrik energiýasy bilen üpjün etmek, ony daşary ýurtlara çykarmak, elektrik stansiýalaryny we elektrik ulgamlaryny ulanmak we durkuny täzelemek, maşyn gurluşygyny ösdürmek Türkmenistanyň Energetika we senagat ministrliginiň wezipesine girýär.

Täze energiýa bloklary üçin enjamlar seçilip alnanda “Jeneral Elektrik” kompaniýasynyň ýokary hilli enjamlaryny almaklyk makul bilindi. 1998-nji we 2003-nji ýyllarda gaz turbina desgalary Abadan döwlet elektrik stansiýasynda gurnaldy. 2003-nji ýylda Balkanabat döwlet elektrik stansiýasynda ýene-de üç turbina işe girizildi. Türkmenbaşynyň nebiti gaýtadan işleýän zawodlar toplumy üçin aýratyn elektrik stansiýasy guruldy. Paýtagtymyzda elektrik energiýasynyň sarp edilişiniň artýandygy bilen baglylykda 2006-njy ýylda işläp başlan Aşgabat döwlet elektrik stansiýasyny gurmaklyk karar edildi.

2007-nji ýylyň 7-nji dekabrynda Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň gatnaşmagynda Daşoguz gaz turbina elektrik stansiýasynyň açylmagy-pudak üçin wajyp pursatdyr. Hormatly Prezidentimiziň jemgyýetçilik durmuşynyň ähli ugurlarynda oňyn özgertmeleri durmuşa geçirmek boýunça alyp barýan işleri ýurdumyzyň taryhynda täze sahypany açýar, ileri tutulýan pudaklaryň ösmegine ýardam edýär, olaryň arasynda elektroenergetika hem möhüm orun berilýär. Beýik Galkynys döwründe pudagy kämilleşdirmek, täze elektrik stansiýalaryny gurmak we olary häzirki zaman enjamlary bilen üpjün etmek işleri barha artýan depginler bilen alynyp barylýar.

2010-njy ýylda kuwwatlylygy 254.2 MWt bolan elektrik stansiýalar Ahal welaýatynda, Awaza dynç alyş zolagynda, Balkanabatda gurulyp ulanylmaga berildi.

Giriş. Gaz turbina desgлары barada esasy maglumatlar.

Gaz turbinalaryna işçi jisim bolup gaz ýangyjynyň ýanma önüminiň howa bilen garyşýan ýalyn ýa-da gerekli talaplary häsiýetli ýokary temperatura çenli gyzdrylan gazlar ýa-da howa gulluk edýär.

Işleýiş aýratynlyklary boýunça gaz turbinalary bilen meňzeş. Işçi jisimiň (gazyň) turbinanyň uzynlygyna giňelmeginde gaz akymynyň ýylylygynyň kinetiki energiýa öwrülip, soňra rotorlary aýlap mehaniki energiýa öwrülýär. GTD-lerde suw bug häsiýetinden üýtgeşik gazyň ulanylmagy bilen baglanyşykly bug turbinalaryndan gazan turbinalarynyň konstruktiv aýratynlyklary bar. Umumylykda gaz turbina desgalarynyň shemalary we beýleki enjamlary bug turbina gurallaryndan düýpli üýtgeşik. GTD-lar bug turbinalary bilen deňeşdirilende aşakdaky aýratynlyklary bar.

1. Örän kompaktly ýagny ýangyç ullakan bug gazanlarynda ýakylmaýarda gaz turbinada ýerleşdirilen ýanyş kameralarynda ýakylýar, mundan başgada GTD-lerde kondensasion desgalar ýok.
 2. Doly kuwwatlylygyna çenli tiz işe goýberip bolýar. (30s-30min).
 3. Konstruksiýasy we işletmeklik ýönekeý.
 4. Deň kuwwatly bug turbinalary bilen deňeşdirilende metal we beýleki materiallary az sarp etýär.
 5. Bahasy boýunça arzan.
 6. Sowatmak üçin suw işlemeýär diýen ýaly
- GTD-lar bug turbinalary bilen deňeşdirilende aşakdaky ýetmezçiligi bar:

1. Birlik kuwwaty boýunça
2. Häzirkizaman ösüş etapynda örän kiçi PTK-ly
3. Uianys möhleti gysga.
4. Ýangyjyň sortyna örän talaply. Ýagny GTD-lerde gaty ýangyjy ulanmaklyk şu wagta çenli üstünde işlenilýär, mazuty ulanmaklyk bolsa enjamlarynyň işletmekde konstruksiýasynda çylşyrymlylyklar döretýär.

GTD-leri, döretmeklik teklipleri bug turbinalaryndan örän öň döreýär, ýöne polatlaryň gerekli hiliniň ýoklugu üçin we gaz turbinalaryň öndüriliş derejesiniň pesligi üçin dine XIX asyryň ahylarynda döretmek mümkinçilikleri döreýär. Gaz turbinalary döretmeklikde ras inşenerler P.D. Kuzminskiý we B.K.Karawodin, şeýle hem nemes inşenerleri Ştols we Holsbart uly rol oýnaýar. Gazturbinalary köp wagtlap praktikada giňden ulanylmady. Diňe soňky 30-40 ýylyň dowamynda metallurgiýanyň üstünlikleri, tehniki derejeleriniň we pilçeli maşynlaryň nazary esaslarynyň ösmegi bilen gaz turbinalaryň döremegine getirýär (ýokary tygşytlylygy, ygtybarlylygy we ulanyş möhleti ýokary).

Soňky ýyllarda gazyturbinalar giň gerim bilen energetikada ulanylyp başlanýar. GTD-leriň tiz işe goýberip bolýandygy üçin pik, ýarym pik we ätiýaçlyk guraly hökmünde ulanylýar. Kähalatlarda kuwwaty uly bolmadyk elektrostansiýalarda çykýan tüssäniň ýylylygyny teplofikasiýa üçin ulanýan bazalaýyn agregat hökmünde ulanylýar. Massa gabarit görkezijileriniň uly dälligi mobilniliği we işletmekligiň ýönekeýligi üçin GTD-ler hereket edýän transport elektrostansiýalary hökmünde ulanmak mümkin.

Energopáyezd hökmünde polupreseplerde, furgonlarda transport elektrostansiýalary hökmünde ulanmak mümkin. Şeýle-de deňizlerde derýalarda ýüzýän elektrostansiýa hökmünde ulanmak mümkin. Energetika we senagatyň beýleki pudaklary üçin GTD-leri döretmekde Amerikanyň "Jenaral elektrik" kompaniýasy, Fransiýanyň, Germaniýanyň, Orsýetiň kompaniýalary we zawodlary uly rol oýnaýar. Gaz turbina desgalaryň mundan beýläk ösmekligi olaryň birlik kuwwatlylygynyň, tygşytlylygynyň ygtybarlylygynyň we ulanyş möhletiniň ýokarlandyrmaklygynyň ýollary öňi bilen gyzgyna çydamly materiallary döretmekligiň ösmegi bilen kesgitlenilýär. Şeýle hem gaz turbinalaryň uzynlygyna sowatmaklygynyň effektiv usullaryny täzeden işlemeklik bilen kesgitlenilýär.

Şeýle-de gaz turbinaly atom energetiki desgalarynyň gaz ýylylykãkidijili ýadro reaktorlarynyň uly perespektiwalary bar. Olar suw-bug aýlanşykinde işleýän atomly desgalardan örän tygşytly kompaktly we gurluşy boýunça ýonekeý bolar diýip esaslar bar.

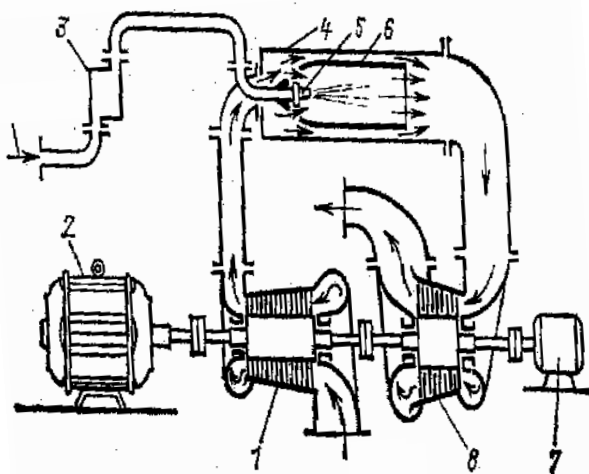
Ýönekeý GTD-niň shemasy we aýlanşygy

Ýönekeý GTD-niň shemasy.

Ýönekeý açyk tipli hemişelik basyşda ýanýan GTD 1. cyzgyda görkezilen

Sorulýan howanyň 20-40%-i ýanma hadysasyna gatnaşýar. Ilkinji howa diýip atlandyrylýar. Galan 60-80%-i ýanmadan soň goşulýar. Ikinji ýa-da sowadyjy howa diýip atlandyrylýar. Turbinanyň önündäki gazyň temperaturasyny gerekli ululygynda berýär.

Ýanyş kamerasynyň aktiw zolagynda temperatura $1800-2300^{\circ}\text{K}$. Ulanylýan ýangyja baglylykda uzak möhletleýin ulanmaklyga göz önüne tutmak b/n turbina girelgedäki gazyň tepraturasy $900-1200^{\circ}\text{K}$.

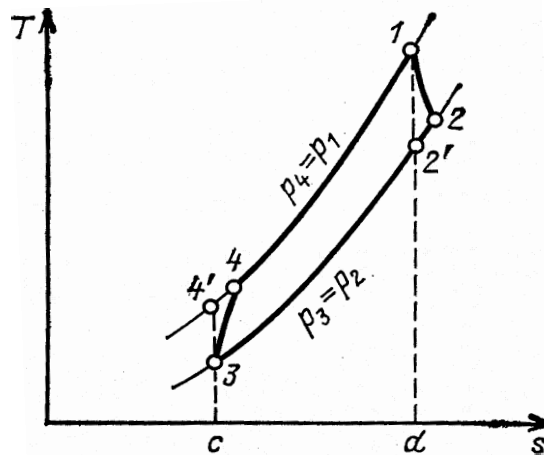


cyzgy1 Hemişelik basyşda ýanýan ýönekeý GTD-niň prinsipial shemasy

1. Kompessor
2. Generator
3. Ýangyç nasosy
4. Ýanyş kamerasy
5. Forsunka

6. Aktiv ýanyş zology
7. Işe goýberiji elektrik dwigateli
8. Gaz turbinasy

Ýönekeý GTD-laryň aýlanyşyklary



Çyzgy 2. *I-S diagrammada hemişelik basyşda ($P=\text{const}$) ýakylýan GTD-niň aýlanyşyklary.*

2 cyzgyda hemişelik basyşda ýakylýan GTD-nyň termodinamiki we hakyky aýlanşygy birleşdiriji görkezilen. Termodinamiki aýlanşyk üçin aşakdaky esasy rugsat çäreleri görkezilen.

1. Aýlow ýapyk ol ideal gazyň hemişelik mukdary, hemişelik düzümi we ýylylyk sygymy bilen amala aşyrylýar.
2. Ähili prosesler gaýtarylýan ýagny olar ýylylyk we gidrawliki ýitgisiz bolup geçýär.
3. Kompressordaky gysylma we turbinadaky giňelme adiobat prosesleri, ýöne şu ýagdaýlarda ýitgi ýok, şeýlelikde şu prosesler hemişelik entropiýanyň balialarynda bolup geçýär.

-3-4¹ -kompresorda howanyň izoentrop gysylmagy, onuň basyşyny we temperaturasyny ýokarlandyrýar, başdaky P_3 we T_3 bahalaryndan P_4 we T_4 çenli. Hakyky prosesde gysylma kompresorda içki ýitgiler bilen bolup geçýär, ýagny şu prosesi entropiýanyň ulalmak tarapyna süşürýär (3-4-çyzyk).

4-1- Ýanyş kamerada izobara boýunça ýylylyk berilýär, şoňa görä temperatura T_4 -den T_1 -e çenli ýokarlanýar.

1-2'-Turbinada işçi jisimiň izoentrop giňelmegi.

Hakyky aýlanşykda barlagy üçin giňelmede entropiýa ýokarlanýar, 1-2-çyzyk boýunça amala aşyrylar. Şeýlelikde basyş P_2 -çenli temperatura T_2 -çenli kiçelýär. Termodinamiki aýlanşykda ýylygyň alynmagy 2'-3 izobara bilen görkezilýär. Şu prosesiň

netijesinde işçi jisimiň temperaturasy T_3 başdaky ýagdaýyna çenli kiçelýär. Hakyky aýlanyşykda 2-3-çyzyk şertli prosesi ýapyjy edip görkezilýär, turbinadan atmosfera çykýan gazyň sowadylmagyna degişli. Termodinamiki sikiliň termiki PTK-sy

$$\eta_t = (q_1 - q_2) / q_1 = l_0 / q_1; \quad (1)$$

q_1 -aýlanşykda berlen ýylylyk.

q_2 - aýlanşykda alynan ýylylyk.

l_0 - aýlanşykda udel peýdaly işi.

Ol turbinanyň we kompressoryň izoentrop işleriniň tapawudyna deň.

$$l_0 = l_{0T} - l_{0K} \quad (2)$$

Komnresorda 1kg gazyň izoentrop gysylmasynyň işi ahyrky we başdaky entalpiýalaryň tapawudy hökümünde tapylyar.

$$l_{0K} = h_4^I - h_3 = c_p(T_4^I - T_3) \quad (3)$$

h_3 -gysylmadan öň gazyň entalpiýasy.

h_4^I -gysylmadan son gazyň entalpiýasy..

T_3 -gazyň 3 nokatdaky absolýut temperaturasy.

T_4^I -gazyň absolýut temperaturasy, 4ⁱ nokatda.

c_p -hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymy

Turbinada lkg gazyň izoentrop giňelmesiniň

iş başdaky we ahyrky entalpiýalaryň tapawudyna deňdir.

$$l_{0T} = h_1 - h_2^I = c_p(T_1 - T_2^I) \quad (4)$$

h_1 we h_2^I giňelmäniň önünde we soňunda gazyň entolpiýasy.

T_1 we T_2^I -//- -gazyň (1 we 2 nokat)tempraturasy.

aýlanşykda berilen ýylylyk q_1 T-s diagrammada s-4-1-d meýdan bilen görkezilen.

$$q_1 = c_p(T_1 - T_4^I) \quad (5)$$

Egerde 1 deňlemede l_0 we q_1 -bahalaryny goýsak

$$\eta = \frac{C_p(T_1 - T_2^I) - C_p(T_4^I - T_3)}{C_p(T_1 - T_4^I)} = \frac{1 - T_2^I/T_1 - (T_3/T_1) \times (T_4^I/T_3 - 1)}{1 - T_4^I/T_1} \quad (6)$$

Izoentropproses üçin indiki gatnaşyklar ulanylyar.

$$T_2^I/T_1 = (P_2/P_1)^{(k-1)/k} = 1/\beta^{(k-1)/k}; \quad (7)$$

$$T_4^I/T_3 = (P_1/P_2)^{(k-1)/k} = \beta^{(k-1)/k}; \quad (8)$$

Nirede: $P_2/P_1 = P_4/P_3 = \beta$ -kompressorda basyş ýokarlanma derejesi;

$T_1/T_3 = \tau$ - aýlanşykda basyş ýokarlanma derejesi

$$K = c_p/c_w;$$

(7) we (8)- deňlemeleri (6) deňlemä goýup, $K-1/k=m$ belgiläp özgertmelerden soňra GTD aýlanşykdan termiki PTK-synyň ahyrky formulasyna alýarys.

$$\eta_t = \frac{1 - \beta^{-m} - (1/\tau)(\beta^m - 1)}{1 - \beta^m(1/\tau)} = 1 - \frac{1}{\beta^m} \quad (9)$$

deňlemeden görünýär ýagny GTD aýlanşygynyn termiki PTK-sy $P = \text{const}$ bolanda yzygiderli basyş yokarlanma derejesiniň ϕ) ulanylmagy bilen artýar. Ýöne bu dine termodinamiki aýlanşyk üçin, ol ýerde içki ýigiler göz önüne tutulmaýar, ýylylygyň alynmagy göz önüne tutulan. Hakyky aýlanşykdäki kompressorda hökmany gysylmagy we turbinada gazyň giňelmegi termodinamiki aýlanşykdaky ýaly entalpiýanyň tapawutlary bilen ýazylýar.

$$\ell_K = C_p(T_4 - T_3); \quad (10)$$

$$\ell_T = C_p(T_1 - T_2); \quad (11)$$

Kompressorda howanyň gysylmagy bilen döreyän içki ýitgiler, içki PTK kesgitlenilende göz önüne tutulýar

$$\eta_t = \ell_{OK}/\ell_K = (T_4' - T_3)/(T_4 - T_3) \quad (12)$$

ℓ_{OK} – termodinamiki aýlanşykda 1 kg hökmany izoentrop gysmaklygyň işi.

ℓ_K – hakyky aýlanşykda 1 kg howany izoentrop gysmaklygyň işi.

Meñzeşlikde turbinanyň içki ýitgileri otnasitel içki PTK kesgitlenilende göz önüne tutup

$$\eta_{oi} = \frac{\ell_T}{\ell_{OT}} = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - T_2')} \quad (13)$$

ℓ_T - hakyky aýlanşykda turbinada 1kg gazyň giňelmedäki işi.

ℓ_{OT} - izoentrop giňelmedäki işi kJ/kg.

(12) we (13) deňşilikde kompressordaky gysylmagynyň hakyky işi.

$$\ell_k = (1/\eta_k)\ell_{OK} \quad (14)$$

we turbinadaky giňelmäniň hakyky işi.

$$\ell_k = (1 + \mu) \cdot \ell_{OT} - \eta_{oi} \quad (15)$$

μ - 1kg howa düşýän ýangyjyň mukdary ýanyş kamerasyna kg/kg. $\mu = 0,01 \div 0,018$ (ýok edilýär) (14) we (15) peýdalanyň GTD-niň içki peýdaly işini kesgitleýäris:

$$\begin{aligned} \ell_i &= \ell_T - \ell_k = \ell_{OT} \cdot \eta_{oi} - \ell_{OK} (1/\eta_k) = C_p (T_1 - T_2') \cdot \eta_{oi} - C_p (T_4' - T_3) (1/\eta_k) = \\ &= C_p T_1 (1 - T_2'/T_1) \eta_{oi} - C_p T_3 (T_4'/T_3 - 1) (1/\eta_k) \end{aligned}$$

(16) deňlemä (7) we (8) goýup alýarys

$$\ell_i = C_p T_1 \left[(1 - 1/\beta^m) \eta_{oi} - (1/\eta_k \tau) (\beta^m - 1) \right] \quad (17)$$

Bu ýerde

$$\tau = T_1/T_3$$

aýlanşykda basyş ýokarlanma derejesi.

Gazturbina desgalaryny häsiýetlendirýän esasy görkezijiler we GTD-nyň peýdalylygyny ýokarlandyrmagyň usullary.

Real GTD-larynda birnäçe ýitgiler bar, olar içki we daşky ýitgilere bölünýär. Içki ýitgiler gönüden-göni işçi jisimiň ýagdaýyny üýtgemegi bilen baglanyşykly. Olara degişli:

- 1) Kompressoryň içki ýitgisi, kompressoryň içki PTK-sy η_k bilen göz önüne tutulýar.
- 2) Gazturbinalaryň içki ýitgisi, turbinanyň otnositel içki PTK-sy η_{oi} bilen göz önüne tutulýar.
- 3) Ýanyş kamerasyndaky ýitgi, ýanyş kamerasynyň ýylylyk PTK-sy η_{kc}^T bilen göz önüne tutulýar.
- 4) GTD-laryň howa ýolundaky gidrawliki garşylyklaryň ýitgisi, olara howageçirijidäki, regeneratordaky, howasowadyjydyaky gidrawliki ýitgiler degişli.
- 5) GTD-laryň gaz ýolundaky gidrawliki garşylyklaryň ýitgisi, gazgeçirijilerdäki, ýanyş kameralaryndaky we regeneratordaky gidrawliki ýitgileri öz içine alýar.
- 6) Turbina detallaryny sowatmaklyga howaýykdaýjysy bilen baglanyşykly ýitgi. GTD-laryň içki ýitgileri, desganyň içki ýitgileriniň kömegi bilen bahalandyrylýar.

$$\eta_i = l_i / q_{kc} \quad (1)$$

nirede l_i – GTD-nyň içki peýdaly işi. kJ/kg

q_{kc} - hakyky ýylylyk mukdary, (ýanyş kamerasynda 1 kg howany T_4 - temperaturadan T_1 temperatura çenli gyzdyrmak üçin sarp edilen)

$$q_{kc} = C_p(T_1 - T_4)(1/\eta_k \tau) \quad (2) \quad \text{kJ/kg}$$

η_{kc}^T -ýanyş kamerasynyň ýylylyk PTK-sy
GTD-nyň içki peýdaly işi.

$$l_i = (C_p T_1 [(1 - 1/\beta^m) \eta_{oi} - (1/\eta_k \tau)(\beta^m - 1)] / C_p (T_1 - T_4)(1/\eta_{kc}^T)) =$$

$$= ((1 - 1/\beta^m) \eta_{oi} - (\beta^m - 1)/\eta_k \tau) / (1 - T_4/T_1)(1/\eta_{kc}^T) \quad (3)$$

$\tau = T_1/T_3$ - aýlanşykdyaky temperatura ýokarlanmasynyň derejesi.

$$m = K - 1/K \quad K = C_p/C_v$$

$$\beta = P_1/P_2 = P_4/P_3 \quad \text{kompressorda basyş ýokarlanmagy}$$

(2) we (3) deňlemeleri (1) formula goýup alarys

$$\eta_i = (C_p T_1 [(1 - 1/\beta^m) \eta_{oi} - (1/\eta_k \tau)(\beta^m - 1)] / (C_p (T_4 - T_1)(1/\eta_{kc}^T))) \quad (4)$$

Soňky özgetrmeler bilen deňlemäni aşakdaky görnüşe getirýäris.

$$\eta_i = (\tau(1 - 1/\beta^m) \eta_{oi} - (\beta^m - 1)(1/\eta_k) \eta_{kc}^T) / (\tau - 1 - (\beta^m - 1)(1/\eta_k)) \quad (5)$$

Şeýlelikde GTD-niň içki PTK-sy $\mu_i = f(\tau, \beta, \eta_{oi}, \eta_k, \eta_{kc}^T)$ aýdyň görünýär. Bahasy näçe uly bolsa, şonçada η_{oi} , η_k we η_{kc}^T bahalary uly, ýagny deňşililikde turbinadaky, kompressordaky we ýanyş kameradaky ýitgiler kiçi (5) deňlemeden görünýär η_i -iň η_{kc}^T baglanyşygy göniçyzykly. GTD-laryň peýdalylyk derejesi köp mukdarda kompressoryň we turbinanyň PTK-syna bagly, ol hem olaryň konstruktiv taýýarlanyşynyň kämilleşmeginiň hökmanylygy ýüze çykýar. Häzirki döwürde ok tipli kompressorlaryň içki PTK-sy $\eta_k = 0,83-0,90$ gaz turbinalaryň içki PTK-sy $\eta_{oi} = 0,85-0,90$ ýetdi. Çyzgy-3-de $\eta_i = f(\beta)$ baglanyşyk görkezilen (5) deňleme boýunça gurlan, dürli $\tau = T_1/T_3$ bahalarynda $\eta_{oi} = 0,8$, $\eta_k = 0,88$, $\eta_{kc}^T = 0,97$ bolanda we kompressor bilen sorulýan howanyň temperaturasy üýtgemedik ýagdaýynda $t_k = 288$ °K. T-bahasynyň ulalmagy bilen GTD-nyň PTK-sy yzygider üznüksiz artýar. Şeýlede lkg howanyň is ukyplylygy ýokarlanýar, bu bolsa birlik kuwwatyna çykdaýjysyny azaltýar, şeýlelikde kompressoryň sarp edýän kuwwaty peselýär. τ -yň ýokarlanmagy T_1 ulalmagy ýa-da T_3 - kiçelmegi bilen mümkin.

Şonuň bilen bilelikde atmosfera howasynyň temperaturasy giň çäklerde üýtgeýär ol bolsa GTD-nyň peýdalylygyna we kuwwatyna täsir etýär. T_3 ýokarlanmagy bilen howanyň udel göwrümi ýokarlanýar netijede kompressorda howany gysmak üçin sarp edilýän iş ýokarlanýar. Şeýle bolanda howanyň massa mukdary we desganyň kuwwaty kiçelýär. Has effektiw, rasional we geljegi bar GTD-nyň PTK-syny ýokarlandyrmak usuly bolup turbinanyň önündäki T_1 temperaturany ýokarlandyrmak bolup durýar. 3-cyzgydan görünýär. T_1 - näçe uly bolsa η_i şonça uly. Bu bolsa GTD-laryň dürli shemalary hem tärleri üçin hem peýdaly, ýagny T_1 temperatura aýlanşykiň in uly temperaturasy bolup durýar we şonuň üçin T_1 -ulalmagy termiki PTK-nyň ulalmagyna getirýär. Häzirki döwürde ýokary kuwwatly stasionar turbinalaryň ygtybarly we köp wagtlaýyn işlemeklik şerti boýunça goýberilýän temperatura $T_1 = 1000-1400$ °K. Ondan ýokary geçirmeklik bar bolan materiallaryň gyzygnadurnuklylygy we gyzygnaberkligi bilen çäklendirilýär. Yöne awiasiýa gaz turbinasynda T_1 -temperatura 1600 °K ýetýär. Umumy ýagdaýda T_1 -başdaky temperaturany saýlamaklyk birnäçe faktorlara bagly bolup durýar birinji nobatda desganyň niýetlenilen ýerine we ulanylýan ýangyjyna bagly. GTD-lar mazutda işledilende hasda wanadiý köp saklaýany bolsa, ýokary temperaturalaýyn korroziýany azaltmak üçin, turbinanyň önündäki gazyň temperaturasy 920 °K-çenli we ondan kiçi azaldylýar. Ol hem desganyň PTK-syny azaltýar. 3-nji çyzgydan görnüşi ýaly $\eta_i = f(\beta)$ baglanyşygy has uly çylşyrymly häsiýetleri bilen tapawutlanýar, ýagny GTD-nyň PTK-synyň maksumumy takyk optimal basyşyň ýokarlanama derejesinde β_{opt} ýetilýär. β_{opt} - bahasy GTD-nyň shemasyna bagly ol T_1 -ň ulalmagy we T_3 kiçelmegi bilen ýokarlanýar. β_{opt} -bahasynyň η_{oi} , η_k we başga faktorlar täsir edýär. Şonuň üçin β_{opt} takyk GTD –shemalary we kesgitli görkezijileri boýunça hasaplanmaly GTD-nyň peýdaly işiniň we turbinanyň eden işiniň gatnaşygy peýdaly iş koeffisientini häsiýetlendirýär

$$\delta = l_i/l_T = (l_T - l_k)/l_T \quad (6)$$

δ -näçe uly bolsa şonça kiçi iş bölegi (ýa-da kuwwaty) kompressorda gysylmaga sarp bolýar we onuň uly bölegi ni peýdaly ulanmak mümkin , ýagny ulanyja geçirip bolýar.

$$l_T = C_p (T_1 - T_2) \quad (7)$$

turbinanyň etýän işi (6) deňlemä l_T , l_i - bahalaryny goýup alýarys:

$$\delta = 1 - [\beta^m / \eta_{oi} \eta_k] \quad (8).$$

(8) deňlemeden görüňýär haýsy görkezijiler boýunça δ ulaldyp bolýar. GTD-nyň içki kuwwaty.

$$N_i = G_B \ell_i \quad (9)$$

G_B -howa çykdaýjysy kg/s

ℓ_i - GTD-nyň içki peýdaly işi.

ℓ_i -iş turbinadaky we kompressordaky ýylylyk tapawutlaryň tapawudy hökmünde ýazyp bolýar.

$$\ell_i = H_{OT} \eta_{oi} - H_{OK} / \eta_k \quad (10)$$

H_{OT} - turbinadaky ižoentrop ýylylyk tapawudy kj/kg,

$$H_{CT} = h_1 - h_2^1 = C_p (T_1 - T_2) \quad (11)$$

H_{OK} - kompressordaky ižoentrop ýylylyk tapawudy

$$H_{OK} = h_4^1 - h_3 = C_p (T_4^1 - T_3) \quad (12)$$

H_{OT} we H_{OK} - nyň bahalaryny gaz we howa üçin degişli h-s diogrammadan tapmak mümkin. GTD-laryň esasy häsiýetleri bolup udel howa çykdaýjysy d_i ýylylyk d_i we ýangyç g_i hyzmat edýär. Udel howa çykdaýjysy sagatlaýyn massa çykdaýjysynyň G_B , peýdaly kuwwatlylyga bolan gatnaşygyna deň we kesgitli derejede desgsnyň ölçeglerini häsiýetlendirýär. Onuň bahasy näçe kiçi bolsa ölçegleri kiçi bolýar. $d_i = 1/\ell_i$ kg/kj. Ýa-da $d_i = 3600(G_B / N_i) = 3600 / \ell_i \quad (13).$

G_B -GTD-nyň howa çykdaýjysy kg/s

N_i - GTD-nyň içki kuwwaty kWt.

Udel ýylylyk çykdaýjysy kj/kWt sag.

GTD-nyň peýdalylygyny häsiýetlendirýär. Ol 1kWtsag peýdaly energiýa öndürmek üçin sarp edilen ýylylyk mukdaryna deň.

$$q_i = 3600 / \eta_i \quad (14)$$

η_i = GTD-nyň içki PTK-sy. Dürli GTD-laryň peýdalylygyny deňeşdirmek üçin, otnositel ýylylyk çykdaýjysynyň peýdalylygyny aşadaky formula bilen hasaplanylýar.

$$\Delta q_i = (q_i - q_i^1) / q_i = (\eta_i^1 - \eta_i) / \eta_i^1 \quad (15)$$

q_i we η_i degişlilikde udel ýylylyk çykdaýjysy we otnositellikde deňeşdirilýän desganyň içki PTK-sy

q_i^1, η_i^1 – şonuň ýaly has peýdaly GTD-niňki

Ýangyjyň pes ýylylyk çykarybilijilik ukybyny Q_p^n bilip onuň udel çykdaýjysyny kg/kWt sag kesgitlenilýär.

$$g_i = q_i / Q_p^n = 3600 / (\eta_i Q_p^n) = 3600 B / N_{iT}; \quad (16)$$

Nirede : B-GTD-de ýangyç çykdaýjysy kg/s.

GTD-nyň daşky ýitgileri işçi jisimiň ýagdaýyna gönümel täsiri ýok. Olara degişli turbinanyň we kompressoryň podşipniklerindäki sürtülme ýitgisi, dişli geçirijide, walyň ahyrky berkidilmelerinden gaz syzylmagy arkaly döreýän ýitgi, şeýle hem kömekçi mehanizmleri hereketlendirmäge energiýa ýitgisi. (ýag nasos, regulýator). Daşky ýitgiler desganyň mehaniki PTK-sy bilen göz önüne tutulýar.

$$\eta_m = \ell_e / \ell_i \quad (17)$$

nirede ℓ_e - udel effektiw GTD-işi.

$$\ell_e = \ell_i - \ell_m \quad (18)$$

ℓ_m – 1 kg howa degişli daşky energiýa ýitgileriň jemi.

Özgertmelerden son alýarys.(19)

$$\eta_M = 1 - (l_T(1 - \eta_{TM}) + l_k(1/\eta_{KM} - 1))/l_i =$$

$$= 1 - (l_{OT}\eta_{oi}(1 - \eta_{TM}) + l_{OK}(1/\eta_k)(1/\eta_{KM} - 1))/l_i \quad (19)$$

nirede $\dot{\eta}_{TM}$ we $\dot{\eta}_{KM}$ - turbinanyň we kompressoryň mehaniki PTK-sy.

Içki we daşky ýitgiler GTD-lerde desganyň effektiw PTK-sy bilen göz önüne tutulýar, ol effektiw işiň, ýanyş kamerasynda lkg howany gyzdymaga sarp bolandaky ýylylyk mukdaryna bolan gatnaşygyna deň

$$\eta_e = \ell_e / q_{kc} \quad (20) \text{ ýa-da}$$

$$\dot{\eta}_e = \dot{\eta}_i \dot{\eta}_m \quad (21),$$

$$q_{kc} = B Q_n^p / G_B \quad (22).$$

GTD-niň effektiw kuwwatlylygy kWt

$$N_e = G_B \ell_e, \quad (23) \text{ ýa-da}$$

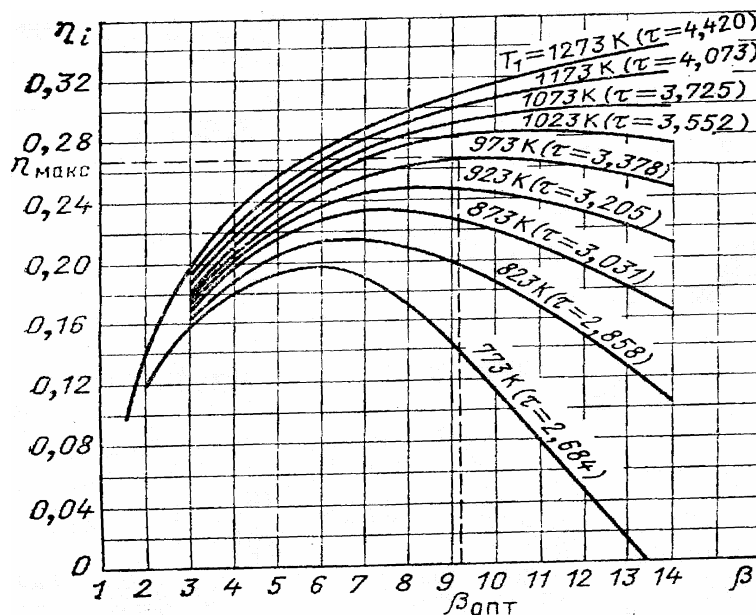
$$N_e = N_i \dot{\eta}_m, \quad (24)$$

Ýangyjyň udel effektiw çykdaýjysy.

$$g_e = 3600B/N_e = 3600B/N\eta = g_i/\eta_M = 3600/\eta_i\eta_M Q_H^p = 3600/\eta_e Q_H^p \quad (25)$$

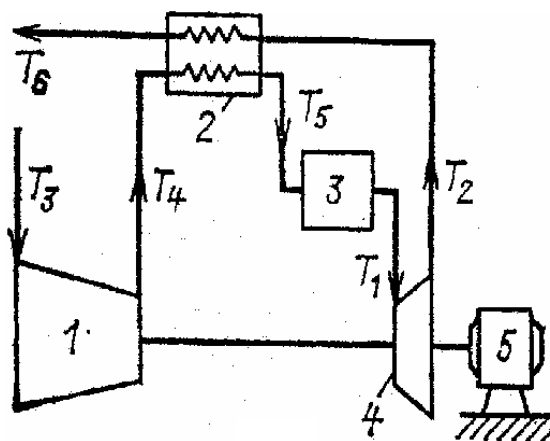
GTD-ň peýdalylygyny ýokarlandyrmagyň turbinanyň önündäki gazyň temperaturasyny ýokarlandyrmakdan başga-da usullary bar

- 1) turbinada işlän gazyň ýylylygyny regenerasiýa üçin ulanmak.
- 2) Başgançakalaýyň howany gysmak, aralykda ony sowatmak ýoly.
- 3) Başgançakalaýyn gazy ýakmak.
- 4) Çylşyrymly (we) köpwallý desga döretmek, bölekleyin nagruzkada işledilende GTD-nyň peýdalylygyny ýokarlandyrmak.
- 5) Kombinirlenen desgalary ulanmak, bug-gaz aýlanşyky boýunça işleýän.
- 6) Çykýan ýylylygy bug ýa-da gyzgyn suw öndürmek üçin ulanmak, ýöne şu aýdylan usullar diňe sikili kynlaşdyrman, GTD-shemalaryny we onuň enjamlaryny çylşyrymlaşdyrýar.



Çyzgy 3. Ýonekey GTD-nyň içki PTK-synyň basyş ýokarlanma derejesine β baglanşygy, dürli τ – bahalarynda

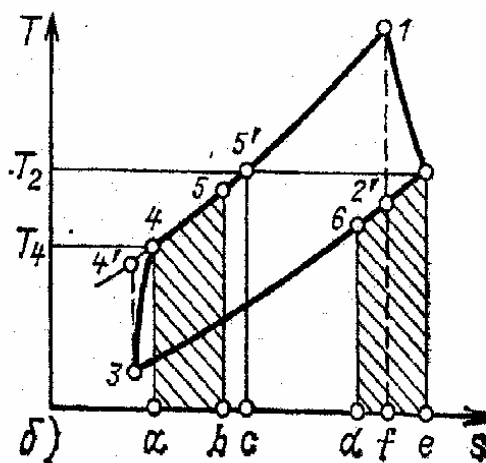
Bir wally regenerasiýaly gaz turbina desgalary.



GTD-rde tygşytlylygy ýokarlandyrmagyň usullarynyň biri turbinada işläň gazyň ýylylygyny ýöňüş kamerasyna berelýän howany gyzdyrmak üçin peýdalanmak bolup durýar. Şeýle ýagdaýda howany kompresordan soňra regeneratoryň üstünden geçirilýär. Ýagny ol üst tipli ýylylyk çalşygy operat bolup durýar. Şol regeneratora GTD-dan soňra çykýan gazlar (tüsse, ýalyn) öz ýylylygynyň bir bölegini howa berip soňra atmosfera zyňylýar. Gyzdyran howa ýanyş komerasyna barýar.

- 1 -Kompresor
- 2-Regenator
- 3-Ýanyş kamera
- 4-Gaz turbina
- 5- Generator.

Çyzgy 1. Regenerasiýaly gaz turbine desgasy
(a) Bir wally regenerasiýaly GTD-nyň prinsipial shemasy
S-daşky sredadan howa alýarys.



b) T-S-diagramada regenerasiýaly

GTD-nyň aýlanşygy.

- 3-4- kompresorda howanyň gysylmagy
- 4-5- regeneratorda howanyň gyzmagy ($P = \text{const}$ hemişelik basyşda)
- 5-1-Ýanyş komerasynda ýylylygyň berilmegi ($P = \text{const}$)

1-2-Turbinadaky gazyň hakyky giňelmegi

2-6-Işlän gazyň regeneratorda ýylylygynyň alynmagy. ($P = \text{const}$)

6-3-(şertli sikiliň ýapylmagy) Yzobarada atmosfera zyňylýar gazlaryň ýylylygynyň alynmagy.

Strehlenen meýdan a-4-5-b regeneratorda 1 kg howanyň alan ýük mukdaryny görkezýär:

2-nji meýdan d-6-2-1 1 kg gazyň howa beren ýük mukdaryny görkezýär.

Şu meýdanda daşky sreda ýitgi ýok şertinde deň bolup biler. Turbinada işlängazyň ýylylygy doly peýdalanylýp bilinerdi, egerde howa regeneratorda $T_5 = T_2$ çenli gyzdyrylan bolsa ýagny turbinadan çykýan gazyň tem-na çenli gyzdyrylanda. Şu ýylylygynyň mukdary a-4-5-c meýdan bilen görkezilen.

Gatnaşyk $q_b \setminus q_{meý} = (a-4-5-b)/(a-4-5-c) = R$ (1)

Ýagny regeneratorda howa bilen berilen hakyky ýylylygynyň mukdarynyň howa gyzdyrymada turbinadan çykýan gazyň tem-na çenli mümkin bolan ýylylygynyň mukdaryna bolan gatnaşygyna R regenerasiýa derejesi diýilýär. q_b q_{\max} -ululyklara çenli parametrleri bilen ýazýarys.

$$q_b = c_p(T_5 - T_4) \quad (2)$$

T_4 regeneratoryň önünde howanyň tem-sy T_5

q_{\max} -tüsse bilen berilär howanyň alyp biläýiek mümkin bolan tem-sy.

$$q_{\max} = C_p(T_2 - T_4) \quad (3)$$

T_2 -turbinadan soňra gazyň tem-sy

Onda regenerasiýa derejesi $R = (T_5 - T_4)/(T_2 - T_4)$ (4)

Egerde howanyň we gazyň regeneratorda basyş ýetgirsi ýok diýip hasaplansa onda regenerasiýa GTD-niň peýdaly işine täsir etmeýär. GTD-niň regenerasiýa edilende, ýangyç ýakylanda ýanyş komerasyna berilýän q_b -ýylylyk mukdary q_b -ululygy ýaly kiçi bolar regenerasiýasysikil bilen deňeşdirilende. $q_r = q_{kc} - q_b$ (5)

q_r -regen-ya ýagdaýda berilýän ýk mukdary

q_{kc} -regenerasiýasyz aýlowda q_{kc} ýangyç ýakylmak ýangyç komerasyna berilýän ýk 5-nji deňleme- q_b -niň bahalaryny goýup ýangyç komerasynda ýitgileri göz önünde tutup G_{kc} peýdalanylýp alýarys. Onda

$$q_r = C_p(T_1 - T_4)/\eta_{kc} - C_p(T_5 - T_4)/\eta_{kc} = C_p(T_1 - T_5)/\eta_{kc} \quad (6)$$

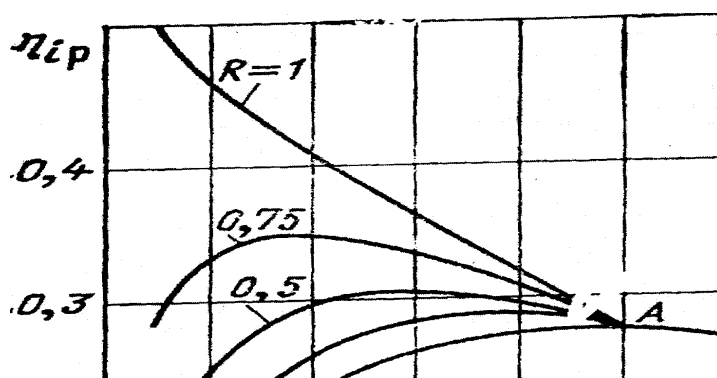
$$\eta_{kc} = 0,95-0,98$$

$C_p = 4,19$ hemişelik basyşdaky ýk sygym

$$\eta_{ip} = 1/q_p = (((1-1/B_m)\eta_{oi} - (1/\eta_{kc}T)) / (B_m - 1)) \eta_{kc} / (1 - T_5/T_1) \quad (7)$$

Bu ýerde regenerasiýaly GTD-niň içki PTK-syny ýazýarys (formula 7)

Regenerasiýa derejesi $R = 0,6-0,8$ bolan GTD-lerde ýangyç tygşytlanyşy 22-28% ýetýär. Regenerasiýa GTD-rda tygşytllylygy deňe nominal nagruskalarda dälde üýtgeýän nagrusgalarda saklap bilýäris.



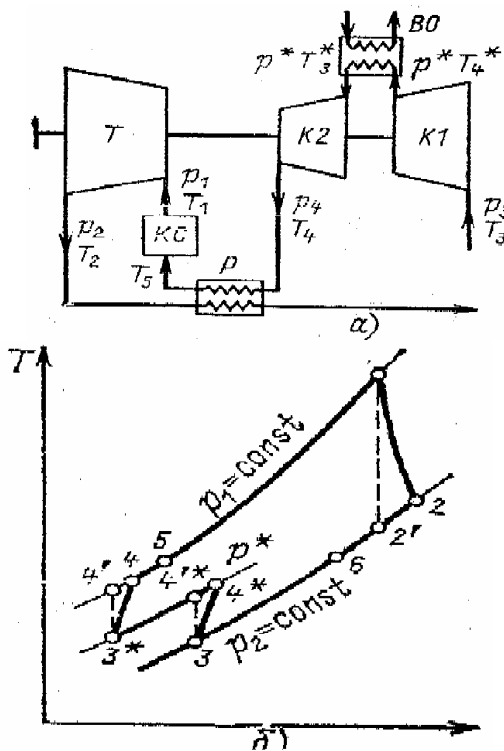
Çyzgy 2. GTD-niň içki ptk –nyň dürli regenrasiýa derejelerinde basyş ýokarlanmagyna baglylykda üýtgemekligi.

Basgançaklaýyn gysylýan we basgançaklaýyn ýakylýan GTD-ler.

Termodinamikadan belli bolşy ýaly gažyň gysylmagy üçin sarp edilýän iş izotermiki prosese golaý bolanda az sarp edilýär. Şeýle gysylmany praktiki ýagdaýda amala aşyrmak kompressorlarda mümkin däl. Izotermiki prosese golaýlaşdyrmak üçin, şeýle hem gysylma sarp edilýän işi azaltmak üçin basgançaklaýyn gysylma we basgançakdan soňra aralykdaky howa sowadyjylardan howany sowatmaklyk ulanylýar. Şeýle sowadyjy basgançaklar köp bolsa gysylma prosesi izotermiki prosese golaýlaşardy. Ýöne desga şu ýagdaýda örän çylşyrymly we gymmat bolardy. Mundan başgada goşmaça gidrawliki garşylyklaryň bolmagy bilen ýitgi köpelerdi. Şonuň üçin CTD-lerde köplenç 2 basgançakly gysylma prosesi ulanylýar kä ýagdaýlarda 3 basgançakly hem ulanylýar. Soňky basgançaklardan soňra regenerator oturdylýar. 1-nji cyzgyda-Basgançaklaýyn gysylma we aralykda sowadylýan CTD-niň prinsipial shemasy we aýlanşygy görkezilen.

a) Desganyň prinsipial shemasy

b) T-S-Diagrama aýlanşygy



çyzgy 1.Basgançaklaýyn gysylýan we aralykda howa bilen sowadylýan GTD-niň prinsipial shemasy

çyzgy 2.Basgançaklaýyn gysylýan we aralykda howa bilen sowadylýan GTD-niň T-S diagrammada aýlanşygy.

Adiabat giňelme ýitgi bolanda göz önünde tutulýar.

K-1-kiçi basyşly kompresor

K-2-ýokary basyşly kompresor

B-0- suwuň kömegi bilen howa sowadyjy

T-gaz turbina

KC- Ýanyş komerasy

R-regenerator.

T-S-diagrammada 3-4* K1-kompresor bilen atmosferadan sorulýan

howanyň P4-basyşa çenli gysylmagy (temperaturasy T3-den T4 çyzyga çenli ulalýar).

4-3-howa sowadyjy howanyň sowamagy(temperaturasy T4-den T3 temperatura çenli sowalýar).

3-4-kg-kompresorda P4-basyşa çenli howanyň gysylmagy şeýle hem temperaturasy T4 temperaturura çenli ýokarlanýar.

4-1 hemişelik basyşda ýylylyk bermegi (regeneratorda we ýanyş kamerasynda)

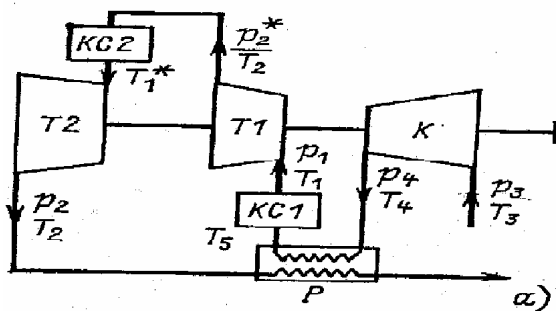
Regeneratorda temperatura T4-den T5-e çenli ýokarlanýar.

Ýanyş komerasynda temperatura T5-den T1-e çenli ýokarlanýar.

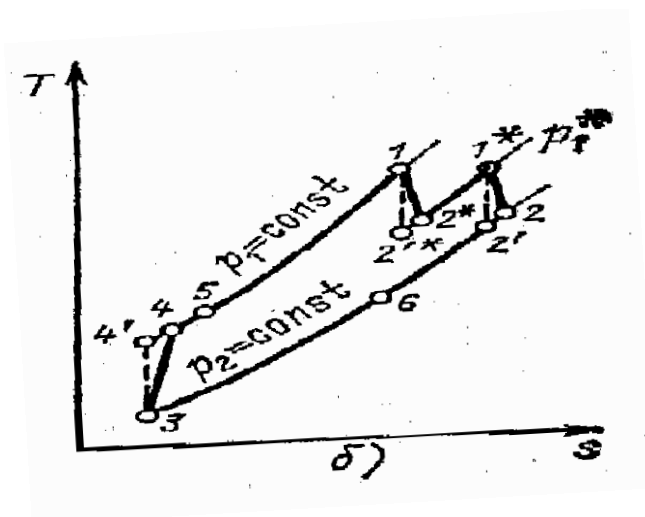
1-2-Gaz turbinasynda gazyň giňelmegi basyş P2-ä çenli peselýär . Temperatura T2-ä çenli peselýär.

1-2*-turbina adabat giňelme

1-2*-turbina hakyky giňelme



Çyzgyl.Basgançaklaýyn ýakylyýan GTD –niň prinsipial shemasy



Çyzgy2. Basgançaklaýyn ýakylyýan GTD –niň T-S diagrammada aýlanşygy

Çylşyrymly we köp wally GTD-ler

Häzirki döwürde turbinalaryň birlik kuwwatyny ýokarlandyrmak tendensiýasy dowam edýär. Şeýle edilende ekspluatasion çykdajylar, maýa goýumlary, azalýar. Häzirki döwürde bug turbinalaryň birlik kuwwaty 1200 MWT ýeten bolsa GTD-leriň kuwwaty 150 MNT-dan geçmeýär. Şonuň üçin GTD-niň kuwwatyna täsir edýän faktorlara seredeliň. Ýönekeý bir wally GTD-nyň peýdaly kuwwaty

$$N_e = G_g (H_{oT} \eta_{oi} \eta_{TM} - H_{ok} / \eta_k \eta_{kM})$$

Nirede:

G_g - gaz çykdajysy. kg\sek

H_{oT} - turbinada izoentrop ýylylyk tapawudy. Kj/kg

η_{oi} - turbinanyň otnositel içki PTK-sy %

η_{TM} - turbinanyň mehaniki PTK-sy %

H_{ok} - kompresorda izoentrop ýylylyk tapawudy kj\kg

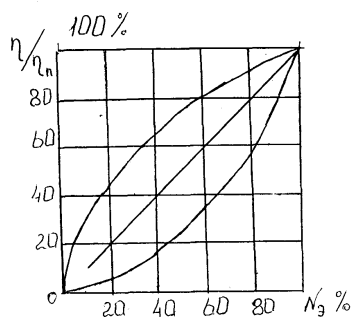
$\eta_k \eta_{kM}$ - kompresoryň içki PTK-sy.

$\eta_k \eta_{kM}$ kompresoryň mehaniki PTK-sy

Şu formuladan görnüşi ýaly turbina bilen öndirilýän kuwwatlylyk kompresory işe girizmek üçin sarp bolýandygy görünýär. GTD-leriň ýönekeý shemalarda kompresory işe goýbermek üçin turbina bilen öndürilýän kuwwatyň 70-75% sarp bolýar; galan 25-30% peýdaly kuwwatlylyk ulanylmaga berilýär. Az ýylylyk saklaýjylylygy bilen gaz önümi suw bugy bilen deňeşdirilende izoentrop doly ýylylyk tapawudy (H_o) 4-6 % esse kiçi. Şu áýdylanlary göz önünde tumak bilen gaz turbinalarda almak üçin gaz çykdajysyny G_r köpeltmeli. Şu mesele ýapyk gaz turbina desgalarynda aňsat çözülyän ýagny ýapyk konturdaky gazyň basyşyny ýokarlandyrmak bilen ýetilýär.

Açyk tipli GTD-da turbina berilýän gazyň basyşy, basyş ýokarlanma derejesi B bilen kesgitlenýär. Onuň shemasyna we temperaturasyna baglylykda kesgitlenýär.

GTD-leriň optimal basyşy ýokarlanma derejesi ýokary däl.

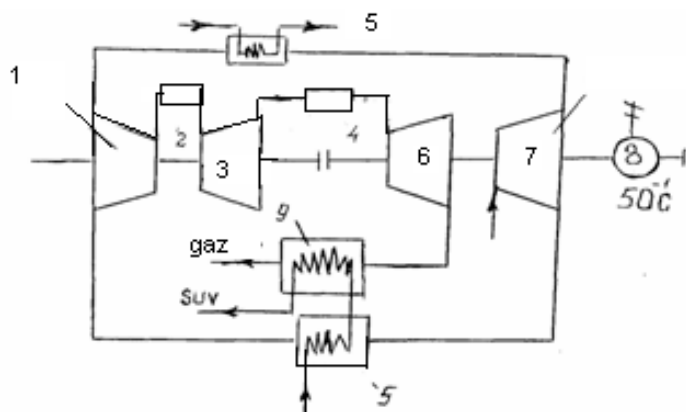


cyzgy-1

GTD-niň 0+n PTK-synyň üç tipli desganyň nagraskasyna baglylykda üýtgemegi. 1 - ýönekeý açyk tipli bir wally desga 2-açyk tipli 2 wally desga 3-ýapyk tipli desga.

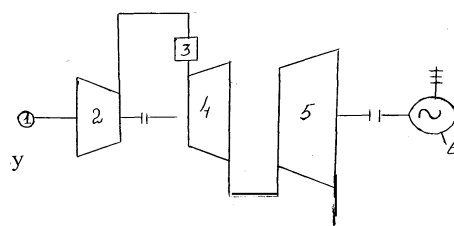
Kuwwatlylygy ýokarlandyrmak ($\beta_{opt}=4-6$) maksady bilen şeýle hem açyk GTD-leriň tygşytlylygyny göz önünde tutmak bilen köp ýagdaýlarda çylşyrymly we köp wally shemalar ulanylýar. Ýagny olarda howanyň basgançaklary gysylmagy, gazyň basgançaklarynyň gyzdyrylmagy we regenerasiýa ulanylýar: Çylşyrymly we köp wally shemalaryň ulanmaklygyň hökmanlygy olaryň üýtgeýän

nagruzkalarda tygşýtlylygynyň ýokarylygy bilen düşündirilýär. Şular aşakdaky shemada aýdyň görüňýär.



Çyzgy 1. Köp wally GTD-nyň prinsipial shemasy

- 1 –Işe goýberiji elektrik dwigatateli
- 2-kompresor
- 3-ýanyş kamerasy
- 4-Gaz turbinanyň ýokary basyşly bölegi
- 5-Gaz turbinanyň kiçi basyşly bölegi
- 6-Elektrik generatory

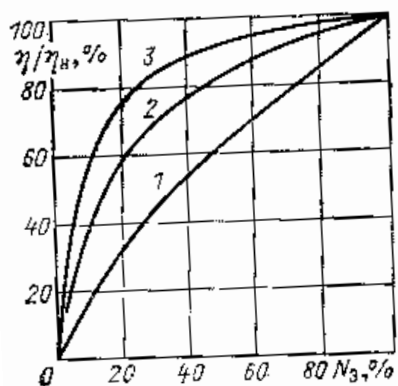


Çyzgy.2

GT-100-750-g desganyň shemasy

Turbinanyň PTK 0,28 №

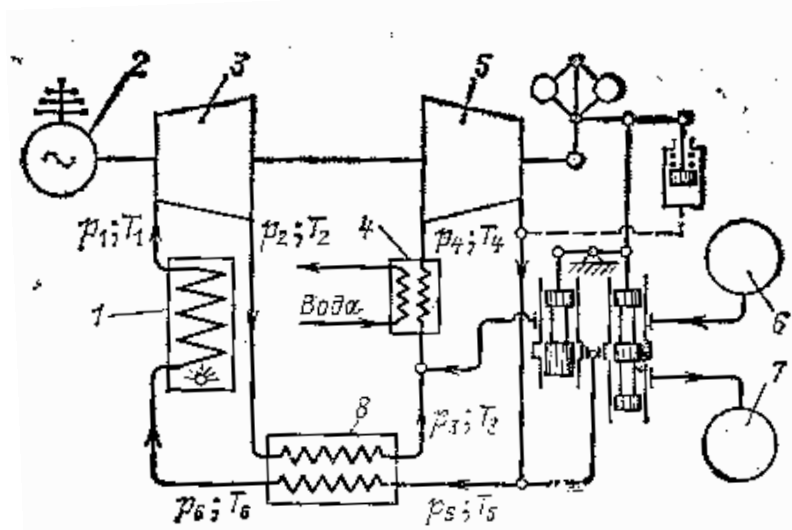
- 1- Basyşly kompresor (ýokary)
- 2- Ýokary basyşly ýanyş kamera
- 3- Gaz turbinanyň 1-nji bölegi
- 4- Kiçi basyşly ýanyş kamera
- 5- Howa sowadyjy
- 6- Turbinanyň 2-nji bölegi
- 7- Kiçi basyşly ýanyş kompresor
- 8- Elektrik generatory
- 9- Teplofikasion gyzdyryjy



Çyzgy3.Üç dürli tipli desganyň ýüküne baglylykda GTD-niň otnositel PTK –nyň üýtgemegi.

- 1.Ýönekeý açyk tipli bir wally desga
- 2.Açyk tipli iki wally desga
- 3.Ýapyk tipli desga

Ýapyk gaz turbina desgalary



- 1-Gyzdyryjy (howa gazany)
- 2-Generator
- 3-Gaz turbina
- 4-Gaz sowadyjy
- 5-Kompressor
- 6-Ýokary basyşly gaz akumulýatory
- 7-Kiçi basyşly gaz akumulýatory
- 8-Regenerator

9-Walyň aýlanma tizligini sazlaýjy

10-Serwomotor (gazyň gelşini açyp ýapýan klapen)

Öz işini ýerine ýetiren gaz turbina soňra regeneratora barýar. Ondan soňra atmosfera çykaryp goýberilmeyär açyk GTD-ryňky ýaly göni sowadyja barýar, sowadyjyda suwuň kömegi bilen gaz sowadylýar. Suwuň temperaturasy 200-230 gradusa ýetýär. Şol gyzgyn suwy ýylatmak üçin gyzgyn suw bilen üpjün etmek üçin ulanylýar. Sowadyjdaky sowan gaz kompresora berilýär. Kompresorda gaz gysylyp basyşy ýokarlandyrylar. Basyş ýokarlanan wagty onuň temperaturasy hem ýokarlanýar. Kompresordan soňra regeneratora barýar. Regeneratorda onuň temperaturasy ýokarlanýar. Gazyň basyşy bolsa garşylyklaryň üstünden geçenden soň az mukdarda kiçelýär. Regeneratordan soňra gyzdyryja barýar. Yapyk gaz turbina desgalarynda gaz ýangyç ýakmak bilen gyzdyrylýar. (Ýangyç hökmünde mazut, kömür ulanylýar) Gyzdyrylan gaz turbina barýar. Aýlanşyk yzygiderlilikde dowam edýär. Yapyk gaz turbina desgalary açyk GTD-ler bilen deňeşdireniňde artytmaçlyklary bar.

1. Konturyň içndäki gazda korroziya dörediji maddalaryň ýoklugy. Bu bolsa pilçeleriň erozion iýilmegi bolmaýar. Bu bolsa turbinanyň ygtybarlylygyny we köpmöhletlilikini ýokarlandyrylar.

2. Ýapyk GTD-ler islendik ýangyç ulanyp bolýar

3. Birnäçe derejede konturdaky gazyň mukdary köpeltmek mümkin .

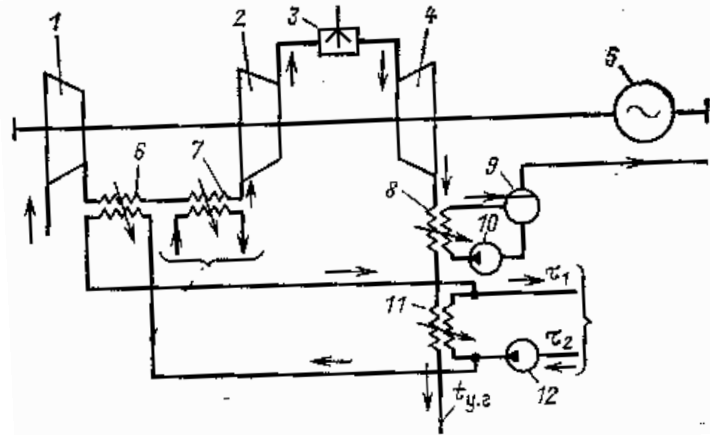
4. Ýapyk GTD-leriň kuwwatlylygy konturdaky gazyň basyşy bilen sazlanýlar
Şol ýagdaýdada PTK üýtgemän galýar.

5. Ýapyk GTD-lerde howadan başga islendik gazlary ulanmak mümkin ýylylyk fiziki häsiýetlere eýe bolan gazlar. Ýapyk GTD-lerde ulanylýan gazlar Geli, argon, neon, kömürturşy gazy CO₂, azot ulanylýar.

Ilkinji ýapyk GTD-1961-nji ýylda Germaniýada döredildi. (Oberhausen şäherinde 1961-de 14MWT1974-de 50 MWt döredilipdir (Şonda temperaturasy 983- k)

Çykýan gazyň ýylylygyny peýdalanýan GTD-ler

- 1-kiçi basyşly kopresor
- 2-ýokary basyşly kompresor
- 3-ýanyş kamerasy
- 4-gaz turbina
- 5-elektrik generatory
- 6-sowadyjynyň 1-nji seksiyasy
- 7-sowadyjynyň 2-nji seksiyasy
- 8- gazan utilizator
- 9- gazan utilizatoryň barabany
- 10-aýlanşyk nasosy
- 11-teploffikasion gyzdryjy 12- Set nasosy



GTD-leriň çykýan gazlarynyň mukdarynyň köplügi we olaryň ýokary temperaturasyň barlygy (400-500° S) häsiýetlendirilýär. Şu gazlaryň ýylylygyny gazan utilizatorlarda uly bolmadyk parametrli doýgun ýada aşy gyzdrylan bug önümçilik maksatlary üçin öndürmek şeýle hem teploffikasion gyzdryjylarda set suwuny 150° S çenli we ondan ýokary gyzdirmek üçin peýdaly ulanylyp bilner. Mundan başgaca goşmaça aralykdaky sowadyjylarda howa sowadylandaky suw bilen alnan ýylylyk peýdalanylýp bilner. GTD-lerde regenerator, gazan utilizator, we teploffikasion gyzdryjy bar bolanda gönüden-göni soňundan gaz ýolunda oturdylyr. Olaryň oturdylmagy netijesinde gaz ýolunda goşmaça gidrawliki ýitgileri döredýär. GTD-niň elektrik PTK-syny 1-2 % peseldýär. Şeýlede şu ýagdaýlarda goşmaça enjamlaryň döremegi bilen maýa goýumlary ýokarlanar. Şonuň üçin GTD-lerde gazan utilizatoryň ýada teploffikasion gyzdryjynyň ulanmaklyk soraglarynyň maksada laýyklygy her bir takyk ýagdaýlar üçin birnäçe faktorlary göz önüne tutulyp ýerine ýetirilen tehniki Ykdysady hasaplamalaryň esasynda çözülýär. GTD-lerde teploffikasion gyzdryjynyň ornuny sowadyjy ýerine ýetirýär. Sowadyjyny ulanmaklyk Gaz ýolunda goşmaça gidrawliki ýitgini döredýär we maýa goýumlary döredýär. Şeýlede elmydama ykdysady tarapdan peýdaly GTD-lerde gazan utilizatorlary ulanmaklyk dürli elektrik grafikde işletmek, bazalaýyn, ýarym pik we pik nagruzkalarda mümkin. Şeýlelikde gazan utilizatorlary işletmekligiň aşakdaky mümkinçilikleri bar. Goşmaça ýangyç bermezden arassa utilizations režim (utilizyňnydy) Goşmaça ýangyç berilme režiminde çykýan gazlaryň sredasynda ýakmak üçin ýeterlik kislorod ýök bolanda ýa-da birnäçe mukdarda sowuk howa goşmak bilen almak Sowuk howa bermek bilen ýangyç ýakmak. Ahyrky iş režimi pik we ýarym pik GTD-leriň gazanlarynda göz önüne tutmaly.

Gazan utilizatorlaryň bug öndürjiliginiň hasaplama formulasy.

$$Q_{g,u} = D_n (h_p - h_{pw}) \quad (1)$$

Bu ýerde" $Q_{g,u}$ - h_p - entalpiýaly D_n mukdarynda bug öndürmek üçin ýylylyk

çykdaýjysy.

h_{pw} -iýmitlendiriji suwuň entalpiýasy kJ/kg

Beýleki tüsse tarapdan gazandan gaz tarapyndan berilýän ýylylyk.

$$Q_{g,u} = G_g C_{pg} (T_{gg} - T_{u,g}) \eta_{g,u} \quad (2)$$

G_g -gazanyň üstünden geçýän gazyň massa mukdary

C_{pg} -hemişelik basyşda gazyň udel ýylylyk sygymy kJ/kg

$T_{g,g}$ -Gazana girelgede gazyň temperaturasy

T_{yg} -Gazandan çykalgada gazyň temperaturasy

$G_{g,u}$ -gazan utilizatoryň PTK-sy 93-98 %

Gazan utilizatorlarda goşmaça ýangyç berilme we howa berilme režiminde işlände 2-nji deňlemedäki Gr we T_{bx-g} goşmaça berilýän ýangyjyň we sowuk howanyň mukdaryny göz önüne tutulyp alynýar.

1-nji 2-nji deňlemeleri bilelikde işläp gazan utilizatoryň bug öndürjiligini kesgitleýäris.

$$D_n = (G_g - C_{p,g} (T_{g-g} - T_{u,g}) \eta_{g,u}) / (h_p - h_{pw}) \quad (3)$$

Çykalgadaky gazyň temperaturasy näçe bolsa çykýan gazyň ýylylygy şonça doly ulanylýar. Ýöne gazan utilizatorlardan çykýan gazyň temperaturasy kiçi bahasy edil teplofikasion gyzdryjylarynyňky ýaly GTD-lerde ýakylýan ýangyjyň görnüşine bagly we gyzgynlyk üstlerinde ähli režimdede kiçi temperaturaly korroziýa döremez ýaly gurnamaly. Minimal temperatura nopary gazan utilizatorlarynyň sowuk bugardyjy böleginiň ahyrynda ortaça $\Delta t = 30-40^\circ\text{S}$

Teplofikasion gyzdryjylary ulanmak bazalaýyn GTD-lerde maksada laýyk ýöne hasaplamalardan görünýär ýagny ýarym pik we pik desgalaran peýdalanýan wagty $H_{uc} = 1500$ sag/ýyl bolanda ýangyç tygşytlylygy ýokary bolýar. Şu ýagdaýlarda ýylylyk sarp edijileri GTD işlände çykýan gazlaryň ýylylygyny doly peýdalanmak üçin hökmany ýylylyk akumulýator desgasy hem-de oturtmagy degişli göwrümli gap hökmünde bolup biler. Teplofikasion gyzdryjylaryň üstünden geçýän hasaplanan suwuň mukdary 3-nji formula meňzeşlikde tapylýar.

$$G_{cc} = \frac{G_g * C_{pg} (T_{g/g} - T_{u,g})}{C_c (\tau_1 - \tau_2)} \eta_g \quad (4)$$

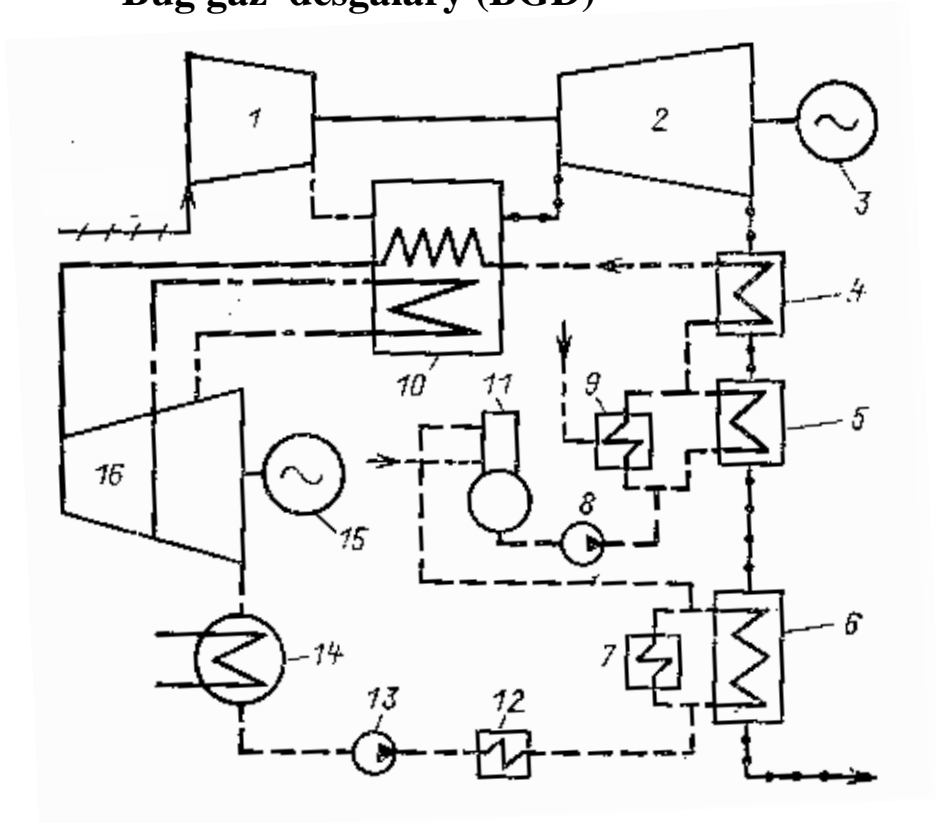
τ_1 -äkidiji turbadaky set suwunyň temperaturasy

τ_2 -yzyna gaýdyp gelýän suwuň temperaturasy

C_c -suwyň ýylylyk sygymy

η_g -teplofikasion gyzdryjynyň PTK -sy

Bug gaz desgalary (BGD)



Çyzgyl.BGD-200-130 bug gaz desganyň prinsipial shemasy

ÝNG-450 (10) 6,7 Ata howa

K-160-130 (16)

GT-35-70 (2)

1 -kompresor

2-Gaz turbina

3- Generator

4

5 —————> Ekonomayızerler

6

7-Kiçi basyşly gyzdıryjy

8 - İýmitlendiriji nasos

9- Ýokary basyşly gyzdıryjy

10- Ýokary basyşly bug generator

11-Deaerator

12- Kiçi basyşly gyzdıryjy

13-Kondensat nasosy

14-Kondensator

15- Generator

16-Bug turbinasy

Bug we gaz turbinalaryň tehniki ykdysady görkezijilerini ýokarlandyrmak tendensiýasy bug we gaz turbinalarynyň bilelikdäki aýlanşygyny döretmeklige mümkinçilik berdi. Bug gaz desgalarynyň PTK-37-40 % ýetýär. Şu aýlanşykdaky ýekeje GT-niň tipi GT-35-770 Bug gaz desgalaryna berilýän ýangyç adaty bug gazanlar bilen deňeşdirelende 8% ýangyç tygşytlaýars. Ýokary basyşly bug generatorynda ýangyç ýakylanda 2000⁰S ýetýär. Gaz turbinanyň önünde 2-nji howanyň goşulmagy bilen gazyň temperaturasy 770⁰S çenli peseldilýär.Ýokary naporly bug generatorynda ýangyç 6-7 ata basyşynda amala aşyrylýar. Bu bolsa gyzgynlyk üstlerini 2-3 esse azaldýar. Şeýle hem bug generatorlaryň adaty bug gazanlary bilen deňeşdirilende metal az sarp edýär. BGD -200-130 tipli desgada sarp bolýan metal 17,9 kg-kwt: Adaty 200 mwt öndürýän energo bloklarda metal 28,4 kg gerekdir. Bug gaz desgalarynyň ýeketäk ýetmezçiligi gaz turbina amatly ýangyçda işleýändigindedir.

GTD-leriň tipleri we olaryň konstruksiyalarynyň aýratynlygy

Öňden aýdylyşy ýaly GT-leriň işleýiş prinsipleri boýunça bug turbinalaryna meňzeşdir. Olar şeýlede ok we radial görnüşli bolýar.Radial turbinalar kiçi kuwwatlylyklary bilen tapawutlanýar we köp ýerde ulanylýar (esasanda kömekçi mehanizmleri herekete getirmek üçin ulanylýar). Bug turbinalary ýaly GT-lary hem aktiw we reaktiw basgançakly ýasalýar. Şeýlede aktiw basgançaklar tizlik basgançakly we basyş basgançakly ýasalýar.Bir we birnäçe basgançakly aktiw turbinalar uly bolmadyk (5% 15%) reaktiwlik derejeleri bilen ýasalýar. Köp basgançakly aktiw turbinalarda diňe birinji basgançak aktiw, beýleki basgançaklar käbir reaktiwlik derejeleri bilen ýasalýar, gaz hereketiniň ugruna görä basgançakdan basgançaga yzygider ýokarlanýar.

Praktikada bir we köp basgançakly gaz turbinalar (sany 2 we 6) ulanylýar. Bir basgançakly GT-lar gabariti we bahasy birinji derejede göz önüne tutulanda ulanylýar. Basgançak sanyny köpeltmeklik turbina konstruksiyasyny çylşyrymlaşdyrýar. Onuň ölçegleri, massasy, we bahasy ýokarlanýar şonuň üçin turbinalar bazalaýyn we pik GT-lary köp basgançakly, egerde ýangyç tygşytlamak birinji derejede bolsa ýerine ýetirilýär. Bu bolsa ýokary PTK bahalarynda uly ýylylyk tapawutlaryny ulanmaklyga mümkinçilik berýär. GT-lar bug turbinalar bilen deňeşdirilende aşaky aýratynlyklar bar.

1. GT örän ýokary başdaky temperaturada işleýär. Şonuň bilen baglylykda turbina detallaryny gyzgyna çydamly polatlardan we splawlardan goşulýar mundan başgada turbinanyň pilçeleriniň we diskleriniň sowadylmagynyň dürli usuly ulanylýar.

2. GT kiçi gaz basyşynda işleýär onuň udel göwrüminiň ýokarlanma giňelmesi (5 % 20 esse)Bug kondensasion turbinalarynda buguň udel giňelmegi yüzlerçe esse bolýar. Şonuň üçin GT-lar 1-nji we iň soňky basgançaklarynyň pilçeleriniň uzynlygynyň tapawudy bug turbinalaryňky ýaly ýokary däl.

3. GT-larda işlenilen ýylylyk tapawudy bug turbinalary bilen deňeşdireniňde (3%5esse) kiçi, şeýle bolansoň basgançak sany we pilçe uzynlygy belli bir derejede gysgalýar. GT-larda birmeňzeş kuwwatlylyk almak üçin massalaýyn we göwrümleýin işçi gaz mukdaryny ýokarlandyrmaly. Şonuň netijesinde GT-laryň birinji

başgançagynyň işçi pilçeleriniň beýikligi deň kuwwatly bug turbinalary bilen deňeşdireniňde ýokarydyr.

4. Bug turbinalary bilen deňeşdirelende GT-lar ýokary PTK almak üçin onuň Uzynlygyna aýratyn üns bermelidir. Hasda pilçeler profillessdirilerde. Munuň 1-nji düşündürilişi ýagny otnosite1 içki PTK-ny 1% kiçeldilende ($\eta_{oi}=1\%$) GT-niň PTK-sy $\eta^{GTD}=4\%$ kiçelýär.

Bug turbinalarda bolsa PTK 1% kiçelýär. Şonuň üçin taslamalarda täzeden döredilýän turbinalaryň uzynlygynda esasy işler geçirilýär. Korpus konstruksiýalary işlenende kompresoryň we turbinanyň çykalga we girelge potrupkalarynda aeoredinamiki kämilligine uly üns berilýär.

Girelge poturupkalarynyň minimal gidrowliki ýitgilerinden başgada gazyň berilişi üznüksiz bolmalydyr. Şeýle bolanda sarsgynlyk we pilçeleriň ýerli gyzmalarynyň öňi alynýar. GT-riň soňky başgançaklaryndan çykýan akymyň tizligi 150 m/s mundaky kinetik energiýa peýdaly energiýanyň 10%-ni tutýar. Ýitgileri azaltmak üçin çykalga potrupkalary diffazor görnüşinde ýerine ýetirilýän akymyň öwrülmeginiň hökmany ýüze çykanda 90° burç boýunça patrupkalara pilçeler listler oturdylýar. GT-däki ýitgiler edil bug turbinalarynyňky ýaly (çyglylyk bilen baglanşykly ýitgilerden başgasy) we goşmaça pilçeleriň we diskleriň sowadylmagy bilen baglanşykly ýitgidir. Turbina detallarynyň howa bilen sowadylmagynda umumy howa çykdajysyndan 2-4 % alynýar. Sowadyjy howanyň mukdary 1% bolanda GT-niň PTK-sy 1,2-1,5% peselýär. Sowadylmagynyň peýdaly ulanylmadyk ýagdaýynada howa mukdarynyň köpelmegi bilen baglanşyklylykda turbinanyň önünde temperatura ýokarlananda maşynyň hem effekti bolmaýar. Turbina pilçeleri we diskleri suw bilen sowadylanda konturda sirkulýasiýasy üçin ýitgisi ýokarydyr.

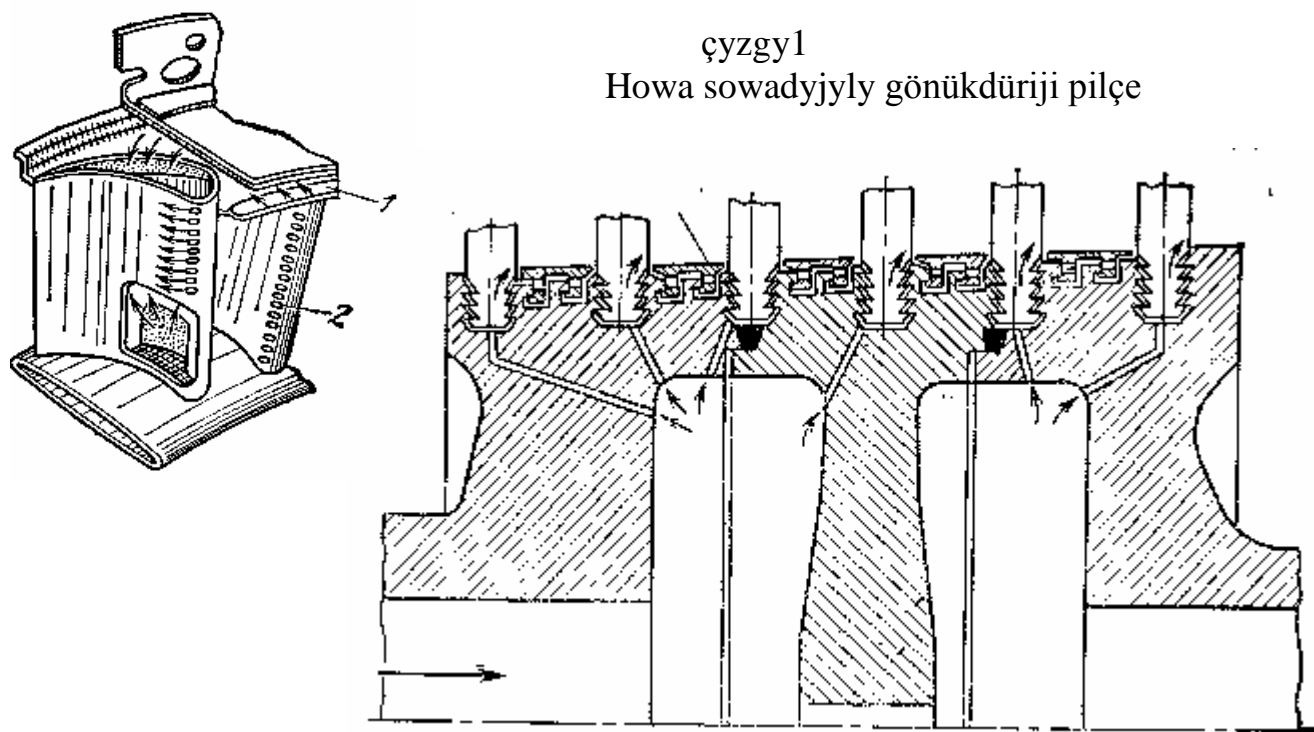
GTD-leriň esasy detallarynyň konstruksiýasy.

Işçi we gönükdiriji pilçeler rotar we GTD-niň beýleki detallary ýokary temperaturada 900-1200 K-nde işleýär. Açyk GTD-lerde bolsa okisleyiji we köp halatlarda - Şu detallary taýýarlamak üçin ulanylýan materiallar ýokary derejede gyzgyna durnukly ýokary temperatura korroziýasyna durnukly ýadawlygyň ýokary çäklerine çenli durnukly uzak möhlete durnukly ýylylyk portlygynyň döremegine garşylygy ýokary bolmalydyr.

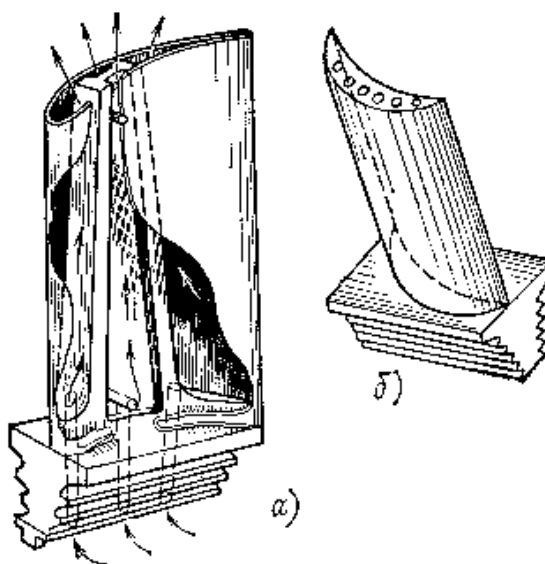
Açyk GTD-lerde turbina berilýän gazlarda köp mukdarda kislorod düzümi bardyr. Ýokary temperaturada gyzgyna durnuksyz, metallaryň ýüzünde ýara döredýär. GTD-ler suwuk ýangyçda işlände onuň düzüminde wonadi natri, kükürt bolsa 920% 950 temperaturada işlände gyzgyna durnukly poladyň korroziýadan goraýyjy üst. Ýokary temperaturaly korroziýanyň döremeginiň döremeginiň yzygiderliligi ýokary derejede ulanylýan metalyň hiline bagly bolup durýar.

GTD-ler işledilende edil bug turbinalaryndaky ýaly detallaryna mehaniki naprýaženiýa täsir edýär. Şeýle hem temperatura meýdanynyň deňsizligine görä detallarda termiki naprýaženiýa döretýär. GTD-leriň detallarynda temperaturaň gyzmagy we temperatura gradiýenti bug turbinalary bilen deňeşdireniňde örän ýokarydyr. Mehaniki we termiki naprýaženiýalar köp ýerlerinde birlikde täsir etmegi netijesinde ýokary temperaturaly şertlerde wagtyň geçmegi bilen metallaryň strukturasyny üýtgedýär. Şunuň netijesinde metalyň mehaniki häsiýeti üýtgeýär. Detal birligi, gatylygy kiçelýär. Ýadawlygynyň akyjylygynyň döremegi başlanýar. Şu

otrisotel döremeleriň yzygiderligi näçe bolsa naprýaženiýa we temperatura ýokary bolsa ulanylýan metalyň hili pesdir. Häzirki zaman GTD-lerde gyzgyna çydamly metallar bilen birlikde temperaturasy kiçeltmek, temperatura meýdanyny deňlemek üçin konstruktiw çäreler -gyzgyn detallaryň ýylylygyny aýyrmak we sowatmaklygyny dürli usullaryny ulanmakdyr. Şonuň üçin we bug turbinanyň detallarynyň arasynda konstruktiw tapawutlar bardyr. GTD-lerde minimal ýitgileri üpjün etmek üçin turbinanyň uzynlygyna tygşytlylyk göz önüne tutulandyr. Şonuň üçin hem turbinanyň önünden sazlaýjy we stopor klapnlary ýokdyr. Sopla pilçeleri turbinanyň korpusunda ýa-da ýöriteleşdirilen obaýmalarda berkidiýär, töweregiň ähli yerinede ýerleşdirilýär.



çyzgy 2 Yşlardan işçi pilçeleriň dübünden howa bermek bilen rotoryň sowadylyş shemasy

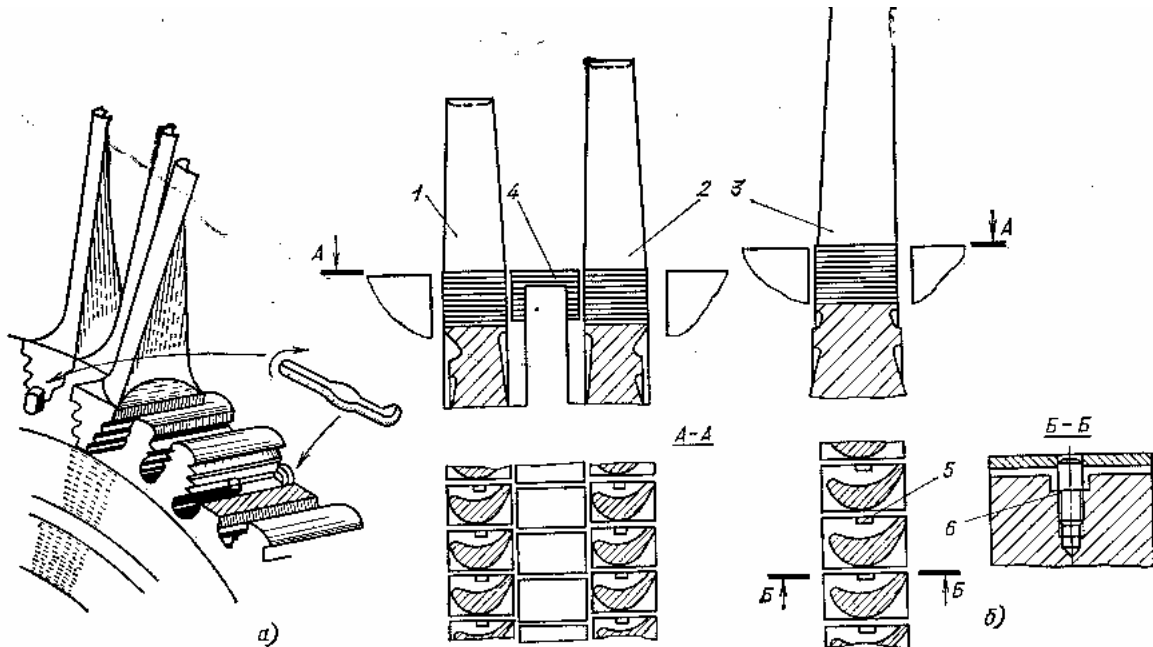


Çyzgy 3 İçinden sowadylan işçi pilçeler

a) içi boşlykly sterženli pilçe

b) Uzynlygyna yşly pilçe

1-nji çyzgyda sowadyjy howa pereferiýadan (töwereginden) içi boş pilçä berilýär. Sebäbi soplo pilçelerine täsir edýän işçi jisimiň temperaturasy ýokary. GTD-leriň işçi pilçeleri ýokary PTK almak üçin egredilen görnüşde oturdylyar. Kiçi pilçeleriň berkidilmesi bolsa edil bug turbinalaryndaky ýaly amala aşyryar. Ýokary temperaturada we ýokary kuwwatly GTD-rde işlände işçi pilçeleriň berkidilmesi ýolka görnüşli amala aşyrylýar. Şeýle berkidilmäniň aýratynlygy berk we çalyşmagy amatly. Şeýle hem sowatmaklyk amatlydyr.



GTD elementleriniň sowadylyş usullary,

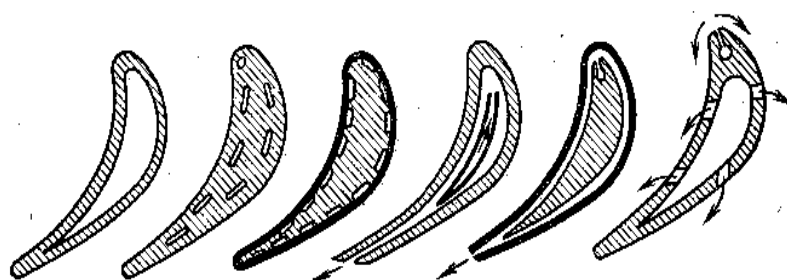
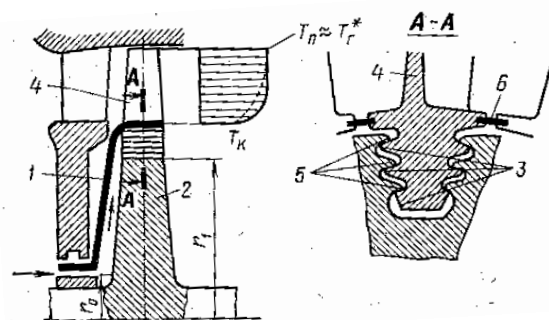
Gaz turbinalarda detallarynyň sowadylmagynyň esasy meselesi sowadyjy howanyň we suwuň minimal çykdajylarynda gaz temperaturanyň ýokary ýagdaýynda detallarynyň temperaturalaryny belli bir çäkke saklamaklyk bolup durýar. Detallaryň temperatura çäkleriniň derejesi saýlanyp alnan materiallara we ýylylyk naprýaženiýasyna bagly bolup durýar

Işçi we gönükdiriji pilçeler gyzgyna ýalynda çydamly matreriallardan ýerine ýetirilýär. Olaryň ölçegleriniň kiçi bolmaklygy metallaryň strukturasynyň bozulman saklamaklygyny üpjün edýär. Diskler we rotorlar uly ölçeglerde ýalynda çydamly materiallardan (austenit polatlar we erginler) ýerine ýetirilýär. Mundan başgada ýalynda çydamly erginler kiçi ýylylyk geçiriji koeffisiýentli we giňelmesi kiçi koeffisiýentli häsiýetlere eýedir. Häsiýetleriň şeýle bileleşdirlen görnüşleri ýokary termiki naprýaženiýalarda nagruzkalaryň çalt üýtgemekigini üpjün edip bilmeýär, şonun üçin diskler we rotoryň polatlaryň perlit ýa-da ferrit materiallardan ýasalýar.

Olaryň 500-550°C temperaturada örän ýokary amatly häsiýetlere eýedir. Bu diaýlanşykeriň sowadylmagyna mejbur edýär.

cyzgy 1. Işçi pilçeleriniň düýbünüň we diskleriň kanallardan gelyän howa bilen sowadylyş usuly.

1. deflektor
2. disk
3. işçi pilçeleriniň düýpleriniň dişleri
4. pilçe
5. diskiň diňleri
6. berkidiji plastina



a) b) w) g) d)

çyzgy 2. Sopla we işçi pilçeleriň howa bilen sowadylyş usullary.

Gaz turbinalaryň esasy detallarynyň sowadylma usullaryna seredýäris. Işçi pilçeleriň sowadylyşynyň ýönekeý ýollary - onuň egri böleginden ýylylyk almaklykdyr. (Konstruktiv sowadylma) şeýle sowadylma (1 cyzgy) görkezilendir. Howa diski sowatmak bilen deffektor (1) bilen diskiň (2) arasyndaky yşdan berilýär. Soňra howa dişler (3) bilen pilçeleriň berkidilýän kökleriniň (4) we disk dişleriniň (5) arasyndaky kanallardan geçip pilçeleriň düýbünü sowadýar. Turbinanyň gaz ýollarynyň öňki berkidiji plastina howa akymyny alýar. Şu usul 200°C we ondan kiçi temperatura çenli pilçäniň - düýbünü we disk töweregini sowatmaklyga mümkinçilik berýär. Şeýle hem az howa çykdaýjysyndan örän effektiv disk sowatmaklyga mümkinçilik berýär. Ýöne pilçeleriň temperaturasy ýylylygyň alynmagyna görä gazyň saklanma temperaturasyna çenli gyzýar. Pilçe temperaturasynyň takmynan üýtgemegi beýikligine görä (1 cyzgy) ýogyn çyzykly epýur hökmünde görkeziliendir. Şeýlelikde konwektiv sowatmaklygyň effektivligi uzyn pilçelerde peýdasy azdyr. Şonuň üçin gönükdiriji we işçi pilçeleriň konwektiv sowatmaklygynyň köp usullaryny peýdalanylýar. Sowadyjy işi jisim bolup köplenç howa ulanylýar. Sowatmaklygyň käbir aýratynlyklary (2çyzgyda) görkezilendir. Ýönekeý pilçäniň 2-nji a) çyzgyda işçi boşluk ýokarky böleginden howa çykýar. Şeýle pilçeleri ýasamak çylşyrymly däl. Ýöne sowadylma effektivligi ýokary bolmaýar. Ýagny, alynýan howanyň tizligi pes bolýar. Howanyň tizligi 2-nji b) çyzgyda birnäçe kiçi boşluklaryň döredilmegi bilen ýokarlanýar. Sowadylma effektivligi 1,5% howa çykdaýjysynda

pilçäniň temperaturasy 150-200°C peselýär. 2-nji b) shemanyň ýetmezçiligi çykalgasynyň kyn sowadylmagy bolup durýar. Aýdylan ýetmezçilik 2-nji w) shemada bölekleyin g) we d) shemalarda dolulygyna düzedilýär. 2-nji e) cyzgyda plýonkaly sowadylma göz önünde tutulandyr. Pilçede uzynlygyna yşlar göz önünde tutulandyr. Yşlardan gelýän howa plýonka döredýär. Gyzgyn gazyň täsirinden goraýar. Has takyk deňölçegli plýonkany almak üçin pilçeler boşlukly materiallardan ýerine ýetirilende almak mümkindir. Şeýle ýagdaýlarda pilçe 2-nji a) cyzgydaky ýaly içi boş ýöne diwarly yşly ýerine ýetirilýär. Pilçäniň içinde geçýän howa diwarynyň yşlaryndan çykyp goraýjy plýonka döredýär. Sowadylma effektivligi ýokarlanýar. Howaly sowadylmanyň dürli usullaryny aşakdaky gatnaşyk bilen deňeşdirilýär.

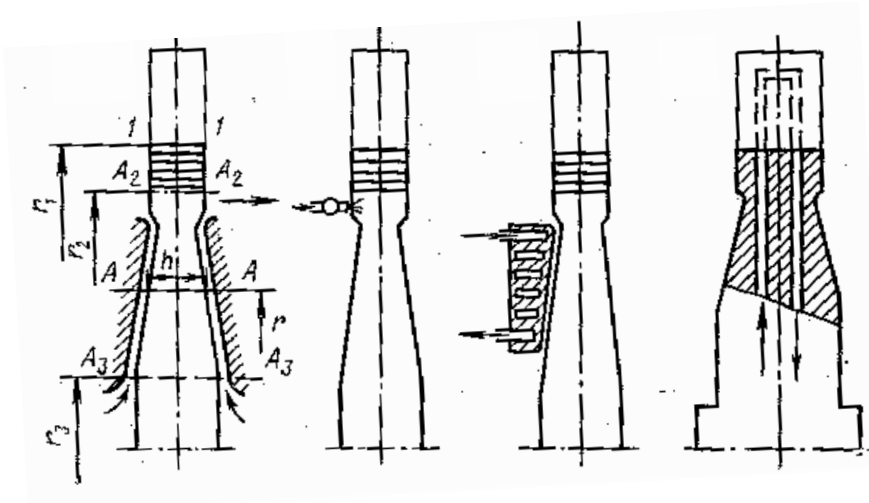
$$\overline{\Delta T} = \frac{(T_G^* - T_W)}{G_B}$$

T_G^* - detalyň üstiniň golaýynda gazyň saklanama temperaturasy

T_W – detalyň metalynyň temperaturasy

$G_B = G_B / G$ - sowadyjy howanyň çykdajysynyň gaz çykdajysyna bolan gatnaşygy.

Işçi pilçeleriň konwektiw sowadylmagynyň b), w), g), d) çyzgylardaky sowadylmagynyň effektivligi 1% sowadyjy howa alnanda 160-170°C effektivligi görkezýär.



Cyzgy4. Diskleriň sowadylyş usullary.

Ýanyş kameralary.

Ýanyş kameralarynda işçi jisimiň gerekli temperaturalaryna çenli gyzdyrylmagynda gysylýan howanyň akymynda ýangyjyň ýakylmagy amala aşyrylýar.

Ýanyş kamerasyna aşaky talaplar bildirilýär:

1. GTD-niň ähli işçi kadalarynda ýangyjyň ýanmagy üznüksiz bolmaly ýalyn öçmeli däl.

2. Turbinanyň önünde gaz akymynyň temperatura meýdany bir ölçegli bolmaly. (Ähli ýerde deň ýaýramaly) Ýerli gyrgyzlygyň we soplа hem işçi pilçeleriň zaýalanmagy önüni almak üçin temperatura meýdany hökmany bir ölçegli bolmalydyr.

3. Ulanyş möhletini ýokarlandyrmak üçin ygtybarly sowadylmasy bolmaly. (hasda gyrgyz bölekleri degişlidir).

4. GTD-niň ähli iş kadalarynda ýokary tygşytlylyk bolmalydyr.

5. Kiçi gidrawliki garşylyk bolmagy mümkindir.

6. Ygtybarly işe goýbermelidir.

7. Konstruksiýasy boýunça ekspluatasiýa oňaýly we howpsyz bolmalydyr.

8. Transport GTD-leriniň ýanyş kameralary ýokary talaplardan başgada massasy we gobariti kiçi bolmalydyr.

Häzirki zaman GTD-leri gaz görnüşli ýangyçda işleýär (esasan hem tebigy gazda) we sowuk ýangyçlaryň dürli sortlarynda (gaziol, kerasin, dizel ýandyjy salýar ýagy, distilýat)

Ýanyş kameralarynda gaty ýangyjy ýakmaklyk meselesi gaz önünde tutulmaýar

Ýöne şu ugurdan gözleg işleri dowam etdirilýär.

Ýanyş kamerasynyň esasy görkezijileri

1. Kameraň ýylylyk kuwwatlylygy.

$$Q = BQ_H^P \text{ (kwt)} \quad (1)$$

B-(kg/sek)-ýangyjyň mukdary

Q_H^P kj/kg-pes ýylylyk çykaryp bilijilek ukyby

2. Göwrümleýin ýylylyk napraženiýasy q kwt/m³ kameraň kompaktlylygyny görkezýär. Şeýlede onuň göwrüminiň ulanylyşynyň effektiwligidir.

$$q = Q_k / V_k = B Q_H^P / V_k \quad (2)$$

V_k -(m³) Ýanyş kameraň göwrümi

Ýalyn turbasynyň göwrümine deň diýip alynýar kameradan basyşyň ýokarlanmagy kuwwatyň we ýylylyk nopraženiýasynyň ulalmagyna getirýär. Şeýle hem howanyň göwrümi we ýakylan ýangyjyň mukdary ýokarlanýar. Şonuň üçin ýanyş kamerasynda baha berlende onuň göwrümleýin ýylylyk napraženiýasy kameradaky basyşa görä otnositellikde alynýar.

$$q_p = \frac{BQ_H^P}{V_k P_B} \quad (3)$$

P_B -kamera girelgedäki basyş (Mpa) ýanyş kamerasyndaky energiýa ýitgileri: Ýylylyk ýitgilerden we basyş ýitgilerinden durýar.

3. Ýanyş kamerasynyň ýylylyk PTK-sy ähli ýylylyk ýitgileri göz önünde tutýar.

$$\eta_{kc}^T = (1 - (Q_{HC} + Q_{OX})) / (BQ_H^P) \quad (4)$$

Bu ýerede: Q_{HC} -ýangyjyň doly ýanmadyk bölegindäki ýylylyk ýitgi (himiki we fiziki doly ýanmadyk bölegi)

Häzirki zaman ýanyş kameralarynda şu ýitgiler 1-5% uly bolmaly däl. İşçi nagruskasynyň ähli dapozonlarynda umumy ýük mukdardan işledilende 1-3 %

Q_{OX} -kameraň gyrgyz üstlerinden daşky sreda ýylylyk berilmegi bilen baglansykly ýitgi. Şu ýitgiler ýylylyk mukdarynyň 0,5% den uly bolýar.

Bar bolan ýanyş kameralaryň ýylylyk PTK-sy hasaplanan kadalarda işledilende

$$\eta_{kc}^T = 0,97 \div 0,98$$

4. Bar bolan ýanyş kamedaky doly basyş ýitgileri asaky düzüjilerden düzüjilerden durýar.

a) Gidrawliki ýitgiler-Gaz akymynda sürtülme ýitgileri we ýerli garşylyklar gönükdiriji gapyrgalarda we başga ýitgiler netijesinde döreýär.

b) Goşmaça basyş ýitgileri kameradan ýangyjyň ýakylmagy we gyzmagy bilen baglanşykly ýitgi. Şu ýagdaýda gazyň basyşy peselýär. Gaz akymynyň tizligi bolsa ýokarlanýar. Doly basyş ýitgilerini ülüş ýada prosent görkezjisinde aşakdaky ýaly ýazylyar

$$V_{kc} = \frac{\Delta P^*}{\Delta P_b^*} \cdot 100\% = \frac{P_B^* - P_P^*}{P_B^*} \cdot 100 \quad (5)$$

ΔP^* -kamerada doly basyş ýitgisi

P_p^* -kameradan çykalgada gazyň doly saklanma basyşy. Howanyň doly saklanama basyşy.

$$P_b = P_B + \frac{\rho_g w_g^2}{2 \cdot 10^6}$$

$$P_r^* = P_r + (\rho_g W_g^2) / 2 \cdot 10^6$$

P_B , P_r -statiki basyş ýanyş kamerasyna girelgede (howa we gazyňky)

Kameradaky basyş ýitgileri GTD-niň PTK-syny peseldýär. Munuň ýanyş kameranyň aeorodinamiki PTK-nda göz önünde tutmak bolar.

$$\eta_{ka}^a = 0,98-0,99$$

Ýanyş kameralarda işçi hadysalaryň gurnalýş prinsipleriniň esaslary.

Ýanyşan kameralarda işçi hadysa onuň konstruksiýasynyň ýönekeýligine garamazdan örän çylşyrymlydyr. Häzirki döwürde nazary we hasaplama ýollary arkaly dolulygyna çözülmelik. Şu hadysalary öwrenmekligiň kanunalaýyklygynyň esasynda we ýeke-täk usuly bolup modelleräki we hakyky şertlerdäki eksperimental hyzmat edýär. Şu barlaglar köplüginin netijesinde ýanyş kameralarynyň işleýşi adaty talaplar işlenip düzildi. Energetiki gaz turbina desgasy üçin aşakdaky esasy talaplar girizildi:

- 1) 2 görnüşli ýangyjy ýakmak mümkinçiligi (gaz görnüşli we suwuk gömüşli)
- 2) Himiki we mehaniki doly ýanmadyk böleginiň minimal ýitgisi; ýanyş kameralarynda ýokary PTK-a almaklyga mümkinçilik berýär: kameranyň PTK-sy diýip ýangyç ýanandaky ýylylygynyň işçi jisime berilen ýylylygynyň şol ýangyjyň doly ýanandaky bölünip çykýan ýylylygyna bolan gatnaşygyna aýdylýar. Häzirki zaman ýangyjyň kameralarynyň PTK-sy $0.98 \div 0,99$ suwuk ýangyç ýakylanda $0,99 \div 1$ gaz görnüşli ýangyç ýakylanda
- 3) Gaz turbina desgasyň režim parametriniň giň aralykda üýtgemegine ygtybarly ýakmak we ýalynyň durnuklylygyny gazanmak.
- 4) Turbinanyň önünde gaz akymynyň temperatura meýdanynyň deňölçegliligi.
- 5) Kameradan minimal gidrawliki ýitgi (kameradaky basyşyň $2,5 + 3\%$ -den uly bolmaly däl)

Şu talaplar kameranyň ulanylýan gabaritimlerinde ýerine ýetirmelidir. Bu göwrümiň we kamera kesiginiň ýokary ýylylyk naprýaženiýasy talap edýär. Öz

gezeginde ýokary ýylylyk napreženiýasy elektrik detallaryň ýokary temperaturany gurşap alýarlar. Şonuň üçin detallar yzygider sowadylmalydyr . Onuň üçin temperaturasy 700-800 S. Şu talaplary ýerine ýetirmeklik ýangynyň doly ýanmak hadysalarynyň gurnamalaryň we kamera elementleriniň konstruksiýalarynyň resional ulanmak bilen amala aşyrylýar. Soňra ýangyjyň ýanmagy öçin gyzgyna çydamly turbalaryň çäklerinde hökmany kesgitli şertler bolmaly. Muňa düşinmek üçin ýangyç ýanmanyň esasy fazany göz önüne getirmek ýeterlikdir. Häzirki zaman GTD-leriň ýanyş kamerasynda esasanda diffuzion ýanma hadysasy ulanylýar. Ýagny , ýangyç we howa aýratyn ýanma zonasyna berilýär. Ýanma reaksiýasy bolmagy üçin, ýangyjyň we howanyň hökmany göniden - göni kontakty bolmalydyr. Kameradaky işçi hadysa gurnamasynda wajyp talap bolup , ýokary turbulentlik derejesi ýanma zonasynda hyzmat edýär. Ýanma zonasynyň akymyň turbulentleşmesi ýylylyk çalyşmasy hadysasyny we suwuk ýangyç bolsa damjalaryň buarmagyna üpjün edýär we ýanma hadysasynyň özüni laminardan turbulente geçmegini üpjün edýär. Ýokary turbulentli ýanma zonasyny döretmekligiň esasy usuly bolup pilçeli registrleýji ýa-da kyn akdyrylan jisimi ulanmak bolup durýar. Kyn akdyrýan jisimden akym akanda akymyň üzilmegi bolup gaçýär we jisimiň okunda yzlygyna akýan halka görnüşli akym döreýär.

Pilçe registrlary bilen döredilen emele gelen köwlenme halkasyny towlanmanyň esasynda okunyň ugruna döreýän deňagramlylygyň netijesinde tersine akym zonasý döreýär. Tersine akýan zona araçäginde degişýän kamera zonasý ýokary turbalentlik zonasý bolup durýar.

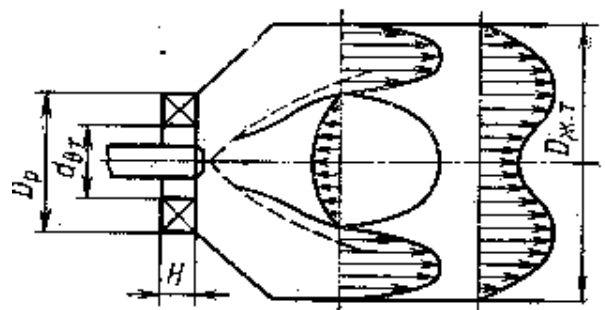
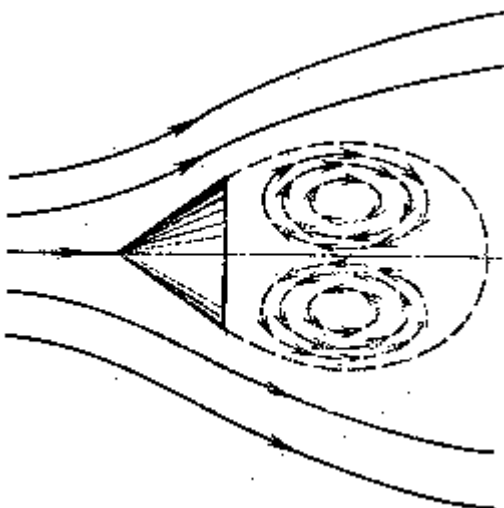
Akymyň turbulentleşme derejesi esasanda registrdan çykýan akymyň sigma burçuna we aşakdaky ululyga bagly bolup durýar.

$$\Gamma = \frac{(\rho \omega^2)_{max}}{(\rho \omega^2)_{av}}$$

Nirede φ_{bblx} - registra girelgede howa tizligi

φ_{bblx} - registordan çykalgada howa tizligi

Γ - Turbulentleşme derejesi



Çyzgy 2. Pilçeli registrlerden soň we ondan daşyrakda ok tizlikleriň meýdany

Çyzgyl.Kyn akdyrylýan jisimden soň akym çyzgysy.

Ýanyş kameralarynyň ýylylyk we gidrawliki hasaplamalary

Kameranyň hasaplamasy GTD-niň shemasynyň hasaplamasyndan soňra geçirilýär . Onuň netijesinde hasaplama üçin başdaky parametrleri we onuň mukdary ýangyjyň ýanma önüminiň häsiýetnamasy artykmaç berilýän howa α we başgalar . Hasaplamanýň netijesinde kameranyň we onuň ölçegleriniň umumy bahalary alynýar. Kameranyň umumy ygtybarlygy bahalandyrylýar. Ilkinji nobatda ýalyn turbanyň temperaturasy bilen kesgitlenilýär. Ýylylyk hasaplama 1-nji bilen artykmaç berilýän howanyň koýeffisienti α_1 bilen, ýanmanyň adiabatiki temperatura aralygyndaky baglanşyk takyklanylýar. 1 kg ýangynyň fakeli üçin ýylylyk balans deňlemesini ýazýarys.

$$Q_{\text{HC}} - Q_{\text{BI}} = Q_{\text{T}}; (1)$$

$$Q_{\text{HC}} = V^0_{\text{HC}} * i^0_{\text{HC}}(t_{\text{ag}}) + (\alpha_1 - 1) V^0 i_{\beta}(t_{\text{ag}})$$

Bu gatnaşyk

$$Q_{\text{BI}} = \alpha_1 V^0 (T_{\text{b}})$$

$$Q_{\text{I}} = Q_{\text{H}}^{\text{P}} * \eta_{\phi} + i_{\text{t}}$$

Bu ýerde:

V^0 - berilýän howanyň teoretiki mukdary m^3/m^3

V^0_{HC} - ýanma önüminiň mukdary. m^3/m^3

i^0_{HC} - ýanma önümiň entalpiýasy kJ/kg

η_{ϕ} - fakeliň PTK-sy.

i_{β} - berilýän howanyň PTK-sy $[\text{kJ/kg}]$

i_{T} - berilýän ýangyjyň entalpiýasy kJ/kg

η_{ϕ} - ýalan turbasyna berilýän ýylylyk mukdary we doly ýanmadyk himiki mehaniki ýitgiler bilen hasaplanylýar. (0,9 4-0,96)

Soňky deňlikleri (1) deňlemä goýup α_1 kesgitleýäris.

$$\alpha_1 = \frac{\eta_{\phi} * Q_{\text{H}}^{\text{P}} - V^0 * i_{\beta}(t_{\text{b}}) + i_{\text{T}} - V^0_{\text{HC}} * i^0_{\text{HC}}(t_{\text{ag}})}{V^0 [i_{\beta}(t_{\text{ag}}) - i_{\beta}(t_{\text{b}})]} \quad (2)$$

tag - temperaturanyň kömegi bilen ýylylyk diagrammada berlen ýangyjyň ýanma

önüminiň i^0_{HC} entalpialaryny kesgitlenilýär i_{T} ýangyjyň entalpiýasy ýangyjyň görnüşine bagly bolup durýar.

Birinji berilýän howanyň artykmaçlyk koýeffisiýenti kesgitlenenden soňra 1-nji we 2-nji berilýän howanyň mukdary kesgitlenilýär.

$$\text{Bu ýerde:} \quad V_1 = \left(\frac{\alpha_1}{\alpha} \right) * V_{\beta}; \quad V_2 = V_{\beta} - V_1; \quad (3)$$

V_β - kamera berilýän howanyň mukdary.

Ýalyn turbinanyň kese – kesiginiň meýdany $F_{\text{жт}}$ udel ýylylyk napriýaženiýasy bilen kesgitlenilýär.

$$V_\beta = (65 \div 77) \cdot 10^3 \text{ [KBT/M}^2\text{MПа]} \quad (4)$$

Şeýlelikde : $F_{\text{жт}} = (\eta_{\text{кк}} Q_H^P B) / (P_\beta V_P)$

Yalyn turbasynyň diametri.

$$D_K = \sqrt{\frac{4 \cdot V_2}{\Pi \cdot \omega_{\text{кк}}} - D_{\text{кчт}}} \quad (5)$$

Ýanma zonasynyň uzynlygy L ulanylýan ýangyja görä alynýar. Şeýle hem registryň tipine baglydyr. Gaz görnüşli ýangyç ulanylanda $L/D_{\text{кчт}} = 2 - 2,4$ alynýar. Korpusyň içki diametri D_K - ýalyn turbasy bilen korpusyň aralygyndaky kanallaryň içinde howa tizligi boýunça kesgitlenilýär (ýalyn turbasynyň oňat sowadylmagy üçin zerurdyr)

$$D_{\text{кчт}} = \sqrt{4 F_{\text{кчт}} / \Pi}; \quad (6)$$

Registryň garyşdyryjynyň we beýleki elementleriň ölçeglerini kesgitlemek üçin kameranyň elementleriniň üstünden geçýän V_1 – mukdary şertli öňünden berilýär. Geçiş kesikleriniň rugsat edilen basyş ýitgileriniň oňositel ululuklary nukdaý nazardan kesgitlenilýär.

$$\lambda_{\text{кк}} = \Delta P_{\text{кк}} / P_B$$

Bu ýerde $\Delta P_{\text{кк}}$ - ýanyş kamerasyndaky doly basyş ýitgisi stasionar GTD – leriň ýanyş kameralary üçin ($\lambda_{\text{кк}} = 2 \div 2,5\%$ ýanyş kamerasyndaky basyş ýitgiň izotermiki ýitgilerden we ýylylygyň berilmegi bilen baglanşykly ýitgilerden düzülýär. Soňky aýdanlarymyz öz gezeginde aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär.

$$P_T = f_T \cdot P_\beta \cdot \omega_\beta^2 / 2 \quad (7)$$

P_β -berilýän howanyň dyklyzlygy.

ω_β - berilýän howanyň tizligi

f_T - garşylyk koýeffisienti (tablisalardan ýa - da deňlemelerden kesgitlenilýär)

$$f_T = 2.2 (F_{\text{бх}} / F_{\text{кчт}})^2 (T_C / T_b - 1) \quad (8)$$

$F_{\text{бх}}$ - kamera girelgede kesigiň meýdany

T_C - kameradan soňky turbinanyň öňündäki ýalynyň temperaturasy.

T_b - ýanyş kamera berilýän howanyň temperaturasy şeýlelikde statiki basyşyň rugsat edilen ýitgisi.

$$[\Delta P] = \Delta P_{\text{кк}} \Delta P_T \quad (9)$$

$$\text{Başgaça } [\Delta P] = (f_i P \omega_i^2) / 2 = (p V_i^2) / 2$$

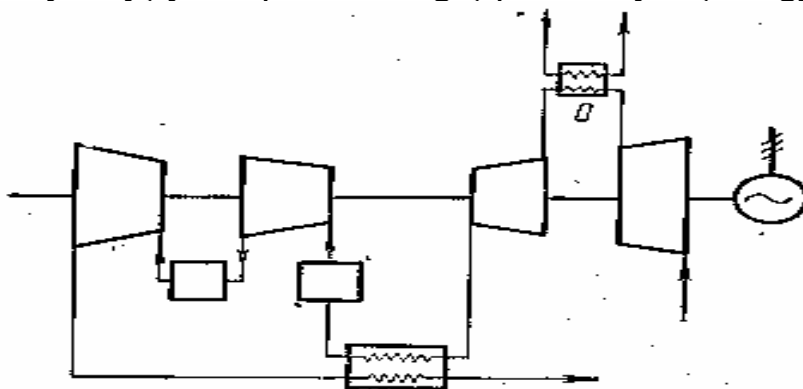
i-ti akymyň kese-kesigi

$$F_i = V_i \sqrt{\rho \cdot f_i / (2 [\Delta P])};$$

GTD-nyň elementleriniň häsiýetleri Yzygiderli ýerleşen birnäçe kompressorlarynyň işleýşi

Çylşyrymly GTD- de 2 ýa-da 3 yzygider birleşdirilen kompressorlar işleýär. GTD-nyň üýtgeýän režiminde kompressorlaryň işledilmegi ählisiniň hemişelik aýlanma ýyglygynda we üýtgeýän aýlanma ýyglygynda bolup biler.

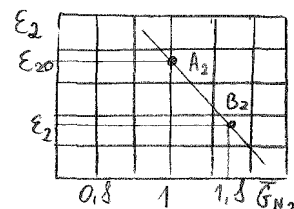
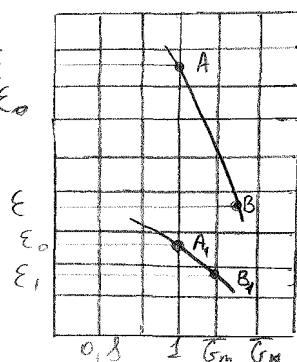
Hemişelik aýlanma ýyglygynda işleýän 2 sany yzygider ýerleşdirilen kompressora seredeliň. (Kiçi basyşly kompressor KND we ýokary basyşly kompressor KWD) KND - de howa P_a basyşdan P_{b1} basyşa çenli gysylýar we sowadyja berilýär. Ol ýerde howanyň temperaturasy T_{b2} -den T_{a2} - ä çenli kiçelýär. Soňra howa ýokary basyşly kompressordan geçip P_{b2} basyşa çenli gysylýar.



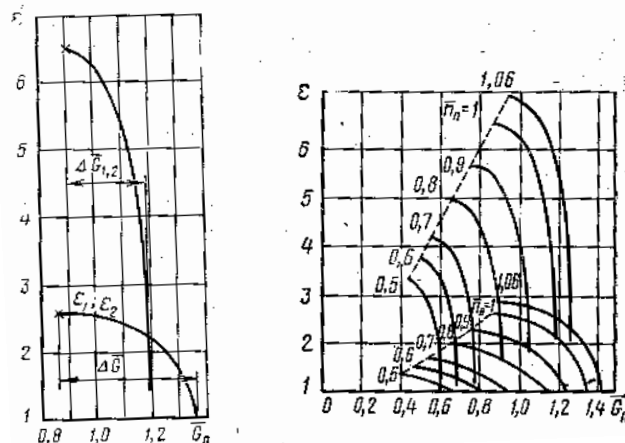
Çyzgy1 . Iki basgançakdan gysylýan we ýakylýan regenerasiýasy GTD-nyň
prinsipal shemasy

namasy.

a) ϵ_1, ϵ_2



- Çyzgy 2. Iki yzygider birikdirilen kompressorlaryň jemlenen häsiýetnamasy
- Kiçi basyşly kompressoryň häsiýetnamasy we jemlenen häsiýetnamasy.
 - YBK-yň häsiýetnamasy.



Çyzgy3. Hemişelik aýlanma ýygylgynda iki kompressoryň jemlenen häsiýetnamasy
 $A_1 - A_2$ - hasaplanan režimdäki KKB we KÝB kompressorlaryň nokatlary.

$B_1 - B_2$ - üýtgeýän režimleri KKB we KÝB kompressoryň nokatlary.

$E_{10} - E_{10}$ - hasaplanan režimlerini basyş ýokarlanma derejeleri.

$E_1 - E_2$ - üýtgeýän režimlerdeki basyş ýokarlanma derejeleri.

A - kompressorlar toparynyň hasaplanan režimine degişlidir.

B nokat - üýtgeýän kompressor toparynyň hasaplanan režimine degişlidir.

$E_0 = A_{x0} - E_{10} - E_{20}$ - 2 kompressorlaryň hasaplanan režimde umumy basyş ýokarlanma derejesi.

E - kompressoryň basyşynyň ýokarlanma derejesi

$$E = \frac{P b_2}{P_{a2}}$$

Yzygider ýerleşen turbinalaryň birlikde işleýşi.

GTD-dan köplenç yzygider birikdirilen 2-3 turbinalar ulanylýar. Çylşyrymly GTD-nyň üýtgeýän režimleriniň häsiýetlerine düşünmek üçin birnäçe yzygider birikdirilen turbinalaryň iş aýratynlyklaryna seretmeklik ýeterlikdir. Esasy meseleleri aşakdakylardan durýar:

Berlen parametrler bilen hasaplanan režimde işleýän yzygider birikdirilen turbinalar topary üçin ähli turbinalarynyň üýtgeýän iş režimleriniň şertlerini kesgitlemek bolýar. Şu ýagdaýda bir turbinaýň üýtgeýän iş režimi berlen bolmalydyr.

Üýtgeýän yüklerde yzygider birikdirilen turbinalaryň arasyndaky ýylylyk tapawutlaryň ýaýradylmagynyň häsiýeti esasy kanunalaýyklygy bolup durýar. Ýagny ähli turbinalaryň üstünden geçýän gazyň mukdaryny deň diýip almak mümkindir. Ýöne turbinalarda öndürilýän kuwwat ýylylyk tapawudyna proporsionallykda ýaýradylýar.

2 yzygider birikdirilen turbinanyň hasaplanmadyk iş režimine seredeliň

1. Seredilýän režim aralygymyzda turbine häsiýetine aýlanma ýygylgynyň täsiri ýok diýip almak mümkin.

2. Mukdar häsiýetlerini aşadaky deňlik bilen kesgitlemek mümkindir.

$$\bar{G}_{P1} = \sqrt{\frac{1 - b_1^{-2}}{1 - b_{1q}^{-2}}};$$

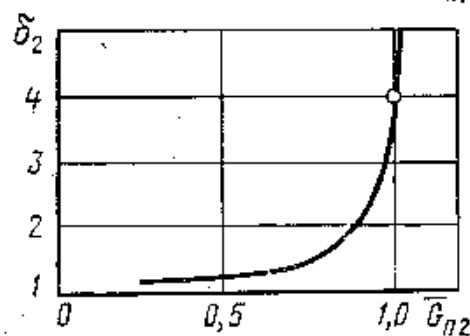
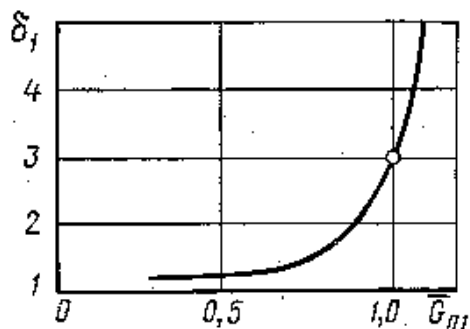
$$\bar{G}_{P2} = \sqrt{\frac{1 - b_2^{-2}}{1 - b_{20}^{-2}}};$$

\bar{G}_{P1} \bar{G}_{P2} – mukdar parametrleri (otnositel getirilen gaz mukdarlary)

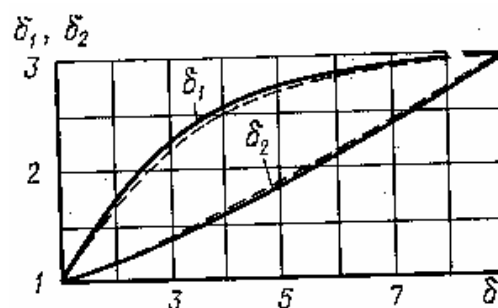
Ýokary basyşly turbinada we kiçi basyşly turbinada şu getirilen gaz mukdarlary aşadaky ýaly ýazylýar.

$$\bar{G}_{P1} = \bar{G} \frac{\sqrt{T_{c1}}}{P_{c1}} = \bar{G}_{P2} = \bar{G} \frac{\sqrt{T_{c2}}}{P_{c2}}$$

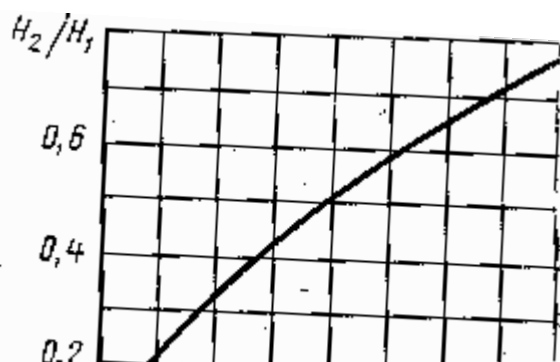
Harplaryň ýokarsynaky çyzyk hakyky ululygyň hasaplanan ululyga bolan gatnaşygyny görkezýär. Turbinanyň mukdar häsiýetnamasyny aşadaky görnüşde ýazmak bolar



Çyzygy 1. Yzygider işleýän turbinanyň mukdar häsiýetnamasy.



Çyzygy 2. Yzygider işleýän turbinanyň basyşyň gatnaşyklarynyň we umumy basyş gatnaşygynyň aralaryndaky baglanşyk



Kompressorlar

GTD-lerde ok tipli we kä halatlarda merkezden gaçma kompressorlar ulanylýar. Ok tipli kompressorlar ýokary we orta kuwwatly görnüşleri GTD-lerde giňden ulanylýar. Ok tipli kompressorlaryň aşaky aýratynlyklary bar:

1. Ýokary öndürjilikli 490-450 kg\sek we ondan ýokary.
2. Örän ýokary PTK-ly 83-90 %
3. GTD-lerde basyş ýokarlanma derejesiniň hökmanlygyny üpjün edýär.
4. Keseligine uzynlygyna ölçegleri ýokary .

Ok tipli kompressoryň esasy ýetmezçiligi bolup onuň köp basgançaklylygydyr. Konstruksiýa çylşyrymlylygy we uzynlygy ýokary. Käbir aýratyn basgançaklarda basyş ýokarlanma derejesi β -1,25 ondan uly bolmaýar. Şonuň üçin hökmany basyşy üpjün etmek üçin ok tipli kompressorlar hemişe köp basgançagy ýerine ýetirilýär. Kompressoryň içinde podşibiniklerde berkidilen rotor aýlanýar, rotora işçi pilçeler birikdirilen. Rotor walynyň korpusyndarn çykýan ýerlerinde berkidilmeler bar. Kompressor rotarynyň waly bilen muftalar birikdirilýär. Korpus 2 bölekden durýar. Wertikal we gorizontal sökülýän bölegi korpusyň içinde oboýmalara birikdirilen. Olara gönükdiriji pilçeler birikdirilen. İşçi pilçeleriň aýlanýan hatarynyň köplügi we gönükdiriji pilçeleriň köplügi kompressor basgançagyny emele getirýär. Atmosfera howasy sorujy patrupkalaryndan sorulyp önüm gerekli ugry bilen 1-nji basgançaga berilýär. Şeýlelik bilen udarsyz girelge we minimal ýitgi üpjün edilýär. Howanyň tizligini artdyrmak üçin gönükdiriji pilçelere girelgede inçelip gidýän kanal döredilýär. Kompressor basgançagy işleýiş prinsipi boýunça turbina basgançagynyň işleýişiniň ters tarapy höküminde seredip bolýar. Takyklykda rotora berilýän mehaniki energiýa howanyň kinetik energiýasyny almak üçin soňrapotensial energiýa öwrülýär. Gysylan howa iň soňky basgançakdan soňra gönükdiriji pilça berilýär. Ol ýerde akym diffuzora girelgede okuň ugruna gönükdirilýär. Diffuzorda howa tizlik energiýanyň basyşa öwürlmegi netijesinde çykalga patrupkalarynda itekleýji turba geçirijilere berilýär. Praktikada basgançaklara howanyň gysylmagy gönükdiriji pilçelerde-de we işçi pilçelerde-de gysylar ýaly ýerine ýetirilýär. Ýöne howanyň gysylma işi her basgançakda dürli ýaýradylma bolup biler. Şuňa baha bermek üçin kompressoryň reaktiwlik derejesi diýen düşünje girizilýär.

$$\rho_k = (H_{kp}) / (H_{k,p} + H_{k,H}) = H_{k,p} / H_k$$

H_{kp} -işçi pilçelerde gysylma ýylylyk tapawudy.

$H_{k,H}$ -gönükdiriji pilçelerde gysylma ýylylyk tapawudy

H_k -kompressor basgançagyndaky ýylylyk tapawudy.

Köplenç kompressorlaryň reaktiwlik derejesi basgançaklarda $\rho_k = 0,5$ -1 aralykda .

Eger-de $\rho_k = 0,5$ bolsa basgançaklarda çalyşma işi işçi pilçeler bilen gönükdüriji pilçeleriň arasynda deň bölünýär. Şeýle basgançaklaryň PTK-sy $\rho_k = 1$ bolan

basgançakly bilen deňeşdireniňde 1-2% ýokary. Şeýle kompresorlar ýokary oýlanma tizlikli we reaktiwlik derejesi $\rho_k=0,5$ bolan basgançakly transport GTD-nde ulanylýar. $\rho_k=1$ bolan basgançaklarda (Reaktiw basgançaklarda) basyş işçi -pilçelerde döreyär. Gönükdiriji pilçeler bolsa dine akymyň ugruny üýtgetmek üçin ulanylýar. $\rho_k=1$ bolan basgançaklarda aýlanma tizligi kiçi edip ulanylýar. (140-160 m/sek). Şu ýagdaýlarda olar ýokary basyş döredip bilýär, şeýle hem hasaplanmadyk režimlerde oňat işleýär. Kompresor taýýarlananda (barabanlary diskleri, işçi pilçeleri) polatdan we ýeňil splawdan taýýarlanylýar. Şeýlede pilçeler korroziýanyň we erroziýanyň täsirinde bolup biler. Şonuň üçin taýýarlanylýan polatlar alýuminden we magniý burunijinden taýýarlanylýar. İşçi pilçeler rofora edil turbinalardaky ýaly dürli-usullar bilen berkidip bilner (ýolka, çarşak, ot). Ýokary PTK almak üçin işçi pilçeler egredilen görnüşde bolýar. Olaryň prahili beýikligine hemişelik bolup biler. GTD-lerdäki merkezden gaçma kompressorlar köplenç bir basgançakly bolup biler. $B>6$ bolan ýagdaýynda 2 basgançakly bolup biler. Merkezden gaçma kompresoryň ok tipli kompresorlar bilen deňeşdirilende aşaky aýratynlyklar bar.

Uzynlygy boýunça gysga-sebäbi basyş ýokarlanma derejesi $B=4,5$

Konstruksiýasy boýunça ýönekeý we işledilende ygtybarly (nadýožny)

Daşky böleginiň arassalygyna duýgur däl.

Üýtgeýän režime geçilende PTK birden üýtgemeyär

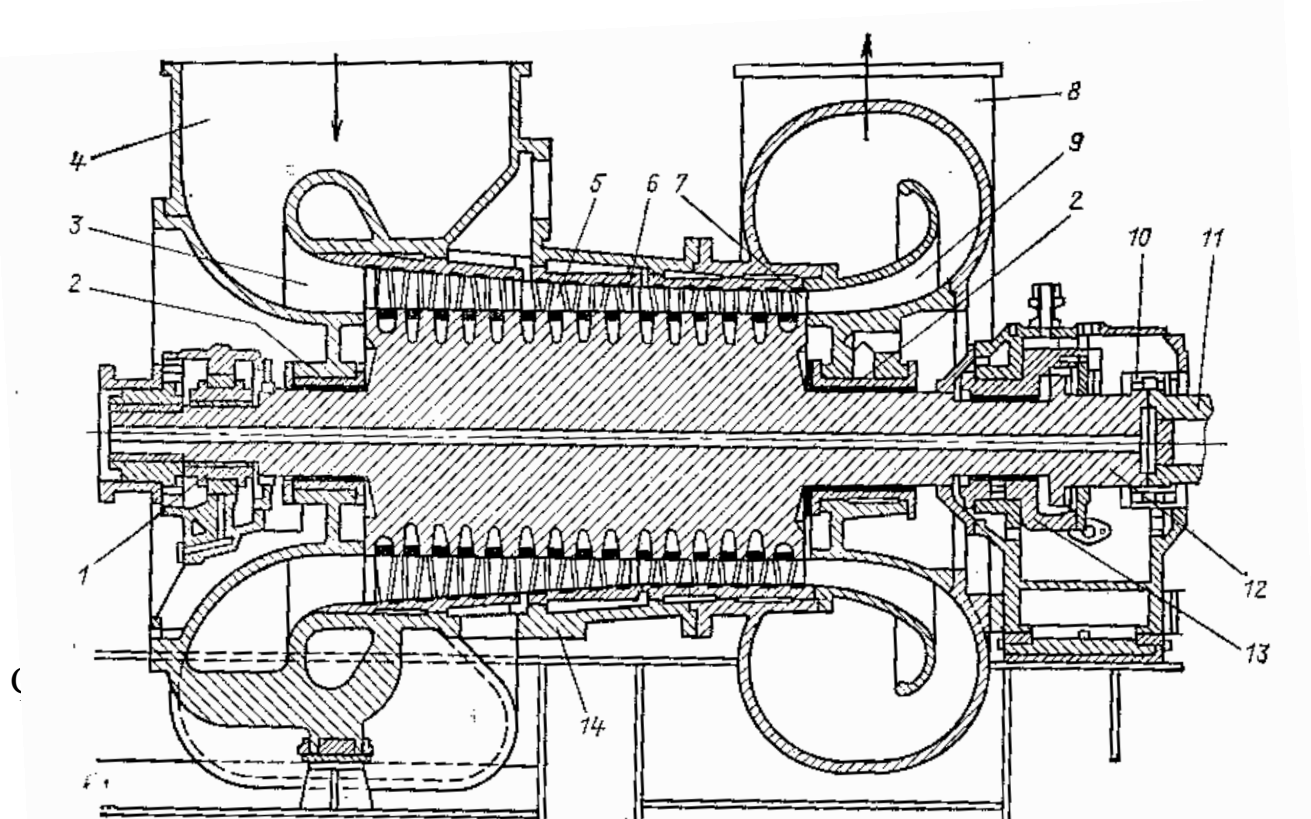
Ýetmezçiligi merkezden gaçma kompresor ok tipli kompresorlar bilen deňeşdirilende aşakdaky ýetmezçilikleri bar.

Howanyň berilişi boýunça kiçi

PTK-sy kiçi (0,75-0,85)

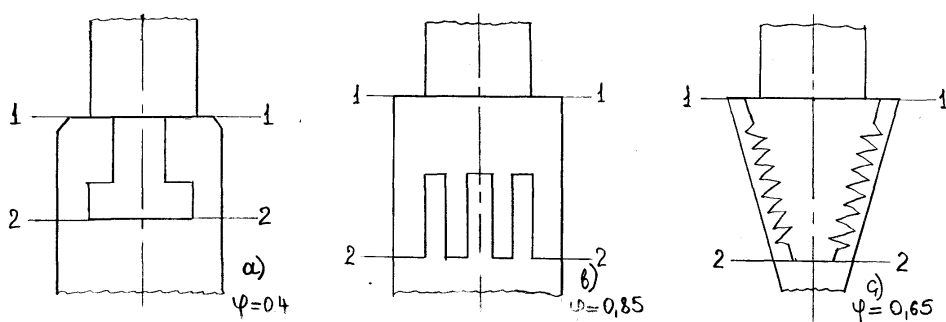
Keseligine ölçegleri boýunça ululygy bilen häsiýetlendirilýär.

Merkezden gaçma kuwwatlylygynyň uly bolmadyk GTD-lerde ulanylýar.



Pilçeleriň berkidiliş zolagynda termiki garşylyk

Işçi pilçeler diska gulplaryň kömegi bilen birikdirilýär. Gazdan diskara barýan ýylylyk akymynyň orunda termiki garşylyk bolupdurýar. Gulply birikdirmeleriň zolagy 1-1 we 2-2 kesikleriniň aralygy ýylylyk geçirijilik häsiýetleri boýunça ýslaryň ýa-da kanallaryň barlygy bilen tapawutlanýar.



Işçi pilçeleriň gulply birikdirilişi we olaryň ψ termiki garşylygynyň bahalary Gulply birikdirilmesiniň termiki garşylyga täsirini real disk we model diskary peýdalanyp tapmak mümkin.

$$\frac{\Delta z}{\lambda} + \frac{z_1 - z_2}{\lambda} = \frac{z_1 - z_2}{\lambda_m}; \quad (1) \quad \lambda_m = \frac{\psi(\lambda + \lambda_p)}{2}$$

λ_m – Doly ýylylyk geçirijilik koeffisienti. Gulply birikdirilme zolagynda

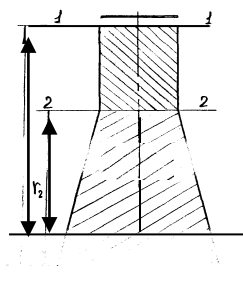
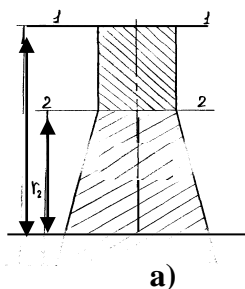
λ – disk materialynyň ýylylyk geçirijilik koeffisienti.

λ_p – Pilçäniň ýylylyk geçirijilik koeffisienti.

(1) deňlik real we model disklerde radial ugur boýunça şertli termiki garşylygy görkezýär. Doly termiki garşylyk (gazdan modelimiziň 1-1 kesigine berilýän termiki garşylyk

α_{y1} – gazdan 1-1 kessige ýylylyk beriliş koeffisiýenti (2)

α'_{y1} – gazdan 1-1 kessige ýylylyk beriliş koeffisienti (model d $\frac{1}{\alpha'_{y1}} = \frac{1}{\alpha_{y1}} + \frac{\Delta z}{\lambda}$;



b)

(3)

$$\alpha'_{y1} = \frac{\alpha_{y1}}{1 + \left[1 - \frac{z_2}{z_1}\right] \left[\frac{\lambda}{\lambda_m} - 1\right] \frac{\alpha'_{y1} z_2}{\lambda}}$$

Bu deňlemäniň esasy manysy radial diska derek model diska seretmek manysyny aňladýar. Ýagny olarda gulply zolaklar ýylylyk geçirijiligi boýunça bir-birinde tapawutlanmaýar. 1-1 kesikden akýan ýylylyk akym 2 ululykdan düzülýär:

1. Pilçeleriň kökünden gelýän ýylylyk akym.

Gelýän ýylylyk akym.

$$Q_k = \alpha_3 f_k (T_r^* - T_1) \quad (4)$$

2. f_k' üstünden gelýän ýylylyk akymy

$$Q_k' = \alpha_3' f_k' (T_r^* - T_k') \quad (5)$$

α_3' - gazdan işçi pilçäniň içki üstüne ýylylyk berilişi koeffisienti

$$Q_1 = Z_p (Q_k + Q_k')$$

Z_p – pilçeleriň sany

(4) we (5) deňlikleri bilelikde işläp doly ýylylyk akymy alarys

$$Q_1 = \alpha_{y1} f_k (T_r^* - T_1) \quad (6)$$

α_{y1} – (3) formuladaky

$$\alpha_{y1} = \alpha_3 \frac{F_k}{F_1} + \alpha_r' \frac{F_k'}{F_1};$$

$G \quad F_k = z_p \cdot f_k; \quad F_k' = F_1 - z_p f; \quad (F_1 = 2\pi h_1 z_1)$ eňlikleri α_{y1} bilen çalşyryp hasaplama geçirilýär.

1 - çyzgydaky modeller ýaly elektrik geçiriji kagyndan elektrik model birikdilmesi ýerine ýetirilýär. 1-1 we 2-2 aýlanyş kesikeriň arasyndaky elektrik garşylyk ölçenilýär. Olar daşky ölçegleri birmeňzeş göni bölek elektrik kagyzlaryň elektrik garşylyklary deňeşdirilýär. Göni bölek kagyzyň garşylygynyň gulply birikdirilişiniň modeliniň garşylygynda gatnaşygy göni bölek guldynyň termiki garşylygynyň gulpy termiki garşylygynyň kiçiligini kesgitleýär. Şu gatnaşyk “ ϕ ” harpy bilen belgilenýär we pilçäniň gulply birikdirilişiniň konstruksiýasyna bagly bolup durýar.

GTD-leriň sazlanlyşy we olaryň işe goýberiji we goraýjy gurallary.

GTD-ler ekspluatasiýa edilende üýtgeýän režimde köplenç işletmeli bolýar. Şonuň üçin ähli işçi režimlerde aşaklary gazanmaly:

1. GTD-leriň mümkin bolan ýokary tygşytlylygyny gazanmaly.
2. İşçi pilçeleriň ygtybarlylygy we köp möhletlilik şerti boýunça turbinanyň – önündäki tem-ny rugsat edilýän çäklerinden ýokary götermeli däl.
3. Ýanyş komerasyndan ýalyn üzülmezden ýanma prosesi durnukly bolmalydyr.
4. Kompressoryň ygtybarly işlemegini gazanmalydyr.

Ähli agzalan ýagdaýlarymyzda GTD-niň peýdaly kuwwatlylygynyň üýtgemekligi ýakylýan ýangyjyň mukdarynyň üýtgemegi bilen amala aşyrylýar. Şonuň üçin ýanyş kameralaryna berilýän ýangyç sazlaýjy organlaryň (tizlik sazlaýjynyň täsirinde işleýän) üstünden geçýar. Sazlaýş sistemasy 2 bölekden durýar.

1. Hil taýdan

2. Mukdar taýdan

Hil taýdan sazlanýlanda turbinanyň öňündäki gazyň temperaturasy üflenilýan howanyň mukdary bilen üýtgedilýär. Şu ýagdaýlarda nagruzkalaryň kiçeldilmegi bilen tizlik sazlaýjy ýangyjyň berilişini azaldýar. Netijede: artykmaç berilýän howanyň koeffisiýenti ýokarlanýar. Gazyň temperaturasy bolsa kiçelýär. Ol bolsa öz gezeginde turbinadaky ýylylyk tapawudyny kiçeldýär. Hil taýdan sazlamaklyk GTD-lerde dürli iş režimlerde örän ýönekeý usul bolup GTD-leriň kiçi nagruzkalarynda tygşytlylygy peselýär., PTK –a peselýär. Meselem : $\beta=5$ bolan $T_1 = 980K$ bolan GTD-lerde 50% nagruzka peseldilende effektiv PTK 20 % peselýär. Mukdar taýdan sazlamaklyk GTD-lerde kompressoryň aýlanma ýygylgynyň peseltmek bilen amala aşyrylýar. Şeýle edilende howanyň mukdary we basyş ýokarlanama derejesi azalýar. (üýtgeýär)

Şonuň üçin kompressorlar ýa-da onuň bölegi tempraturalarynyň üýtgemegi bilen aýlanma ýylylygy sazlanýar. Turbinanyň 2-nji bölegi bolsa generatora işleýär. Ol gaz mukdarynyň üýtgemegi bilen sazlanýan., Hil taýdan sazlamaklyk bilen deňeşdirilende PTK-sy ýokary bolýar. Şeýlelikde mukdar taýdan sazlamaklyk köp wally GTD-lerde ýeňil amala aşyrylýar. Hil taýdan sazlanýlanda gazyň temperaturanyň üýtgemeklige pilçeleriň we beýleki detallaryň tempraturalaryny üýtgetmeklik bilen termiki napryáženiýe döredýär. Şu temperatura tolkununyň üýtgäp durmaklygy pilçelerde ýadowlygyň çalt açylmalarına getirmek howpy bolar. Şu ýagdaýlarda şeýle netije çykarmak bolýar. Ýagny mukdar taýdan sazlamaklyk GTD-niň tygşytlylygyny diňe üpjün etmän onuň ygtybarlylygyny we köp möhletleligini ýokarlandyrýar. Umumylykda praktikada açyk GTD-lerde garyşyk sazlaýş usullary peýdalanylýar. GTD-leri işe göýbermek üçin energiýanyň daşky çeşmesi gerek bolup durýar. İşe goýberiji dwigatel. Daşky çeşme kompressory işçi režime geçirmek üçin we ýangyç nasosy işçi režime geçirmek üçin ulanylýar. GTD-ler işe goýberilende aşaky usullarynyň biri bilen amala aşyrylýar.

1. Elektrik dwigiteliň kömegi bilen

2. Ýöriteleşdirilen işe goýberiji bug ýa-da gaz turbinalar kömegi bilen

3. İçinden ýandyrylýan

4. Elektrik generatoryň özüniň işledilmegi bilen amala aşyrylýar.

Bir wally stasionar GTD-leri işe göýbermek üçin peýdaly kuwwatlylygyň 3-5% kuwwatlylyk gerek bolýar. 2 wally GTD-lerde 5%-den ýokary.

Agyr (çylşyrymly) ýangyçlary peýdalanýan GTD-ler işe goýberilende ýeňil ýangyçlar ulanylýar. GTD-niň goraýjy gurallary aşakdakylara niýetlenen:

Turbianyň bat almagynyň önüni almak

Detallaryň döwürleme howpy ýüze çykanda we turbinanyň öňündäki gazyň temperaturasy rugsat edilýän çäklerinden ýokary bolanda tutuşlygyna desga öçürülýär. Awariýa saklanmagy ýagny dogry gözegçilik edilmedik ýagdaýynda ýüze çykyp biler.

Energetikadaky GTD-ler.

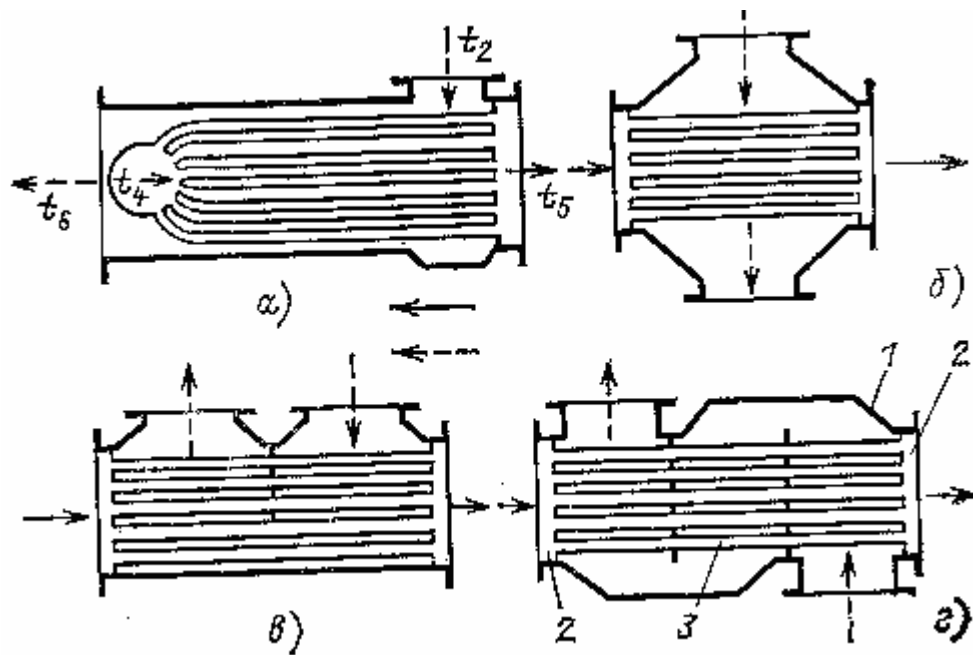
Häzirki zaman energo sistemalary. Sutkalaýyn we hepdeleýin grafiklerin ýokarlanýandygy bilen häsiýetlebdirýär. Elektrik energiýany sarp etmekligiň durnuksyzlygy netijesinde aşaky nagruskalara bölünýär:

1. PIK nagruskasy. Maksimal kuwwatlylygyň 10% çenli nagraska dowamlylygy sutkada 3-5 sagat (1 ýylda 500-1500 sagat)
2. Ýarym pik nagraska sarp edilýän kuwwatlylygyň 40%-ni tutýar., dowamlylygy sutkada 16-17 sagat (lýylda 3000-4500 sagat)

Bug turbina desgalarynda grafiğiň üýtgeýän bölegini ýapmak üçin ulanmaklyk rasional däl, ýagny olaryň remont işleriniň ýokarlanmagyna şeýle hem ulanyş möhletiniň we tygşylylygynyň kesilmegine getirýär. Üýtgeýän nagruskalarda AES-lar peýdaly däl. GTD-leriň ýokary manöwyrlylygy mobilliligi, basym işe goýberip bolýanlygy, atýaçdaky desga bolýandygy üçin we PIK desgasy hökmünde giňden ulanylýar. Bug turbinalary bilen deňeşdireniňde GTD-reriň maýa goýomlary az sarp edilýänligi üçin klawatlylygy uly bolmadyk elektrik stansiyalarda ýarym pik we bazalaýyn enjamlar hökmünde ulanylýar. (bazalaýyn bolanda ulanyş möhleti 6500 sagatda çenli) şu maksatlar maksada laýyk diýip hasaplanýar, haçanda sowadyjy suw ýetmezçilik bolan ýagdaýynda. Ýöne GTD-ler bug turbina desgalary bilen deňeşdireniňde pik nagruskalary ýapmak üçin şeýle hem bazalaýyn nagruskalary ýapmak üçin birnäçe esse birlik kuwwatlylygy we PTK-sy boýunça yza galýar. GTD-leriň ýenede bir ýetmezçiligi big turbina desgalary bilen deňeşdireniňde GTD-ler diňe tebigy gazda işleýär ýada ýeňil suwuk ýangyçda işleýär. Suwuk ýangyjyň agyr sortlaryny ulanmaklyk boýunça işler alynyp barylýar. Egerde şu ýangyçlary ulanmaklyk amala aşyrylsa onda bug turbinalary bilen konkurentleşmäge hasda ukyply bolar. GTD-lerden çykýan gazlaryň ýylylygyny gazan utilizatorlarda ulanylanda onuň PTK-sy 50 %- 80% barýar. Şu bellikleri göz önünde tutup bazalaýyn desgalar teplofikasion gyzdryjylar bilen üpjün edilen we gazan utilizator bolan ýagdaýynda ýylylyk nagruzkalary 150-2000 GJ/sag bolmalydyr. Set suwlarymyz temperaturasyny 200-230 çenli gyzdyrmak mümkin çiligi bar. Şeýle bolanda elektrik energiýany öndürmeklik hiç hili üýtgemeyär. Şularyň netijesinde ýylylyk şertleriň metal sarp edijiligi azalýar GTD-lerde esasy häsiýetleri bolup başdaky gazyň temperaturasyny PTK-ny ýokarlandyrmak maksady bilen ýerine ýetirilýär

GTD-leriň ýylylyk çalyşygy enjamlary.

GTD-lerde ýylylyk çalyşygy enjamlar ulanylýan ýerleri boýunça regenerator (gyzdryjynyň) rolyny ýerine ýetirýär. (Howa gyzdryjylar, we ýag sowadyjylar) Olara bildirilýän talap -gyzdryjy sredadan gyzyan sreda mümkin bolan kiçi göwrümlü çykdaýylarda ýylylyk geçmegini üpjün etmeli. Şeýle hem gyzdryjy we gyzyan sredanyň gidrawliki garşylygy rugsat edilen çäklerinden ýokary bolmaly däl. GTD-lerde ýylylyk çalyşygy enjamlaryn üst görnüşli tipleri ulanylýar.



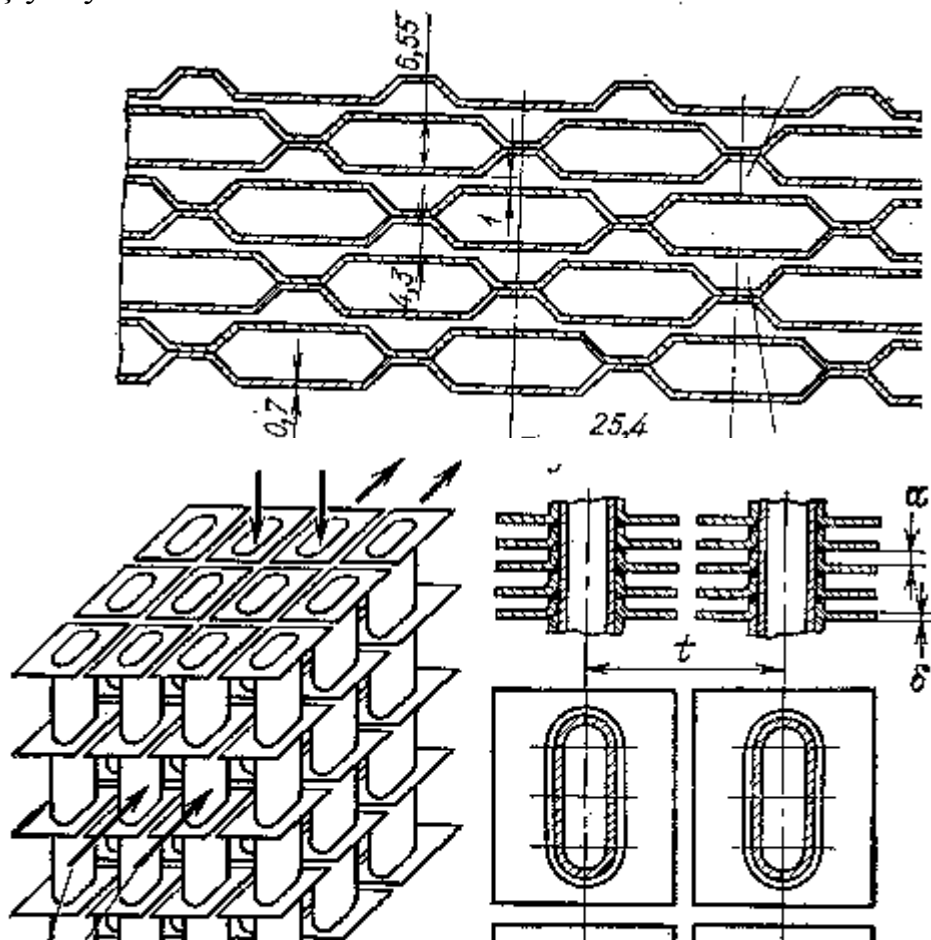
Çyzgy 1. Turbaly regeneratorlaryň çyzgysy.

a) Göni akymly

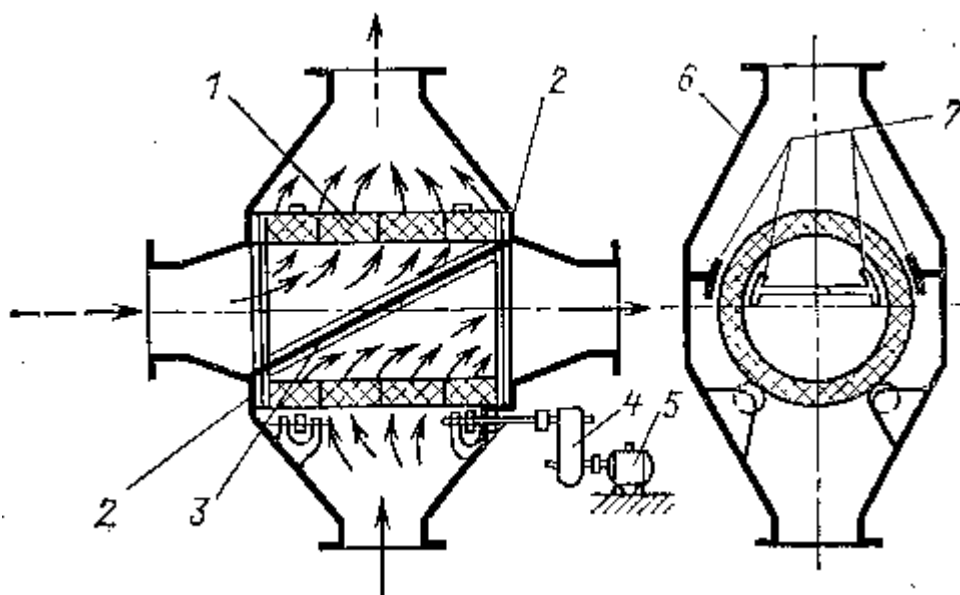
б) Bir ýolly çatyryklaýyn akymly

в) Iki ýolly çatyryklaýyn akymly

г) Üç ýolly



Çyzgy 2. Turbaly plastinaly howa gyzdryjy (Dikligine, kese-keseligine)



Çyzgy 3. Baraban tipli rotorly aýlanýan regeneratoryň çyzgysy

- 1-rotor (potşipnikde ýerleşdirilen)
- 2-7-ýöriteleşdirilen berkidilmeler
- 3-bölüji diwar
- 4- reduktor
- 5- elektrodwigatel (2 aýl/min)
- 6-korpus (stator)

GTD-lerde esasanda regeneratiw görnüşli ýylylyk çalyşyjy enjamlar. Gyzdrylan we gyzyan sreda biri birinden izolirlenen. Arasyndaky ýylylyk çalyşma bölüji diwaryň üstünden amala aşyrylýar. Diňe aýlanýan regeneratrlar işleýiş prinsipleri boýunça regeneratiw ýylylyk çalyşyjy bolup durýar. Ýagny gyzdryan we gyzyan sreda yzygiderlilikde şol bir üsti ýuwup ýylylyk çalyşma amala aşyrylýar. GTD-ler ulanylýan rekuperatiw ýylylyk çalyşyjylar konstruktiv taýýarlanyşy boýunça turbaly plastina görnüşli bolýar. GTD-leriň regeneratrlaryndaky howa we çykýan gazlar basyş astynda bolýar. Şol wagtda regeneratordan çykýan howanyň mukdary 2-5%. Ol bolsa 3-6% GTD-niň PTK-ny peseldýär. Şunuň bilen aýlanýan howa gyzdryjy regeneratoryň esasy ýetmezçiligine aýdylýar. Şonuň üçin GTD-lerde

aýlanýan regenerator giňden ulanylmaýar. Häzirki döwürde kuwwaty uly bolmadyk-GTD-lerde massasynyň (agramynyň) kiçiligi üçin ulanylýar. Ýöne aýlanýan regeneratorlar regeneratoryň beýleki tipleri bilen deňeşdirilende kiçi ýönekeý, taýýarlamak aňsat, şeýle hem arzan. GTD-däki howa gyzdryjylar turbasy ýylylyk çalşygy enjamlar. Turbaly ýylylyk çalşygy enjamlarda turbalaryň ýerleşiş şahmat we koridor görnüşli bolýar. Sowadyjy sreda hökmünde suw ulanylýar. Turbajyklaryň içinden suw berilýär. Howa bolsa turbalaryň daşyndan ýuwýar. Howadan turbalaryň üstüne ýylylyk beriş koefisienti $\alpha_b=90-175 \text{ wt/m}^2\text{K}$. Turbanyň diwaryndan sowadyjy suwa ýylylyk beriş koefisienti $\alpha_1=4500-5800 \text{ wt/m}^2\text{K}$. Şu koefisientlere baglylykda howadan turbanyň daşky diwaryna oňat ýylylyk beriş koefisiýenti döretmek üçin turbalaryň daşy gapyrgalaşdyrylýar. Howa sowadyjylarda gapyrgalaşdyrmagy köplenç keseligine ýerine ýetirilýär, gapylar tegelekleyin, şeýle hem dört burçlaýyn we plastina fasonly bir ýa-da birnäçe turbajyklara ýelmenilýär. Turbalar köplenç latun görnüşli ulanylýar. Gapyrgalar hem latundan ýasalýar. Şeýle hem misden. Ýöne turbalar gapyrgalar polatdan alyuminiden we olaryň splawlaryndan hem bolup biler.

Eger-de howa gyzdryjylar deňiz suwy bilen sowadylýan bolsa olaryň turbajyklary (melihordan) ýasalýar. Şu howa sowadyjylarda suwuň tizligini uly bolmadyk tizliklerde alynýar. ($\omega=0.5-2 \text{ m/s}$). Onda ýokary galdyrmaklyk ýylylyk geçirmek koefisiýentine ýokarlanmagyna getirýär. Şeýle hem gidrawliki garşylyk tizlik kwadratyna proporsionallykda ýokarlanýar.

Howa we gaz ýollarynyň garşylygy.

GTD-leriň peseldilen ýüklenmesinde mehaniki ýitgiler.

GTD-leriň howa we gaz ýollaryndaky basyş ýitgileri desganyň iş režimine bagly bolup durýar, otnositel basyş ýitgileri režim parametrlerine, baglylykda howa we gaz ýollarynyň häsiýetnamasy diýip düşünilýär. Üýtgeýän režimiň basyş ýitgisi kesgitlenenden soňra GTD-leriň gaz howa ýollarynyň umumylaşdyrýan häsiýetnamasyny kesgitlemek mümkin.

$$\lambda = \delta / \varepsilon$$

Gaz we howa ýollaryndaky howa geçirijiler, howa sowadyjylar, ýaňyş kameralary we gaz ýollary basyş ýitgisiniň çeşmesi bolup durýar. Ýaňyş kameralardan başga gaz we howa ýollaryndaky ähli elementlerde basyş ýitgileri sürtülme we ýerli garşylyklaryň şeýle hem ýerli garşylyklaryň koefisientini göz önüne tutup aşakdaky deňlik bilen kesgitlenilýär.

$$\Delta P = \left(\lambda_{mp} \frac{l}{d_3} + \varphi_m \right) \xi \frac{C^2}{2}; \quad (1)$$

λ_{mp} - sürtülme koefisienti

C - akymyň tizligi

φ - ýerli garşylygyň koefisienti

Şu hasaplama basyş ýitgilerini şeýle hem hal we üznüksizlik deňlemelerini peýdalanyp

$$\xi = \frac{\Delta P}{P}; \quad G = p \cdot c \cdot f; \quad p = \frac{P}{RT}$$

$$\Delta P = \left(\lambda_{mp} \frac{l}{d_3} + \xi_m \right) \frac{G^2 \cdot RT}{2 f^2 p^2}; \quad (2)$$

f-gaz howa ýolunyň seredilýän uçastogyndaky kese-kesiginiň meýdany.

(2)formulamyz ξ gaz we howa ýollarynyň ähli uçastoklarynda koeffisienti tapylanda peýdalanylyp bilner .Hanyň esasy yitgisi bolup lominardaky sürtülmeler ulanylýar umumy ýitgiler balansynda howa gidrawliki ýitgiler uly bolmaýar, şonuň üçin şu ýitgileri üýtgemek kanunynda aýratyn üýtgeýän režimler üçin ulanmaklyk mümkindir. Meselem: beýleki uçastoklaryň gidrawliki ýitgileri kesgitlenende goşulup ulanylýar. Gaz howa ýollarynyň beýleki uçastoklarynda akym režiminiň turbulent režimi amala aşyrylýar. Onda sürütülme koeffisienti λ_{mp} Reýnolds bahasyna bagly bolýar. Şonuň üçin λ_{mp} , ς_m hemişelik diýip alynýar we (2) deňlemenden alýarys.

Ýagny otnositel basyş ýitgileri gaz howa ýollarynda getirilen mukdaryň kwadratyna proporsionaldyr. Ýanyş kamerasyndaky basyş ýitgileri esasynda ýerli garşylyklaryň we ýylylyk garşylyklarynyň üsti bilen kesgitlenýär.

ΔP_t -ýanyş kamer

$$\xi_t - \text{ýylylyk garşy} \Delta P_{kc} = \xi_m \frac{pc^2}{2} + \Delta P_t = (\xi_m + \xi_v) \frac{pc^2}{2}; (4)$$

Ýylylyk garşylyklar basyşyň peselmegi bilen ýüze çykýar. Yagny ýanyş kameralarynyň temperaturanyň T_e -den T_c çenli ýokarlanmagynda şeýle hem gaz tizliginiň ýokarlanmagynda ýüze çykýar.

Ýanyş kameralaryn $\xi_t = k_t (T_e / T_c - 1)$ $k_t \leq 2$ sientiniň aşakdaky baglanşyklary alynan $\xi_m=7.35$; $k_t=1.65$ geçiş yagdaylarynda yanyş kameradaky otnositel basyş ýitgileri aşakdaky ýaly ýagdaýda belleýäris.

$$\frac{\xi_{kc}}{\xi_{k.c.o}} = \frac{\xi_m (k_t - 1 + T_c) T_c}{\xi_m (k_t - 1 + T_{co}) T_{co}} \cdot \bar{c}_{nkc}^2$$

$$(\xi_{kc} = \frac{\Delta P_{kc}}{P_c}) \quad \bar{G}_{nkc} = (\bar{G} / \bar{P}_c) \sqrt{T_c}$$

G_{nkc} - otnositel getirilen mukdar ýanyş kamerasynyň öňündäki howa parametrleri bilen kesgitlenýär.

Otnositel basyş ýitgileri ξ kesgitlemek üçin (3) we (5) formulalar boýunça gaz howa ýollarynyň režim parametrlere (temperaturasy we basyşy) hökmany takyk alyp barylmalydyr. GTD-leriň üýtgeýän režimlerinde hasaplama geçirlende şu paramenleriň kábiri belli bolmaýar. Şonuň üçin ilki başda ξ koeffisientini kábiri golaýlaşdyrmalar bilen alynýar. GTD-leriň üýtgeýän režimlerinde golaýlaşdyrmalar bilen hasaplama geçirlenden soňra ξ (3) we (5) deňlemelerinde takykklanýar, soňra GTD-niň üýtgeýän režiminiň hasaplamasy gaýtadan geçirilýär üýtgeýän režimiň getirilen formulasyny aşakdaky görnüşde ýazýarys

$$\frac{\xi}{\xi_o} = \frac{1 - \lambda}{1 - \lambda_o} \approx \bar{G}_{nk}^2 \quad (\bar{G}_n = \frac{G}{P_a} \sqrt{T_a})$$

Mehaniki ýitgiler.

Mehaniki ýitgiler diýip turbinanyň we kompressoryň söýeg we direg podşipniklerinde kuwwat ýitgileri gidrawliki we dişli geçirijilerde kuwwat ýitgilere şeýle hem nasoslaryna we beýleki mehanizmlere sarp bolýan turbina kuwwatyna (egerde turbina walyna ýa-da gönümel geçirijiler bilen birikdirilen bolsa) aýdylýar. Mehaniki ýitgiler esasynda aýlanma ýygylýga bagly bolup durýar. Ýag nasosy bilen sarp edilýän kuwwat aýlanma ýygylýgyň kubuna proporsionaldyr.

$$\Delta N_H = \Delta N_{H0} \cdot \bar{n}^3; (\bar{n} = \frac{n}{n_0})$$

ΔN_{H0} - nominal n_0 aýlanma ýygylýgynda nasos bilen sarp edilýän kuwwat sürtülme momenti podşipniklerde n aýlanma ýygylýgyna köp bagly bolup durmaýarlar. Şonuň üçin podşipniklerdäki sürtülme kuwwat aýlanma ýygylýgyna göni proporsionaldyr.

ΔN_{H0} - n aýlanma ýygylýg: $\Delta N_n \approx \Delta N_{n0} \cdot \bar{n}$ sürtülmesindäki kuwwat ýitgisi.

Mehaniki ýitgi görnüşinde $\Delta N = \Delta N_H + \Delta N_n$ s.

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N}{\Delta N_0} = b n^3 + (1 - b) \bar{n}$$

b - nominal režimde ýag nasosyny herekete getirmek üçin kuwwat ýitgisiniň uluşy

$$b = \Delta N_{H0} / \Delta N_0$$

GTD-niň mehaniki PTK-synyň formulasyndadan $\eta'_m = \frac{N - \Delta N}{N} = 1 - \frac{\Delta N}{N}$ görünýär.

Ýagny üýtgeýän režimde η'_m PTK-ny aşakdaky görnüşde kesgitlemek mümkin.

$$\eta'_m = 1 - (1 - \eta'_{m0}) \frac{\Delta N}{N}$$

Kuwwat sarp edijileriň häsiýetnamasy.

GTD-niň kuwwatlylygyny ulanyjylaryna seredýäris:

1. Üýtgeýän toguň elektrik generatory
2. Tebigy gazy itekleýji
3. Gämi küreklerini herekete getiriji

GTD-ler kuwwat sarp edijileriniň häsiýetnamasy diýip kuwwat bilen kuwwat ulanyjylarynyň rotorynyň aýlanma ýygylýgynyň arasyndaky baglanşygyna düşünilýär.

$$\bar{n} = n / n_0 = 1$$

GTD-leriň işine goşmaça şertler goýulýar, olary GTD-niň üýtgeýän nagruskasy hasaplananda hökmany göz önüne tutulmalydyr.

Toguň generatory

Üýtgeýän toguň generatory - hemişelik aýlanma ýygylýgynda işleýär. Şonuň üçin onuň häsiýetnamasy ýönekeýdir.

Eger-de üýtgeýän toguň generator izolirnenen sistemada işleýän bolsa nagruskanyň üýtgemegi bilen ýygylýgynyň üýtgemegi hem bolup geçýär. Şu

ýagdaýlarda aýlanma ýygylyk bilen kuwwatyň arasyndaky baglanşyk sazlaýyş häsiýetnamasynyň statiki aýratynlyklary bilen kesgitlenýär.

Tebigy gazy itekleýji

GTD-leriň magistral gaz geçirijileriň stansiýalarynda gaz gysyj'y itekleýän kompresoryň dwigatelleri hökmünde giňden ulanylýar. Şonuň üçin itekleýjileriň häsiýetnamasyna aýratyn gyzyklandyрма bilen seredilýär. Tebigy gazy itekleýjiler magistral gaz geçirijileriň başynda we belli bir uçastogyň üstünden gazyň geçmegini üpjün edýär. Itekleýjiniň önündäki gazyň temperaturasy hemişelik edip alynýar. Olaryň önündäki ýerleşen itekleýji kompresor stansiýalaryň iş režimine garaşsyzlykda we stansiýalaryň arasyndaky aralyga garamazdan temperatura hemişelik alynýar, şeýle edilmese başdaky basyşyň işi köpeliýär, ýagny başdaky basyş itekleýjiniň önünde hemişelik saklanylmalydyr. Şeýle hem tebigy gazyň itekleýjileriniň iş režiminiň wajyp şertleriniň bir bolup durýar. Şu aýratynlyk tygşytlylyk düşünjesi bilen ýöredilýär. Ýagny magistral gaz geçirijilerinde orta basyş naçe ýokary bolsa şonça-da dinamiki basyş kiçi. Şeýlelikde ahyrky basyş P_k hemişelik başdaky P_H basyş hemişelik itekleýjileriň basyş gatnaşyklarynyň itekleýjilere görä üýtgeýär. Itekleýjiniň işleýän setiniň aýratynlyklaryna seredýäris, ýagny magistral gaz häsiýetnamasyny öwrenýäris.

Gaz geçirijiniň häsiýetnamasy gazyň mukdary G_p (gaz geçirijiniň öndüriligi we iki gaz geçiriji stansiýalaryň arasyndaky başdaky we ahyrky basyş gatnaşyklarynyň arasyndaky baglanşyklaryna düşünilýär. Gaz geçirijiniň häsiýetnamasy differensial formada ýazylýar

$$-dP = \lambda_{mp} \frac{pc^2}{2d_r} dl = \frac{8\lambda_{mp} R_r \cdot T_r \cdot G_r^2}{d_r^2 \cdot n^2} \cdot \frac{dl}{l}$$

R_r - iteklenýän gazyň gaz hemişeligi

T_r - gazyň temperaturasy

d_r — gaz geçiriji turbanyň içki diametri

Ahyryň turbulent režimi üçin

$$\lambda_{mp} = BR_e^{-0.2} = B \left(\frac{pcdr}{M} \right)^{-0.2} = B \left(\frac{4G_r}{\pi M d_r} \right)^{-0.2}$$

M - gazyň dinamiki şepbeşenligi

Şu deňligi differensial deňlemä goýup ahyrky we çäklerinde integrirläp gaz geçiriji uçastogyň başynda we ahyrynda ($T_r = \text{const}$) alýarys.

$$P_k^2 - P_H^2 = AG_r^{1.8}$$

A - gaz geçirijiniň iş režimine bagly hemişelik. Hasaplanan režim üçin şu deňlik

$$P_{ko}^2 - P_{HO}^2 = AG_{no}^{1.8}$$

Şeýlelikde $G_r = \left[\frac{P_k}{P_{ko}} \sqrt{1 - \frac{1-\varepsilon_r^{-2}}{1-\varepsilon_{ro}^{-2}}} \right]; (l) \quad (\varepsilon_r = \frac{P_k}{P_H}; \quad \varepsilon_{ro} = \frac{P_{ko}}{P_{HO}})$

Gaz geçirijiniň häsiýetnamasyny we itekleýjiniň häsiýetnamasyny bilip we olaryň bilelikde işlemeginiň şertlerine seretmek bolýar we $\tilde{n} = \tilde{n} (N)$ baglanşygy

kesgitlenýär. Şu maksatlar üçin itekleýjiniň we gaz geçirijiniň $P_k = \text{const}$ şertlerinde häsiýetnamalaryny birikdirmek hökmany bolup durýar. Itekleýjiniň häsiýetnamasyny $P_H = \text{const}$ we $T_H = \text{const}$ şertinde gurulýar, onda ilki başda itekleýjiniň $P_k = \text{const}$ şertinde häsiýetnamasy gurulýar. Itekleýjiniň häsiýetnamasyny $P_H = \text{const}$ -dan $P_e = \text{const}$ -a geçirmek kyn däl. Ýöne oňnositel getirme mukdaryny G_n we getirme aýlanma ýygylgyny \tilde{n}_n aralygyndaky baglanşygy peýdalanyp geçirýäris.

$T_H = \text{const}$ şertinde $G = G_n \cdot P_H / P_{H0}$; (2) $\tilde{n} = \tilde{n}_n$ (3)

$$\bar{G}_n = G \sqrt{T_H} / \bar{P}_H; \bar{n} = \tilde{n} \sqrt{T_H}$$

Ýerde

$P_H = \text{const}$ şertinde (2) baglanşyk

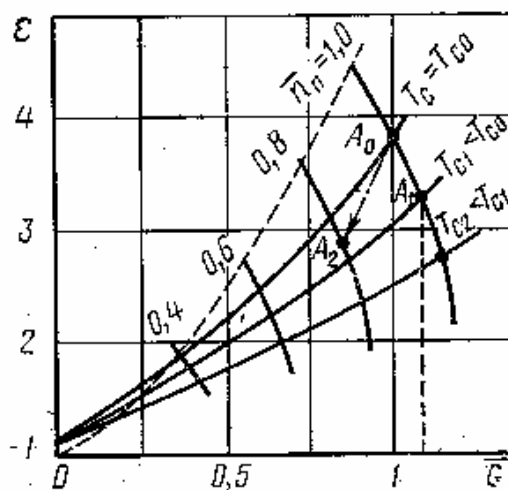
$$\bar{G} = \bar{G}_n \cdot \varepsilon_{ro} / \varepsilon_r \quad (4)$$

GTD-leriň hasaplanmadyk şertlerde işleýşi Peseldilen ýüklenmede GTD-leriň häsiýetleriniň hil analizi

Geçen bölümlerde seredilen GTD-de agregatlarynyň we kuwwat ulanyjylaryň häsiýetnamalary şeýle hem dürli shemaly GTD-leriň üýtgeýän iş režimlerini öwrenmekligi esas berýär. Açyk GTD-ler üçin üýtgeýän iş režim hadysalary kuwwat üýtgemekliginiň hökmanylygy bilen ýa-da daşky şertleriň üýtgemekligi bilen (howa temperaturasy we basyşy) baglanşyklydyr. GTD-leriň käbir esasy shemalarynda üýtgeýän režimde häsiýetnamasynyň hil analizi berilýär. Režimden režime geçmeklik GTD-de bilen öndürilýän kuwwatyň üýtgedilmeginiň hökmanylygy bilen baglanşyklydyr. GTD-de kuwwatynyň umumy formulasy $N=G \cdot H$ görünýär, ýagny kuwwatyň üýtgedilmegine G - gaz mukdarynyň ýa-da H - işiň üýtgemegini sazlamak bilen ýetilýär sazlanlymanyň has tygşytly usuly bolup aýlanşygyň dürli nokatlarynda gazyň we howanyň temperaturasy we basyş gatnaşyklary üýtgemeýän ýagdaýlarynda bolup biler. Ýagny GTD-niň udel işi PTK-sy hemişelik kuwwat bolsa gaz mukdarynyň üýtgemegi bilen sazlanýlar (mukdar taýdan sazlamak). Mukdar taýdan kuwwaty sazlamaklyk dine ýapyk GTD-lerde amala aşyrmaklyk mümkindir. Konturyň ähli nokatlarynda basyş gatnaşygyny proporsional üýtgetmeklik bilen amala aşyrylýar. Açyk GTD-lerde konturyň ähli nokatlarynda basyş gatnaşyklaryny proporsional üýtgetmek mümkinçüigi ýok Ýagny aşaky derejedäki basyşy (atmosfera basyşy) erkin üýtgedip bolmaýar, şonuň üçin açyk GTD-lerde kuwwat sazlanýlanda basyş gatnaşyklary we başdaky tempertura gönüden göni üýtgeýär. Udel peýdaly iş H we PTK-a η nagruskanyň peselmegi bilen peselýär. Şeýlelikde açyk GTD-lerde garyşyk (hil-mukdar) kuwwat sazlanşy amala aşyrlanda tygşytlylyk ýokary bolýar. Üýtgeýän režimde GTD-e tygşytlylygyny üýtgemekligi kuwwat saklanşy usuly näçeräk mukdar sazlanlyşyna golaýlaşmagyna baglydyr. Eger-de kuwwat peseltmeklik H ululygynyň birden kiçilmegi bilen amala aşyrylýan bolsa, onda bölekleyin nagruskalarda aýlanşykiň parametrleri üýtgeýär. Şeýle hem olara peýdaly iş H we PTK η baglydyr. Şunlukda GTD-e kuwwatyň peselmeginde PTK-nyň kiçilýändigini görünýär. Eger-de kuwwat sazlamaklyk G mukdaryň azaldylmagy bilen amala aşyrylsa H peýdaly iş üýtgemän galýar we bölekleyin nagruskalarda GTD-e tygşytlylygy ýokary derejede galýar. Şu aýdylanlardan şeýle netije çykarmak mümkin, kuwwat sazlanýlanda gazyň mukdary köp üýtgeşme desganyň PTK-sy has durnukly

bolýar. Eger-de DTD-ler ulanylyşy boýunça giň nagraska diapozonlarynda, işledilmeli bolsa, tygşylylyk bölekleyin kuwwat režiminde köp rol oýnaýar. Şeýle GTD-ler taslananda desganyň shemasyny nominal we üýtgeýän nagraskalardaky iş režiminde ýokary tygşylylygy üpjün eder ýaly saýlamalydyr, köplenç şeýle talaplar transport ýa-da aýtonom GTD-lere bildirýär. Eger-de olar nagraskanyň üýtgeýän grafiginde işleýän izolirnenen sete işledilýän bolsa, şeýle talaplar бүдирilýär. Eger-de GTD-lerde energo sistema beýleki agregatlar bilen bilelikde işledilýän bolsa nominal kuwwatda golaý ekspluatasiýa edirýär. Şeýle desgalaryň üýtgeýän nagraskalarda-da tygşylylyklary düýpli tapawut etmeýär. Olaryň iş režimleriniň üýtgemekligi atmosfera şertleriniň üýtgemekligi bilen bolup geçýär.

Ýönekeý bir wally GTD-niň hil analizi.



cyzgy 1. Turbinanyň we kompresoryň birleşdirilen häsiýetnamasy.

Ýönekeý GTD-niň peseldilen ýüklenmede häsiýetleriniň analizi

GTD sistemasynda gaz turbina garşylyk ýa-da set hökmünde şu setiň aýratynlygy gaz mukdarynyň üýtgemekligi bilen onuň garşylygy üýtgeýär, şeýle hem turbinanyň öňündäki temperatura we köp derejeli aýlanma ýygylgyna bagly bolup durýar. Turbinanyň mukdar häsiýetnamasy howa kompressoryna baglylykda ýönekeý formula bilen ýazylýar.

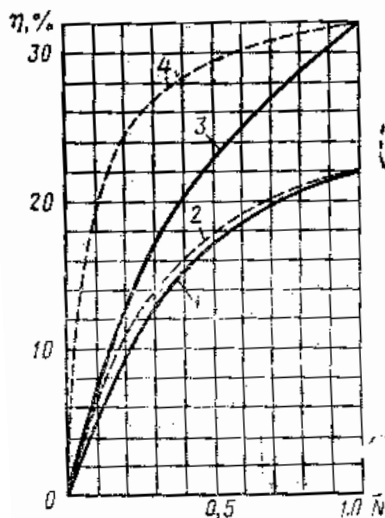
Desga ilki hemişelik aýlanma ýygylgynynda işleýär diýip hasap edýäris. GTD-niň kuwwatyny kiçeltmek üçin ýanyş kamerasyna ýangyjyň berişini kiçeltmeli turbinanyň öňünde gazyň temperaturasyny kiçeltýär. Gz turbinanyň öňünde temperaturanyň kiçeldilmegi onuň garşylygyny azaltýar, degişlilikde kiçildilen temperatura turbinanyň öňünden kiçi basyş degişli bolmalydyr. Howa kompresorynyň häsiýetnamasy **cyzgy. 1.** -da görkezilendir.

Turbinanyň häsiýetnamasy stodolýa-flýugolýanyň formulasy boýunça ýazylýar.

$$\lambda \cdot \varepsilon = \delta = \sqrt{1 + (\delta_0^2 - 1) G^2 \cdot T_c}$$

Turbinanyň öňünde dürli T_c bahalarynda kompresoryň hemişelik aýlanma ýygylgynyndaky häsiýetnamasy we turbinanyň ($T_0=T_{c0}$) (A_0 -**nokat**) häsiýetnamasy

bilen kesişme nokady turbinanyň we kompresoryň nominal režimde işleýşini parametrlerini häsiýetlendirýär. Şeýle hem şu nokatda $\delta_o = \lambda_o \cdot \varepsilon_o$ şert ýerine ýetirilýär.



çyzgy. .2. Üýtgeýän nagruskada ýönekeý GTD-ň tygşylylygy.

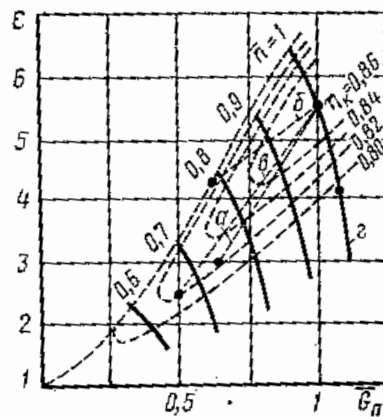
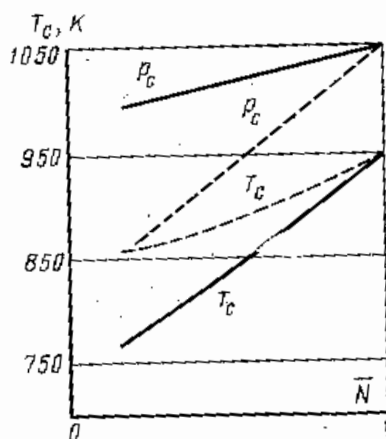
1-n = const (regenerasiýasyz)

2-n ≠ const (regenerasiýasyz)

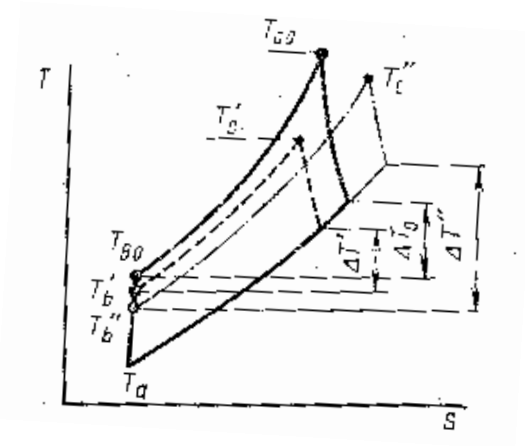
3-n = const (regenerasiýaly)

4-n ≠ const (regenerasiýaly)

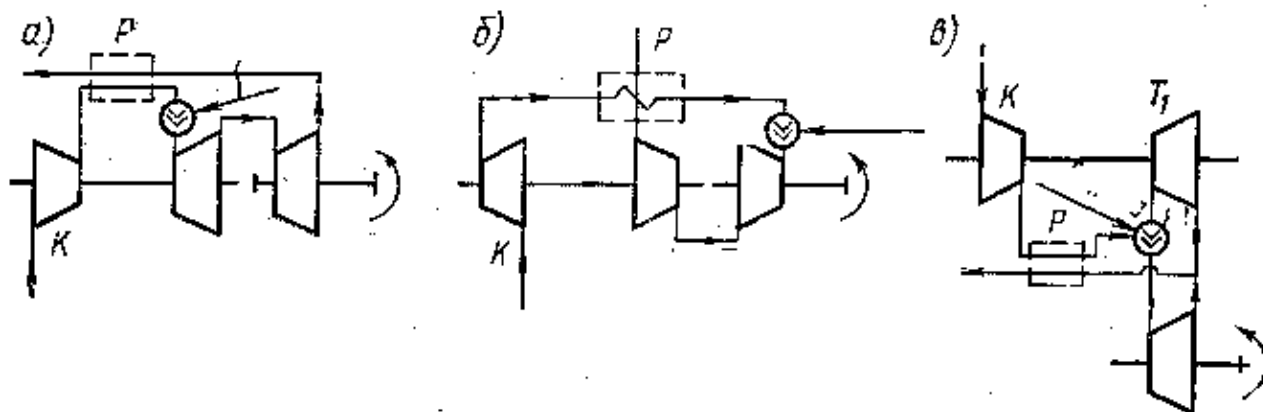
Turbinanyň önünde temperaturanyň kiçeldilmegi turbina häsiýetnamasyny, egrisi hasda ýaý görnüşinde bolýar. Şu şertlerde turbinadaky gazyň giňelme işi H_t kiçelýär. Şonuň bilen bir wagtda az derejede kompresoryň gysylma işi H_k kiçelýär. Kompresordaky gysylma iş H_k , δ, ε kiçelmegi netijesinde turbinanyň önündäki gazyň temperaturasy kiçelýär. GTD-nyň peýdaly kuwwaty $H_t - H_k$ proporsionallynda peselýär.



çyzgy 3. Kiçeldilen nagruskada çyzgy .4. Dürli shemaly GTD-ler turbinanyň öňündäki gazyň üçin kompresoryň diogrammasynda temperatura-nyň we basyşynyň režim çyzyklary üýtgemegi.



çyzgy .5. Dürli egenerasiý nagruskada r aly GTD-leriň T-S diagrammadaky aýlanşygy



çyzgy .6. Bölünip çykarylan kompresorly GTD-leriň shemasy.

Kuwwat sarp edijileriň berlen häsiýetlerinde bir wally GTD-nyň üýtgeýän režimdäki hasaplamasy.

Kuwwat sarp edijileriniň berlen häsiýetinde bir wally GTD-iň üýtgeýän režimdäki hasaplamasy kompresoryň turbinanyň we GTD-niň beýleki elementleriniň belli häsiýetnamasy boýunça geçirilip bilner. Şeýle hem nominal režimiň häsiýetnamasy belli bolmalydyr.

Kompresor we turbinanyň parametrlerini tapawutlandyrmak üçin goşmaça «K» we «T» indekslerini girizýäris. Kompresoryň getirilen parametrleri aşakdaky parametrler bilen ýazylyar.

$$\begin{aligned}\bar{G}_{nk} &= (\bar{G}_k / \bar{P}_a) \cdot \sqrt{\bar{T}_a}; & \bar{n}_{nk} &= \bar{n}_k / \sqrt{\bar{T}_a}; \\ \bar{G}_k &= G_k / G_{ko}; & \bar{n}_k &= n_k / n_{ko}\end{aligned}$$

Turbinanyň getirilen parametrleri

$$\begin{aligned}\bar{G}_{nt} &= (\bar{G}_t / \bar{P}_c) \cdot \sqrt{\bar{T}_c}; & \bar{n}_{nt} &= \bar{n}_t / \sqrt{\bar{T}_c}; \\ \bar{G}_t &= G_t / G_{to}; & \bar{n}_t &= n_t / n_{to}\end{aligned}$$

«O» indeksi bilen nominal (hasaplanan) parametrler görkezilendir. Turbinanyň häsiýetnamasyny deňeme görnüşinde ýazýarys

$$\bar{G}_n = \left(\frac{1 - \delta^{-2}}{1 - \delta_0^{-2}} \right)^{1/2}; \quad (0)$$

Muny kompresoryň işini kesgitleýji parametrleriň arasyndaky baglanşyk hökmünde, ýagny ε we \bar{G}_n arasyndaky baglanşyk hökmünde seredip bolýar, onda kompresoryň diagrammasynyň kordinatalarynda ε we \bar{G}_n turbinanyň häsiýetleri görkezip bolýar, şeýle hem turbinanyň we kompresoryň häsiýetnamalary kanagatlandyryan parametrleri kesgitlep bolýar. (7.0) deňlemeden alýarys.

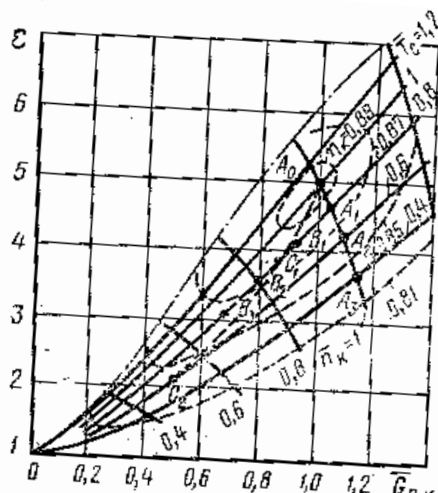
$$\frac{\bar{G}_t}{\bar{T}_c} = \sqrt{\frac{Pc^2 - Pd^2}{Pco^2 - Pdc^2}} = \bar{P}'_a \sqrt{\frac{\delta^2 - 1}{\delta_0^2 - 1}}$$

Ahyrky deňlemäni ö otnositellikde işläp we $\delta = (1 - \xi)\varepsilon$ bolýanlygyny göz öňüne tutup alýarys.

$$\varepsilon = \frac{1}{1 - \xi} \sqrt{1 + (\delta_0^2 - 1) \frac{G_t^2}{P_a^2} \bar{T}_c} \quad (1)$$

\bar{P}_a - basyş gatnaşygyny aşakdaky ýaly özgertýäris.

$$\bar{P}_a = \frac{Pa + \Delta Pd}{Pa_0 + \Delta P d_0} = P_a \frac{1 + \xi_d}{1 + \xi_{d_0}} \quad (2)$$



çyzgy **.1.** Turbinanyň we kompresoryň birikdirilen häsiýetnamasy. ξ we ξ_d - otnositel basyş ýitgileri kompresoryň getirlen mukdarynyň kwadratyna proporsionallykda üýtgeýär.

$$\xi = \xi_o \cdot \bar{G}_{nk}^2 \quad \xi_d = \xi_{do} \cdot \bar{G}_{nk}^2 \quad (3)$$

(1) deňlige (2) we (3) gatnaşyklary goýup kompresoryň getirlen režim parametrlerine ýazylan turbinanyň häsiýetnamasyny alýarys.

$$\varepsilon = \frac{1}{1 - \xi_o \cdot \bar{G}_{nk}^2} [1 + (\delta_o^2 - 1) \bar{G}_{nk}^2 \bar{l} / [1 + 2 \xi_{do} (1 - \bar{G}_{nk}^2)]]$$

$$(\bar{l} = \frac{l}{l_o}) \quad (4)$$

Şeýlelikde gazyň we howanyň otnositel mukdary deň diýilip alynýar. Şu mukdarlaryň tapawudy üýtgeýän režimlerde turbinanyň we kompresoryň berkidilmelerinde howa syzylmalaryň üýtgemegi we ýanyş kamerasyna berilýän ýangyjyň ülüşi howa mukdarynyň üýtgemeginde bolup biler. Yokary kalorýaly ýangyçlaryň mukdarlarynyň howa mukdaryna gatnaşygy orän kiçi (1.5 % tower egi) we howa syzylmalary hem örän kiçi, şonuň üçin olaryň üýtgemegi $G_t = G_k$ onçakly üýtgetmeýär. Kuwwat sarp edijileriň berlen häsiýetnamasynda GTD-niň üýtgeýän režiminiň hasaplamasynda kompresoryň önündäki howanyň parametrleri üýtgemeyän we nominal bahalaryna deň diýip alynýar.

$$\bar{P}_a = 1, \bar{T}_a = 1 \text{ şeýle şertlerde } \bar{G}_{nk} = G_k; \quad \bar{n}_{nk} = n; \quad \bar{l} = \bar{T}_c \quad (5)$$

baglanşyk **1** çyzgy.-da T_c -ni dürli bahalarynda kompresor diagrammalarynda görkezilendir. Diagrammadaky islendik nokat GTD-niň is režimini kesgitlenýär, olaryň parametrleri ε we G_{nk} şol nokatlaryň kordinatalary bolup durýar. Turbinanyň häsiýetini görkezýän çyzyk $T_c = \text{const}$ alynan režimde turbinanyň önündäki temperaturany kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Meselem A_{oc} üçin hasaplanan režim parametrleri $T_c = 1, \bar{n}_k = 1$ ş. m. $G_n = 0.93, \varepsilon = 4.25$. $\bar{n} = \text{const}, T_c = \text{const}, \eta = \text{const}$ çyzyklary peýdalanyp interpolýasiýa arkaly bahalary tapýarys. $\eta_k = 0.086; \bar{n}_k = 0.91; T_c = 0.8$

Tapylan parametrleriň kömegi bilen beýleki GTD-de häsiýetnamalaryny udel işini kuwwatyny PTK kesgitlemek mümkindir. Turbinanyň PTK-syny kesgitlemek üçin 6.18 çyzgyda görkezilen baglanşyk täze režim üçin hökmanydyr GTD-leri takyk häsiýetnamaly kuwwat sarp edijiler üçin ulanylanda GTD-niň iş režimleriniň mümkinçiliklerini çäklendirilýär.

Meselem GTD-de generator herekete getirmek üçin ulanylýan bolsa, $\tilde{n}_k=1$ ýa-da $\tilde{n}=1$ talap bilen çäklendirilýär, Diýmek şu ýagdaýda kompresor diagrammasynda GTD-niň iş režimi $\tilde{n}=1$ çyzykda bolup geçýär. Üýtgeýän režim üçin GTD-niň $n = \text{const}$, hasaplamaýy geçirilenden $\tilde{n}=1$ çyzygyň ugrunda birnäçe nokat almak gerek (A_0, A_1, A_2, A_3) we ýokarda görkezilen usullar boýunça GTD-niň gerekli häsiýetnamasyny nokatlaryň kordinatalary bilen hasaplanyp biliner.

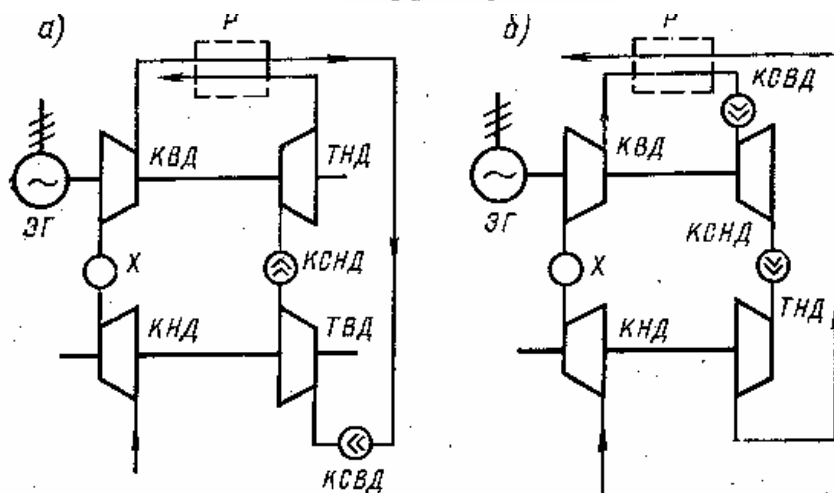
Aralykda ýylylyk berilýän GTD-niň peseldilen ýüklenmede hasaplamaýy

Aralykda ýylylyk berilýän iş şertiniň aýratynlygy öňündäki temada görkezildi. Hususanda generatorly turbinalar özünde gazyň temperaturasyny ýokary saklamaklyk bellenilip geçildi. Ýöne GTD üýtgeýän iş režiminde turbinaýyň öňündäki gaz temperaturanyň üýtgemeklik kanuny ýanyş kameranyň sazlaýyş sistemasynyň berklik talaplaryň iş durnuklylygyna täsiri çylşyrymly şeýle hem ýokary tygşytlylyk talaby boýunça maksada laýyk temperaturany saýlamaga mümkinçilik bermeýär. Gaz temperaturanyň üýtgemek kanunynyň gutarnykly saýlanylşy agzalyp geçilen faktorlary ählisi göz önüne tutulup üýtgeýän režiminiň hasaplama warianty esasynda geçirilýän dürli hödürlenen turbina esasynda gaz temperaturanyň üýtgeýän häsiýetine oňositellikde amala aşyrylýar. GTD-niň üýtgeýän režim hasaplama wariantyna usuly 1 çyzykdaky shemalar esasynda seredýäris we turbina öňündäki gaz temperaturanyň üýtgemek kanuny aşakdaky görnüşde saýlanan

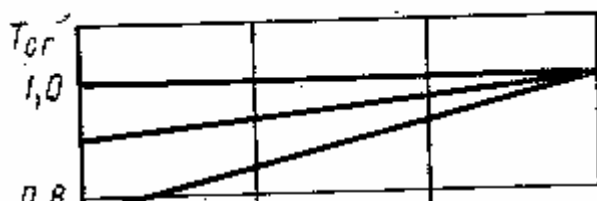
(6)

6 baglansygyň mümkin bolýjak görnüşi 1 çyzygyda alnan baglansyk boýunça iş režimi dolulugyna haýsyda bir parametdir. Meselem gaz mukdarynyň turbina öňündäki temperaturanyň berilmegi kesgitlenýär. GTD-niň üýtgeýän režiminde hasaplama geçirilende kompresor häsiýetnamasy belli bolmalydyr. Turbina PTK-sy kesgitlenende GTD-niň hasaplanan režimdäki belli bolmalydyr.

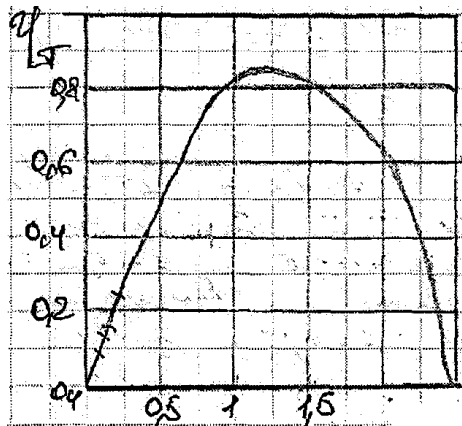
$$\bar{T}_{CT} = f(G)$$



çyzygy.1. Turbinanyň öňündäki temperaturasynyň üýtgeýän hasaplamaýylygynyň mümkin görnüşleri.



çyzgy 2. Iki basgançakda gysylýan GTD



$$\bar{X}_{cp} = \frac{\bar{n}}{\sqrt{H_{OT}}}$$

çyzgy 3. $\delta_e = 0.15$ we $O_e = 0.38$ hasaplanan basyş gatnaşygynda turbina PTK-sy. Onda mukdar häsiýetnamasy aşakdaky deňlik bilen ýazylyp biliner.

$$\bar{G} \cdot \sqrt{\frac{\delta^2 - \delta_2^2}{\delta_0^2 - \delta_2^2}}; \quad \bar{G} \sqrt{T_{c2}} = \sqrt{\frac{\delta_2^2 - 1}{\delta_2^2 - 1}}; \quad (7)$$

1 a we b shemalar boýunça GTD-niň üýtgeýän režimdäki hasaplamasynyň yzygiderligine seredeliň. Şu ýagdaýda T_{c2} temperaturanyň \bar{G} — mukdara üýtgetme görä kanunyny we 1 çyzgyda saýlamaly KHD hasaplarda $\bar{n}_1 = \text{const}$ çyzyk ugranda $\varepsilon_1 \bar{G}$ we η_t bahalary alynýar. Şu parametrler KBD-niň mukdar parametri kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şeýle hem ýylylyk kesgitlenilýär.

$$\bar{G}_{n2} = \frac{\bar{G}}{\varepsilon_1} \sqrt{\frac{T_{a2}}{T_{a1}}}; \quad n_2 = \frac{\bar{n}_2}{\sqrt{T_{a2}}} = \frac{1}{\sqrt{T_{a2}}} \quad (8)$$

$(\bar{G}_{n1} = \bar{G} \bar{n}_2 = 1)$

$G_{n2} \bar{n}_2$ boýunça $\varepsilon_2 \eta_{kn}$ tapylýar. Mundan soňra $\delta = (1 - \xi) \varepsilon_1 \varepsilon_2$ (9)

Şu ýerden ξ ululygynyň bahasy üýtgeýän režimde 3 baglanşyk boýunça tapylýan ýa-da nominal bahada deň takmynan hemişelik hasaplanylýar. THD üçin basyş gatnaşygy kesgitlenilýär.

$$\delta_2 = \sqrt{1 + (\delta_2^2 - 1) \bar{G}^2 \bar{T}_{c2}^2} \quad (10)$$

10 buyerde T_{c2} temperaturanyň \bar{G} belli bahalarynda 1 çyzgydaky baglanşyk boýunça tapylýar, onda 7 formula boýunça T_{BD} -niň öňündäki temperatura kesgitlenilýär.

$$\bar{T}_{c1} = \frac{1}{\bar{G}^2} \cdot \frac{\delta^2 - \delta_2^2}{\delta_0^2 - \delta_2^2};$$

(11)

we TBD-däki basyş gatnaşygy $\delta = \delta / \delta_2$. TBD izotrop giňelmäniň işini kesgitlemägi mümkinçilik berýär.

$$H_{ot1} = G_{pT} \cdot T_{c1} (1 - \delta^{-m1}) \text{ giňelmäniň hakyky işi} \quad (12)$$

$$H_{T1} = G_{pT} \cdot T_{c1} (1 - \delta^{-m1}) \cdot \eta_{t1} \eta_{k11}$$

Kuwwat balansy şerti boýunça KHD-niň gysylmadaky işine deň bolmalydyr.

$$H_{k1} = G_{pTO} T'_B (\varepsilon_1^m - 1) / \eta_{k1} \quad (13)$$

Eger-de bu deňlik kanagatlandyrmasa gaýtalamaly hasaplamany gaýtalamaly $\varepsilon_1 G$ başga saýlamaly.

«b» shema üýtgeýän režimde b shema hasaplamasy.

Şu hasaplamada TBD-iň öňündäki temperatura üýtgame bagly bolýar. Saýlamak 1 çyzgydaky ýaly amala aşyrylýar hasaplamanyň yzygiderligi a shema meňzeşdir. Başda saýlanan KHD-niň başda SO kompresor toparynyň ähli iş parametrleri kesgitlenýär.

Öňki shemaňyň hasaplamasy bilen deňeşdirilende tapawudy 7formula boýunça temperatura hasaplanýar. Temperatura T_{c1} 6 baglanyşykda 7 hasaplanylýar. Turbina we kompresoryň tapylan parametrleriň bahalary kuwwat balansyna degişlilikde GTD-niň islendik häsiýetnamasyny hasaplamaga mümkinçilik berýär. Peýdaly kuwwat ýylylyk mukdary PTK we başgalar her bir soňky režim hasaplamasy üçin \dot{m}_1 täze bahasyny saýlamaly öňden görkezilişi ýaly ýerine ýetirmelidir.

EDEBIÝATLAR:

1. Gurbanguly Berdimuhamedow “Ösüşiniň täze belentliklerine tarap” ş. Aşgabat 2008,2009-2010ý.
2. Gurbanaguly Berdimuhamedow “Garaşsyzlyga guwanmak watany halky söýmek bagtdyr” ş. Aşgabat 2007ý.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow “Türkmenistanyň sagadamlylygynyň we ruhybelentliginiň ýurdy“ ş. Aşgabat 2009ý.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow „Ahhalteke bedewi biziň baýlygymyz we şöhratymyz“.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow “Türkmenistanyň dermanlyk ösümlikleri” ş. Aşgabat 2009ý.
6. Gurbanguly Berdimuhamedow “Täze galkynyşlar eýýamy” ş. Aşgabat 2009ý.
7. Gurbanguly Berdimuhamedow “Türkmenistanyň durmuşy ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy” ş. Aşgabat 2010ý.
8. Gurbanguly Berdimuhamedow “Ata arzuwyny amala aşyran agtyk” ş. Aşgabat 2009ý.
9. Gurbanguly Berdimuhamedow “Türkmenistanyň ykdysady strategiýany halka daýanyp halkyň hatyrasyna“ ş. Aşgabat 2010ý.
10. А.Г.Костюк, А.Н.Шерстюк «Газотурбинные установки» Москва 1989г.
11. А.Г.Костюк, В.В.Фролова «Паровые и газовые турбины» Москва 1985г.