

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**S.Daňatarow**

**Ý Y L Y L Y K   E M E L E  
G E T I R I J I   D E S G A L A R**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**S. Daňatarow.** “Ýylylyk emele getiriji desgalar”

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat  
– 2010 ý.

## Giriş

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň Bilim we Ylym ulgamlaryny düýpli özgertmek hem-de kämilleşdirmek baradaky Permanlarynyň, Kararlarynyň durmuşa geçirilmegi ýurdumyzda dünýä ünlülerine laýyk gelýän ökde hünärmenleri taýýarlamaklyga giňden ýol açýar. Barha ösýän Güneşli ölkämiziň senagatyny, halk we oba hojalygyny, çylşyrymly ýylylyk we energiýa desgalaryny dolandyrmak üçin inžener hünärine eýe bolan ýaş zehinliler gerek. Häzirki döwürde tehniki ugurlar boýunça hünärmenleri taýýarlaýan ýokary okuw mekdepleriniň birnäçesinde ýylylyk tehnikaýy dersinden talyplara sapak berilýär. Ýylylyk tehnikaýy dersini öwrenmegiň we öleşdirmegiň esasy maksady tehniki ugurlar boýunça ýokary bilim alan hünärmenleriň senagatyň dürli pudaklarynda, ulagda we gurluşykda ulanylýan çylşyrymly ýylylyk we energiýa desgalarynyň işleýiş düzgünlerine, olaryň shema aýratynlyklaryna düýpli düşünmekligini, ýylylyk hadysalaryna degişli çylşyrymly meseleleriň çözgütlerini, onuň dogry we amatly çözgütlerini tapmak üçin ýylylyk tehnikaýy düýpli kanunlaryny ulanmak başarnyklaryny üpjün etmekden ybaratdyr. Ýylylyk tehnikaýy esasynda öwrenilýän “Ýylylyk emele getiriji desgalar” dersinde ýokary bilim alýan her bir talyp ýylylyk energiýasyny öndürmekligi, ony ulanyjylara ýetirmekligi we ulanmaklygy, olara degişli ähli ýylylyk enjamlary we olaryň gurluşyny, birikdirilişini, işleýişini bilmelidir. Ýaşaaýyş, jemgyýetçilik we senagat jaýlarynda ýylyň sowuk döwründe adam organizmine oňaly bolan howa şertlerini döretmekde, oba hojalyk önümçilik binalarynda, jemgyýetçilik ulaglarynda we açyk jemgyýetçilik meýdançalarda ýyladyş ulgamyny gurnamakda ýokary derejeli düşüňjä eýe bolmalydyr. Her bir ýylylyk enjamynyň PTK-sini ýokarlandyrmaga degişli usullary gözlemäge ukyply bolmalydyr. “Ýylylyk emele getiriji desgalar” dersinde edil beýleki dersler ýaly bilimiň nazary esaslary berilmelidir. Şonuň üçin okuw kitaby ýazylanda

Ýylylyk emele getiriji desgalarda bolup geçýän hadysalara; olarda ýakylýan ýangyçlara; ýangyçlaryň berlişine; ýanma prosessine; ojaklara; gazanlara; gazan agregatlaryna; gazan desgalarynyň enjamlar toplumyna; olarda bolup geçýän ýylylyk, gidrawliki we aerodinamiki prosesslere; gyzdyryjy üstlere; ýylylyk çalşyjy enjamlara; suw arassalaýjy desgalara; ýylylyk shemalaryna; ýylylyk, gidrawliki, aerodinamiki, şeýle hem, tehniki – ykdysady hasaplamalaryna; ýylylygyň öndürilişine, sarp edilşine, sazlanşyna esasy orny berilýär. Okuw kitabynda ýokarda orun berlen meseleleri öwrenmekden başga-da amaly okuw, tejribe okuwy we ýylylyk işleri, taslamalary ýerine ýetirmek üçin maglumatlar göz önünde tutulýar. Bu dersi öwrenýän talyplar tehniki termodinamikany, ýylylyk massa çalşygyny, gurluşyk ýylylyk fizikasyny, gidrawlikany, ýyladyş dersini öwrenen bolmalydyrlar. Hödürülenýän okuw kitaby boýunça okadylanda göz önünde tutulýan umumy, amaly, tejribe okuwlary we ýylylyk taslamalaryň ýerine ýetirilişi hasaba alynýar. Geljekki ýaş hünärmenler okadylýan döwründe ylmy gözleglere we inženerçilik çözgütlere ukyply, täze tehnikaýyň we tehnologiýanyň inçe syrlyny özleşdirmegi başaryan we olary önümçilikde ornaşdyrmagyň tärlerini ýeterlik bilýän derejede taýýarlanylmaladyrlar. Okuw kitaby düzülende talyplary ylmy işe ugrukdyrmak, olaryň ýylylyk prosessleriniň geçişine has ıçgin düşünmeklik meseleleri hem ünsden düşürilmedi.

## I BÖLÜM

### Birinji bab. ÝANGYÇ WE ÝANMA HADYSASYNYŇ ESASLARY

#### ÝANGYÇLAR

##### 1.1. Ýangyç hakynda düşünje we ýangyjyň topara bölünişi

Mendeleyewiň kesgitlemesine görä, ýylylyk almak maksady bilen ýörite ýakylýan ýanyjy maddalara ýangyç diýilýär.

Kislorod bilen himiki birleşmede ýylylyk bölüp çykarýan hemme maddalara ýangyç diýmek bolmaz. Meselem, birnäçe metallurgiýa proseslerinde kremniý ýakylanda ýylylyk bölünip çykýar we ol ýylylyk çeşmesi bolup durýar. Emma kremnä ýangyç diýip bolmaz.

Ýangyç organiki madda bolup, esasan ösümlikleriň galyndysydyr. Ýangyçdaky himiki elementleriň okislenmegi bilen ýylylyk energiýasy we gaz şekilli önüm bölünip çykýar. Ýangyjyň şol himiki energiýasynyň çeşmesi bolsa günüň akkumulirlenen energiýasy bolup durýar.

Ýangyçlar öz fiziki ýagdaýlaryna görä **gaty, suwuk we gaz şekilli** görnüşlere bölünýärler. Organiki ýangyçlar alnys usullary boýunça **tebigy we emeli** ýangyçlara bölünýär.

**Gaty ýangyçlara** – antrasit, daş we goňur kömür, torf, odun, slanes, agaç kesýän zawodlaryň, sehleriň galyndylary we ş.m. degişlidir.

**Suwuk ýangyçlara** – nebit we nebiti gaýtadan işlenilende alynýan dürli görnüşdäki önümler bolan: benzin, kerosin, ligroin, dürli görnüşli ýaglar we nebiti täzeden işlenilende galyndysy bolan – mazut degişlidir. Nebitiň özi ýangyç hökmünde gazan desgalarynda ulanylmaýar. Gazan desgalarynyň ojaklarynda suwuk ýangyç hökmünde mazut ýakylýar.

Gaty ýangyçlary gaýtadan işlenilende emeli suwuk ýangyçlar we ýanyjy smola, şeýle hem ýaglar alynýar.

**Gaz şekilli ýangyçlara** – ýerastyndan gazylyp alynýan tebigy gaz, ugurdaş nebit gazy, metallurgiýa önümçiliginiň gaz görnüşli galyndylary (koks gazy), kreking gazy, şeýle hem ýörite gazgenerator desgalarynda gaty ýangyçdan emeli ýol bilen alynýan generator gazy degişlidir.

Senagat pudaklarynyň ulanyş talaplaryna görä organiki ýangyçlar esasy iki: **energetiki** we **tehnologiki** topara bölünýär.

**Energetiki ýangyçlar** – ýylylyk energetiki desgalarda ýylylyk we elektrik energiýasyny almak üçin ulanylýar.

**Tehnologiki ýangyçlar** – erediji we gyzdyryjy peçlerde, ojaklarda, guradyjylarda, şeýle hem, dürli emeli ýangyçlary himiki taýdan gaýtadan işlemek üçin ulanylýar.

Organiki ýangyçlaryň alnyş usullary we görnüşleri (1.1-nji tablisada görkezilýär).

**1.1-nji tablisa**

Ýangyjyň agregat haly	Emele gelşi boýunça ýangyçlaryň görnüşleri	
	tebigy	emeli
1. Gaty	Odun, torf, daş we goňur kömür, antrasit, ýanyjy slanesler	Agaç, kömür, ýarym koks, koks, termooantrasit, briketler we beýlekiler
2. Suwuk	Nebit	Mazut, salýarka, dizel we motor ýangyjy, benzin, kerosin, benzol, spirt we ş.m.
3. Gaz	Tebigy gazlar, nebit bilen ugurdaş gazlar	Domen, koks, generator, kreking, koks, ýşyklandyryş gazlary

## 1.2. Ýangyjyň düzümi

Islendik organiki ýangyçlary düzýän elementler (komponentler) **ýanyjy** elementlerden we **ýanmaýan** garyndylardan ýa-da **ballastdan** ybarat bolýar.

Ýangyjyň ýakylmagy üçin gazan desgasyňyň ojaklaryna ýa-da içinden ýandyrylýan hereketlendirijilere, şeýle hem ýörite apparatlara berilýän görnüşine **işçi ýangyç** diýilýär.

Işçi ýangyjyň (gaty ýa-da suwuk ýangyjyň) düzümi umumy ýagdaý üçin uglerod C, wodorod H we S<sub>u</sub> uçujy kükürtden durýar. Uçujy kükürt bolsa S<sub>or</sub> organiki kükürt, şeýle hem O kislorod we N azot bilen çylşyrymly himiki birleşmäni emele getirýän ýanyjy kükürt kolçedany S<sub>k</sub> ýaly ýanyjy elementleriň birleşmesidir: S<sub>u</sub>=S<sub>op</sub>+S<sub>k</sub> (S<sub>k</sub> düzüminde kükürt, myşýak we sürme bolan nikel, mis ýaly metal birleşmeler). Ondan başgada bu düzüme ballast diýlip hasap edilýän çäge A, çyglylyk W ýaly ýanmaýan mineral galyndylary girýär.

Ýangyjyň düzümi göterimlerde aňladylýar. Ýangyjyň ulanyjlara (sarp edijilere) berilýän görnüşi ýangyjyň **işçi massasydyr**.

Ýangyçda bar bolan elementleriň ýangyjyň işçi massasynda degişlidigini aňlatmak maksady bilen her bir elementi “ i ” (işçi massa) indeksi bilen belgilenýär.

Şeýlelikde, ýangyjyň işçi massasy üçin onuň elementleri boýunça deňleme görnüşinde aşakdaky ýaly aňladyp bolar.

$$C^i + H^i + O^i + N^i + S_u^i + A^i + W^i = 100 \%, \quad (1.1.)$$

bu ýerde C<sup>i</sup>, H<sup>i</sup>, O<sup>i</sup>, N<sup>i</sup>,  $S_u^i = S_{ot}^i + S_k^i$ , A<sup>i</sup>, W<sup>i</sup> - işçi ýangyjyň umumy massasyndan % hasabyndaky elementler.

Ýangyjyň işçi massasyňyň düzümi esasan gazan agregatlaryňyň, senagat peçleriniň we beýleki ýylylyk çeşmesi bolan enjamlaryň ýylylyk hasaplamalarynda peýdalanylýar.

Ýangyjyň umumy häsiýetini öwrenmek we toparlara bölmek üçin ýangyjyň **gurak** we **ýanyjy** massasy diýen düşünjeden peýdalanylýar. Ýangyjyň bu şertli massasy deňşililikde gurak - “ g ”, ýanyjy – “ ý ” indeksleri bilen belgilenýär. Ýangyjyň massasyndan çyglylygyň doly aýrylmany ýangyjyň **gury massasyny** emele getirýär we aşaky deňleme görnüşinde aňladylýar:

$$C^g + H^g + S_u^g + O^g + N^g + A^g = 100\% , \quad (1.2.)$$

Ýangyjyň gury massasy diýen düşünjäni girizmek özünde käbir çyglylygy köp mukdarda saklaýan ýangyçlar üçin amatlydyr. (meselem, torf, odun, käbir garyndylar).

Ýangyjyň düzüminden W çyglylygy, A çägäni aýrylyp, diňe ýanyjy düzümi bolan, ýagny, C uglerotdan, H wodorotdan we S<sub>u</sub> ýanyjy kükürtden başga N azotdan, O kislorotdan ybarat bolan ýangyjyň massasyna ýangyjyň **ýanyjy massasy** diýilýär we aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$C^y + H^y + S_u^y + O^y + N^y = 100\% , \quad (1.3.)$$

Ýanyjy massany çägäni özünde saklamaýan hem-de absolýut gury ýagdaýda häsiýetlendirmek bolar. Ýangyjyň ýanyjy massasy onuň iň durnukly düzümi hasaplanýar. Eger-de ýangyjyň ýanyjy massasynyň düzüminden kükürt kolçedasyny ( $S_K^y$ ) bölüp aýyrsak, onda ýangyjyň **organiki massasyny** alarys:

$$C^o + H^o + O^o + N^o + S^o = 100\% , \quad (1.4.)$$

Çyglylyk bilen çägäniň bilelikde gatnaşmagyna ýangyjyň **ballasty** diýilýär we  $A^i + W^i = B^i$  bilen belgilenýär.

Ýangyjyň haýsy hem bolsa bir massasyndaky düzüminden beýleki massasyndaky düzümini kesgitlemek aşakda görkezilen gatnaşygyň mysalynda amala aşyrylýar:

$$C^i = C \cdot \frac{100 - (A^i + W^i)}{100}$$

ýa-da

(1.5.)

$$C^g = C^i \cdot \frac{100}{100 - W^i}$$

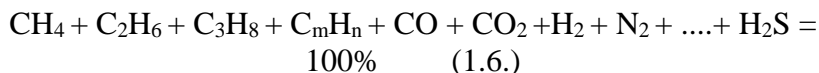
Gatnaşykda (1.5.) köpeldijileri tablisa ýerleşdirip, ýangyjyň dürli görnüşli massalaryndaky elementlerini deňişli köpeldijileriň üsti bilen kesgitlep bolýar (1.2-nji tablisa).

1.2-nji tablisa

Berlen massasy	Gözlenýän massa			
	işçi	gury	ýanyjy	organiki
işçi	1	$\frac{100}{100 - W^i}$	$\frac{100}{100 - (W^i + A^i)}$	$\frac{100}{100 - (S_u^y + A^i + W^i)}$
gury	$\frac{100 - W^i}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^g}$	$\frac{100}{100 - (S_u^g + A^g)}$
ýanyjy	$\frac{100 - (W^i + A^i)}{100}$	$\frac{100 - A^g}{100}$	1	$\frac{100}{100 - S_u^y}$
organiki	$\frac{100 - (S_u^y + A^i + W^i)}{100}$	$\frac{100 - (S_u^y + A^g)}{100}$	$\frac{100 - S_u^y}{100}$	1

Ýangyjyň düzümine girýän her bir element, şol sanda birleşen çylşyrymly elementler şol ýangyjyň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasyny görkezýär.

Gaz şekilli ýangyçlar adatça göwrüm gatnaşykda gury massa boýunça berilýär:



Gaz şekilli ýangyjyň esasy tehniki häsiýetnamasy onuň ýanandaky bölüp çykarýan ýylylygy, özünde saklaýan çägesi (A) we çyglylygy (W), uçujy maddalaryň çykyşy, koksýň häsiýetleri (uçmaýan galyndylar) hasaplanýar.

### 1.3. Ýangyjyň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasy

Ýangyjyň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasy ýangyjyň düzümindäki ýanyjy elementleriniň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasyna baglydyr. Şonuň üçin ýangyjyň esasy elementleriniň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasyna seredeliň.

**Uglerod** - ýangyjyň ýanyjy elementleriniň iň esasy bölegini düzýär. Uglerodyň ýananda bölüp çykarýan udel ýylylygy 33,65 MJ/kg-a barabardyr. Ýangyjyň ýanyjy massasynda uglerod 50÷95% aralygy möçberde bolýar. Meselem: odunda we torfda - 50÷58%; daş we goňur kömürde - 65÷80%; antrasitde - 88÷93%; slanesde - 60÷75%; mazutda - 86÷88%.

Ýangyçda uglerodyň mukdarynyň köp bolmagy ony ýakmakda otlamagy kynlaşdyrýar we örän gysga\_wagtda ýanmak bilen göze görünmeýän ýalyny emele getirýär.

**Wodorod** - ýangyjyň iň wajyp ýanyjy düzümi bolup durýar. Onuň ýananda bölüp çykarýan udel ýylylygy (~142 MJ/kg, ýa-da 10.8 MJ/m<sup>3</sup>) uglerodyň ýanandaky udel ýylylygyndan 4,2 esse ýokarydyr. Gaty ýangyjyň ömrüniň

artmagy bilen onuň düzümindäki wodorodyň mukdary kemelýär. Ýangyjyň ýanyjy massasyndaky wodorodyň mukdary  $1 \div 11\%$  aralygynda bolup: mazutda –  $10,0 \div 10,5\%$ , odunda we torfda –  $6 \div 6,2\%$ , daş we goňur kömürde  $4 \div 6\%$ , antrasitlerde –  $2,0 \div 2,4\%$ .

**Kükürt** - gaty ýangyjyň düzümi bolmak bilen  $0 \div 8\%$  möçberinde bolýar. Ol  $S_{or}$  organiki,  $S_k$  kolçedanly we  $S_s$  sulfatly görnüşinden ybarat:  $S = S_{or} + S_k + S_s$ . Organiki we kolçedanly kükürt ýangyç ýananda okislenýär we  $SO_2$ ,  $SO_3$  gazlary emele getirýär. Organiki we kolçedanly kükürt ýanyjy ýa-da uçujy kükürdi emele getirýär:  $S_{or} + S_k = S_u$ .

Kükürt sulfady ýanmaga gatnaşmaýar we çägäniň düzümine goşulýar.  $SO_2$ -de kükürt ýananda bölüp çykarýan udel ýylylygy 9,05 MJ/kg. Suwuk ýangyçda (mazutda) kükürt erkin ýagdaýda we organiki birikme görnüşinde 3% möçberinde duşdelýär. Tebigy gazlarda kükürt duşdelmeýär. Kükürdiň garyndysy Orenburg gazyna gabat gelýär.

Kükürt ýangyjyň zyýanly garyndysy hasaplanýar. Sebäbi ol ýananda emele gelýän  $SO_2$  we  $SO_3$  gazan agregatlarynyň we beýleki apparatlaryň metal gyzdryjy üstlerinde korroziýa emele getirýär. Ondan başga-da ol tüsse gazy bilen atmosfera düşüp, howa gurşawyny hapalaýar.

**Kislorod** - ýangynyň ýanmaýan massasyna degişlidir. Ol ýangyjyň birnäçe ýanyjy komponentleri bilen himiki birikmede gabat gelýär. Şonuň üçin onuň bolmagy ýangyjyň ýanyjy massasyny kemeldýär we ýangyjyň gymmatyny peseldýär.

**Azot** - ýangyjyň ýanmagyna gatnaşmaýar we ol ýangyjyň inert bölegi bolup durýar. Azot kislorod bilen bilelikde ýangyjyň içki ballastyny emele getirýär.

**Çäge** - ýangyjyň atmosfera howasynda ýakylandan soň galýan gaty görnüşli ýanmaýan galyndysydyr. Çäge dykzlygy boýunça ortaça  $600 \text{ kg/m}^3$ , bolan dökülýän görnüşinde we şlak diýlip atlandyrylýan  $800 \text{ kg/m}^3$ -a çenli dykzlygy bolan ergin plastina we bölekler görnüşinde bolup bilýär.

Birnäçe gaty ýangyçlardaky çägäniň düzümine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – glinozem;  $\text{SiO}_2$  – kremniý kislotasy;  $\text{CaO}$  – hek;  $\text{MgO}$  – magneziýa;  $\text{Na}_2\text{O}$  we  $\text{K}_2\text{O}$  – aşgarlary;  $\text{FeO}$  we  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – demir okisleri girýär.

Çäge ýangyjyň ýanýan ojagynyň örtüginä, ýanyş kamerasynyň üstüniň, ýandyryjy gurallaryň dargamagyna getirýär. Ýangyç ýananda bölünip çykýan tüsse gazynyň gidýän ýolundaky ýylylyk çalşyjy apparatlaryň üstüne çököýär we üstüniň zaýalanmagyny çaltlaşdyrýar, şeýle hem, gursap alýan töweregi hapalaýar. Ýangyjy çägeliligi boýunça häsiýetlendirmek üçin ýangyjyň **getirme çägeliligi** ( $\% \cdot \text{kg/MJ}$ ) diýen düşünje girizilýär ( $A^g$ ). Getirme çägelilik ýangyjyň düzümindäki ( $A^i$ ) çägeliligiň ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylyk mukdaryna ( $Q_a^i$ ) bolan gatnaşygydyr:

$$A^g = \frac{A^i}{Q_a^i}. \quad (1.7)$$

Eger  $A^g \leq 1\% \cdot \text{kg/MJ}$  bolsa, onda ýangyş az çägeli ýangyç hasaplanýar (antrasit, kömürler degişli).

Eger  $A^g = 1.89 \div 2.4\% \cdot \text{kg/MJ}$  bolsa, onda ýangyş orta çägeli ýangyçdyr (goňur kömür degişli).

Eger  $A^g = 5 \div 10\% \cdot \text{kg/MJ}$  bolsa, onda ýangyş köp çägeli ýangyç hasaplanýar (slanesler degişli).

**Çyglylyk-** ýangyjyň umumy çyglylygy  $W^i$  daşky durnuksyz  $W_d$  we içki – gigroskopik durnukly  $W_g$  çyglylykdan emele gelýär.

Daşky durnuksyz çyglylyga ýangyç gazylyp alnanda, saklananda, daşalanda, şeýle hem, ýangyjyň öýjüklerine düşýän çygdan bolup biler. Bu çyglylyk ýangyç guradylanda aňsatlyk bilen aýrylýar.

Içki – gigroskopik çyglylyk ýangyjyň organiki maddalaryna we mineral garyndylaryna baglydyr. Suwuk ýangyçlarda diňe emulsiýa görnüşinde suwuk-damja ýagdaýda daşky durnuksyz çyglylyk bolýar. Tehnikada gaty ýangyçlar

üçin ýangyjyň **getirme çyglylygy** diýen düşünje ulanylýar (%·kg/Mj). Ýangyjyň çyglylygynyň ( $W^i$ ) ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylyk mukdaryna ( $Q_a^i$ ) bolan gatnaşygyna şol ýangyjyň **getirme çyglylygy** diýilýär:

$$W^g = \frac{W^i}{Q_a^i}. \quad (1.8)$$

Eger  $W^g < 3\%$  bolsa, onda ýangyç pes çygly ýangyç hasaplanýar (antrasit, daş kömür degişli).

Eger  $W^g = 3.89 \div 8\%$  bolsa, onda ýangyç ýokary çygly hasaplanýar (torf, goňur kömür degişli);

Eger  $W^g = 3 \div 3.89\%$  bolsa, onda ýangyç orta çygly ýangyçlaryň toparyna girýär.

Ýangyç otag temperaturasynda guradylan wagtynda daşky çyglylygy bölünip aýrylýar. Gigroskopik – içki çyglylyk ýangyç uzak wagtlap gurak jaýlarda ýerleşdirilende-de ýangyçda saklanýar. Şeýle ýagdaýdaky ýangyja **howada guran ýangyç** diýilýär.

Ýangyjyň gigroskopik – içki çyglylygy  $105 \div 110\text{ }^\circ\text{C}$  temperaturaly ýörite şafda şol ýangyç hemişelik massa eýe bolýança guratmak ýoly bilen aýrylýar. Şeýle ýangyja **absolýut gury ýangyç** diýilýär.

Ýangyjyň  $W$  çyglylygynyň ýangyjyň hiline otrisatel täsiri bardyr. Çyglylygyň bolmagy ýangyjyň ýananda bölüp çykarýan ýylylygyny peseldýär, ýangyjyň ýanmak prosesini ýaramazlaşdyrýar, emele gelyän tüsse gazynyň göwrümini ulaldýar, şeýle hem, gidýän gaz bilen ýylylyk ýitgisini ýokarlandyrýar. Şonuň üçin çyglylyk ýangyjyň hakyky ýylylyk gymmatyny gaçyranlygy sebäpli, ol ýangyjyň ballasty bolýar.

**Gaz şekilli** ýangyjyň elementleriniň düzümi gaty we suwuk ýangyjyň düzüminden has tapawutlydyr.

Gaz şekilli ýangyçlar  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  düzümleriň we beýleki ýanyjy birleşmeleriň ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ), şeýle hem  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  we  $\text{H}_2\text{O}$  ýaly ýanmaýan gazlaryň mehaniki garyndysyndan

ybaratdyr. Gaz şekilli ýangyçdaky suw bugunyň mukdary onuň berlen parsial basyşyndaky temperaturasy boýunça kesgitlenýär. Gaz şekilli ýangyjyň düzümi göwrüm birligindäki göterimde berilýär we hemme hasaplamalar 1 m<sup>3</sup>-da ýerine ýetirilýär.

#### 1.4. Ýangyç ýananda bölünip çykyan ýylylyk

Ýangyjyň esasy häsiýetnamasy onuň **ýanandaky ýylylygy** diýilýän, ýananda bölüp çykarýan ýylylyk mukdarydyr. Şonuň üçin ýangyçlar özleriniň ýanandaky ýylylygy bilen hem häsiýetlendirilýär. Gaty we suwuk ýangyçlaryň ýanandaky ýylylygy diýlip 1 kg ýangyç doly ýananda bölünip çykyan ýylylygyň mukdaryna (kJ) aýdylýar. Ýangyjyň ýanandaky ýylylygy  $Q$  harpy bilen belgilenýär we kkal/kg ýa-da kWt-da ölçenýär.

Gaz şekilli ýangyjyň ýanandaky ýylylygy diýlip, adaty normal şertlerde (0 °C temperaturada we 760 mm.sim.süt. basyşda), 1 m<sup>3</sup> gazyň ýananda bölüp çykarýan ýylylygyna aýdylýar we kJ/m<sup>3</sup>-da ölçelýär.

Ýangyjyň ýanandaky ýylylygy esasan şol ýangyjyň himiki düzümine we onuň ýakylyş şertine baglydyr.

Ýangyjyň berlen massasyna görä (organiki, ýanyjy we beýlekiler), ýanandaky ýylylygy hem şoňa görä aňladylýar, meselem  $Q^i$ ,  $Q^y$ , ş.m. Praktikada esasan ýangyjyň işçi massasynyň ýanandaky ýylylygy  $Q^i$  gyzyklandyrylar.

Ýangyç ýakylanda emele gelýän tüsse gazynyň düzüminde wodorodyň we çyglylygyň barlygy sebäpli suw bugy (H<sub>2</sub>O) emele gelýär. Suw bugunyň entalpiýasy 2512,1 kJ/kg töwerege barabardyr. Ýangyç ýananda emele gelýän önümi bolan tüsse gazynyň düzüminde suw bugunyň bolmagy ýangyjyň **ýanandaky ýokarky ýylylygy**  $Q^i$  we ýangyjyň **ýanandaky aşaky ýylylygy**  $Q_a^i$  diýen düşüňjani girizmeklige mejbur edýär.

Işçi ýangyjyň ýanandaky **ýokarky ýylylygy** diýlip 1 kg ýangyç doly ýananda ýanma prosesinde bug emele gelmeginde ýitirilýän ýylylygy hasaba alnandaky bölünip çykýan ýylylyga aýdylýar.

Işçi ýangyjyň ýanandaky **aşaky ýylylygy** diýlip 1 kg ýangyç doly ýananda şol ýangyjyň düzümindäki çyglylygy, şeýle hem, wodorod ýananda emele gelýän çyglylygy buga öwürmek üçin harçlanýan ýylylyk ýitgisini aýrylanda bölünip çykýan ýylylyga aýdylýar.

Ýangyjyň ýananda aşaky ýylylygy  $Q_a^i$  ýokarky ýylylygyndan  $Q^i$  kiçidir. Olaryň ara tapawudy ýangyjyň düzümindäki  $W^i$  çyglylygy we ýangyçdaky wodorod ýananda emele gelýän  $9 H^i$  çyglylygy buga öwürmek üçin harçlanýan ýylylygyň ululygyna deňdir.

Işçi ýangyjyň ýanandaky ýylylygy esasan iki usul bilen kesgitlenýär.

Kalorimetriki – ýangyjy asma görnüşde ýörite suwda saklanan gapda gysylan kislorotda ýakýarlar we suwa berlen ýylylyk takyk ölçenilýär (bu usula kalorimetrik bomba usuly hem diýilýär).

Analitiki – ýangyjyň himiki düzümini göz önünde tutup, formula boýunça hasaplanylýar.

Ýangyjyň ýanandaky ýylylygyny kesgitlemegiň kalorimetriki usuly ýörite enjamlary talap edýär, ondan başgada, bu usul örän çylşyrymly bolmagy bilen tapawutlanýar.

Köp halatda ýangyjyň ýanandaky ýylylygy ýangyjyň ýanma reaksiýasyna gatnaşýan we belli mukdarda ýylylyk çykarýan (uglerod C, wodorod H we kükürt S) elementleri üsti bilen kesgitlenýär.

Islendik dürli görnüşli ýangyçlar üçin ýeterlik takyklykda netije berýän, giňden ulanylýan formula D.I.Mendeleýewiň formulasydyr. Bu formula ýangyjyň ýanandaky ýokarky ýylylygyny kesgitlemek üçin şeýle görnüşde ýazylýar:

$$Q^i = 338 C^i + 1249 H^i - 108.5 (O^i - S^i) \quad (1.9)$$

Gazan agregatlarynyň ojagynda ýangyç ýakylanda emele gelýän tüsse gazynyň düzümindäki suw buguny kondensirläp bolmaýar. Şonuň üçin ýylylygyň bir bölegi ulanylman ýitirilýär. Şol sebäpli gazan agregatlary üçin geçirilýän ýylylyk hasaplamalarynda ýangyjyň ýanandaky ýokarky ýylylygyndan ( $Q^i$ ) pes bolan ýangyjyň aşaky ýylylygy ( $Q_a^i$ ) ulanylýar.

Gaty we suwuk ýangyçlar üçin ýangyç ýakylandaky ýokarky we aşaky ýylylyklaryň ara baglanyşygy aşaky gatnaşyk bilen kesgitlenýär:

$$Q_a^i = Q^i - r(9H^i + W^i) = Q_y^i - 226 H^i - 25 W^i \quad (1.10)$$

Bu ýerde  $r(9H^i + W^i)$  - ýangyçdaky çyglylygy ( $W^i$ , %) we wodorod ýananda emele gelýän çyglylygy (%) buga öwürmäge harçlanan ýylylyk mukdary.

$r = 25.11 \text{ kJ/kg}$  – energetiki desgalaryň tüssesindeki suw bugunyň ortaça 10 kPa parsial basyşynda suwy buga öwürmäge harçlanýan gizlin ýylylyk.

Gaty we suwuk ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylygy D.I.Mendeleyewiň formulasy boýunça kesgitlenilýär.

$$Q_a^i = 338 C^p + 1025 H^i + 108.5 (O^i + S^i) - 25 W^i \quad (1.11)$$

Gaz şekilli ýangyçlaryň ýanandaky ýylylygy  $1 \text{ m}^3$  ýangyjyň düzüminiň göwrüm ülsüniň üsti bilen %-de aňladylýar ( $\text{kJ/m}^3$ ).

$$Q_a^i = 108 H_2 + 126 CO + 350 CH_4 + 590 C_2H_4 + 640 C_2H_6 + \\ + 910 C_3H_8 + 1190 C_4H_{10} + 230 H_2S. \quad (1.12)$$

$C^i$ ,  $H^i$ ,  $O^i$ ,  $S^i$ ,  $W^i$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  we ş.m. – ýangyjyň düzümindäki her bir elementleriň % hasabyndaky massalaýyn

ýa-da göwrümleýin möçberi. Elementleriň möçberi ýangyçlaryň tehniki häsiýetlerine görä edebiýatlarda tablisalaryň üsti bilen berilýär.

### 1.5. Şertli ýangyç

Gazylyp alynýan dürli görnüşli ýangyçlar ýakylanda bölüp çykarýan ýylylygynyň dürli bolmagy bilen tapawutlanýarlar. Ol bolsa energetiki ulgamlarda hasaplamalar geçirilende kynçylyk döredýär. Meselem, ýangyjyň gorlary tapylanda, ätiýaçlyk ýangyjy mälim edilende, ýangyjyň dürli görnüşini ulanmakda maksadalaýyklygyna baha bermekde we ş.m. Şonuň üçin dürli görnüşdäki ýangyçlary umumy häsiýetlendirmek maksady bilen **şertli ýangyç** diýlen düşünje kabul edilen.

Şertli ýangyç diýlip 1 kg (gaty, suwuk) ýa-da 1 m<sup>3</sup> (gaz şekilli) ýangyç ýananda bölüp çykarýan ýylylygy 29 300 kJ-a deň bolan ýangyja aýdylýar.

Islendik hakyky ýangyjy şertli ýangyja öwürmek üçin aşaky gatnaşykdan peýdalanylýar:

$$E_k = \frac{Q_a^i}{29300}. \quad (1.13)$$

Bu ýerde  $E_k$ -kaloriýylyk ekwiwalenti.

$E_k$ -ululyk-şertli ýangyç ýakylandaky ýylylygynyň näçe bölegi öwrenilýän ýangyç ýakylandaky aşaky ýylylygyna  $Q_a^i$  gabat gelyändigini görkezýär, ýa-da tersine, öwrenilýän ýangyjyň ýanandaky  $Q_a^i$  aşaky ýylylygy şertli ýangyjyň ýakylandaky ýylylygynyň näçe bölegini tutýandygyny görkezýär.

Dürli ýangyçlaryň sarp edilýän mukdaryny biri-biriniň üsti bilen aňlatmak üçin “şertli ýangyç” düşüňjesinden peýdalanylýar. Berlen ýangyjyň mukdaryny  $B$  şertli ýangyjyň

mukdarynda hasaplap geçirmek üçin ony ölçeg birligi bolmadyk koeffisiýente köpeltmelidir:

$$B_{\text{şert}} = \frac{BQ_a^i}{Q_{\text{şert}}}. \quad (1.14)$$

Bu ýerde

$B$  – hakyky ýangyjyň sarp edilýän mukdary;

$Q_a^i$  - hakyky ýangyjyň ýanandaky ýylylygy;

$Q_{\text{şert}}$  – şertli ýangyjyň ýanandaky ýylylygy.

## 1.6. Organiki ýangyçlaryň görnüşleri we häsiýetnamalary

Dürli ýangyçlar fiziki we himiki häsiýetleri boýunça biribirinden tapawutlanmagy bilen olar umumy häsiýetleri boýunçada toparlara bölünýärler.

**Gaty ýangyç.** Energetiki gaty ýangyçlaryň tebigy görnüşlerine torf, goňur kömür, antrasit we ýanyjy slanesler, odun degişli.

**Torf**-gazylyp alynýan ýangyçlaryň iň ýaşy bolup durýar. Torf goňur ýa-da reňkli ýanyjy madda bolup, ol suwuň aşagynda howa barmaýan gatlakda ösümlük galyndylarynyň toplumynyň çüýremegi netijesinde emele gelýär.

Torf uçujy maddalary çykaryjylygy ýokary –  $V^g=70\%$ , içki ballasty saklaýjylygy ýokary ( $O^g+N^g$ ), çyglylygy ýokary ( $W^i=30\div50\%$ ), çägäni saklaýjylygy pes ( $A^i=5\div10\%$ ) we ýanandaky ýylylygy pes ( $Q_a^i = 10 \div 13 \text{ MJ} / \text{kg}$ ) häsiýetleri bilen tapawutlanýar.

Torf gazylyp alnyş usulyna baglylykda ulanyjylara bölek-bölek we kesilen gyryndy görnüşinde ugradylýar. Torf gazylyp alynýan ýeriniň golaýynda ýerleşýän elektrik stansiýalarynda we senagat gazan desgalarynda ol ýangyç hökmünde ulanylýar.

**Goňur kömür (G).** Gazylyp alynýan kömürleriň kabul edilen toparyna laýyklykda goňur kömürlere çägesiz kömrüň işçi massasy ýanandaky ýokary udel ýylylygy 22,57 MJ/kg-dan kiçi bolan kömürler degişlidir.

Goňur kömürler uçujy maddalary çykaryjylygy ýokary ( $V^g=40\div60\%$ ), çägeliligi ( $A^i=15\div30\%$ ), çyglylygy ( $W^i=30\div40\%$ ) ýokary we ýanandaky ýylylygy uly bomadyk ( $Q_a^i = 10 \div 17 \text{ MJ / kg}$ ) ýangyçlar bolup, öz-özünden otlanmak häsiýeti bilen tapawutlanýar. Goňur kömür özünde çyglylygy saklaýjylygy boýunça üç topara bölünýär: G1  $W^i=40\%$  bilen; G2  $W^i=30\div40\%$  bilen; G3  $W^i=30\%$ -den pes toparlara bölünýär.

Daşky ballastyny köp mukdarda saklaýanlygy sebäpli ( $A^i+W^i$ ) goňur kömrüň ýanandaky ýylylygy daş kömrüňkiden ýokary dälidir.

**Daş kömür** – çägesiz işçi massasynyň ýanandaky ýokarky udel ýylylygy 22,57 MJ/kg-dan ýokary we uçujy maddalarynyň çykyşy ( $V^g=10\div40\%$ ) ýokary bolan gazylyp alynýan kömürdir. Bu kömürleriň çyglylygy uly dälidir:  $W^i=7\div10\%$ . Çägeliligi  $A^i=5\div25\%$  ýanandaky ýylylygy  $Q_a^i = 23\div27 \text{ MJ/kg}$ .

Daş kömürler özünden uçujy gazlaryň çykyşy we koks galyndysy boýunça birnäçe görnüşe bölünýär (uzyn ýalyly-U; gazly-G; ýagly-Ý; koksly-K; ýelmeşýän-Ýe), şeýle hem, böleginiň ululygy boýunça (uly-U; hoz-H; maýda-M we ş.m.).

**Antrositler** – düzümi boýunça arassa ugleroda has golaý bolan beýleki gaty ýangyçlardan dykzlylygy we çeýeligi bilen tapawutlanýan, daşalanda durkuny oňat saklaýan ýangyçdyr. Emma, antrositlerden uçujy gazlaryň öz-özünden aňsat çykýanlygy we ondan alynýan koksýň hiliniň pesligi sebäpli ol hökmünde ýangyç köp ulanylmaýar. Antrosidiň düzüminde uglerodyň mukdary köp saklanýar ( $C^g=93\div96\%$ ), uçujy maddalaryň çykyşy azdyr ( $V^g=3\div5\%$ ), çägeliligi ( $A^i=13\div17\%$ )

we çyglylygy ( $W^i=5\div 7\%$ ) kiçidir, ýanandaky ýylylygy bolsa ýokarydyr ( $Q_a^i = 30 \div 35 \text{ MJ} / \text{kg}$ ).

**Slanesler** – suw astynda howanyň barmaýan ýerinde ösümlik we haýwan organizmleriniň çüýremeginden emele gelýän önümlerdir. Ýanyjy slanesleriň mineral maýasy hek, palçyk we çäge bolup durýar. Slanesler we olaryň dürli görnüşleri gelip çykyşy we düzümi boýunça tebigy gaty ýangyçlaryň beýleki görnüşleriniň hemmesinden çürt – kesik tapawutlanýar. Himiki düzümi boýunça slanesler nebit bilen çalymdaş. Slanesde wodorodyň mukdarynyň uly ( $H=7\div 9.5\%$ ) we işçi massadaky uçujy maddalaryň çykyşynyň ýokary ( $V^g=70\div 80\%$ ) bolmagy islendik slanesleri gazifikasiýa üçin, himiýa senagatynda dürli hilli ýaglary almak üçin, içinden ýandyrylýan hereketlendirijilere ýangyç üçin, himiki önümleri we ýanyjy gazy almak üçin çig mal hökmünde ulanmaga mümkinçilik berýär.

Slanesleriň ýanyjy massasynyň ýanandaky ýylylygynyň bahasynyň ýokary bolmagyna garamazdan, slanesleriň işçi massasynyň ýanandaky aşaky ýylylygy pesdir. Sebäbi slanesleriň düzümindäki çyglylyk ( $W^i=11\div 22$ ), çägelilik ( $A^i=40\div 60\%$ ) we kükürt (4%-e çenli) has ýokarydyr. Ýangyç hökmünde ulanylýan slanesleriň ýanandaky ýylylygy gaty ýangyçlar üçin iň pes baha eýedir ( $Q_a^i=5.7\div 10 \text{ MJ/kg}$ ).

Slanesleri ýylylyk emele getiriji desgalarda ýakmak üçin ulanylanda olary otlamaklyk uly kynçylyk döredýär.

**Odun** - çägeliliginiň örän pesligi ( $A^i<1\%$ ) we uçujy maddalarynyň çykyşy boýunça ( $V^u=85\%$ ) ululygy bilen tapawutlanýar. Çyglylygynyň ýokary bolmagy ( $W^i=40\div 60\%$ ) onuň ýanandaky ýylylygynyň has pes bolmagyna getirýär ( $Q_a^i=10\div 12 \text{ MJ/kg}$ ).

Gaty ýangyçlaryň giňden ýaýran görnüşleriniň häsiýetnamasy 1.3-nji tablisada görkezilýär.

**Suwuk ýangyçlar.** Nebit-tebigy ýangyç bolmak bilen bir hatarda suwuk ýangyçlary almagyň esasy çeşmesi bolup

durýar. Nebit-dürli uglewodorodlar bilen kislorodlaryň, azotlaryň, kükürtli birikmeleriniň garyndysyndan ybaratdyr.

1.3-nji tablisa

Gaty ýangyç	Düzümi, %				Ýanandaky ýylylygy, $Q^y$ , MJ/kg
	C <sup>y</sup>	O <sup>y</sup>	H <sup>y</sup>	V <sup>y</sup>	
Odun (agaç önümleri)	50	42	6	85	10
Torf					
Goňur kömür					
Daş kömür					
Antrasit					
	33	2	2	4	35

Nebit dürli ösümlükleriň we haýwanlaryň organizmleriniň çüýremeginiň bakteriýalaryň, şeýle hem, ýylylygyň, basyşyň we beýleki prosessleriň täsirinde emele gelen önümi hasaplanýar. Nebitiň görnüşleriniň köplüğine garamazdan, onuň düzümini tutýan esasy himiki elementleri örän kiçi çäkde üýtgeýär:  $C^o=84\div86\%$ ;  $H^o=13\div14\%$ ;  $O^o+N^o=1\div2\%$ . Nebitde çägäniň we çyglylygyň tutýan orny 1%-den ýokary geçmeýär. Düzgün boýunça tebigy nebit ýangyç hökmünde ulanylmaýar. Çig nebit ilki bilen täzeden işlenýär we ondan içinden ýandyrylýan hereketlendirijiler üçin dürli görnüşli ýangyçlar, çalgy materiallary we birnäçe gymmat bahaly himiki birleşmeler alynýar.

Nebit täzeden işlenende ilki bilen onuň iň ýeňil bölekleri – benzin, ligroin, kerosin, awiasion, awtotraktor we dizel ýangyçlary bölünip alynýar. Nebidiň agyr fraksiýalary bolan mazut görnüşindäki galyndysy çalgy ýaglaryny almak üçin ýene-de täzeden işlenmäge ugradylýar ýa-da gazan desgalarynyň ojaklarynda ýakmak üçin peýdalanylýar.

Nebitden alynýan önümleriň – suwuk ýangyçlaryň häsiýetnamasy we olary ýakmak üçin gerek bolan howanyň, şeýle hem, ýananda emele gelýän gazlaryň nazary mukdary 1.4-nji tablisada görkezilýär.

1.4-nji tablisa

Ýangyç	Ýanyjy massaň düzümi, %				Gurak ýangyjyň çägeliligi, %	Işçi ýangyjyň çyglylygy, %	Işçi ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylygy $Q^I_a$ , MJ/kg	Nazary mukdar, $m^3/kg$	
	Uglerod, $C^y$	Wodorod, $H^y$	Kükürt, $S^y$	Kislorod we azot $O^y+N^y$				Ýakmak üçin howa, $V_h$	Ýananda emele gelýän gaz, $V_g$
Benzin	85	14.9	0.05	0.05	0	0	43.8	11.54	12.56
Kerosin	86	13.7	0.2	0.1	0	0	43.01	11.28	12.22
Dizel	86.3	13.3	0.3	0.1	0	0	42.68	11.05	11.92
Solýarka	86.5	12.8	0.3	0.4	0.02	0	42.39	11.23	12.18
Motor	86.5	12.6	0.4	0.5	0.05	1.5	41.43	11.18	12.15
Mazut az kükürtli	86.5	12.5	0.5	0.5	0.1	1.0	39.8	10.62	11.41
Mazut kükürtli	85	11.8	2.5	0.7	0.15	1.0	39.8	10.54	11.30

Benzinleriň has ýeňil görnüşleri awiasiyada ulanylýar, oňa awiasiya benzini diýilýär. Agyr görnüşleri – awtomobillerde ulanylýar we awtomobil benzini diýilýär. Ligroin we kerosin traktorlaryň, turbareaktiw we beýleki hereketlendirijilerde üçin ulanylýar. Solýarka ýagy we dizel ýangyjy içinden ýandyrylýan hereketlendirijilerde (dizellerde) ulanylýar.

Gazan desgalarynda suwuk ýangyçlardan diňe ýangyjy mazut ulanylýar. Mazut özüniň şepbeşikligi boýunça birnäçe topara bölünýär. Şepbeşikligi ýokary bolan mazudy ýakylmazýandan ozal gyzdyrmak zerurdyr.

Nebitiň galyndy ýangyjy bolan mazut bug gazanlarynyň ojaklarynda we peçlerde ýakylýar. Mazut özüniň ýanandaky ýylylygynyň ýokarylygy bilen häsiýetlendirilýär ( $Q_a^i = 38.8 \div 41 MJ / kg$ ). Mazut şepbeşik suwuk bolany sebäpli ony turbadan akdyrmak üçin  $37 \div 47$  °C-a, ýakmak üçin bolsa  $77 \div 87$  °C-a çenli gyzdyrylýar.

**Gaz şekilli ýangyçlar.** Gaz şekilli ýangyçlar beýleki görnüşdäki ýangyçlar bilen deňeşdirilende birnäçe artykmaçlyklara eýedir. Gaz şekilli ýangyçlar berilmeli howanyň nazary mukdaryndan artyk berilýän howanyň az mukdarynda ýanýar, ýananda doly we tüssesiz, gaty galyndysyz ýanýar, uzak aralyga gazgeçirijiler boýunça ugratmak (transportirmek) üçin amatly we islendik dürli görnüşli konstruksiýaly we kuwwatly desgalarda ýönekeý serişdeler bilen ýakmaklygy amala aşyrmaga mümkünçilik berýär. Gaz şekilli ýangyçlar gelip çykyşy boýunça **adaty** we **emeli** diýen topara bölünýär. Adaty hem öz gezeginde **tebigy** we **nebitpromysl** – nebit ýataklaryndan alynýan **ugurdaş** (poput) gazlara bölünýär.

Tebigy gazlar ýerden togalagyndan 100 atm. we ondan hem ýokary basyşda zyňlyp çykýan arassa gaz ýataklaryndan alynýar.

Ugurdaş gazlar esasan nebit skwažniýalarynyň ulanylýan sebitlerinden we nebit çykýan nebit ýataklarynyň sebitlerinden nebit bilen bile uly mukdarda bölünip çykýar.

Tebigy gaz öz düzümi boýunça dürli uglewodorodlaryň garyndysy bolup, metanyň ( $\text{CH}_4=90\div98\%$ ) köp mukdaryny,  $\text{CO}_2$ -niň ( $\text{CO}_2=0.1\div0.2\%$ ),  $\text{N}_2$ -niň ( $\text{N}_2=1.2\div5\%$ ) we başgalaryň az mukdaryny saklaýandygy bilen tapawutlanýar. Tebigy gazlaryň ýanandaky ýylylygy–  $Q_a^i=35\div37 \text{ MJ/m}^3$ .

Nebit ýataklaryndan alynýan gazlarda (ugurdaş gaz) metanyň mukdary ( $\text{CH}_4=50\div85\%$ ) birnäçe azdyr, emma,  $\text{C}_m\text{H}_n$  ýokarky uglewodorodlaryň mukdary köpdür.

**Emeli gazlar** diýlip gaty we suwuk ýangyçlardan gurak, üstünden howa goýberip gysyp çykarmak ýoly bilen, şeýle hem, önümçiligiň galyndylary görnüşinde alynýan gaz şekilli ýangyçlara aýdylýar.

Emeli gazlara: domen gazy – metallurgiýa zawotlarynda çoýun eredilende gapdalyndan çykýan önüm; koks gazy – koks alynanda emele gelen; ysýklandyryjy gazlar – kömüri gurak gyzdyrylanda emele gelýän; generator – gaz generatorlarynda alynýan gazlar degişlidir.

Generator gazynyň ýanandaky ýylylygy  $Q_a^i=5\div7 \text{ MJ/m}^3$ .  
Domen gazynyň ýanandaky ýylylygy ýokary däl (  $Q_a^i=3\div4 \text{ MJ/m}^3$  ).

Emeli gaz şekilli ýangyçlar ýanandaky ýylylygy boýunça pes kaloriýaly ( $Q_a^i\leq 10.5 \text{ MJ/m}^3$ ), orta kaloriýaly ( $Q_a^i=10.5\div21^\circ \text{ MJ/m}^3$ ) we ýokary kaloriýaly ( $Q_a^i\geq 21 \text{ MJ/m}^3$ ) böleklere bölünýär.

1.5-nji tablisa

Gazyň ady	Himiki formulasy	Ýanandaky aşaky ýylylygy $Q_a^i$		Nazary mukdary	
		MJ/m <sup>3</sup>	kkal/m <sup>3</sup>	Ýakmak üçin howa $V_h$ , m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Ýananda emele gelyän gaz $V_g$ , m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Metan	CH <sub>4</sub>	35.9	8558	9.52	10.52
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	64.0	15 230	16.66	18.16
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	81.3	21 800	23.80	25.80
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	118.8	28 345	30.94	33.44
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	146.0	34 900	30.08	41.08
Etilen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	59.0	14 110	14.28	15.28
Assetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	58.0	13 385	11.90	12.40
Wodorod	H <sub>2</sub>	10.8	2576	2.38	2.88
Okis uglerody	CO	12.6	3016	2.38	2.88
Serowodorod	H <sub>2</sub> S	24.5	5585	7.14	7.64

**Suwuk uglewodorod gazlary** uglewodorodlaryň garyndysy bolup (butan C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, propan C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, etan C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, propilen C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), normal şertlerde (t=0÷20 °C temperaturada we P=1÷1.5 MPa basyşda) suwuk halda saklanýar. Suwuk gazlaryň ýanandaky ýylylygy  $Q_a^i=95 \text{ MJ/m}^3$ .

Adaty gazlaryň içinde ýangyç hökmünde iň köp ulanylýany tebigy gazdyr. Emeli gazlary bug gazanlarynyň ojaklarynda ýakmak üçin ulanylmaýar. Gaz şekilli ýangyçlaryň ýanandaky ýylylygy gazyň gury massasy boýunça hasaplanýar.

Ýanyjy gazlaryň ýylylyk tehniki häsiýetnamasy, ýakmak üçin gerek bolýan howanyň we ýanandan soň emele gelyän gazyň nazary mukdary 1.5-nji tablisada berilýär.

Umumy dünýä ätiýaçlygyndaky dürli görnüşdäki organiki ýangyçlaryň takmynan 92%-i kömür, 1,5%-i torf, nebit we tebigy gaz, bolsa 6% töweregini, ýangyçlaryň beýleki görnüşleri bolsa – 0,5% töweregini tutýar.

## Ikinji bap. ÝANMA PROSESI

### 2.1. Ýanma prosesi hakynda düşünje

Ýangyjyň ýanma prosesi tehnikanyň ähli ugurlaryndaky dürli agregatlarda giňden ulanylýan proses bolup, içinden ýandyrylýan hereketlendirijilerde, gaz turbinalarynda, reaktiv we raketa hereketlendirijilerde, gazan agregatlarynda we beýleki enjamlarda bolup geçýär.

Ýangyjyň düzümindäki maddalaryň okislenmeginde bolup geçýän fiziki-himiki prosesiniň netijesinde, yzygiderli ýylylygyň bölünip çykmagy bilen, ýanýan ýangyjyň we ýanmada emele gelýän gazlaryň temperaturasynyň ýeterlik derejede ýokarlanmagy bilen bolup geçýän prosese ýanma prosesi diýilýär. Şonuň üçin ýanma prosesiniň geçmegine ýangyç bilen bile okislendirijiniň bolmagy hökmandyr. Okislendiriji hökmünde arassa kislorody (gaz şekilli ýa-da suwuk halnda), ýa-da göwrümünde 21% kislorody saklaýan atmosfera howasyny ulanmak bolar.

Ýanma prosesiniň başlanmagy üçin ýangyjy otlama temperaturasyna çenli gyzdyrylýar. Ýangyçlaryň dürli görnüşleri üçin otlama temperaturasynyň derejesi örän tapawutlydyr. Eger ýangyç bilen okislendiriji maddanyň berilmek gatnaşygy bozulsa, ýa-da ýylylygyň äkidilişi çürtkesik ýokarlansa, onda ýanma prosesinde temperatura peselýär we prosesiniň togtamagy mümkin.

Uglerodyň doly ýanmagynda  $\text{CO}_2$  kömürturşy gazy emele gelýär, doly ýanmadyk şertinde – uglerodyň okisi (CO) emele gelýär.

Wodorodyň ýanmagyndan suw bugy ( $\text{H}_2\text{O}$ ), kükürdiň ýanmagyndan bolsa kükürtli gaz (kükürt angridi) ( $\text{SO}_2$ ) emele gelýär.

Ýanma prosesiniň tizligini kesgitleýän esasy alamatlar:

-ýanma prosesinde ýangyç bilen okislendirijiniň gatnaşygynyň laýyklygy;

- ýanmada emele gelýän tüsse gazynyň äkidiliş zyygiderliligi;

- prosesiniň temperaturasynyň kadaly saklanmagy;

- molekulalaryň prosesine gatnaşygyny sazlaýjy üstler. Şu alamatlar ýanmak prosesiniň tizligini kesgitleýän esasy alamatlar hasaplanýar.

Ýanyjy elementleriň okisleyji bilen garyşyp, garyndy (ýangyç garyndysy ýa-da garyndy diýip atlandyrylýan) emele getirme şerti ýanma prosesine uly täsir edýär. Şonuň üçin ýanma prosesi **kinetiki**, haçan-da garyndynyň ýanma prosesinden öň bolup geçmegi bilen we **diffuziýa**, haçan-da garyndy ýanma prosesi bilen bir wagtda bolup geçýänligi bilen tapawutlanýar. Kinetiki ýagdaýda ýangyjyň howa bilen okislenme tizligi garyndynyň emele gelmek prosesine bagly bolmaýar we himiki reaksiýanyň kinetikasy bilen kesgitlenýär, diffuziýa ýagdaýda bolsa ähli prosesler garyndy emele gelmede bolup geçýär. Gaz şekilli ýangyjyň ýanma prosesi iki işçi maddanyň hem— ýangyjyň we okislendirijiniň birmeňzeş agregat halyna bolmagy bilen tapawutlanýar. Gaz şekilli ýangyçlaryň garyndysynyň emele gelmek usulyna baglylykda ýanma prosesi kinetiki ýagdaýda-da we edil şonuň ýaly diffuziýa ýagdaýda-da bolup bilýär. Gaty ýangyçlar ýakylanda ilki bilen ony gyzdymak zerurdyr. Ýangyç uçujy maddalary emele getirýän temperatura çenli gyzdurylýar, ondan soň bolsa ýangyçdan emele gelen uçujy maddalar howa bilen garyndy emele getirýär we ýanma bolup geçýär. Şol ýanma prosesinden soň uglerodyň ýanma prosesi başlanýar. Şeýlelikde gaty ýangyjyň ýanma prosesi diffuziýa ýagdaýynda amala aşýar.

Suwuk ýangyjyň ýanma prosesi kinetiki ýagdaýda-da (meselem, garyndyny daşynda emele getirýän hereketlendirijilerde), diffuziýa ýagdaýda-da geçip bilýär (garyndyny içinde emele getirýän hereketlendirijilerde).

Gaty, suwuk we gaz halndaky ýangyçlaryň ýanma prosesini birnäçe döwürlere bölüp bolýar (2.1-nji tablisa).

2.1-nji tablisa

Ýangyjyň görnüşi		
Gaty	Suwuk	Gaz şekilli
Gyzdyrmak Çygyň bugarmagy Uçuýy gazlaryň çykmagy Koksyň emele gelmegi Uçuýy gazlaryň ýanmagy Şlagyň emele gelmegi	Gyzdyrmak Çygyň bugarmagy Uçuýy gazlaryň çykmagy Uçuýy gazlaryň ýanmagy Koksyň ýanmagy	Gyzdyrmak  Uçuýy gazlaryň ýanmagy

Ýangyçlaryň görnüşlerine, häsiýetlerine ýylylygynyň äkidilişine we beýleki faktorlara baglylykda olaryň otlanma temperaturasy dürli-dürlidir. Olaryň käbirleri hakynda 2.2-nji tablisada (maglumat) berilýär.

2.2-nji tablisa

Ýangyjyň ady	Temperatura, °C	Ýangyjyň ady	Temperatura, °C
Wodorod $H_2$ howa bilen garyşmada	550÷625	Mazut flotly $\Phi$ -5 $\Phi$ -12	80 90
Uglerod okisi CO howa bilen garyşmada	630÷672	Az kükürtli 40 Az kükürtli 100	90 110 140 300
Metan $CH_4$	800÷850	Köp kükürtli 200	230 250-400
Etan $C_2H_6$	540÷594	Odun	400-500
Propan $C_3H_8$	525-588	Torf	500-600
Butan $C_4H_{10}$	490-570	Goňur kömür	600-700
Benzin	400	Daş kömür	700-750
Kerosin	380	Ýarym antrosit	
Dizel ýangyjy	30÷90	Antrosit	
Solýarka ýangyjy	125	Koks	

## 2.2. Ýangyjyň ýanmagy üçin berilmeli howanyň nazary we amaly mukdary

Ýangyjyň işçi massasynyň düzümi belli bolan şertlerde ýanma kanunynyň esasynda şol ýangyjyň doly ýanmagy üçin zerur bolan howanyň nazary mukdaryny kesgitlemek bolar. Şol howanyň kesgitlenen mukdaryna 1 kg gaty ýa-da suwuk, şeýle hem 1 m<sup>3</sup> gaz halyndaky ýangyjy doly ýakmak üçin gerek bolan howanyň nominal (takyklanan ýa-da bellenen) ýa-da nazary mukdary diýilýär. Bu nominal mukdardaky howanyň düzümindäki kislorod ýanma prosesinde doly ulanylýar we howanyň şol nominal mukdary 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> ýangyjyň doly ýanmagyna ýeterlik bolmalydyr. Howanyň nominal mukdary m<sup>3</sup>-da ölçenilýär.

Ýanma prosesinde ýangyjyň garyndysynda okislendirijiniň ýetmezçilik etmegi zerarly ýanyjy elementler ýanman tüsse gazy bilen çykarylýp zyňylýar. Şol sebäpli ýanma prosesinde ýangyjyň doly ýanmagy üçin okislendirijiniň mukdary ýeterlik bolar ýaly howany kesgitlenen nazary mukdardan artykmaç mukdarda bermek talap edilýär. Bu artykmaçlygy hasaba alnyp berilýän howanyň mukdaryna howanyň **amaly mukdary** ýa-da sarp edilýän **hakyky mukdary** diýilýär.

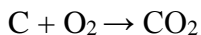
Ýangyjyň görnüşine, ýakylyş usulyna we ýakylyan kameranyň görnüşine ýa-da ojagyň enjamyna baglylykda howanyň hakyky mukdary nazary mukdaryndan 10÷60%-e çenli artdyrylyp berilýär. Ýangyjy ýakmak üçin berilýän howanyň nazary mukdary  $V_n$ , howanyň hakyky mukdary  $V_h$  bilen belgilenýär we m<sup>3</sup>-da ölçenilýär. Ýakmak üçin ojaga berilýän howanyň  $V_h$  hakyky mukdarynyň, howanyň zerur bolan  $V_n$  nazary mukdaryna bolan gatnaşygyna **howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti** diýilýär we  $\alpha$  bilen belgilenýär:

$$\alpha = \frac{V_h}{V_n}. \quad (2.1)$$

Howanyň hakyky berilýän mukdaryny kesgitlemek üçin ( $V_h$ ) ilki howanyň nazary mukdaryny kesgitlemek zerurdyr.

Howanyň nazary mukdaryny  $V_n$  kesgitlemek üçin bolsa  $CO_2$ ,  $SO_2$  gazlaryny we  $H_2O$  – suw bugunyň molekulýar massalaryny göz önünde tutup, ýangyjyň doly ýanma reaksiýasynyň shemasyna seredeliň.

Kömürturşy gazy üçin:



ýa-da

$$12 \text{ kg } C + 32 \text{ kg } O_2 = 44 \text{ kg } CO_2$$

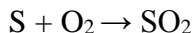
onda

$$1 \text{ kg } C + \frac{32}{12} \text{ kg } O_2 = \frac{44}{12} \text{ kg } CO_2$$

ýa-da

$$1 \text{ kg } C + \frac{8}{3} \text{ kg } O_2 = \frac{11}{3} \text{ kg } CO_2.$$

Kükürt angidridi üçin:



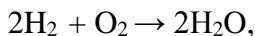
ýa-da

$$32 \text{ kg } S + 32 \text{ kg } O_2 = 64 \text{ kg } SO_2,$$

onda

$$1 \text{ kg } S + 1 \text{ kg } O_2 = 2 \text{ kg } SO_2.$$

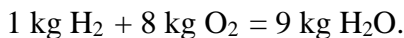
Suw bugy üçin:



onda

$$4 \text{ kg } H_2 + 32 \text{ kg } O_2 = 36 \text{ kg } H_2O$$

ýa-da



Ýanma reaksiýasyndan görnüşi ýaly,  $\text{CO}_2$  – kömürturşy gazyndaky 1 kg uglerodyň ýanmagy üçin  $8/3$  kg kislorod;  $\text{SO}_2$  – kükürt angidridindäki 1 kg kükürdiň ýanmagy üçin 1 kg kislorod we 1 kg wodorodyň ýanmagy üçin 8 kg kislorod zerur bolýar.

Şeýle ýagdaýda 1 kg ýangyjyň ýanmagy üçin kislorodyň zerur bolan nazary mukdary şeýle bolýar:

$$\frac{\frac{8}{3} C^i + 8 H^i + S_u^i - O^i}{100},$$

bu ýerde  $C^i$ ,  $H^i$ ,  $S_u^i$  we  $O^i$  – massasy boýunça göterimde (%) berilýär.

$O^i$  – ululyk formulada otrisatel belgi bilen berilýär. Sebäbi ýangyjyň düzümindäki kislorod edil ýangyjy ýakmak üçin daşyndan berilýän howa bilen barýan kislorod ýaly ýangyjyň ýanma prosesinde ulanylýar.

Şeýlelikde howanyň nazary mukdary aşaky görkezilen formula boýunça aňladylýar:

$$L_n^i = \frac{100}{23,2} \cdot \frac{\frac{8}{3} C^i + 8 H^i + S^i - O^i}{100}. \quad (2.2)$$

Bu ýerde 23,2 – howanyň düzümindäki kislorodyň massasy boýunça göterimde berlen mukdary.

Formulany ýönekeýleşdirip alarys:

$$L_n^i = 0,115 C^i + 0,345 H^i + 0,043 (S^i - O^i). \quad (2.3)$$

Howanyň  $\rho_h=1.293 \text{ kg/m}^3$  dykzlygyny göz önünde tutup, onuň zerur nazary mukdaryny indiki formulada aňladarys ( $m^3/kg$ ):

$$V_n^i = \frac{L_n^i}{\rho_h} = \frac{L_n^i}{1.293}$$

ýa-da

$$V_n^i = 0.089 C^i + 0.266 H^i + 0.033 (S_u^i - O^i). \quad (2.4)$$

Ýanma prosesini gurnamakda goýberilýän näsazlyklar zerarly ojaga ýa-da ýanma kamerasyna berilýän ýangyçlaryň doly ýanmagyny üpjün etmek başartmaýar. Ojakdaky ýangyjyň käbir bölegi kolosnikow gözenegiň üstünden gaçýar, has kiçi, ýeňil kiçi bölekleri ýanan gazlaryň tiz hereketi netijesinde gazan agregadynyň gaz çykaryjy kanaly bilen zyňylýar, ýangyjyň çäge we şlak bilen gurşalyp ýanmadyk bölegi ojakdaky galyndylar bilen bile alnyp zyňylýar. Şeýle ýagdaýda birnäçe mehaniki sebäplere görä ýanyp bilmeýän ýitgiler ýüze çykýar. Şonuň ýaly sebäplere görä ýangyjyň ýitirilmegine ýangyjyň **mehaniki doly ýanmazlygynyň** ýitgisi diýilýär we  $q_m$  bilen belgilenýär. Ony bolsa ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylygynyň üsti bilen % hasabynda şeýle aňlatmak bolar:

$$q_m = \frac{Q_m}{Q_a^i} \cdot 100.$$

$Q_m$  – mehaniki ýanmazlykdan ýitýän ýangyjyň netijesinde ýitirilýän ýylylyk mukdary. Mehaniki doly ýanmazlygyň ýitgisini göz önünde tutup, howanyň  $V_n$  zerur mukdaryny kesgitläris:

$$V_n = (1 - \frac{q_m}{100}) V_n^i, \quad (2.5)$$

onda

$$V_h = \alpha V_n = (1 \div 1.6) V_n. \quad (2.6)$$

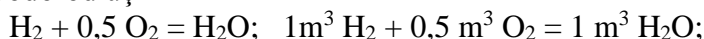
Ýangyjyň görnüşine we onuň düzümine görä 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> ýangyjy ýakmak üçin gerek bolan howanyň nazary mukdary hasaplamalaryň üsti bilen kesgitlenip edebiýatlarda tablisalaryň üsti bilen berilýär (suwuk, gaz şekilli ýangyçlar üçin 1.4-1.5-nji tablisalarda görkezilýär).

Gaz şekilli ýangyçlar ýakylan ýagdaýynda gerek howanyň nazary mukdary kesgitlenende gaz şekilli ýangyjyň komponentleriniň ýanma reaksiýasynyň stehiometrik deňlemesiniň esasynda alynýar. Şeýle ýagdaýda komponentleriniň bir molunyň göwrümi edil hyýaly gazlaryňky bilen birmeňzeş ýaly kabul edilýär. Onda ýanma prosesinde:

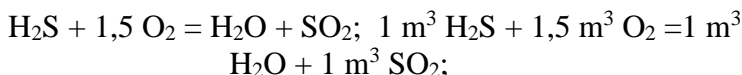
uglerodyň okisi üçin



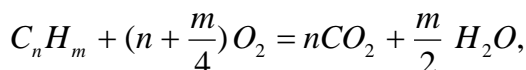
wodorod üçin



kükürt wodorody üçin



uglewodordlar üçin



$$1m^3 C_n H_m + (n + \frac{m}{4})m^3 O_2 = nm^3 \cdot CO_2 + \frac{m}{2} m^3 H_2O$$

we ş.m.

Başgaça aýdylanda gaz şekilli ýangyjy düzüjileriň doly ýanma reaksiýasyndan görnüşi ýaly her bir 1 m<sup>3</sup> CO-nyň ýanmagy üçin 0,5 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> talap edilýär we reaksiýadan soň 1 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> emele gelýär.

Gaz şekilli ýangyjyň beýleki komponentleriniň ýanmagy üçin gerek bolan kislorody we deňşililikde howany kesgitläp bolýar. Eger gaz şekilli ýangyjy düzýän komponentleriň mukdaryny göterimde aňlatsak, gerek bolan kislorodyň mukdaryny m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>-da taparys:

$$O_2^n = 0,01(0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \Sigma(n + \frac{m}{4})C_n H_m - O_2) \quad (2.7)$$

howanyň mukdary, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>:

$$V_n = 0,0476(0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \Sigma(n + \frac{m}{4})C_n H_m - O_2) \quad (2.8)$$

onda

$$V_h = \alpha \cdot V_n. \quad (2.9)$$

Bu ýerde  $\alpha$  – howanyň artykmaçlyk koeffisiýentiniň ululygy ýokary derejeli enjamlar bilen ornaşdyrylan ojaklarda ýakylýan gaz şekilli ýangyç üçin 1,02 – den 1,4 aralygynda kabul edilýär ( $\alpha = 1,02 \div 1,4$ ).

### 2.3. Ýangyç ýananda emele gelýän gazlaryň göwrümi

Ýangyjyň 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> mukdary normal şertde (0 ÷ 20 °C temperaturada we 760 mm.sim.süt. basyşda) doly ýananda bölünip çykýan gaz şekilli önüminiň, ýagny tüsse gazynyň

göwrümini kesgitlemek zerurdyr. Ýangyjyň doly ýanmagynda ondan bölünip çykýan tüsse gazy aşaky düzümden ybarat:

- CO<sub>2</sub> kömürturşy gazyndan, H<sub>2</sub>O suw bugundan (ýangyjyň düzümindäki wodorodyň ýanmagyndan emele gelýän) we SO<sub>2</sub> kükürtli anhidritden;

- ýangyçdaky çygyň bugarmasyndan, ojaga berilýän çygly howanyň getirýän çygyndan we kä halatda berilýän gyrgyz bugdan emele gelýän suw bugundan;

- ýangyçdan gelýän azotdan we howadan gelýän azotdan;

- howadan berilýän kislorodyň ýangyç ýananda ulanylmadyk böleginden ybaratdyr.

Ýangyç ýananda emele gelýän gazlar **gury gazlara we suw buguna** bölünýär. Emele gelýän gazlar ýörite gazoalnalizatorlaryň kömegi bilen (ГХП-2 we ГХП-3 Orsa-Fişera) analiz edilende diňe gury gazlaryň otnositel düzümi kesgitlenýär. Suw buguny bolsa enjama çenli kondensirlenýänligi sebäpli kesgitläp bolmaýar.

Gury gazlardaky her bir gazyň göwrüm gatnaşyklaryny m<sup>3</sup>/kg – da kabul edip, kömürturşy gazyň göwrümini V<sub>CO<sub>2</sub></sub>, kükürtli anhidritini – V<sub>SO<sub>2</sub></sub>, azodyňkyny – V<sub>N<sub>2</sub></sub>, kislorodyňkyny – V<sub>O<sub>2</sub></sub> we degişlilikde şol gazlaryň göwrümi boýunça % gatnaşygy CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> we O<sub>2</sub> belgiläp aşaky aňlatmany ýazarys:

$$V_{g.g.} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (2.10)$$

ýa-da % - de

$$100 = CO_2 + SO_2 + N_2 + O_2 \quad (2.11)$$

Tüsse gazynyň doly göwrümi

$$V_g = V_{g.g} + V_{s.b.}, \quad (2.12)$$

bu ýerde V<sub>s.b</sub> – suw bugunyň göwrümi, m<sup>3</sup>/kg.

Öz gezeginde, gury gazlaryň göwrümini üç we iki atomly gazlaryň göwürümleriniň jemi görnüşinde kabul edeliň.

Onda:

$$V_{g.g}=V_3+V_2. \quad (2.13)$$

Üç atomly gazlaryň görümi

$$V_3 = V_{CO_2} + V_{SO_2} , \quad (2.14)$$

$$RO_2 = CO_2 + SO_2 \quad (2.15)$$

Professor L.K. Ramziniň teklibi boýunça kömürturşy gazynyň we kükürtli ангидридиň jemleri üçin  $RO_2$  alamaty girizilen. Hasaplamalarda görkezilen gazlaryň ikisi bilelikde hasaba alynýar. Üç atomly gazlaryň jemlenen mukdarynyň kabul edilmegi amatlydyr, sebäbi ГХІІ-2 we ГХІІ-3 gazoanalizatory hemişe  $CO_2 + SO_2 = RO_2$  % - hasabyndaky mukdarynyň jemini berýär, şeýle hem  $CO_2$  we  $SO_2$  gazlaryň ýylylyk sygymynyň aratapawudy juda kiçi bolany sebäpli hasaplamalarda olar birmeňzeş kabul edilýär.

Iki atomly gazlaryň göwrümi

$$V_2 = V_N + V_o \quad (2.16)$$

ýa-da % - de

$$N_2 + O_2. \quad (2.17)$$

Ýanma reaksiýasyndan belli bolşy ýaly 1 kg uglerod ýananda 11/3 kg kömürturşy gazy bölünip çykýar, 1 kg kükürt ýananda – 2 kg kükürtli ангидрит we 1 kg wodorod ýananda bolsa – 9 kg suw bugy emele gelýär.

Şeýlelikde, 1 m<sup>3</sup> kömürturşy gazy özünde

$$\frac{3 \cdot 1,977}{11} = 0,54 \quad \text{uglerod saklýar,}$$

1 m<sup>3</sup> kükürtli angidrid –

$$\frac{1 \cdot 2,927}{2} = 1,464 \quad \text{kg kükürdi özünde saklýar,}$$

bu ýerde 1,977 kg/m<sup>3</sup> – kömürturşy gazynyň normal şertdäki dykyzlygy;

2,927 kg/m<sup>3</sup> – şol şertde kükürtli angidridiň dykyzlygy.

Şu görkezmeleriň esasynda massa boýunça özünde uglerod  $C^i$ , % we kükürt  $S_u^i$ , % saklaýjy 1 kg ýangyç ýananda (howanyň artykmaçlygyna bagly bolman) emele gelýän göwrüm:

kömürturşy gazy

$$V_{CO_2} = \frac{C^i}{100 \cdot 0,54} = \frac{C^i}{54} ,$$

kükürtli angidridi

$$V_{SO_2} = \frac{S_u^i}{100 \cdot 1,464} = \frac{S_u^i}{146,4} .$$

Şu gatnaşyklary göz önünde tutup üç atomly gazlaryň emele getirýän göwrümi

$$V_3 = V_{CO_2} + V_{SO_2} = \frac{C^i}{54} + \frac{S_u^i}{146,4} = \frac{C^i + 0,375 S_u^i}{54} = \frac{K^i}{54} , \quad (2.18)$$

bu ýerde  $K^i = C^i + 0,375 S_u^i$  % - ýangyçdaky uglerodyň getirme mukdary.

Şeýlelikde, ýangyç doly ýanan şertinde üç atomly gazlaryň göwrümi şeýle bolýar:

$$V_3' = 0.0185 K^i \quad (2.19)$$

ýa-da ýangyjyň mehaniki doly däl ýanmagyny hasaba alnanda

$$V_3'' = 0.0185 K^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right). \quad (2.20)$$

Bu ululyk berlen ýangyç üçin hemişelik bolup,  $RO_2$ -ä we howanyň artykmaçlygyna bagly däl.

Ýangyç doly ýanan şertinde ( $\alpha = 1$ ) iki atomly gazlaryň nazary göwrümi

$$V_2' = 0.79 V_n' + \frac{N^i}{100 \cdot \rho_{N_2}} = 0.79 V_n' + \frac{N^i}{100 \cdot 1.257} = 0.79 V_n' + 0.008 N. \quad (2.21)$$

Ýangyjyň mehaniki doly däl ýanmagyny hasaba alnanda

$$V_2'' = 0.79 V_n + 0.008 N^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right). \quad (2.22)$$

Bu ýerde 0,79 – howada azodyň göwrümleýin mukdary;

0,008  $N^i$  – ýangyçdan azodyň bölünip çykmagy netijesinde emele gelýän gury gazlaryň tutýan göwrümi.

Iki atomly gazlaryň  $\alpha > 1$  mehaniki doly däl ýanmagy hasaba alnanda tutýan göwrümini şeýle aňladyp bolar:

$$\begin{aligned} V_2 &= V_2'' + (\alpha - 1)V_n = 0.79 V_n + 0.008 N^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right) + (\alpha - 1)V_n = \\ &= (\alpha - 0.21)V_n + 0.008 N^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right). \end{aligned} \quad (2.23)$$

Şeýlelikde,

$$V_2 = (\alpha - 0,21)V_n + 0,008 N^i (1 - \frac{q_m}{100}). \quad (2.24)$$

Ýangyjyň 1 kg ýananda emele gelýän gazlaryň düzümindäki suw bugunyň göwrümi (2.24) formula bilen kesgitlenýär.

Öň belläp geçilişi ýaly, ýangyjyň düzümindäki wodorodyň  $H^i$  ýanmagy netijesinde emele gelýän we ýangyçda bar bolan çygyň  $W^i$  bugarmagyndan, şeýle hem, ýanyş kamerasyna ýa-da ojaga berilýän howadaky çygyň bugarmasyndan, forsunkadan berilýän bugdan ýa-da ýangyjy bug bilen pürküp berlende gelýän buguň netijesinde tüsse gazlarynyň düzüminde suw bugy emele gelýär.

Suw bugunyň jemi göwrümi

$$V_{s.b} = \frac{9H^i + W^i + 100 W_f}{100 \cdot 0,805} (1 - \frac{q_m}{100}) + \frac{V_n \alpha d_h}{100 \cdot 0,805},$$

bu ýerde  $H^i$  we  $W^i$  – ýangyçdaky wodorodyň we çyglylygyň massa boýunça % - däki mukdary;  $W_f$  – ýangyjy pürküp bermek üçin sarp edilýän buguň mukdary bolup, ol 1 kg mazut ýangyjy üçin 0,3 kg-e barabardyr.

0,805 – normal şertlerde suw bugunyň dyklyzlygy,  $\text{kg/m}^3$ ;

$d_h$  – howanyň çyglylyk saklaýjylygy, ol  $8 \text{ g/m}^3$  diýip kabul edilýär.

Ýokarky formulalardan alarys:

$$V_{s.b} = 0,0124(9H^i + W^i + 100W_f)(1 - \frac{q_m}{100}) + 0,00124V_n \alpha d_h. \quad (2.25)$$

Ýokarda görkezilen (2.12) we (2.13) formulalary hasaba alyp ýangyç ýananda emele gelýän gazlaryň jemi göwrümi

$$V_g = V_{g.g} + V_{s.b} = V_3 + V_2 + V_{s.b}$$

ýa-da

$$\begin{aligned} V_g = & 0,0185 K^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right) + (\alpha - 0,21)V_n + 0,008 N^i \left(1 - \frac{q_m}{100}\right) + \\ & + 0,0124 (9H^i + W^i + 100 W_f) \times \\ & \times \left(1 - \frac{q_m}{100}\right) + 0,00124 V_n \alpha d_h. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Ýokarky hasaplama formulalar gazan agregatlarynyň taslamasy düzülende ulanylýar, şeýle hem, olary gazan agregatlaryny işledip barlag geçirilende tüsse gazynyň analiziniň netijesini seljermek üçin peýdalanyp bolýar.

Gaz şekilli ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazynyň düzümini edil ýokardaky  $V_n$ -iň kesgitlenişi ýaly aňlatmalaryň esasynda kesgitlep bolar. Gaz şekilli ýangyçlaryň düzümi üçin ýanma reaksiýasynyň deňlemelerini peýdalanyp, üç atomly gazlaryň göwrümini,  $m^3/m^3$ , alarys:

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + CH_4)$$

Bu bolsa ýangyjyň göwrüminiň etan, propan we butan gazlarynyň jemi mukdarynyň 3%-den kiçi we gaz şekilli ýangyjyň esasy metandan düzülen şertine dogry gelýär.

Tüsse gazynda azodyň göwrümi

$$V_{N_2}^n = 0,79V^n + 0,01N^i$$

gury gazlar

$$V_{g.g}^n = V_{RO_2} + V_{N_2}^n. \quad (2.27)$$

Gaz şekilli ýangyç ýananda emele gelýän gazlardaky suw bugunyň nazary göwrümi

$$V_{H_2O}^n = 0,01(H_2 + H_2S + \Sigma \frac{n}{2} C_n H_m + 0,124 d_{g,y}) + 0,0161 \cdot V^n, \quad (2.28)$$

bu ýerde  $d_{g,y}$  – gaz şekilli ýangyjyň çyglylygy, g/m<sup>3</sup>.

Ýangyç ýananda bölünip çykýan gazyň jemi nazary göwrümi, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>:

$$V_g^n = V_{g,g} + V_{H_2O} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}. \quad (2.29)$$

Eger, tüsse gazynyň analizinden ýangyç ýananda emele gelýän gazyň düzüminde CO<sub>2</sub>, CO we CH<sub>4</sub> gazlaryň mukdary belli bolsa, onda gury gazlaryň göwrümi, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, aşaky formulanyň kömegi bilen kesgitlener:

$$V_{g,g} = \frac{CO_2^y + CO^y + 2CH_4^y + \Sigma C_n^y H_m^y}{CO_2 + CO + CH_4},$$

bu ýerde “y” indeksi ýangyçdaky ol ýa-da beýleki gazyň mukdaryna degişli bolup durýar.

Gury gazlaryň doly (hakyky) göwrümini, aşaky aňlatmadan kesgitläp bolýar:

$$V_{g,g} = V_{g,g}^n + (\alpha - 1)V^n. \quad (2.30)$$

Şeýle hem, suw bugunyň doly göwrümini, indiki görnüşde kesgitläp bolýar:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^n + 0,0161(\alpha - 1)V^n.$$

Gaz şekilli ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazynyň hakyky göwrümi, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + (\alpha - 1)V^n. \quad (2.31)$$

Getirilen formulalar howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti belli bolan şertinde tüsse gazynyň göwrümini kesgitlemäge ýardam berýär. Howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti bolsa hasaplamalar üçin garekjalaryň we ojak enjamlarynyň görnüşine, gazan agregatynyň we desgasynyň elementlerine baglylykda tejribeleriň esasynda saýlanyp alynýar we edebiýatlarda tablisa görnüşinde berilýär.

Gaty we suwuk halyndaky ýangyçlaryň ýanma görkezijileriniň hasaplama esasynda zerur bolan kislorodyň we emele gelyän önümiň mukdary 2.4-nji tablisada berilýär.

2.4-nji tablisa

Element (işçi massa)	Okislenme reaksiýasynyň himiki formulasý; okislenme önümi; reaksiýalaryň massa gatnaşygy (1 kmol hasaplamaly)	1 kg ýanyjy elementi ýakmak üçin kislorodyň zerur mukdary, kg	1 kg ýanyjy elementiň ýanmagyn- dan alynýan ýangyn önüminiň mukdary, kg
Uglerod	$C + O_2 = CO_2$ 12 kg C + 32 kg $O_2 = 44$ kg $CO_2$	$32/12 = 8/3$	$44/12 = 11/3$
Uglerod	$2C + O_2 = 2CO$ 24 kg C + 32 kg $O_2 = 56$ kg CO	$32/24 = 4/3$	$56/24 = 7/3$
Wodorod	$2H + O_2 = 2H_2O$ 4 kg H + 32 kg $O_2 = 36$ kg $H_2O$	$32/4 = 8$	$36/4 = 9$
Yanyjy kükürt	$S_{op+k} + O_2 = SO_2$ 32 kg S + 32 kg $O_2 = 64$ kg $SO_2$	$32/32 = 1$	$64/32 = 2$

## 2.4. Ýangyç ýananda emele gelyän gazyň entalpiýasy

Tehniki termodinamikadan belli bolşy ýaly gazlaryň ýylylyk sygymynyň ululygy olaryň düzümine we temperaturasyna baglydyr.

Ýangyjy ýakmak üçin peýdalanylýan howanyň entalpiýasyny kJ/kg ýa-da kJ/m<sup>3</sup>, şeýle kesgitlemek bolar:

$$I_n = V_n \cdot c_{\vartheta} \cdot \theta, \quad (20.32)$$

Bu formuladan:

$c_{\vartheta}$  – hemişelik basyşda we 0 °C-dan  $\theta$  °C-a çenli temperatura aralykda çygly howanyň orta göwrümleýin ýylylyk sygymy, kJ/(m<sup>3</sup> · K) ;

$\theta$  - ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazynyň temperaturasy, °C.

Ýangyç ýananda emele gelýän gazlarda uglerodyň iki okisi, kükürtli gaz, azot we suw bugy, olaryň hemmesi bilelikde tüsse gazynyň 95-den gowrak göterimini tutýar.

Azodyň mukdary tüssäniň düzümindäki iki atomly gazlaryň umumy göwrüminiň 75%-den gowragyny tutýar. Hasaplamalarda gazyň hemişelik temperaturadaky entalpiýasy ondaky RO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ýa-da gurak howanyň we H<sub>2</sub>O suw bugunyň mukdaryna baglylykda kabul edilýär.

Haçanda,  $\alpha = 1$  bolanda tüsse gazynyň göwrüminiň entalpiýasy, kJ/kg ýa-da kJ/m<sup>3</sup>, aşaky formula boýunça hasaplanýar:

$$I_g^n = V_{RO_2} \cdot c_{RO_2} \theta + V_{N_2} \cdot c_{N_2} \cdot \theta + V_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \theta \quad (2.33)$$

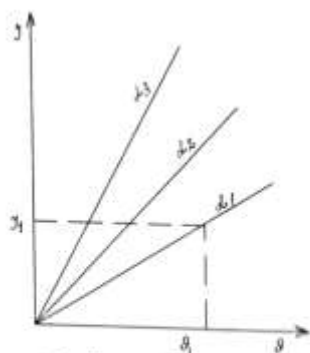
Her bir gazyň we howanyň aýratyn ýylylyk sygymynyň bahasy 0 °C-dan  $\theta$  °C-a çenli temperatura aralygynda tablisalarda berilýär.

Howanyň hakyky mukdarynyň berlen ýagdaýy üçin tüsse gazynyň entalpiýasy kJ/kg ýa-da kJ/m<sup>3</sup> :

$$I_g = I_g^n + (\alpha - 1)I_h^n. \quad (2.34)$$

Ýangyç ýananda emele gelýän gazlaryň entalpiýasy ýangyjyň ýakylyş usulyna, düzümine, temperaturasyna we

howanyň artykmaçlyk koeffisiýentine baglydyr. Şoňa laýyklykda hasaplamalaryň esasynda howanyň dürli artykmaçlyk koeffisiýenti ( $\alpha$ ) üçin tüsse gazynyň temperaturasyna baglylykda entalpiýasyny görkezýän grafigi gurulýar. Şol grafigiň üsti bilen  $\alpha$ -ň we  $\theta$ -niň islendik bahasynda tüsse gazynyň entalpiýasyny kesgitlemek bolar (2.1-nji surat).



2.1-nji surat. Tüsse gazynyň temperaturasyna we howanyň artykmaçlyk koeffisiýentine baglylykda entalpiýasy

Tüsse gazyny düzýän her bir gazyň we howanyň temperatura baglylykda orta ýylylyk sygymy boýunça gazlaryň entalpiýasyny kesgitlemek üçin (temperaturasy 100-den 1400 °C- çenli) 2.3-nji tablisadan peýdalanyň bolar:

2.3-nji tablisa

$\theta, K$	Gazlaryň göwrüm entalpiýasy, $kJ/m^3$				$\theta, K$	Gazlaryň göwrüm entalpiýasy, $kJ/m^3$			
	$RO_2$ ( $\Theta$ )	$N_2$ ( $\Theta$ )	$H_2O$ ( $\Theta$ )	$(\Theta)_h$		$RO_2$ ( $\Theta$ )	$N_2$ ( $\Theta$ )	$H_2O$ ( $\Theta$ )	$(\Theta)_h$
100	169	130	151	132	700	1461	946	1147	979
200	357	260	304	266	800	1704	1093	1335	1130
300	559	392	463	403	900	1951	1243	1524	1281
400	772	527	626	542	1000	2202	1394	1725	1436
500	996	664	794	684	1200	2717	1695	2131	1754
600	1222	804	967	830	1400	3240	2009	2558	2676

## II BÖLÜM

### GAZAN DESGALARY

#### Üçünji bab. GAZAN DESGALARY, OLARYŇ MAKSATLARY WE ELEMENTLERI

##### 3.1. Gazan desgalary we olaryň görnüşleri

Gazan desgasy bug hereketlendirijileri (turbina, porşenli maşynlar) we önümçilik ýa-da ýyladyş maksatlary üçin edilýän talaplara görä deňişlilikde bug ýa-da gyzgyn suw öndürmäne hyzmat edýär. Gazan desgasy ulanyş maksadyna baglylykda energetiki (elektrik stansiýalaryna hyzmat edýän), önümçilik, önümçilik-ýyladyjy we ýyladyjy topara bölünýär. Gazan desgalarynyň maksadyna laýyklykda olaryň öndürjiligi we öndürýän önüminiň (bug, gyzgyn suw) parametrleri ( $D$ ,  $t/\text{sag}$ ;  $Q$ ,  $\text{MWt}/\text{sag}$ ;  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $p$ ,  $\text{MPa}$ ) kesgitlenýär.

Gazan desgalarynda energiýa göteriji serişde hökmünde başlangyç çeşme–ýangyçdyr. Gazanlarda gyzgyn suw ýa-da suw buguny almak üçin başlangyç işçi jisim hökmünde bolsa suw hyzmat edýär. Ýangyç ýananda bölünip çykýan önümi bolan ýylylyk energiýasy ýylylyk çalşyjy apparatlaryň metal üstünden geçip, hereket edýän suwa we suw buguna berilýär. Gazan desgalarynda bug öndürmek üçin bolup geçýän prosesiniň esasy elementleri ýangyjyň ýanmak prosesi, ýangyç ýananda bölünip çykýan önüm bilen işçi jisiminiň arasyndaky ýylylyk çalyşma prosesi we bug emele gelme prosesi bolup durýar.

Gazan desgasy esasy iki bölege bölüp öwrenilýär–gazan agregatlary we kömekçi enjamlary.

Bug ýa-da gyzgyn suw öndürmek üçin zerur bolan gazan agregadynyň, kömekçi enjamlaryň we mehanizmleriň jemlenen toplumyna **gazan desgasy** diýilýär.

Gazan desgasy maksady boýunça–energetiki (elektrik energiýasyny öndürmek maksady bilen bug öndürýän),

önümçilik (senagata gerek bolan bagy öndürýän), önümçilik-ýyladyş (senagatda we ýaşaýyş, jemgyýetçilik jaýlary ýylatmak üçin bug ýa-da gyzgyn suw öndürýän), ýyladyş (ýaşaýyş we jemgyýetçilik jaýlaryny ýylatmak üçin gyzgyn suw öndürýän) bölekler bölünýär.

Gazan desgasy ulanýan ýangyjyň görnüşi boýunça gaty (kömürde), suwuk (mazutda) we gaz şekilli (tebigy gazy) ýangyçlarda işleýän desgalara bölünýär.

Öndürýän işçi jisiminiň görnüşi boýunça suw gyzdyryjy we bug öndüriji desgalara bölünýär.

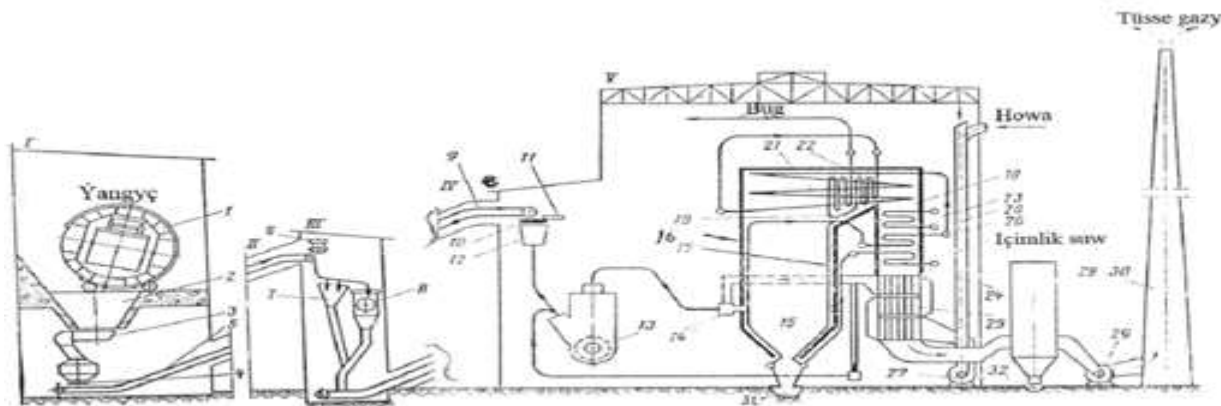
Ýylylyk öndürjilik we bug öndürjilik kuwwaty boýunça desgalar kuwwatly, orta kuwwatly, pes kuwwatly toparlara bölünýär.

Gazan desgasyňyň agregatlary, goşmaça enjamlary, olaryň yzygiderliligi we gurluşy 3.1-nji suratda görkezilýär.

Gazan desgasyňyň toplumynda ýangyç hojalygyndan başga dürli maksatly suw nasoslardan, turbalardan, arassalaýjy enjamlardan (suwy himiki arassalaýjy we deaerator), gyzdyryjy apparatlardan ybarat bolan suw taýýarlaýjy hojalygy, şeýle hem, hyzmat edýän birnäçe kömekçi hojalygy bardyr.

Gazan desgasyňyň gurluşy barada umumy düşüňjani 3.1-nji suratdan alyp bolar.

Gazan desgasy gaty ýangyç ýakmak üçin ojagy bolan bug gazany (16) bilen enjamlaşdyrylan. Ýangyç ojak enjamyna degişli mehanizmleriň üsti bilen berilýär. (3.1-nji suratda 1-den 14-e çenli).



3.1-nji surat. Bug öndürmegiň tehnologiýasynyň shemasy

I-ýangyç kabul edilýän-düşürilýän jaý; II-ýangyjy birinji göteriji konweýerleriň galareýasy; III-ýangyjyň owradylýan jaýy; IV-ýangyjy ikinji göteriji konweýerleriň galareýasy; V-baş bina; 1-wagonlardan kabul ediji; 2-ýangyç bunkeri; 3-ýangyç sorujy; 4 we 10-gorizontall konweýerler; 5-birinji göteriji konweýer; 6-demriň elektromagnit seperatory; 7-grohotlar-ýaňlandyryjy; 8-owradyjy; 9-ikinji göteriji konweýer; 11-oklaýjy; 12-owradylan ýangyjyň bunkeri; 13-kömür üweýji haraz; 14-gorelkalar; 15-ojak kamerasy; 16-gazan (ugurdaş akymly); 17-ojaktaky ekran turbalary; 18-gorizontall gaz ýoly; 19-konweksiýa şahtasy (wertikall gaz ýoly); 20-geçiş zolagy; 21-radiasiýa buguny aşa gyzdyryjy; 22-konweksion bugy aşagyzydyryjy; 23-bugy aralykda gyzydýran aşagyzydyryjy; 24-ekonomazyer; 25-howa gyzydyryjy; 26-sowuk howa üçin korob; 27-üfleýji wentilyator; 28-tozany-çägäni tutujy; 29-tüsse sorujy; 30-tüsse turbasy; 31-şlagý äkidiji enjam; 32-çägäni ekidiji enjam.

Ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazy tüsse sorujynyň (29) kömegi bilen ojakdan sorulyp radiasion we konwektiw gyzdryjy üstleriň üstünden geçýär. Buggy aýa gyzdryjylaryň (21), (22) we suw ekonomazyeriň (24) hem-de howa gyzdryjynyň (25) üstünden geçýär, öz ýylylygyny işçi jisime berip, temperaturasyny peseldýär. Soňra tüsse arassalaýjynyň (28) üstünden geçip, tüsse turbasynyň (30) içi bilen desganyň çäginde ýokary çykarylýp atmosfera zyňylýar.

İçimlik suw iýmitlendiriji nasosyň kömegi bilen turbageçiriji boýunça ilki suw ekonomazyerine (24) berilýär we gyzdrylýar. Soňra bolsa gazanyň ýokarky barabanyna berilýär. Gazanda emele gelýän çygly doýgun bug  $x=0,95\div 0,98$  guraklyk derejesi bilen buggy aşagyzdryjynyň bug geçirijisine barýar, aşagyzyr we bug geçiriji boýunça önümçilige ugradylýar.

Ýangyjyň ýanmagy üçin zerur bolan howa wentilýatoryň (27) kömegi bilen gazan desgasynyň binasynyň içinden (sowuk döwürde) ýa-da daşyndan (tomus döwürde) sorup alnyp, howa gyzdryjynyň üstünden geçirip, ojagyň aşak eteginden berilýär.

Ýangyç ýananda emele gelýän gazyň düzümindäki ýangyjyň maýda bölejiklerini, çägäni we şlagy tutup alyp galmak tozan-çäge tutujynyň (28) kömegi bilen amala aşyrylýar. Tozan-çäge tututyjyny (28) köp halatda gazan agregatynyň yzynda ýerleşdirilýär (3.1-nji surat). Gazan agregatynyň gyzdryjy üstüne çökýän ýangyjyň maýda bölejikleri, çäge we şlak gysylan howanyň ýa-da buguň kömegi bilen üfledip arassalanýar, ýuwulýar.

### **3.2. Gazan agregaty**

Gazan agregady diýlip, berlen basyşda we temperaturada, şeýle hem berlen mukdarda ( $p$ , МПа;  $t$  °C;  $D$ , t/sag) bug almak üçin niýetlenen energetiki enjama aýdylýar. Köp halatda şu enjamda buguň öndürilýändigini sebäpli oňa bug generatory ýa-da ýöne bug gazany hem diýilýär. Eger ahyrky önümi

senagatyň tehnologiýa prosesslerinde peýdalanylýan we senagat, jemgyýetçilik we ýaşaýyş jaýlarynyň ýyladyş ulgamyna niýetlenen bolup, talap edilýän parametrleri (basyş we temperatura) kanagatlandyryýan gyrgyz suwy öndürýän bolsa, onda ol enjama suw gyzdyryjy gazan diýilýär. Şonuň üçin ähli gazan agregatlaryny iki esasy synpa bölmek bolar: bug we suw gyzdyryjy gazan agregatlary.

Gazan agregatlary pes, orta we ýokary kuwwatly bug öndüriji we ýylylyk öndüriji gazanlar toparyna bölünýär.

Birinji topara – pes kuwwatly ýylylyk ýa-da bug öndüriji gazanlara – ýylylyk öndürijiligi  $4,6 \div 7,6$  MWt-a deň ýa-da pes bolan, bug öndürijiligi –  $2,78$  kg/sek (ýa-da  $10$  t/sag çenli); orta kuwwatly topara –  $11 \div 58$  MWt, ýa-da  $4,45$ -den  $20,85$  kg/sek çenli (ýa-da  $16$ -dan  $75$  t/sag çenli); ýokary kuwwatly gazanlara– $58$ MWt ýa-da  $75$ t/sag-dan ýokary mukdarda bug öndürýän gazanlar degişlidir.

Pes we orta kuwwatly gazanlar ýörite gurulýan gazan desgalarynda peýdalanylýar, ýokary kuwwatly bolsa – Ýylylyk elektrik merkezlerinde oturdylýar. Ýyladyş gazanlarynyň kuwwatlarynyň ösmegi bilen öndürijiligi  $100$  t/sag ( $27,8$  kg/sek) we ondan hem ýokary kuwwatly gazanlar taslanýlar we gurulýar.

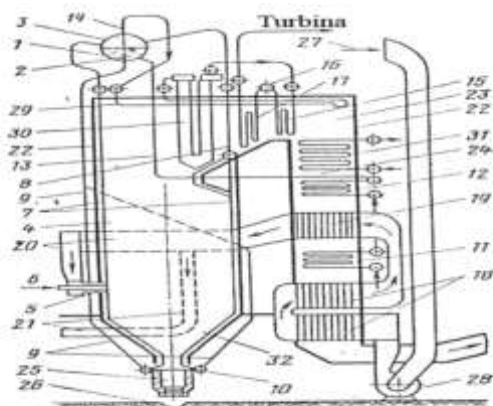
Bug öndürijiligi pes bolan gazan agregatlary ýyladyş gazan desgalarynda ulanylýar; bug öndürijiligi orta bolanlar – senagat gazan desgalarynda; bug öndürijiligi ýokary bolanlar – elektrostansiýalarynda (KES we ÝEM) ulanylýar.

Suw gyzdyryjy gazanlarda suwuň basyşy  $1,6 \div 2,5$  MPa, temperaturasy (gazandan çykanda) – degişlilikde  $150$  we  $260$  °C-e deňdir.

Bug öndürijiligi pes bolan gazan agregatlarynda buguň basyşy  $0,9$ -dan  $1,4$  MPa, bug öndürijiligi orta bolan gazan agregatlarynda  $4,0$  MPa-a çenli; bug öndürijiligi ýokary bolan, suwy we bug-suw garyndysy, tebigy aýlanyşyk edýän agregatlarda –  $14$  MPa – a çenli we ugurdaş akymly bug generatorlarynda  $25,5$  MPa-a çenli bolýar.

Suw gyzdyryjy gazanlarda gyzgyn suwuň görkezilýän temperatura çenli gyzdyrylyp taýýarlanmagy, doýgun ýa-da aşa gyzan buguň bug gazan agregadynda generirlenmegi esasan gazan agregadynyň ojagynda ýangyç ýakylanda emele gelýän ýylylygyň hasabyna amala aşyrylýar.

Gazan agregaity özünde hususy gazany, bugy aşa gyzdyryjyny, suw ekonomaýzeri, howa gyzdyryjyny, ojak enjamyny, şeýle hem, obmurowka, gaz ýoly, karkas, armaturalary we garnituralary jemleýär (3.2-nji surat).



**3.2-nji surat. Tebigy aýlanyşykly bug gazanynyň gurluşynyň shemasy**

1-baraban; 2-suw giňişligi; 3-bug giňişligi; 4-ojak kamerasy; 5-garelka; 6-ilkinji howa berliş; 7-diwardaky turbadan ekran; 8-bug aşa gyzdyryjynyň önünde gurlan feston; 9-suwy aşak goýberiji turbalar; 10-aşaky kollektorlar; 11,12-ekonomazyerler; 13-ekonomazyerden barabana barýan suw geçiriji turba; 14-barabandan bugy aşa gyzdyryja bug geçiriji turba; 15, 17-konwektiw aşa gyzdyryjynyň birinji we ikinji kontury; 16-bug sowadyjy; 18,19-birinji we ikinji howa gyzdyryjylar; 20-ikinci gyzgyn howa berliş; 21-ilkinji howa berlişiniň ýoly; 22-gazanyň daş tarapyndaky daşky gurşawy (obmurowkasy); 23-öwrümlü gorizontall gaz ýoly; 24-konwektiw gaz ýoly; 25-şlak sahtasy; 26-gidro şlak zyňylýan kanal; 27-desganyň ýokarky örtügininiň aşagyndan ýyly howanyň sorulýan ýeri; 28-ýyly howany howa gyzdyryjynyň üsti bilen ojaga üfleýji wentilýator; 29-potolokdaky aşa gyzdyryjy; 30-turbadan tekiz, ýarymradiasion üst (şirmalar); 31-ikinci gezekki aralyk bugy aşa gyzdyryjy; 32-ojagyň aşagy bölegindäki gaty şlagy äkidiji ulgamyň sowuk woronkasy.

**Bug gazany** – gazan agregatynyň esasy elementi bolmak bilen, ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylygy metal üst arkaly suwa geçirip, doýgun bug almak üçin niýetlenen ýylylyk çalşygy gurluş bolup durýar. Gazan desgasynda gazanlaryň birnäçesi gurnalýar we olaryň sany ikiden az bolmaly däl. Şonuň üçin gazan desgasynyň öndürjiligi ýa-da onuň kuwwaty desgada gurnalan gazanlaryň her biriniň öndürjiliginiň goşulmagyna deňdir.

Bug gazany – barabandan; kollektorlardan; baraban bilen kollektory birikdirýän, diwaryň ýüzünde ýerleşýän, gaýnadyjy ekran turbalar ulgamyndan; suwuň ýokarky barabandan aşakda ýerleşýän kollektora düşmegi üçin niýetlenen aşak goýberiji turbalardan; ýangyjyň himiki energiýasyny ýylylyk energiýa öwürmek bilen baglanyşykly – ojakdan ybaratdyr.

Gazanyň bug öndürjiligi sagatda öndürilen buguň kilogramdaky ýa-da tonnadaky mukdary bilen kesgitlenýär we D harpy bilen belgilenip kg/sag (t/sag) ýa-da kg/sek-de ölçenilýär.

Gazanyň ululygy köp halatda onuň metr kwadratdaky ( $m^2$ ) gyzdyryjy üstüniň (H) ölçegleri bilen häsiýetlendirilýär. Gazanyň **gyzdyryjy üsti** diýlip – bir tarapdan gyzgyn gazlar, beýleki tarapyndan bolsa işçi jisimiň (suw ýa-da bugsuw garyndysy) ýuwýan metal diwarlarynyň üstleriniň ählisiniň meýdanyna aýdylýar. Gyzdyryjy üst adatyça gyzdyryjy gaz tarapdan hasaplanýar.

Ýangyjyň ýanýan gatlagyndan ýa-da ýalynyndan gyzgynlyk alýan gyzdyryjy üste **radiasion gyzdyryjy üst** diýilýär. Ojakda diňe şöhlelenme boýunça ýylylygy kabul edýän radiasion gyzdyryjy üste **ojagyň ekrany** diýilýär. Ýylylygyň köp mukdary gyzgyn hereket edýän tüsse gazlarynyň gatnaşmagy netijesinde berilýän gyzdyryjy üstlere **konwektiw gyzdyryjy üst** diýilýär. Bug agregatynyň esasy elementleriniň biri bugy aşa gyzdyryjydyr.

**Bugaşagyzyryjy** – gazanda öndürilen doýgun buguň temperaturasyny gerek temperatura çenli aşa gyzdymaga

niýetlenen ýylylyk çalşygy enjamdyr. Gazanyň barabanyndan çykýan doýgun buguň täzeden gazana ýa-da gyzgyn gaz akymyna aşa gyzdryjy arkaly berlip aşa gyzdrylmagy gazan desgasynyň umumy ykdysady tarapdan ýokarlanmagyna getirýär. Suw gyzdryjy gazanlarda bugaşagyzdryjylar gurnalmaýar. Ol tüsse gazynyň ugrunda gurnalýar.

**Suw ekonomazyeri** – gazanyň barabanyna barýan içimlik suwuny barabana barmazdan öň gyzdirmek üçin hyzmat edýär. İçimlik suwuň gyzdrylmagy gazandan çykýan tüsse gazynyň gyzgynlygyny peýdalanmak arkaly amala aşyrylýar. Tüsse gazynyň gyzgynlygyny peýdalanmak bolsa gazan desgasynyň ykdysady görkezijilerini ýokarlandyrýar. Ekonomazyer tüsse gazynyň akymynyň ugrunda, aşagyzdryjydan soň gurnalýar. Ekonomazyerler XIX-njy asyryň başlarynda ýüze çykyp başlady. S.W.Litwinow (1785-1843) ilkinji bolup bug öndürýän desgalaryndan gidýän tüsse gazlaryň ugrunda ekonomazyeri gurnaýar. Ýangyjy tygşytlamak nukdaýnazaryndan ugur alyp, ol enjamyň adyna “ekenomiýa” sözünü ulanyp ekonomazyer ady dakylýar we soňky ýyllarda-da şeýle at saklanýar.

**Howa gyzdryjy** – gazan agregatyndan çykýan gyzgyn tüsse gazynyň ugrunda onuň gyzgynlygyndan peýdalanyp ýangyjy ýakmak üçin zerur bolan howany ojaga berilmezinden öň gyzdirmek maksady bilen ulanylýan ýylylyk çalşygy enjamdyr. Ol ekonomazyerden soň ýerleşdirilýär. Howagyzdryjy enjam hem gazan desgasynyň P.T.K-syň ýokarlanmagyna täsir edýär.

**Armatura we garnitura** gurallary – gazan agregatyna hyzmat etmek, ony ulanmak we dolandyrmak üçin niýetlenen enjamlardyr.

Gazan agregatlarynyň enjamlary, gurluşy we olaryň ýerleşiş yzygiderliligi 3.2-nji suratda görkezilýär.

Bug gazanlaryny häsiýetlendirýän esasy görkezijiler bolan bug öndürjiligi (D,t/sag), buguň basyşy (p, MPa

kg·g/sm<sup>2</sup>), onuň temperaturasy (t, °C) we içimlik suwuň temperaturasy (t, °C) 21.1-nji tablisada bölekleyin berilýär.

3.1-nji tablisa

Buguň basyşy, MPa(kg.g/sm <sup>2</sup> )	Bugöndürjiligi, t/sag	Buguň temperaturasy, °C	Içimlik suwuň temperaturasy , °C
0.88 (9)	0.2; 0.4; 0.7; 1.0; 2.5	Doýgun	50
1.37 (14)	4; 6.5; 10; 15; 20	Doýgun ýa-da aşagyzan, 250	100
2.35 (24)	4; 6.5; 10; 15; 20	Doýgun ýa-da aşagyzan, 370 we 425	100
3.92 (40)	6.5; 10; 15; 20; 25; 35; 50; 75	440	145
9.8 (100)	60; 90; 120; 160; 220	540	215
13.7 (140)	160; 210; 320; 420; 480;	570	230
25 (255)	320; 500; 640 (gaýtadan aşagyzyýan) 950; 1600; 2500	570/570  570/570	260

### 3.3. Gazan desgasynyň kömekçi enjamlary

Gazan desgalarynyň kömekçi enjamlary gazan agregatyna ýangyjy bermek we ýanyşa taýýarlamak, agregatdan çägäni we şlaklary aýyrmak, içimlik suwy arassalamak we gazan agregatyna bermek (suwy taýýarlamak we içimlik suwuň enjamlary), tüsse gazynyň gazan agregatyndan aýrylyp durmagy (soruş enjamlary), ojak enjamyna howany bermek (üfleýji enjamlary), şeýle hem, agregatyň iş kadasyny awtomatiki sazlamak we ýylylyk

gözegçiligini saklamak maksady bilen gurulýan enjamlardyr. Gazan desgasyň kömekçi enjamlary 3.1-nji we 3.2-nji suratlarda görkezilýär.

**Ýangyç taýýarlaýjy enjamlar** – ýangyjyň görnüşine we onuň ýakylýş usulyna baglylykda bölüjiler, guradyjylar, ýangyjy tozan görnüşli ýagdaýa çenli owratmak üçin harazlar, iýmitlendirijiler, wentilýatorlar, şeýle hem, transportýorlar we tozan – gaz geçirijiler bilen enjamlaşdyrylýar. Ýangyç ammary wagonlardan ýangyjy düşürmek üçin mehanizmler bilen üpjün edilendir. Suwuk ýangyç ulanýan desgalarda – mazutda işleýän gazanlarda mazut hojalygy bolup, mazut saklanýan ýerlerde ýörite gyzdyryjylar, mazut nasoslary hyzmat edýär. Gaz şekilli ýangyçda işleýän gazan desgalarynda ýakylýan gazyň basyşyny, mukdaryny sazlaýjylary ulanylýar we gözegçilikde saklanýar.

**Gazandan çägäni we şaklary aýyrmak** üçin ulanylýan enjamlar gidrawliki (turbageçirijiler ulgamy bilen gidronasoslar) we mehaniki (wagonetkalar, şlaksyryjylar we ş.m) usullara esaslanandyr (3.2-nji surat).

**Içimlik suwy taýýarlamak üçin enjamlar** suwy mehaniki garyndylardan we kesmek emele getiriji duzlardan arassalamagy üpjün edýän, şeýle hem, düzüminden karroziýa emele getiriji gazlary çykaryjy enjamlardan we usullardan ybaratdyr. Suwy gazsyzlandyrmak ýa-da suwy deaerirmek deaeratorlarda amala aşyrylýar.

**Iýmitlendiriji desgasy** – turbageçirijilerden we gazan agregadyna basyş astynda suw bermek üçin niýetlenen iýmitlendiriş nasoslaryndan ybaratdyr.

**Soruş – üfleýiş enjamlary** ojak enjamynda ýangyjyň ýanmagy üçin gerek howany üpjün edýän wentilýatorlardan, howageçiriji ulgamdan, ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazyny sorujy wentilýatordan (tüsse sorujydan), tüsse gazyny geçirijiden, şeýle hem, sowan tüsse gazyny gazan desgasyň çäginde daşlaşdyrýan, tüssäni atmosfera çykaryjy tüsse

turbasyndan ybaratdyr. Bu enjamlar .1-nji we 3.2-nji suratlarda görkezilýär.

**Gazan agregatynyň ýylylyk gözegçiligi we awtomatiki dolandyryş enjamy.** Bu enjam sarp edilýän bugy talap edilýän parametrleri boýunça öndürmek üçin gazan desgasyň her bir elementleriniň sazlaşykly we bökdençsiz işlemegini üpjün edýän awtomatlardan we barlag – öljeýji enjamlardan ybaratdyr.

Kömekçi enjamlara gazan desgasyň çäginde işçi jisimiň (suw we bug) hereketini üpjün edýän suw we bug turbageçirijiler ulgamy, şeýle hem, дренаž, hojalyk, ýangyna garşy işlere degişli enjamlar degişlidir.

## Dördünji bap. GAZAN AGREGATYNYŇ ÝYLYLYK BALANSY

### 4.1. Ýylylyk balansynyň deňlemesi

Gazan agregatynyň ýylylyk balansy diýlip gazan agregatyna berilýän ýylylygyň mukdarynyň bug öndürmäge (ýa-da suwy gyzdýrmama) harçlanýan we ýylylyk çalyşmasy hem-de ýanma prosesi bilen baglanyşykly ýitirilýän ýylylyk mukdarynyň deňligine düşünilýär. Hakykatdan-da, ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylyk mukdarynyň hemmesi bug öndürmäge ýa-da suwy gyzdýrmaga harçlanman, belli bir bölegi ýitgä sezewar bolýar. Ýangyç ýakylanda bölünip çykýan ýylylygyň (berilýän) peýdaly we ýitirilýän (harçlanýan) ýylylyga bölünmegi gazan agregatynyň ýylylyk balansy adyny göterýär.

Gazan agregatyna berilýän ýylylyk ( $Q_{g,a}$ ) ýangyç bilen (ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylyk we ýangyjyň fiziki ýylylygy,  $Q_a^i + Q_y$ ), we howa gyzdýryjyda gyzdýrylyp berilýän howa bilen  $Q_{howa}$ , şeýle hem, bug bilen (ojaga berilýän  $Q_{w,z}$ ) berilýär. Onda gazan agregatyna umumy berilýän ýylylyk:

$$Q_{g,a} = Q_a^i + Q_{yang} + Q_{howa} + Q_{w,z}. \quad (4.1)$$

Hasaplamalaryň amatly bolmagy üçin gazan agregatynyň ýylylyk balansynyň gelyän ýylylyk mukdary hökmünde gazan agregatyna berilýän ýangyjyň ýanandaky ýylylygynyň bahasy hasap edilýär. Has takygy ýangyç ýanandaky ýylylygynyň  $Q_a^i$  ululygy kabul edilýär.

Şeýlelikde, 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> ýangyç ýakylanda (harçlananda) umumy ýagdaýda ýylylyk balansynyň deňlemesi aşaky görnüşini alar:

$$Q_{g,a} \approx Q_a^i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6. \quad (4.2)$$

bu ýerde  $Q_{g.a}$  – normal şertde 1 kg gaty ýa-da suwuk ýangyç, ýa-da, 1 m<sup>3</sup> gurak gaz şekilli ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylyk;

$Q_a^i$  - ýangyç ýanandaky aşaky ýylylygy – 1 kg gaty ýa-da suwuk ýangyç, ýa-da, 1 m<sup>3</sup> gaz şekilli ýangyç ýananda gazan agregatyna kJ/kg ýa-da kJ/m<sup>3</sup> ölçeginde berilýän ýylylyk;

$Q_1$  - gazanda, bugy aşa gyzdyryjyda, ekonomazyerde peýdaly ulanylýan ýylylyk, ýa-da başgaça aýdylanda gyzgyn suwa ýa-da bug öndürmege harçlanylýan ýylylyk;

$Q_2$  – agregatdan gidýän tüsse gazy bilen ýitirilýän ýylylyk;

$Q_3$  – ýangyjyň himiki doly ýanyp bilmeýänligi zerarly, agregatdan doly ýanman çykyp gidýän tüsse gazynyň düzüminde (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> we başgalar) ýanyjy elementleriň bolmagy zerarly ýitirilýän ýylylyk;

$Q_4$  – ýangyjyň mehaniki doly ýanyp bilmezligi zerarly (ýangyç ýitgisi, şlak, uçup gitmegi) ýitirilýän ýylylyk;

$Q_5$  – gazan agregatynyň ähli elementlerinden daşky gurşawa ýitirilýän ýylylyk;

$Q_6$  – şlaklaryň fiziki ýylylygy bilen ýitirilýän ýylylyk.

(4.2) deňlemäniň çep we sag bölegindäki her bir agzasyny  $Q_a^i$  ululyga bölüp we ony 100-e köpeldip, ýangyç ýanandaky ýylylygyň % hasabyndaky ýylylyk balansyny alarys:

$$100 = \frac{Q_1}{Q_a^i} \cdot 100 + \frac{Q_2}{Q_a^i} \cdot 100 + \frac{Q_3}{Q_a^i} \cdot 100 + \frac{Q_4}{Q_a^i} \cdot 100 + \frac{Q_5}{Q_a^i} \cdot 100 + \frac{Q_6}{Q_a^i} \cdot 100.$$

$$\text{Goşulyjylary } \frac{Q_1}{Q_a^i} \cdot 100 = q_1, \frac{Q_2}{Q_a^i} \cdot 100 = q_2, \text{ we ş.m. arkaly}$$

belgiläp, ýylylyk balansynyň deňlemesini %-lerde aşakdaky görnüşde ýazarys:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \quad (4.3)$$

bu ýerde  $q_1$  – peýdalanylan ýylylyk,  
 $q_2, q_3, q_4, q_5$  we  $q_6$  – ýangyç ýanandaky ýylylykdan  
 deňişlilikde ýitirilýän ýylylygy.

## 4.2. Gazan agregatynda peýdaly ýylylyk

Eger gazan agregatyna berilýän ýangyjyň sagatlaýyn sarp edilişini  $B$  onuň ýanmagyndan bölünip çykýan ýylylygyň netijesinde öndürilýän aşa gyzan buguň mukdaryny  $D$  harpy bilen belgilesek we gazany ýuwujy suwy gyzdymada sarp edilýän ýylylygy hem peýdaly ýylylyk diýip şertli kabul etsek, onda  $Q_1$ -umumy peýdaly ýylylygy kesgitläp bolar:

$$Q_1 = \frac{D(i_{as} - i_{i.s}) + D_{yuw}(i^i - i_{i.s})}{B}, \quad (4.4)$$

bu ýerde

$i_{as}$  – aşa gyzan buguň entalpiýasy;

$i_{i.s}$  – içimlik suwuň ekonomazyere, ýa-da, ekonomazyer ýok bolsa, gönüden-göni gazana barandaky entalpiýasy;

$i^i$  – gaýnama temperaturada suwuň entalpiýasy;

$D_{yuw}$  – ýuwujy suwuň sarp ediliş mukdary.

Gazan agregatynyň öndürjiliginden 2% artyk mukdarda gazandan doýgun buguň gönüden-göni alynýan ýagdaýynda (bugy aşa gyzdryja barmanka) peýdaly ýylylyk

$$Q_1 = \frac{D(i_{as} - i_{i.s}) + D_d(i'' - i_{i.s}) + D_{yuw}(i' - i_{i.s})}{B}, \quad (4.5)$$

bu ýerde  $i''$  –degişli basyşda gazandaky doýgun buguň entalpiýasy;

$D_d$  – sarp edilýän doýgun buguň mukdary.

Doýgun bug juda ujypsyz sarp edilende (2%-den az) we ýuwujy suw hasaba alardan az sarp edilse (5%-den az) ýa-da ýuwmaklyk periodiki amala aşyrylsa, onda

$$Q_1 = \frac{D(i_{a\bar{s}} - i_{i.s})}{B} \quad (4.6)$$

Eger gazan agregatynyň düzüminde bugy aşa gyzdýryjy ýok bolsa we gazan doýgun bug öndürýän bolsa (ýyladyş ýa-da ýyladyş-önümçilik gazanlary), onda

$$Q_1 = \frac{D(i_{\text{cyg}} - i_{i.s})}{B}. \quad (4.7)$$

### 4.3. Ýylylygyň tüsse gazy bilen ýitmegi

Ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazynyň ýanma giňişliginden aýrylmagy zerurdyr. Tüsse gazy aýrylanda özi bilen ýylylygyň köp mukdaryny alyp gidýär. Ony peýdalanmak maksady bilen tüssäniň akym ugrunda birnäçe ýylylyk çalşyjy enjamlar oturdylýar. Şeýle-de bolsa islendik ýagdaýda tüsse özi bilen ýylylyk alyp gidýär we ýylylyk ýitgisini emele getirýär. Şol ýylylyk ýitgisine başgaça tüsse gazynyň fiziki ýylylygy diýilýär  $V_t c_t t_t$ . Tüsse gazynyň fiziki ýylylygy bolsa onuň temperaturasyna we howanyň artykmaçlyk koeffisiýentine baglydyr. Mudan başga-da ol ýylylyk ýitgisi ojaga berilýän howanyň artykmaçlygyna we gazan agregatynyň jebis bolmadyk gaz ýolunyň ýslaryndan howanyň sorulmagyna baglydyr, onda:

$$Q_2 = V_t c_t t_t - \alpha_t V_n c_h t_h, \quad (4.8)$$

bu ýerde

$V_t c_t t_t = I_t$  – gazan agregatyndan gidýän tüsse gazynyň entalpiýasy;

$V_t$  – 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> ýangyç ýananda emele gelýän tüsse gazynyň göwrümi;

$c_t$  – tüssäniň göwrümleýin ýylylyk sygymy;

$t_t$  – tüssäniň temperaturasy;

$\alpha_t$  – gidýän tüsse gazyndaky howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti;

$V_n$  – ýangyjyň 1 kg ýa-da 1 m<sup>3</sup> doly ýanmagy üçin gerek bolan howanyň nazary mukdary;

$c_h$  – howanyň göwrümleýin ýylylyk sygymy;

$t_h$  – gazan agregatyna berilýän sowuk howanyň temperaturasy;

$\alpha_t V_n c_h \cdot t_h = I_{s.h}$  – gazan agregatyna berilýän sowuk howanyň entalpiýasy.

Şeýlelikde,

$$Q_2 = I_t - I_{s.h} . \quad (4.9)$$

Ýangyjyň fiziki ýylylygy hasaba alynsa deňlemäniň sag bölegine  $c_{mtm}$  agzalar goşulýar, bu ýerde  $c_m$  – ýangyjyň ýylylyk sygymy,  $t_m$  – ojaga berilýän ýangyjyň temperaturasy. Bu  $c_{mtm}$  ululygy gyzgyn gazda ýa-da öňünden gyzdrylyp berilýän suwuk ýangyçda işleýän gazan agregatlarynda hasaba alynýar. Başga şertlerde işleýän agregatlar üçin  $c_{mtm}$  ululygyň ujypsyzlygy üçin ol hasaba alynmaýar.

Gidýän gazlaryň temperaturasyny peseltmek we ondan ýylylyk ýitgisini azaltmak üçin gazanyň yzynda suw ekonomaýzerini, howagyzdryjyny ýa-da ol we beýleki enjamy gurnaýarlar. İçimlik suwuň ekonomaýzerde, ýa-da, howanyň howagyzdryjyda gyzdrylmagy tüsse gazyndan alynýan ýylylygyň hasabyna bolup geçýär.

Ýyladyş gazanlarynda, ýa-da, ýyladyş – önümçilik gazanlarynda gidýän tüsse gazlaryň temperaturasyny peseltmek üçin köp halatda suw ekonomaýzerlerini gurnaýarlar; şu tipli gazanlarda howa gyzdryjylary diňe mehaniki ojagy bolan

gazanlarda gurnaýarlar. Ýangyjyň görnüşine, onuň ýakylyş usulyna we gazan agregatynyň kuwwatyna baglylykda kadaly ýükde işleýän desgalar üçin taslamalar ýerine ýetirilende gidýän tüsse gazynyň temperaturasy 120 °C-den 200°C-e çenli çäkde kabul edilýär. Ekonomiaýzeri bolmadyk, uly bolmadyk gazan desgalarynda ol temperatura 300-400 °C töweregi kabul edilýär. Gazan agregatyna gidýän tüsse gazynyň ýylylyk ýitgisini azaltmak üçin gazan agregaty işlände  $\alpha$  minimal baha eýe bolmalydyr. Şeýle ýagdaýda ýangyç himiki doly ýanýar. Ondan başga-da howanyň sorulmagy hem minimuma gelmelidir.

Tüsse gazyndan ýitýän ýylylyk mukdary suwuk, tozan görnüşli kömür we gaz şekilli ýangyçda işleýän iri desgalarda 6....8% we gaty ýangyçda işleýän kiçi kuwwatly desgalarda 10.....15% töweregidir.

#### 4.4. Ýangyjyň himiki doly ýanyp bilmezliginden ýitýän ýylylyk

Gazan desgalary işlände olaryň gazan agregaty barlananda ýangyç ýananda himiki doly ýanyp bilmezligi netijesinde ýitýän ýylylygyny gidýän tüsse gazynyň analizi we ýangyjyň elementar düzümi esasynda kesgitlep bolýar. Onuň üçin tüsse gazynyň düzümindäki uglerodyň okisiniň CO mukdary kesgitlenilmelidir:

$$CO = \frac{21 + \beta RO_2 - (RO_2 + O_2)}{0,605 + \beta}, \quad (4.10)$$

bu ýerde

$$\beta = 2,35 \frac{H^i - 0,126 O^i}{C^i + 0,375 S^i}. \quad (4.11)$$

Koeffisiýent  $\beta$  ýangyjyň düzümine bagly bolup ol, diňe onuň ýanyjy massasyny häsiýetlendirýär.

4.10-njy deňleme boýunça CO-nyň mukdaryny kesgitläp, 1 kg ýangyja düşýän uglerod okisiniň göwrümi  $V_{CO}$  aşaky gatnaşykdan tapylýar:

$$\frac{V_{CO}}{V_{g.g.}} = \frac{CO}{100}.$$

Bu ýerden

$$V_{CO} = \frac{CO}{100} V_{g.g.}.$$

1 m<sup>3</sup> CO ýananda 12800 kJ/m<sup>3</sup> ýa-da 3050 kkal/m<sup>3</sup> ýylylyk bölünip çykýar. Doly ýanmadyk ýagdaýynda ýylylygyň bu mukdary 1 m<sup>3</sup> uglerod okisinden gidýär. Şeýle ýagdaýda ýangyjyň himiki doly ýanyp bilmezligi zerarly ýitirilýän ýylylyk:

$$Q_3 = 3050 V_{CO} = 3050 \frac{CO}{100} \cdot V_{g.g.} = 3050 \frac{CO}{100} 1,85 \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \frac{K^i}{RO_2 + CO}$$

ýa-da

$$Q_3 = 56,5 \left(1 - \frac{q_4}{1000}\right) \frac{K^i}{RO_2 + CO} CO. \quad (4.12)$$

Gazan agregaty üçin ýylylyk hasaplamalary ýerine ýetirilende we taslamalaşdyrylanda bu ýylylyk ýitgisi ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylygyndan göterim hasabynda kabul edilýär (ýylylyk hasaplamalarynyň hereket edýän kadalaryna laýyklykda). Ýangyjyň kämilleşdirilen ojaklarda ýakylan ýagdaýynda bu  $Q_3$  ýitgi nola golaýdyr we ol hasaba alynmaýar. Umumy ýagdaý üçin taslamalar ýerine ýetirilende ol ýitgi  $0 \div 2\%$  töwereginde kabul edilýär.

#### 4.5. Ýangyjyň mehaniki doly ýanyp bilmezliginden ýitýän ýylylyk

Ýangyç ýananda onuň doly ýanmagy ýangyjyň görnüşine, berliş usulyňa, ojağyň gurluşyna–mehanikasyna baglydyr. Ýangyjyň mehaniki doly ýanyp bilmezligi esasan gaty ýangyçlaryň ýakylmagy bilen baglanyşyklydyr. Adatça gazanyň ojağyna berilýän ýangyjyň ähli massasy ýanma prosesine doly gatnaşmaýar. Ýangyjyň ýanyjy elementleriniň käbir bölegi ojakdaky galyndylara (şlak, gaçma-ýykylma) düşýär, käbir maýda görnüşli ýeňil elementler bolsa ojakdan tüsse gazy bilen gidýär we tüsse turbasy arkaly atmosfera zyňylýar.

Ýangyjyň mehaniki doly ýanyp bilmezliginden jemi ýitirilýän ýylylygyň mukdary şlak bilen, gaçma-ýykylma bilen we uçup gidýän elementler bilen ýitirilýän ýylylyklaryň jemine deňdir we aşaky deňleme bilen aňladylýar:

$$Q_4 = Q_4^{sl} + Q_4^{yyk} + Q_4^{uç} \quad (4.13)$$

ýa-da % - de

$$q_4 = q_4^{sl} + q_4^{yyk} + q_4^{uç}, \quad (4.14)$$

bu ýerde  $q_4^{sl}$ ,  $q_4^{yyk}$ ,  $q_4^{uç}$  - deňşilikde şlak bilen, ýykylanda we uçup gidende ýitirilýän ýylylyk.

$Q_4$  – ýylylyk ýitgisi ýokarda belläp geçilişi ýaly ýangyjyň häsiýetinden, onuň ýakylyş usulyndan, ojağyň konstruksiýasyndan başga-da, berilýän howanyň temperaturasyna, ojak kamerasynyň we ýanyş aýnasynyň ýylylyk ýüküne baglydyr.

Gazan agregatlarynyň barlaglarynda  $Q_4$  ýylylyk ýitgisi ojakdaky galyndyda we uçup gidýän gazlarda ýanyjy elementleriň saklanşy boýunça kesgitlenýär. Taslama ýerine ýetirilende  $q_4 = 1.0 \div 12$  % töweregi baha berilýär. Bu baha

gazan agregatlarynyň ýylylyk hasaplamalarynyň kadalaryna laýyklykda kabul edilýär.

Öndürjiligi uly bolmadyk bug we suw gyzdyryjy gazan agregatlarynda gidýän tüsse gazlarynyň temperaturasyny bilmek we şoňa göräde onuň yzyndaky gyzdyryjy üstleriniň görnüşini – suw ekonomáýzerini we howa gyzdyryjyny kesgitlemek üçin tablisalar ulanylýar.

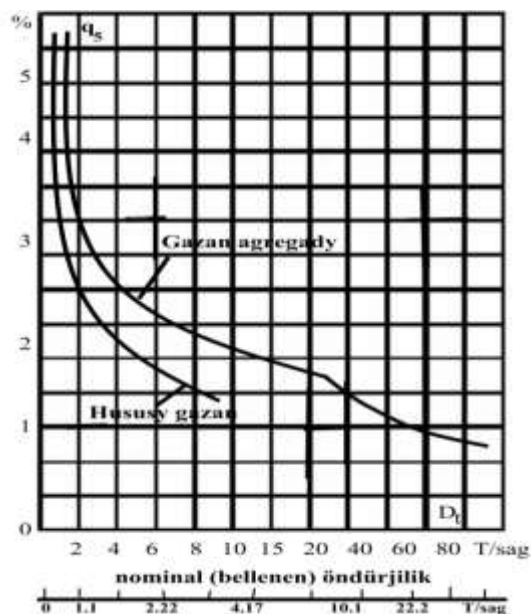
Öndürjiligi uly bolmadyk gazan agregatlary üçin gyzgyn howanyň we gidýän tüsse gazlarynyň temperaturasynyň çenlenilýän bahalary 4.1-nji tablisada berilýär.

#### **4.6. Gazan agregatyndan daşky gurşawa ýitirilýän ýylylyk**

Gazan agregatynyň obmurowkasynyň daşky üsti, turbageçirijileriň izolýasiýasy we agregatyň metal bölekleri ojakda ýanýan ýangyçdan bölünip çykýan ýylylygyň hasabyna gyzyýar we daşky gurşawyň temperaturasyndan ýokary temperatura eýe bolýar. Şonuň üçin şol üstlerden daşky gurşawa ýylylyk berilýär (ýylylyk çalyşmasy esasynda). Başgaça aýdylanda gazan agregadynyň enjamlary daşky gurşaw tarapyndan sowadylýar. Bu bolsa gazan agregadyndan daşky gurşawa ýylylyk ýitgisini  $Q_5$  emele getirýär. Bu ýitgiler gazan desgalarynyň barlagynda edil ýylylyk balansynyň galyndy agzasy ýaly kesgitlenýär we göterimde aşaky deňleme boýunça tapylýar:

$$q_5 = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_6). \quad (4.15)$$

Ýylylyk ýitgileriniň käbir böleklerini anyk kesgitläp bolmaýanlygy, esasan hem  $q_4^{sl}$  -i anyk kesgitläp bolmaýanlygy üçin,  $q_5$ -iň bahasyny anyk kesgitläp bolmaýar.



4.1-nji surat.

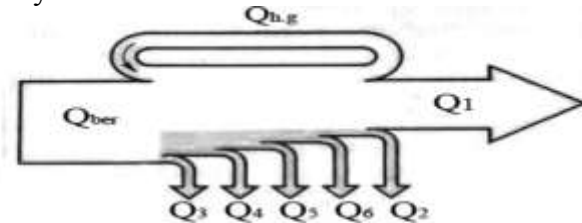
Hususy gazandan we gazan agregatyndan daşky gurşawa ýitirilýän ýylylygyň grafigi

Şonuň üçin  $q_5$ -i gazan agregatynyň daşky üstüniň dürli ýerlerinde kalorimetriň kömegi bilen kesgitlenýär. Bu ýitgi gazan agregatynyň obmurowkasynyň hiline we onuň daşky üstüniň ölçegine baglydyr. Gazanyň bug öndürjiliginiň ýokarlanmagy bilen onuň ykjamlygy ýokarlanýar we şeýlelikde  $q_5$ -kiçelýär.

Gazan agregatlarynyň ýylylyk hasaplamalarynda  $q_5$ -iň bahasy ýörite grafikler boýunça berilýär. Kuwwatly agregatlar üçin  $q_5$  örän kiçidir, ýöne kiçi agregatlar üçin  $q_5$  3÷5%-e ýetýär. Hususy gazandan we gazan agregatyndan daşky gurşawa ýitirilýän ýylylygy 4.1-nji suratdaky grafik boýunça kesgitläp bolýar.

Şlaklaryň fiziki ýylylygy bilen ýitirilýän ýylylyk  $q_6$  adatyça örän kiçidir we takyklanan ýylylyk balanslary düzülide hasaba alynýar.

Gazan agregatynyň ýylylyk balansynyň shemasy 4.2-nji suratda görkezilýär.

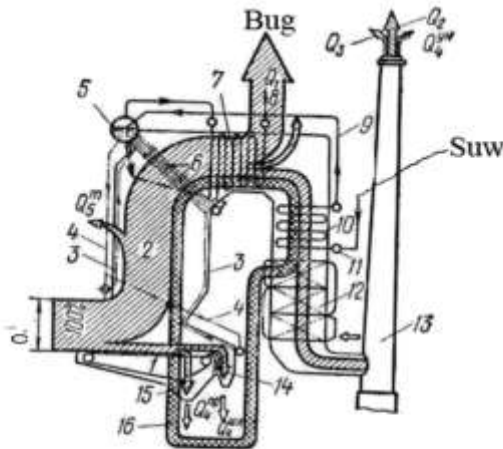


4.2-nji surat.

Gazanyň ýylylyk balansy.

$Q_{ber}$  - berilýän ýylylyk;  $Q_{h.g}$  - howagyzyrdyryjyda peýdalanylýan ýylylyk

Ýangyç we ýylylyk balansynyň gazan desgasyndaky doly shemasy 4.3-nji suratda görkezilýär.



4.3-nji surat.

Gazan agregatynyň ýangyç balansynyň shemasy.

1-zynjyr gözenegi, 2-ojak kamerasy, 3-turba-ekran, 4-ekranlara goýberiş turbasy, 5-gazanyň barabany, 6-konwektiw dessesi, 7-bug aýa gyzyrdyryjy, 8-aýa gyzan buguň çykmagy, 9-içimli suwuň barabana barýan turbageçirijileri, 10-suw ekonomayzery, 11-suwuň ekonomayzere ugradygy kollektory, 12-howa gyzyrdyryjy, 13-tüsse turbasy, 14-şlak üçin bunker, 15-ojakdan gaçýanlar üçin bunker, 16-howa gyzyrdyryjy ýapyk ýylylyk akymy.

Ýangyjyň, gazanyň we ojagyň görnüşine baglylykda berilýän howanyň we tüsse gazynyň çenlenilýän temperaturasy 4.1-nji tablisada berilýär.

4.1-nji tablisa

Ýangyç	Öndürjiligi MWt ýa-da Gkal/sag bolan gazan agregatyndan gidýän gazlaryň temperaturasy, °C			Ýakylyş usulynda gyzgyn howaň temperaturasy, °C		Howa-gyzdyryja girýän howanyň temperaturasy, °C
	Ortaça basyşda, 23.2÷58 20÷50	Pes basyşda, 2.32÷23.2 2÷20	Suw gyzdyryjy, 2.32÷58 2÷50	Gatlakda	Kamerada	
Daş kömri W≤6%	120÷150	120-150	160-200	200 çenli	400- çenli	30
Goňur kömür W=6÷16%	120÷150	120-170	180-210	250-ä çenli	400- çenli	45-55
Torf we ýangyç W>16%	130-180	130-180	190-220	250-ä çenli	380-400	60-65
Mazut we tebigy gaz	130-160	130-170	180-230	-	30-350	60-80
Tebigy gaz	110-130	120-140	155-180	-	-	30

#### 4.7. Gazan agregatynyň peýdaly täsir koeffisiýenti Ýangyjyň sagatlaýyn sarp edilişi

Gazan agregatyna berilýän ýangyç ýananda bölünip çykyan ýylylygyň peýdaly we ýitirilýän bölekleri öwrenilenden soň gazan agregatynyň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin aňlatma ýazyp bileris:

$$\eta_{g.a} = \frac{Q_1}{Q_a^i} \quad (4.16)$$

şeýle hem göterimde

$$\eta_{g.a} = \frac{Q_1}{Q_a^i} \cdot 100 = q_1 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6). \quad (4.17)$$

Ýokardaky (4.4) formuladan  $Q_1$ -ň bahasyny ýerine goýup, alarys:

$$\eta_{g.a} = \frac{D(i_{as} - i_{i.s}) + D_{yuw}(i' - i_{i.s})}{BQ_a^i}, \quad (4.18)$$

Eger-de gazanda ýuwma ýok bolsa, onda (4.6) formulany göz önünde tutup.

$$\eta_{g.a} = \frac{D(i_{as} - i_{i.s})}{BQ_a^i} \quad (4.19)$$

Edil şunuň ýaly (4.5) we (4.7) formulalar boýunça  $Q_1$ -ň beýleki bahalarynda hem  $\eta_{g.a}$ -ny kesgitlemek bolar.

Gazan agregatynyň wajyp hasaplama häsiýetnamasy onuň **görünýän bugardyjylyk ukybydyr**, ýa-da, **ýangyjyň bugardyjylygydyr**. Ýangyjyň bugardyjylyk ukyby diýlip, gazan agregatynda 1 kg ýangyç ýakylanda öndürilýän buguň

kilogramlardaky mukdaryna aýdylýar. Ol bolsa (4.19) formulanyň esasynda kesgitlenýär we ony  $U$  harpy bilen belgilesek

$$U = \frac{D}{B} = \frac{Q_a^i \eta_{g,a}}{i_{a\dot{s}} - i_{i,s}}. \quad (4.20)$$

(4.20) aňlatmadan görnüşi ýaly, buguň berlen sarp edilişinde  $Q_a^i$ -ň we  $\eta_{g,a}$ -ň ýokarlanmagy we  $(i_{a\dot{s}} - i_{i,s})$ -ň peselmegi bilen, şeýle hem, degişlilikde  $i_{i,s}$ -ň ýokarlanmagy bilen ýangyjyň massalaýyn sarp edilişi kemelýär.

Buguň  $(i_{a\dot{s}} - i_{i,s})$  ululygyna garamazdan birmeňzeş şertlerde dürli gazanlary deňeşdirmek üçin ýangyjyň görünýän bugardyjylyk ukyby  $U$  şertli entalpiýasy 2680 kJ/kg bolan kadaly bug boýunça täzeden hasaplanýar.

Kadaly bug boýunça bugardyjy ukyby

$$U_k = U \frac{i_{a\dot{s}} - i_{i,s}}{2680}. \quad (4.21)$$

(4.20) aňlatmadan ýangyjyň sagatlaýyn sarp edilişini kesgitläp bolýar

$$B = \frac{D(i_{a\dot{s}} - i_{i,s})}{Q_a^i \eta_{g,a}}. \quad (4.22)$$

Gazanyň ýuwulmagy hasaba alnanda ýangyjyň sagatlaýyn sarp edilişi

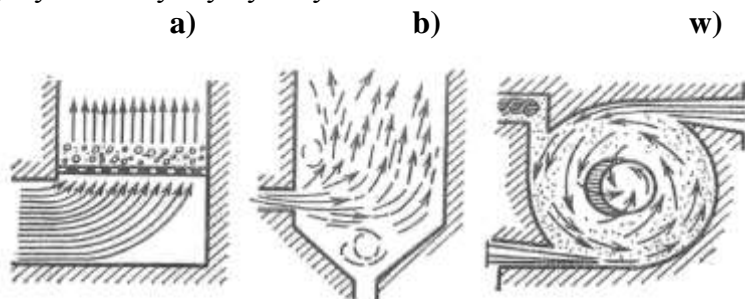
$$B = \frac{D(i_{a\dot{s}} - i_{i,s}) + D_{yuw}(i' - i_{i,s})}{Q_a^i \cdot \eta_{g,a}} \quad (4.23)$$

## Bäşinji bap. OJAK ENJAMLARY

### 5.1. Ýangyjy ýakmagyň esasy usullary. Ojak enjamlarynyň görnüşleri

Ojak enjamlary ýa-da ojak gazan agregatynyň esasy elementi bolmak bilen ýangyjy iň tygşytly usul bilen ýakmaga we onuň himiki energiýasyny ýylylyk energiýasyna öwürmäge hyzmat edýän enjamdyr. Ojakda ýangyjyň ýanmagy, ýanyş zolagynda ýerleşýän gazlardan gyzdyryjy üstlere ýylylygyň bir böleginiň geçirilmesi bolup geçýär, şeýle hem ýangyç ýananda emele gelýän galyndylary tutup alyp ýakmak amala aşyrylýar. Kämil gazan agregatlarynda ýakylýan ýangyçdan bölünip çykýan ýylylygynyň 50%-e çenli bölegi gyzdyryjy üstlere şöhlelenme arkaly geçirilýär.

Ojak tehnikasynda gaty ýangyjy ýakmak üçin esasan üç usul ulanylýar: **gatlaklaýyn**, **fakel** we **towlanma-tüweleý** görnüşli (5.1-nji surat). Bu usullaryň her biriniň ojak kamerasynda bolup geçýän aerodinamiki prosesiniň gurnalşyna laýyklykda öz aýratynlyklary bar.



5.1-nji surat. Ýangyjyň ýakylş prosesleriniň

Suwuk we gaz şekilli ýangyçlary ýakmak üçin diňe fakel usulyndan peýdalanylýar.

**Gatlaklaýyn prosesi** (5.1-nji a surat) dürli görnüşli konstruksiýa eýe bolan gatlaklaýyn ojakda amala aşýar. Ýanmagyň gatlaklaýyn prosesi howa akymynyň hereket etmeýän ýa-da haýal hereket edýän ýangyç gatlagy bilen duş gelip, onuň bilen özara täsir edip, ýanyjy gazlaryň akymyna öwrülýändigini bilen häsiýetlendirilýär.

Gatlaklaýyn ojagyň wajyp aýratynlygy gözenegiň üstünde sagatlaýyn sarp edilýän ätiýaçlyk ýangyjyň saklanyp durulmagydyr. Ol bolsa ojagyň kuwwatynyň sazlanşyny diňe berilýän howanyň mukdaryny üýtgetmek bilen amala aşyrmaga mümkinçilik berýär. Gözenegiň üstünde ätiýaçlyk ýangyjyň bolmagy ýanma prosesiniň kesgitli durnuklylygyny üpjün edýär.

Kämilleşen ojak tehnikasynyň şertinde ýangyjyň gatlaklaýyn usulynda ýakylmagy könelişen hasaplanýlar. Çünki, onuň shemalary, enjamlary mehanizmlaşdirmek we awtomatiki dolandyrmak üçin amatly hasaplanmaýar.

**Fakel prosesi** (5.1-nji b surat). Bu prosesiň gatlaklaýyn prosesden tapawudy ojak giňişliginde ýangyjyň bölejikleriniň howaň akymy we ýanmada emele gelýän önüm bilen bilelikde deň agramlylyk ýagdaýda üznüksiz hereketi bilen häsiýetlendirilýär. Ýanýan fakeliň durnukly we birsyhly bolmagyny üpjün etmek, şeýle hem, gazhowa akymynyň deňagramlylygyny saklamak maksady bilen gaty ýangyjy tozan görnüşine gelýänçä, hat-da mikronlarda ölçenilýän ölçege çenli ovradylyar. Ýangyjyň bölejikleriniň 60%-den 90%-e çenli mukdary 90 mkm-den kiçi ölçegde bolýar.

Suwuk ýangyçlar ojakdaky akymdan sypman, ojakda wagtynda doly ýanyp ýetişer ýaly ilki bilen forsunkada örän maýda damjalar görnüşinde tozanladylýar.

Gaz görnüşli ýangyçlar ojaga garelka arkaly berilýär we aýratyn önünden taýýarlyk talap etmeýär.

Fakel ojaklarynyň aýratynlygy—ojak kamerasynda ätiýaçlyk ýangyjyň has azlygydyr. Şonuň üçin hem ýanma prosesi durnuksyz hasaplanýar we ojagyň iş kadasyňyň

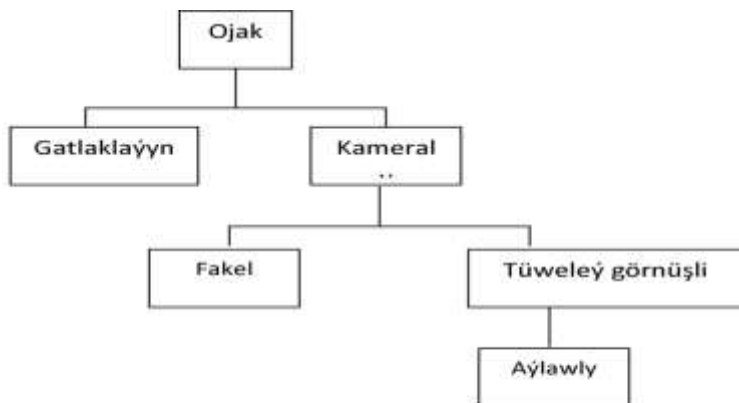
üýtgemegine çalt täsir edýär. Ojagyň kuwwatyny sazlamaklyk ojak kamerasyňa ýangyjyň we howanyň berilişini bir wagtda üýtgetmek ýoly bilen amala aşyryp bolýar.

Gaty ýangyjyň tozanyny fakel usuly bilen ýakmakda ýüze çykýan kynçylyklar ýanma prosesini gurnamagyň we ýangyjy ýakmaklygyň başga usuluny gözlemäge mejbur edýär. Ojakda bolup geçýän aerodinamikanyň esasyny öwrenmek we gurnamak netijesinde ýangyjy ýakmagyň täze tovlanma-tüweleý görnüşli düzgüni öwrenildi.

**Tüweleý görnüşli-towlanma prosesi** (5.1-nji w surat). Ýangyjyň ýanmagynyň tovlanma usulynda ýanyş kamerasynda mejbury hereket edýän ýangyç bilen bilelikde howa akymynyň durnukly tüweleý görnüşli hereketi döredilýär. Şeýle gurnalan, ýangyjyň bölejikleriniň gaz-howaly akymynyň tovlanmasynyň döredilmeginde, ýangyç bölejikleri merkeze ymtylýan güýç bilen hereket edip ýanyş kamerasynyň ähli ýerinde bolýarlar we doly ýanyp ýetişýär.

Ýangyjy ýakmagyň tovlanma prosesinde, fakel usulyndan tapawutlylykda, kömüriň iri bölejikleriniň ýanma wagty çäksizdir. Ýangyç aýlawly kamerada bolany sebäpli doly ýanýança gazanyň gazýolyna çykalga deşikden çykmaýar. Haçanda doly ýanandan soň tüsse gazy görnüşinde çykýar. Şonuň üçin tovlanma ojaklarynda diňe kömür tozanlary ýakylan, ölçegi 5-6 mm we ondan hem uly kömür bölekleri hem ýakylýar. Towlanma prosesinde dürli ölçegli ýangyjy ýakmaga mümkinçilik döreýär. Bu proses gatlaklaýyn we fakel prosesleriniň aralygyndaky aralyk ýagdaýy eýeleýär.

Ýangyjyň ýokarda görkezilen ýanma usullaryna laýyklykda ojaklar **gatlaklaýyn** we **kameraly** diýen iki topara bölünýär. Aerodinamika nukdaýnazardan bolsa kameraly ojaklary **fakel** we **tüweleý görnüşli tovlanma** ojaklara bölünýär. Gaty ýangyç ýakmak üçin ulanylýan tovlanma ojak enjamy başgaça **aýlawly** ojak adyny hem göterýär (5.2-nji surat).



5.2-nji surat. Ýangyjyň ýanma usulyna  
laýyklykda ulanylýan ojaklar

## 5.2. Gatlaklaýyn ojaklar

**Ojak kadalary.** Gatlaklaýyn ojaklar üçin iş yzygiderliligiň wajyp görkezjisi **kolosnik gözenegiň** ýa-da **ýanma aýnasynyň meýdanynyň ýylylyk naprýaženiýesi** bolup durýar –  $Q_R, \text{kJ}(\text{m}^3 \cdot \text{sag})$ .

$$Q_R = \frac{B \cdot Q_a^i}{R}. \quad (5.1)$$

Bu ýerde  $B$  – ýangyjyň gözenekde ýakylýan mukdary, kg/sag;

$Q_a^i$  - ýangyjyň ýanandaky aşaky ýylylygy, kJ/kg;

$R$  – ýanma aýnasynyň ýa-da kolosnik gözeneginiň meýdany,  $\text{m}^2$ .

Ýylylyk naprýaženiýesiniň ululygy adatça mün  $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{sag})$ . birliginde aňladylýar.

**Kolosnik gözeneginiň meýdany** diýip onuň işjeň bölegine aýdylýar, ýa-da, üstünde ýanma aýnasynyň ýerleşýän

bölegidir. Şonuň üçin **ýanma aýnasynyň aşagy** diýlip ojak kamerasynda ýerleşen gözeneginiň üstündäki ýangyç gatlagynyň üstüniň bölegine düşünilýär.

Gatlaklaýyn ojagyň iş yzygiderliligini (intensiwliligini) wajyp görkezijileriň ýene-de biri ol ojak **giňişliginiň ýylylyk naprýaženiýesidir**  $Q_V$ , kJ/(m<sup>3</sup>·sag).

$$Q_V = \frac{BQ_a^i}{V_0} \quad (5.2)$$

Bu ýerde  $V_0$  – ojak giňişliginiň göwrümi, m<sup>3</sup>.

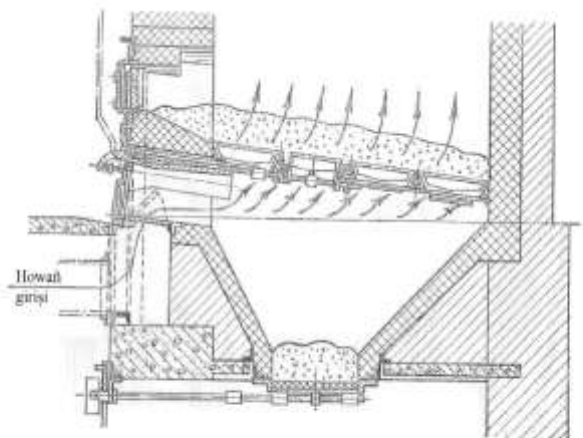
Ojaklaryň aýratyn häsiýetlerinden biri onuň ulanylandaky ygtybarlylygydyr. Ojaklaryň ygtybarlylygy diýlende aşakdaky alamatlaryň toplumyna düşünilýär:

- ojakdaky proses desganyň berlen ýylylyk ýüküniň çäginde bökdençsiz durnukly işlemegini üpjün etmeli;
- ojakdaky ýanma prosesi sazlanmaga tabyn bolmaly;
- ýanma prosesi ýangyjyň hilindäki üýtgemeleri (çyglylyk, maýda zatlar we başgalar) geçirmäge we desganyň ykdysady hem-de önümçilik netijeliliginiň peselmezligine amaly taýdan geçirimli bolmalydyr. Ojagyň PTK-syny peselmegi tutuş gazan agregatynyň PTK-syny peselmegine getirýär.

Gidýän gazlar bilen ýitirilýän  $q_2$  we daşky gurşawa ýitirilýän  $q_5$  ýylylyk pes ýylylyk ýükünde işleýän gazan agregatynyň PTK-syny has ýaramaz täsir edýär. Ýokary ýylylyk ýükünde işleýän gazan agregatynyň PTK-syna ýangyjyň himiki we mehaniki doly ýanyp bilmezliginden ýüze çykýan ýylylyk ýitgisi  $q_5$  we  $q_4$  ýaramaz täsir edýär.

Gatlaklaýyn ojaklar konstruksiýasy, ýangyjyň gözenek boýunça süýşme we tutaşma usuly, şeýle hem ýanma prosesiniň mehanizm boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar. Şonuň üçin gatlaklaýyn ojaklar öz gezeginde: **el hyzmaty** bilen we **ýarym mehanizmli** ojaklara, şeýle hem, **mehanizmleşdirilen** ojaklara bölünýär.

Gatlaklaýyn ojaklaryň iň ýönekeýi hereketlenmeýän, kolosnik gözenekli, ýangyjy el bilen berilýän we gözenegi el bilen şlakdan arassalanýan ojak hasap edilýär. Daş kömrüni ýakmak üçin el bilen hyzmat edilýän kolosnik gözenegi 5.3-nji suratda görkezilýär. Kolosnik gözeneginden ýokarda ýangyç gatlagyndan başlap gazanyň gyzdyryjy üstlerine çenli göwrümi tutýan ojak giňişligi ýerleşýär.



5.3-nji surat. Daş kömri ýakmak üçin el bilen hyzmat edilýän kolosnik gözenekli ojak

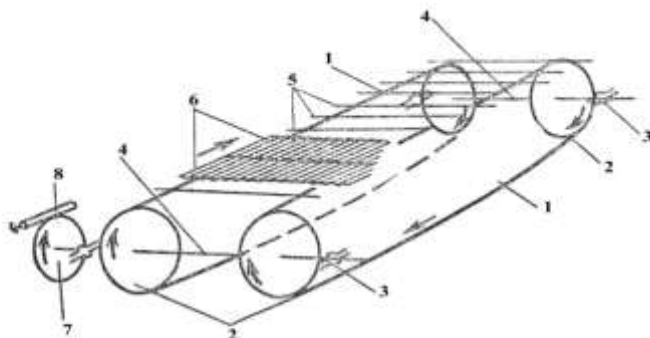
Tekiz kolosnik gözenegi bolan ojaklary ulanýan, kiçi kuwwatly gazanlarda, hyzmat edýän işgärleriň zähmetini ýeňilleşdirmek we ýangyç ýananda tygşytlylygyny ýokarlandyrmak maksady bilen soňky ýyllarda ýangyç oklaýjy-ýörite enjam giňden peýdalanylýar (5.4-nji surat), ýagny zähmeti has köp talap edýän operasiýa bolan-ojagyň ýangyç bilen üpjün edilmegi doly mehanizmlleşdirilýär.



Ojakdaky prosesi mehanizmleşdirmek ulanylýan ýangyjyň tygşytllygyny has ýokarlandyrýar, gazan desgasynda edilýän hyzmatlar boýunça çykdaýjylary kemeldýär we işgärleriň zähmetini ýeňilleşdirýär.

Mehaniki gatlaklaýyn ojaklardan (gözeneklerden) has giňden ýaýranlary: kömür üçin zynjyrly gözenek, torf bölekleri üçin şahta-zynjyrly ojak, goňur kömür üçin ýapgyt-itekleýji gözenek, ýangyjy aşakdan berijili ojak degişlidir.

Zynjyrly gözenekli ojaklar üstünde kolosnik goýlan tükeniksiz polotnodyr. Kömür ýakmak üçin zynjyrly gözenegiň shemasy 5.6-njy suratda görkezilýär.



5.6-njy surat. Zynjyrly gözenegiň shemasy:

1-tükeniksiz zynjyr, 2-dişli tigr, 3-çarçuwa (rama) staninasynyň podşipnigi (stanina görkezilmeýär), 4-wallar, 5-bimsy, 6-kolosnikler, 7-çarhly tigr, 8-herakete getirijiden hereketlenýän çarh.

Zynjyrly gözenekde ýanma prosesi fazalaýyn bolup geçýär, ýagny, wagtyň her pursatynda gözenekde ýanma fazalarynyň ählisi bolup geçýär. Gözenegiň başynda ýangyç guradylýar we ojagyň törüne tarap hereketlenýär, şol wagt gözenegiň ugry boýunça ýanyjy gazlar uçýar, koksýň ýanmagy we şaklaryň ýanyp gutarmagy amala aşýar. Gözenekde ýanmagyň dürli fazalary howanyň dürli mukdaryny talap edýär. Howanyň iň az mukdary birinji zolaga-ýangyjyň taýýarlanýan zolagyna we soňky zolaga-şlagy ýakylýp gutarylýan we gözenegi sowadylýan zolaga berilýär; howanyň

orta mukdary –ýanma zolagyna, we howanyň iň köp mukdary –ikinji zolaga, ýagny uçujy maddalaryň bölünip çykyan ýerine we koksyň ýanmagynyň başlanýan ýerine berilýär.

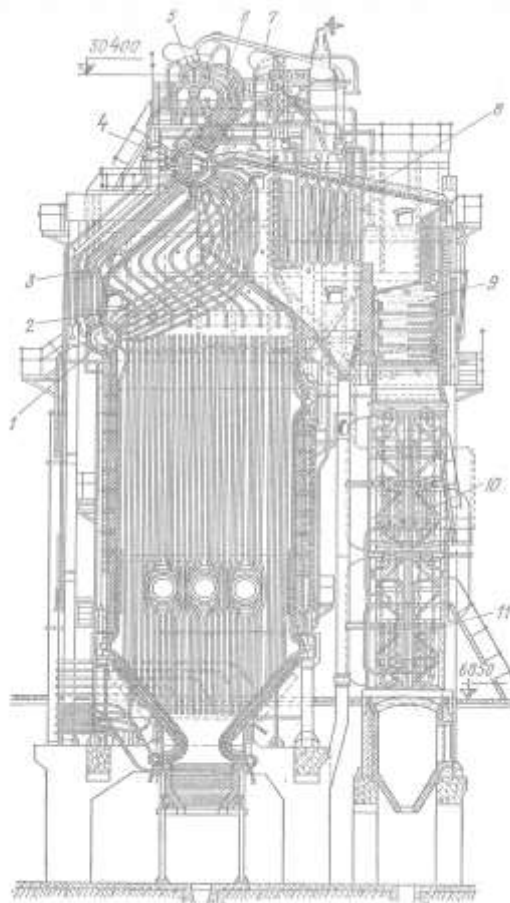
Ojaklaryň görnüşleri ýangyjyň görnüşine, gazanlaryň maksatlaryna, kuwwatlylygyna we başga-da birnäçe faktorlara baglylykda ýörite maglumat berýän-informasion edebiýatlardan-sprawoçniklerden alynýar.

### **5.3. Kameraly ojaklar**

Kameraly ojaklarda gaty ýangyç tozan görnüşinde howa bilen üfläp bile berlip ýakylýar. Bu ojakda juda maýdalanýan bölejikler (kesilen torf, opilka we başgalar) ýakylýar. Kameraly ojagy suwuk ýangyjy (mazudy) we gazy ýakmak üçin hem ulanylýar. Kameraly ojaklar gatlaklaýyn ojaklardan ykdysady tarapdan ýokarylygy, ýylylyk akymynyň birnäçe gezek ululygy, islendik ýangyjy ýakmak mümkinçiligi, ojagy ýönekeý sazlamakda, ojak enjamyny awtomatizasiýalaşdyrmak we doly mehanizmleşdirmek mümkinçiligi, öndürjiligiň çäginin ýoklugy we ş.m. bilen has uly artykmaçlyga eýedir. Bu bolsa ojak tehnikasyn-da kameraly ojaklaryň ulanylyşynyň giňden ýaýramagyna getirdi. Şonuň üçin uly energetika ulgamynda ojak enjamynyň esasy ulanylýan görnüş-i kameraly ojaklar hasap edilýär.

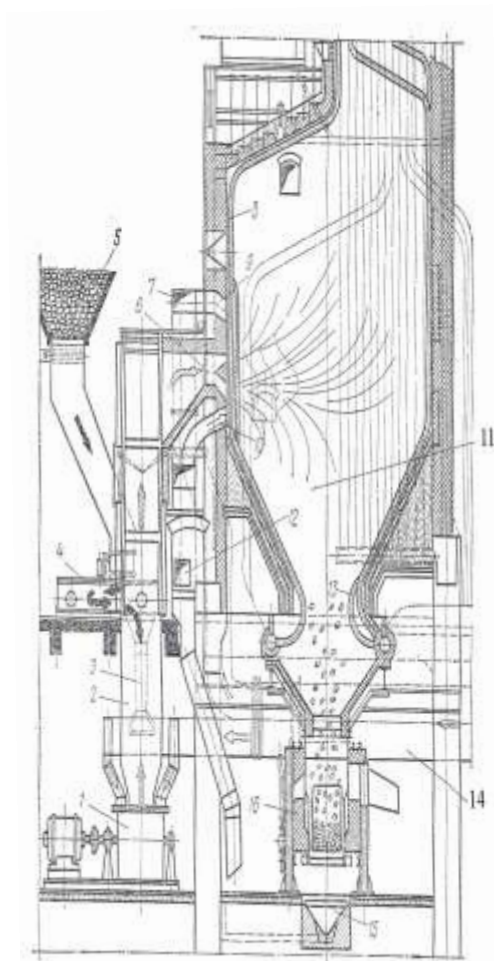
Kameraly ojaklary bug öndürjiligi 15÷20 t/sag we ondan ýokary bolan gazan agregatlarynda ulanmaga mümkinçilik döreyär.

Kameraly ojak konstruktiv gurluşy boýunça gazan agregatynyň gurluşy bilen tutuşlugyna ylalaşykly gelýär. Meselem, gazan agregatynyň II-görnüşli böleginde ol birinji şahta bolup durýar. 23.7.-nji suratda bug öndürjiligi 150 t/sag, basyşy  $p=35$  at, aşagyzan buguň temperaturasy  $t_{aş} = 425$  °C bolan iki barabanly SKTI-TKZ gazanynyň kameraly tozan – kömür ojagy görkezilen.



5.7-nji surat. SKTI-TKZ iki barabanly gazanda gurnalan tozan – kömür kameraly ojak.

1-aşaky baraban, 2-gazan turba dessesi, 3-aşak goýberiji turbalar, 4-ýokarky baraban, 5-gury bug alyjy, 6-bugy täzeden goýberiji turbalar, 7-doýgun buguň bug geçirijisi, 8-bugy aşa gyzdyryjy, 9-suw ekonomaýzeri, 10-howa gyzdyryjy, 11-üfleýji enjamlaryň birikmeleri



5.8-nji surat. Gaty şlak äkidijili şahta-harazly ojak:

1-şahta harazy, 2-separirleýji (bölüji) şahta, 3-haraza ýangyç beriji turbageçiriji, 4-iýmitlendiriji kepje, 5-ýangyçly bunker, 6-ambrazura (ojaga aerotozanyň berlişi), 7-howanyň berlişi, 8-öndäki ekran, 9-ýokarky şlisalar, 10-aşaky şlisalar, 11-ojak kamerasy, 12-tutaşdyryjy mufel(oda çydamly kamera), 13-sowuk guýguç, 14-haraza gyzgyn howanyň berlişi, 15-gidro-çäge aýyryjy kanal, 16-şlak şahtasy

Kameraly ojaklar ýakylýan ýangyjyň ýagdaýyna görä: kömür ýakmak üçin şahta-harazly ojaklara; kesilen torfy ýakmak üçin ojaklara; tüweleý görnüşli ojaklara; suwuk ýangyçlary ýakmak üçin ojaklara; gaz şekilli ýangyçlary ýakmak üçin ojaklara bölünýär.

Şahta-harazly ojaklar giňden ösüşe eýe boldy. Şahtada gurnalan haraz ojak bilen gös-göni bagly bolup, temperaturasy 300-400°C bolan guradyjy agent bilen howalandyrylýar (ýangyjyň görnüşine baglylykda howa, gaz ýa-da gazhowa garyndysy bilen). 2.38-nji suratda şahta-harazly ojagyň gurnalyşy görkezilen. Shemada ýangyç akymynyň, guradyjy agentiň we aerotozanyň hereketi görkezilýär.

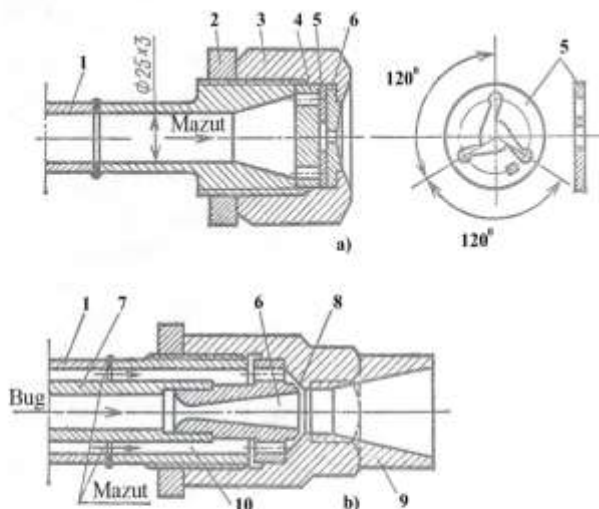
#### 5.4. Suwuk ýangyçlary ýakmak üçin ojakalar

Durnukly ýagdaýda işleýän gazan desgalary üçin ýangyç hökmünde diňe mazut ulanylýar. Mazut orta we ýokary öndürijilikli gazan agregatlary üçin diňe bir esasy ýangyç bolup hyzmat etmän, tozan kömür ojaklary üçin tutaşdyryjy ýangyç hökmünde we gazyň suwuk ýangyç bilen kombinirlenen görnüşde ýakylanda goşmaça ýangyç hökmünde ulanylýar. Meselem, gaty ýangyç esasy bolsa, mazut-ätiýaçlyk, ýa-da, gaz esasy ýangyç bolsa mazut ätiýaçlyk bolup ulanylýar. Mazut kameraly ojaklarda tozanladylan görnüşinde ýakylýar. Mazudy, tozanlatmak ýa-da ýangyjy juda maýda damjalara bölmek bolsa forsunkalaryň üsti bilen amala aşyrylýar. Forsunkalar özleriniň işleýiş düzgünleri boýunça **mehaniki, bugly we howaly** forsunkalara bölünýär.

**Mehaniki forsunkalarda** ýangyç 8÷20 atmosfera basyş bilen berilýär. Şonuň üçin forsunkanyň konstruksiýasy şol basyşa we mazudyň fiziki häsiýetine görä şertlenilýär. Markasyna görä mazut turbadan we forsunkanyň deşiklerinden gowy akmaklygy üçin 92-153°C-a çenli gyzdyrylýar. Forsunkanyň kiçi deşiklerini hapalap dykmazlygy üçin mazut iki filtiriň üstünden geçirilip, oňat süzülip, arassalanylýar.

Mehaniki tozanladyp beriji forsunkanyň baş bölegi 5.9-njy a suratda görkezilýär. Mazut sopladan çykmazdan öň ýörite içliklerde-tozandryjylarda (5) güýçli aýlandyrylýar. Mazudyň tozany bilen howanyň gowy garyşmagy üçin ojaga berilýän howa forsunkada ýörite gurnalan registriň kömegi bilen ojakdaky ýalynyň düýbünden 25-30 m/sek tizlik bilen berilýär. Şeýlelikde, mazut tozany bilen howa gowy garyşyp, towlanma emele getirip ýakylýar.

**Bug forsunkasynda** (5.9-njy b surat) mazudyň tozanlanmagy buguň kinetiki energiýasyny ulanmagyň hasabyna bolup geçýär.



5.9-njy surat. "Ilmarine" zawodynyň mazut forsunkalarynyň baş bölegi. a-mehaniki tozanladyjy, b-bug tozanladyjy;

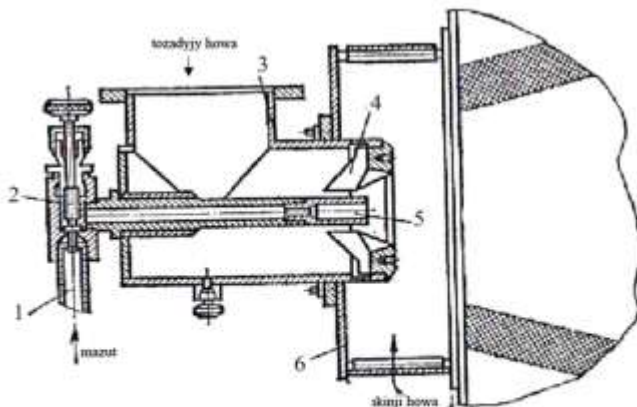
1-turba, 2-kontrgaýka, 3-ogolowok, 4-paýlaýjy disk, 5-towlaýjy disk, 6-soplo,

7-içki turba, 8-halkalaýyn ys, 9-diffuzor, 10-halkalaýyn giňişlik

Merkezi turba boýunça (1) ýokary basyşly (3-den 12 at çenli) bug kombinirlenen sopla (4) berilýär. Soplada buguň atmosfera basyşyna golaý basyşa çenli giňelmesi bolup geçýär. Daşky turbadan bolsa halkalaýyn mazut akýar. Ežektor ýa-da

elewator usulynda buguň kömegi bilen mazut sorulyp alynýar we soplada garyşdyrylýar. Sopladan çykanda garyşma uly tizlik alýar we ondan soň bolsa garyndy ýagdaýda ýanma kamerasyna berilýär. Bu usul mehaniki usula garanyňda az ulanylýar. Sebäbi bu usulda 1 kg mazut ýangyjy ýakmak üçin  $0,3 \div 0,5$  kg bug harçlanýar. Ol bug bolsa kondensirlenip, gazana dolanyp gelmän, ýitirilýär.

**Howa bilen tozanlandyrylýan forsunkalar** (5.10-njy surat) ähli görnüşdäki mazut üçin niýetlenip, öndürjiligi pes gazanlarda ulanylýar. Şeýle forsunkalarda ýangyjy ýakmak üçin gerek bolýan howanyň 10-15%-ini ýangyjy tozan görnüşinde bermek üçin ulanylyp berilýär. Howanyň galan mukdaryny bolsa forsunkanyň ahyrynda berilýär.



5.10-njy surat. Howa bilen tozanlandyryjy forsunka.

1-mazut beriji turba, 2-sazlaýjy wentil, 3-birinji tozanlandyryjy howa turbasy,

## 5.5. Gaz görnüşli ýangyjy ýakmak üçin ojaklar

Gaz şekilli ýangyjy ýakmak üçin kameraly ojaklar ulanylýar. Olarda ýangyjyň ýanmagy üçin gerekli howany gaz görnüşli ýangyç bilen garyşdyrmak maksady bilen gaz gorelkalary enjamlaşdyrylýar we şol gorelkalarda garyşmak prosesi bolup geçýär. Gaz görnüşli ýangyjy howa bilen

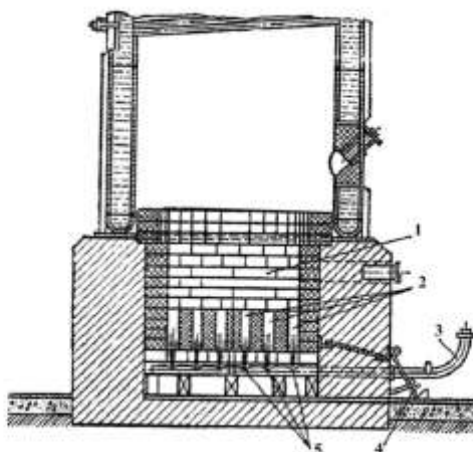
garyşdyryp, ýanyjy garyndyny taýýarlamak we ýakmak boýunça gazy ýakmak **üç usula** bölünýär:

**diffuziýa – daşynda garyşma** usuly, haçanda ýanma zolagyna gaz we howa özbaşdak berlip, ýangyn zolagynyň öz çäginde garyşmak prosesi amala aşanda;

**kinetiki – doly içinde garyşmak** usuly, haçanda ýanma zolagyna gaz görnüşli garyndy taýýar akymda berlende;

**garyşyk – bölekleýin içinde garyşmak** usuly, haçanda ýanma zolagyna gaz-howa garyndysy az mukdardaky ilkinji howa bilen garyşyp özbaşdak akym bilen berlip, ondan soň bolsa, goşmaça ikinji howa akymy berlende. Ýanma prosesleriniň usullaryna laýyklykda ähli ulanylýan gaz ýakyjy enjamlary (gorelkalar) diffuzion – daşynda garyşdyrýan gorelkalara, injeksion – içinde garyşdyrýan gorelkalara, atmosfera – doly däl (bölekleýin) daşynda garyşdyrýan gorelkalara bölünýär.

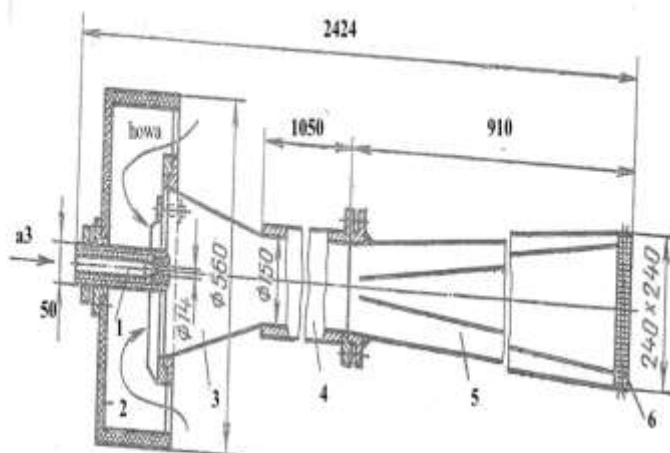
Howa berliş usulyna baglylykda gorelkalar mejbury berliş (wentilýator bilen) we sorujy topara bölünýär.



5.11-nji surat. Wertikal – silindrik gazanyň aşagynda gurnalýan diffuzion gorelkasy. 1-forkamera, 2-garyşdyryjy kanal, 3-gazgeçiriji, 4-howa zaslonkasy, 5-gaz soplosy

5.11-nji suratda **diffuziýa** usulynda işleýän, wertikal – silindr görnüşli gazanlaryň aşagynda gurnalýan diffuzion gorelkasy görkezilen. Bu gorelka alty sany soplosy (5) bolan gazgeçiriji (3) bolup, soplonyň wertikal oklary garyşdyryjy kanalyň (2) wertikal oky bilen gabat gelýär. Kanalda gazyň howa bilen garyşmasy we garyşmanyň 700-800 °C-e çenli gyzdyrylmasy bolup geçýär, onuň çykalgasynda bolsa ýanma prosesi başlanýar.

**Inžeksion** – doly içinde garyşdyrýan, inžener Kazansewiň konstruksiýasy boýunça düzülen gorelkanyň suraty 5.12-nji suratda görkezilýär. Bu gorelkanyň soplosyna gaz 1000-3000 mm.suw.süt basyş bilen berilýänligi bilen tapawutlanýar.

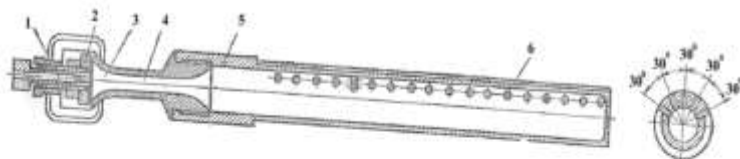


5.12-nji surat. Inžener Kazansewiň konstruksiýaly

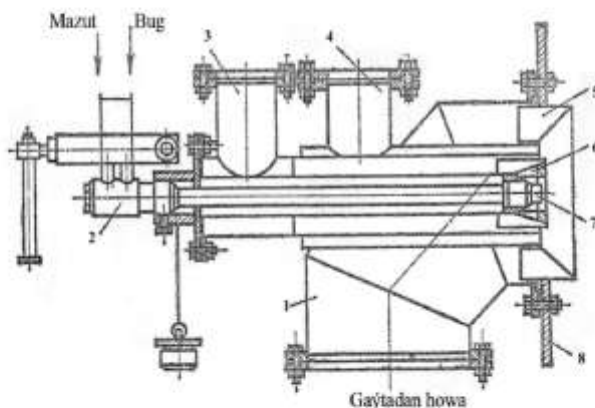
IGK-250 injeksion gorelkasy: 1-soplo, 2-goh gapyjy, 3-soruş kamerasy,

4-garyşdyryjy kamera, 5-diffuzor, 6-ýanmagy durnuklaşdyryjy

**Garyşyk** – bölekleýin önünden garylýan, ýa-da atmosfera gorelkasy pes basyşly tebigy gazyny ýakmak üçin ulanylýar. Bu gorelkada gerek bolan howany sorup almak üçin soplodan çykýan gazyň energiýasy ýetmeýär (1 kg ýakmak üçin 10 kg howa gerek), 50% töweregi howa ojaga öz-özünden soruş netijesinde berilýär. Bu gorelka 23.13-nji suratda görkezilýär.



5.13-nji surat. Atmosfera gorelkasy:  
1-soplo, 2-şayba, 3-soruş kamerasy, 4-garyşdyryjy kamera, 5-gazpaýlaýjy turba, 6-gazyň çykmagy üçin deşik



5.14-nji surat. GMG gaz-mazut gorelkasy:  
1-ikinci howa turbageçiriji, 2-bug tozanladyjy mazut forsunkasy, 3-birinci howa turbageçiriji, 4-gazgeçiriji, 5-ikinci howanyň registri, 6-birinci howanyň berlişi, 7-tozadylan mazudyň çykmagy üçin soplo, 8-gorelkany berkitmek üçin plita.

Gaz görnüşli ýangyçlar ýakylanda köp halatda şol ojak kamerasynda ätiýaçlyk ýangyjy hökmünde ulanylýan suwuk ýangyjy ýakmaklyk mümkinçiligi hem göz önünde tutulýar. Şeýle ýagdaýlar üçin kombinirlenen GMG we NGMG gaz-mazut gorelkalary ulanylýar. Bu gorelkalar mazudyň tozanladylyş usuly boýunça biri-birinden tapawutlanýar: GMG gorelkalarda bug tozanladylyş, NGMG gorelkalarda bolsa – pnevmatiki (howa) tozanladylyş usuly ulanylýar. 5.14-nji suratda GMG gaz-mazut gorelkasy görkezilýär.

### III BÖLÜM

#### ÝYLYLYK ELEKTRIK STANSIÝALARY (ÝES)

##### Altynjy bap. ÝES HAKYND A UMUMY MAGLUMAT

###### 6.1. Elektrik stansiýalarynyň bellenen maksatlary we olaryň toparlara bölünişi

Ýylylyk elektrik satansiýalary – haýsy hem bolsa bir tebigy (organiki ýangyç, ýadro, gün we başgalar) çeşmeleriň energiýasynyň elektrik energiýasyna öwürülmegi netijesinde elektrik energiýasyny öndürmäge niýetlenen kärhanadyr. Şonuň bilen birlikde şol bir wagtyň özünde elektrik energiýasy bilen bilelikde senagat we kommunal (durmuş hyzmatlary) zerurlyklary üçin ýylylyk öndürýän elektrik stansiýalary hem bar.

ÝES-ler özleriniň esasy niýetlenen maksadyna laýyklykda, özüniň öndürýän elektrik energiýasyny sarp edijileriň arasynda paýlamak üçin elektrik setine beriji [döwlet elektrik stansiýalary diýlip atlandyrylýan (DES)], umumy peýdalanylýan elektrostansiýalara, we senagat kärhanalaryny, şäherleri, käbir etraplary elektroenergiýasy we ýylylyk bilen üpjün etmek üçin niýetlenen senagat we kommunal elektrostansiýalara bölünýär. Bu şol bir wagtyň özünde elektroenergiýa we ýylylygy kombinirlenen görnüşde bilelikde öndürýän stansiýalara **ýylylyk elektrik merkezi** (ÝEM) diýilýär. Bu ÝEM-ler şäherleriň we senagat kärhanalaryň teplofikasiýasyny üpjün edýär.

ÝES-ler görnüşleriniň alamatlary boýunça birnäçe aýratynlyklara eýedir.

Ilkinji hereketlendirijiniň görnüşi boýunça:

a) bug turbinaly (kondensirleýji elektrik stansiýasy-KES ýa-da ýylylyk elektrik merkezi-ÝEM);

b) gaz turbinaly;

w) dizelli.

Ýakýan ýangyjynyň görnüşi boýunça:

- a) organiki ýangyçda;
- b) ýadro ýangyjynda (AES)

Iş kadasy boýunça:

a) iş kadasynyň grafiginiň iň agyr (pik) bölegini üpjün etmek şertinde işleýän, pik kadasy iş kadasynyň grafiginiň talabyna laýyklykda, bazis-esas kadasy.

Ilkinji energiýa çeşmeleri boýunça:

a) geotermal – ýerasty içki ýylylygyny ulanýan stansiýalar;

b) gelioenergetiki – günüň ýa-da başgalaryň energiýasyny peýdalanylýan stansiýalar.

Türkmenistanyň önümçilik şertlerinde, beýleki elektrik toguny öndürjiler bilen bir hatarda gaz turbinaly generatorlaryň ulanylmagy örän amatly bolup durýar. Gaz turbina desgalar içinden ýandyrylýan porşenli hereketlendirijiler bilen deňeşdirilende, birnäçe tehnik-i-ykdysady taýdan artykmaçlyklary bilen tapawutlanýarlar. Meselem:

-şol bir kuwwatda agramynyň azlygy we göwrüminiň kiçiligi;

-hereket edýän mehanizmleriniň azlygy;

-elektrik generatorlary bilen ýeňil birikdirip bolýandygy;

-hyzmat etmekligiň aňsatlygy bilen ÝES-lerden tapawutlanýar.

Ýylylyk elektrik stansiýalaryna görä gaz turbina desgalaryň detallaryny sowatmak üçin sowadyş ulgamynyň zerurlygy ýokdur.

Gaz turbina desgasy ýylylyk hereketlendirijiniň bir görnüşi bolup, ol ýylylyk energiýasyny mehaniki energiýa özgertmek üçin niýetlenendir. Şeýlelikde, ýylylyk energetikasynda içinden ýandyrylýan hereketlendirijilere degişli porşenli we gaz turbina hereketlendirijileri ulanylýar. 1934-nji ýylda W.W.Umarowyň ýolbaşçylygynda dünýäde ilkinji gezek gaz turbina desgasy tejribede derňeldi. 1945-nji ýyldan başlap birnäçe döwletlerde gaz turbina desgasynyň gurluşygy güýçli ösüp başlady. Häzirki wagtda gaz turbina

desgasy awiasiyada giinden ulanylýar. Ondan başga-da gaz turbina desgasy tebigy gazyň çykarylýan we akdyrylýan turbalarynda kompressor hökmünde ulanylýar.

Gaz turbina desgalarynyň iş aýlawy hemişelik basyşda ýa-da hemişelik göwrümde amala aşyrylýar. Şonuň üçin olara hemişelik kuwwatly hereketlendirijiler hem diýýärler. Önümçilikde köplenç gaz turbina desgasynyň aýlawy hemişelik basyşda ýylylygyň berilmeginiň netijesinde bolýar. Başgaça aýdylanda, gaz turbina desgasynyň ýangyç ýakylýan kamerasyndaky prosessi hemişelik basyşda bolup geçýär. Gaz turbina desgasynyň işleýiş düzgüni we iş aýlawynyň  $p - v$ ,  $s - T$  diagrammalary ýokarda görkezilen.

## 6.2. Bug turbinaly elektrik stansiýasy we onuň prinsipial ýylylyk shemasy

Halk hojalygynda sarp edilýän ähli elektrik energiýasynyň 80% töweregeni bug turbinaly elektrik stansiýalary öndürýär. Ozal bellenip geçilişi ýaly, öndürýän energiýasynyň görnüşi boýunça ýylylyk elektrostansiýalary elektroenergiýa öndürýän **kuwwatly**, hem-de elektroenergiýa we ýylylyk öndürýän **birleşdirilen** stansiýalara bölünýär.

Diňe elektrik energiýasyny öndürýän bug turbinaly elektrostansiýalary kondensirleýän turbinalar bilen enjamlaşdyrylýar we olara kondensirleýän elektrostansiýalary (KES) diýlip at berilýär.

**Garyşyk** stansiýalar elektrik energiýasyny we ýylylygy öndürýän usulyňa baglylykda **aýratynlykda** we **bilelikde (kombinirlenen)** usullarda elektrik energiýasyny we ýylylygy öndürýän desgalara bölünýär. Aýratyn usulynda elektrik energiýasy kondensirleýän turbogeneratornyň kömegi bilen öndürilýär, emma, bug ýa-da gyzgyn suw görnüşinde sarp ediljilere goýberilýän ýylylyk energiýasy gönüden – göni gazan desgasynda öndürilip ugradylýar. Bilelikdäki (kombinirlenen) usulda bolsa, teplofikasion turbogeneratorlarda işlenen bug

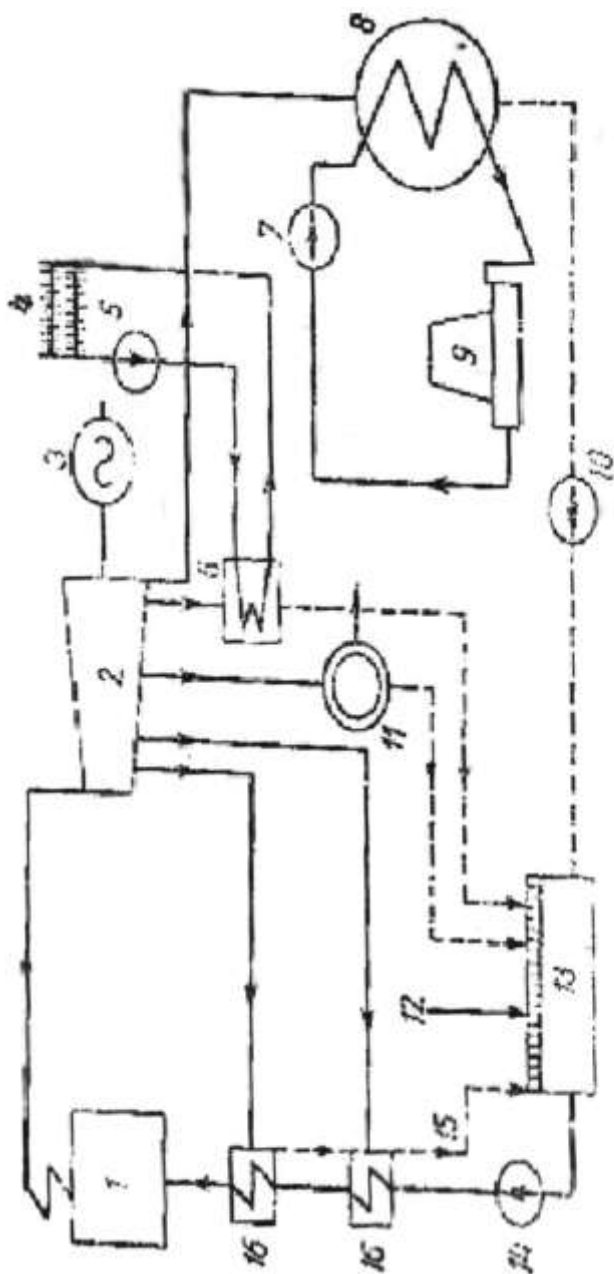
daşarky sarp edijilere hyzmat edýän merkezleşdirilen ýylylyk üpjünçiligi üçin ulanylýar we bu desga **teplofikasion elektrikstansiýasy, ýa-da ýylylyk elektrik merkezi** (ÝEM) diýilýär.

Sarp edijileri merkezi ýylylyk üpjünçiligi ulgamyndan üpjün edilende önümçilik-ýyladyş gazanlarynyň kömegi bilen hem amala aşyrmak bolar, ýöne, ÝEM ykdysady taýdan has bähbitlidir.

Ýylylyk elektrik merkeziniň prinsipial ýylylyk shemasy KES-iň shemasyndan ýylylygyň sarp edilişi boýunça tapawutlanýar (6.1-nji surat).

Ulanyjylary ýylylyk bilen üpjün etmek ÝEM-den merkezleşdirilen usul arkaly amala aşyrylýar. Bu usulda turbinada işledilip ulanylýan buguň ýylylygy peýdalanylýar. Elektrik energiýasy we ýylylygy kombinirlenen usulda öndürmek esasyndaky merkezleşdirilen ýylylyk üpjünçiligine **teplofikasiýa** diýilýär.

6.1-nji suratdan görnüşi ýaly gazandan (1) çykan bug buggeçiriji boýunça teplofikasion turbina (2) ugrykdyrylýar. Teplofikasion turbina bolsa elektrogenerator bilen birikdirilendir. Teplofikasion turbinada bug kondensatdaky basyşa çenli giňelýär. Basyşy 120...250 kPa bolan buguň belli bir bölegi ýylylyk setiniň gyzdryjysyna (6) ýyladyş ulgamynyň suwuny gyzdyrmak üçin alynýar. Bu alynýan buga **teplofikasiýa ýoly alynýan** bug diýilýär. Gyzdrylýan suw bolsa ulanyjylar (4), (11) tarapyndan gelýär. Suw gyzdryjy bilen ulanyjylaryň arasyndaky ýylylyk seti boýunça aýlanýan gyzgyn suw bolsa set nasosynyň (5) kömegi bilen aýlanşyk edýär. Alynan buguň gyzdryjy kondensady gazanyň iýmitlik suwunyň düzümindäki gazlary aýyrmak üçin hyzmat edýän deaeratoryň (13) üstünden geçip, gazanyň iýmitlendiriş ulgamyna dolanyp gelýär. Basyşy ~500-600 kPa bolan buguň beýleki alynýan bölegi bug ulanyjylara berilýär – bu bolsa **önümçilik bugudyr**.



6.1-нји surat. Ўйлылык elektrik merkeziniň prinsipial ўйлылык

Turbinadan çykan bugyň kondensaty kondensatordan (8) kondensat nasosyň (10) kömegi bilen deaeratora (13) berilýär, bu ýerden bolsa ol içimlik nasosy (14) bilen gyzdyryja (16) we ondan soň gazana berilýär.

Deaeratora (13) gyzdyryjydan (16) gelýän gyzdyryjy bugyň kondensaty, şeýle hem, desgadaky ýitirilen suwuň öwezini dolmak maksady bilen goşulýan, himiki arassalanan suw barýar. Kondensatorda (8) kondensatyň sowadyşy emeli amala aşyrylýar, ýagny, sowadyjy enjam hökmünde gradirni (9) ulanylýar.

Sowan suw gradirniýadan kondensatora aýlanyşyk nasosyň (7) üsti bilen berilýär.

Elektrik energiýasynyň we ýylylygyň aýratyn öndürilýän şertinde elektrostansiýalarda kondensirleýji görnüşli turbinalar gurnalýar we ulanylýar. Ozal belläp geçişimiz ýaly, şeýle turbinaly stansiýalara kondensirleýji elektrostansiýalar (KES) diýilýär. Bu stansiýalar has ýaýran hasaplanýar we has uly kuwwata eýe boldy (3,6 GWt ýetýär).

Talap edilýän şertlere baglylykda, durmuşa ýa-da önümçilige zerur bolan ýylylygy öndürmek we üpjün etmek maksady bilen

merkezi ýa-da ýerli ýyladyş gazanlary gurulýar ýa-da elektrostansiýalarda talaba laýyk bolan suw gyzdyryjy gazanlary gurup, ýylylygyň üpjün edilmegi amala aşyrylýar.

### **6.3. Elektrik stansiýalaryň ýükleriniň grafikleri**

Ýylylyk elektrik merkeziniň elektrik we ýylylyk ýüki adatça wagta görä gije-gündiziň, aýyň, pasylyň we ýylyň dowamynda üýtgäp durýar. Elektrik we ýylylyk ýükleriniň wagta görä grafiklerde şekillendirilmegi elektrik we ýylylyk ýükleriniň grafigi diýen ady göterýär.

Elektrik ýüküniň wagta görä üýtgemegini  $N_e = f(\tau)$  grafik görnüşinde şekillendirmek kabul edilen. Seredilýän wagt aralygyndaky dowamlylygy boýunça elektrik ýükleriniň

grafikleri gije-gündizleýin, aýlyk, möwsümleýin we ýyllyk bolup bilýär.

Ýüküni kesgitlemek boýunça elektrik grafikleri ulanyjylara barýan ýerindäki sarp edilýän kuwwatynyň we elektrostansiýalarynyň şinalaryndan goýberilýän kuwwatynyň grafiklerine bölünýär. Soňky grafikde elektrik energiýasyny ulanyjylara geçirmekde howa ýitirilýän elektroenergiýany (howada geçirilende), ýerasty kabelde, göteriji we peseldiji transformatorlarda, elektrostansiýada elektroenergiýanyň hususy sarp edilşinde bolup geçýän ýitgileriň hemmesi hasaba alynýar.

Elektrostansiýalaryň elektrik ýükleri gije-gündiziň we ýylyň dowamynda wagta görä üýtgeýär. Ýylyň gyş we tomus döwrüniň gije-gündizinde elektrik ýüküniň sarp edilişiniň grafigi aýratyn mahsus häsiýetli hasaplanýar. Gyşky gije-gündiziň sarp ediliş grafigi adatça elektrik ýüküniň maksimal ölçegini we şonuň bilen birlikde, elektrostansiýalaryň kuwwatyny kesgitleýär. Elektrik ýüküniň ýazky we güýzki grafigi hem wajyp ähmiýete eýedir.

Elektrik ýüküniň maksimal bahasy esasan elektrik ýükleriniň esasy iki görnüşleriniň goşulmagyndan: senagata, ýagtylandyryşa we ýyladyşa sarp edilişiniň jemi bilen kesgitlenýär. Şeýlelikde, gyşda we tomusda elektroenergiýanyň sarp edilişiniň grafigi biri-birinden düýpgöter tapawutlanýar. Şeýle bolmagy esasan ýagtylandyryşa we elektroýyladyşa elektroenergiýanyň sarp edilşiniň üýtgeýänligi bilen kesgitlenýär.

Sarp edilýän, goýberilýän we öndürilýän kuwwat bahalarynyň arabaglanyşygyny şeýle gatnaşykda aňlatmak bolar:

$$P_{goý} = P_{sarp} + \Delta P = f_1(\tau), \quad (6.1)$$

$$P_{önd} = P_{goý} + P_{h.z} = f_2(\tau), \quad (6.1 \text{ a})$$

bu ýerde  $P_{sarp}$ ,  $P_{goý}$ ,  $P_{önd}$  – degişlilikde wagtyň dowamyndaky sarp edilýän, goýberilýän we öndürilýän kuwwatlar;  $\Delta P$  – setlerdäki we energiýa öwrüji desgalaryndaky ýitgiler;  $P_{h.z}$  – elektrostansiýanyň hususy zerurlyklaryna sarp edýän elektroenergiýasy. Ol bolsa elektrostansiýanyň kömekçi mehanizmlerine berilýän elektroenergiýasyndan we ýagtylyga sarp edilýän energiýadan ybaratdyr. Bu  $P_{h.z}$  – elektroenergiýanyň sarp edilişi stansiýanyň görnüşine we onuň kuwwatyna, buguň başlangyç parametrlerine, ýangyjyň häsiýetnamasyna we onuň ýakylyş usulyna baglylykda üýtgeýär, ÝEM-lerde bolsa grafiklerine we ýylylyk hem-de elektrik ýükleriniň gatnaşyklaryna baglylykda üýtgeýär.

Elektrik stansiýasynyň maksimal elektrik ýüküniň umumy grafigi senagat kärhanalarynyň, ýagtylandyrylyşyň ýükleriniň, medeni-durmuş zerurlyklarynyň we başgalaryň her biriniň grafikleriniň jemlenmegi bilen tapylýar.

Ýylylyk elektrik merkezinden goýberilýän ýylylyk, kärhanalaryň tehnologiýa zerurlyklary üçin, şeýle hem, önümçilik we ýaşaýyş binalaryna gyzgyn suw üpjünçiligi we ýyladyş maksatlary bilen sarp edilýär. Adatça, ýylylygyň sarp ediliş grafigi ýylylyk äkidijiniň görnüşi boýunça düzülýär (orta hem pes basyşly bug we suw).

Aýratyn mahsus häsiýetli gije-gündizleriň grafikleri esasynda ýükleriň dowamlylygy boýunça ýyllyk grafigi gurulýar.

Ýylylyk elektrostansiýalaryň iş kadasynyň elektrik we ýylylyk ýükleriniň deňölçegsiz grafigine baglylykda üýtgäp durmagy, stansiýanyň tehniki-ykdysadyýetine uly täsir edýär.

Sarp edilýän, goýberilýän we öndürilýän ýylylyk mukdarynyň arabaglanşygyny aşaky gatnaşykda aňlatmak bolar:

$$Q_{go} = Q_{sarp} + \Delta Q = f_1(\tau), \quad (6.2)$$

$$Q_{önd} = Q_{go} + Q_{h.z}^t = f_2(\tau), \quad (6.2 a)$$

bu ýerde  $Q_{sarp}$ ,  $Q_{goý}$ ,  $Q_{önd}$  – degişlilikde wagt dowamynda sarp edilýän, goýberilýän we öndürilýän ýylylyk mukdary;  $\Delta Q$  – ýylylyk setinde we energiýa öwrüji desgalarda ýitirilýän ýylylyk mukdary;  $Q'_{h.z}$  - goýberilen ýylylygy öndürmek bilen baglanyşykly bolan hususy zerurlyklary üçin sarp edilýän elektrik energiýany öndürmäge harçlanýan ýylylygyň mukdary.

$$Q'_{h.z} = \frac{E_{h.z}^{EE} \cdot 360}{\eta_{EE}^{e.br.}} \quad (6.3)$$

bu ýerde  $E_{h.z}^{YEM}$  - ÝEM-ň hususy zerurlyklaryna sarp edilýän elektroenergiýanyň goýberilen ýylylygyň öndürilmegine (kWt · sag) gatnaşygydyr.

$$E_{h.z}^t = \frac{E_{h.z}^{gaz} \cdot B}{B + E_{h.z}^{EE}} \quad (6.4)$$

bu ýerde  $E_{h.z}^{gaz}$  - gazana ýangyç berliş, çäge aýyrmak we suw taýýarlamak üçin hususy zerurlyklaryna sarp edilýän elektrik energiýa, kWt · sag;  $E_{h.z}^{EE}$  - ÝEM-ň hususy zerurlygyna sarp edilýän elektroenergiýa, kWt · sag;  $\eta_{YEM}^{e.br.}$  - ÝEM-ň elektrik brutto PTK;  $\eta_{YEM}^{e.br.} = E \cdot 860 / (B_2 \cdot q_a^i)$ ;  $B_e = B - B_y$ , bu ýerde  $B_e$  – elektrik energiýany öndürmek üçin ulanylýan ýangyjyň massasy, kg;  $B$  – ýangyjyň doly massasy, kg;  $B_y$  – goýberilýän ýylylygy öndürmek üçin peýdalanylýan ýangyjyň massasy, kg;  $E$  – öndürilen elektrik energiýanyň mukdary, kWt · sag.

## Ýedinji bap

### ÝES-leriň DÜZÜLIŞ SHEMASY WE TEHNIKI- YKDYSADY GÖRKEZIJILERI

#### 7.1. Bug turbinaly elektrik stansiýalaryň düzülişleriniň shemasy

Elektrik stansiýalaryň hojalyklary we sehleri biri-birine geçilýän baglanşykly we kommunikasiýaly jaýlarda ýerleşýär. Gazanlaryň we maşyn zallaryň, şeýle hem, baş korpusdaky esasy gurluşyk konstruksiýalarynyň biri-biri bilen özara ýerleşdirilişine **baş korpusyň düzülişi** diýilýär. Esasy we kömekçi enjamlaryň elektrostansiýanyň baş korpusynda we beýleki binalarynda özara ýerleşdirilişine **enjamlaryň düzülişi** diýilýär.

Kuwwaty 1 200 MWt (DES-1200) bolan elektrik stansiýanyň baş korpusynyň giňden ýaýran düzülişi 7.1 suratda görkezilýär. Elektrik stansiýa 2 00 MWt kuwwaty bolan alty sany blokdan ybarat bolup, onuň düzümine kuwwaty 200 MWt, buguň parametri  $130\text{kg.g/sm}^2$ ,  $565/565\text{ }^{\circ}\text{C}$  bolan turboagregatlar we ikikorpusly ugurdaş akymly öndürjiligi 640 t/sag bolan gazan agregady girýär.

Stansiýanyň baş binasy üç sany esasy jaýlardan: maşyn zalyndan (A), kömekçi enjamlaryň jaýyndan (B), gazan agregatyndan (B) ybaratdyr. Gazan agregadyň sorujy-üfleýji enjamlary binanyň daş ýüzünde ýerleşdirilen.

Stansiýada ýangyjyň ýakylyş we elektrik energiýasynyň öndüriliş prosesi ýokarda berilişi ýaly amala aşyrylýar.

Gazan agregadyndan çykýan aşa gyzan bug elektrik generatorynda (4) aýlanma hereketini emele getirýän, kondensirlenýän bug turbinasyna (5) barýar. Elektrik generatorynda emele gelýän tok ýokary naprýaženiýaly paýlaýjy gurnamalara barýar we şol ýerdäki ýokary göteriji transformator (1) naprýaženiýasy ýokarlandyrylyp ýokary

wentilvator, 14-üfleví ventilyator, 15-cvəly tozan tutuiv, 16-tüsse soruiv.

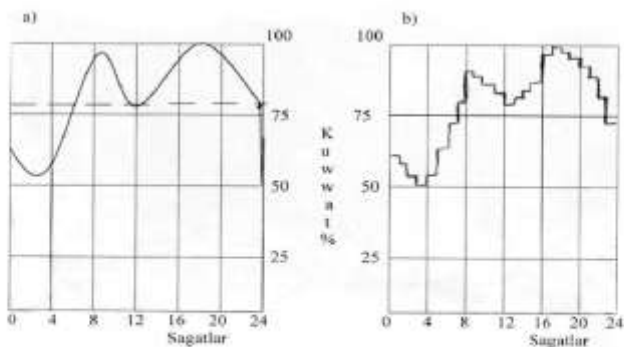
## 7.2. Elektrik stansiýalaryň elektrik ýükleriniň kadasynyň görkezijileri

Elektrik stansiýalaryň elektrik ýüküniň kadasyny onuň ýüküniň grafigi boýunça ýa-da wagta görä energiýa sarp edijileriň talabyna laýyklykda stansiýanyň öndürýän elektrik energiýasynyň sarp edilişiniň üýtgemegi boýunça häsiýetlendirip bolar. Elektrik energiýasyny toplam bolmaýar.

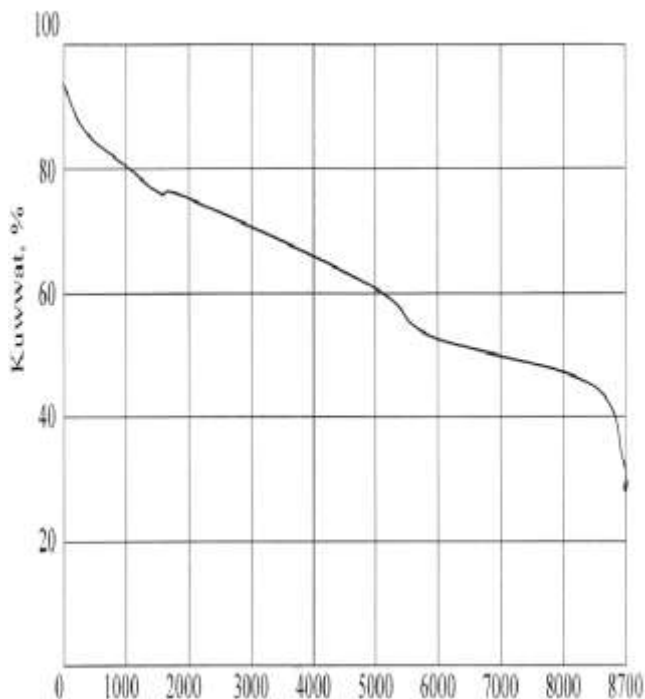
Elektrik stansiýanyň gije-gündizdäki elektrik ýüküniň grafigi (7.2-nji a suraty) wagtyň belli pursatyndaky kuwwatynyň görkezijileri boýunça gurlan, 7.2-nji b suratdaky grafik bolsa – elektrik energiýasynyň öndürilişiniň sagatlaýyn hasaplaýjysynyň görkezmesi boýunça gurlan. Görkezilen 7.3-nji suratdaky elektrik ýüküniň ýyl boýy dowamlylygynyň grafigi kemelip gidýän tertipdäki gije-gündiz üçin grafikleriň kömegi bilen ordinata okuna geçirilip gurulýar.

Elektrik energiýasynyň ulanyş kadasy birnäçe görkezijiler bilen häsiýetlendirilýär.

Stansiýanyň işleýiş dowamlylygy ýyl boýunça sagatlardaky h ýa-da ýylboýy grafikde görkezilen dowamlylygy wajyp ähmiýete eýedir.



7.2-nji surat. Elektrik ýüküniň grafigi a-gije-gündiz grafigi, b-gije-gündiz basgançakly grafik



7.3-nji surat. Ýüküň dowamlylygynyň ýylboýy grafigi

Stansiýalaryň işleriniň dowamlylygy boýunça olaryň ortaça kuwwatlylygy kesgitleýär:

$$W_{or}^{st} = \frac{E^{yl}}{h} \quad (7.1)$$

bu ýerde  $E^{yl}$  – ýylyň  $h$  wagtyndaky öndürilýän elektrik energiýanyň mukdary, kWt-sag, stansiýanyň ortaça kuwwatynyň bellenen kuwwatyna bolan gatnaşygy stansiýanyň ýüküniň koeffisiýentini emele getirýär.

$$f = \frac{W_{or}^{st}}{W_{bel}} \quad (7.2)$$

bu ýerde  $W_{bel}$  – stansiýanyň bellenen kuwwaty. Bu kuwwat satnsiýadaky ähli gurnalan hereketlendirijileriň (ätiýaçlygy hasaba alnanda) bellenen kuwwatlarynyň jemine deňdir. Köpeltmek hasylynyň aňlatmasy:

$$f \cdot h = n \quad (7.3)$$

stansiýanyň bellenen kuwwatynyň ulanylan sagatlarynyň sanyny görkezýär. Bu ýokarky (7.1), (7.2), we (7.3) aňlatmalardan gelip çykýar.

$$nW_{bel} = E^{ýyl} = W_{or}^{st} \cdot h = W_{bel} \cdot f \cdot h \quad (7.4)$$

Stansiýanyň bellenen kuwwatynyň ulanylýan sagadynyň sanynyň  $n$  ýylyň sagatlarynyň 8760 sagada deň bolan sanyna bolan gatnaşygy stansiýanyň bellenen kuwwatynyň ulanyş koeffisiýentini emele getirýär.

$$\mu = \frac{n}{8760}. \quad (7.5)$$

# Goşmaça maglumatlar

## 1-nji goşmaça

### Fiziki ululyklaryň bir ölçeg birliginiň beýleki ölçeg birligine gatnaşygy

Fiziki ululyklar	Bellenilişi	Birlikleriň gatnaşygy
Güýç	F	1 kG = 9,8066 N 1 N = 10 <sup>5</sup> din
Basyş	P	1 kG/sm <sup>2</sup> = 98066,5 N/m <sup>2</sup> = 736,5 mm, sim süt, 1 bar = 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> = 1,02 kG/sm <sup>2</sup> = 10 <sup>5</sup> Pa
Iş	L	1 kG m = 9,80665 J
Energiýa	U	1 kWt s = 860 kkal 1 a.g.s = 0,736 kWt s
Ýylylyk mukdary	Q	1 kkal = 4,1868 kJ
Ýylylyk akymy	Q	1 kkal/s = 1,163 Wt
Ýylylyk akymynyň dykzlygy	q	1 kkal/(m <sup>2</sup> °C) = 1,163 Wt/m <sup>2</sup>
Entalpiýa, faza üýtgeýiş ýygylgy	i	1 kkal/kg = 4,1868 kJ/kg
Ýylylyk sygymy	C <sub>p</sub>	1 kkal/(kg °C) = 4,1688 kJ/(kg °C)
Şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýenti	μ	1 kG sek/m <sup>2</sup> = 9,81 N sek/m <sup>2</sup>
Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti	λ	1 kkal/(m s °C) = 1,163 Wt/(m °C)
Ýylylyk beriş koeffisiýenti	α	1 kkal/(m <sup>2</sup> s °C) = 1,163 Wt/(m <sup>2</sup> °C)
Ýylylyk alyp berijilik koeffisiýenti	k	1 kkal/(m <sup>2</sup> °C) = 1,163 Wt/(m <sup>2</sup> °C)
Şöhlelenmek koeffisiýenti	S	1 kkal/(m <sup>2</sup> s K <sup>4</sup> ) = 1,163 Wt/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )

## 2-nji gosmaca

### Doýgun ýagdaýdaky suwuň fiziki parametrleri

$t, ^\circ\text{C}$	$P \cdot 10^5$ $\text{Pa}$	$\rho$ , $\text{kg/m}^3$	$i$ , $\text{kJ/kg}$	$C_p$ , $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\lambda$ , $\frac{\text{Wt}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$	$a \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{s}$	$\mu \cdot 10^6$ $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\nu \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{s}$	$\beta \cdot 10^4$ $1/\text{K}$	$\sigma \cdot 10^4$ , $\text{N/m}$	$\text{Pr}$
0	1,013	999,9	0	4,212	0,560	13,2	1788	1,789	-0,63	756,4	13,5
20	1,013	998,2	83,91	4,183	0,597	14,3	1004	1,006	1,82	726,9	7,03
40	1,013	992,2	167,5	4,174	0,627	15,1	653,3	0,659	3,87	696	4,36
60	1,013	983,1	251,1	4,179	0,650	15,8	469,9	0,478	5,11	662	2,03
80	1,013	971,8	335,0	4,195	0,669	16,3	335,1	0,365	6,32	625,9	2,231
100	1,013	958,4	419,1	4,220	0,684	16,8	282,5	0,295	7,52	588,6	75
120	1,98	943,1	503,7	4,250	0,686	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,47
160	6,18	907,4	675,4	4,346	0,681	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
200	15,55	863,0	852,5	4,505	0,658	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
240	33,48	813,6	1037,5	4,76	0,617	16,0	114,8	0,141	16,8	285,5	0,88
280	67,19	750,7	1236,8	5,30	0,565	14,3	98,1	0,131	23,7	191,3	0,91
320	112,9	667,1	1462,1	6,57	0,494	11,3	85,3	0,128	38,2	98,10	1,14
370	210,5	450,5	1892,5	40,32	0,338	1,85	56,9	0,126	264	4,709	6,80

### 3-nji gosmaça

Doýma çyzygynda suw bugunyň fiziki häsiýetleri

$t, ^\circ\text{C}$	$p \cdot 10^{-5}$ $\text{Pa}$	$\rho''$ , $\text{kg/m}^3$	$i''$ $\text{kJ/kg}$	$r$ , $\text{kJ/kg}$	$C_p$ , $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$	$\lambda \cdot 10^2$ $\text{W/m}^\circ\text{C}$	$a \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{se}$ $\text{k}$	$\mu \cdot 10^6$ $\text{Pa}\cdot\text{sek}$	$\nu \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{se}$ $\text{k}$	Pr
100	1,013	0,598	2675,9	2256,8	2,135	2,372	18,58	11,97	20,02	1,08
120	1,98	1,121	2706,5	2202,8	2,206	2,593	10,50	12,85	11,46	1,09
140	3,61	1,966	2734,1	2145,0	2,315	2,791	6,130	13,54	6,89	1,12
160	6,18	3,258	2758,0	2082,61	2,479	3,012	3,722	14,32	4,39	1,18
200	15,55	7,862	2793,1	1940,7	3,023	3,547	1,492	15,99	2,03	1,36
240	33,48	16,76	2603,0	1766	3,881	4,290	0,658	17,75	1,06	1,61
280	64,19	33,19	2780	1543	5,234	5,490	0,317	19,91	0,600	1,90
320	112,90	64,72	2700	1238	8,206	7,510	0,141	22,85	0,353	2,50
360	186,74	144,0	2481	719,7	23,03	12,790	0,038	29,13	0,202	5,23

4-nji goşmaça

Gurak howanyň fiziki häsiýetleri ( $P_b=760$  mm. sim.süt  $\approx 1,01 \cdot 10^5$  Pa)

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$C_p, \text{kJ/(kg} ^\circ\text{C)}$	$\lambda, 10^2 \text{ Wt/(m} ^\circ\text{C)}$	$a \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{sek}$	$\mu \cdot 10^5 \text{ Pa sek}$	$\nu \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{sek}$	Pr
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0,696
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,683
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,719
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,1	0,719
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,7	0,724

## 5-nji goşmaça

Turbulent kadaly akymda  $\varepsilon_1 = f(\ell/d, Re_{dc})$  baglylykdaky bahalary

Re <sub>dc</sub>	ℓ/d									
	1	2	5	10	15	20	30	40	50	
1·10 <sup>4</sup>	1,65	1,5	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03	1	
2·10 <sup>4</sup>	1,51	1,4	1,27	1,18	1,13	1,1	1,05	1,02	1	
5·10 <sup>4</sup>	1,34	1,27	1,18	1,13	1,1	1,08	1,04	1,02	1	
1·10 <sup>5</sup>	1,28	1,22	1,15	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02	1	
1·10 <sup>6</sup>	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho$ $\text{kg/m}^3$	$C_p$ $\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$	$\lambda \cdot 10^2$ $\text{Wt/m } ^\circ\text{C}$	$a \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{sek}$	$\mu \cdot 10^2$ $\text{Pa sek}$	$\nu \cdot 10^6$ $\text{m}^2/\text{sek}$	Pr
0	1,295	1,042	2,28	16,9	15,8	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,13	30,8	20,4	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,01	48,9	24,5	32,80	0,67
300	0,617	1,122	4,84	69,9	28,2	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	94,3	31,7	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	121,1	34,8	76,30	0,63
600	0,405	1,214	7,42	150,9	37,9	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,27	183,8	40,7	121,1	0,61
800	0,330	1,264	9,15	219,7	43,4	131,8	0,60
900	0,301	1,290	10,0	258,0	45,9	152,5	0,59
1000	0,275	1,306	10,90	303,4	48,4	174,3	0,58
1100	0,257	1,323	11,75	345,5	50,7	197,1	0,57
1200	0,240	1,340	12,62	392,4	53,0	221,0	0,56

## 7-nji goşmaça

Ýylylyk izolirleýji we beýleki gurluşyk materiallarynyň  
dykzlygy  $\rho$ ,  $\lambda$  ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti hem-de udel  
ýylylyk sygymy  $^{\circ}\text{C}$

Materiallar	$\rho \text{ kg/m}^3$	$T \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\lambda$ $\text{Wt/(m}\cdot^{\circ}\text{C)}$	$c$ $\text{kJ/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$
asbest 3-sort	340	-	0,0870+0,24 10t	0,816
asbest 3-sort	650	-	0,11+0,19 10t	0,816
Asbet kartony	900	-	0,16+0,17 10t	0,816
Asbest şnury	800	-	0,13+0,15 10t	0,816
Asfalt	2120	0...30	0,6...0,74	1,67
Demir beton	2200	0	1,55	0,81
Şlak beton	1500	0	0,70	0,80
Pagta	800	30	0,042	-
Gyzyl kerpiç	1800	0	0,77	0,88
Selikat kerpiç	1900	0	0,81	0,84
Gyzyl kerpiçden örülen diwar	1700	0	0,81	0,88
Selikat kerpiçden örülen diwar	1900	0	0,87	0,84
Buz	928	-100	3,5	1,17
Buz	917	0	2,2	2,26
Hek	2000	50	0,9	0,88
Mramor	2800	0	3,5	0,92
Parafin	920	20	0,27	-
Gury çäge	1520	0...160	0,30...0,38	0,80
Çyg çäge	1650	20	1,13	2,09
Gant şeker	1000	0	0,58	1,26
Adaty aýna	2500	20	0,74	0,67
Tekstollik	1300-1400	20	0,23...0,34	146...1,51
Farfor	2400	95	1,04	1,09
Ebonit	1200	20	0,157...0,17	-
Hek suwagy	1000	0	0,7	0,84
Sement çäge suwagy	1800	0	1,2	0,54
Faner	600	0	0,15	2,51

**8-nji goşmaça**

**Dürli materiallaryň ýylylyk şöhlenme koeffisiýenti**

<b>Materiallar</b>	<b>t, °C</b>	<b>ε</b>
Alýumin:		
ýylmanan	225...575	0,39...0,057
büdür-südü	26	0,055
okislenen	200...600	0,011...0,19
Wolfram	230...2230	0,053...0,31
wolfram simi	3000	0,391
Demir:		
Elektrolitde		
ýylmanan	175...225	0,052...0,064
ýylmanan	425...1020	0,14...0,377
guýulan	925...115	0,87...0,95
Polat:		
ýylmanan list	940...1110	0,52...0,61
okislenen	200...600	0,79
Çoýun:		
ýylmanan	200	0,21
gyrylan	830...990	0,60...0,70
okislenen	200...600	0,64...0,78
büdür-südü	40...250	0,96
Altyn	225...625	0,018...0,035
Latun:		
ýylmanan	245...355	0,028...0,031
Düzümi 73,2% Cu Mis: 26,7% Zn		
Elektrolitde		
ýylmanan	80	0,018
Köp wagtlap		
gyzdyrlyp üsti galyň		
okis bilen örtülen	200...600	0,57...0,55
Arassa ýylmanan platina	225...625	0,054...0,105
platinanyň lentasy	925...1115	0,12...0,17
platina sapagy	25...1230	0,036...0,192
platina simi	225...1375	0,073...0,182
Hrom	38...538	0,08...0,26
asbest kartony	24	0,96
şamot kerpiji	1100	0,75
hek suwagy	10...90	0,91
garagurum	40...370	0,95
farfor	22	0,92
gyzyl kerpiç	20	0,93

## Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М., 1973.
11. Шеголев М.М. и др. Котельные установки. М., 1972.
12. К.Ф.Роддатис. Котельные установки. М., Энергия, 1977.

13. Е.Ф.Бузников и др.Производственные и отопительные котельные. М., Энергоиздат, 1986.
14. В.И.Лебедев, Б.А.Кремянов. Теплогенерирующие установки. М., Стройиздат, 1986.
15. Б.А.Аразмедов. Тепловой расчет котельного агрегата. Ашхабад-1988.
16. Б.А.Аразмедов Задание на курсовой проект и методические указания к его
17. выполнению по курсу «Котельный агрегат» специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» Ашхабад-1976.
18. Б.А.Аразмедов. Методические указания по курсовому проектированию водогрейного котельного агрегата и котельной с водогрейными котлами для студентов специальности “Теплогазоснабжение и вентиляция”. Ашхабад-1978.
19. Б.А.Аразмедов. Методические указания по курсовому проекту котельной установки для студентов специальности 1208- “Теплогазоснабжение и вентиляция”. Ашхабад-1981.

## MAZMUNY

Giriş.....	7
<i>II Bölüm. Birinji bap. Ýangyç we ýanma hadysasynyň esaslary.</i>	
Ýangyçlar.....	9
1.1. Ýangyç hakynda düşünje we ýangyjyň topara bölünişi.....	9
1.2. Ýangyjyň düzümi.....	11
1.3. Ýangyjyň ýylylyk – tehniki häsiýetnamasy.....	14
1.4. Ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylyk.....	18
1.5. Şertli ýangyç.....	21
1.6. Organiki ýangyçlaryň görnüşleri we häsiýetnamalary.....	22
Ikinji bap. Ýanma prosesi.....	30
2.1. Ýanma prosesi hakynda düşünje.....	30
2.2. Ýangyjyň ýanmagy üçin berilmeli howanyň nazary we amaly mukdary.....	33
2.3. Ýangyç ýananda emele gelýän gazlaryň göwrümi.....	38
2.4. Ýangyç ýananda emele gelýän gazyň entalpiýasy.....	46
<i>II bölüm. Gazan desgalary. Üçünji bap. Gazan desgalary, olaryň maksatlary we elementleri.....</i>	<i>49</i>
3.1. Gazan desgalary we olaryň görnüşler.....	49
3.2. Gazan agregaty.....	52
3.3. Gazan desgasyň kömekçi enjamlary.....	57
Dördünji bap. Gazan agregatynyň ýylylyk balansy.....	60
4.1. Ýylylyk balansynyň deňlemesi.....	60
4.2. Gazan agregatynda peýdaly ýylylyk.....	62
4.3. Ýylylygyň tüsse gazy bilen ýitmegi.....	63
4.4. Ýangyjyň himiki doly ýanyp bilmezliginden ýitýän ýylylyk.....	65
4.5. Ýangyjyň mehaniki doly ýanyp bilmezliginden ýitýän ýylylyk.....	67
4.6. Gazan agregatyndan daşky gurşawa ýitirilýän ýylylyk.....	68
4.7. Gazan agregatynyň peýdaly täsir koeffisiýenti.	

Ýangyjyň sagatlaýyn sarp edilişi.....	72
<i>Bäşinji bap. Ojak enjamlary.....</i>	<i>74</i>
5.1. Ýangyjy ýakmagyň esasy usullary. Ojak enjamlarynyň görnüşleri.....	74
5.2. Gatlaklaýyn ojaklar.....	77
5.3. Kameraly ojaklar.....	82
5.4. Suwuk ýangyçlary ýakmak üçin ojakalar.....	85
5.5. Gaz görnüşli ýangyjy ýakmak üçin ojaklar.....	87
<i>III Bölüm. Ýylylyk elektrik stansiýlary (YES).....</i>	<i>92</i>
Altynjy bap. ÝES hakynda umumy maglumat.....	92
6.1. Elektrik stansiýalarynyň bellenen maksatlary we olaryň toparlara bölünişi.....	92
6.2. Bug turbinaly elektrik stansiýasy we onuň prinsipial ýylylyk shemasy.....	94
6.3. Elektrik stansiýalaryň ýükleriniň grafikleri.....	97
Ýedinji bap. ÝES-leriň düzüliş shemasy we tehniki-ykdysady görkezijileri.....	101
7.1. Bug turbinaly elektrik stansiýalaryň düzülişleriniň shemasy.....	101
7.2. Elektrik stansiýalaryň elektrik ýükleriniň kadasynyň görkezijileri.....	103
Goşmaça maglumatlar.....	106
<i>1-nji goşmaça. Fiziki ululyklaryň bir ölçeg birliginiň beýleki ölçeg birligine gatnaşygy.....</i>	<i>106</i>
<i>2-nji goşmaça. Doýgun ýagdaýdaky suwuň parametrleri.....</i>	<i>107</i>
<i>3-nji goşmaça. Doýma çyzygynda suw bugunyň fiziki häsiýetleri.....</i>	<i>108</i>
<i>4-nji goşmaça. Gurak howanyň fiziki häsiýetleri.....</i>	<i>109</i>
<i>5-nji goşmaça. Turbulent kadaly akymyna baglylykdaky bahalary.....</i>	<i>110</i>
<i>6-njy goşmaça. Ýangyç ýananda emele gelýän gazlaryň fiziki häsiýetleri.....</i>	<i>111</i>
<i>7-nji goşmaça. Ýylylyk izolirleýji we beýleki gurluşyk materiallarynyň dykzlygy <math>\rho</math>, <math>\lambda</math> ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti hem-de udel ýylylyk sygymy <math>^{\circ}\text{C}</math>.....</i>	<i>112</i>

<i>8-nji goşmaça. Dürli materiallaryň ýylylyk şöhlelenme</i>	
koefisiýenti.....	113
Edebiýatlar.....	114