TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

G.Judakowa, Ç.Şükürow

TURBAGEÇIRIJI ULGAMLARYŇ MATEMATIKI MODELLEŞDIRILIŞI WE KOMPÝUTERDE HASAPLANYLYŞY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

G.Judakowa, Ç.Şükürow, Turbageçiriji ulgamlaryň matematiki modelleşdirilişi we kompýuterde hasaplanylyşy.

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

GIRIŞ

Täze Galkynyş eýýamynda Hormatly Prezidentimiz Gurbangyly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda ylmy taýdan işlenip düzülen ykgysadyýetiň köptaraply ösüş modeli durnukly netijeligini görkezýär, halk hojalygynyň ähli ugurlarynda öňegidişlikler aýdyň görünýär. Şu ajaýyp döwrüň iline, ýurduna baky dolanmagy üçin Hormatly Prezidentimiz turuwbaşdan “Döwlet adam üçindir!” diýen ganatly jümleleri baş şygar edindi. Bu şygar bolsa beýik Galkynyş, täze özgertmeler zamanasynyň bagtyýar adamlaryny ýagty geljege sary ynamly ýola düşürdi.

Döwrüň talaplaryndan ugur alyp, ýurdumyzda ylymy we bilimi ösdürmek syýasatynyň öňe sürülmegi ösüşiniň esasy ugurlarynyň birine öwrüldi. Bu syýasat esasan hem ýurduň geljegi bolan ýaşlaryň aňly bilimli bolup ösmegine gönükdirilendir. Ýurdumyzda döwrüň ösen tehnologiýasynyň iň naýbaşylary bilen üpjün edilip gurulýan medeni aň - bilim ojaklary, orta we ýokary okuw mekdepleri, dynç alyş zolaklary – bularyň hemmesi halkymyzyň durmuş ýaşaýyş derejesiniň geljekde has-da rowaçlanjakdygyna ylmy nukdaý nazar bilen goýlan ebedi binýat diýip düşünmek bolar. Şeýle tehnologiki enjamlar bilen işlemek üçin bolsa ylymly - bilimli, aňy ösen, şolara erjel çemeleşmegi başarjak ýşlary terbiýeläp ýetişdirmelidigini Hormatly Prezidentimiz elmydama ündäp gelýär.

Döwrebap tehnologiýalaryň esasy özeni, aýrylmaz bir bölegi bolup durýan kompýuter tehnologiýasy häzirki döwür ylymynda iň bir zerur “ýaraglaryň“ birine öwrüldi. Kompýuterler diňe bir hasaplamak, ýazmak, multimediýa işlerini amala aşyrmak ýa-da maglumatlary alyp-çalyşmak işleri üçin niýetlenilmän eýsem olar diňe adam aňyna mahsus bolan “intelektual aň“ bilen hem üpjün edilýär. Şeýle mümkinçil;ikler hem tebigy hadysalary kompýuteriň aňynda modelirlemekdir. Kompýuteriň kömegi bilen hasaplamagyň matematiki usullaryny we modellerini ulanyp dinamiki, stohastiki we stasionar ulgamlara degişli bolan meseleleri çözmek häzirki döwriň ösen tehnologiýasynyň esasy wezipeleriniň biri bolup durýar.

Modelirlemek barada umumy düşünjeler

Täze tehnologiýalaryň durmuşda giňden ornaşdyrylýan döwründe ylmyň, se-nagat pudaklarynyň, ykdysadyýetiň meseleleriniň we başga-da biziň durmuşy-myzda duş gelän ähli hadysalara degişli meseleleriň matematiki nukdaý nazardan seredilip geçilmedigi az-azdyr. Şol meseleleri çözmekde ylmyň gazananlaryny ulanmak indi adamzadyň durmuşynda adaty ýagdaýa öwrüldi.

Adam durmuşda ýüze çykýan islendik meselelri çözende öz hyýalynda şol meselä degişli bilimini bir ýere jemläp, hadysanyň bolup biläjek wariantlaryny göz öňüne getirmäge çalyşýar. Ine şol hem hadysalary modelirlemegiň ilkinji etaby bolup durýar. Şeýle modellere *hyýaly modeller* diýilýär. Hyýaly modeller adamyň ylmy nukdaý nazardan dünýägaraýşy ýüze çykyp başlandan öz gözbaşyny alyp gaýdýar. Muňa mysal edip iň gadymy döwrüň belli akyldarlary Dekardyň, Arhimediň, Galileýiň, Nýutonyň, Al Birunynyň we başgalaryň adamzada peşgeş beren filosofiki işlerini görkezmek bolar. Şol döwürde, tejribe enjamlarynyň heniz ýok mahaly, alymlar öz açyşlaryny diňe hyýaly modelleri filosofiki garaýyş bilen derňäp, şony öwrenip amala aşyrypdyrlar. Şonuň üçin modelleri derňemek işleri dürli şertlerde garaşylýan netijeleri öňünden anyklamaklyklygyň esasy meseleleriniň biri bolup durýar.

Häzirki döwürde islendik hadysalary ýa-da obýektleri öwrenmek üçin düzülýän modeller ylmyň we tehnologiýanyň soňky gazananlaryny ulanmak bilen amala aşyrylýar. Ylmy barlag işlerinde belli bir hadysa barada pikir aýtmalara *gipoteza* diýilýär. Gipotezalar belli bir mukdarda tejribe işleriniň, gözegçiligiň we pikir aýtmalaryň netijesinde alynan maglumatlara esaslanylyp güzülýär. Şol gipotezalaryň dogrylytgyny ýa-da nädogrylygyny anyklamak üçin käbir ýagdaýlarda berlen obýektiň ýa-da hadysanyň *analogyna* seredilýär. Analog belli bir gipoteza bilen geçiriljek eksperimentiň arasynda baglanyşdyryjy bölüm bolup hyzmat edýär.

Gipotezany we analogy ulanyp, bizi gurşap alýan obýektiw hadysalary eksperimentiň kömegi bilen öwrenmek üçin amatly edilip düzülen logiki shema *model* diýilýär. Başgaça aýdylanda model - bu real obýektiň häsiýetlerini öwrenmek üçin şol obýekti tejribede çalşyp biljek beýleki obýekte aýdylýar. Real obýektleriň häsiýetlerini şol obýektleriň modelleri bilen tejribe usulynda barlamaklyga *modelirlemek* diýilýär. Modelirlemek işiniň alynyp barylyşyny, onuň kanunalaýyklygyny öwrenýän ylyma bolsa *modelirlemek teoriýasy* diýilýär.

Modelirlemek teoriýasy real obýekti öwrenmek üçin meseläniň goýluşyna, onuň fiziki kanunalaýyklygyna, alynan model bilen real obýektiň häsiýetleriniň meňzeşligine we tapawutly taraplaryna, alynan netijeleriň hakykata laýyklygyny öwrenýän ylymdyr.

Bolup geçýän hadysalary matematiki usulda, ýagny deňlemeleriň, deňsizlikleriň, funksiýalaryň we we başga-da mümkin bolan matematiki usullaryň üsti bilen aňlatmak diýmek – munuň özi şol hadysalaryň ýüze çykyş we geçiş kanunalaýyklyklaryny matematiki formulirlemeklige aýdylýar. Adatça çözüwi kwadrat deňlemelere ýa-da deňlemeler sistemalaryna getirilýän meselelere seredilende, meseläniň şerti tekst görnüşinde berilip, şol tekstiň esasynda kwadrat deňleme ýa-da deňlemeler sistemasy düzülýär. Ine şonda biz meseläniň matematiki modelini işläp taýarladygymyz bolýar. Ýöne şeýle modeller real hadysalaryň belli bir häsiýetini abstrakt ýagdaýda ýazyp beýan edýär. Şol hadysanyň islendik dasarky ýagsaýlara görä özüni alyp baryşyny hemme taraplaýyn ýazyp beýan etmeklige *ulgamlaýyn modelirlemek* dýilýär.

Häzirki döwürde kompýuter tehnologiýasynyň durmuşa giňden ornaşdyrylmagy esasynda modelirlemek meselesi has ýokary ösüşlere eýe boldy. Indi modelirlemek meselesi hadysalary diňe bir matematiki formulalar bilen ýazyp beýan etmekde ýa-da şol esasda alynan sanlaryň üstünde işlemek bilen çäklenilmän, eýsem şol modeliň obrazynyň özüni alyp baryşyny göni ekranda görmäge hem mümkinçilik döredi. Käbir meseler çözülende kompýuterleri ulanman çözmek mümkin däl. Mysal üçin taryhda bolup geçen käbir hadysalary indi biz hiç hili tejribe bilen modelirläp bilmeris, emma kompýuter tehnologiýasyny ulanyp şol hadysalaryň bolup geçisini göni ekranda görmäge mümkinçiligimiz bar. Şol sebäpli hem modelirlemek meselesini indi kompýuter modelirlemek meselesinden üzňe göz öňüne getirmek mümkin däl.

Matematiki modelirlemegiň oňaýly we doly kesgitlemesini akademik W.S.Nemçinow berdi: matematiki model - *bu öňde goýlan meselelerde bolup geçýän hadysalaryň umumy baglanyşygyny we kanuna laýyklygyny konsentrirlenen görnüşde aňlatmakdyr*.

Matematiki modelleriň görnüşleri we modelirlemegiň etaplary

Matematiki modeller: stasionar, dinamiki, stohastiki, optimizasion we başga-da birnäçe modellere bölünýärler.

Düzülen modellerde hadysa göniden göni wagta bagly bolmadyk modellere stasionar modeller diýilýär. Stasionar modelleriň kömegi bilen netijäniň bir ýa-da birnäçe faktorlara baglylygynyň derejesi öwrenilýär we bu baglanyşyk san görnüşinde aňladylýar. Stasionar modeller çözülende hadysahy ýazyp beýan edýän funksionalyň ekstremal bahalary tapylýar. Muňa mysal edip transport meselesini, syýahatçyň meselesini we başgalary mysal getirmek mümkin.

Hadysanyň wagta baglylykda özüni alyp baryşyny öwrenýän modellere dinamiki modeller diýilýär. Dinamiki modelleriň kömegi bilen hadysanyň wagta baglylykda özüni alyp baryşy öwrenilýär. Dinamiki modeller düzülende esasy üns hadysa täsir edip biljek daşarky güýçleriň ähli toplumyny özünde jemleýän deňlemeleriň göz öňünde tutulmagyna berilýär. Hadysa täsir edýän haýsy hem bolsa bir daşarky ujypsyz güýç ünsden düşürilen mahaly, şol barada hökman degişli şertiň düzülmegi talap edilýär. Dinamiki modeller düzülende esasan matematiki fizikanyň differensial we integral deňlemeleriniň teoriýasy ulanylýar. Bu modellere mysal edip ýönekeý yrgyldylara, biologiki populýasiýalara, awtoyrgyldylara, himiki hadysalara, gidro we aerodinamiki hadysalara we başga-da birnäçe tebigy hadysalara degişli meseleleri mysal gerirmek bolar.

Seredilýän hadysanyň alamatlary tötänleýin üýtgeýän modellere stahostiki (ýa-da ähtimallykly) modeller diýilýär. Bu ýagdaýda meseläniň çözüwi başdaky berlenlere birmanyly bagly bolmaýar. Stohastiki modeller ähtimallyk teoriýasynyň kanunlary esasynda ýazylyp beýan edilýär. Muňa mysal edip broyn hreketini, tebigy hadysalary, käbir maliýe – ykdysady meseleleri ýazyp beýan edýän modelleri görkezmek bolar.

Optimizasion modeller matematiki deňlemeler, deňsizlikler görnüşinde we haýsyda bolsa bir maksat funksiýa görnüşinde aňladylýarlar. Şonda model çözülende meseläniň iň gowy çözüwi hasaplanylýar.

Optimizasion modeller determinirlenen we stahostiki görnüşde bolup bilýärler. Determinirlenen modellerde meseläniň çözüwi başda berlenlere gönüden-göni bagly bolup, olaryń çözüwleri birmanyly kesgitlenilýärler.

Ykdysady-matematiki modelirlemek şu aşakdaky etaplardan durýar:

1.Meseläniň goýulyşy we ygtybarlygyň şertini kesgitlemek.

2.Matematiki modeli strukturalaýyn görnüşde işläp taýýarlamak

3.Informasiýalary ýygnamak we olary işläp taýýarlamak.

4.Meseläniň giňişleýin san modelini işläp taýýarlamak

5.Meseläni kompýuterde çözmek we çözüwi derňemek.

Meseläniň goýluşy we optimallygyň şertini kesgitlemek

Modelirlenýän obýektler barada nähili informasiýalaryň barlygy doly öwrenilýär we meseläniň nähili maksat bilen modelirlenýändigi doly kesgitlenilýär. Ýagny modeli näme maksat üçin işläp taýýarlanylmalydygy, ony taýýarlamak üçin nähili maglumatlar gerek, olarz nähili taÿÿarlamaly we olaryň üstünde nähili işlemeli, näme maksat bilen işlenmelidigi kesgitlenilýär.

Meseläniň strukturalaýyn modelini işläp taýýarlamak baza modeli saýlamak, modeliň ýerli şerte görä ulanylyp boljagyny anyklamak, modeli işläp taýýarlamak üçin nähili bellikler geçirmeli, nähili simwollar ulanylmaly we şuňa meňzeş birnäçe işleri geçirmeli, ulanmaga mümkin bolan baza modeli saýlanylýar.

Informasiýalary ýygnamak we işläp taýýarlamak etabynda, saýlanylyp alnan baza modeli üçin gerekli maglumatlaryň görnüşleri kesgitlenilýär, olaryň üstünde geçirilmeli hasaplamalar, koeffisiýentleri taýýarlamak we şuňa meňzeş işler geçirilýär.

Meseläniň giňişleýin san modelini işläp taýýarlamak etabynda ýygnalan we işläp taýarlanylan maglumatlaryň we işläp taÿÿarlanylÿan san modeliniň esasynda meseläniň sanly modeli taýarlanylýar. Ýagny hemme deňlemeler, deňsizlikler işläp düzülýärler we meseläniň maksat funksiýasy işläp taýýarlanylýar. Meseläniň san modelini kompýuterde çözmek üçin oňaýly bolar ýaly, ony matrisa (tablisa) görnüşine geçirýärler.

Meseläni kompýuterde çözmek we çözüwi derňemek üçin adatça, taýýar optimizasion programma ulanylyp çözülýär we alynan çözüw ylmy taýdan derňelýär. Beýle diyildigi matematiki nukdaý nazardan çözüw dogry bolsada onyň reýal hadysany dogry we doly ýazyp beýan etmekden daşda bolmagy mümkin. Şonuň sebäpli alnan modeli durmuşda belli bir ýagdaýda ulanmak üçin oňa, gerek bolsa, birnäçe düzedişler girizilip, modeliň täzeden çözüwi gözlenilýär. Meseläniń çözüwi derńelende üýtgeýän ululyklaryń hasaplanylan bahalaryny her bir deńlemä we deńsizlige ornuna goýup, deńlemeleriń we deńsizlikleriń ýerine ýetýändigini barlanylýar.

Hiç bir matematiki model tebigy hadysalary doly derejede ýazyp beýan edip bilmeýär. Ýöne alnan modeliň hadysany nä derejede dogry ýazyp beýan edýändigine ylmy taýdan baha bermek üçin ýörite düzülen metodikalar ulanylýar. Şeýle metodlaryň birine-de χ^2 kriteriýasy diýilýär.

I BAP. MATEMATIKI MODELIRLEMEGIŇ UMUMY MESELELERI

1. STASIONAR ULGAMLARY MODELLERLEMEK

Transport meselesiniň goýluşy.

Transport meselesi – bu bir hili önümiň üpjün edilijiden alyjylara, çykdaýjylara nukdaýnazardan, rasional daşama planyny gurnamak meselesidir. Transport meselesiniň şertleri şu aşakdaky tablisa görnüşde ýazalýar.

Jedwel 1

Alyjyar we olaryň islegi	1	…	J	…	n
	B_1	…	B_i	…	B_n
A_1	C_{11} X_{11}	…	C_{lj} X_{lj}	…	C_{ln} X_{ln}
…	…	…	…	…	…
A_i	C_{i1} X_{i1}	…	C_{ij} X_{ij}	…	C_{in} X_{in}
…	…	…	…	…	…
A_m	C_{m1} X_{m1}	…	C_{mi} X_{mi}	…	C_{mn} X_{mn}

Tablisadaky C_{ij} koeffisentleri i-nji üpjün edijiden j-nji alyja önüm birligi çykdaýjylaryny aňladýar; A_i –bu i-nji üpjün edijiniň kuwwaty, B_j –bu j-nji alyjynyň islegi, X_{ij}-önümiň i-nji üpjün edijiden j-nji alyja daşalmaly näbelli san mukdary.

Transport meselesiniň matematiki modeli aşakdaky görnüşde bolýar.

Çyzykly funksiýanyň has kiçi manysyny tapmaly.

$$C = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij} X_{ij}$$

aşaky şertlerinde:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = A_i \left(i = 1,2,....,m\right)$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = B_j \left(j = 1,2,...,n\right)$$

Modelde $\sum_i A_i = \sum_j B_j$ bolsa, onda oňa ýapyk diýilýär.

Eger-de $\sum_i A_i \neq \sum_j B_{jj}$ bolsa, onda transport meselesiniň acyk modeli bolýar.

Açyk modeliň çözüwini tapmak üçin ony, galp üpjün ediji (alyjy) girizmek arkaly ýapyk görnüşe getrimeli.

Eger-de $\sum_i A_i \langle \sum_j B_j$, onda tablisada has kiçi bahany saýlalyň. Böýle görkeziji 1-deň, A_2B_1 we A_3B_4 gözeneklerde ýerleşýär. Bu gözenekleri dolduralyň:

$X_{22} = min\left\{ 150, 75 \right\} = 75$ we $X_{34} = min\left\{50, 85\right\} = 50.$

Bahalar tablisasynda galan has kiçi baha A_2B_2 gözenekde ýerleşen bahadyr. Oňa ýazýarys:

$$X_{22} = min\left\{150, 75\right\} = 75$$

Bahalar tablisasynda ýene-de has kiçi bahany saýlarys we şol prosesi hemme zapaslar ýerbe-ýer goýulýança şeýle-de islegler kanagatlanýança dowam edýäris. Netijede plan (tab2) alarys.

Plan stiklleri saklamaýar we alty $m+n$-1=3+4-1 položitel daşamalarda ybarat. Diýmek, öwrülme direg plany bolýar.

Onuň bahasyny kesgitläliň.

$$C = 5*7+1*60+5*35+1*75+2*75+50*1=665$$

Ilkinji direg plany gurnalandan soň onuň optimallygyny barlaýarlar. Eger-de alynan plan optimal däl bolsa, onda üpjünçilikler täzeden ýerbe-ýer goýulýar.

Transport meselesini paýlaýjy metod bilen çözmek

Mysal.

Meseläni paýlaýjy metod bilen çözmeli.

B_j / A_j	70	120	105	105
90	14	8	17	5
180	21	8	17	5
130	3	5	8	4

Ilkinji direg çözüwini “minimal baha” diýilýän düzgüniň kömegi bilen gurýarys. Onda,

B_j / A_j	70	120	105	105
90	14	8 45-	17	5
180	21	10 75	7	11
130	3	5 +	8	4

Haçanda C = 8*45+5*45+10*5+1*75+7*105+3*70 + 4*60 = 2520

Ilkinji plany alýarlar we onuň optimallygynyň her bir boş gözenek üçin Δ_{ij} häsiýetnamasyny hasaplap, barlaýarlar.

Δ_{11} = 14-5+-3 = 10

Δ_{13} = 17-8+10-7 = 12

Δ_{21} = 21-3+4-5+8-10 = 15

Δ_{24} = 11-5+8-10 = 4

Δ_{32} = 5-8+5-4 = -2 < 0

Δ_{33} = 8-7+10-3+5-4 = 4

Bu ýerde Δ_{32} < 0, onda plan optimal däl. Täze direg planyna geçiş Δ_{32} üçin zynjyrda amala aşyrylýar. Zynjyr butçlarynyň depelerine gezek – gezegine (+, -, +, -, ...) alamatlaryny boş gözenekden başlap berýärler.

Otrisatel ýaryş zynjyryň önüm üpjünçilik mukdaryndan has kiçisini saýlap alýarlar we täzeden oturtmany geçirýärler.

$$\lambda = \min\{45,60\} = 45$$

Tablisany doldurýarlar.

B_j / A_j	70	120	105	105
90	14	8	17	5 90
180	21	10 75	7 105	11
130	3 70	5 45	8	4 15

Daşamanyň çykdaýjylary C = 2430

Täze hasaplama üçin Δ_{ij} hasaplap onuň optimallygyny barlaýarlar.

Δ_{11} = 14-5+-3 = 10

Δ_{12} = 8-5+4-5 = 2

Δ_{13} = 17-5+4-5+10-7 = 4

Δ_{21} = 21-10+5-3 = 13

Δ_{24} = 11-4+5-3 = 2

Δ_{33} = 8-5+10-7 = 6

Otrisatel häsiýetnamalaryň ýoklugy alnan planyň optimaldygyna şaýat bolup durýar.

Transport meselesini potensiallaryň usuly bilen çözmek

Mysal.

Meseläniň potensiallaryň usuly bilen çözmeli.

B_j / A_j	75	80	60	85
100	6	7	3	5
150	1	2	5	6
50	8	10	20	1

Çözüwi.

Ilkinji direg çözüwini “minimal baha” düzgüne laýyk gurýarys. Haçanda

C = 5*7+3*60+5*35+1*75+2*75+1*50 = 665 bolanda alarys.

B_j / A_j	75	80	60	85	α_i
100	6	7 5	3 0	5 35	0
150	1 75	2 75	5	6	-5
50	8	10	20	1	-4
β_i	6	7	3	5	

Alynan plan optimallygy barlaýar.

$X_{ij}>0$ (bellenen gözenekler) üçin $\alpha_i + \beta_i = C_{ij}$ formuladan peýdalanyp, α_i setirleriň we β_i sütünleriň potensiallaryny kesgitleýärler.

Potensiallryň manylaryny tablisa goýuşdyrýarlar. Eýesiz gözenekler üçin $C_i = \alpha_i + \beta_j$ hasaplaýarlar we C_{ij} bilen deňeşdirýärler.

Alynan plan optimaldyr. Çünki hemme *i* we *j* üçin (gözenekler) $C_j \leq C_{ij}$. Eger-de käbir gözenekler üçin $C_j \leq C_{ij}$ bolan ýagdaýda (*e*,*k*) gözenek zynjyrynda üpjünçilikler täzeden ýerbe-ýer goýulýar. Ýerbe-ýer goýmak üçin *(e,k)* gözenegiň saýlanylyşy $C_k > C_{ek} = \max(C_j - C_{ij})$ prinsip arkaly amala aşyrylýar

Onda $A_{inti} = \sum_j b - \sum_i A_i$ galp üpjün edijini girizmeli.

Daşama baha C_{m+1}; $j=0$ $(j=\overline{1,n})$

Eger $\sum_i A_i \rangle \sum_j B_j$ bolsa onda

$B_{n+1}=\sum_i A_i - \sum_j B_j$ göwrümli galp alyjyny girizmeli.

Daşama baha $C_{in+1}=0$ $(i=\overline{1,m})$. Transport meseläniň optimal planyny tapmak plany opor planyndan başlanýar.

Transport meseläniň ilkinji opor planyny gurmagyň birnäçe usullary bar. Olara mysallarda seredip geçeliň.

“Demirgazyk-günbatar burç” usuly.

Goý tr.mes.şertleri 1 tablisada berlen bolsun.

A_j / D_j	75	80	60	85
100	6 75	7 25	3	5
150	1	2 55	5 60	6 35
50	8	10	20	1 50

Bu usul boýunça başlangyç opor planyny guralyň.

(1) tablisada doldurylmadyk demirgazyk-günbatar burçdan başlanýar.

$$X_{11} = \min\{A1, B1\} = \min\{100,75\} = 75$$

$$X_{i1} = 0(i = 2,3)$$

we şuňa meňzeşlikde

$$X_{12} = \min\{100-75,80\} = 25. \qquad X_{ij} = 0(j = 3,4)$$

$$X_{22} = \min\{150,80-25\} = 55, \qquad X_{32} = 0$$

$$X_{23} = \min\{150-55,60\} = 60, \qquad X_{33} = 0$$

$$X24 = \min\{150-55-60,85\} = 35,$$

$$X_{34} = \min\{50,85-35\} = 50$$

Şunuň bilen ilkinjiopor plan gurmaklykgutarýar. 1-nji tablisadan görnüşi ýaly plan m+n-1=3+4-1=6

Baha: $C = 6 \cdot 75+7 \cdot 25+2 \cdot 55+5 \cdot 60+6 \cdot 35+1 \cdot 50=1295$ (birl.)

2. DINAMIKI ULGAMLARY MODELIRLEMEK

Tebigatda bolup geçýän köp hadysalar, mysal üçin fizikada, himiýada, biologiýada, sosiologiýada we başga-da birnäçe ylymlarda öwrenilýän hadysalar wagta bagly bolan differensial deňlemeler bilen ýazyp beýan edilýär. Şol deňlemeleriň aglaba böleginiň analitiki çözüwi bolmasa-da, olaryň belli bir şertlerde özüni alyp baryşyny matematiki modelleriň kömegi bilen hil taýdan baha bermek mümkindir. Şeýle hadysalaryň belli bir ulgamyň çäklerinde seridilmegi bu meseleleri has-da ýönekeýleşdirmäge, olaryň wagta baglylykda özüni alyp baryşyny öwrenmäge mümkinçilik döredýär. Ulgamlaryň häsiýetlerini wagta baglylykda öwrenýän modellere dinamiki modeller diýilýär.

Islendik dinamiki hadysany aýratyn bir ulgam höküminde seretmek üçin ony iki sany özara täsir edişýän kömekçi ulgamlardan düzülen diýilip hasap etmek bolýar. Ulgamy durnukly ýagdaýdan çykarýan islendik daşarky täsir hökmany suratda oňa garşylyk görkezýän täsire sezewar bolýar. Bu tebigatyň kanuny. Şu kanunyň esasynda –da bizi gurşap alýan tebigy hadysalar elmydam durnukly ýagdaýyna dolanyp gelýärler.

Tebigatda bolup geçýän global hadysalary dinamiki meseleleriň üsti bilen dolulygyna ýazyp beýan etmek häzirki döwüre mümkin däl. Beýle meseleler stohastiki modelleriň kömegi bilen takmynan görnüşde ýazylyp beýan edilýär. Şol sebäpli dinamiki modeller seredilende ulgamy häsiýetlendirilýän alamatlara birnäçe çäklendirmeler girizmek bilen mümkin bolan ýönekeý tebigy hadysalar seredilyär. Şol çäklendirmeleriň biri-de ulgamyň öz durnukly ýagdaýyndan çala gyşarmasydyr.

Goý ulgamyň wagta görä üýtgemesi iki parametrli A(x,y) we B(x,y) fuksiýalar arkaly aňladylsyn. Onda ulgamyň öz durnukly ýagdaýyndan üýtgemegini şu aşakdaky deňlemeler sistemasy bilen ýazyp beýan etmek bolar:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = A(x, y), \\ \dfrac{dy}{dt} = B(x, y). \end{cases} \qquad (2.1)$$

Bu ýerde *A(x,y)* we *B(x,y)* - ulgamyň wagta görä üýtgemesini matematiki ýazyp beýan edýän funksiýalar. Ege *A(x,y)* we *B(x,y)* fuksiýalar göniden göni wagty bagly bolmasa, onda şeýle deňlemelere stasionar deňlemeler diýilýär. Ýokarda aýdyşymyz ýaly ulgamyň durnukly ýagdaýyndan ujypsyz gyşarmasyna seredeliň. Bu ýagdaýda ulgamyň üýtgemesini çyzykly funksiýalar bilen aňlatmak bolar:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = \alpha x + \beta y, \\ \dfrac{dy}{dt} = \gamma x + \delta y. \end{cases} \qquad (2.2)$$

bu ýerde $\alpha>0$, $\beta>0$, $\gamma>0$ we $\delta>0$ wagta bagly bolmadyk koeffisiýenler.

Deňlemeler sistemasynyň çözüwini şu aşakdaky görnüşde gözlemeli:

$$x=C_1e^{\lambda t},$$
$$y=C_2e^{\lambda t},$$

bu ýerde C_1, C_2 we λ hemişelik ululyklar bolup, olar funksiýanyň ulgamyň araçäk bahalary bilen hasaplanylýar.

Alynan çözüwleri (2.2) deňlemede goýup, alarys:

$$\begin{cases} \lambda C_1 = \alpha C_1 + \beta C_2, \\ \lambda C_2 = \gamma C_1 + \delta C_2. \end{cases}$$

ýa-da

$$\begin{cases} (\lambda-\alpha)C_1 - \beta C_2 = 0, \\ -\gamma C_1 + (\lambda-\delta)C_2 = 0. \end{cases}$$

Alynan deňlemeler sistemasyna degişli häsiýetlendiriji matrisanyň hasaplaýjysy nula deň bolsa ($\Delta = 0$), onda onuň çözüwi bar hasaplanýar. Diýmek:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \lambda-\alpha & -\beta \\ -\gamma & \lambda-\delta \end{vmatrix} = 0,$$

ýa-da:

$$\lambda^2 - \lambda(\alpha+\delta) + \alpha\delta - \gamma\beta = 0 \qquad (2.3)$$

bu ýerden

$$\lambda_{1,2} = \frac{\alpha+\delta}{2} \pm \sqrt{\frac{(\alpha+\delta)}{4} + \gamma\beta - \alpha\delta}$$

Eger λ_1, λ_2 ululyklaryň bahalary biri-birinden tapawutly we nuldan uly bolsalar, onda (2.2) deňlemäniň çözüwi şu aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\begin{aligned} x &= C_1 e^{\lambda_1 t} + \overline{C}_1 e^{\lambda_2 t} \\ y &= C_2 e^{\lambda_1 t} + \overline{C}_2 e^{\lambda_2 t} \end{aligned} \qquad (2.4)$$

Aşakda dinamiki modelleriň käbir görnüşlerine seredilip geçilýär.

Wolterranyň modeli.

1931-nji ýylda Wito Wolterra “ýyrtyjylar – pidalar” modeline seredip geçipdir. Wolterra şol modelini iki sany biri-birine gapmagarşylykly bolan kömekçi ulgamlardan duran bir bitewi ulgamyň modelini düzmek üçin ulanýar. Munuň üçin ol (2.7) deňlemeler sistemasyna şu aşakdaky üýtgetmeleri girizýär:

1. “Ýyrtyjylar” diňe “pidalardan” iýmitlenmek bilen ýaşaýarlar. Onda α=0 bolan ýagdaýynda, ýagny “pidalar” ýok bolan ýagdaýynda ýyrtyjylar wagtyň geçmegi bilen kemelýärler. Diýmek (2.7) ikinji deňlemesi şu aşakdaky görnüşde ýazylmaly:

$$\frac{dy}{dt} = -\delta y, \qquad (2.8)$$

2. “Pidalaryň” köpelmegine “ýyrtyjylar” bilen duşyşmaklary päsgelçilik berýär. Şeýle duşuşygyň ýygylygy “pidalaryňam”, “ýyrtyjylaryňam” sanyna göni baglylykda bolup durýar. Şol sebäpli hem (2.7) deňlemeler sistemasynyň birinji deňlemesine xy agzany goşmaly bolýar:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy, \qquad (2.9)$$

3. “Ýyrtyjylaryň” köpelmegine “pidalaryň” bilen duşyşmaklary ýardam berýär. Şeýle duşuşygyň ýygylygy “pidalaryňam”, “ýyrtyjylaryňam” sanyna göni baglylykda bolup durýar. Şol sebäpli hem (2.8) deňlemeler sistemasynyň ikinji deňlemesine xy agzany goşmaly bolýar:

$$\frac{dy}{dt} = -\delta y + \gamma xy, \qquad (2.10)$$

Seýlelikde şu aşakdaky deňlemeler sistemasyny alarys:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = x(\alpha - \beta y), \\ \dfrac{dy}{dt} = -y(\delta - \gamma x). \end{cases} \qquad (2.11)$$

Alynan deňlemeler sistemasy bilen ýazyp beýan edilýän modellere Wolterranyň modeli diýilýär.

Bu sistemanyň çözülişini almak üçin ulgamyň araçäk şertleriň birine seredilýär, ýagny ýokarda görkezilen gapma – garşylyklar bar wagty ulgam haýsy hem bolsa bir wagtda öz ösüşiniň duýgunlyk ýagdaýyna ýetýär diýilip çak edilýär. Şeýle ýagdaýda wagta görä önümleri – deňlemeleriň çep taraplaryny nula deňläp, şu aşakdaky bahalary alarys:

$x_1 = 0, y_1 = 0, x_2 = \delta / \gamma$ we $y_2 = \alpha / \beta.$

Ulgamyň şu ýagdaýyndan ujypsyz üýtgemesine seretmek üçin täze ululyklary girizýäris:

$$\eta = x - x_2 = x - \delta / \gamma \quad we \quad \xi = y - y_2 = y - \alpha / \beta.$$

Bu ululyklaryň bahalaryny ulanyp (2.11) deňlemäni şu aşakdaky görnüşde üýtgederis:

$$\begin{cases} \dfrac{d\eta}{dt} = -\beta\eta\xi - \dfrac{\delta\beta}{\gamma}\xi, \\ \dfrac{d\xi}{dt} = \gamma\eta\xi + \dfrac{\alpha\gamma}{\beta}\eta. \end{cases} \qquad (2.12)$$

η we ξ ululyklaryň kiçiligini göz öňünde tutup, $\eta\xi$ agzalaryň has kiçi ululyk bolýanlygy sebäpli deňlemeden düşürip, alarys:

$$\begin{cases} \dfrac{d\eta}{dt} = -\dfrac{\delta\beta}{\gamma}\xi, \\ \dfrac{d\xi}{dt} = \dfrac{\alpha\gamma}{\beta}\eta. \end{cases} \qquad (2.13)$$

Ulgamyň çözüwini $\eta = C_1 \exp(\lambda t)$ *we* $\xi = C_2 \exp(\lambda t)$ görnüşinde ýazyp, alarys:

$$\lambda^2 + \alpha\delta = 0$$

Ulgamyň häsiýetlendiriji deňlemesi şu aşakdaky çözüwi berýär:

$$\lambda_{1,2} = \pm i\sqrt{\alpha\delta}$$

Maltusyň modeli.

Goý β = γ = δ = 0 bolsun. Onda ýokardaky deňlemeler sistemasy (2.2) iň ýönekeý görnüşe gelýär.

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x, \qquad (2.5)$$

Bu ýagdaýda ulgam ýönekeý we onuň wagta görä üýtgemesine hiç hili garşylyk ýok hasap edilýär. Şeýle ulgamlara mysal edip tebigatda aýratyn goralýan meýdanda ýaşap köpelýän haýwanlary, fizikada radioaktiw dargamasyny we käbir ykdysady meseleleri mysal getirmek bolar. Şeýle modele Maltusyň modeli diýilýär.

Deňlemäniň çözüwi şu aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$x = x_0 e^{\alpha t} \qquad (2.6)$$

bu ýerde $x_0 - x$ ululygyň başlangyç bahasy (t=0).

Goý δ > 0 bolsun. Onda deňlemeler sistemamyz (2.2) şu aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = \alpha x, \\ \dfrac{dy}{dt} = \delta y. \end{cases} \qquad (2.7)$$

Bu model Maltusyň modelinden tapawutlykda iki sany biri biri bilen baglanyşygy bolmadyk iki kömekçi ulgamdan duran ulgamyň wagta görä özüni alyp baryşyny ýazyp beýan edýär. Kömekçi modelleriň biri-biri bilen arabaglanyşygy bolmansoň olaryň hersini aýry-aýrylykda Maltusyň modeli hökmünde seretmek bolar.

Yrgyldylaryň modeli.

Goý $\alpha = \delta = 0$ bolsyn. Onda (2.2) deňlemeler sistemasy şu aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = \beta y, \\ \dfrac{dy}{dt} = \delta x. \end{cases} \qquad (2.14)$$

Şeýle deňlemeler sistemasynyň kömegi bilen tebigatda duş gelýän yrgyldyly ulgamlaryň özboluşly (durnukly ýa-da durnukly däl) ýagdaýyndan az-kem üýtgemesini ýazyp beýan etmek bolýar. Şol sebäpli hem (2.14) modele yrgyldylaryň modeli diýilýär. Muňa mysal edip fiziki maýatnigiň durnuksyz ýagdaýyndan az-kem gyşarmasyny mysal getirmek bolar.

Berlen deňlemeler sistemasyny çözmek üçin ikinji deňlemäni birinji deňlemä bölüp alarys:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\delta}{\beta}\frac{x}{y}.$$

Ýa-da:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\omega_0^2} \frac{x}{y}. \qquad (2.15)$$

bu ýerde $\omega_0^2 = \frac{\beta}{\delta}$ - yrgyldynyň hususy ýygylygy. Alynan deňlemäni integrirläp alarys:

$$\frac{x^2}{\omega_0^2} - y^2 = C^2. \qquad (2.16)$$

bu ýerde C – integralyň hemişeligi. Şeýle deňleme yrgyldynyň faza meýdanynda C ululyga baglylykda giperbolalary ýazyp beýan edýär.

Eger $x = \dot{\varphi}$, we $y = -\varphi / \delta$ diýip alsak, onda biz (2.14) deňlemeler sistema-synyň birinji deňlemesinden bize belli bolan fiziki maýatnigiň durnukly ýagdaýynyň golaýyndaky yrgyldysynyň deňlemesini alarys:

$$\frac{dx}{dt} = \ddot{\varphi} = -\frac{\beta}{\delta}\varphi.$$

ýa-da:

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = 0. \qquad (2.17)$$

<u>Mysal</u>

Asakdaky caklendirmeleri goz onunde tutup matematiki mayatnigin modelini duzmeli:

1. Maýatnigiň hereket edýän okunda sürtülme ýok.
2. Maýatnigiň hereketine howanyň garşylygy ýok;

3. Maýatnik hereket eden mahaly jisim hiç hili deformasiýa duçar edilmeýär.

Matematiki maýatnik diýip belli bir uzynlykda alynan ýüpden asylan m massaly jisime aýdylýar. Şu çäklendirmelerde matematiki maýatnigiň yrgyldysy şu aşakdaky umumy deňleme bilen beýan edilýär:

$$J\varepsilon = M \qquad (2.18)$$

bu ýerde J - jisimiň inersiýa momenti, $M = - mgl\ Sin\varphi$ – jisime täsir edýän güýjüň momenti, ε – jisimiň aýlanma burçy boýunça tizlenmesi. Eger $\varepsilon = \dot{\omega} = \ddot{\varphi}$ bolýanlygyny göz öňünde tutsak, onda:

$$J\ddot{\varphi} = -mglSin\varphi$$

bu ýerde φ – maýatnigiň burç gyşarmasy.

Ýönekeý üýtgetmeleriň kömegi bilen deňlemäni şu aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$\ddot{\varphi} + \omega_o^2 Sin\varphi = 0$$

Bu ýerde $\omega_o{}^2 = \dfrac{mgl}{J}$ - maýatnigiň erkin yrgyldysynyň ýygylygy. Diýmek ulgamyň yrgyldysynyň periýody $T = \dfrac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\dfrac{J}{mgl}}$ deňdir. Matematiki maýatnik üçin $J = ml^2$. Diýmek $\omega_o{}^2 = \dfrac{g}{l}$ we $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$.

Eger maýatnigiň yrgyldysy durnuklylyk ýagdaýynyň golaýynda seredilse, onda $\varphi \approx 0$ we $Sin\varphi \approx \varphi$. Onda (2.19) deňlemäni şu aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$\ddot{\varphi} + \omega_o^2 \varphi = 0$$

Bu deňleme biziň alan deňlemämiz (2.17) doly gaýtalanmasy bolup durýar.

3. DISKRET DETERMINIRLENEN MODEL

Awtomatlar nazaryýeti

Diskret determinirlenen ýoluň aýratynlyklary ulgamyň funksionirlemek döwrüni formalaşdyrmak etapynda awtomatlar nazaryýetinden matematiki apparat hökmünde ulanylýan mysala seredeliň. Awtomatlar nazaryýeti – bu bölüm nazary kibernetikanyň bölümidir, onda matematiki modeller ýagny, awtomatlar öwrenilýär. Bu nazaryýetiň esasynda ulgam awtomat görnüşinde göz öňünde tutulýar. Diskret maglumaty işläp taýýarlaýan we öz içki ýagdaýyny diňe wagtyň ýol berilýän pursatynda üýtgeýär. Awtomat düşünjesi anyk öwrenilýän ulgymyň häsiýetinden baglylykda amala aşyrylýar. Ol abstraksiýa derejesinden we umumylyk derejesinden al-nandyr. Awtomaty käbir gurluş ýaly göz öňüne getirse bolar, ýagny onda giriş signallary berilýär we çykyşlar alynýar, ýagny, olar käbir içki ýagdaýa eýe bolup biler. Tükenikli awtomat diýip awtomata aýdylýar, ýagny, onda içki ýagdaýlaryň köplügi we sygnallary tükenikli köplükler bolup durýar. Abstrakt tükenikli awtomaty (iňlisçe fimte autamata) edil matematiki çyzgyt (F - shema) ýaly göz öňüne getirip bolýar. Ol arkaly element bilen häsiýetlenýär:

- Giriş sygnallary X tükenikli köplük bilen;
- Çykyş sygnallary Y tükenikli köplük bilen;
- Içki ýagdaýlaryň Z tükenikli köplük bilen
- Başlangyç Z_0 ýagdaý bilen, $Z_0 \in Z$;
- Geçiş funksiýasy $\varphi(z,x)$ bilen;
- Çykyş funksiýasy $\psi(z,x)$ bilen.

F – çyzgytly berlen awtomat:

$F=<Z,X,Y,\varphi, \psi, Z_0>$, diskret awtomat wagtda funksionirlenýär, momentler bolup faktlar hyzmat edýär, şeýle hem bir-birine wagtyň deň interwaly girişýär, olaryň her birine giriş we çykyş sygnallary we içki ýagdaý hemişelik bahalar degişlidir. Ýagdaýy belläliň, şeýle hem giriş we çykyş sygnallary t=0,1,2,... bolanda t-nji fakta degişlidir we olar *z(t),*

$x(t)$, $y(t)$ ýaly aňladylýar. Şunlukda $z(0)=z_0$ şert boýunça $z(t)\in Z$, $x(t)\in X$, $y(t)\in Y$.

Abstarkt tükenikli awtomat bir bir giriş we bir çykyş kanaly bardyr. Her bir t = 0,1,2,... pursatda diskret wagtda F-awtomat kesgitli $z(t)$ ýagdaýda ýerleşýär, ol Z pursatdan awtomatyň ýagdaýyndan alnan, şeýle hem wagtyň t = 0 başlangyç pursatynda ol hemişe başlangyç $z(0) = z_0$ ýagdaýda bolýar. t pursatda $z(t)$ ýagdaýda giriş kanalynda $x(t)\in X$ sygnal kabul etmäge ukyply we çykyş kanalynda $y(t)=\psi[z(t), x(t)]$ sygnal berilýär we $z(t+1)=\varphi[z(t),x(t)]$, $z(t)\in Z$, $y(t)\in Y$ ýagdaýa geçilýär. Abstrakt tükenikli awtomat käbir şekillendirmäni amala aşyrylýar, ýagny giriş X elipbiýinden sözler köplügy çykyş Y elipbiýiniň sözler köplügine şekillendirilýär. Başga sözler bilen aýdylanda, eger tükenikli awtomatyň girişinde z_0 başlangyç ýagdaý gurnalan, käbir yzygiderlikde giriş elipbiýi $x(0)$, $x(1)$, $x(2)$,... harplary giriş sözidir, onda awtomatyň çykyşynda yzygiderli çykyş elipbiýiniň $y(0)$, $y(1)$, $y(2)$,... harplary çykyş sözüni emele getirýär.

Şeýlelikde, tükenikli awtomatyň işi şu aşakdaky çyzgyt boýunça amala aşyrylýar:

Her bir t-nji faktda awtomatyň girişinde $z(t)$ ýagdaýda bolýan käbir $x(t)$ sygnaly berýär, ýagny, onda ol $(t+1)$-nji takta girýär, täze ýagdaýda $z(t+1)$ bolýar we käbir çykyş sygnaly berýär. Ýokarda aýdylanlary şu aşakdaky deňlemeler bilen ýazyp bolýar:

F awtomat üçin birinji jynsly şeýle hem Mili awtomar diýilýär:

$z(t+1)=\varphi[z(t),x(t)]$, t = 0,1,2,…(1)

$y(t+1)=\psi[z(t),x(t)]$, t = 0,1,2,…(2)

ikinji jynsly F awtomat üçin:

$z(t+1)=\varphi[z(t),x(t)]$, t = 0,1,2,…(3)

$y(t)=\psi[z(t),x(t-1)]$, t = 1,2,…(4)

Ikinji jynsly awtomat üçin

$y(t)=\psi[z(t)]$, t = 0,1,2,…(5)

bu ýerde *x(t)* giriş üýtgeýänden çykyş funksiýasy bagly däldir, oňa Mura awtomaty diýilýär.

Şeýlelikde, ýokardaky (1) – (5) deňlemeler doly *F* awtomaty berýär. Haçanda *S* ulgam determinirlenen we onuň ýeke-täk girişine diskret *x* sugnal gelse. Ýagdaýlaryň sany boýunça tükenikli awtomaty huşly we huşsyz ýaly edip tapawutlandyrýarlar. Huşly awtomatlar birden köp ýadaýa eýedir. Huşsyz awtomatlar bolsa bir ýagdaýa eýedir. Şunlukda (2.4) boýunça kombinasion çyzgyt işi her bir giriş *x(t)* signalyna degişlilikde kesgitlenen çykyş *y(t)* sygnaly goýýar, şeýle hem logiki funksiýany aňladýar:

$y(t)=\psi[x(t)],\ t = 0,1,2,\ldots$

Bu funksiýa Bully diýilýär, eger *X* we *Y* elipbiý, ýagny, olara x we y bahalary degişlidir we ol iki harpdan durýandyr. Diskret wagtyň hasabynyň häsiýeti boýunça tükenikli awtomatlar sinhron we asinhron ýaly bolünýär. Sinhron F – awtomatlarda wagtyň pursaty, ýagny, onda awtomat giriň sygnallary “hasaplaýar” ol bolsa sinhronirlenýän sygnallary kesgitleýär. “Hasaplalany” bilen sinhronirlenen gezeginden soň we degişli (1) - (5) deňlemeler bilen täze ýagdaýa geçmeklik bolup geçýär we çykyşda signallary çykarmaklyk bolup geçýär. Şondan soň awtomat giriş signalyň indiki bahalaryny kabul edýär. Şeýlelikde her bir giriş signalyň awtomatynyň reaksiýasy bir taktda gutarýar, onuň dowamlylygy soňky sinhromi goňşy sinhronizirlenýän signallaryň arasyndaky interwal bilen kesgitlenýär. Asinhron F-awtomat giriş signaly üznüksiz hasaplaýar we şonuň üçin hemişelik x ululykly giriş signalyň ýeterlikli uzyn bolmagyna täsir edýär. Ol (1)-(5) formulalardan gelip çykýar. Ol ýagdaýyny birnäçe gezek üýtgetýär, şol bir wagtda çykyş signallaryň degişli sanyny berýär, bu bolsa tä durnuklylyga geçýänçä dowam edýär we ol giriş berlenleri bilen üýtgäp bilmeýär.

Tükenikli *F* - awtomaty bermek üçin $F = <X,Y,\varphi,\psi,Z_0>$ köplügiň ähli elementlerini ýazmaklyk zerurdyr. Şeýle hem giriş, içki we çykyş elipbiýi, geçiş we çykyş funksiýalary hem ýazmaklyk zerurdyr. Ýagdaýlar köplüginiň arasynda z_0 ýagdaýy bellemek zerurdyr, onda awtomat $t = 0$ wagtyň pursatynda bolmalydyr. F-awtomatyň işleýşiniň birnäçe usullary bardyr, ýöne köp halatlarda jedwel, grafiki we matrisaly usul ulanylýar.

Ýönekeý jedwel usuly tükenikli awtomaty bermekde geçiş we çykyş jedwelini ulanmaklyga esaslanandyr, onuň setirleri bolsa awtomatyň giriş signalyna degişlidir, sütünleri bolsa z_0 başlangyç ýagdaýa degişlidir. i-nji setiriň we k-nji sütüniň kesişmesinde geçiş jedweli degişli $\varphi(z_k,x_i)$ baha bilen ýerleşdirilýär.

Çykyş jedwelinde bolsa degişli $\psi(z_k, x_i)$ çykyş funksiýasynyň bahasy ýerleşdirilýär. Muranyň F-awtomaty üçin iki jedwel hem ýerleşdirip bolar, ýagny bellenen geçiş jedweli diýlip alynýar. Onda awtomatyň her bir z_k ýagdaýy jedweliň sütüni bolup bellenilýär. (5) formula laýyklykda $\psi(z_k)$ çykyş signalydyr.

Mili F - awtomatynyň işiniň ýazgysy φ - geçiş we ψ - çykyş bilen jedweli almaklyk şu aşakdaky 1-jedwelde getirilýär.

Mura F-awtomatyň ýazgysy geçiş jedweli bilen 2-jedwelde getirilýär.

Jedwel 1

x_i	z_k			
	Z_0	Z_1	. . .	z_k
		Gecişler		
X_1	$\varphi(z_0,x_1)$	$\varphi(z_1,x_1)$	. . .	$\varphi(z_k,x_1)$
X_2	$\varphi(z_0,x_2)$	$\varphi(z_1,x_2)$	. . .	$\varphi(z_k,x_2)$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
X_i	$\varphi(z_0,x_i)$	$\varphi(z_1,x_i)$	. . .	$\varphi(z_k,x_i)$
		Cykyşlar		
X_1	$\psi(z_0,x_1)$	$\psi(z_1,x_1)$	. . .	$\psi(z_k,x_1)$
X_2	$\psi(z_0,x_1)$	$\psi(z_1,x_1)$	. . .	$\psi(z_k,x_1)$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
X_i	$\psi(z_0,x_1)$	$\psi(z_1,x_1)$	. . .	$\psi(z_k,x_1)$

Jedwel 2

x_i	$\psi(z_k)$			
	$\psi(z_0)$	$\psi(z_1)$	. . .	$\psi(z_k)$
	Z_0	Z_1	. . .	z_k
X_1	$\varphi(z_0,x_1)$	$\varphi(z_1,x_1)$	. . .	$\varphi(z_k,x_1)$
X_2	$\varphi(z_0,x_2)$	$\varphi(z_1,x_2)$	. . .	$\varphi(z_k,x_2)$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
X_i	$\varphi(z_0,x_i)$	$\varphi(z_1,x_i)$	. . .	$\varphi(z_k,x_i)$

Mili *F*-awtomaty jedwel usulynda bermeklik mysaly F_1 üç ýagdaý bilen, iki giriş we iki çikiş signaly bilen 3-jedwelde berlendir, Mura *F* - awtomat F_2 üçin bolsa 4 jedwelde brlendir.

Tükenikli awtomaty başga usulda bermeklik ugrukdyrylan graf düşünjesi ulanylýar. Awtomatyň grafi öz gezeginde depeleriň toplumyny aňladýar, ýagny, awtomatyň dürli ýagdaýlaryna degişli bolan we grafiň dugalarynyň depelerini birleşdirýän görnüşi ulanylýar. Eger x_k giriş signal z_i ýagdaýdan z_j ýagdaýa geçişi çagyrsa, onda duganyň awtomatynyň grafynda z_i depäni z_j depe bilen birleşdirýän we ol x_k bilen belgilenýär. Çykyş funksiýasyny bermek üçin grafyň dugasyny degişli çykyş signaly bilen bellemeli. Mili awtomaty üçin

Jedwel 3

x_i	z_k		
	Z_0	Z_1	Z_3
	Gecişler		
X_1	Z_2	Z_0	Z_0
X_2	Z_0	Z_2	Z_1
	Cykyşlar		
X_1	y_1	y_1	y_2
X_2	y_1	y_2	y_1

Jedwel 4

x_i	y				
	y_1	y_1	y_3	y_2	y_3
	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Z_1	Z_4	Z_4	Z_2	Z_2
X_2	Z_3	Z_1	Z_1	Z_0	Z_0

Bu aňladylyş şeýle amala aşyrylýar: eger giriş x_k signal z_i ýagdaýa täsir edýän bolsa, onda aýdylanlara görä duga alynýar, ol bolsa z_i –den gelip çykýar we x_k bellenilýär; bu dugany goşmaça $y=\psi(z_i, x_k)$ çykyş signaly bilen bellenilýär.

4. DISKRET – STOHASTIKI MODEL

Matematiki çyzgytlary gurmaklygyň aýratynlyklary

Matematiki çyzgytlary gurmaklygyň aýratynlyklaryna seredeliň, özem S derňelýän ulgamy funksionirlemek döwrüni formalaşdyrmakda diskret-stohastiki ýol ulanylýar. Bu ýolda wagty diskretleşdirmek tükenekli awtomatlar ýaly olara meňzeşlikde alynýar. Onda faktora stohastiki täsir etmek şeýle awtomatlaryň dürli görnüşliligi bilen ýoly hem ähtimallyklary awtomatlarda alynýar.

Ähtimallykly awtomat umumy görnüşde (iňlis sözi probabilistic automat) huş bilen maglumaty özgerdiji diskret ýaly seredýär. Ony diňe huşuň ýagdaýyna baglylykda statistiki ýazylyp biliner.

Ähtimallyklar awtomatlar (*P* - çyzgyt) çyzgydyny ulanmaklyk diskret ulgamlary taslamak usulynda işlemek üçin esasy baha eýedir. Ol bolsa tötänlikde statistiki kanunalşyrylýär. Bu hili ulgamlaryň algoritmiki mümkinçiliklerini aňlamak üçin we olaryň ulanylyşynyň maksadalaýyk çäklerini esaslandyrmak, şeýle hem diskret stohastiki ulgamlaryň saýlanan sintez meselesiniň çözgüdi üçin ulanylýar. Ol bolsa berlen çäklendirmeler bilen kanagatlandyrylýar.

P-awtomatyň matematiki düşünjesini girizeliň, onuň üçin F-awtomat üçin girizilen düşünjäni ulanalyň. *G* köplüge seredeliň, ýagny onuň elementleri bolup ähli mümkin bolan (x_i, z_s) jübütler girýär. Bu ýerde x_i we z_s – giriş *X* bölek köplügiň we degişlilikde ýagdaýlaryň *Z* bölekköplügidir. Eger iki sany φ we ψ funksiýalar bar bolsa, onda onuň kömegi bilen $G \rightarrow Z$ we $G \rightarrow Y$, onda

$F = < Z, X, Y, \varphi, \psi >$ determinirlenen tipli awtomaty kesgitleýär.

Seredilmä umumy matematiki çyzgydy girizeliň. Goý, Φ – ähli mümkin bolan (z_k, y_j) görnüşli jübütleriň toplumy bolsun, bu ýerde y_j – çykyş Y bölekköplügiň elementi. G köplügiň islendik elementi Φ köplükde indusirlenmeli we şu aşakdaky paýlanyş kanuna eýe bolmaly:

Elementler F . . .	(z_1, y_1)	(z_2, y_2)	. . .	(z_K, y_{J-1})	(z_K, y_J)
(x_i, z_s) . . .	b_{11}	b_{12}	. . .	$b_{K(J-1)}$	b_{KJ}

Bu ýagdaýda $\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J} b_{kj}=1$, bu ýerde b_{kj} – z_k ýagdaýda awtomatyň geçiş ähtimallygy we y_j signalyň çykyşynda emele gelýär, eger ol girişde z_s ýagdaýda bolan bolsa we wagtyň şu pursatynda oňa x_i signal geler. Jedwel görnüşinde berlen şu hili paýlanyşyň sany G köplügiň elementleriniň sanyna deňdir. Bu jedwelleriň köplügini B diýip belgiläliň. Onda elementleriň dörtlügi bolan

P = < Z, X, Y, B > ähtimallykly awtomat diýilýär (P - awtomat).

Goý, G köplügiň elementleri käbir paýlanyşyň kanunlaryny Y we Z bölekköplüklerde indusirleýär, ýagny ony degişlilikde şu aşakdaky görnüşde alyp bolar:

Y – den elementler	. . .	y_1	y_2	. . .	y_{J-1}	y_J
(x_i, z_s)	. . .	q_1	q_2	. . .	q_{J-1}	q_J
Z – den elementler	. . .	z_1	z_2	. . .	z_{K-1}	z_K
(x_i, z_s)	. . .	z_1	z_2	. . .	z_{K-1}	z_K

Bu ýagdaýda $\sum_{k=1}^{K} z_k=1$ we $\sum_{k=1}^{J} q_k=1$, bu ýerde z_k we q_k – Pawtomatyň z_k ýagdaýa geçiş ähtimallygy we y_k çykyş signalyny emele getirýän bolmaly hem-de P-awtomat z_s ýagdaýda bolmaly we onuň girişine x_i signal gelmeli şertinde alynýar.

Eger ähli k we j $q_k z_j=b_{kj}$ gatnaşygy bar bolsa, onda bu hili P – awtomata Miliniň ähtimallykly awtomaty diýilýär. Bu talap paýlanyşyň täze P – awtomat ýagdaý üçin we onuň çykyş signaly üçin bagly dällik şertini ýerine ýetirýändigini aňladýar.

Muranyň awtomat ähtimallygy

Goý, indi P-awtomatyň çykyş signalyny kesgitlemek şol bir ýagdaýa bagly bolup, onda işiň berlen taktynda awtomat bolmalydyr. Başga sözler bilen aýdanymyzda, goý Y çykyş bölekköplügiň her bir çykyş elementi çykyş ähtimallygyny şu aşakdaky görnüşde paýlaýar:

Y – den elementler	...	y_1	y_2	...	y_{K-1}	y_K
z_K	...	s_1	s_2	...	s_{I-1}	s_I

Bu ýerde $\sum_{i=1}^{I} s_i = 1$, bu ýerde s_i – çykyş y_i signalyň emele gelmek ähtimallygy, ýöne z_k ýagdaýda P – awtomat ýerleşmeli diýen şert ýerine ýetmelidir.

Eger ähli k we i üçin $z_k s_i = b_{ki}$ gatnaşyk ýerine ýeter. Bu ýagdaýda P-awtomata Muranyň awtomat ähtimallygy diýilýär. Miliniň we Muranyň P – awtomaty düşünjesi determinirlenen F – awtomat bilen meňzeşlikde girizilýär. Ol $F=\langle Z, X, Y, \varphi, \psi \rangle$ bilen beriler. P – awtomatyň bölek ýagdaýy $P=\langle Z, X, Y, B \rangle$ ýaly berilse, onda täze ýagdaýa geçýän ýa-da çykyş signal determinirlenen bolup geçýär. Eger çykyş signal P – awtomat determinirlenen bolup kesgitlense, onda bu hili awtomata Y – determinirlenen ähtimallykly awtomat diýilýär. Eger P – awtomatyň çykyş signaly determinirlenen bolup kesgitlense, onda bu hili awtomata Y – determinirlenen ähtimallykly awtomat diýilýär. Edil şuňa meňzeşlikde Z – determinirlenen ähtimallykly awtomat diýip P – awtomata aýdylýar, ýagny onuň täze ýagdaýyny saýlamaklyk determinirlen bolýar.

z_k	z_k				
	z_1	z_2	...	z_{K-1}	z_K
z_1	p_{11}	p_{12}	...	$p_{1(K-1)}$	p_{1K}
z_2	p_{21}	p_{22}	...	$p_{2(K-1)}$	p_{2K}
...	...	...	...	...	...
z_K	p_{K1}	p_{K2}	...	$p_{K(K-1)}$	p_{KK}

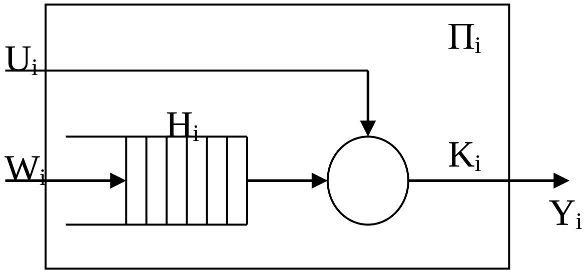
Görnüşi ýaly matematiki apparatyň nukdaý nazaryndan berlen *Y* – determinirlenen *P* – awtomaty ýagdaýlaryň tükenikli köplügi bilen käbir diskret markow zynjyryna ekwiwalentdir. Şonuň üçin hem Markow zynjyrynyň apparaty analitiki hasaplamalar üçin *P*-shemany ulanmakda esasy bolup durýar. Şuňa meňzeş *P* – awtomatlar Markow yzygiderlidiniň generatory hökmünde ulanylýar. Ol bolsa *S* ulgamy ýa-da *E* daşky gurşawyň täsirini funksionirleýän prossesi amala aşyrmakda we gurnamakda zerurudyr.

Derňelýän ulgamyň dürli häsiýetnamalarynyň bahalary üçin *P* – çyzgyt görnüşinde aňladylyp, analitiki model ýagdaýyna seredilenlerden başgalara ulanyp bolýar we mysal üçin imitasion modele statistiki model usulyny ulanyp bolar.

5. ÜZNÜKSIZ – STOHASTIKI MODEL

Üznuksiz – stohastiki ýoluň aýratynlyklary

Üznuksiz – stohastiki ýoluň aýratynlyklaryna toparlaýyn hyzmat ediş ulgamynyň tipli matematiki çyzgydy hökmünde bir mysalda ulanylyşyna seredeliň, (iňlis sözünden queueing sysytem), ýagny olary *Q* – çyzgytlar diýip atlandyrarys. Toparlaýyn hyzmat ediş ulgamy öz gezeginde matematiki çyzgytlaryň klasyny emele getirýär, toparlaýyn hyzmat ediş ulgamynda işlenilen we ulgamlary funksionirlemek prossesini formalaşdyrmak üçin dürli amaly ulanylmalar, ýagny öz aňladylyşy boýunça hyzmat ediş prossesi bolýar. Hyzmat ediş prossesi hökmünde öz fiziki tebygaty boýunça dürli görnüşde aňladylyp ykdysady, önümçilikli, tehniki we beýleki ulgamlarda funksionirlenýär, mysalüçin : käbir edara önümi getiýän akym, detallaryň we sehiň konweýerinde toplanýan önümleriň akymy, ýok edilen terminallardan EHM – iň maglumatyny işläp taýýarlaýan talaplar bolup durýar. Şeýle obýektleriň işlemegi üçin häsiýetli bolup hyzmat etmegiň we wagtyň tötän pursatynda hyzmaty tamamlaýan tötän talaplaryň ýüze çykmagy bolup durýar. Şeýle hem olaryň funksionirlenmek döwrüniň stohastiki häsiýeti boýunça alynýar. Köpçülikleýin hyzmat edişiň esasy düşünjesinde durup geçeliň, ýagny *Q* – çyzgydy ulanmak üçin zerur bolan analitiki we şeýle hem imitasion ýol bilen ulanyp bolýar. Islendik elementar hyzmat edişiň aktynda iki sany esasy düzüjini belläp bolýar: talaba hyzmat edişe garaşmak we talaplara hususy hyzmat etmek. Bu bolsa käbir Π_i hyzmatyň I-nji enjamy görnüşinde şekillendirip bolýar, özem H_i talaplar toplumyndan düzülen şol bir wagtda $l_i = 0, L_i^H$ talaplar ýerleşip biler.



Surat 2.6

Bu ýerde L_i^H – i-nji toplaýjynyň syklygy, K_i – talaplara hyzmat edişe talaplar. $П_i$ hyzmat ediş enjamynyň her bir elementine wakalaryň akymy gelýär: H_i toplaýjyda w_i talaplaryň akymy u_i hyzmat edişiň akymy K_i kanalyna gelýär.

Wakalaryň akymy diýip wagtyň haýsydyr bolsa bir tötän pursatynda biri-biriniň yzyndan geçýän wakalaryň yzygiderligine aýdylýar. Wakalaryň birjynsly we birjynsly däl akymlary tapawutlandyrylýar. Wakalaryň akymlaryna birjynsly diýilýär, haçanda eger ol bu wakalaryň gelýän pursatynda häsiýetlenýär we yzygiderlik bilen berilmeli: $\{t_n\} = \{0 \le t_1 \le t_2 \, . \, . \, . \le t_n \le . \, . \, .\}$, bu ýerde t_n – n-nji wakanyň gelýän pursaty – otrisatel däl hakyky san.Wakalaryň birjynsly akymy şeýle hem n-nji we (n-1)-nji wagt aralygynda yzygiderli görnüşde $\{\tau_n\}$ wakalarda, ýagny $\{t_n\}$ pursatlary çagyrýan yzygiderlik bilen birbelgili baglanyşylan bolmaly, bu ýerde $\tau_n = t_n - t_{n-1}, \; n \ge 1, \; t_0 = 0$ we $\tau_1 = t_1$.

Birjynsly däl wakalaryň akymy diýip – $\{t_n, \; f_n\}$ yzygiderlige aýdylýar, bu ýerde t_n – çagyrylýan pursatlar; f_n – wakalryň nyşanlarynyň toplumy. Mysal üçin, talaplaryň birjynsly äl akymy üçin hyzmat ediş prossesinde ulanylýan talaplaryň şol ýa-da başga çeşmesine degişli bolan kanalyň tipi boýunça hyzmat ediş mümkindir.

Adatça ulanylmalarda dürli ulgamlary modelirlemekde K_i hyzmat edişiň elementar kanalynda ulanmak bolýar, ýagny talaplaryň akymy $w_i€W$ bolmaly. Şeýle hem K_i çykyşda talaplaryň emele gelmek pursatlarynyň arasyndaky wagtyň interwaly dolandyrylmaýan üýtgeýänleriň bölekköplügini emele getiýär. Hyzmat edişiň akymy bolsa $u€U$ bolar. Talaplary hyzmat etmekde başlangyç we soňky wagtyň interwalynyň arasynda dolandyrylýän bölekköplükleriň bölekköplügini emele getirýär.

K_i kanal bilen hyzmat edilýän talaplar we $П_i$ enjamy dürli sebäplere görä taşlan, ýagny hyzmat edilmeýänler çykyş akymy emele getirýär $y_i€Y$, şeýle hem talaplaryň çykyş pursatynda wagt aralykdaky interwal çykyş üýtgeýänleriň bölek köplügini emele getirýär. $П_i$ hyzmat ediş enjamyny funksionirlemek prossesini $z_i(t)$ wagt boýunça onuň elementiniň ýagdaýyny üýtgetýän prosses hökmünde alyp bolar. $П_i$ üçin täze ýagdaýa geçiş talaplaryň mukdaryny üýtgetýär, ýagny onda hem ýerleşmeli (K_i kanalda we H_i toplaýjyda ýerine ýetirilýär). Şeýlelikde, $П_i$ üçin wektor ýagdaýy $z_i = (z_i^H, z_i^K)$ görnüşde bolýar, bu ýerde z_i^H – H_i toplaýjynyň ýagdaýy ($z_i^H = 0$ – toplaýjy, $z_i^H = 1$ – toplaýjyda bir talap bar, . . ., $z_i^H = L_i^H$ – toplaýjy dolylygyna dolduryldy); L_i^H – H_i – toplaýjynyň syklygy, ol talaplaryň sanyny ölçeýär, ýagny onda hem ýerleşip bilmeli. Z_i^K – K_i kanalyň ýagdaýy ($z_i^K = 0$ – kanal boş, $z_i^K = 1$ – kanal boş däl we şuňa meňzeşler).

Ulgamlary modelirlemek tejribesinde çylşyrymly gurluşly baglanyşyga we geçirmek algoritmine eýe bolan hyzmat edişiň aýratyn bolmadyk ulanylyşyň formalaşmagy üçin Q – çyzgyt Π_i hyzmat edişiň köp elementar enjamlarynyň toplumyny emele getirýär. Eger hyzmat edişiň dürli enjamlarynyň K_i kanaly parallel birleşdirilen bolsa, onda köpkanally hyzmat ediş ähmiýete eýedir (köpkanally Q – çyzgyt). Şeýlelikde, Q – çyzgydy bermek üçin R çatrym operatoryny ulanmak zerur bolýar, ol öz gezginde gurluşyň elementleriň arasyndaky baglanyşygy aňladýar.

Q – çyzgydyň elementleriniň arasyndaky baglanyşyk ugur görnüşinde aňladylýar. Açyk we ýapyk Q – çyzgytlary biri-birinden tapawutlandyrýarlar. Ýapyk Q – çyzgytda hyzmat edilen talaplaryň çykyş akymy täzeden haýsydyr bir elemente gelip bilmeýär.

Şeýlelikde, *Q* – çyzgyt islendik kynçylykdaky köpçülikleýin hyzmat edişiň ulgamyny funksionirlemek döwrüni ýazýar. Ol birbelgili görnüşde şu aşakdaky ýagdaýda bolýar:

$Q = < W, U, H, Z, R, A >$.

Ýönekeýleşdirýän çaklamalaryň hatarynda giriş W akymyň we *U* hyzmat ediş akymyň elementleriň gurluşynyň *R* çatrym operatory ýapyk ulgamda birfazaly birkanally hyzmat edişdir. *H* hususy parametrleriň bölekköplügidir, ähtimal wagtlaýyn häsiýetnamalaryň *A* talaplara hyzmatynyň operatorynyň algoritmine analitiki apparaty ulanmak bolýar.

Umumylaşdyrylan model

Ulgamlary funksionirlemek döwrüniň formal ýazgysynyň belli umumy ýoly N. P. Buslenko tarapyndan hödürlenýän ýoldur. Bu ýol üznüksiz we diskret ýoly ýazmaga mümkinçilik berýär. Determinirlenen we stohastik ulgamlary deňeşdirmek boýunça agregatly ulgam çykyş edýär. Ol öz gezeginde *A* - çyzgyt diýlip atlandyrylyp umumy görnüşe eýedir.

Ulgamlary we meseleleri modelirlemek guşawynyň derňewi EHM-de modelirlemek usulynyň kömegi bilen çözülýär. Meseläniň toplumlaýyn çözülişi modeli döretmek döwründe ýeke-täk formel matematiki çyzgyda eýe bolmaly. Bu çyzgyt şol bir wagtda birnäçe çyzgytlary ýerine ýetirýär:

Modelirlemek obýektiniň matematiki ýazgysy adekwat bolmaly, şeýle hem *S* ulgam algoritmleri gurnamak üçin esasy bolup hyzmat etmeli we M modeli almakda programma düzülmeli. Bu bolsa analitiki derňewe getirer.

Getirilen talaplar kesgitli derejede garşylyklydyr. Matematikada gurnalan we amaly matematikada hususy halda gurnalan agregat ýagdaýda ilki bilen formal kesgitleme berilýär. Signallary geçirmekligiň bagly dälligi her bir giriş kontakty üçin şu aşakdaky görnüşe eýedir:

$$X_i^{(n)} \in \bigcup_{n=0}^{N_A} \{X_i^{(n)}\}$$

Şu aşakdaky çykyş kontakty hem degişlidir:

$$Y_l^{(n)} \in \bigcup_{n=0}^{N_A} \{Y_j^{(n)}\}$$

Bu ýerde $\bigcup_{n=0}^{N_A} \{Y_j^{(n)}\}$ - A – çyzgydyň we daşky E gurşawyň ähli elementleriniň giriş baglanyşyklaryň köplügi.

6. KÖPÇILIKLEÝIN HYZMAT EDIŞIŇ MODELI

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň esasy häsiýetnamasynyň hasaplanylyşy

Goý köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy (KHU) n - liniýalardan dursun we şol liniýalara intensiwlik bilen ýönekeý akymy gelip düşýän bolsun. Egerde isleg gelip düşen wagtynda boş liniýa bar bolsa, onda ol haýsy bolsada bir liniýany eýelär we hyzmat edilip başlanar. Egerde isleg gelip düşen wagtynda liniýalar boş däl bolsa, onda ol kabul edilmeýär. Hyzmat ediliş dowamlylygy bu görkeziji paýlama kanunly tötän ululyk.

Ulgamnyň ýagdaýy astynda şol ulgamdaky islegleriň sanyny göz öňünde tutarys, onda biziň ulgam ýagdaýlaryň birinde bolup biler. Ulgamda t-momentde k-islegler bolmalydygyny P(t) ähtimallyk bilen belläliň. Biziň proses üçin bolanda ähtimallyklar käbir hemişelik sanlara ymtylýarlar şol sanlar başlangyç maglumatlara bagly däldir.

Biziň meselämiz seredilýän ulgamnyň P_0, P_1, P_k sanlar ähtimallyklaryny we käbir häsiýetnamalaryny tapmakdan ybaratdyr.Gysgalyk üçin h uly islän üznüksiz kiriliki $O(h)$ bilen belläliň. Girýän akym ýönekeý bolýanlygy üçin, h wagtyň aralygynda iň azynda bir islegiň gelen düşmegi $\lambda h + O(h)$ ululyga deň bir islegden köp gelip düşmegi bolsa $O(h)$ ululyga deň bolýar. Belli bolşy ýaly, hyzmat edişligiň gökeziji paýlama dowamlylygy hyzmat edişiň galan bölegi şol wagtyň dowamlylygyna bagly däldir. Şoňa görä, egerde haýsyda bir linýa şu wagtda eýelenen bolsa, onda onuň üçin h wagtyň dowamynda (ýa-da onda hem köp) ähli bolmaklygyň ähtimallygy e^{-h} deňdir, eger-de k sany linýalar eýelenip bolsa, onda olaryň hemmesiniň h wagtyň böleginde eýelenen bolmalydygynyň ähtimallylygy e^{-kh} deňdir; şol linýalaryň iň azyndan bir boş bolmalydygynyň h wagtyň böleninde $1\text{-}e^{-kh}= kh + 0(h)$ deňdir islegleriň gelip düşmegi we linýalaryň boşamagy elementar wakalary aňladýar. Wagtyň h uzynlygynyň böleginde azynda bir elementar wakanyň gelmekliginiň $h \to 0$ bolanda ähtimallygy h

asimptotiki proporsionaldyr; *h* uzynlykda iki ýada ondan hem köp elementar wakalaryň gelmekliginiň ähtimallygy 0(h) ululykdyr. Wagtyň haýsyda bir momentde S_i ýagdayda bolýan *t* wagtda S_k ýagdaýa girýändiginiň şertli ähtimallygyny $P_{ik}(t)$ $(0 \leq t \leq n,\ 0 \leq k \leq n)$.

$$\text{Onda} \quad P_{ik}(t) \geq 0 \quad \sum_{k=0}^{w} P_{ik}(t)=1 \qquad (6.1)$$

Ýokarda getirlen bellikler $h \to 0$ bolanda ýagdaýdaky $P_{ik}(h)$ girişi ähtimallyklaryň asimptotiki aňlatmalaryny tapmaga kömek edýär. Egerde $|i=k|>1$ bolsa, onda S_i ýagdaydan S_k ýagdaýa geçmeklik azynda iki elementar wakalaryň bolmagyny talap edýär, onuň üçin ýokarda aýdylşy ýaly $h \to 0$ bolanda;

$$P_{ik}(h)=0\ (h)\ (|i=k|>1) \qquad (6.2)$$

Soňra S_k ýagdaýan S_{k+1} ýagdaýa girmeklik ýada bir, ýada bir hem köp wakalaryň bolmagy, ýada birnäçe elementar wakalaryň bolmaklygy talap edilýär. Şonuň bilen:

$$P_{kk-1}(h)=kh+0(h). \qquad (6.3)$$

netijede 2,3 we 4 görä (1) deňlikden alarys;

$P_{kk}(h)=1-P_{kk}+1(h)-P_{kk-1}(h)+0(h)=1-\lambda \quad h\text{-}k \quad v \quad h+0(h)$ $(1 \leq k \leq n-1)$

k=0 we *k=n* bolanda deň derejede şeýle alyp bolýar:

$$P_{00}(h)=1-\lambda\ h+0(h)$$

$$P_{nn}(h)=1-n\ v\ h+0(h) \qquad (6.4)$$

egerde t>0, h>0, $0 \leq i \leq n, 0 \leq k \leq n$ bolsa, onda

$$P_{ik}(t+h)=\sum_{r=0}^{n} P_{ik}(t)\,P_{ir}(h) \qquad (6.5)$$

Bu deňlik doly ähtimallygyň ýönekeý ulanmagynyň netijesidir.

Repman Kompogorowyň deňlemesi

Goý, ulgamnyň wagtyň başlangyç momentinde $S_i(0 \le i \le n)$ ýagdaýa bolandygynyň ähtimallygy $P_i(0)$ bolsun. Onda doly ähtimallygyň formulasyna görä t wagtyň momentinde $S_k(0 \le k \le n)$ ýagdaýda tapmaklygyň ähtimallygy $P_i(t)=\sum_{i=0} P_i(0)P_{ik}(t)$ deňdir. Egerde (5)deňligiň tarapyny hem $P_i(0)$ köpeltsek we i-a görä 0-dan n çenli jemlesek

$$Pk(t+h)=\sum_{i=0} P_r(t)\,P_{rk}(t) \qquad (6.6$$

Bu deňleme Repman Kompogorowyň deňlemesi diýilýär.Ýokarda getirlen geçiş ähtimallyklar üçin aňlatmalary ulanyp Repman Kompogorowyň deňlemesinden alarys;

$$P_0(t+h)=P_0(t)\,(1-\lambda\ h)+P_1(t)\,v\,h+0(h)$$

$$P_k(t+h)=P_{k-1}(t)\ \lambda\ h+P_k(t)\,(1-\lambda\ h-k\,v\,h)+P_{k+1}(t)(k+1)\,v\,h$$

$$P_n(t+h)=P_{n-1}(t)\ \lambda\ h+P_n(t)\,(1-n\,v\,h)+0(h)$$

Bu ýerden $\frac{P0(t+h)-P0(t)}{h}=\lambda\ \ P_0(t)-(\lambda+k\ \ v)\ \ P_k(t)+(k+1)\ \ v\ P(t)+k+1+0(1)$

$$\frac{Pk(t)-Pk(h)}{h}=\lambda\,P_{k-1}(t)-(\lambda+k\,v)\,P_k(t)+(k+1)\,v\,P_{k+1}(t)+0(1)$$

$$\frac{Pn(t+h)-Pn(h)=}{h}=\lambda\ P_{n-1}(t)+nv\,P_n(t). \qquad (6.7)$$

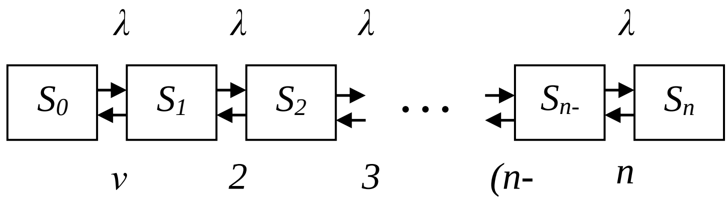
$h \to 0$ bolanda alynan deňlikleriň sag tarapynda predel bar bolýar, şeýlelikde $P_k(t)$ ähtimallyklaryň hasyly bardyr, we

$$P_0\,(t)=-\,\lambda\quad P_0(t)+\nu\,P_1(t)$$

$$P_k(t)=-\,(\lambda+k\,\nu)\,P_k(t)+\,\lambda\,P_{k-1}(t)+(k+1)\,\nu\,P_{k+1}(t)$$

$$P_n(t)=\,\lambda\quad P_{n-1}(t)-\,n\nu\,P_n(t).$$

Alynan differensiýal deňlemeleriň ulgamy Erlandyň ulgamy diýen ady göterýär. Bu ulgam belli metodlar bilen çözülýär, egerde ýagdaylaryň başlangyç ähtimallyklary berilen bolsa $P_k(0 \le k \le n)$ egerde ulgamnyň ýagdaýlarynyň bellenen grafyny gursak, ýagdaylaryň ähtimallyklary üçin defferensial deňlemeler ulgamyny gös göni alyp bolýar. Seredilýän ulgamnyň ýagdaýlarynyň bellenen grafy şeýle görnüşde bolýar.



Deňlemeleriň gurluşy

Deňlemeleriň gurluşyna ünis bereliň. Olaryň hemmesi belli kanun boýuça gurulan, ony şeýle formulirläp bolýar. Her bir deňlemäniň çep tarapynda ýagdaýyň ähtimallygynyň hasyly bar, we sag tarapynda, şol ýagdaý bilen strelka bagly bolsa şonça hem çlenlar bardyr. Egerde ugur ýagdaýdan ugur alýan bolsa, onda laýyklykly agza “minus” ähmiýeti bilen bolýar. Eger ýagdaýa tarap urukdyrlan bolsa “plýus” ähmiýeti her bir çlen geçiş ähtimallygynyň dykyzlygynyň strelkanyň ugur alýana ýagdaýynyň ähtimallygyna köpeldilen köpeltme hasylyna deň. Bu ýagdaýlaryň ähtimallyklary üçin differensial deňlemeleri düzmek kanuny umumy kanun bolýar we islän üznüksiz mark zynjyry üçin hem adalatlydyr,onuň kömegi bilen mehaniki her hili gürrüňsiz ýagdaylaryň ähtimallygy üçin differensial deňlemeleri gös göni ýagdaylaryň bellenen grafy arkaly düzüp bolýar.

$t \to 0$ bolýandygy üçin denlemeler ulgamsynyň sag taraplary belli bir predellere ymtylýarlar, onda çep taraplarynyň hem predelleri bolmalydyr. Bu predel nola deňdir, çünki oňa garşy ýagdaýda, eger-de haýsy-da bir $P_k(t)$ noldan artyk bir sana ymtylsa, onda şoňa laýyklykda $P_k(t)$ ähtimallyk hem $t \to \infty$ bolanda absalýut ululykda çäkli öser, bu bolsa bolmaýar. Şonuň bilen biz şu netijä gelýäris:

$P_k(t) \to 0\ (t\to\infty)\ (0 \le k \le n)$

$t \to \infty$ bolanda (7) ulgamda predellere geçip, alýarys:

$$\begin{cases} -\lambda P_0+P_1=0 \\ \lambda P_{k-1} - (\lambda+kv)\, P_k+(k+1)vP_{k+1}=0 \\ \qquad\qquad (6.8) \\ \lambda\, P_{n-1} - nv\, P_n=0 \end{cases}$$

eger-de $\lambda P_{k-1}\to kvP_k=Z_k$ diýip alsak,
onda (8) ulgamy şu görnüşde ýazmaklyk mümkin;

$Z_1 = 0$
$Z_k = -Z_{k+1} = 0$
$Z_n = 0$

Şu ýerden $Z_k = 0$ gelip çykýar, şonuň bilen $P_k = \dfrac{\lambda}{\nu\kappa} P_{k-1}$,

şeýlelikde $$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^{\kappa}}{\kappa!} P_0 \qquad (6.9)$$

$\sum_{k=0}^{n} P_k = 1$ bolýandygy üçin, onda $P_o = \dfrac{1}{\sum_{k=0}^{n} \dfrac{(\lambda/\nu)^n}{k!}}$

$\left(\dfrac{\lambda}{\nu}\right) = \rho$ diýip belläris. Bu gatnaşygyň şeýle manysy bar: ρ ululyk islegleriň orta sanyny, k^x c orta hyzmat ediş wagtyň bir islegiň gelmekligini aňladýar. Ýazgy göz öňünde tutulyp, (9) formula şeýle görnüşde bolýar:

$$P_k = \frac{\rho^k / k!}{\sum_{S=0}^{n} \dfrac{\rho^S}{S!}}, bu.\acute{y}erde.(k = 0,1,...,n) \qquad (6.10)$$

(10) formula Erlanggyň formulasy diýilýär. $P_0, P_1, ..., P_n$ ähtimallyklary bilen, ulgamnyň stasionar häsiýetnamalaryny kesgitleýäp bolýar: absolýut geçiriji ukyby – A (wagtyň birliginde ulgamyň hyzmat edip bilýän mümkinçilikleriniň ortaça sany); q – otnositel geçiriji ukyby (ulgam tarapyndan hyzmat edilýän, gelip düşen islegleriň orta bölegi, ýa-da wagtyň bir böleginde ulgamnyň hyzmat ediji, islegleriň ortaça sanynyň, şol wagtyň içinde gelip düşýän islegleriň ortaça sanyna gatnaşygy); kabul edilmeýändigiň ähtimallygy P_{ink} we eýeli kanallaryň ortaça sany.

Eger-de hemme liniýalar eýeli bolsa, onda isleg kabul edilmeýär. Onda munuň ähtimallyklygy

$$P_{ink} = P_n = \rho^n / n! \Big/ \sum_{S=0}^{n} \rho^S / S! \qquad (6.11)$$

Islegiň hyzmat edilşine kabul edilmeli ähtimallygy (bu hem otnositel geçiriji ukyby - q) P_{ink} ululygy bireçenli dolandyrýar.

$$q = 1 - P_{ink} = 1 - \rho_n \qquad (6.12)$$

Otnositel geçiriji q ukyby bilip, absolýut geçiriji Δ ukyby tapyp mümkin. Olar şu gatnaşyk arkaly baglydyrlar:

$$\Delta = \lambda q = \lambda\ (1\text{-}P_n) \qquad (6.13)$$

Durmaly köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamyny

Durmaly köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň wajyp häsiýetnamalarynyň biri bu eýeli liniýalaryň ortaça sany (berilen ýagdaýda ol ulgamdaky islegleriň orta sany bilen gabat gelýär). Muny $\bar{k}$ orta san bilen belläris. $\underline{k}$ ululygy 0,1,...,n ähmiýetlere eýe bolýan, $P_0, P_1, \ldots, P_n$ laýykly ähtimallykly diskret tötän ululygyň matematiki garaşmasy diýip hasaplan bolýar.

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^{n} kP_k = \sum_{k=0}^{n} k\frac{\rho^k}{k!}P_0 = \rho\sum_{k=1}^{n}\frac{\rho^{k-1}}{(k-1)!}P_0 = \rho(1-P_n) \qquad (6.14)$$

<u>Mysal:</u>

Liniýaly awtomatiki telefon stansiýasyna ýönekeý çagyryş akymy gelip düşýär. Hemme liniýalaryň eýeli momentinde gelen çagyrma, kabul edilmeýär. Ortaça bir minutda bir çagyrma duşýar. Gepleşigiň ortaça dowamlygy iki minut. Ulgamnyň stasionar häsiýetnamalaryny kesgitlemeli:

1. Ret etmekligiň ähtimallygy.
2. Otnositel geçiriji ukyby.
3. Absolýut geçiriji ukyby.
4. Eýeli liniýalaryň ortaça sany.

<u>Çözülişi</u>:

Çagyrma akymynyň tizligi, şertlere görä λ=1 deň. Hyzmat ediş akymynyň v parametriki kesgitlemäniň $v = \frac{1}{th} = \frac{1}{2} = 0{,}5$. (2) formula ret etmekligiň ähtimallygyny taparys:

$$P_{ink} = P_3 = \frac{\rho^3/3!}{\sum_{S=0}^{3} \rho^S/S!} = \frac{2^3/3!}{1+2/1!+2^2/2!+2^3/3!} = \frac{4}{19} \approx 0{,}21$$

Bu ähtimallyga görä, gelip düşen çagyrmalaryň 21%-e ýakyny hyzmat etmeklige kabul edilmeýär. Otnositel we absolýut geçiriji ukyplary şulara deň:

$$q = 1 - P_{ink} = 1 - \frac{4}{19} = \frac{15}{19}$$

$$A = \lambda q = q = \frac{15}{19}$$

Eýeli liniýalaryň ortaça sanyny (14) formula görä hasaplarys: $\bar{k} = \rho(1 - P_n) = 2(1 - P_3) \approx 2(1 - 0{,}21) = 1{,}58$

meseleler.

ATS bir wagtda 5 abonente hyzmat etmäge niýetlenen. ATS-e ortaça 30 sekund bir çagyryş düşýär. Her bir gepleşik ortaça 2 minut dowam edýär. Eger-de abonent ATS-de boş liniýa tapmasa, onda onuň çagyryşy kabul edilmeýär.

Abonentiň hyzmat ediljekdiginiň ähtimalygyny we ulgamynyň başgada stasionar häsiýetnamalaryny kesgitlemli.

20 san ýerli awtoduralga awtomobilleriň ýönekeý akymy gelýär. Ol akym boş ýer bolýança gelip durýar. Bir sagadyň dowamynda ortaça 4 awtomobil gelýär. Awtomobilleriň duralga ortaça wagty 15 minut. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamyny stasionar häsiýetnamalaryny hasaplamaly.

II BAP. TURBAGEJIRIJILER ARKALY UGLEWODORODLARY DAŞAMAGYŇ MATEMATIKI MODELLERI

Turbageçirijide gazyň we suwuklugyň birölçegli akymynyň matematiki modeli.

Daşky gurşawy öwrwnmek modelleriň kömegi bilen amala aşyrylýar. Mysal üçin: jisimiň hereketini öwrenmek üçin materiýal nokadynyň modeli ulanylýar. Bu modelde jisimiň ölçegleri nula deňlenip massasy boýunça deňleme alynýar. Maýşgak puržinde uly bolmadyk ýüküň yrgyldysyny öwrenmekde birinjiden ýüküň özüni nokatlaýyn (*m*) massa diýip kabul edip materýal nokadynyň modelini peýdalanýarys. Bu ýagdaýda jisimiň ölçegi formasy, materiýalyň fiziki himiki häsýeti göz öňüne tutulmaýar. Ikinjiden maýşgak puržyny dikeldiji güýjüň formasy nilen shemalaşdyrýarys ýagny:

$$F = - kx$$

Bu ýerde:

x(t) – modelirlenýän ýüküň moterýal nokadynyň gyžarmay.

k – puržynyň maýžgaklygyny häsýetlendirýän koeffisiýent.

Nýutonuň ikinji kanuny esasynda differensial deňlemäni alarys.

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx \qquad (1)$$

Ýüküň hreketinde onuň erkin ýagdaýynda we erkin başlangyç tizliginden we onuň başlangyç şertleri alynýar:

$$t = 0 \quad x = x_0 \quad \left(\frac{dx}{dt}\right)_0 = v_0 \qquad (2)$$

Bu alynan başlangyç şertli deňleme Koşy meselesi hem diýilýär.

1 – 2 – nji meselede ýňke täsir edýän gňýçleri hasaba almak ýagny “şepbeşiklik” güýji (şepbeşiklik, sürtülme)

$$-f_2\dot{x}$$

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} \qquad (3)$$

we $-f_2 \sin g(\dot{x})$ formula (4) (daşky güýç) birinji deňlemämiz aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx - f_1x - f_2 \sin g(\dot{x}) \qquad (5)$$

(5) model goşmaça güýçleriň yäsiri göz öňünde tutulup alynan moterioa nokadyň herketiniň deňlemesidir.

Suwuklugyň integral häsiýetlendrijileri

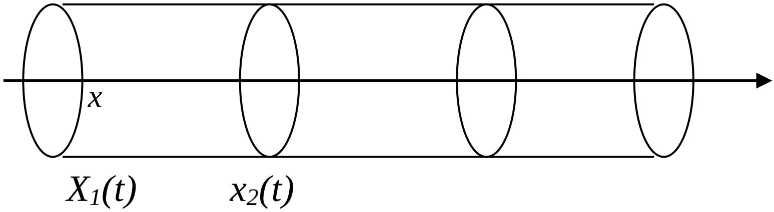
Turbageçirijide suwuklugyň ýa-da gazyň birölçegli akymynyň shemalaşdyrylyşy. Nebit we gaz turbageçirijiler boýunça transportirlenende hereketiň prosesinde şu aýakdaky hadysalar ýüze çykýar:

1. nebit we nebit önümleri ýada gaz, doly gurşaw ýoly hasaplanylýar, ýagny üznüksiz ýagdaýda turbany doldurýar.
2. akym bir ölçegli hasaplanylýar. Kesgitlenýän porametrler turbagiçirijiniň okunuň ugruna görä *t* wagtda bagly *x* kordenatasy bilen kesgitlenýär.
3. turbageçirijiniň profili onuň $z(x)$ turbageçirijiniň okunuň beýikliginiň deňsiz derejesiniň kesgitlenilýär.
4. turbageçirijiniň kese – kesiginiň meýdany S umumy ýagdaýda $x(t)$ baglydyr, eger turbageçiriji deformirlenmeýän bolsa onda $S = S(x)$ eger turbageçi-riji hemişelik diametre eýe bolsa $s(x) = S_0$ = const bolýar.

Esasy parametrler aşakdakylardyr:

1. $\rho(xt)$ – dykyzlyk (kg/m^2);
2. $v(xt)$- gur[awy/ tizligi (m/s);
3. $P(xt)$- basyş (Pa);
4. $T(xt)$- temperatura (^0C);
5. $\tau(xt)$- galtaşma güýjenmesi (sürtülme güýji) (Pa);
6. $Q(xt)$ – göwrüm harçlanma (m^3/s);
7. $M(xt)$ – agramlaýyn harçlanma (kg/s).

Goý turbageçirijide wagtyň belli bir pursatynda transportirlenýän gurşawyň erkin göwrümi turbageçirijiniň $x_1(t)$ $x_2(t)$ kese- kesiginiň arasynda ýerleşýän bolsun



Transportirlenýän gurşawuň bu aralykdaky göwrňmine hereklenýän suwuklyk göwrümi ýa-da indiwidual göwrüm diýilýär. Eger transportirlenýän guşaw gysylmaýan bolsa, turbagiçiriji hem deformirlenmeýän bolsa, onda $S = S_0 = const$ we $x_2 - x_1$ çäkleriň tapawudy suwuklyk göwrüminiň uzynlygyny kesgitläp, ol hem hemişelik bolýar. Turbanyň transportirlenýän gurşawuň indiwiduwal göwrümini ulanyp şu aşakdaky integrallary alarys.

1. Suwukluk göwrümüniň massasy

$$M = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \rho(x,t)\, S(x,t)dx \qquad (kg)$$

2. Suwuklyk göwrümüniň hereket mukdary

$$I = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \rho(x,t)\, \upsilon(x,t)\, S(x,t)dx \qquad (kgm/s)$$

3. Suwuklyk göwrümüniň kinetik emergiýasy

$$E_{kin} = \int_{x_{1(t)}}^{x_2(t)} dx \frac{\rho\upsilon^2}{2} S(x,t) \qquad (J)$$

4. Suwukluk göwrümüniň içki energiýasy

$$E_{i,ki} = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \rho(x,t) e_{icki}(x,t) S(x,t) dx \qquad (J)$$

Bu ululuklar tutuşlaýyn gurşawyň massasyny hereketlenme mukdaryny we material nokadynyň ulgamynyň energiýalaryny häsiýetlendirýän modellardyr. Fizikanyň esasy kanunlary esasynda watta görä orun ňýtgetme tizlik wagt boýunça differensirlemek arkaly alynýar. Doly önüm *d/dt* bilen belgilenýär. Tutuşlaýyn gurşawyň indiwiduwal häsýetlendirijileri üçin bolsa lokal ýa-da wagt boýunça ýerli önüm ulanylýar we ol şu görnüşde ýazylýar:

$\frac{\partial}{\partial t}$ - hususy önüm

Şeýlelikde wagt boýunça doly önümi hasaplarys:

$$\frac{d}{dt}\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} A(x,t)S(x,t)dx$$

Hususa geçirilende:

$$\frac{d}{dt}\int_{x_2(t)}^{x_1(t)} A(x,t)S(x,t)dx = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \frac{\partial}{\partial t}\left[A(x,t)S(x,t)\right]dx +$$

$$+ A(x,t)S(x,t)\Big|_{x_2(t)} \frac{dx_2}{dt} - A(x,t)S(x,t)\Big|_{x_1(t)} \frac{dx_1}{dt}$$

$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} dt$ doly önümden hususy önüme geçmek. dx_2/dt we dx_1/dt önümleriň, degişlilikde, $\upsilon_2(t)$ we $\upsilon_1(t)$ bolýandygyny göz öňünde tutsak, onda:

$$\frac{d}{dt}\int_{x_2(t)}^{x_1(t)} A(x,t)S(x,t)dx = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \frac{\partial}{\partial t}\left[A(x,t)S(x,t)\right]dx +$$

$$+ A(x,t)\upsilon(x,t)S(x,t)\Big|_{x_2(t)} - A(x,t)\upsilon(x,t)S(x,t)\Big|_{x_1(t)}$$

integral deňlemäni alarys. A mundan başga-da Nýutonyň – Leýbnisiň matematiki analizden belli bolan şu aşakdaky formulasyny ulansak

$$A(x,t)\upsilon(x,t)S(x,t)\Big|_{x_2(t)} - A(x,t)\upsilon(x,t)S(x,t)\Big|_{x_1(t)} =$$

$$= \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \frac{\partial}{\partial x}\left[A(x,t)\upsilon(x,t)S(x,t)\right]dx,$$

onda suwuklygyň integral häsiýedini ýazyp beýan edýän formulamyz şu görnüşde bolar:

$$\frac{d}{dt}\int_{x_2(t)}^{x_1(t)} A(x,t)S(x,t)dx = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \left(\frac{\partial AS}{\partial t} + \frac{\partial AS\upsilon}{\partial x}\right)dx$$

Transportirlenýän gurşawyň massasynyň saklanma kanuny (akymyň üznüksiz deňlemesi).

Turbageçirijiniň kese-kesiginiň *S(x,t)* meýdany transportirlenýän gurşawyä *W(x,t)* wagtyň pursatynda *ρ(x,t)* dykyzlygy erkin bolup bilmeýär ýagny, olaryň bahalary turbageçirijiniň transportirlenýän gurşawynyň massasynyň artmagyny ýa-da kemelmegini kesgitleýär. Şonuň üçin modeliň birinji deňlemesinden transportirlenýän gurşawyň massany saklama kanunyna boýun egýän häsiýetinden peýdalanyp, alarys:

$$\frac{d}{dt}\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \rho(xt)S(xt)dx = 0$$

Bu deňlikde transportirlenýän gurşawyň islendik suwuklyk bölegi üçin şeýle hem islendik *$x_1(t)$* we *$x_2(t)$* bahalary üçin ýerine ýetýändir.

Iki deňlikde biri ýerine goýup alarys

$$\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \left(\frac{\partial \rho S}{\partial t} + \frac{\partial \rho VS}{\partial x}\right)dx = 0$$

Soňra integrirlemek modeliň erkimligi sebäpli integral belgisini ýazyp differensial deňlemäni alarys:

$$\frac{\partial \rho S}{\partial t} + \frac{\partial \rho VS}{\partial x} = 0$$

Bu formula turbageçirijide transportirlenýän gurşawyň ***üznüksiz akymynyň deňlemesidir***. Eger ol satasionar bolsa onda wagt boýunça akym önümi 0-a deň bolýar ($\frac{\partial(x)}{\partial t} = 0$) we $M = \rho VS = const$. (15) deňlik turbageçirijiniň uzynlygy boýunça islendik suwuklugyň ýa-da gazyň stasionar akymda massaly harçlanmanyň *M* – hemişelikdigini aňladýar. Eger turbageçirijiniň kese kesigi wagta görä üýtgemeýän bolsa onda *$S(xt)$* = *S_0* = const we *P*= const. Şeýlelikde bu ýerden iki sany wajyp düşünje gelip çykýar:

1) Bir jynsly gysylmaýan suwuklyk (nebit we nebit önümleri) ýagdaýynda $\rho = \rho_0$ şeýlelikde turbageçirijiniň uzynlygy boýunça hemişelik diametri bilen turbageçirijine bir jynsly gysylmaýan suwuklugyň akym tizligi üýtgemeýär.

2) Gysylýan gurşaw (gaz) ýagdaýynda turbageçirijiniň uzynlygy boýunça ρx dykyzlyk üýtgeýär. Şeýlelikde bu

üýgeme basyşa baglylykda meýdanyň başlangyjyndan soňuna çenli manoton kemelýän hörnüşünde bolýar. Onda ρv = const şertinden gysylýan gurşawyň akymynyň tizligi başlangyç meýdandan soňuna çenli monaton artýar. Şeýlelikde KS – nyň arasynda hemişelik diametrli turbageçirijide gazyň akymynyň tizligi artýar.

Mysal:

Turbageçiriji boýunça transportirlenýän nebitiň göwrümleýin harçlanmasy Q = 2500 m^3/sag. Eger turbanyň diametri D = 820 mm; L = 8 m; nebitiň akymynyň tizligini tapmaly υ = ? $\upsilon = \frac{4Q}{\pi d^2}$, $d = D - 25$, d = 0,804 m.

Çözlüşi:

Q=2500 m^3/s $\qquad \upsilon = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 2500}{3.14 \cdot 0.804} = 1.37 \quad m/sek$

D=820 mm

Δ=8 mm

υ - ?

Mysal:

Turbageçiriji boýunça transportirlenýän gazyň massaly harçlanmasy 180 kg/sek, turbanyň daşky diametri 1020 mm galyňlygy 10 mm gazgeçirijiniň başlangyjyndaky υ_1 gaz akymynyň tizligini we soňundaky υ_2 gaz akymynyň tizligini tapmaly. Gazyň turbanyň başlangyjyndaky dykyzlygy 45 kg/m^3 soňundaky dykyzlygy 25 kg/m^3

Berlen: $\qquad \upsilon_1 = \frac{M}{\rho_1 S} = \frac{4 \cdot M}{\rho_1 \cdot 3.14} = 5.1 \ (m/sek)$

D=1020 mm

$\upsilon_2 = \frac{M}{\rho_2 S} = \frac{4 \cdot M}{\rho_2 \cdot 3.14} = 9.2 \ (m/sek)$ δ=10 mm

M=180 mm

$\rho_1 = 45\ kg/m^3$
$\rho_2 = 25\ kg/m^3$
υ_1-?, υ_2-?

Akymyň hereketiniň deňlemesi

(4) üznüksüzlik deňlemesinde birnäçe näbelli funksiýalar bar, şonuň üçin hem näbelli funksiýalaryň her birini tapmak mümkin däl. Bu ýagdaýy çözmek üçin hususy halda goşmaüa deňlemeler ulanylýar. Nýutonyň 2-nji kanuny boýunça erkin suwuklygyň akymy üçin aşakdaky deňlemäni alarys:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{d}{dt}\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \upsilon \cdot \rho S dx = (p_1 S_1 - p_2 S_2) + \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} p\frac{\partial S}{\partial x}dx - \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \pi d \cdot \tau_\omega dx - \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \rho g \cdot Sin\alpha(x) \cdot S dx$$

Bu formulanyň çep bölegi transportirlenýän gurşawyň suwyuklyk göwrüminiň hereketiniň mukdaryndan wagta görä doly önümi aňladýar, sag bölegi seredilýän göwrüme täsir edýän ähli daşky güýçleriň jemidir. Deňlemäniň sag böleginiň 1-nji agzasy gurşawyň bellenen göwrümüniň täsir edýän basyş güýjüniň tapawudy. 2-nji agzasy turbanyň gapdal üstünüň onuň okuna bolan reaksiýe güýjüniň proýeksiýasy ($s \neq$ const) 3-nji agza turbanyň gapdal üstüniň sürtülme güýjüni kesgitleýär. (τ_w – turbanyň diwaryna gatnaşýan güýjenme *Pa*) 4-nji agza agyrlyk güýji (*α(x)* turbageçirijiniň okunyň gorizontalyna görä ýapgytlygy *g* – jisimiň erkin gaçma tizlenmesi).

Mehaniki energiýanyň balans deňlemesi

Mehaniki energiýanyň üýtgemegi baradaky kanunyň ulanylşynda suwuklygyň transportirlenmegindäki meselesine seredeliň.

Bu kanun aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\frac{dE_{kin}}{dt} = \frac{dA^{dasky}}{dt} + \frac{dA^{icki}}{dt} \qquad (1)$$

Diýmek kinetik energiýanyň üýtgemegi içki we daşky güýçleriň jemine deňdir. (1) formulany düzüjileri aýratynlykda anyk kesgitleme bereliň. Eger transportirlenýän gurşaw *V(xt)* tizlik bilen turbageçirijide hereketlenýän bolsa onda kinetik energiýa aşakdaky firmula bilen kesgitlenilýär:

$$E_{kin} = \int_{1_1(t)}^{x_2(t)} \frac{\rho \upsilon^2}{2} S dx \qquad (2)$$

Kinetik energiýanyň bu kesgitlemesi turbanyň kesigine görä suwuklukda ýada gazda dürli-dürlidir. Turbanyň merkezinde ol iň uly baha eýe bolýar, turbageçirijiniň içki sütününe golaýlaşdygyça bu baha kiçelýär, turbageçirijiniň diwaryna degende bolsa nula deňdir. Ondan başgada suwuklygyň akymynyň kiçi tizliginde ýagny laminar akymynda we turbulent akymynda suwuklygyň tizligi ortaça tizlikden örän tapawutlanýar. Şonuň üçin hem akymyň modeli onuň tizligine baglylykda gurulýar. Transportirlenýän gurşawyň hakyky tizligini (*U*) bilen belgiläliň we ony *U=V+ΔU* ýazalyň. Bu ýerde *ΔU*-ortaça tizlik bilen hakyky tizligiň aralygyndaky tapawudy görkezýän baha. Kesik boýunça ortaça baha $\overline{\Delta U = 0}$ nula deňdir, ýöne onuň $\overline{\Delta} U^2$ ortaça kwadratik gyşarmasy nuldan tapawutlydyr. Bu gyşarma $\left(\overline{\Delta} U\right)^2 \neq 0$ turbageçirijiniň kesiginde gurşawyň bölejiginiň hereketine otnositellikde kinetik energiýany häsiýetlendirýär. Onda transportirlenýän gurşawyň massa birligindäki kinetik energiýasy aşakdaky görnüşde bolar.

$$e_{kin} = \frac{\upsilon^2}{2} + \left(\frac{\overline{\Delta} U^2}{2}\right) \qquad (3)$$

Üçünji deňligiň birinji goşulyjysy sistemanyň massasynyň merkezindäki kinetik energiýa. 2-nji goşulujy massanyň merkezine otnositellikde nokadyň herekediniň kinetik energiýasy. Eger ortaça tizlik nula deň däl bolsa onda aşakdaky deňlik dogrudyr.

$$\frac{\rho\upsilon^2}{2}+\frac{\rho\left(\overline{\Delta U}^2\right)}{2}=\frac{\rho\upsilon^2}{2}\left(1+\frac{\left(\overline{\Delta U}^2\right)}{\upsilon^2}\right)=\alpha_k\frac{\rho\upsilon^2}{2}$$

Ýagny

$$\alpha_k=1+\left(\overline{\Delta U}\right)/\upsilon^2>1$$

Laminar akym üçin $\bar{\alpha}_k=\frac{4}{3}$, turbulent akym üçin onuň bahasy 1.02÷1.05 aralykda ýerleşýär.

Bu girizilen koeffisiýenti göz öňünde tutup transportirleän gurşawyň islendik hereketi üçin umumylaşdyrylan kinetik energiýanyň formulasy aşakaky görnüşde bolar:

$$E_{kin}=\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\alpha_k\frac{\rho\upsilon^2}{2}Sdx \tag{4}$$

Birinji formulanyň agzalaryny hasaplamak üçin degişli formulalary getireliň. Ilkinji nobatda kinetik energiýanyň tizliginiň üýtgemegini hasaplamaly.

$$\frac{dE_{kin}}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}d_k\frac{\rho\upsilon^2}{2}Sdx\right)$$

Üýtgeýän predelli integraly differensirleme düzgüninden peýdalanyp alarys.

$$\frac{dE_{kin}}{dt} = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} \left[\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_k \frac{\rho \upsilon^2}{2} S \right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\alpha_k \frac{\rho \upsilon^2}{2} S \upsilon \right) \right] dx$$

Soňra daşky güýçleriň işini hasaplalyň (bu ýadgaýda basyş güýji we agyrlyk güýji alynýar) şeýle hem daşky mehaniki gurluşlaryň (nasoslaryň) işi hem döz öňünde tutulýar we aşakdaky deňlemäni alasys:

Bu deňlemäniň birinji goşulyjysy basyş güýjüniň işini (kuwwatyny) berýär. Ikinji goşulyjy agyrlyk güýjüniň kuwwaty, üçünji goşulyjy bolsa daşky gurşawyň kuwwaty.

Şeýle hem içki düýçleriň (basyş we içki sürtülme güýji) işini hasaplalyň:

$$\frac{dA^{icki}}{dt} = \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} P \frac{\partial (S\upsilon)}{\partial x} \alpha x + \int_{x_1(t)}^{x_2(t)} n^{icki} \rho S dx$$

Bu deňlemäniň birinji goşulyjysy basyş güýjüniň işini berýär. Ikinji goşulyjy gurşawyň gatlaklarynyň bir-birinden sürtülme güýjüniň kuwwatyny berýär. Gelejekde bu ululuk mehaniki energiýanyň mukdaryny häsýetlendirip transportirlenýän gurşawyň bölejikleriniň içki sürtülmesiniň hasabyna wagt birliginde ýygylyga gçýändigini göreris.

Bernulliniň deňlemesi

Turbageçirijide izoborik suwuklugyň (gazyň) stasionar akýan ýagdaýynda (t) görä önüm nula deňdir. Şonuň üçin hem aşakdaky adaty differensiýal deňlemäni alarys:

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \int \frac{dP}{\rho g} + z \right) = \frac{n^{icki}}{g\upsilon} = i \qquad (1)$$

Bu ýerde (*i*) ölçegsiz ululuk oňa gidrawliki ýapgytlyk hem diýilýär.

$$i = \frac{n^{icki}}{g\upsilon} = \frac{dH}{dx}$$ - gidrawliki ýitginiň formulasy

Turbageçirijiniň x_1 we x_2 kesikleriniň aralygynda ýerleşýän transportirlenýän gurşaw üçin birinji deňleme aşakdaky görnüşe geler:

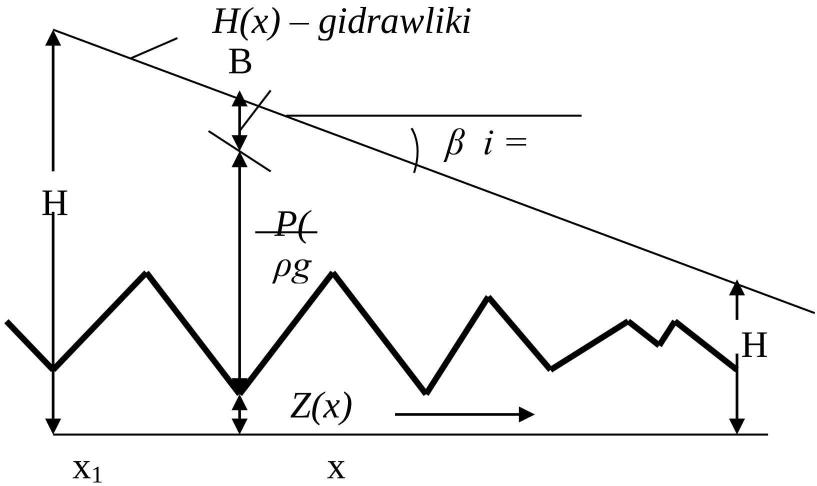
$$\left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \int \frac{dP}{\rho g} + z\right)_1 - \left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \int \frac{dP}{\rho g} + z\right)_2 = -\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} i dx \qquad (2)$$

Bu deňlemä Bernulliniň deňlemesi diýilýär.

Bernulliniň deňlemesini gysylmaýan suwuklyk üçin (suw, nebit ýa-da nebitönümleri) ýönekeý görnüşe eýe bolýar:

$$\left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z\right)_1 - \left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z\right)_2 = -\int_{x_1(t)}^{x_2(t)} i dx$$ - gysylýan suwukluk üçin (3)

Bernulliniň deňlemesiniň geometriki interpretasiýasyny getireliň:



Transportirlenýän gurşawyň akymynda içki kinetik energiýasynyň üýtgemeginiň deňlemesi

Transportirlenýän gurşawyň doly kinetik energiýasy iki sany düzüjiden ybaratdyr, ýagny bölejikleriň agyrlyk merkeziniň kinetik enrgiýasynyň we agyrlyk merkezine otnositellikde içki hereketiň kinetik energiýasyndan durýar. Doly kinetik energiýanyň ikinji düzüjisini ýagny transportirlenýän gurşawyň akymynda içki kinitik energiýasyny tapalyň:

$$\rho S\frac{d}{dt}\left(\frac{\upsilon^2}{2}\right)=-\frac{\partial P}{\partial x}\upsilon S-\frac{4}{d}\tau_w\upsilon S-\rho g\upsilon S\cdot Sin\alpha(x)$$

Bernulliniň deňlemesinden agzama-agza aýyryp alarys:

$$\rho S\frac{d}{dt}\left[(\alpha_k-1)\frac{\upsilon^2}{2}\right]=\frac{4}{d}\tau_w\upsilon S+\rho Sn^{icki}$$

ýa-da $n^{içk\ i}= -g\upsilon \cdot i_0$ bolýandygyny göz öňünde tutup alarys:

$$\rho S\frac{d}{dt}\left[(\alpha_k-1)\frac{\upsilon^2}{2}\right]=\left(\frac{4}{d}\tau_w\upsilon\right)S-\rho g\upsilon Si_o$$

Gidrawliki ýitgi (mehaniki energiýa)

Transportirlenýän gurşawyň meheniki energiýasynyň üýtgemegi baradaky kanuny aňladýan gifferensiýal deňleme aşakdaky ýalydyr:

$$\frac{\partial}{\partial d}\left(\frac{\alpha_k\upsilon^2}{2}\right)+\upsilon\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\alpha_k\upsilon^2}{2}\right)+\int\frac{dp}{\rho}+gz=n^{icki}$$

Bu ýerde:

$n^{içki}$ ululyk içki sürtülme güýjüniň kuwwatyny aňladýar

Bu ululugy nazary ýol bilen hasaplamak üçin turbageçirijiniň her bir kesiginde transportirlenýän gurşawyň gatlaklarynyň hereketini bilmek zerur bolýar. Laminar akym üçin hususy halda bu hereketi hasaplap bolýar we $n^{içki}$ –ni kesgitläp bolýar. $n^{içki}$ meheniki energiýanyň udel dissipasiýasynyň ululugy aşakdaky ölçeglilige eýedir.

$$\left[n^{icki}\right]=\frac{B_g}{kg}=\frac{D_k}{c\cdot kg}=\frac{H\cdot m}{c\cdot kg}=\frac{kg\cdot m/c^2\cdot m}{c\cdot kg}=\frac{m^2}{c^3}=\left[\frac{\upsilon^3}{d}\right]$$

$$n^{icki}=-\frac{\upsilon^3}{d} \qquad (1)$$

Bu ýerde:

λ - käbir ölcegsiz koeffiýent, (-) alamaty içki sürtülmäniň güýjüniň hasabyna mehaniki energiýanyň kemelýändigini aňladýar. ½ - köpeldiji amatlylyk üçin girizilendir. *N*-içki λ-koeffisiýente bagly bolup durýar. Bu baglylyk islendik gurşaw üçin suwukluk ýa-da gaz üçin ýerine ýetýändir. Suwuklugyň ýa-da gazyň stasionar akymy üçin λ - koeffisiýent 4-sany esasy parametri bar:

υ - tizlik (*m/sek*), σ - kinematik ýepbeýiklik (m^2/sek), *d* - turbageçirijiniň içki diametri (*m*), Δ - turbagecirijiniň içki üstüniň büdür-südürlüginiň ortaca beýikligi (*mm* ýa-da *m*) onda $\lambda = f(v, \sigma, d, \Delta)$ - dört parametre bagly funksiýa seredilýär.

Bu ýere suwuklugyň dykyzlygy (ρ) we agyrlyk güýji (*g*) goşulmaýar. Sebäbi suwuklugyň ýa-da gazyň gatlaklarynyň arasyndaky sürtülme olary dykyzlygyna we gatlaklaryň ýere bolan dartyş güýjüne bagly däldir. Δ - ululuk ölçegsizdir. Şeýle hem onuň san bahasy ölçeg birligine bagly däldir, şol bir wagtda v, υ, d, Δ – parametrler ölçegli ululuklardyr, we olaryň san bahalary ölçeg birliginiň ulgamynyň saýlawuna baglydyr.

Bukingemiň O_i teoremasy bu garşylygy çözýär. Bu teorema ölçegsiz ululyk diňe ölcegsiz parametirleriň kombinasiýasyna baglydyr diýip tassyklaýar. Berlen ýagdaýda iki parametr bar.

$$\frac{\upsilon \cdot d}{\sigma} = \mathrm{Re}, \quad \frac{\Delta}{d} = \xi$$

Bu ýerde:

Re - Reýnoldsyň sany

ξ - turbageçi rijiniň içki üstüniň otnasitel büdür-südürlügi.

$$\lambda = \lambda(\mathrm{Re}.\xi)$$

Onda 1-nji formula aşakdaky görnüpe eýe bolar:

$$n^{icki} - \lambda(\mathrm{Re}.\xi)\frac{1}{d} \cdot \frac{\upsilon^2}{2} \qquad (2)$$

Bu formuladaky λ - koeffisiýenta gidrawliki garşylyk koeffisiýenti diýilýär. Bu koeffisiýent gidrawlikanyň we turbageçiriji transportda iň bir zerur parametrleriň biridir. Gidrawliki garşylyk koeffisiýentiniň häsiýetlendriji bahasy 0.01-0.03 aralykda ýerleşýär.

i_o - gidrawliki ýapgytlyk aşakdaky görnüşde ýazyp bileris:

$$i_o \frac{n^{icki}}{g\upsilon} = \lambda \frac{1}{d} - \frac{\upsilon^2}{2g} \qquad (3)$$

Gidrawliki ýapgytlygy häsýetlendirýön baha 0.00005-0.005 aralykda ýerleşip biler. 3- nji aňlatmany Bernulliniň deňlemesini goýup alarys:

$$\left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z\right) - \left(\frac{\alpha_k \upsilon^2}{2g} + \frac{P}{2g} + z\right) = \lambda(\mathrm{Re}.\xi) \cdot \frac{1_{1-2}}{d} \cdot \frac{\upsilon^2}{2g} \qquad (4)$$

$$h_\tau = \lambda \cdot \frac{1_{1-2}}{d} \cdot \frac{\upsilon^2}{2g}$$

Darsi Weýsbahyň formulasynda badyň ýitgisi transportirlenýän gurşawuň stasionar akymynda ulanylyp turbageçirijiniň diwarynda sürtülmäniň τ_w - galtaşyjy güýjenme üçin aňlatma alarys:

$$\tau_w = \frac{\rho g d}{4} \cdot i_o = \frac{\rho g d}{4}\left(\lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{\upsilon^2}{2g}\right) - \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{\rho \upsilon^2}{2} = C_f \cdot \frac{\rho \upsilon^2}{2}$$

Bu ýerde:

$\xi_f(\mathrm{Re}.\xi) = \frac{\lambda(\mathrm{Re}.\xi)}{4}$ bu ölçegsiz koeffisiýente turbageçirijiniň içki üstüne suwuklugyň sürtülme koeffisiýenti diýilýär.

$\lambda(Re,\xi)$ koeffisiýenti hasaplamagyň formulasy

λ - gidrawliki garşylyk koeffiýentini hasaplamak gidrawlikada we turbageçiriji transportynda esasy bolup durýar. Eger turbageçirijiden suwuklugyň ýa-da gazyň akymy laminar bolsa (onuň çüin Reýnoldsyň sany 2300 kiçi bolmaly) onda λ-ny hasaplamak üçin Stoksyň formulasy peýdalanylýar.

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad (1)$$

Eger Reýnoldsyň sany 2300-dan uly bolsa, turbageçirijide suwuklugyň akymy ýuwaş-ýuwaşdan gidrodinamiki durnuklulugyny ýitirýär we turbulent akyma geçýär. Bu ýagdaý üçin λ- koeffisiýenti hasaplamakda *A, D* nokat Altşunuň formulasy peýdalanylýar:

$$\lambda = 0.11\left(\xi + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{1/4} \qquad (2)$$

Bu formula $10^4<Re<10^6$ şu aralykdaky bahalar üçin niýetlenendir. Eger $104<Re<27/\xi1.143$ aralygyndan bolsa onda Altşunuň formulasy görnüşini üýtgedip, Blaziusyň firmulasyna geçýär:

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}} \qquad (3)$$

(3) formula Stoksyň formulasy ýoly bilen büdür-südürlügi saklamaýar, bu bolsa soňky diapazonda Re-sanlary turbageçiriji özüni ýylmanak alyp barýar. Şonuň çüin hem bu diopazonda suwuklugyň akymyna gidrawliki ýylmanak turba-danakyş diýilýär. Turbanyň diwaryna sürtülme güýjenmesi aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär:

$$\tau_w = -\frac{\lambda}{4}\cdot\frac{\rho\upsilon^2}{2} = -\frac{0.0791}{\sqrt[4]{\upsilon d/\sigma}}\cdot\frac{\rho\upsilon^2}{2} \approx \upsilon^{1.75} \qquad (4)$$

Eger R < 500/ξ bolsa onda (2) formulanyň ýaýyň içindäki 2-nji goşulyjysy 1-nji goşulyjy bilen deňerşdirilende suwukludyň uly tizlikde sürtülmesi turbageçirijiniň içki üstünüň ýylmanaklygy bilen kesgitlenýär. Bu ýagdaýda Şifrinsonyň formulasy ulanylýar:

$$\lambda = 0.11\cdot\xi^{0.25}$$

Bu ýagdaýda güýjenme aşaky görnüşe eýe bolar:

$$\tau_w = -\frac{\lambda}{4}\cdot\frac{\rho\upsilon^2}{2} = -\frac{0.11\cdot e^{1/4}}{4}\cdot\frac{\rho\upsilon^2}{2} \approx \upsilon^2 \qquad (5)$$

(5) formuladan görnüşi ýaly sürtülme garşylygy suwukluguň ortaça tizliginiň kwadratyna proporsionalgyr. Şeýlelikde laminar akymdan turbulent akyma geçiş ýaýlasynda, ýagny Reýnoldsyň sanynyň 2320-den 10^4-de çenli diapazonda aşakdaky aproksimirlenen formulany ulanmak bolýar:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}\cdot(1-\gamma_*) + \frac{0.3164}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}}\cdot\gamma_* \qquad (6)$$

$$\gamma_* = 1 - e^{0.002(\mathrm{Re}2320)}$$

(6) formuladan görnüşi ýaly gidrawliki ýylmanak turbalar zonasynda laminar akym üçin Stoksyň formulasyndan turbulent akym üçin Blaziusyň formulasyna üznüksiz geçişi üpjün edýär. Gidrawliki garşylyk koeffisiýentiniň hasaby magistral turbageçirijilerde (Re-Reýnoldsyň sany gaty uly we

bu koeffisiýen turbageçirijiniň diňe içki üstüniň ýagadaýyna baglydyr) gazyň akymynda

$$\lambda = 0.067 \cdot \left(\frac{2\Delta}{d} \right)^{0.2} \qquad (7)$$

Δ - büdür-südürlük (absolýut) 0.03 ÷ 0.05 *mm* aralykda ýerleşýär

Doly energiýanyň balans deňlemesi

Materýal nokadyň mehaniki energiýa ulgamynyň üýtgemegi baradaky kanundan başgada fizikanyň fundimental kanunlarynyň biri bolan, doly energiýanyň saklanmak kanuny islendik jisim üçin dogrudyr. Oňa termodinamikanyň birinji başlangyjy hem diýilýär. Bu kanun energiýanyň hiç bir ýerden döremeýändigi ýa-da ýitip gitmeýändigi diňe doly mukdarda bir formadan başga bir forma geçýändigini tassyklaýar. Bu kanun aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\frac{d\left(E_{kin} + E_{icki}\right)}{dt} = \frac{dQ^{dasky}}{dt} + \frac{dA^{dasky}}{dt} \qquad (1)$$

Bu ýerde: $E_{içki}$ - transportirlenýän gurşawyň kesgitli massaynyň içki energiýasy. Ondan başgada $E_{içki}$ – funksiýa girizilýär. Ol seredilýän jisimiň massasynyň birliginiň içki energiýasyny aňladýar we aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$e_{icki} = \frac{E_{icki}}{m}$$

Bu ýerde:

m - jisimiň massasy.

(1) deňlemäni $x_1(t)$ we $x_2(t)$ kesikleriň arasynda transportirlenýän gurşawyň erkin hereketlenýän göwrümi üçin aşakdaka eýe bolýar

$$\frac{d\left(E_{kin}+E_{icki}\right)}{dt}=\frac{d}{dt}\left[\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\left(\alpha_k\cdot\frac{\rho\upsilon^2}{2}+\rho e_{icki}\right)Sdx\right] \qquad (2)$$

$$\frac{dQ^{dasky}}{dt}=\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\pi d\cdot q_n dx \qquad (3)$$

$$\frac{dA^{dasky}}{dt}=\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\frac{\partial}{\partial x}\left(PS\upsilon\right)dx-\int_{x_1(t)}^{x\ (t)}\rho g\sin\alpha\cdot\upsilon\cdot Sdx+N_{meh} \qquad (4)$$

Bu ýerde:

q_n - wagt birliginde turbageçirijiniň üstünüň wagt birligindäki ýygylygyň akymy (Wt/m^2)

$\pi\cdot d\cdot dx$ - turbageçirijiniň üstünüö meýdany.

d - turbageçirijiniň içki diametri

(2), (3) we (4) deňlemeleri (1) deňlemede ýerine goýup alynyan deňlemäniň çep bölegini differensirläp alarys:

$$\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\left\{\frac{\partial}{\partial t}\left[\left(\frac{\alpha_k\upsilon^2}{2}+\ell_{icki}\right)\rho S\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[\left(\frac{\alpha_k\upsilon^2}{2}+\ell_{icki}+\frac{P}{\rho}\right)\rho\upsilon\cdot S\right]\right\}dx=$$

$$\int\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\pi d\cdot g_n dx-\int_{x_1(t)}^{x_2(t)}\rho\upsilon\cdot Sg\frac{\partial z}{\partial x}dx+N_{meh}$$

Stasionar akymda transportirlenýän gurşawyň temperaturasynyň paýlanylyşy

Ýygylygyň akymynyň deňlemesi:

$$\rho \frac{de_{icki}}{dt} \cong \frac{4}{d} \cdot g_n - \rho \upsilon g \cdot i$$

ýa-da

$$\frac{\partial \rho S \cdot e_{icki}}{dt} + \frac{\partial \rho \upsilon S \cdot J}{dx} \cong \pi d \cdot g_n$$

ýa-da deňlemeden stasionar akymda turbageçirijiniň uzynlygy boýunça transportirlenýän gurşawyň temperaturasynyň paýlanylşyny tapmak bolýar.

Gysylmaýan we gowşak gysylýan gurşaw (Mysal üçin: suw, nebit, nebitönümleri) üçin bu deňlemeler aşakdaky görnüşe eýedir:

$$\rho \upsilon \cdot \frac{de_{icki}}{dt} \cong \frac{4}{d} \cdot g_n - \rho \upsilon g \cdot i \qquad (1)$$

Bu ýerde:

$e_{içki}$ - icki energiýa suwuklugyň temperaturasyna baglydyr. Onda $\frac{de_{icki}}{dt}$ önüm ýylyk sygymyny C_v ($J/kg\ {}^oC$) berýär. Eger C_v hemişelik ululuk bolsa onda alarys:

$$e_{icki} = C_v \cdot T + const$$

q_n - ýylylyk akymynynyň modelirlenmeginde Nýutonuň formulasy ulanylýar:

$$q_n = -k(T_{icki} - T_{dasky}) \qquad (2)$$

Ýylylyk akymy turbageüirijiniň içki we daşky temperaturalarynyň tapawudyna proporsionaldyr. Eger $T_{içki}$ > $T_{daşky}$ bolsa, onda q_n = 0 bolar.

Bu formuladaky koeffisiýentine ýylylyk geçiriji koeffsiýent diýilýä ($Wt/m^{2\,0}C$).

Hemişelik diametrli turbada suwuklugyň stasionar akymynda gidrawliki ýapgytlyk hemişelik bolýar. (1) formulany ýokardaky aýdylanlary göz öňünde tutup aşakdaky differensial deňlem görnüşinde ýazmak bolar:

$$\rho C_v \upsilon \cdot \frac{dT}{dx} = -\frac{4k}{d}\left(T_{icki} - T_{dasky}\right) + \rho_V \upsilon g i_0 \qquad (3)$$

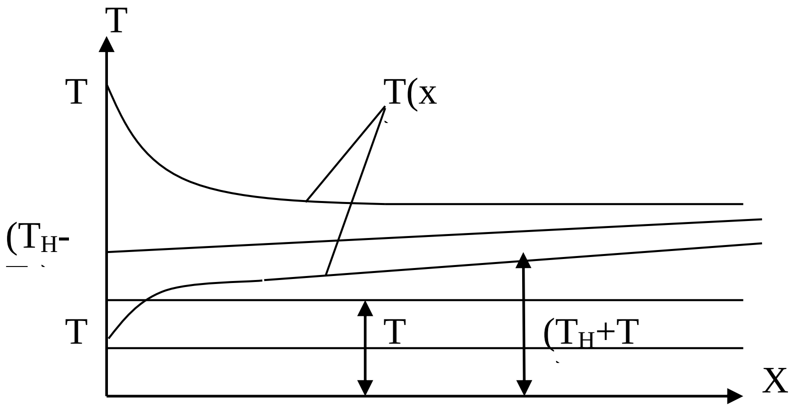
Bu formuladan görnüşi ýaly turbageçirijiniň diwaryndan geçýän ýylylyk geçiriji transportirlenýän guwşawyň temperaturasynyň peselmegine (T_x>$T_{daşky}$) getirýär. (3) differensial deňlemäniň T_0 = başlangyç şertindäki çözülişi aşakdaky ýalydyr:

$$T(0) = T_0$$

$$\frac{T(x) - T_{dasky} - T_{\otimes}}{T_0 - T_{dasky} - T_{\otimes}} = \exp\left(-\frac{\pi dk}{C_V M}x\right) \qquad (4)$$

Bu ýerde: $T_{\otimes} = g i_0 M / \pi dk$ - temperaturanyň ölçegindäki hemişelik ululyk; $M = \rho \upsilon S$ - suwuklygyn massalaýyn harçlanmasy.

(4) formula injiner alym W.G.Şuhowyň formulasy diýilýär.



3-nji surat. Turbageçiriji boýunça temperaturanyň ýaýraýşy.

(3) deňlemeden hususy halda turbageçirijiniň ýylylyk izolýasyýasyny başlangyç kesikde x=0 diýip alsak onda aşakdaky deňlemäni alarys:

$$-\frac{4k}{d}(T_0 - T_s) + \rho v g i_0 = 0 \qquad (5)$$

Bu deňleme üçin koeffisiýent aşakdaky şerti ýerine ýetirimlelidir:

$$k = \frac{\rho v d g i_o}{4(T_o - T_s)} = \frac{gM \cdot i_o}{\pi d \cdot (T_o - T_s)} \qquad (6)$$

Transportirlenýän gurşawuň temperaturasy hemişelik bolýar we turbageçirijiniň ähli meýdanynda başlangyjy deň bolýar. Bu ýagdaýda turbageçirijiden gidýän ýylylyk gatlaklarynyň içki sürtülmesinden çykýan ýylylyk bilen kompensirlenýär. (4) formuladan transportirlenýän gurşawuň başlangyç T_o we soňky T_s temperaturanyň arabaglanşygy görkezýär. Eger bu formulada *x=L* (bu ýerde *L*-turbageçirijiniň uzynlygy) üçin aşakdaky formulany alarys:

$$\frac{T(x)-T_H-T_\otimes}{T_o-T_H-T_\otimes} exp\left(-\frac{\pi dkL}{C_v M}\right) \qquad (7)$$

Eger (7) formulada eksponentada saklanýan argumenti aňladyp alynan netijäni (4) formulada ýerine goýup temperaturanyň başlangyç we soňky bahalary arkaly temperaturanyň ýaýraýşy üçin aňlatmany alarys:

$$\frac{T(x)-T_H-T_\otimes}{T_0-T_H-T_\otimes} = \left(\frac{T_o-T_H-T_\otimes}{T_o-T_H-T_\otimes}\right) \quad x/L \qquad (8)$$

<u>Mysal 1.</u>

Çig nebitiň başlangyç temperaturasy 55 ^oC deň. Daşky gurşawyň temperaturasy 8 ^oC deň, turbageçirijiniň ýylylyk izolýasiýasy k = 2 $Wt/m^2\ ^0C$. Turbageçirijiniň soňky nokadynda nebitiň temperaturasyny tapmaly.

<u>Berlen:</u>

$\rho = 870\ kg/m^2$

$C_v = 2000\ J/kg°C$

$Q = 2500\ m^3/sag$

$d = 800\ mm$

$L = 120\ km$

$i_0 = 0.002$

$T = 55°C$

$T = 8°C$

$k = 2\ WT/m^{2°C}$

Çözülişi:

$$T_{\otimes} = \frac{gi_0 M}{\pi dk} = \frac{9.81 \cdot 0.002 \cdot 870 \cdot (2500/3600)}{3.14 \cdot 0.8 \cdot 2} \cong 2.36°C$$

Bu ýerde (7) formulany ýerine goýup aşakdaky deňlemäni alarys:

$$\frac{T_L - 8 - 2.36}{55 - 8 - 2.36} = exp\left(\frac{3.14 \cdot 0.8 \cdot 2 \cdot 120 \cdot 10^3}{2000 \cdot 870 \cdot (2500/3600)}\right)$$

Bu ýerde: $T_L \cong 37.5°C$

Mysal 2.

Ideal ýylylyk izolýasiýasy bilen nebitgeçirijiden nebit daşalanda içki sürtülme esesynda döreýän ýylylygyň hasabyna nebitiň temperaturasy nüçe gradusa çenli ýokary bolýar.

Berlen:

$c_v = 1950\ J/kg°C$

$L = 150\ km$

$d = 500\ mm$

$i_0 = 0.004$

$K = 0$

Çözülişi:

(7) formulany bu ýagdaýda ulanyp bolmaýar sebäbi $k = 0$ ((8) formulany ulanmak üçin k→0 predela geçmek zerurdyr) şonuň üçin (3) formulany ulanyp alarys:

$$\rho C_v \cdot V \cdot \frac{dT}{dx} \rho v g i_o$$

ýa-da

$$C_v \cdot \frac{dT}{dx} = gi_0$$

Bu ýerden:

$$\Delta T = \frac{g i_0 L}{C_v} = 9.81 \cdot 0.004 \cdot 150 \cdot 10^3/1950 \cong 3°\mathrm{C}$$

Mysal 3.

Eger turbageçirijiniň başynda başlangyç temperatura T_0 = 60 ^0C bolsa we daşky gurşawyň $T_{daş}$ = 8 ^0C onda 150 *km* meýdanly nebitgeçiriji boýunça x = 50. 100 we 125 *km* kesiklerinde nebitň temperaturasyny tapmaly.

Berlen:

$T_o = 60°\mathrm{C}$

$T_0 = 30°\mathrm{C}$

$T_{daşky} = 8°\mathrm{C}$

L = 150 *km*

X = 50, 100 we 125 *km*

Çözülişi:

(7) formulany peýdalanyp alarys:

$$\frac{T(x)-8}{60-8} = \left(\frac{30-8}{60-8}\right)^{x/L}$$

ýa-da

$$T(x) = 8 + 52 \cdot (0.4231)^{x/150}$$

Bu formulada yzygyderlilikde x=50. 100. 125 bahalary govup alarys:

$T = (50) \cong 47°\mathrm{C};$

$T = (100) \cong 37.3°\mathrm{C};$ $T = (125) \cong 33.4°\mathrm{C}$

Stasionar akym üçin gysylýan gurşawuň (mysal üçin gaz) ýylylyk akymynyň deňlemesi aşakdaky görnüşe geler:

$$\rho v S \frac{dJ}{dx} = \pi d \cdot q_n \qquad (9)$$

Umumy ýagdaýda J - gazyň entalpiýasy basyşa we temperatura bagly funksiýadyr, ýagny $J = J(p.T)$. Adaty gaz üçin (bu gaz Mendeleýew-Klaýperonyň kanunyna boýun egýär, ýagny $p = \rho RT$, bu ýerde R-gaz hemişeligi) entalpiýa bolup diňe temperatura bagly funksiýa görnüşinde çykyş edýär:

$I = C_v \cdot T + const\ bu\ ýerde\ C_v$ –hemişelik basyşda gazyň ýylylyksygymy $\left(C_p > C_v;\ C_p - C_v = R\right)$ Soňra $C_p const\ we\ q_n = -k\left(T - T_{baş}\right)$ diýip hasap etsek onda soňky deňlemäni aşakdaky görnüşe özgerderis:

$$C_p M \frac{dT}{dx} - \pi dk \cdot (T - T_b) \qquad (10)$$

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{\pi dk}{C_v M} \cdot (T - T_b) \qquad (11)$$

$T = (o) = T_0$- başlangyç şert bilen differensial deňlemäniň çözüwi şu aşakdaky ýalydyr:

$$\frac{T(x) - T_b}{T_0 - T_b} = exp\left(-\frac{\pi dk}{C_p M} x\right) \qquad (12)$$

Bu formula gysylmaýan suwukluk üçin temperaturanyň paýlanyşy üçin bolan (4) formula meňzeşdir.

(4) formuladan tapawudy C_v–ýylylyksygymynyň ýerine (8) formulanyň C_v ýylylyksygymy girýär we $T_{\otimes}$ -temperatura ýok bolýar. Bu halda içki sürtülmäniň ýylylygy hasaba alynmaýar (metan üçin $C_v \cong 2230$ (*kg/k*); $C_v \cong 1700$(*kg.k*)

$T_{daşky}$ - gazgeçirijiniň meýdanynynyň soňundaky temperatura aşakdaky formula bilen tapylýar:

$$\frac{T_L - T_b}{T_0 - T_b} = exs\left(-\frac{\pi dkL}{C_v M}\right) \qquad (13)$$

(12) paýlanyşy hasaba alyp başga bir görnüşde alarys:

$$\frac{T(x)-T_b}{T_0-T_b} = \left(\frac{T_L-T_b}{T_0-T_b}\right)^{x/L} \qquad (14)$$

Şeýle hem başlangyç we soňky temperaturasyny aňladyp bolýar. Real gaz üçin gurşawyň entalpiýasy diňe temperatura bagly bolman basyşa hem baglydyr, ýagny *J = J(P,T).* Şonuň üçin hem ýylylygyň akymynyň deňlemesi çylşyrymly görnüşe eýedir. *J(P,T)* baglylyk adatça Joul-Tomsonuň effekti ýaly düşündirilýär.

Turbageçirijilerde birölçegli akymyň matematiki modilirlenişi üçin doly deňlemeler ulgamy.

Doly ulgam şu aşakdaky deňlemelerden durýar:

1) Üznüksizlik deňlemesi:

$$\frac{\partial \rho S}{\partial t} + \frac{\partial \rho v s}{\partial \times} = 0$$

2) Hereket deňlemesi:

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + v\frac{\partial v}{\partial \times}\right) = -\frac{\partial p}{\partial \times} - \frac{4}{d}\tau_w - \rho g \sin\varphi(\times).$$

3) Mehaniki energiýanyň balanys deňlemesi:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\varphi_k \vartheta^2}{2}\right) + \vartheta * \frac{\partial}{\partial \times}\left(\frac{\varphi_k \vartheta^2}{2} + P(\rho) + gz\right) = vg*i.$$

4) Doly energiýanyň balans deňlemesi:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left[\left(\frac{\varphi_k v^2}{2}+l_{i\c{c}ki}\right)\rho s\right]+\frac{\partial}{\partial \times}\left[\left(\frac{\varphi_k v^2}{2}+I\right)\rho v s\right]=\pi d * q_n-\rho v\frac{d2}{d\times}.$$

Bu deňlemeler ulgamyna girýän näbelli funksiýalaryň sanyny hasaplalyň, olar 10-dyr: $\rho, v, p, s,\ l_{içki}, T, \tau_w, i, q_n, \varphi_k$. Ýöne deňlemeler 4 sanydyr. Şonuň üçin hem goşmaça gatnaşyklary deňlemeler ulgamyny ýapmalydyr.

Adatça ýapyk gatnaşyklar hökmünde ulanylýar:

- gurşawyň ýagdaý deňlemesi: $p=p(\rho,T)$ ol transportirlenýän gurşawyň häsiýetlerini aňladýar:
- turbageçirijiniň ýagdaý deňlemesi: $s = s(P,T)$, ol turbageçirijiniň deformirlenme ukybyny häsýetlendirýär;
- kalorimetriki baglylyk $l_{içki} = l\ (PT)$ ýa-da $I=I(PT)$
- baglylyk $q_n=-k(T-T_{baş})$ ýa-da ondan kem çylşyrymly baglylyk, transportirlenýäniň we daşky gurşawyň ýylylyk çalyşygygyny aňladýar;
- gidrawliki baglylyk $\tau_w\ (\rho, \upsilon, d, ...)$;
- baglylyk $\varphi_k=f(\rho,\upsilon,d,...)$ ýa-da $i=\tilde{f}(r\ \tau_w)$,transportirlenýän gurşawyň okynyň içki gurşawyny häsiýetlendirýär.

Ýapyk gatnaäyklary gurmak üçin düzgün boýunça diňe birölçegli prosesler bolman eýsem giňişlikleýin derňew etmek zernrdyr.

Mehanikanyň transportirlenýän gurşawyň şepbeşiklik, maýyşgaklyk, plastiklik we beýleki çylşyrymly häsiýetlerine relogiýa diýilýär (ol grek sözi bolup rheos-akym we logos - sözi, pikiri, kanunalaýyklygy aňladýar).

Turbageçirijide suwuklygyň we gazyň birölçegli akymynyň
çäklendirilen matematiki modeli

Bu bölümde turbageçirijide suwuklygyň ýa-da gazyň durnuklaşmadyk birölçegli akymynyň birnäçe belli modellerine seredilýär. Esasy ulanylýan deňleme hökmünde birölçegli akym üçin modelleri görkezmek bolar.

Turbageçirijide gowşak gysylýan suwuklygyň durnuklaşmadyk izotermiki akymynyň modeli.

Bu modeliň esasynda şu aşakdaky ýol bermeler ulanylýar:

1) Suwuklygyň dykyzlygynyň üýtgemesi $\Delta\rho$ özüniň nominal bahasyndan (ρ_o) has kiçi hasaplanylýar we şu aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$\Delta\rho = \rho_o/k(p-p_o)$$

Mysal üçin,eger ρ = 1000 kg/m^3, p-p_o =1,0 MPa (≈10 atm), k = 10^3 MPa bolsa, onda $\Delta\rho$ - dykyzlygynyň üýtgrmegi 1kg/m^3-e deňdir.

2) Turbageçirijiniň kese-kesiginiň meýdanynyň üýtgemegi ΔS, onuň S_o-nominal bahasyndan has kiçi, yagny:

$$\Delta S = \pi d_o/4Eg(p-p_o) \text{ ýa-da } \Delta S = S_o d_o/Eg(p-p_o)$$

Mysal üçin,eger d_o = 500 mm, S = 10 mm, ρ_o = 1000 kg/m^3,

p-p_o =1,0 MPa (≈ 10 atm), polat – E = $2{\cdot}10^5$ MPa, turbageçirijiniň diametriniň üýtgemegi Δd_o=0,06 mm, kese-kesiginiň meýdanyny ΔS ≈ 0,5 m^2-dan S_o ≈ 1960 m^2 çenli üýtgedýär.

3) Turbageçirijiniň diwaryna galtaşyjy sürtülme güýjenme (τ_ω) şu aşakdaky formula bilen hasaplanýar: $\tau_\omega = \lambda(Re,E)\cdot\rho\upsilon^2/S$. Bu ýerde λ - gidrawliki garşylyk bolup, ol Re = $\upsilon d_o/\upsilon$ we $E = \Delta/d_o$ parametrlere bglydyr. Ol stasionar akymdaky görnüşde alynýar (oňa kwazistasionarlyk gipotezasy diyilyar). Mysal üçin, eger λ = 0,02 m, υ = 1,5 m/c, ρ_o = 1000 kg/m^3, onda τ_ω = 5,6 Pa (≈ 0,00006 atm).

Birinji model deňleme- bu üznüksizlik deňlemesi

$$\frac{\partial \rho S}{\partial t}+\frac{\partial \rho \upsilon S}{\partial x}=0 \qquad (1)$$

Bu deňleme aşakdaky ýaly özgerdilýär:

$$\frac{\partial \rho S}{\partial t}=\rho\frac{\partial S}{\partial t}+S\frac{\partial \rho}{\partial t}\cong \rho_o\frac{dS}{dp}\frac{\partial p}{\partial t}+S_0\frac{dp}{dp}\frac{\partial p}{\partial t}=\left(\frac{\rho_0 S_0 d_0}{E\delta}+\frac{\rho_0 S_0}{K}\right)\cdot\frac{\partial p}{\partial t} \qquad (2)$$

$$\frac{\partial \rho S}{\partial x}\cong \rho_0 S_0\cdot\frac{\partial \upsilon}{\partial x}$$

Bu ýerden aşakdaky deňlemäni alarys:

$$\left(\frac{\rho_0}{K}+\frac{\rho_0 d_0}{E\delta}\right)\cdot\frac{\partial p}{\partial t}+\rho_0\frac{\partial \upsilon}{\partial x}=0 \qquad (3)$$

Bu ýerde ýaýdaky koeffisiyent tizligiň ters kwadraty ölçegliligine eýedir, şonuň üçin hem ol $1/c^2$ bilen belgilenýär. c alamat bolsa şu aşakdaky formula bilen hasaplanylýar:

$$c=\frac{1}{\sqrt{\dfrac{\rho_0}{K}+\dfrac{\rho_0 d_0}{E\delta}}} \quad (m/s) \qquad (4)$$

(4) formula turbageçirijide tolkunyň ýaýrama tizligi diýilýär ($c \approx 1000$ m/s)

Mysal üçin, eger ρ_o = 1000 kg/m^3, K = 10 Pa, d_o = 500 mm, C = 100 mm, $E = 2\cdot 10^{11}$ Pa bolsa, onda:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{10^3}{10^9} + \frac{10^3 \cdot 0{,}5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0{,}01}}} \cong 895(m/s) \qquad (5)$$

Girizilen belgilemäni hasaba alyp, modeliň birinji deňlemesi aşakdaky gönüşe geler:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \rho_0 c^2 \cdot \frac{\partial \upsilon}{\partial x} = 0 \qquad (6)$$

Modeliň ikinji deňlemesi hereketiň deňlemesi bilen aňladylýar:

$$\rho\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial t} + \upsilon \frac{\partial \upsilon}{\partial x}\right) = -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{4}{d}\tau_\omega - \rho g \cdot Sin\alpha(x) \qquad (7)$$

Aşakdaky görnüşde ýönekeýleşdirilen:

$$\frac{\partial \rho\upsilon}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(p + \rho\upsilon^2\right) - \lambda \frac{1}{d}\frac{\rho\upsilon^2}{2} - \rho g \cdot Sin\alpha(x) \quad (8)$$

Has takyk alanymyzda:

$$\frac{\partial \rho\upsilon}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(p + \rho\upsilon^2\right) - \lambda \frac{1}{d}\frac{\rho\upsilon|\upsilon|}{2} - \rho g \cdot Sin\alpha(x) \quad (9)$$

Ýolbermeleriň hasabyna bu deňlemäni ýönekeyleşdirip alarys:

$$\frac{\partial \rho\upsilon}{\partial t} \cong \rho_0 \frac{\partial \upsilon}{\partial t} \qquad (10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(p+\rho\upsilon^2\right)\cong\frac{\partial p}{\partial x}$$

Soňky bahalandyrmany barlamak kyn däl, ýagny $\Delta(\rho v^2) \ll \Delta p$. Hakykatdan hem, eger $\rho \approx 1000$ *kg/m*^{3} we $\upsilon = 1 \div 2$ *m/s* bolsa, onda $\Delta\rho\upsilon^2 \leq$ 4000 *Pa* ýa-da $\leq$ 0,04 *atm*. bolar, şol bir wagtda Δp bilen atmosfera ölçenilýär ýa-da onlarça atmosfera ölçenýär. Hereketiniň deňlemesiniň bahalanmasyny hasaba almak bilen aşakdaky gönüşe geleris:

$$\rho_0\frac{\partial\upsilon}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}=-\lambda(\mathrm{Re},\varepsilon)\cdot\frac{1}{d}\frac{\rho\upsilon|\upsilon|}{2}-\rho_0 g\cdot Sin\alpha(x) \quad (11)$$

(11) deňlemäni modeliň **ikinji deňlemesi** diyilyär.

Şeýlelikde gowşak gysylýan suwuklygyň matematiki modeli iki sany differensial deňlemeler ulgamyndan durýar:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial p}{\partial t}+\rho_0 c^2\cdot\dfrac{\partial\upsilon}{\partial x}=0 \\ \rho_0\dfrac{\partial\upsilon}{\partial t}+\dfrac{\partial p}{\partial x}=-\lambda(\mathrm{Re},\varepsilon)\cdot\dfrac{1}{d}\dfrac{\rho\upsilon|\upsilon|}{2}-\rho_0 g\cdot Sin\alpha(x)\end{cases} \quad (12)$$

(12) deňlemedeler ulgamy x - koordinatalara we t - wagta bagly $p(x,t)$ fuňksiýany kesgitlemek üçin niýetlenendir.

(12) differensial deňlemeler ulgamy çözüwi üçin başlangyç we gyra şertlerini talap edýär.

Birikdirilen massa

Kwazisistasionarlyk gipotezasy τ_ω galtaşyjy güýjenmä laýyklykda turbanyň içki üstüne görä alýarys: $\tau_\omega = \lambda(Re,E)\cdot\rho_o \upsilon(\upsilon)/8$, bu bolsa hususy halda $v(x,t)$- akymynyň ortaça tizliginiň bahasyna bagly, wagta we koordinata görä önüme bagly däldir. Onda aşakdaky deňlemäni alarys:

$$\frac{4}{d}\tau_\omega \cdot \upsilon S = \rho_0 g \upsilon S \cdot i_0 + \rho_0 S \frac{d}{dt}\left[(\overline{\alpha}_k - 1)\frac{\upsilon^2}{2}\right] \quad (13)$$

(13) deňlemäni sürtülme güýjüniň ($4\tau_\omega \upsilon S/d$) işiniň özgermesini aňladýar, birölçegli akym üçin daşky hökmünde kinetik energiýa $\rho_0 S \frac{d}{dt}\left[(\overline{\alpha}_k - 1)\frac{\upsilon^2}{2}\right]$, suwuklygyň bölekleriň galtaşmaklarynyň içki hereketiniň massasynyň merkezine bolan galtaşygy boýunça we $\rho_o gS(\upsilon i_o)$- ýylylykda suwuklukda suwuklugyň gatlagynyň biri-birine bolan içki sürtülme güýjüniň işiniň hasabyna alynýar. α_k – koeffisiýentiniň bahasy laminar akym üçin 4/3-den üýtgäp, turbulent akym üçin 1,02 ÷ 1,05 çenli aralykda üýtgedýär. Eger α_k koeffisiýentiň orta bahasy hökmünde kabul edilse, onda (13) deňlemeden şu aşakdaky deňlemäni alyarys:

$$\frac{4}{d}\tau_\omega = \rho_0(\overline{\alpha}_k - 1)\cdot\frac{d\upsilon}{dt} + \rho_0 g \cdot i_0 \quad (14)$$

(14) deňleme τ_ω - galaşyjy güýjenmäniň öz düzüminde $\rho_o(\tau_\omega\text{-}1)d\upsilon/dt$ agzany saklanýandygyny, özem bölejikleriň tizlenmesine proporsionaldygyny aňladýar. Bu goşulyjynyň fiziki manysy goşmaça $\rho_o(\tau_\omega\text{-}1)\upsilon$ güýjüniň yüze çykmagyna getiryär, yagny ol akymynyň içki gurluşyny üytgedyär. Bu bolsa, mehaniki ener-giýanyň şepeşiklik sürtülme $(\rho_o g i_o)$ güýjüniň işiniň hasabyna mehaniki energiýa ýylylyga geçirilyär. Görnüşi ýaly ol nula deňdir. (14) deňlemäni (7) deňlemede goyup alyarys:

$$\rho_0\frac{\partial\upsilon}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \rho_0(\overline{\alpha}_k - 1)\frac{d\upsilon}{dt} - \rho_0 g i_0 - \rho_0 g Sin\alpha(x) \quad (15)$$

ýa-da

$$\bar{\alpha}_k \rho_0 \frac{d\upsilon}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \lambda(\mathrm{Re}, \varepsilon) \cdot \frac{1}{d} \frac{\rho_0 \upsilon |\upsilon|}{2} - \rho_0 g \cdot Sin\alpha(x) \quad (16)$$

(16) deňleme (7) deňlemeden çep tarapyndaky ρ_o-dykyzlygyň α_k köpeldijä köpeldilmegi bilen tapawutlanyan. $\rho_o(\alpha_k -1)$- ululuga suwuklygyň birikdirilen massasy diyilyar. Şeylelikde, suwuklygyň intersion häsiyeti stasionar prosesde dykyzlygynyň bahasynyň üytgemegine getiryär.

Turbulent akym (α_k = 1,03) üçin bu üytgeme uly däldir, laminar akym (α_k = 4/3) üçin bu üytgeme yeterlikli ulydyr.

Gazgeçirijide gazyň dunuklaşmadyk akymynyň modeli.

Bu modeliniň şu aşakdaky yol bermeler yatyr.

-Transportirlenyän gurşaw (gaz) gysylyan bolmaly, yagny $\rho = \rho(P,T)$;

-Gazgeçirijini kesigiň ΔS meydanynyň üygemegini S_o-meydany bilen deňeşdirilmeli: $S \approx S_o = \pi d_o^2/4$ = const;

Gazyň içki errgiyasy $e^{içki} = C_v\, T$+const.

Başlangyç deňleme aşakdaky görnüşe eyedir:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \rho}{\partial t} + \dfrac{\partial \rho \upsilon}{\partial t} = 0 \\ \dfrac{\partial \rho \upsilon}{\partial t} + \dfrac{\partial}{\partial x}\left(p + \rho \upsilon^2\right) = \dfrac{4}{d_0} - \rho g \cdot Sin\alpha \\ \qquad (17) \\ \rho\left(\dfrac{\partial e^{icki}}{\partial t} + \upsilon \dfrac{\partial e^{icki}}{\partial x}\right) = \dfrac{4q_n}{d_0} - p\dfrac{\partial \upsilon}{\partial x} - \rho \cdot n^{icki} \end{cases}$$

(17) ulgamyň birinji deňlemesi akymyň üznüksizlik deňlemesi, turbageçirijiniň her bir kesiginde gazyň massasynyň saklanmak kanunyna boyun bolyar.

(17) ulgamyň ikinji deňlemesi Nyutonyň kanuny esasynda gazyň hereketiniň deňlemesi (17) ulgamyň üçinji deňlemesi transpotirlenyän gurşawyň mehaniki energiyanyň üytgemegi we akymynyň doly yylylyk akymynyň deňlemesini düzýär. (17) deňlemeler ulgamyny şu aşakdaky çäklendiriji gatnaşyklar bilen bilen dolduryp bolyar:

$$\tau_{\omega} = \frac{\lambda(\mathrm{Re},\varepsilon)}{8}, \qquad n^{icki} = -\lambda(\mathrm{Re},\varepsilon)\cdot\frac{1}{d_0}\frac{\rho_0 \upsilon^2}{2}$$

$$\rho = \frac{p}{Z(p,T)\cdot RT}, \qquad e^{icki}(T) = C_v T + const, \qquad q_n = -k(T - T_h) \quad (18)$$

Şeýlelikde $\lambda(Re,\varepsilon)$ we $Z(P,T)$-öz argumentleriniň funksiýa ýaly bellidir, onda (17) deňlemeler ulgamy hususy önümli üç sany differensial deňlemelerden düzülip $P(x,t)$, $\upsilon(x,t)$ we $T(x,t)$ fuňksionallary tapmak üçin niýetlenendir.

Turbageçirijide gowşak gysylýan suwuklygyň durnuklaşmadyk akymy

Bu bölumde turbageçijide gowşak gysylýan suwuklygyň durnuklaşmadyk akymyna seredilýar.Hasaplama üçin esasy deňlemeler aşakdaky deňlemeler ulgamyndan peýdalanylýar.

$$\begin{cases} \dfrac{\partial P}{\partial t} + \rho_0\, c^2 * \dfrac{\partial v}{\partial x} = 0 \\ \rho_0 \dfrac{\partial v}{\partial t} + \dfrac{\partial p}{\partial x} = -\lambda(Re,\varepsilon)\,\dfrac{1}{d_o}\dfrac{\rho_0\, v|v|}{2} - \rho_0\, g \sin(x). \end{cases} \qquad (1)$$

Tolkun deňlemesi.

Ilkinji nobatda gorizontal turbageçirijide gowşak gysylýan durnuklaşmadyk akym uçin seredeliň.   , şeýle hem sürtülme güýjüni hasaba almak bilen wagtlaýyn agzalar göz öňüne tutulýar. Bu ýol berme gysga turbageçirijiler we şepbeşikligi uly bolmadyk suwukluklar üçin ýerine ýetirilýär. 1-deňlemeler ulgamy aşakdaky görnüşe geler.

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial t} + \rho_0\, e^2\, \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \\ \rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad \text{ýa-da} \quad \begin{cases} \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_0 c^2} * \frac{\partial P}{\partial t} \\ \frac{\partial V}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} * \frac{\partial P}{\partial x} \end{cases} \qquad (2)$$

2 –nji sistemanyň 1-nji deňlemesini *t* boýunça differensirläp, 2-nji deňlemesini *x* boýunça differensirläp we $V^1_{x,t} = V^1_{t,x}$ bolýandygyny hasaba alyp *p(x,t)* funksiýany kesgitlemek üçin deňlemäni alarys.

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \qquad (3)$$

Bu deňlemä ***tolkun deňlemesi*** diýilýär. Bu deňleme tolkunuň ýaýraýşyny fizikanyň dürli ýaýlasynda ulanylýar. Edil şonuň ýaly deňlemäni v(x,t) suwuklygyň tizligi üçin hem alyp bolýar.

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = c^2 \quad \frac{\partial V}{\partial x^2} \qquad (4)$$

(3)-nji we (4)-nji deňlemeleriň her biri özgezeginde hususy önümli deňlemäni aňladýar we iki sany erkin funkisiýa bilen kesgitlenýän umumy çözüwe eýedir.

Mysal üçin :

$$P\,(x,t) = f_1\,(x-ct) + f_2\,(x+ct) \qquad (5)$$

Bu fukisýalaryň birinjisi diňe bir $\xi = x-ct$ argumente baglydyr, ikinjisi bolsa $\xi = x+ct$ argumente baglydyr.

(5)-nji deňligiň (3)-nji deňlemäniň çözüwidigini görkezeliň.Alarys:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -cf'_{1\xi} + c\, f'_{2\eta}$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 f''_{1\xi\xi} + c^2 f''_{2\eta\eta} = c^2 \left(f''_{1\xi\xi} + f''_{2\eta\eta} \right) \qquad (6)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = f'_{1\xi} + f'_{2\eta} : \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = f''_{1\xi\xi} + f''_{2\eta\eta}$$

$$c^2 \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 P}{\partial t^2}$$

Şeýlelikde, (5) formula (3) deňlemäniň f_1 we f_2 funkisýalaryň islendik görnüşinde çözüwi bolýar.

$f_1(x- ct)$ funksiýa öz gezeginde x - okuň polajitel ugry boýunça akýan tolkuny aňladýar. $f_2(x+ct)$ bolsa bu okuň otrisatel tarapyna ugrukdyrylýan tolkunuň funksiýany aňladýar. Iki tolkunuň hem ýaýrama tizliginiň ululygy (şeýle hem kesgitli f_1 ýa-da f_2 funkisýalaryň kesgitli bahasynyň ýaýrama tizligi) birmeňzeş we c–deňdir. f_1 we f_2 funkisýalaryň her biriniň görnüşi turbageçirijide tizligiň we basyşyň paýlanşyny başlangyç şertlerini kesgitleýär, şeýle-de $p(x,0)$ we $\upsilon(x,0)$ ululuklary, gyra şertleri kesgitleýär.

$\upsilon(x,t)$ suwuklugyň tizligi aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$\upsilon(x,t) = g_1(x-ct)+ g_2(x+ct).$

Bu formula girýän $g_1(ş)$ we $g_2(\eta)$ funkisýalar $f_1(s)$ we $f_2(0)$ funkisýalary arkaly aňladylýar. Onda (2) deňlemeler aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\begin{cases} g'_{1\xi} + g'_{2\eta} = \dfrac{1}{\rho_0 c}\left[f'_{1\xi} - f'_{2\eta} \right] \\ -c\cdot g'_{1\xi} + c\cdot g'_{2\eta} = -\dfrac{1}{\rho_0} f'_{1\xi} + \left[f'_{2\eta} \right] \end{cases} \quad \text{ýa-da} \quad \begin{cases} \rho_0 c g'_{1\xi} = f'_{2\eta} \\ \rho_0 c g'_{2\eta} = - f'_{2\eta} \end{cases} \qquad (7)$$

Birinji deňlemäni ş boýunça integrirläp, ikinjini bolsa boýunça integrirläp, g_1 we f_1 funkisiýalaryň ş-den we g_2 we f_2 funkisiýalaryň 0- dan baglylygyny göz öňünde tutup, alarys:

$$\begin{cases} \rho_o c g_1 = f_1 + \text{const}\,. \\ \rho_o c g_2 = f_2 + \text{const}\,. \end{cases} \qquad (8)$$

Bu ýerden

$$\rho_0 c\cdot \upsilon(x,t) = f_1(x-ct) - f_2(x+ct) = \text{const}. \qquad (9)$$

(5)-nji we (9)-njy formulalaryň kömegi bilen dürli meseleri çözüp bolýar. Olaryň käbirlerine seredeliň.

Tükeniksiz turbageçirijide tolkunuň ýaýraýşy.

Turbageçirijä tükeniksiz diýilýär,eger ol x okunuň ugry boýunça -∞-den +∞-e çenli gidýän ýagdaýynda aýdylýar.Ol bolsa real turbageçirjiniň modelidir. Turbageçirjiniň uzynlygy ýeterlikli uly we çetki efektlerden garap bolýar,şeýle hem sürtülme güýji hem ýok diýip hasap edeliň.(5)-nji we (9)-njy deňlikleri goşup we aýyryp aşakdaky deňligi alarys:

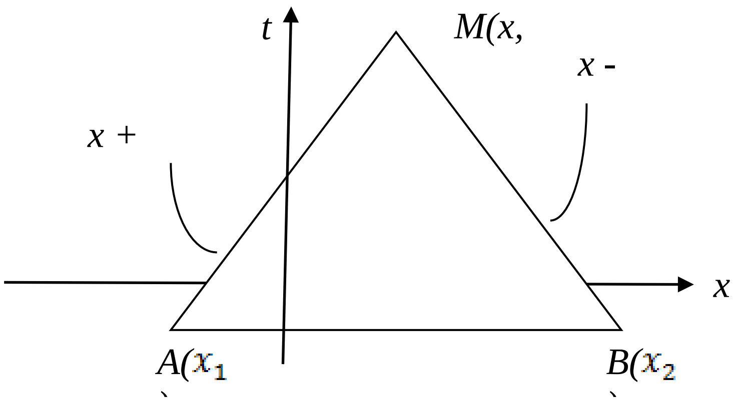
$$\begin{cases} p+\rho_0 c\cdot\upsilon = 2\cdot f_1(x-ct)+\text{const}. \\ p-\rho_0 c\cdot\upsilon = 2\cdot f_2(x+ct)+\text{const}. \end{cases} \qquad (10)$$

Bu ýerden görnüşi ýaly *(x - ct)* hemişelik galar. Şeýlelikde aňlatma hem hemişelik däldir.

Tekizligiň ähli nokady üçin *(x + ct)* hemiselik şeyle hem $I_2 = p - \rho_o c\cdot\upsilon$ (surat 20) hemiselikdir.

$x - ct$ = const goni we $x + ct$ = const gonilere tolkun denlemesiniň häsiyetlendirijileri diyilyär. $I_1 = p(x,t) + \rho_0\ c{*}v\,(x,t)$ we $I_2 = p(x,t) - \rho_0 c\ v\ (x,t)$ ulululuklara Rimanyň inwarianty diyilyär. Şeylelikde, $x - ct$ = const häsiyetlendirijide $dx|dt$ =+c polazitel yapgytlyga eyedir. Rimany birinji I_1-inwariantlygy diyilyär. Her bir häsiyetlendirijide $x + ct$ = const bolsa $dx|dt$ = -c otrisatel yapgytlyga eýe bolup I -Rimanyn birinji in-wariantlygy alynyar.

Çyzykda $x = ct$ + const : $I_1 = p + \rho_0\, c \cdot v$ = const çyzykda $x_2 - ct$ + const: $\rho_0 cv$ = const



$t=0$: $p=p(x,0)$, $v=v(x,t)$

Surat 20. (x, t) tekizliginde häsiyetlendiriji.

Mesele. Goý wagtyň t=0 baslangyç pursatynda (-∞<x<ž) tükeniksiz turbageçirijide $p((x,0)=\Pi(x)$ basysyn yayraysy belli we $V(x,0)=\Phi(x)$ suwuklygyň tizligi bellidir. $t > 0$ bolanda turbagecirijide nähili hereketiň yüze çykýandygyny kesgitlemeli, şeyle hem $p(x,t)$ we $\upsilon(x, t)$ funkisyalary (3) we (4) denlemeleri we $p(x,0) = \Pi(x)$ we $\upsilon(x,0) = \Phi(x)$ baslangyç şerti kanagatlandyryan funkisyalary tapmaly.

Çözüwi 20-nji suratdaky (x,t) uytgeyanlerin tekizligine seredeliň.Goý $M(x,t)$ – bu tekizligin erkin nokady bolsun.($t > 0$)

$M(x,t)$ nokatdan gönileri geçiriliş (hasiyetlendirijiler) MA: $x\text{-}ct = x_1$ we MB: $x+ct = x$ şeyle hem $x\text{-}ct = x_1$ hasiyetlendirijide Rimanyn I_1 birinji iniwaryanty hemişelik,onda aşakdaky görnüşde yazyp bolyar:

$$P_m(x,t)+\rho_0 c^*Vm(x,t)=Pa(x_1,0)+\rho_0 c\cdot Vm(x_1,0). \qquad (11)$$

$X + ct = x_2$ hasiyetlendiriji I_2 Rimanyn ikinji inwaryanty hem hemişelikdir:

$$P_m(x,t)-\rho_0 c\cdot Vm(x,t)=p_a(x_2,0)-\rho_0 c\cdot V_a\,(x_2,0). \qquad (12)$$

Alnan deňlemelerden Pm(x,t) we Vm(x,t) bahalary tapyp alarys.

$$\begin{cases} P_m(x,t)=\dfrac{P(x_1,0)+P(x_2,0)}{2}+\rho_0 c^*\dfrac{V(x_1,0)-V(x_2,0)}{2} \\ V_m(x,t)=\dfrac{P(x_1,0)-P(x_2,0)}{2\rho_0 c}+\dfrac{V(x_1,0)+V(x_2,0)}{2} \end{cases} \qquad (13)$$

ýa-da

$$\begin{cases} P_m(x,t)=\dfrac{\Pi(x_1)+\Pi(x_2)}{2}+\rho_0 c^*\dfrac{\Phi(x_1)-\Phi(x_2)}{2} \\ V_m(x,t)=\dfrac{\Pi(x_1)-\Pi(x_2)}{2\rho_0 c}+\dfrac{\Phi(x_1)+\Phi(x_2)}{2} \end{cases} \qquad (14)$$

x_1 we x_2 bahalary goýup goýulan meselani asakdaky görnüşde alarys.

$$\begin{cases} P(x,t)=\dfrac{\Pi(x-ct)+\Pi(x+ct)}{2}+\rho_0 c^*\,\dfrac{\Phi(x-ct)-\Phi(x+ct)}{2} \\ V_m(x,t)=\dfrac{\Pi(x-ct)-\Pi(x+ct)}{2\rho_0 c}+\dfrac{\Phi(x-ct)+\Phi(x+ct)}{2} \end{cases} \qquad (15)$$

П(x) we *Ф(x)* funksiyalar belliligi üçin meselaniň çözüwi dolulygyny tapyldy. (15) denlige Dalamberin formulasy diyilyar.

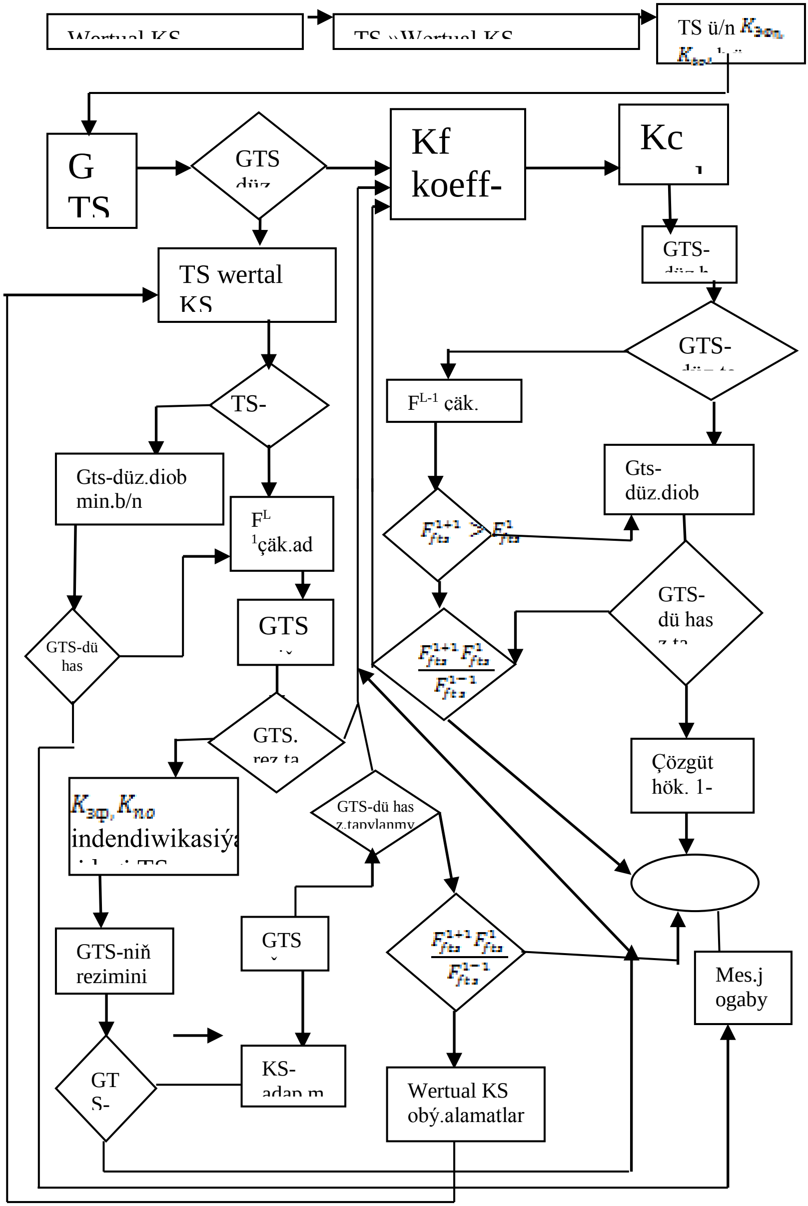
Gaztransport ulgamy.

Modelirlenyan gaz transport ulgamynyň klassifikasiasy şu gaz transport ulgamynyň klasyfikasyýasy şu aşakdaky ýaly aňladylýar: şöhleli gaz geçiriji (ŞG), Magistral gazgeçiriji (MG),magistral gazgeçiriji ulgamy (MGU), gazatransport ulgamy (GTS) GTS-ň paylanşynyň adaptasiýasynyň meselesine seredeliň.Gaztransport sistemasy özünde birnaçe turbageçirijileriň ulgamyndan düzülip öz aralarynda kompressor sehlardan düzülendir.

Meseläniň goýluşy:

1.Aşakdakylary hasaplamak üçin GTS berilyär:

Hasaplama:



Surat 5.15. GTS modeliniň adaptasiýa hasaby.

-hasap çyzgydy,obyektleriň parametri,

-*Yi,j* - gaz akymynyň gyra parametrleriniň bahasy ,

GTS modeliniň adaptasiýasynyň gaz akymynyň parametiriniň bahalary berlen, olar GTS hasap modeline gatnaşmaýarlar.

$P_{i,j}$ (i€m_p),$T_{i,j}$ (i€m_j) –GTS-ň çetlerinde basyş we tempratura $\varphi_{i,j}$ (i€mj)- gazyň harçlanmasy.

3. $P_{i,j}$, $T_{i,j}$, $\varphi_{i,j}$ hasap parametirleriniň düzümi kesgitlenen.

4. GTS-ň esasy obýekiti bolup TS we KS çykyş edýär,bu halda $k^{ts}_{kэф}$ we k^{ts}_{kmo} -turbageçiriji üçin düzedijileriň tapmaly.

Birinji etap.

Bu etapda moderirlenýän GTS sihemasynyň grafiginiň özgerdilmesi ýerine ýetirilýär.Onuň aşakdaky parametirleri hasaplaýarys:

$$\Delta p^{ks} = p^{*ks}_{çykyş} - p^{*ks}_{giriş}$$

$$\Delta T^{*ks} = T^{*ks}_{çyk} - T^{*ks}_{giriş} \qquad (16).$$

$$\Delta q^{ks} = \varphi^{ks}_{çykyş} - \varphi^{ks}_{giriş}$$

KS üçin GPA-elektrogeçiriji üçin $\Delta q^{ks} = 0$ diýeliň Netijede „wirtual ks obýekitleriň dugasyny hasaba alyp turbageçirji sistemany alarys.Şeýle hem iki sany gazy daşamagyň iki sany hasap modelini alarys:

-GTS KS bilen,GPA –real hasap shemasy,

-„wirtual ks bilen TS shemasynyň ýönekeýleşdirilen hasap shemasy.

Ikinji etap. Bu etapda TSr –turbageçiriji bölek sistemany beleýäris:

Her bir bu hili bölek sistema idendifikasiýanyň hususy parametirlerini berip bolýar.

Sdentifikasiýanyň başlangyç bahalaryny bereliň :

$k^{TS}_{r,Kef}$=1 we $k^{TS}_{r,Kmo}$=1.

Üçünji etap. Bu etapda aşakdakylar ýerine ýetirilýär:

a) GTS-ň hasap kadasy.

b) $K_{ef,r,}$ $K_{mo,r}$-kofisiýentleri bilen k^{TS}_{rkef} , k^{TS}_{rKef} düzediji identifikasyýa hasaba alynýar.

(17) meseläni çözmek usuly bize belli.Bu ýagdaýda GTS madeliň stasionar, kwazistasionar, stasionar däl kadalary ulanylýar. TS adaptasiýasy çözülenden soňra $P_{i,j}$, $\varphi_{i,j}$ –basyş we harçlanmanyň modeliniň adaptasiýa parametirleriniň bahalary alynýar.

Eger F^{i+1}_{GTS}> F^{1}_{GTS} bolsa, sazlaýjy g parametiriň hasabyny ulanýarys:

K^{L+1}_{rkef} =k^{l}_{rKof} +g•Δ k^{l+1}_{rkef}

k^{l+1}_{rKmo}= k^{l}_{rKmo} +g•Δ k^{l+1}_{rKmo}

Eger F^{l+1}_{GTS} < F^{l}_{GTS} bolsa, onda adaptasiva prosesini[tamamlama şertini barlaýarys: $\left|\frac{F^{l+1}_{GTS}-F^{l}_{GTS}}{F^{l+1}_{GTS}}\right|$ <ε_f.

Eger şert ýerine ýetse,onda meseläniň çözüwini tamamlarys.

Dördünji etap. Bu etapda $F_{\Delta q}=\min\limits_{k^{ts}_{rKef}}$ (ε|φ_{ts}|)

Jemleýji disbalansy hasaplaýarys. Şeýlelikde GTS madeliniň prossedurasy gazgeçirijiniň stasionar, kwazistasionar we stasionar däl kada bolup bilýär…

Maýyşgak deformirlenýän turbageçirijiniň modeli.

Turbageçirilide suwuklygyň we gazyň hereketiniň prosessiniň çyzgydynda turbageçirijiniň modeli ulanylýar.

Turbageçirijiniň ýönekeý modeli-bu deformirlenmeýän turbanyň modelidir, şeýle hem d_0 –üýtgemeýän içki hemişelik diametri we diwaryň δ hemişelik galyňlygy bilen silindr degişlidir.

Daşky diametri $D = d+2\delta$ hem hemişelikligine galýar. Deformirlenmeýän turbageçirijiniň modeli nebiti we gazy transportirlemekde tehnologiki prosesleriň köplügini öwrenmekde peýdaly bolup durýar. Deformirlenmeýän turbanyň modeli gidrawliki ugry ýagdaýy öwrenilende hakykatda bolup geçýän ýagdaýlar üçin ýeterlikli däldir, şonuň üçin hem çylşyrymly model bolan maýyşgak deformirlenýän turbageçirijiniň modeli ulanylýar.

Tejribede görnüşi ýaly turbageçirijiniň içki göwrümi hasaba alynmaýar, ýöne ol temperaturanyň üýtgemeginde we transportirlenýän gurşawyň basyşyň üýtgemeginde alynýar.

Turbageçirijiniň T temperaturasyndan T_0 nominal temperatura görä guşarmasynda göwrümleýin giňelmäniň hasaba alynmagy üçin aşakdaky formulany ulanyp bolýar:

$$V(T)=V_0\,[1-\alpha(T_0-T)] \qquad (1)$$

Bu ýerde:

α- metalyň göwrümleýin giňelme koeffisiýenti ($\alpha \approx 3{,}3\cdot10^{-5}$ $1/K$).

Mysal:

$D = 530$ mm, $\delta = 8$ mm, $L = 120$ km bolan polat turbageçirijiniň içki göwrüminiň 5 k çenli deňölçegli sowadylanda üýtgeýşini görkezmeli.

Hasaby:

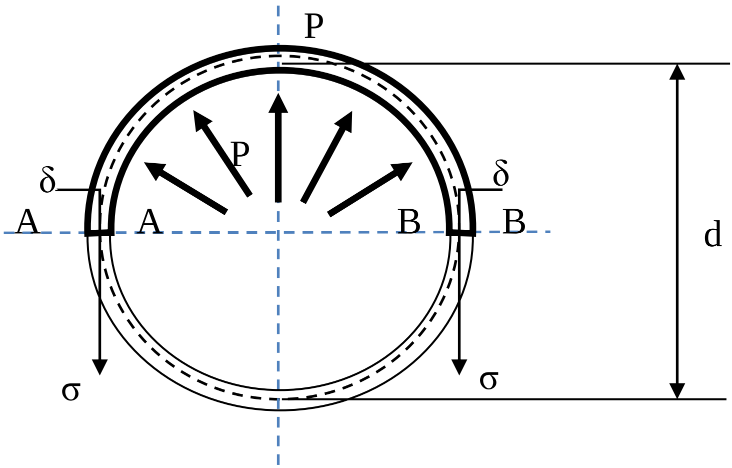
(1) formulany ulanyp alarys:

$$V(T)\text{-}V0=\text{-}V0*\alpha\ (T\text{-}T0) = -(3{,}14\cdot 0{,}514\ 2/4)\cdot 120000 - 4{,}11.$$

Diýmek, göwrüm 4 m^3 golaý kemelýär.

Turbageçirijiniň içki göwrüminiň üýtgemegine içki we daşky basyşyň tapawudy täsir edýär. Bu bolup geçýän üýtgeşmäniň hasaby üçin ýönekeý formulany beýik alym N.Ý.Źukowskiý özüniň meşhur işi bolan Suwgeçiriji turbada gidrawliki ugry barada˝(1899 ý) atly işinde getirýär.

1-nji suratda onuň alan netijesi getirilýär.



Surat-1. Maýyşgak deformirlenýän turbageçirijiniň kese-kesiginiň meýdanynyň üýtgemegi üçin formulanyň getirilip çykarylyşy.

1-nji suratdaky bellenen goýy çyzyk bilen turbanyň ýokarky böleginiň deňlemesi (P-P_0) basyşlaryň tapawudynyň täsiri astynda we σ-daşky güýjenmeleriň täsiri astynda turbanyň metalynda üýze çykyşy aşaky görnüşe eýedir:

$$(P\text{-}P_0)*d=\sigma*2\delta \qquad (2)$$

Başka bir tarapdan Gukyň maýyşgaklyk kanuny deformirlenen ortaça süýüme ulanarly bolup (1-nji suratda punktir çyzgy bilen) aşaky gatnaşygy berýär:

$$\sigma = \frac{\pi * (d - d_0)}{\pi * d_0} \qquad (3)$$

bu ýerde:

E – turbanyň materialynyň ýagny moduly (polat üçin E ≈ $2 \cdot 10^5$ *MPa*)

(3) formuladan σ - ny (2) formulada goýup we *d* - ni d_0 koeffisiýent bilen çalşyryp $\Delta d = d - d_0$ artdyrma üçin formulany alarys, özem $(P-P_0)$ - içki we daşky basyşyň tapawudyna baglydyr:

$$\Delta d \frac{d_0^2}{2E\delta} * (P - P_0) \qquad (4)$$

Bu ýerde: d_0-turbanyň içki diametri.

(4)-nji formuladan hususy haldaky iki formulany , birinjisi ΔS-turbanyň kese- kesiginiň meýdanynyň artdyrmasy üçin, beýlekisi bolsa ΔV turbageçirijiniň L-uzynlygy bilen artdyrmany hasaplamagy berýär:

$$\Delta S = \frac{\pi d_0^3}{4E\delta} * (P-P_0), \quad \Delta V = \frac{\pi d_0^3 L}{4E\delta} * (P-P_0) \qquad (5)$$

<u>Mysal:</u>

Polat turbageçirijiniň onda basyşy 5.0 *MPa* artdyrylanda meýdanynyň göwrüminiň we diametriniň ulalmagyny hasaplamaly.

D=530 *mm*, δ=8 *m*, *L*=120 *km.*

<u>Hasaby:</u>

$$\Delta d = \frac{0.514^2}{2*2*10^{11}*0.008} * 5 * 10^6 \cong 0.0004m \approx 0.4mm$$

(5)-nji formulanyň ikinji formulasyny peýdalanyp alarys:

$$\Delta V = \frac{3.14*0.514^3 120000}{4*2*10^{11}*0.008} * 5 * 10^6 \cong 40m^3.$$

P_0 we T_0 nominal bahalardan temperaturanyň we basyşyň gyşarmasy birwagtda ulanyp bolar:

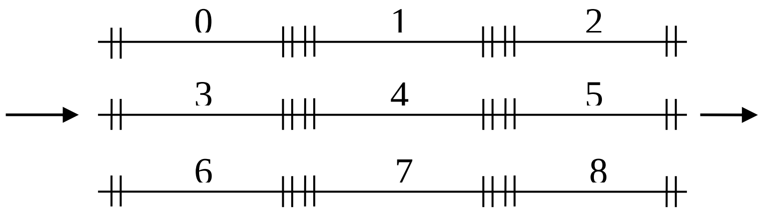
$$V(T)=V_0\left[1+\alpha*(T-T_0)+\frac{d_0}{E\delta}(P-P_0)\right] \quad (6)$$

Şeýle hem turbageçirijileriň çylşyrymly modeli hem bar, ýagny onda turbanyň materialynyň şepbeşik-plastiklik häsiýeti hasaba alynýar.

Bu hili modeller sintetiki materiallardan ýasalan turbageçirijide (mysal üçin, plastmassadan) prosesleri ulanmak üçin ulanylýar.

Akymyň dinamiki parametrlerini derňemek usuly bilen çat açylmagy we gazyň uçup ditmegini anyklamak.

Gazyň ygtyýarly transportyny üpjün etmek üçin iň bir aktual meseleleriň biri bolup turbageçirijileriň dykyylmagy, gazyň uçmagy, turbanyň çat açmagy bolup durýar. Bu meseläni çözmek üçin birnäçe usullar teklip edilýär. Şolaryň birine seredip geçeliň. Bu usulda zaýalanan meýdanyň soňunda basyşyň gradiýentiniň üýtgemegini derňemek esasynda geçirilýär. Gradiýentiniň ululygyny kesgitlemek üçin her bir meýdanyň soňunda basyşyň gaçmaga datçigini ýerleşdirip basyşyň gradiýentiniň ululygyny kesgitlemek üçin ulanylýar.



||-basyşyň datçikler jübütiniň ýerleşýän ýeri.

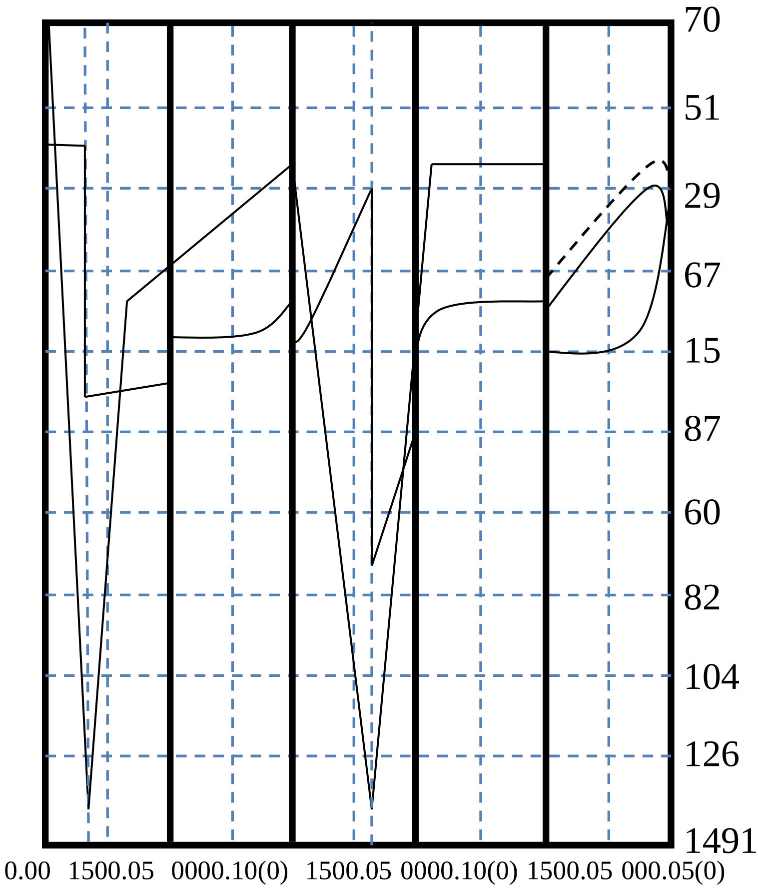
Surat 2.Gazyň transportynyň tapalogiýasynyň meýdany.

Gazyň transportynyň nominal režiminde basyşyň gradiýenti boýunça, ýagny ol 10 *km*-e 0,1 *MPa* düzýär.

Turbageçirijiniň seredilýän meýdanynda çatlama çüze çykan ýagdaýynda basyşyň paýlanyşy kranly meýdandan(4,7 ÷ 7,0 *MPa*) üzülme nokatdaky kritiki bahasyna(-0.3 MPa) çenli formirlenýär.

Eger basyşyň gaçyşy öňünden gaçsa, onda ol çatlamanyň ýüze çykmagyny habar berýär. Ony režimlere modelirlemek bilen alyp barýar.

Şeýle hem turbanyň çat açmagy barada ýalňyş habar berilmegi hem mümkin. Bu problemany çözmek üçin SCADA ulgamy ulanylýar.



Surat 3. Köpçyzykly meýdandan bir çyzygynda gazodinamiki parametrleriň üýtgemek häsiýetnamasy.

Nasoslaryň işleýşiniň matematiki modelirlenişi.

Turbageçirijide suwyklugyň akmagy bat napor döredijі gurlyş bilen kesgitlenýär. Bu hili gurluşlara nasoslar diýilýär. Nasoslar bu gurluş suwyklygyň peselen badyny ýokarlandyrmak üçin ulanylýan gurluşdyr.

Yzygiderli ýa-da parallel birleşdirlen nasoslar nasos stansiýanyň esasy enjamyny düzýar.

Meseläniň matematiki goýluşynda nasoslar käbir goşmaça gatnaşyklar görnüşinde hasaba alynýar, ýagny, kese-kesige çenli akymyň gidrodinamiki parametrlerini öz arasynda baglanyşdyrýar. Bu gatnaşyklar nasosyň ýa-da nasos stansiýanyň matematiki modeli bolup algebraik gatnaşyklaryň ulgamy bolup durýar.

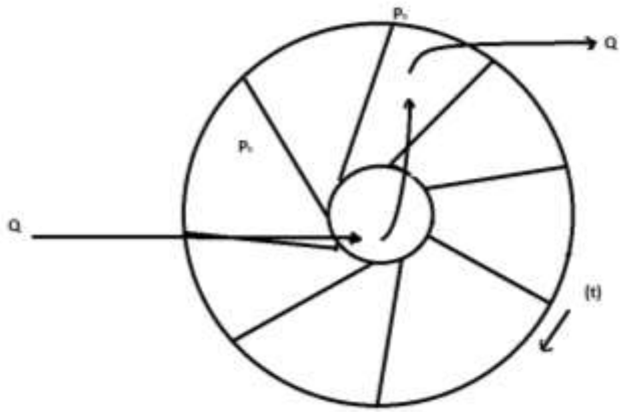
$$\begin{cases} Q_1 - Q_2 = Q \\ H_2 - H_1 = H \end{cases} \qquad (1)$$

Bu ulgam suwyklygyň harçlanmasynyň nasosyň gurnalan nokadynda we naporyň üzülmesinde harçlanmanyň üzniksizligini görkezýär. 1-nji ulgamyň birinji gatnaşygy suwyklygy massanyň saklanma kanunyňy modelirleýär.Ikinji gatnaşyk bolsa diferensial badynyň suwyklygyň Q harçlanmasyndan baglylygyny görkezýär. Seýlelikde, her bir anyk nasos üçin ýa-da nasos stansiýa üçin,ýagny öz gezeginde yzygiderli ýa-da parallel birleşdiriji bilen nasoslaryň toplumyny aňladýar. H differensial bat suwyklygy harçlanmasyna Q baglydyr.

Baglanyşykbatly harçlanma diyen nasosyň ýa-da nasos stansiýanyň hasiyetlendirijisini berýär.

Bu hili ýoluň fiziki esasynda düsinmek üçin köp ýaýran nasosyň merkezleşdirilen görnisiniň işi anyk seretmeli bolýarys. Öň bellenip geçilişi ýaly basyşa gatysy ugrykdyrlan suwyklygy hereketi kynçylykly amala aşyrylýar.Merkezleşdirlen nasoslarda esasan hem nebit we nebitönumlerni kiçi basyşyndan ýokary basyşa merkezleşdirlen daşlaşýan güýçleriň esasynda ulanylýar, özem profil pilçelerin işçi tekeriň shemasy getirilendir. Eger koordinatalar sistemasyna geçilen ýagdaýynda, özem aýlanýan teker bilen baglanyşykly bolsa onda tekeriň özi hereketsiz bolup ony doldyrýan suwyklyga merkezi güýç täsir edýär, bu ýerde *p*-suwyklygyň dykyzlygy, *w*-aýlanmanyň burç tizligi, *r*-

suwyklyklaryň bölejikleriniň aýlanma okundan daşlygynyň uzynlygy.



1-nji surat. Merkezden daşlaşýan nasosyň hereket prinsipi.

Merkezden daşlaşýan nasosyň hereket prinsipi. Merkezden daşlaşýan güýç esasynda suwyklyk tekeriň iş pilçesiniň ugry boýunça hereket edýär. Bu güýç (tekeriň periferensyýasyna) basyşyň gaçmagyna ukyplydyr, özem *p* basyşyň itiji basyş we *p* sorujy basyş onuň merkezi bölegine, şeýle hem suwyklygy pes basyşly meýdandan ýokary basyşly ýaýlasyna üýtgemegi amala aşyrýar. Bu hili üýtgemä işçi tekeriň aýlanmagyna energiýanyň zerurlygy ýüze çykýar. Nasosyň işçi tekeri ýerleşýän bölegine pes basyşyndan ýokary basyşa geçýän suwyklygyň batly üýtgemegini üpjun edýär bu bölege merkezden daşlaşýan itiji diýlip atlandyrylýar.

Işçi tekeriň ýerleşýän walynyň aýlanmagyny döreýän nasosyň bölegine nasosyň geçirijisi diýilýär. Nasosyň geçirijisi hökmünde elektriki hereketlendiriji çykyş edýär. Yönekeýlik üçin pilçeleriň radial ýerleşmesi bilen işçi tekere serederis. Suwuklyga täsir edýän, özem tekeriň merkezinden radius boýunça periferiýa tarap hereket edýän suwyklyga täsir edýän güýçleriň balans deňlemesi aşakdaky görnüşde bolar:

$$\rho\omega^2 r - dp/dr = \rho f_\tau(Q)$$

Bu yerde dp/dr herekete ters täsir edýän basyşyn radial gradiyenti $f_\tau(Q)$ – surtilme guyji. Sonky Q berilmä baglydyr berilme hökmünde suwyklygyň harçlanmasy kabul edilýär. 0-dan Re çenli güýçleriň balans deňlemesini integrirlep (R işçi tekeriň radiusy) alarys:

$$\rho w^2R^2/2 - \Delta p = R\rho\cdot f_\tau(Q) \quad \text{ýa-da} \quad \Delta p = \rho w^2R^2/2 - R\rho\cdot f_\tau(Q)$$

Bu deňlemäniň iki bölegini hem ρg bölup alarys:

$$\Delta H = \frac{\omega^2 R^2}{2g} - \frac{R}{g} f_\tau(Q) \qquad (2)$$

Şeýlelikde, w - burç tizligi bilen işçi tekeriň aýlanmagy suwyklygy p basyşlaryň tapawudyna garşy ýerleşdirýär. Ol bolsa merkezden daşlaşýan $\rho w^2R^2/2$ -den bolan güýje eýe bolmaga ukyplydyr. Δp baha haçanda sürtilme guýji ýok bolan ýagdaýynda (Q = 0) bolýar. Beýleki Q-lerde (2) deňleme ýerine ýetýär, oňa Q nasosyň $\Delta H = \Delta p/\rho g$ häsiyetlendirijisi diyilýar. Δp-niň ulalmagy bilen nasosyň harçlanmasy Q kemelýär we tersine basyş näçe kemeldigiçe suwyklygyň berilmesi köp bolýar.

Mysal.

Ýygylygy minutda 3000 aýlow bolan aýlanma we diametri 0.5 m den bolan radial ýerleşdirlen pilçesi işçi teker bilen merkezden daşlaşýan nasos nähili maksimal diferensial bada eýedir.

Çözülişi:

minutdaky 3000 aýlow sany degişlilikde $\omega = 2\pi\cdot 300/60 = 2\pi\cdot 5\ s^{-1}$ burç tizlige eýedir. Onda (2) formuladan peýdalanyp alarys:

$$H_{max} = \omega^2 R^2/2g = 4\pi^2 \cdot 502 \cdot 0{,}252/(2 \cdot 9{,}81) \approx 314{,}4\ m.$$

Nasosyň isleýşiniň çylşyrymlasdyrlan modeli hem bardyr. Ýagny, ol (1) deňlemeler görnusindäki ulgamyna getirilýär. Meselem, $H_2 - H_1 = F(Q)$ algebraýik baglylyk differensial batlaryň arasynda merkezden daşlaşýan nasos we suwyklygyň harçlanmasy nasosyň içki tekeriniň hemişelik ω aýlow sanynda modelirläp bolýar. Şol bir wagtda stasionar däl proseslerde, mysal üçin goýberilişde ýa-da säginmede nasosly agregatyň rotoryňyň aýlanmagynyň burç tizligi üýtgeýär.

Nasos agregatynyň işleýşiniň onuň rotorynyň aýlanma tizligini hasaba almak bilen bir modele giňişleýin seredeliň. Goý J_H - nasos agregatynyň rotorynyň inersiýa pursaty, ω - onuň burç tizligi bolsun. Rotoryň aýlanmagy adaty differensial deňleme arkaly ýazylýar:

$$J_H d\omega/dt = M_{aýl} - M_H \qquad (3)$$

bu ýerde $M_{aýl}$ - rotoryň walyna bolan güýjüň pursaty, M_H - ýüklenme pursaty, şeýle hem rotoryň walynyň aýlanmagyna garşylykly güýçleriň pursaty.

Eger nasos stasionar režimde işleýän bolsa, rotoryň walynyň hemişelik ω_o ýygylygy bilen bolsa, onda $M_{aýl} = M_H$ deňlik ýerine ýetýär. Şeýle hem N_{meh} nasosyň kuwwaty bir tarapdan $M_{aýl}\ \omega_o$ görnüsde aňladylsa, beýleki tarapdan ol $\rho g\Delta H \cdot Q/\eta$ deň bolýar, onda şeýle deňlik dogrudyr:

$$M_H = M_{aýl} = S_o \Delta p_{\omega o} \cdot \upsilon/\eta\omega_o \qquad (4)$$

Bu ýerde $\Delta p_{\omega o}$ - rotoryň aýlanmagyndaky ω_o ýygylykda nasos arkaly döreýän differensial basyş, $\upsilon = Q/S_o$ - suwyklygy transportilemegiň tizligi.

Eger stasionar däl režimde nasosyň rotoryňyň aýlanmagynda ω - ýygylygyň rotorynyň aýlanmagynda ω - ýygylygyň işçi režiminde bolsa, onda M_H pursat üçin ýüküň güýji umymy ýagdaýda bolýar, onda rotoryň aýlanmagynyň differensial deňlemesi aşakdaky görnuşde bolýar.

$$J_H\, d\omega/dt = M_{a\acute{y}l} - S_o \Delta p_\omega \cdot \upsilon / \eta\omega \qquad (5)$$

Bu ýerde rotoryň ω aýlanma ýygylygy bilen Δp_ω- nasosyň differensial basyşy.

Meňzeşlik kanuny esasynda ululyk differensial basyş aşakdaky ýalydyr.

$$\Delta p_\omega = (\omega/\omega_o)^2 \cdot \Delta p_{\omega o}(\omega_o/\omega \cdot Q)$$

Ýa-da badyň we harçlanmanyň termininde *F(Q,w)-(Q-H)*. Bu ýerde işçi tekeriň ýygylykly aýlowynda nasosyň häsiýetnamasy.

(5) deňlemeler nasos stansiýanyň işini modelirleýän araçäk şerti bolup bir tarapdan hyzmat edýär we şu aşakdaky deňlemeler sistemasynyň üsti bilen ýazyp beýan etmek bolar:

$$\begin{cases} \Delta p_\omega = (\omega/\omega_0)^2 \cdot F(\upsilon \cdot \omega_0/\omega), \\ J_H \dfrac{d\omega}{dt} = M_{ayl} - \dfrac{S_0(\omega/\omega_0)^2 \Delta p_\omega \cdot \upsilon}{\eta} \cdot \dfrac{1}{\omega} \end{cases} \qquad (6)$$

Ýa-da itermek we harçlanmak termininde:

$$\begin{cases} \Delta H = (\omega/\omega_0)^2 \cdot F(\omega_0/\omega \cdot Q), \\ J_H \dfrac{d\omega}{dt} = M_{ayl} - \dfrac{\rho g \cdot Q \cdot (\omega/\omega_0)^2 F(\omega_0/\omega \cdot Q)}{\eta} \cdot \dfrac{1}{\omega} \end{cases} \qquad (7)$$

Bu ýerde $F(Q,\omega_0)$ – $(Q - \Delta H)$ nasosyň işçi pilçesiniň nominal wo ýygylykdaky aýlawynyň alamatlandyryjysy.

(7) deňlemeler sistemasy nasos beketleri modelirlenilende araçäk şertleriniň biri bolup hyzmat edip biler.

GOŞUNDY

Magistral gazgeçirijileriň gidrawliki hasaplamasy.

1. Magistral gazgeçirijileriň gidrawliki hasaplamalaryny ýerine ýetirmegiň tertibi we zerur maglumatlar:

a) Akdyrylýan gazyň düzümi we onuň esasy fiziki häsiýetlendirijileriniň hasaby;

b) Magistral gazgeçirijileriň geçirijilik ukybyny we öndürijiligini kesgitlemek;

w) Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň gidrawliki hasaplanyş usulyny;

g) Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň ýylylyk hasaplanyş usulyny (t=f(l));

d) Dürli kadalarda kompressor stansiýalarynyň iş kadasynyň hasaby.

2. Magistral gazgeçirijileri taslamakda, gaz transportynyň göwrümini we ugruny kesgitleýän, gaz senagatynyň ýerleşiş, ösüş shemasy esas bolup durýar.

3. Magistral gazgeçirijiniň öndürijiligi diýilip gazgeçirijiden bir ýylda akyp geçýän gazyň mukdaryna aýdylýar (mlrd.m^3/ýyl) (293,15K we 0,1013 Mpa).

4. Magistral gazgeçirijileriniň berlen hem-de taslama öndürijiligini tapawutlandyrmak gerekdir.

Taslamanyň ýumuşunda yalaşylan öndürijiliginiň bahasyna, magistral gazgeçirijiniň „berlen öndürijiligi“ diýilýär.

Magistral gazgeçirijileri taslamakda gazlary turbageçirijiler boýunça akdyrmaklygyň has amatly ýolyny saýlamak maksady bilen, dürli tehnologiki usullary deňeşdirme arkaly tehniki–ykdysady hasaplamalary grçirmeklik wajyp bolup durýar.

„Amatly tehnologik usula laýyk gelýän magistral gazgeçirijiniň öndürijiligine onuň taslama öndürijiligi diýilýär“.

5. Gidrawliki hasaplamalar geçirilende, magistral gazgeçirijileriň bellenmesine we gazyň akdyrylyşynyň deňölçegsizlik derejesine laýyklykda olar aşakdakylara bölünýärler:

-ammarlaýyn;
-paýlaýjy;
-manewrirleýji;
-sowmalar.

Gazy gazyň gazylyp alynýan ýerinden ulanyja çenli akdyrmak ýa-da beýleki geçirijilere bermek üçin niýetlenen gazgeçirijilere **ammarlaýyn magistral gazgeçirijiler** diýilýär.

Gazy ammarlaýyn gazgeçirijilerden sowmalara ýa-da aýratyn iri ulanyjylara bermek üçin niýetlenen gazgeçirijilere **paýlaýjy gazgeçirijiler** diýilýär.

Gazyň akdyrylyşynyň ýokary deňölçegsiz ýa-da rewersiw häsiýetli magistral gazgeçirijilere manewrirleýji gazgeçirijiler diýilýär.(gazgeçirijiler-birikdirijiler, dikdüşýän gazgeçirijiler, ÝGS(Ýerasty gaz saklaw)-a eltiji gazgeçirijiler we şuňa meňzeýler).

Gazlary paýlaýjy ýa-da ammarlaýyn gazgeçirijilerden şäherlere, ilatly ýerlere we aýratyn iri gaz ulanyjalara eltmek üçin, ulanyjylaryň gazy bölüp almasynyň deňölçegsizligi bilen ýüze çykýan sagatlaýyn deňölçegsiz kadada işleýän magistral gazgeçirijä **sowmalar** diýilýär.

Magistral gazgeçirijileriň geçirijilik ukybyny we öndürijiligini kesgitlemek

- Gaz akdyryjy agregatlaryň kabul edilen hasaplama parametlerinde (işçi basyş, gidrawliki effektlik koeffisiýenti, daşky howanyň we topragyň temperaturasy, gazy sowatmagyň temperaturasy we ş.m.) kuwwatyny maksimal ulanmaklyk bilen stasionar kadada bir sutkada gazgeçiriji bilen berilýän gazyň mukdaryna magistral gazgeçirijiniň **geçirijilik ukyby** diýilýär.
- Magistral gazgeçirijiniň baha goýýan we taslama geçirijilik ukybyny tapawutlandyrmak gerek.

Gazy akdyrmaklygyň mümkingadar tehnologiki ugry üçin, gazgeçirijiniň taslamasynyň baş basgançagynda kesgitleýän

geçirijilik ukybynyň takmynan bahasyna magistral gazgeçirijiniň **bahalaýyn geçirijilik ukyby** diýilýär.
Amatly tehnologiki ugra laýyk gelýän geçirijilik ukybyna magistral gazgeçirijiniň **taslama gazgeçirijilik ukyby** diýilýär.

Ammarlaýyn magistral gazgeçirijiniň bahalaýyn gazgeçirijilik ukyby

Ammarlaýyn magistral gazgeçirijiniň baha gazgeçirijilik ukybyny şu aşakdaky formula bilen kesgitläp bolar:

$$q_0 = \frac{Q_b \cdot 10^3}{365 \cdot K_u^0}$$ (*mln.m*^{3}*/gg(gije-gündiz*) 293,15*K* we 0,1013*MPa*) (1)

Bu ýerde:

Q_b - magistral gazgeçirijniň berlen öndürijiligi (*mlrd.m*^{3}*/ýyl* 293,15*K* we 0,1013 *MPa*);

K_u^o – gazgeçirijilik ukybyny ullanmaklygyň baha koeffisiýenti, ol şu aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$K_u^o = K_{hü} \cdot K_{et} \cdot K_{yg}^o \qquad (2)$$

$K_{hü}$ – ulanyjylary gaz bilen üpjün etmekligiň hasaplama koeffisiýenti, ulanyjylaryň gaza bolan ýokary islegini hasaba alýan, gazgeçirijiniň geçirijilik ukybyny artdyrmagyň zerurlygyny görkezýän koeffisiýent. Gaza bolan ýokary isleg howanyň sowamagy bilen ýyladyş döwrüniň dowamynda (howanyň daşky temperaturasynyň peselmegi) ýüze çykýar. Adatça $K_{hü}$=0,95 deň diýip kabul edilýär.

K_{et} - ekstremal temperatura koeffisiýenti, ýagny howanyň yssy şertlerinde daşky gurşawyň ekstremal ýokary temperaturasynyň täsiri netijesinde gazgeçirijiniň geçirijilik ukybyny peseltmegiň zerurlygyny hasaba alýan koeffisiýent. Adatça K_{et}=0,98 deň diýip kabul edilýär.

K_{yg}^{o} - magistral gazgeçirijileriň ygtybarlylyk baha koeffisiýenti, ýagny kompressor stansiýalaryň enjamlarynyň, gaz gazgeçirijiniň göniçyzykly bölegini bozulmagynda, geçirijilik ukybynyň peseldilmeginiň zerurlygyny hasaba alýan koeffisiýent.

K_{yg}^{o} – koeffisiýentiniň bahasy 1-nji tablisada getirilendir.

Magistral gazgeçirijileriniň ygtybarlylyk baha koeffisiýenti.1-nji tablisa

Gazgeçirijiniň uzynlygy km	Gazakdyryjy agregatlaryň görnüşleri				
	Gazturbinaly ýa-da elektriki hereket getirijili				GMK
	Gazgeçirijileriň diametri				
	1420	1220	1020	820	≤820
1	2	3	4	5	6
500	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1000	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98
1500	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
2000	0,96	0,97	0,97	0,98	0,96
2500	0,95	0,96	0,97	0,97	095
3000	0,94	0,95	0,96	0,97	0,94

Magistral gazgeçirijileriň baha geçirijilik ukybyny kesgitlemek.

- Paýlaýjy we manewrli magistral gazgeçirijileriň gazyň maksimal berilme döwri üçin baha gazgeçirijilik ukybyny kesgitlemek gerek. Ol aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$q_0 = \frac{q_{\max}}{K_u^o} \quad (mln.m^3/\,gg\ 293{,}15K \text{ we } 0{,}1013MPa) \qquad (3)$$

Bu ýerde:

q_{max} – gazyň maksimal berilme döwründe geçirijä gelýän gazyň gije-gündizdäki mukdary;

K_u^o – koeffisiýent, bu koeffisiýent (2)-nji formula boýunça kesgitlenýär.

Sowmalaryň baha geçirijilik ukyby aşakdaky formula bilen kesgitleşär:

$$q_o = \frac{24 \cdot Q_{m.s.} \cdot 10^{-6}}{K_u^o}, \quad (mln.m^3/gg \ 293{,}15K \text{ we } 0{,}1013MPa) \quad (4)$$

Bu ýerde:

$Q_{m.s.}$– hemme ulanyjylaryň gazy ulanmaklygynyň utgaşdyrylan grafiginden kesgitlenýän, gazyň maksimal sagatlaýyn sarp edilmesi (m^3/sag);

Sowmalar üçin geçirijilik ukybyny ulanyş koeffisiýenti aşakdaky formula bilen kesgitlenmelidir:

$$K_u^o = K_{hü} \cdot K_{yg} \quad (5)$$

Şeýlelikde, $K_{hü}$ = 0,95, K_{yg} = 0,99 diýip kabul edilýär.

- Gazy akdyrmaklygyň tehnologiki ugurlarynyň hasaby aşakdaky tertipde ýerine ýetirilmelidir:
  - ammarlaýyn gazgeçirijiler üçin daşky gurşawyň ortaça ýyllyk temperaturasynda (daşky howa we toprak) (1) formula bilen tapylan baha geçirijilik ukyby boýunça;
  - paýlaýjy, manewrleýji we sowmalar üçin daşky howanyň we topragyň orta görkezme dowamlylygynyň temperaturasynda (3) we (4) formulalar bilen tapylan gazyň maksimal berilme döwri üçin bolan baha geçirijilik ukyby boyunça.

✓ Ammarlaýyn we paýlaýjy magistral gazgeçirijileriň taslama öndürijiligi aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$Q_t = K_u \cdot \sum_{i=1}^{n} (q_i \cdot \tau_i) \cdot 10^{-3}, \ (mlrd.m^3/ýyl \ 293{,}15K \text{ we } 0{,}1013 \ MPa) \quad (6)$$

Bu ýerde:

q_i - i - nji hasaplama döwri üçin magistral gazgeçirijiniň geçirijilik ukyby;

τ_i - i - nji hasaplama döwri üçin günleriň sany.

K_U – magistral gazgeçirijiniň geçirijilik ukybyny ulanmak koeffisiýenti.

Hasaplama döwri hökmünde ammarlaýyn, paýlaýjy we manewrli gazgeçirijiler üçin ýylyň aýlarynyň sany kabul edilmeli ($n=12$). Paýlaýjy we manewrli gazgeçirijiler üçin hasaplama döwri hökmünde çärýek ($n = 4$) kabul etmeklik ygtyýar edilýär.

Sowmalar üçin taslama öndürijilik kesgitlenmeýär.

Geçirijilik ukybyny ulanmaklyk koeffisiýenti K_u aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$K_u = K_{hü} \cdot K_{et} \cdot K_{yg} \qquad \textbf{(7)}$$

Ammarlaýyn, paýlaýjy we manewrli gazgeçirijiler üçin K_{yg}– ygtybarlyk koeffisiýentiniň bahasy [1]–den kesgitlenmelidir, şeýlelikde K_{yg} koeffisiýenti kesgitlenende onuň aýratyn bölegi taslanýan hem bolsa gazgeçirijiniň bütin uzynlygyny hasaba alynmalydyr.

(7) formula girýän beýleki koeffisiýentleriň bahalary aşakdakylar ýaly kabul edilmelidir:

Hemme gazgeçirijiler üçin $K_{hü}$ =0,95 kabul edilýär.

Ammarlaýyn, paýlaýjy, manewrirleýji gazgeçirijiler üçin $\boldsymbol{K_{et}}$ = 0,98 kabul edilýär.

TASLAMANYŇ I BÖLÜMI.

Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň gidrawliki hasaplamasy.

- Trassanyň ähli uzynlygynda geodeziki derejeleriniň tapawudy 100-metrden köp bolan nokatlaryň ýoklugynda, gazgeçirijiniň böleginiň gidrawliki hasaplamasy trassanyň relýefini hasaba almazdan ýerine ýetirilýär.
- Eger ýokarky şert ýerine ýetmese, ýagny gazgeçirijiniň geodeziki derejeleriniň tapawudy 100-metrden köp bolsa, onda gazgeçirijiniň böleginiň gidrawliki hasaplamasy trassanyň relýefini hasaba almak bilen ýerine ýetirilýär.

Şeýlelikde gazgeçirijini hemişelik orta eňňitlikli, göniçyzykly eňňit böleklerin-den ybarat bolan geçiriji hökmünde seretmek bolar.

Gazgeçirijiniň profilindäki häsiýetli nokatlarynyň derejeleri başlangyç nokadyndan ýokarda plýus (+), başlangyçdan nokadyndan aşakda ýerleşen ýagdaýynda alamaty minus (-) kabul edilýär.

- Gaz akymynyň ähli kadalary üçin birhatarly gazgeçirijiniň böleginiň geçirijilik ukybyny (*mln.m*^{3}*/gg* 293,15*K* we 0,1013 *MPa*) gazgeçirijiniň trassasynyň relýefini hasaba almazdan aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$q = c_1 d^{2,5} \sqrt{\frac{p_b^2 - p_a^2}{\Delta \lambda z_{or} T_{or} L}} \qquad (8)$$

Trassanyň relýefi hasaba alnan ýagdaýynda aşakdaky formulany alarys:

$$q = c_1 d^{2,5} \sqrt{\frac{p_b^2 - p_a^2 (1 + a h_a)}{\Delta \lambda z_{or} T_{or} L [1 + \frac{a}{2L} \sum_{i=1}^{n} (h_i + h_{i-1}) l_i}} \qquad (9)$$

Bu ýerde:

$$a = \frac{\Delta}{14.64 \quad T_{or} \cdot Z} \qquad (10)$$

Koeffisiýentleriň bahalaryny aşakdaky standart şertlerde kabul edilýär:

1. Halkara SI sistemada

Eger P_b, P_a*(MPa); d,* h_a, h_i*(m);* T_{or}*(K); L(km)* bolsa, onda C_1=105,087 bolar;

2. Gatyşyk sistemada:

Eger P_b, P_a *(kgg/sm*^{2}*); d(mm);* h_a, h_i*(m);* T_{or}*(K); L(km)* bolsa, onda $C_1 = 0{,}326 \cdot 10^{-6}$ bolar.

Bu ýerde:

d – turbanyň içki diametri;

P_b, P_a - gazgeçirijiniň uzynlygynyň başlangyjyndaky we ahyryndaky absolýut basyşyň ululygy;

λ – gazgeçirijiniň uzynlygyndaky gidrawliki garşylyk koeffisiýenti (ölçegsiz ululyk);

Δ – gazyň howa görä otnositel dykyzlygy;

T_{or} – gazgeçirijiniň uzynlygyndaky äkidilýän gazyň ortaça temperaturasy;

Z_{or} – gazgeçirijiniň uzynlygyndaky gazyň gysylma koeffisiýentiniň orta bahasy (ölçegsiz ululyk);

L – gazgeçirijiniň uzynlygy;

h_a - hasaplanýan böleginiň ahyrky nokadyndaky derejesiniň başlangyç nokadyna otnasitellikde beýgelmegi ýa-da peselmegi;

h_i – trassanyň *i*-nji nokadynyň başlangyç nokadyna otnositellikde beýgelmegi ýa-da peselmegi;

l_i – gazgeçirijiniň böleginiň *i*-nji elementiniň uzynlygy.

Gazgeçirijiniň başlangyjynda P_b – basyşy formula bilen kesgitlenýär:

$$P_b = P_{gý} - \delta P_{çyk} - \delta P_{sow} \qquad (11)$$

Bu ýerde:

$P_{gý}$ – kompressor sehiniň çykalgasyndaky gysyp ýygnama basyş;

$\delta P_{çyk}$ – kompressor seh bilen magistral gazgeçirijiniň göni bölegini birikdiriji düwünine çenli basyşyň ýitgisi (äkidilýän gazyň sowadyş sistemasyndaky basyşyň ýitgisi hasaba alynmadyk ýagdaýynda); [2]-nji edebiýatyň 3.12-nji punktynyň talabyna laýyklykda kabul edilýär;

δP_{sow} – gazyň sowadyş sistemasyndaky basyşyň ýitgisi.

Howa bilen sowadyş apparatlar üçin:

P_{sow} =0,0588 MPa (0,6 kgg/sm^2) kabul edilýär.

Eger gazy sowatmaklyk zerur bolmadyk ýagdaýynda $\delta P_{sow} = 0$ kabul edilýär.

Tebigy gazlaryň Z_{or} -gysylma koeffisiýentini basyşyň we temperaturanyň ortalaşdyrylan bahalary bilen aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$Z_{or} = 1 - \frac{0{,}024 \cdot P_{get}}{\tau} \qquad (12)$$

Bu ýerde:

$$\tau = 1 - 1{,}68 T_{get} + 0.78 T_{get}^2 + 0.0107 T_{get}^3 \qquad (13)$$

$$P_{get} = \frac{P_{or}}{P_{pk}} \qquad (14)$$

$$T_{get} = \frac{T_{or}}{T_{pk}} \qquad (15)$$

$$P_{or} = \frac{2}{3}\left(P_b + \frac{P_a^2}{P_b + P_a}\right) \qquad (16)$$

T_{or} – [2]-nji edebiýatyň 12.24-nji punktynyň talabyna laýyklykda hasaplanýar.

Gazyň berlen düzümi boýunça P_{pk} -psewdokritiki basyşy we

T_{pk} - psewdokritiki temperaturany aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$P_{pk}= P_{k1} N_1 +P_{k2} N_2 +...+ P_{kn} N_n$

$T_{pk} = T_{k1} N_1 + T_{k2} N_2 + ...+ T_{kn} N_n$

Gaz garyndysynyň ρ_b– berlen dykyzlygy berlen ýagdaýynda bu ululyklary aşakdaky ýaly kesgitläp bolar:

$P_{pk}= 0,1773(26,831- \rho_b)$

$T_{pk}= 155,24(0,564 - \rho_b)$

ýa-da P_{pk} kgg/sm^2 bolan ýagdaýynda:

$P_{pk}=1,808(26,831- \rho_b)$

Bu ýerde:

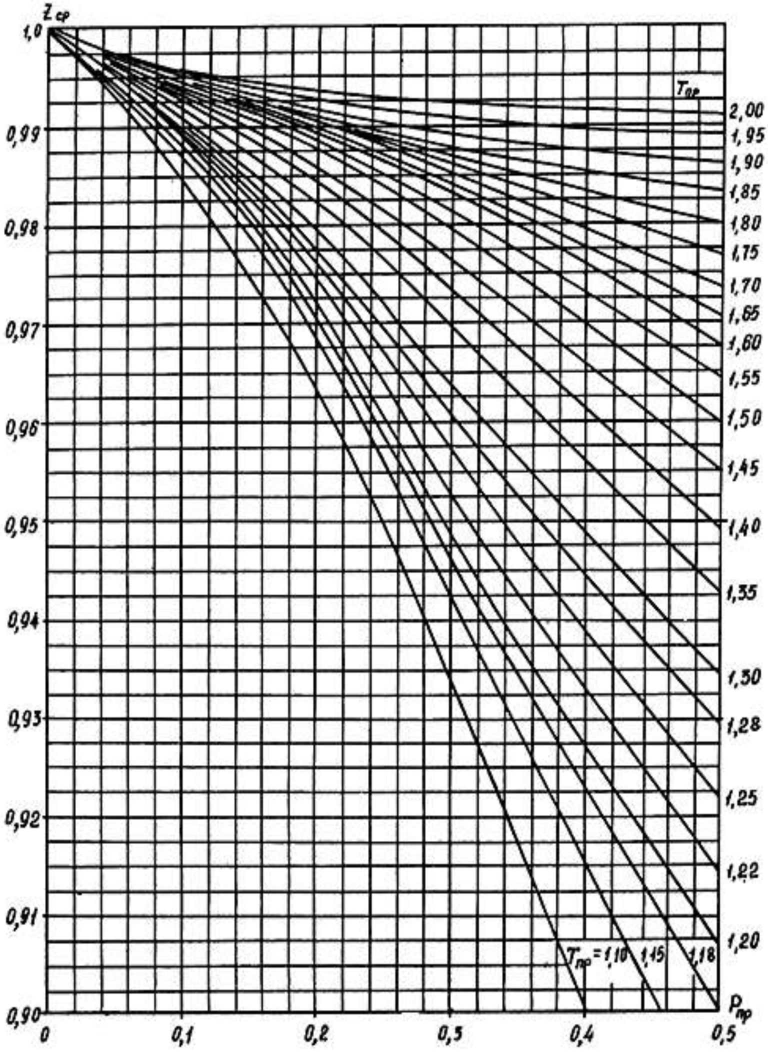
P_{kj}, T_{kj} - garyndynyň j-nji komponentleriniň degişlilikde basyşyň we temperaturanyň kritiki bahalary 2-nji tablisadan kesgitlenýär.

N_j – garyndynyň j-nji komponentiniň molýar ülüşi (j=1,2,...,n)

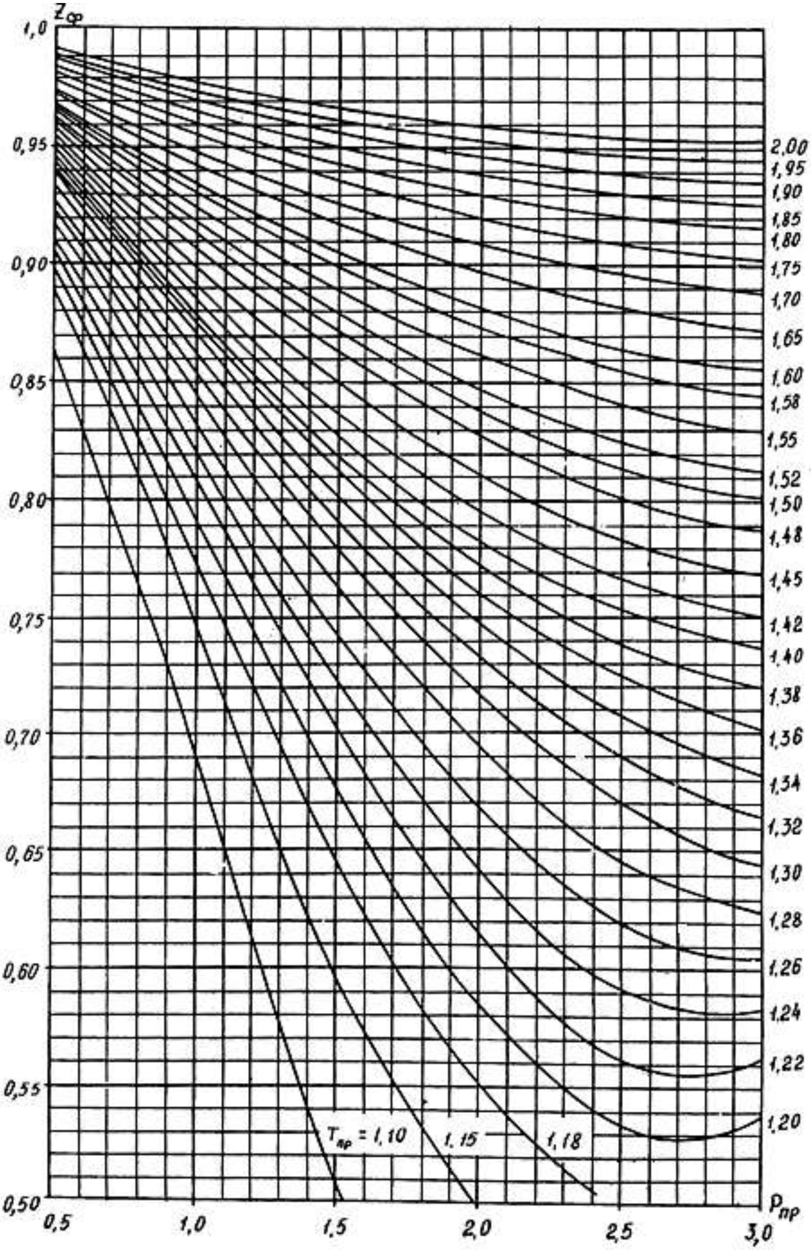
ρ_b – gazyň dykyzlygy (kg/m^3);

Eger P_b=0,1013 Mpa we T_b = 293,15K.

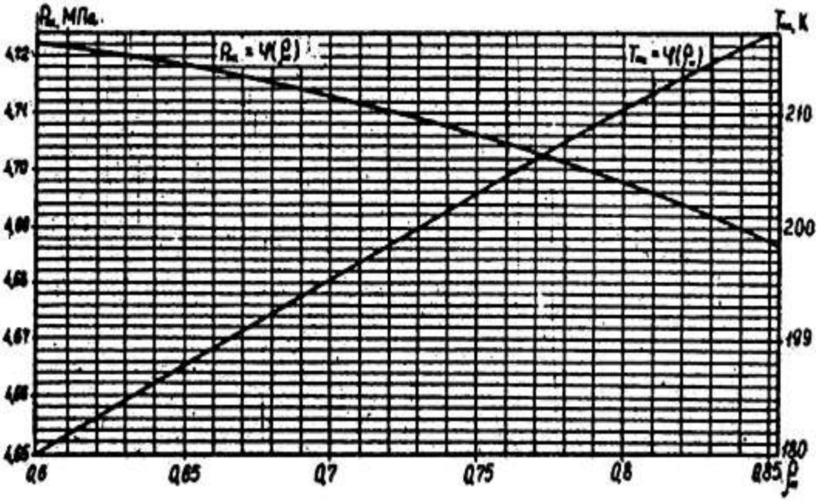
Tebygy gazlaryň gysylma koeffisiýentini – Z_{or} 2-nji, 3-nji, 4-nji we 5-nji suratdaky grafiklerinden kesgitlemek bolar.



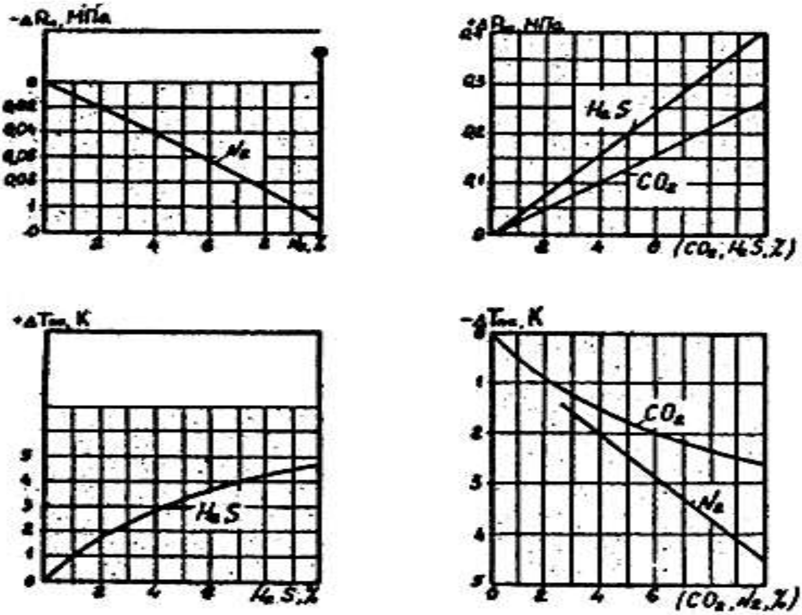
1-nji surat. Gazyň gysylma koeffisiýenti bilen getirilen basyşyň we temperaturanyň baglylygy



2-nji surat. Gazyň gysylma koeffisiýenti bilen getirilen basyşyň we temperaturanyň baglylygy



3-nji surat. Gaz garyndysynyň onuň dykyzlygyna baglylykda psewdokritiki parametrler (0,1013 MPa we 293 K)



(4)-nji suratdaky grafikden ρ_b dykyzlyga baglylykda kesgitlenýän psewdokritiki parametrler P_{pk} we T_{pk} bilen 5-nji suratdaky grafikden degişlilikde alnan $\pm\Delta P_{pk}$ we $\pm\Delta T_{pk}$ - düzedişler algebraik jemlenýär.

Aýratyn gazlaryň we maddalaryň esasy kritiki parametrleri.

2-nji tablisa

Gaz, madda	P_{pk} Kgs/sm^2 MPa	T_k,K	ρ_k kg/m^3
Metan	47,32 4,6440	190,66	162
Etan	49,80 4,884	305,46	203
Propan	43,39 4, 225	369,90	220
-Butan	38,74 3,799	425,20	228
-Butan	37,19 3,647	408,10	221
-Pentan	34,40 3,373	469,50	232
-Pentan	34,59 3,392	460,40	236
Geksan	30,89 3,029	507,30	234
Geptan	27,90 2,736	540,30	235
Oktan	25,42 3,493	568,60	235
Azot	34,61 3,394	126,20	311
Wodorod	13,22 1,296	33,26	30,7
Wozduh	38,43 3,769	132,46	335
Wodenoý par	225,55 22,119	647,30	316
Kislorod	51,76 5,076	154,80	430
Serowodorod	91,85 9,007	373,60	359
Dwuokis ugleroda	75,32 7,386	304,26	468
Okis ugleroda	35,64 3,495	132,96	301
Dwuokis azoda	103,32 10,132	431,00	561

Okis azoda	68,85 6,752	180,30	520
Dwuokis sery	80,29 7,873	430,70	525
Geliý	2,33 0,228	5,26	69,2
Argon	49,59 4,863	150,76	531
Kripton	56,10 5,501	209,40	908
Ftor	56,83 5,573	144,00	630
Hlor	78,63 7,711	417,20	573
Etilmerkaptan	56,00 5,492	409,10	
Suw	233,04 22,853	647,40	325
Rtut	1188,18 116,521	1750,00	

Gidrawliki garşylyk koeffisiýentini kesgitlemek.

Gazgeçirijiniň berlen bölegindäki gidrawliki garşylyk koeffisiýenti, ýerli garşylyklaryň orta bahasyny hasaba almak bilen (zadwižka, kran w.b.)

$\lambda_{\text{sür}}$ - gidrawliki sürtülme koeffisiýentinden 5% artyryp almaklyk ygytýar edilýär.

λ ululygy aýakdaky aňlatmadan kesgitlemek bolar:

$$\lambda = 1{,}05\frac{\lambda_{tr}}{E^2} \qquad (22)$$

Bu ýerde:

E – gidrawliki effektliginiň koeffisiýenti, eger-de gazgeçirijide turbageçirijiniň içki boşluguny yzygider arassalaýyş gurnawy bar bolsa onda E=0,95 kabul edilýär, şeýle gurnawyň ýoklugynda E=0,92 kabul edilýär.

$\lambda_{\text{sür}}$ – gidrawliki sürtülme koeffisiýenti .

Gazgeçirijide gazlaryň ähli akym kadalary üçin gidrawliki sürtülme koeffisiýenti aýakdaky formula bilen kesgitleýärler:

$$\lambda_{\text{sür}} = 0{,}067\left(\frac{158}{\mathrm{Re}} + \frac{2k}{d}\right)^{0.2} \qquad (23)$$

Bu ýerde:

k – turbanyň ekwiwalent büdür-südürligi, içki poslama garşy örtmesi bolmadyk monolit turbalar üçin k = 0,03 kabul edilýär.

Iňlis fizigi we inženeri Osborn Reýnoldsyň (Reynolds, Osborne (1842–1912)), sany Re bilen belgilenip, aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$\mathrm{Re} = C_2 \frac{q\Delta}{d\mu} \qquad (24)$$

Bu ýerde:

C_2 - bahasyny aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1. Halkara SI sistemada:

Eger dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti $Pa \cdot sek$ bolsa, onda C_2 = 17,75 kabul edilýär. Bu ýagdaýda μ aşakdaky formuladan kesgitlenmelidir:

$$\mu = 5{,}1 \cdot 10^{-5}[1+\rho_b(1.1-0.25\rho_b)][0.037+T_{get}(1-0.104T_{get})][1+\frac{P_{get}^2}{30(T_{get}-1)}] \qquad (25)$$

μ – dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti, ol öz düzümünde metan 85 % -den az bolmadyk tebigy gazlar üçin P_{or} (MPa) we T_{or} (K) baglylykda 3-nji tablisadan alynýar.

Metanyň dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti

3-nji tablisa

T_{or} (K)	$\mu \cdot 10^{-6}$ (Pa ·sek) P_{or} (Mpa)						
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
250	9,83	10,03	10,28	10,60	11,04	12,47	14,10
260	10,15	10,34	10,56	10,85	11,24	12,40	13,75
270	10,46	10,63	10,85	11,12	11,47	12,40	13,56
280	10,77	10,94	11,15	11,40	11,70	12,46	13,48
290	11,08	11,24	11,43	11,66	11,92	12,60	13,50
300	11,38	11,54	11,72	11,92	12,16	12,78	13,51
310	11,67	11,82	12,00	12,19	12,42	13,02	13,72
320	11,98	12,12	12,27	12,45	12,68	13,22	13,84
330	12,27	12,40	12,55	12,73	12,95	13,49	14,02
340	12,56	12,68	12,82	13,00	13,22	13,73	14,07
350	12,84	12,84	13,11	13,09	13,48	13,96	14,14

Magistral gazgeçirijiniň diametrini kesgitlemek.

Magistral gazgeçirijileriň berlen geçirijilik ukyby üçin onuň diametrini degişli tablisadan ýa-da nomogrammadan öňünden kesgitlemek bolar.

Nebitgaz institutynyň ylme barlag bölüminiň teklibi esasynda gazyň berlen mukdaryna görä gazgeçiriji turbalaryň dürli diametrleriniň amatly ulanylyşy 4-nji tablisada getirilip görkezilendir.

4-nji tablisa. **Dürli diametrleriň amatly ulanyşy**

Turbageçirijiniň diametri, mm	529	720	820	1020	1420
Geçirijilik ukyby, mlrd.m^3/ýyl	0,8-1,5	1,5-3,0	3,0-4,0	8-12	12,0-20,0

Bahalaýyn hasaplama geçirijilik ukybyna görä gazgeçirijiniň diamtriniň takyklanan ululygyny ornuna goýma usuly bilen (8) formulanyň kömegi bilen ýerine ýetirmeli.

TASLAMANYŇ II BÖLÜMI.

Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň ýylylyk hasaplamasy.

Islendik usul bilen goýlan birhatarly gazgeçirijiniň islendik nokadyndaky gazyň T - temperaturasyny aşakdaky formula bilen kesgitlemek bolýar:

$$T = T_0 + (T_b - T_0)e^{-ax} - D_i \frac{P_b^2 - P_a^2}{2aLP_{or}}\left(1 - e^{-ax}\right) \qquad (26)$$

Bu ýerde:

$$ax = C\frac{K_{or} \cdot d_d \cdot x}{q \cdot \Delta \cdot C_p \cdot 10^6} \qquad (27)$$

C - koeffisiýentiň bahasyny aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1. Halkara SI sistemada:

$C = 0{,}225 \cdot 10^6$ $\quad d_d(m);$ $\quad C_p\left(\frac{KD\check{Z}}{kg \cdot K}\right)$

$D_i\left(\frac{K}{MPa}\right);$ $\quad P_b, P_a, P_{or}\,(MPa);$ $\quad K_{or} = \left(\frac{Wt}{m^2K}\right)$.

Gatyşyk sistemada:

$C = 62{,}6$ $\quad d_d(mm);$ $\quad C_p\left(\frac{kkal}{kg \cdot K}\right);$

$D_i\left(\frac{K}{kgg/sm^2}\right);$ $\quad P_b, P_a\left(kgg/sm^2\right),$ $\quad K_{or}\left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right)$

Bu ýerde:

T_0 – daşky gurşawyň hasaplama temperaturasy (topragyň temperaturasy);

T_b – gazgeçirijiniň böleginiň başlangyjyndaky gazyň temperaturasy.

Eger KS(kompressor stansiýa)-da gazyň sowadyş sistemasy ýok balsa, onda T_b – temperaturany kompressor sehiniň çykalgasyndaky gazyň temperaturasyna deň diýip kabul edilýär.

Eger gaz sowadylýan bolsa, onda T_b – ululugy sowadyş sistemasynyň çykalgasyndaky gazyň temperaturasyna deň diýip kabul edilýär.

P_b, P_a – ululyklar degişlilikde gazgeçirijiniň bölegindäki gazyň başlangyç we ahyrky absolýut basyşy;

P_{or} – gazgeçirijiniň bölegindäki gazyň orta basyşy, ol (16)-njy formula bilen kesgitlenýär.

x – gazgeçirijiniň başlangyjyndan seredilýän nokada çenli aralyk, km.

d_d – gazgeçirijiniň daşky diametri;

K_{or} – gazgeçirijiniň bölegindäki gazyň daşky gurşawa ýylylyk berijiliginiň umumy orta koeffisiýenti;

C_p – gazyň orta izobarik ýylylyk sygymy;

D_i – gazgeçirijiniň bölegindäki Džoul-Tomsonyň koeffisiýentiniň orta bahasy.

Köphatarly gazgeçirijileriň ýylylyk hasaplamasyny degişlilikde gazyň berlen mukdaryna görä her bir hatar üçin aýratynlykda (26) formula bilen ýerine ýetirmeli.

Gazgeçirijiniň bölegindäki gazyň orta temperaturasy. Gazgeçirijiniň bölegindäki gazyň orta temperaturasyny $\boldsymbol{T_{or}}$ – formula bilen kesgitlenýär.

$$T_{or} = T_0 + \frac{T_b - T_0}{aL}\left(1 - e^{-aL}\right) - D_i\,\frac{P_b^2 - P_a^2}{2aL \cdot P_{or}}\left[1 - \frac{1}{aL}\left(1 - e^{-aL}\right)\right] \qquad (28)$$

Düdzüminde metan 85% - den köp bolan tebigy gazlaryň orta izoborik ýylylyk sygymy – C_p bilen belgilenip, ol aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$C_p = A_1 + A_2 \cdot T_{or} + A_3 / T_{or}^3$$

A_1, A_2, A_3 - koeffisiýentleriň bahalaryny aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

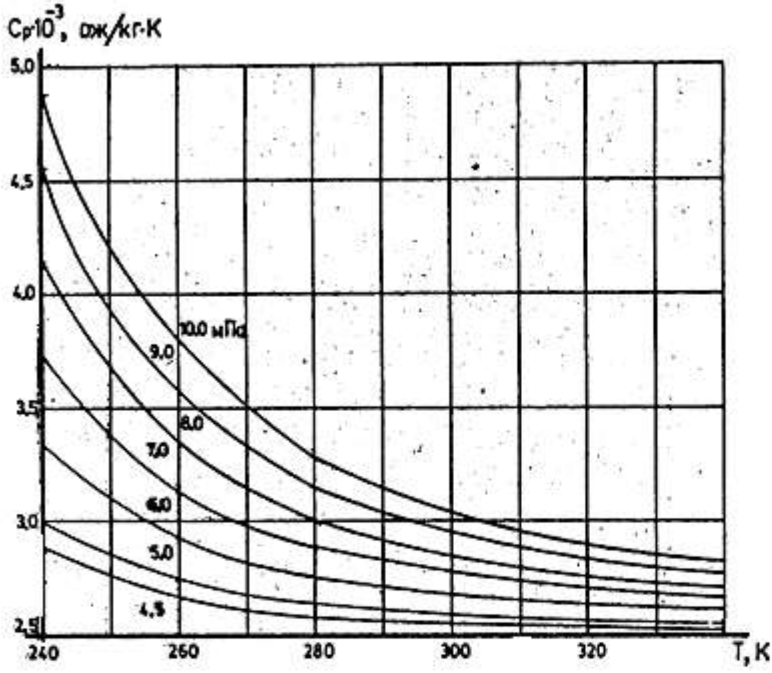
1. Halakara SI sistemada:

A_1=1,695; A_2=1,838 · 10 $^{-3}$; A_3=1,96 · 10^6(P_{or}-0,1);

2. Gatyşyk sistemada:

A_1=0,405; A_2=0,439 · 10 $^{-3}$; A_3=0,046 · 10 ^{6}(P_{or}-1);

C_p – tebigy gazlaryň orta izoborik ýylylyk sygymy metan üçin bahasyny 5-nji suratdaky grafikden kesgitlemek bolar.



5-nji surat. Metanyňn ýylylyk geçirijiliginiň gazyň basyşyna we temperaturasyna baglylygy

Tebigy gazyň düzüminde metan 85% - den az bolsa, onda **C_p-** tebigy gazlaryň orta izoborik ýylylyk sygymynyň bahasyny gazyň berlen düzümi boýunça kesgitlenýär.

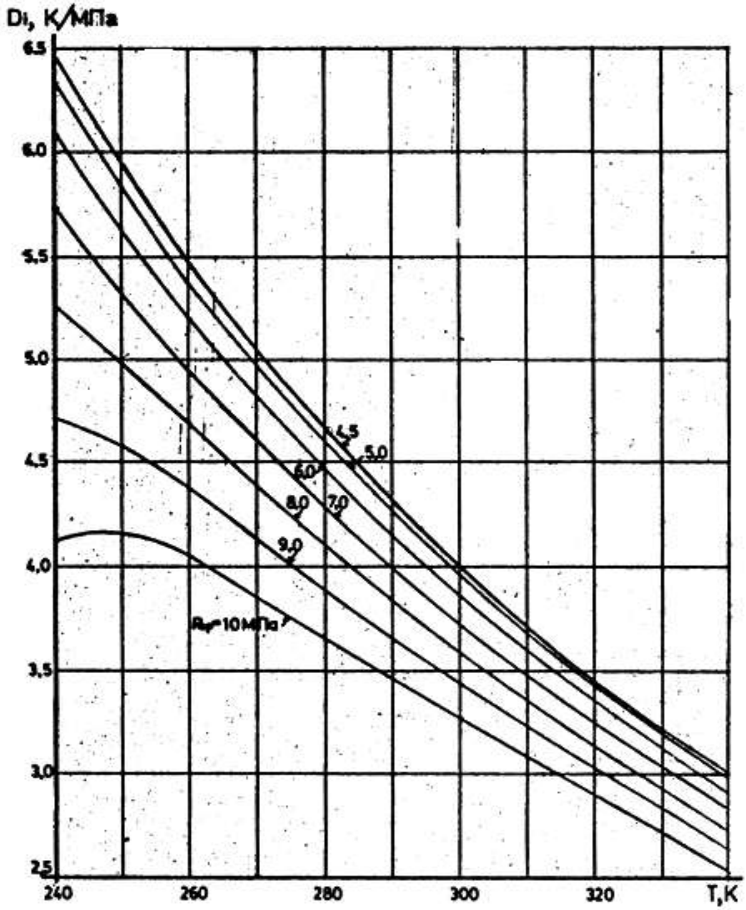
D_i - Džoul-Tomsonyň koeffisiýentiniň orta bahasyny düzüminde metan 85%-den köp bolan gazlar üçin aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$D_i = \frac{1}{C_p}\left(\frac{E_1}{T_{or}^2} - E_2\right) \qquad (30)$$

E_1, *E_2* – koeffisiýentleriň bahalaryny aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1) Halkara SI – sistemada:
   E_1=0,980 · 10 ^{6}; E_2=1,5;
2) Gatyşyk sistemada:
   E_1=0,023 · 10 ^{6}; E_2=0,035.

Düzüminde metan 85% - den köp bolan gazlar üçin D_i – niň bahasyny 6- nji suratdan kesgitlemek bolar.



6-njy surat. Зависимость коэффициента Джоуля-Томсона от давления и температуры газа

Daşky gurşawyň T_o-hasaplanyş temperaturasyny we K_{or} - ýylylyk geçirijilik koeffisiýentini saýlap almaklyk gazgeçirijiniň ýerasty, ýerüsti, ýeriň ýüzündäki goýluş usulyna baglylykda ýerine ýetirilýär.

Gazgeçirijiniň ýerasty goýulmagynda T_o - bahasyny turbageçirijiniň okunyň goýma çuňlugyndaky topragyň temperaturasyna – T_t deň diýilip, howa şertlerini habar berýän edebiýatlardan ýa-da ýakyn metostansiýanyň berilmelerinden kabul edilýär.

Gazgeçirijiniň ýerüsti goýulmagynda daşky gurşawyň hasaplama temperaturasyny - T_o formula boýunça kesgitlenýär:

$$T_0 = T_h + \frac{n a_n^* Q_{jem}}{\alpha_n \pi} \qquad (31)$$

Bu ýerde:

$$\alpha_n = B_1 + B_2 \frac{\upsilon^{2,6}}{d_d^{0,7}} \qquad (32)$$

B_1, B_2 – koeffisiýentleriň bahalaryny aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1) Halkara SI sistemada:

$B_1 = 4,45$; $B_2 = 5,0$

$$V\left(\frac{m}{sek}\right); \quad Q_{jem}\left(\frac{Wt}{m^2}\right); \quad \alpha_n\left(\frac{Wt}{m^2 \cdot K}\right)$$

2) Gatyşyk sistemada:

$B_1 = 3,83$; $B_2 = 68,14$;

$$V\left(\frac{m}{sek}\right); \; Q_{jem}\left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag}\right); \quad \alpha_n\left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right)$$

Bu ýerde:

a_n^* – turbageçirijiniň daşky üstüniň gün radiadiýasyny siňdirijilik koeffisiýenti [3] edebiýatyň talabyna laýyklykda kabul edilýär.

T_h – atmosfera howasynyň temperaturasy;

Q_{jem}–gün radiýasiýasynyň jemi;

V – şemalyň tizligi;

T_h, Q_{jem}, V – bahalaryny [4] edebiýatyň talabyna laýyklykda kabul edilýär.

n – gazgeçirijiniň iş şertlerini hasaba alýan koeffisiýent; Gar örtügüniň barlygynda n = 2,6 ýoklugynda bolsa n = 1,5 kabul edilýär.

Gazgeçirijiniň ýerüsti goýulmagynda daşky gurşawyň

T_o -temperaturasyny aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$T_0 = \frac{K_y T_y + K_a \cdot T_t^*}{K_y + K_a} \tag{33}$$

Bu ýerde:

$$K_y = [R_{iz}+R_k+R_g+R_h]^{-1} \tag{34}$$

$$K_n=[R_{iz}+R_t]^{-1} \tag{35}$$

$$R_{iz} = \frac{md_d}{2\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_d} \tag{36}$$

$$R_k = \frac{md_d}{2\lambda_t} \ln \frac{d_k}{m \cdot d_{iz}} \tag{37}$$

$$R_g = \frac{md_d}{2\lambda_g} \ln \frac{d_k + 2\delta_g}{d_k} \tag{38}$$

$$R_h = \frac{md_d}{\lambda_{th} \cdot d_k} \tag{39}$$

$$R_t = \left[0{,}65\frac{\lambda_t}{md_d} + \frac{m \cdot d_d \lambda_t}{h_0^2}\right]^{-1} \qquad (40)$$

$$d_k = 1{,}13 \cdot \sqrt{(l_y + l_0) \cdot h_0} \qquad (41)$$

m – koeffisiýentiň bahasy aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1) Halkara SI – sistemada:

$m = 1,\ d_d,\ d_{iz},\ 1_y,\ 1_0,\ h_0,\ \delta_g\ (m);$

$$\lambda_g, \quad \lambda_{iz}, \quad \lambda_t \quad \left(\frac{Wt}{mK}\right); \quad \lambda_{th}\left(\frac{Wt}{m^2K}\right)$$

2) Gatyşyk sistemada

$m = 10^{-3}$, $d_d,\ d_{iz}$, (mm); $1_h,\ 1_0,\ h_0,\ \delta_g\ (m);$

$$\lambda_g, \quad \lambda_{iz}, \quad \lambda_t \quad \left(\frac{kkal}{m \cdot sag \cdot K}\right); \quad \alpha_{th}\left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right).$$

Bu ýerde:

d_{iz} – ýylylyk örtügi bolan gazgeçirijiniň daşky diametri;

K_h, K_a – gazgeçirijiden ýokary we aşak ýylylyk geçirijilik koeffisiýentleri;

T^*_t – topragyň h_0 - çuňlukdaky tebigy temperaturasy. Bu ululyk howa şertlerini habar berýän edebiýatlardan kesgitlenýär.

l_{gd}, l_y – esasynyň kese kesigindäki we ýokary bölegindäki gum düşeginiň ini.

l_0 - turba okunyň derejesinde kese-kesikdäki gum düşeginiň inini formula bilen kesgitlenýär:

$$l_0 = \frac{l_h(h_{gd} - h_0) + l_{gd}h_0}{h_{gd}} \qquad (42)$$

h_{gd} – gum düşeginiň beýikligi;

h_0 – turba okunyň goýulma çuňlugy (gum düşeginiň üstünden turba okuna çenli aralyk).

α_{gdh} – gum düşeginiň üstünden howa ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti formula bilen kesgitlenýär:

$$\alpha_{gdh} = \psi \frac{V^{0,6}}{d_k^{0,4}} \qquad (43)$$

Bu ýerde:

ψ =10,8 ; V($\frac{m}{sek}$); $d_k(m)$; $\alpha_{gdh} = \left(\frac{Wt}{m^2K}\right)$ ýa-da

ψ = 147,18

ψ = 147,18 ; V($\frac{m}{s}$); $d_k\,(mm)$; $\alpha_{gdh} = \left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right)$

δ_g - gar örtüginiň galyňlygy;

λ_g – gar örtügüniň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti. Bu koeffisiýent garyň ýagdaýyna (täze ýagan gar üçin 0,1 Wt/(m · K)**;** dykyzlanan gar üçin 0,35 Wt/(m · K)**;** ereýän gar üçin 0,64 Wt/(m · K))görä kabul edilýär.

λ_t – gum düşeginiň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti. λ_t – koeffisiýentiň bahasyny topragyň temperaturasyna we gazgeçirijiniň temperaturalaýyn iş kadasyna görä kesgitlenýär. Ol λ_t=0,65 kkal/msagK.

Topragyň (T_t^* > 273*K*) we gazyň (*T* > 273*K*) položitel temperaturasynda ýylylyk geçirijilik koeffisiýentiniň bahasy $\lambda_{dçt}$ - doňy çözülen toprak üçin kabul edilýär.

Topragyň (T_t^* > 273K) we gazyň (*T* > 273K) otrisatel temperaturasynda ýylylyk geçirijilik koeffisiýentiniň bahasy $\lambda_{doň}$ topragyň doň ýagdaýy üçin kabul edilýär.

Birmeňzeş däl topragyň gazgeçirijiniň daşyndaky doň çözülme ýa-da doňma gatlagyndaky ýylyk kada täsirini daşky gurşawyň T_0 temperaturasyny $\lambda_{doň}$/ $\lambda_{dçt}$ topragyň doňy çözülendäki ýagdaý)gatnaşyga köpeltmek ýoly bilen hasaba alynýar ýa-da topragyň doň ýagdaýynda daşky gurşawyň T_0 temperaturasyny $\lambda_{dçt}$/ $\lambda_{doň}$ (topragyň doň ýagdaýynda) gatnaşyga köpeltmek ýoly bilen hasaba alynýar.

Şeýlelikde (37) we (40) formuladaky topragyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýentiniň ululygy degişlilikde $\lambda_{doň}$ - topragyň doň ýagdaýy üçin we $\lambda_{dçt}$ - topragyň doňy çözülen ýagdaýy üçin kabul edilýär.

$\lambda_{dçt}$ - doňy çözülen we $\lambda_{doň}$ - doň topraklaryň ýylylyk geçirijilik koeffisiýentleriniň bahalary [5] edebiýatyň talabyna laýyklykda kesgitlenýär.

Ýylylyk örtügi bolmadyk ýerüsti gazgeçiriji üçin daşky gurşawyň hasaplama temperaturasyny ýylylyk örtügi bolan gazgeçiriji ýaly kesgitlenýär. Şeýlelikde R_{iz}=0 we d_{iz}=d_d kabul edilýär.

Ýer asty gazgeçirijiler üçin K_{or} - gazyň daşky gurşawa ýylylyk berijilik koeffisiýentini aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$K_{or} = \left(R_{iz} + \frac{1}{\alpha_t} \right) \qquad (44)$$

Bu ýerde:

$$\alpha_t = \frac{\lambda_t}{C_3 d_d}\left(0{,}65 + \left(\frac{C_3 d_d}{h_{ou}}\right)^2\right) \quad (45)$$

$$h_{ou} = h_0 + \lambda_t\left(\frac{1}{\alpha_{th}} + \frac{\delta_g}{\lambda_g}\right) \quad (46)$$

C_3 – koeffisiýentiň bahasy aşakdaky tertipde kesgitlemek ygtyýar edilýär:

1) Halakara SI sistemada:

$C_3 = 1$; h_0, h_{ou}, $\delta_g(m)$; α_{th}, $\alpha_t\left(\frac{Wt}{m^2 \cdot K}\right)$,

$\lambda_t, \lambda g\left(\frac{Wt}{m \cdot K}\right)$; $d_d(m)$;

2) Gatyşyk sistemada:

$C_3 = 10^{-3}$; h_0, h_{ou}, $\delta_g(m)$; α_{th}, $\alpha_t\left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right)$;

$\lambda_t, \lambda_g\left(\frac{kkal}{m \cdot sag \cdot K}\right)$; $d_d(mm)$;

Bu ýerde:

R_{iz} – turbageçirijiniň örtüginiň termiki garşylygy, ol (37)-nji formulanyň kömegi bilen hasaplanylýar;

h_0 – ýeriň üstünden turbageçirijiniň okuna çenli aralyk;

α_t – turbageçirijiniň topraga ýylylyk berijilik koeffisiýenti;

λ_t – topragyň ýylylyk geçirirjilik koeffisiýenti; ol (**)-daky baha deň;

λ_g–gar örtüginiň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti; ol (*)-daky baha deň;

α_h – topragyň üstünden atmosfera ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$\alpha_h = m_1 + m_2 \upsilon \qquad (47)$$

Bu ýerde:

m_1=6,2; m_2=4,2; $\upsilon\left(\frac{m}{sek}\right)$; $\alpha_h = \left(\frac{Wt}{m^2 K}\right)$ ýa-da

m_1=5,3; m_2=3,6; $\upsilon\left(\frac{m}{sek}\right)$; $\alpha_h = \left(\frac{kkal}{m^2 \cdot sag \cdot K}\right)$

Ýerüsti gazgeçirijileriň gazyň daşky gurşawa berýän K_{or} -umumy ýylylyk berijilik koeffisiýenti formula bilen kesgitlenýär:

$$K_{or} = \left(R_{iz} + \frac{1}{\alpha_n}\right)^{-1} \qquad (48)$$

Bu ýerde:

α_n - turbanyň üstünden atmosfera ýylylyk berijilik koeffisiýenti. Ol (32) formuladan kesgitlenýär.

R_{iz}- bahasy (36) formulanyň kömegi bilen kesgitlenýär.

Ýylylyk örtügi bolmadyk ýerüsti gazgeçirijiniň umumy ýylylyk berijilik koeffisiýentiniň bahasy ýylylyk örtügi bolan gazgeçirijilerdäki ýaly kesgitlenýär. Şeýlelikde R_{iz}=0, d_{iz} =d_d kabul edilýär.

Gazdan daşky gurşawa K_{or} -ýylylyk berijiligiň umumy koeffisiýenti gum düşegindäki gazgeçirijiler üçin formula bilen kesgitlenýär:

$$K_{or}=0,5(K_y+K_a) \qquad (49)$$

Bu ýerde:

K_y we K_a – gazgeçirijiden ýokary we aşak ýylylyk berijilik koeffisiýentleri (34) we (35) formulalaryň kömegi bilen hasaplanylýar.

Magistral turbageçirijileriň dinamiki häsiýetlendirijilerini gurnamak

Uly temperaturada „gyzgyn” turbageçiriji boýunça şepbeşikligi we goýalmasy ýokary bolan nebit ýa – da nebit önümleri geçirilýär. Bu turbageçirijiler öz aýratynlyklary bilen tapawutlanýar. Adatça turbadan nebit geçirilende öňünden ol gyzdyrylmaýar. Ýöne ähli magistral turbageçirijiler izotermiki däldir. Geçirilýän nebitiň şepbeşikligi, turbageçirijiniň gidrawliki garşylygy, harçlanma *Q* we *P* basyş temperatura baglydyr.

Şonuň üçin hem tomusky we gyşky şertler kwazistasionar, stasionar däl üçin ulanyş kadalarynyň hasaby turbageçirijiniň ýylylyk çalyşygy daşky gurşawy bilen hasaba almak bilen ýerine ýetirilmelidir. Izotermiki däl akym dürli sebäplere görä ýüze çykyp biler:

1. Şepbeşik nebitiň temperaturasy nasos stansiýalaryň aralygynda sürtülme esasynda bölüp çykýan ýylylyk esasynda ýokarlanyp biler. Körpeje – Balkanabat nebitgeçirijisiniň baş we aralyk nasos menzillerinde şeýle ýagdaýlar ýüze çykýar. Şeýlelikde Körpeje – Balkanabat nebitgeçirijisindäki nebitiň akymynda turbageçirijiniň ýylylyk çalyşygy daşky gurşaw bilen stasionar däldir. Magistral turbage-çirijileriň ýylylyk gidrawliki kadalarynyň durnuksyzlygy elektroenergiýanyň artykmaç sarp edilmedine getirer.

2. Trassanyň ugry boýunça daşky gurşawyň temperaturasyndan tapawutly temperaturasy bolan nebit turbageçiriji boýunça geçirilende izotermiki däl başlangyç böleginde alynýar. Onuň uzynlygy nasos stansiýalarynyň aralygyndaky uzaklyga deňdir. Belli bolşy ýaly turbageçirijiniň başlangyç böleginde temperatura kadalary durnukly däldir, ýagny ol klimatiki şertlere berk baglydyr. Onda bu hili bölekleriň ýylylykgidrawliki hasaby stasionar däl ýylylyk çalşygyny hasaba almak bilen ýerine ýetirilýär. Şepbek we plastik nebiti geçirmekde kynçylyklar ýüze çykýar, olar

tiksotrop häsiýete eýedir. Bu ýagdaýda akymda depressar oturtmalary girizmek nebiti gyzdyrmaklygy we nebiti izotermiki däl turbageçiriji boýunça geçirmekligi talap edýär.

Oturtmalary ulanmak bilen bu problemalary çözüp bolmaýandygyny belläp geçeliň. Ýagny sowuk gyş paslynda nebiti geçirip bolmaýar.Ýöne Orta Aziýanyň şertlerinde bu usulda nebiti akdyrmak üçin gymmat bahaly oturtmalary talap etmeýär. Bu bolsa ykdysady tarapdan amatly bolýar.

Meselem Körpeje – Balkanabat nebitgeçirijisi boýunça akdyrylýan nebitiň temperaturalaýyn kadasy izotermiki däldir, ýöne ony pes temperaturaly kada – da hem ulanmak bolýar, ýagny turbageçiriji boýunça akdyrylýan nebit gaty kiçi şepbeşiklige eýedir. Bu ýagdaýda temperatura 30º bolýar. Ýöne ýokary şepbeşikligi uly bolan nebiti akdyrmak üçin temperaturany galdyrmaly bolýar. Ýöne magistral nebitgeçirijilerde agyr we ýokary parafinli bolan şepbek – plastik häsiýete eýe bolan nebit akdyrylanda , ol 37...56 % [10] çäklerde amala aşyrylýar. Howanyň sowuk şertlerinde akdyrylýan nebitiň düzümine ýa depressor suwuklandyryjylary garmak arkaly hem bu meseläni çözmek bolýar. Häzirki wagtda nebiti “gyzgyn” usuly bilen akdyrmaklyk alternatiw hökmünde seredilýär.

3. 60...120º c temperaturada akdyrylýan şepbeşikligi ýokary bolan nebitiň „gyzgyn’’ turbageçirijiden akdyrmaklygynyň hasaby artýan kynçylyga eýedir. Bu ýagdaýda aralyk ýylylyk stansiýalarda nebiti gyzdyrmaklyk amala aşyrylýar. Bu sistema ekologiki howpsuzlykda käbir problemalary döredip biler. Ýagny gyzdyrylan nebit wagtyň geçmegi bilen sowaýar, onda islendik izotermiki däl turbageçirijiler üçin şu aşakdaky hasaplamalary amala aşyrmaly:

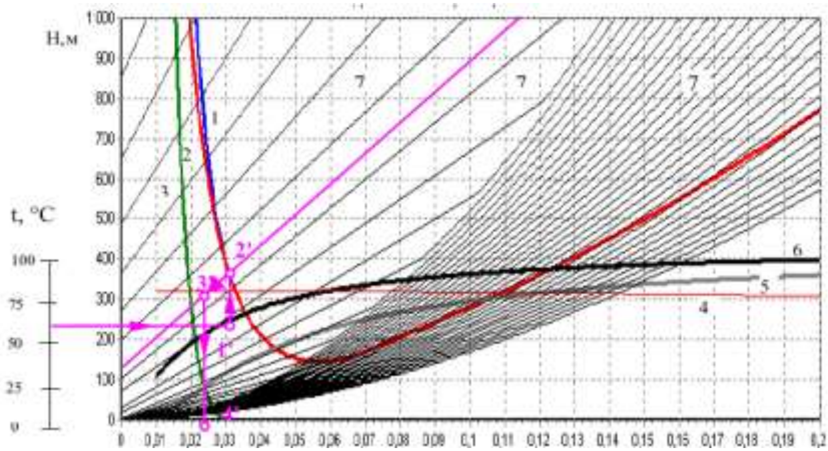
1) Howupsuz saklanma wagty – τ_h akdyrylýan pursadyndaky Q-harçlanma we P basyş ;
2) Sowuk ýagdaýynda turbageçirijini gyzdyrmak wagty – τ_{gyz} ;

3) Pes kadalarda (akdyrylýan nebitiň gyzdyrma temperaturasynyň peselmeginde) turbageçirijiniň howpsuz işleme wagty – τ_{hi} . Turbageçirijiniň izotermiki däl kadadaky hasaplamasynda daşky gurşawyň üýtgemegi (temperatura, topragyň häsiýeti) enjamlaryň könelişmegi ýaly ýagdaýlar hasaba alynmalydyr. Şonuň üçin hem "gyzgyn" turbageçirijiler üçin şeýle hem izotermiki däl turbageçirijiler üçin gidrawliki garşylygyň çendenaşa uly bolmagy howpludyr. Şonuň üçin hem bu hili turbageçirijileriň ýylylyk gidrawliki hasaplamasy talaplaryň ulalmagyna getirýär. Adaty ýylylyk gidrawliki hasaplamadan daşary stisionar däl kadalaryň hasabyny ýerine ýetirmek zerurdyr. [11] Işde bu hasaplamalaryň kynçylygyna we ululygyna garamazdan dinamiki häsiýetnamaly uniwersal usul bilen hasaplanylýandygy görkezilýär. Personal kompýuterleri ulanmak arkaly degişli algoritmini ulanmak bilen izotermiki däl turbageçirijilerde hasaplama geçirmek bolýar. Dinamiki häsiýetnamalar dürli reologiki modeli [12,13] bolan suwukluklar üçin gurulyp biliner. Bu usul bilen turbageçirijiniň gidrawliki garşylygynyň üýtgemegini hasaba alýar.

Esasy kesgitlemeler we formulalar

Dinamiki häsiýetnama öz gezeginde nasoslaryň jemleýji häsiýetnamalarynyň toplumy, turbageçirijileriň talap edýän grafikasy (çyzgydy), mgnowen (pursat) torunyň häsiýetnamasy – ol torda ädimli temperatura boýunça alynýar.

Dinamiki häsiýetnama "gyzgyn" turbageçirijiniň stasionar häsiýetnamasy esasynda gurnalýar. Bu halda her bir nokat stasionar akdyrma kadasyna degişli bolýar. Stasionar däl kadada nasosda ýylylyk çalşygy nasosyň jem häsiýetnamasy bilen turbageçirijiniň mgnowen häsiýetnamasynyň kesişmegi boýunça kesgitlenýär. Turbageçirijiniň mgnowen häsiýetnamasy diýip naporyň (bat) ýitgisiniň wagtyň berlen pursatynda turbageçiriji boýunça suwuklugyň harçlanmasyndan grafiki baglylygyna aýdylýar. Bu häsiýetnama izotermikidir, ol akymyň τ_{or} – orta temperaturasy bilen kesgitlenýär we ol Q – H meýdan boýunça hereketlenýär. Akymyň orta temperaturasynyň üýtgemegi bilen turbageçirijiniň gidrawliki garşylygy hem üýtýär. Dinamiki häsiýetnamada bu proses turbageçirijiniň mgnowen häsiýetnamasynyň üýtgemegi arkaly işçi nokat alynýar.



“Gyzgyn” turbageçirijiniň dinamiki häsiýetnamasy.

1 – “gyzgyn” turbageçirijiniň stasionar häsiýetnamasy ;

2 – şepbeşik sürtülmede naporyň ýitgisi ;

3 – süýşme napryaženiýe üçin naporyň ýitgisi ;

4 – nasosyň agyrlyk merkeziniň häsiýetnamasy ;

5 – turbageçirijiniň ahyrkyda kesişmesindäki temperatura ;

6 – nebitiň ortaça temperaturasy ;

7 – mgnowen häsiýetnamalar tory ;

Izotermiki däl “gyzgyn” turbageçirijiniň dinamiki häsiýetnamasyny “Taslama-4” programmany ulanyp gurnap bolar. Bu programma Visual Studio gurşawynda OBJECT PASCAL programmirleme dilinde düzülýär.

“Taslama-4” programmasy ýylylyk bilen

izolirlenen turbageçirijide suwuklygy akdyrmagyň ýylylyk gidrawliki hasaplamasy ýerine ýetirilýär, ýagny ak-dyrylýan suwuklygyň temperaturasy, naporyň ýitgisi we nasosyň agyrlyk merkezi kesgitlenýär. Programmada iki sany ýerüsti turbageçirijiniň hasaby göz öňünde tutulandyr. Bu ylmy işde getirilýän ýylylyk gidrawliki hasaplama şu aşakdaky aý-ratynlyklara eýedir :

a) turbageçirijide energiýanyň ýitgisi h_v – sürtülmede ýitgileriň jemi hökmünde kesgitlenýär ;

b) $h_{\tau o}$ – süýşmäniň statiki naprýaženiýasy ;

Bu bolsa beýleki usullar [14] bilen deňeşdirilende hasaplamany ýönekeýleşdirýär.

Ýylylykgidrawliki hasaplamanyň esasy bolup suwuklugyň başlangyç t_{bj} we soňky ýagdaýdaky t_{sj} temperaturalary turbageçirijiniň bellenen ýaýlasynda kesgitle-mek we naporyň h_j ýitgisini hem – de talap edýän H_{tal} bahasyny kesgitlemekdir. Turbageçirijiniň stasionar kadasynda *j – nji* bölegiň soňky kesişmesinde temperaturanyň hasaby W.G. Şuhonowyň deňlemesi boýunça ýerine ýetirilýär :

$$t_{sj} = t_{oj} + \left(t_{bj} - t_{oj}\right) \cdot e - \frac{K_j}{Q\rho_j} \frac{\pi d_j l_j}{C_j}$$

Çözüwde sepleşme şerti aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$t_{b+1} = t_{sj}$$

K – ýylylykgeçiriji koeffisiýenti köpgatlakly izolýasiýaly turba üçin ýylylykgeçiriji formulasy boýunça kesgitlenýär :

$$\frac{1}{Kd} = \frac{1}{\alpha_1 d} + \frac{1}{2\lambda_m} \ln\frac{D}{d} + \frac{1}{2\lambda_{iz1}} \ln\frac{D_{iz1}}{D} + \frac{1}{2\lambda_{iz2}} \ln\frac{D_{iz2}}{D_{iz1}} + \frac{1}{\alpha_2 D_{iz2}}$$

Bu ýerde k – nebitden daşky gurşawa ýylylykgetirijilik koeffisiýenti.

d we D – turbageçirijiniň içki we daşky diametrleri .

D_{iz1} we D_{iz2} – izolýasiýa örtüginiň birinji we ikimji gatlaklarynyň daşky diametri ;

λ_M, λ_{iz1}, λ_{iz2} – metalyň we izolýasiýa örtügiň gatlagynyň ýylylykgeçiriji koeffisiýenti ;

l – ýylylyk stansiýalaryň arasyndaky uzaklyk ;

Q – göwrümleýin harçlanma ;

ρ we C – akymyň ortaça temperaturasynda nebitiň dykyzlygy we sygymy ;

t_o – daşky gurşawyň temperaturasy (eger turbageçiriji ýeriň üstünde bolsa, onda t_o- yň ýerine t_b – howanyň temperaturasy hasaba alynýar) ;

α_1 we α_2 – degişlilikde içki we daşky ýylylyk beriji koeffisiýentleri;

Uly şepbeşikli suwuklyklary temperaturanyň işçi diapazonynda akdyrylanda akym turbulent ýa – da laminar kadada bolup biler. Şonuň üçin hem $1/\alpha_1 d$ ululyk bilen çäklenmeli däl. Her bir bölek üçin α_1- içki ýylylyk beriji koeffisiýent M.A. Miheýewiň [7] formulasy bilen kesgitlenýär:

$$Nu=0.17Re_f^{0.33}\mathrm{Pr}_f^{0.43}Gr_f^{0.1}\left(\frac{\mathrm{Pr}_f}{\mathrm{Pr}_w}\right)^{0.25} \qquad (4)$$

$Re_f \leq 2000$ üçin

$Re_f \geq 10000$ bolan ýagdaýynda,

$$Nu=0.021Re_f^{0.8}\mathrm{Pr}_f^{0.43}\left(\frac{\mathrm{Pr}_f}{\mathrm{Pr}_w}\right)^{0.25} \qquad (5)$$

(4) we (5) formulalar N_u – Nusselta , R_e – Reýnolds, P_r – Prandtlýa we G_r – Grasgofa sanlaryna baglydyr *(“f “* indeksli sanlar, akymyň temperaturasynda kesgitlenendigini , *“W”* – diwaryň temperaturasynda kesgitlenendigi aňladýar).

$$N_u = \frac{a_1 d}{\lambda}; \quad \mathrm{Re} = \frac{dy4Q}{\pi D v}; \quad \mathrm{Pr} = \frac{v c_{p\rho}}{\lambda};$$

$$Gr = \frac{d^3 g \beta (t_f - t_w)}{v^2}; \qquad (6)$$

Bu ýerde ν – suwuklygyň kinematiki şepbeşikligi.

λ – suwukluguň ýylylyk sygymy.

β – temperaturanyň giňelme koeffisiýenti.

α_1 – içki ýylylyk $2000 < R_{ef} < 10^4$ ýaýlada interpolýasiýa bilen kesgitlenýär.

α_1 – ýylylyk beriji koeffisiýenti Zilliniň we Rasseliň baglylygy bilen hem kesgitläp bolýarç ol baha programmanyň guruşuny üýtgetmeýärü (3) – (6) formulalar boýunça ýylylyk beriji parametrleriň hasaby yzgiderli ýakynlaşma usuly bilen ýylylyk balansyň deňlemesi boýunça t_{Wj} – turbanyň diwarynyň temperaturasyny barlamak bilen ýerine ýetirilýär:

$$\alpha_{1j}(t_{fj} - t_{wj}) = K_j(t_{fj} - t_{oj})$$

t_{fj} – akymyň temperaturasy seredilýän ýaýlada orta integral ululuk ýaly seredilýär.

$$t_{fj} = t_{oj} + \frac{t_{bj} - t_{sj}}{\ln \dfrac{t_{bj} - t_{oj}}{t_{bj} - t_{oj}}}$$

Ýerüsti bölekler üçin (7) we (8) – deňlemeler üçin t_b – howanyň temperaturasy hasaba alynýar. Akdyrylýan suwuklugyň ýylylyk fiziki häsiýetleri p – dykyzlyga, *S* S ýylylyk sygymy we *λ* – ýylylyk geçirijä baglydyr. Ol (9) – njy formula bilen we Kregonyň formulasy (10) – (11) – bilen Halkara ölçegler ulgamynda şeýle ýazylýar:

$$\rho = \frac{\rho_{20}}{1+\beta_\rho(t-20)} \qquad (9)$$

$$\lambda = \frac{0.101}{\rho_{15}}(1-0.00054*t)*1163.WT/(m*c) \qquad (10)$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}}}(53357+107.2*t).J/(kg*C) \qquad (11)$$

Bu ýerde $q_{15}= p\acute{\omega}/1+\beta_p(15-20)$.

(4) – (6) – njy formulalar esasynda $\alpha_1=Nu\ \lambda/d$. Turbageçirijiniň ýerüsti meýdany üçin α_2 – daşky ýylylyk geçiriji koeffisiýenti P.I.Tugunow – W.S. Ýablonskiniň formulasy boýunça kesgitlenýär:

$$\alpha_2 = \frac{2\lambda_{toprak}}{D_{iz2} * \ln\left(\frac{4H'}{D_{iz}} + \frac{\lambda_{toprak}}{\lambda_h H'}\right)} \qquad (12)$$

Bu ýerde : $H' = H_0 + \delta_{gar}\frac{\lambda_{toprak}}{\lambda_{gar}}$

H_o – oka çenli turbageçirijiniň ýerleşiş çuňlugy.

Δ_{gar} , λ_{gar} – garly üstüň galyňlygy we garyň ýylylyk geçiriji koeffisiýenti:

λ_h – howanyň ýylylyk geçiriji koeffisiýenti

α_2 – daşky ýylylyk beriji koeffisiýenti ýerüsti bölek üçin $V_{şemel}$ – şemalyň tizligine baglylykda [15] aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

Λ_{toprak} – topragyň ýylylyk geçiriji koeffisiýenti [16]:

$$\alpha_2 = \left(12 + 7\sqrt{V_{şemal}}\right)WT/\left(m^2 * C\right) \qquad (13)$$

j – njy bölekde naporyň ýitgisi sürtülme üçin energiýanyň ýitgisi bilen süýşme naprýaženiýasynyň [17] jemi bilen alynýar:

$h_j = hv_j + h_{rj}$

(14)

h_{vj} – sürtülme üçin naporyň ýitgisi, Reýnolds – Filonowyň şepbeşiklikligiň – temperatura baglylygy boýunça, W.G. Şuhowyň oka görä temperaturanyň gradiýenti boýunça, M.A. Meheýewiň radiallyk boýunça her bir berlen bölekde aşakdaky formula bilen kesgitlenýär.

$$h_{vj} = \beta_j \frac{Q^{2-m_j} v_{*j}^{\ m_j}}{d_j^{5-m_j}} * \frac{e^{u_j m_j (t_{*j} - t_{oj})}}{a_{\infty j}} * \left\{ Ei\left[-u_j\left(m_j - \frac{1}{3} * \frac{K_j}{a_{ij}}\right) * \left(t_{bj} - t_{oj}\right)\right] - Ei\left[-u_j\left(m_j - \frac{1}{3} * \frac{K_j}{\alpha_{1j}}\right) * \left(t_{sj} - t_{0j}\right)\right]\right\} \qquad (15)$$

Bu ýerde : $\alpha_{\infty j} = k_j \pi d_j / Q \rho_j C_j$

β,m – Leýlenzonyň formulasynyň koeffisiýentleri

u – wiksogramma.

Eı [-x] – otrisatel argumentli integral görkeziji funksiýa

$h_{\tau j}$ – naporyň ýitgisi süýşmäniň predel naprýaženiýasy boýunça aşakdaky ýaly alynýar :

$$\tau_0 = \tau_0' \cdot e^{-st} - y \qquad (16)$$

[4,5] – formula boýunça ulanylýar :

$$h_{\tau j} = \frac{16}{3\rho_j g d_j a_{\infty j}} * \left[\tau_0 e^{-st_{oj}} \left\{Ei\left[-S\left(t_y - t_{oj}\right)\right] - Ei\left[-S\left(t_{Kj} - t_{oj}\right)\right]\right\} - y * \ln\frac{t_y - t_{oj}}{t_{kj} - t_{oj}}\right]. \qquad (17)$$

Çyzykly approksimasiýany hasaba alyp (18) – zi alýarys.

$$\tau_0 = \tau_0'' \frac{t_y - t}{t_y - t_{oj}} \qquad (18)$$

h_τ – naporyň ýitgisi süýşmäniň predel naprýaženiýasyna eýe bolup ýönekeý aňlatma [18] bilen kesgitlenýär :

$$h_{\tau j} = \frac{16\tau_0''}{3\rho_j g d_j} * \frac{1}{a_{\infty j}} * \left(\ln \frac{t_y - t_{0j}}{t_y - t_{0j}} + \frac{t_{sj} - t_{0j}}{t_y - t_{0j}} - 1 \right) \qquad (19)$$

Bu ýerde *:* τ_0', s, y, τ_0'' – empiriki koeffisiýentleri (16) we (18) – nji formulalarda kesgitlenýär.

t_y – süýşmäniň predel naprýaženiýasynyň emele gelmegi.

Turbageçirijiniň başlangyç kesişmesinde talap edilýän napor turbageçirijiniň soňky we başlangyç kesişmelerinde geometriki bellikleriň tapawudy $\Delta z = z_2 - z_1$ bilen turbageçirijiniň soňunda P_2 galan basyş bilen 5 % ölçegdäki ýerli garşylyklary hasaba almak bilen aşakdaky ýaly hasaplanylýar :

$$H_{tal} = \Delta z + \frac{p_2}{\rho g} + (1.02...1.05) * \sum_{j=1}^{D} \left(h_{vj} + h_{\tau j} \right) \qquad (20)$$

Mgnowen häsiýetnamalaryň toruny gurnamak

Mgnowen häsiýetnama Leýbenzonyň formulasy boýunça gurnalýar:

$$h = \beta \frac{Q^{2-m} v_{orta}^m L}{d^{5-m}} \qquad (21)$$

$$v_{orta} = v_* e^{-u(t_{orta} - t_*)} \qquad (22)$$

by ýerde: häsiýetnama – izotermiki häsiýetnama bolup, öz gezeginde harçlanmanyň napor ýitgisi bilen wagta grafiki baglylygy bardyr.

Ähli turbageçirijiler üçin : t_{orta} we ν_{orta} bolar.

Ädimli Δt – temperatura boýunça mgnowen häsiýetnamalaryň toruny gurmakda onuň gürlügi deňölçegli däldir. Eger mgnowen häsiýetnamany $\Delta\nu_{orta}$ – şepbeşiklik boýunça gursak, onda toruň ýygylygy deňölçegli bolar.

(23) gatnaşyk bilen gurulan izotermiki häsiýetnama h_τ / h_ν=1,5 Re_{kr} = 2000 naporyň bökmesine eýe bolar.

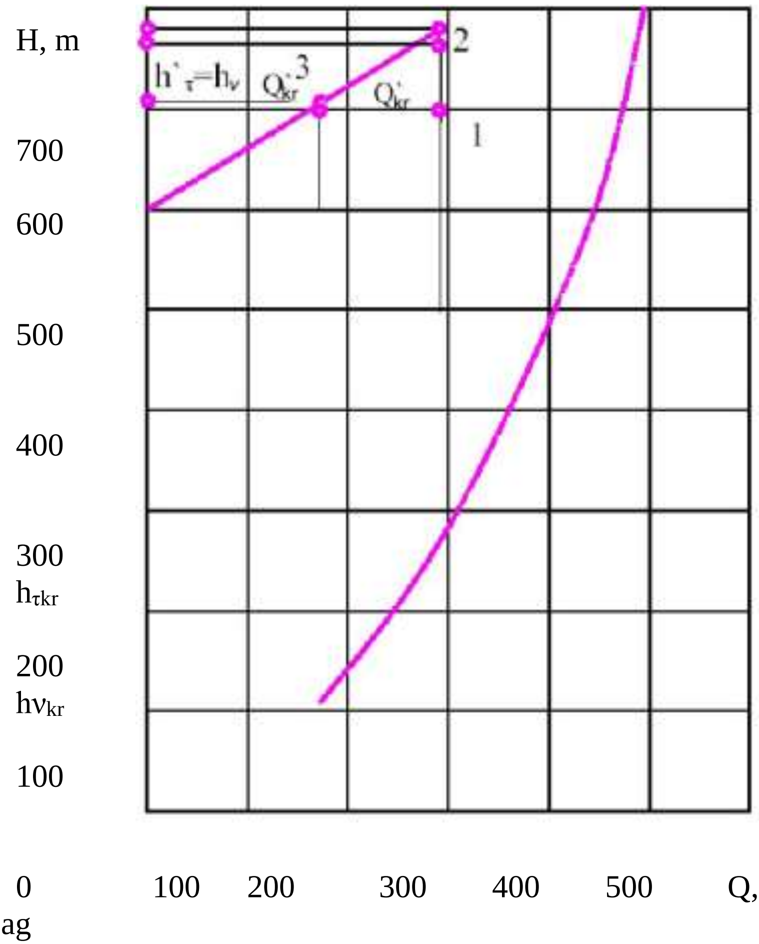
$$\frac{h_\tau}{h_\nu} = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} * \frac{Re}{64} = 1.48 \approx 1.5 \qquad (23)$$

“Gyzgyn” turbageçirijide ähli uzynlygy boýunça kadanyň çalyşygy ýuwaş – ýuwaşdan amala aşyrylmaly, bu hili bökme bolmaly däldir. Şonuň üçin hem 2 – nji suratda görnüşi ýaly izotermiki mgnowen häsiýetnamalar gurlanda kritiki nokadyň ýerine Reýnoldsyň Re'_{kr} sany alynýar, bu halda hiç – hili bökme bolmaýar.

Stosionar häsiýetnamanyň her bir nokady arkaly mgnowen häsiýetnamany geçirmek bolýar. Mgnowen häsiýetnamalaryň toruny gurmak “direg” nokatlarynyň kömegi bilen ňerine ýetirilýär. Mylal üçin: *1* – nji suratda görnüşi ýaly temperaturanyň $t_{orta} = 80°c$ orta bahasyna *2'* nokat degişlidir. *1'* – *2'* – *3'* – *4'* gurmaklyk Q_4 - harçlanmany berýär. Mgnowen häsiýetnamalaryň tory gurlanda gür toruň ýerlikli ädimi bilen amatlysyny saýlaýarlar, ýagny ol bolsa, Merkeze ymtylma nasosyň işçi parametrlerine kynçylyk bermeli däldir. Bu maksat bilen “Taslama-4” programmasynda RadioButton komponenti göz öňüne tutulan, ýagny ol turbageçirijiniň dinamiki häsiýetnamalary bilen gurlan grafikleri ýok edýän kada geçmeklige ýol berýär. Bu hili çözgüt dürli faktorlaryň täsirini derňemäge mümkinçilik berýär. (mysal üçin şepbeşik –

plastik suwuklygyň gyzdyrylma temperaturasy, klimat we şuňa meňzeş).

«gyzgyn» turbageçirijiniň häsiýetnamasy



“Taslama-4” programmasy OBJECT PASCAL dilinde Visual Studio gurşawunda işlenilip düzüldi. Ol amatly ulanyjy interfeýsine eýedir. Bu programma Windows operasion ulgamynyň islendik wersiýasy üçin niýetlenendir.

Bu programma nebitönümleriniň ýylylykgidrawliki kadalarynyň hasaby üçin niýetlenip şu aşakdaky funksiýalary ýerini ýetirýär:

1. Bölekler boýunça hasaby ýerüsti we ýerasty ýagdaýlar üçin ýerine ýetirilýär.
2. Her bir bölegiň predelinde akym kadasynyň ýagny, turbulentden laminar akyma geçişini hasaba alýar.
3. Her bir bölegiň çäginde bar bolan ýagdaýynda süýşmäniň predel naprýaženiýasyny hasaba almak bilen düzüjileri hasaplaýar.
4. Dürli algoritmler bilen ýerüsti we ýerasty böleklerde ýylylyk ýitgisini hasaplamak.
5. Her bir bölekde kriterial barlanşyk arkaly α_1 – içki koeffisiýentini hasaplamak.
6. Akdyrylýan suwuklugyň şepbeşikligini, dykyzlygyny, ýylylyksygymyny we temperaturadan ýylylykgeçirijini hasaba almak.
7. Mgnowen häsiýetnamalar toruny gurmak, onuň kňmegi bilen stasionar däl kadada nasoslaryň işleýiş parametrlerini kesgitleýär.

Hasaplamanyň netijesi tablisa we grafik görnüşinde çykýar.

Netije

Bu ylmy işde Körpeje – Balkanabat nebitgeçirijisi boýunça akdyrylýan nebitiň temperaturasynyň kadasynyň izotermıki däldir we turbageçiriji boýunça akdyrylýan nebit gaty kiçi şepbeşiklige eýedir. Şonuň üçin ony pes temperaturaly kada-da turbageçirijiden akdyrmak bolýar. Turbageçiriji boýunça akdyrylýan nebit gaty kiçi şepbeşiklige eýe bolýar. Bu nebirgeçirijisi üçin nebitiň temperaturasynyň

30º bolmagy ýeterlikdir. Ýöne ýokary şepbeşikligi bolan nebiti akdyrmak üçin temperaturany ýokarlandyrmak zerur bolup durýar. Bu meseläni çözmek üçin onuň kompýuter modeli düzüdi. Ýagny, “Taslama - 4” atly programma Visual Studio gurşawunda işlenilip taýýarlanyldy. Bu programmanyň algoritminde turbageçirijiniň parametrleri, akdyrma, ýylylykçalyşygy şeýle hem temperatura görä nebitiň häsiýetleriniň baglylygy aýdyňlaşdyrylýar. Onuň kömegi bilen sürtülmede badyň ýitgisi hem hasaplanylýar. “Taslama-4” programma üpjünçüligi grafiki görnüşde bu baglanşyklary şekillendirmäge mümkinçilik berýär. “Chart” komponentiniň kömegi arkaly turbageçirijiniň stasionar we dinamiki häsiýetnamalary gurnalýar. Kompýuter syçanjygy arkaly bu komponent masştaby üýtgetmäge we grafigi süýşürmäge mümkinçilik berýär. “CheckBox” komponentini ulanmak bilen gerekli anyk egrileri monitorda görmek bolýar. “RadioButton” komponentiniň kömegi bilen gurulan grafikleri ýok etmek kadasyna geçmeklige ýardam edýär. Ol bolsa turbageçirijiniň girdrawliki garşylygyna dürli faktorlaryň täsirine seljeriş işini geçirmäge ýardam edýär. Programmanyň kömegi bilen hasaplama tablisasyny we grafikleri monitorda şekıllendirilen görnüşde çapdan çykarmak bolýar. **“**Taslama-4**”** programmasy iki kadada gurnalandyr:

1) Magistral turbageçirijiniň stasionar häsiýernamalaryny gurnamak.
2) Magistral turbageçirijiniň dinamiki häsiýetnamalaryny gurnamak.

“Taslama-4” programmasy ulanyşda ýönekeýligi we amatly ınterfeýsi bilen tapawutlanýar. Bu programma Windows operasion ulgamynyň islendik wersiýasy üçin niýetlenendir.

GOŞUNDY 2. “Zäkli – Derweze – KS Ýylanly magistral gazgeçirijisi.

Gidrawliki hasaplamalar üçin başlangyç maglumatlar.

Gazyň düzümi, % göw. 3-nji jedwelde getirilen.

Gazyň düzümi

CH_4 - 95.70
C_2H_6 - 1.70
C_3H_8 - 0.11
C_4H_{10} - 0.03
C_4H_{10} - 0.02
C_5H_{12} - 0.06
C_6H_{14} - 0.01
C_7H_{16} - 0.01
CO_2 - 1.9
N_2 - 0.45

1. Trassanyň umumy uzynlygy – 250 *km*.
2. Başlangyç basyş P_b = 75 kg/sm^2.
3. Normatiw basyş P_n = 75 kg/sm^2.
   Gazyň başlangyç tempraturasy + 40°C.
4. Gazgeçirijiniň goýma çuňlugynda topragyň orta ýyllyk tempraturasy
   T_t = +18°C;
   Şemalyň tizligi $v_ş$ = 4 *m/sek*;
   Gurluşyk ýeriniň seýsmiki görkezijisi - 7 bal.
5. Magistral gazgeçirijisiniň ýyllyk öndürijiligini, geçirijilik ukyby Q = 10 $mlrd{\cdot}m^3/ýyl$;
   q = 1.19 $mlrd{\cdot} m^3/sag$;
6. Topragyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti: λ = 0,65 $kkal/m^2{\cdot}S{\cdot}K$.

Gazyň esasy fiziki häsýetledirijisiniň hasaby.

Egerde gazyň düzümi göwrümleýin ülüş birliginde aňladylýan bolsa, onda gazyň ortaça malýar massasy.

$M_{ort} = a_1*M_1+a_2M_2....+a_nM_n$ = 0,01(95,5·16,042 + 1,38·30,068 + 0,11·44...094 + 0,03·58,120 + 0,02·58,120 + 0,02·72,151 + 0,06·72,151 + 0,01·86,178 + 0,01·100,198 + 1,9·44,011 + 0,45·28,016) = 0,01· (1535,72 + 41,49 +4,85 + 1,74 + 1,16 + 1,44 + 4,33 + 0,862 + 1,002 + 83,62 + 12,61) = 0,01· 1688,0 = 16,88;

Bu ýerde:

a_1, a_2, a_n - % komponentleriň göwrümleýin düzümi (ülüşi).

M_1, M_2, M_1 - garyndy komponentleriň molýar massasy.

Gazyň dykyzlygy formula boýunça

$\rho = M/22,41 = 16,88/22,41 = 0,7532$ kg/m^3;

22,41 - islendik gazyň bir kilomolunyň göwrümi, m^3;

Gaz garyndysynyň dykyzlygy.

$\rho=a_1*\rho_1+a_2*\rho_2+....+a_n\rho_n$=0.01(95.7*0.6681+1.38*1.26+ 0.11*1.866+

+0.03*2.4947+0.02*2.4941+0.02*3.1633+0.06*3.1633+ 0.01*3.5849+0.01*3.5849+0.01*4.1679+1.9*1.8346+0.45*1.1 889)=0.01(63.94+1.74+0.21+0.08+0.05+0.063+0.20+0.04+0.0 4+3.49+0.54)=0.01(70.393)= 0.7039 kg/m^3;

Bu ýerde:

A_1,a_2,a_n-garyndy komponentleriň görümleýin konsentrasiýasy;

ρ_1,ρ_2,ρ_n-garyndy komponentleriň dykyzlygy (jedwel).

Gazyň howa görä atnasitel dykyzlygy.

$\Delta=\rho/\rho_w$=0.7039/1.206=0.5837;

Bu ýerde:

P_w=1.206kg/m^3;

Gaz garyndysynyň orta kritiki temperaturasy we basyşy indiki formulalar bilen kesgitlenýär.

$T_{kg}=a_1,T_{kg1},+a_2T_{kg2}+.....a_nT_{kgn}$;

$P_{kg}=a_1,P_{kg1}+a_2P_{kg2}+.......+a_n*P_{kgn}$;

T_{kg} = o,o1 (95,70 • 190,66 + 1,38 • 305,46 + 0,11 • 369,90 + 0,03 •425,20 + 0,02 • 408,10 + 0,02 • 469,50 + 0,06 • 460,40 + 0,01 •507,30 + 0,01 • 540,30 + 1,9

•304,26+0,45•126,2)=0,01(18246,16+
+421,53+40,69+12,76+8,16+9,39+27,62+5,07+5,40+578,09+56,79)= =0,01(19411,66)=194,12 K

P_{kg}=0,01(95,7•47,32+1,38•49,80=0,11•43,39+0,03•38,74 +0,02•
•37,19+0,02•34,40+0,06•34,59+0,01•30,89+0,01•27,90+1,9•75,32+
+0,45•34,61)=0,01(4528,52+68,72+4,77+1,16+0,744+0,69+2,075+ +0,31+0,28+143,11+15,57)=0,01(4765,949)=47,66 *Kg S/sm*^{2};

Magistral gazgeçirijiniň gidrawliki we ýylylyk hasaba geçirjiniň bölegininiň uzynlygyndaky gazyň ortaça temperaturasyny formula bilen kesgitleýäris

$$Tort = To + \frac{Tn-To}{al}(1-e^{-al}) - Di\,\frac{Pb^2-Pa^2}{2al\bullet Port}\left[1\frac{1}{al}\left(1-\frac{1}{al}\right.\right.$$
$$\left.\left.(1-e^{-al})\right)\right]$$

NGI - nyň birleşmesi esasynda dürli diametrleriň amatly ulanyşy 4-nji jedwelde getirilip görkezilendigini bellemek gerek.

Dürli diametrleriň amatly ulanyşy

Turbageçirjiniň Diametri, mm	529	720	820	1020	1420
Geçirjilik ukyby, Mlrd.m^3/ýyl	0,8 ÷ 1,5	1,5 ÷ 3,0	3,0 ÷ 4,0	8 ÷ 12	12,0 ÷ 20,0

WNII – gazyň teklibi esasanda geçirijilik ukyby 10,0 mlrd. m^3/ýyl bolan gazgeçirjiniň diametrini ф 1020 mm kabul edýäris. Gazy ulanmaklygynyň deňölçegsiz koeffisiýentini hasaba almak bilen gazgeçirjiniň geçirjilik ukyby.

Gazgeçirjiniň bahalaýyn geçirjilik ukybyny formula bilen kesgitlemek bolýar.

$$q=\frac{24\cdot Qm.sag\cdot 10^{-6}}{K^{o}\,m};$$

(*mln.m*^{3}*/sut,* 293,15*K* we 0,1013 *Mpa*) bu ýerde: *Q*[*m.sag*]- hemme ulanyjylaryň gazy ulanmaklygynyň utgaşdyrylan grafiginden kesgitlenýän, gazyň maksimal sagatlaýyn sarp edilmese (*m*^{3}*/sag*) ; Gazgeçirji-üçin geçirijilik ukybyny ulanyş koeffisiýentini formula bilen kesgitlenýär.

$K^{o}m = K_{ro}\cdot Knd=0{,}95\cdot 0{,}99=0{,}94$

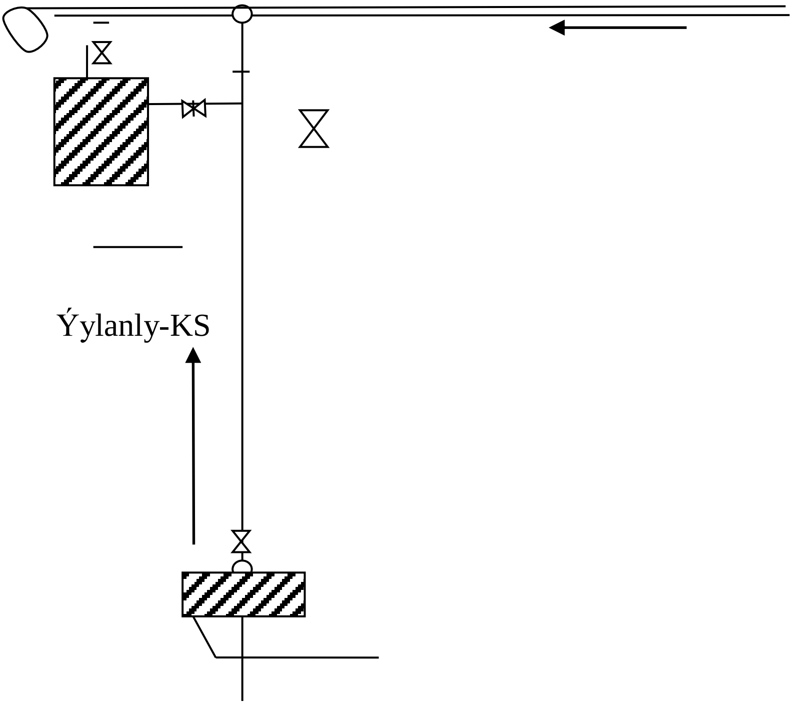
Şunlukda K_{ro}=0,95; K_{nd}=0,99 diýilip kabul edilýär.

Gazyň (sarp edilmesi) sagatlaýyn harçlanmasy deňöleçegsiz ulanyş koeffisiýentini K = 0,94 hasaba almak bilen Zäkli Depweze – KS Ýylanly gazgeçirjisi üçin gazgeçirjiniň bahalaýyn geçirjilik ukybyny formuladan kesgitleýäris.

$$q=\frac{24Qm.sag\cdot 10^{-6}}{K^{o}\,m}==\frac{24\cdot 1170000\cdot 10^{-6}}{0{,}94}=29{,}87 mln.m^3/sut.$$

$Q_{ýyl}$ = 29,87•350 = 104554,50 *mln/ýyl* = 10 455 *mln.m*^{3}*/ýyl* = 10• 10^9•455•10^6 *m*^{3}*/ýyl*;

Zäkili-Derweze-KS Ýylanly gaz geçirjiniň hasaplama çyzgysy



Zäkli-Derweze KS

Gazgeçirjinň gidrawliki we ýylylyk hasaplamasy

Gazgeçirijiniň – gidrawliki hasaplamasy ONTP 51-1-85 talabyna laýyklykda formula bilen ýerine ýetirýäris.

$$q=0{,}326\cdot 10^{-6}\bullet d^{2{,}5}\sqrt{\frac{Pb^2-Pa^2}{\Delta*\lambda*Zort*Tort*l}};$$

Gazgeçirjiniň bahalaýyn geçirjilik ukybyny formuladan.

$$q=\frac{24*Qm*sag*10^{-6}}{K\,\overset{o}{m}}=\frac{24*1170000*10^{-6}}{0.94}=29.87mln*m^3/g.g$$

$K^o m = Kro * Knd = 0{,}95 * 0{,}99 = 0{,}99$

$Kro = 0{,}95$; $Knd = 0{,}99$

q=1.170.000 m^3/sag=29,87mln.m^3/g.g.

Qýyl =29,87 x 350=10,455 mlrd. m^3/ýyl

NGI- nyň teklibi esasynda geçirijilik ukyby 10,455 mlrd. m^3/ýyl bolan gazgeçirijiniň diametrini proporsiýa arkaly öňünden kesgitleýäris.

$12*10^9$-1020 mm

$10{,}455*10^9$-x; bu ýerde

$$x = \frac{10{,}455 * 10^9 * 1020}{12 * 10^9} = 888{,}68\ mm$$

Şeýlelikde gaz geçirijiniň berlen uzynlygynyň diametrini TDS-ryna laýyklykda uly tarapa tegelekläp 1020mm kabul edýäris. Saýlanan gazgeçirjiniň diametriniň dogrulygyny gidrawliki hasaplamalar bilen anyklaýarys. Gazgeçirjiniň uzynlygyndaky gazyň orta basyşyna formula bilen kesgitleýäris.

$$Port = \frac{2}{3}\left(Pb \frac{Pa^2}{Pb+Pa}\right) = \frac{2}{3}\left(75 \frac{75^2}{75+55}\right) = 65{,}51\ kgg/sm^2 = 51{,}29 kgg/sm^2;$$

$$T=273+18=291K$$

$$Tort = \frac{Tb+Tgr}{2} = \frac{313+291}{2} = 302\ K$$

Düzüminde metan 85%-den köp bolan tebigy gazlaryň orta izobarik ýylylyk sygymy formula bilen kesgitlenýär.

$Cp = A_1 + A_2 * Tort + A_3/T^3 ort = 0{,}405 + 0{,}439 * 10^{-3} * 302 + 0{,}046 * 10^6 * *64{,}51/302^3 = 0{,}6453$ Kkal/kg*K

Gatyşyk sistemada

$A_1=0{,}405$; $A_2=0{,}439*10^{-3}$

A_3=0,046*10^6($Port^{-1}$);

Dzoul – Tomsonyň koeffisiýentiniň orta bahasyny formuladan

$$Di\frac{1}{Cp}\left[\frac{E1}{Tort}-E2\right]=\frac{1}{0,6453}\left[\frac{E_1}{302^2}-0,035\right]=0,03366$$
K/kg*S/sm^2

Gatyşyk sistemada

E_1=0,023*10^6; E_2=0,035;

Topragyň üstünden atmosfera ýylylyk berme koeffisiýentini formuladan kesgitleýäris.

$$\lambda w=m_1+m_2*V=5,3+3,6*3,8=18,98\left(\frac{\text{Kkal}}{m^2*sag*K}\right)$$

Bu ýerde:

m_1=5,3; m_2=3,6; $V\left(\frac{\text{m}}{sek}\right)$; $\lambda w\left(\frac{\text{Kkal}}{m^2*sag*K}\right)$;

$$hoe=h_{oe}=h_o+\lambda g*\frac{1}{\lambda w}=1,500++0,65*\frac{1}{18,98}=1,54m$$

λgr=0,65 (Kkal/m*sag*K);

Turbageçirijiden topraga ýylylyk berme koeffisientini formula arkaly kesgitlenýär.

$$£gr=\frac{\lambda gr}{C_3\,dn}\left[0,65+\left(\frac{C_3\,dn}{hoe}\right)2\right]=\frac{0,65}{10^{-3}*1020}\left[0,65+\left(\frac{10^{-3}*1020}{1,5400}\right)2\right]=0,6940\frac{Kkal}{m^2*sag*K};$$

Bu ýerde: $C_3=10^{-3}$;

Ýerasty gazgeçirijiler üçin, gazyň daşky gurşawa speda ýylylyk berme koeffisientini – K_{ort} formuladan kesgitlenýär;

$$K_{ort}=\left(Riz+\frac{1}{\lambda gr}\right)^{-1}=\left(0+\frac{1}{0,6940}\right)^{-1}=0,6940\frac{Kkal}{m^2*sag*K};$$

Riz=0;

Onda formuladan T_{ort} – bahasy

$$T_{ort}=T_{gr} + \frac{Tb-Tgr}{ah}(1-e^{-al}) - Di$$

$$\frac{Pb^2-Pa^2}{2al*Port}\left[1-\frac{1}{al}\left(1-e^{-al}\right)\right] = 291+\frac{313-291}{0.985}\left(1-2.71^{\;-0.985}\right) -$$
$$0.3366\frac{75^{\;2}-55^{\;2}}{2*0.985*65.51}\left[1-\frac{1}{0.985}[1-2.71]\right] = 303{,}2938983$$

bu ýerde;

$$aL=\frac{c\cdot k\cdot d\cdot L}{g\cdot\Delta\cdot c\cdot 10}=1{,}154004835$$

$$=\frac{62{,}6\cdot 0{,}6940\cdot 1020\cdot 250}{29{,}87\cdot 0{,}5837\cdot 0{,}6453\cdot 10} = 0{,}9847$$

Gazggeçirijiniň bölegindäki gazyň ahyrky temperaturasy T_a formuladan

$T_a=T_{gr}+$
$$\frac{T-T}{e} - Di\frac{P-P}{2\cdot aL\cdot P}(1-e) = 291+\frac{313-291}{0{,}9847} - 0{,}3366\frac{75-55}{2\cdot 09847\cdot 65{,}51}(1-2{,}71)$$
$=291+8{,}242-6{,}78\cdot 0{,}625 = 295{,}0045$ 287,4871055

Tebigy gazlaryň gysylma koeffisiýentini Z_{ort} basyşyň we temperaturanyň orta bahalary bilen formuladan

$$Z_{ort}=1-\frac{0{,}0241\cdot P}{\tau}=1-\frac{0{,}0241\cdot 1{,}3745}{0{,}32}=0{,}910602544$$

Bu ýerde;

$\tau = 1 - 1{,}68T_{get}+0{,}78\cdot T^2_{get}+0{,}0107\cdot T = 1 - 1{,}68\cdot 1{,}5557+0{,}78$
$\cdot 1{,}5557 = 1 - 2{,}61 + 1{,}89 + 0{,}04 = 0{,}32\ (0{,}315143237)$

Gaz garyndysynyň getirme parametrlerini formuladan

$$P_{get}=\frac{P_{ort}}{P_{kr}} = \frac{65{,}51}{47{,}66} = 1{,}3745$$

$$T_{get}=\frac{T_{ort}}{T_{kr}}=\frac{302}{194{,}12}=1{,}556517474$$

Şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýentini formuladan

$\mu = 5{,}1 \cdot 10^{-6} [1+\rho\,(1{,}1-0{,}25\rho)][0{,}037+T(1-0{,}104 \cdot Tget)]\left[1+\frac{Pget}{30(Tget-1)}\right] =$ 0,0000104617236237

=5,1·10^{-6} $[1+0{,}7039(1{,}1-0{,}25 \cdot 0{,}7039)][0{,}037+1{,}5454x(1-0{,}104 \cdot 1{,}5454)]\left[1+\frac{1{,}07616}{30(1{,}5454-1)}\right] = 5{,}1 \cdot 10^{-6}$·1,65x1,334·1,1133=0,000012563(0,00001202)

Osbarn Reýnoldsyň sanyny formuladan:

$R_e = C_2 \frac{\rho \cdot \Delta}{d_w \cdot \mu} = 1{,}81 \cdot 10^3 \cdot \frac{29{,}87 \cdot 0{,}5857}{1000 \cdot 0{,}000012563(0{,}00001202)} = 3062283$

bu ýerde; $C_2 = 1{,}81 \cdot 10^3 \cdot \frac{29{,}87 \cdot 0{,}5857}{1000 \cdot 0{,}00001202} = 3062283$

bu ýerde; $C_2 = 1{,}81 \cdot 10^3$ gatnaşyk sistemada

Gidrawliki sürtülmäniň koeffisiýentini formuladan

$\lambda_{tr} = 0{,}067\left(\frac{158}{Re} + \frac{2k}{d}\right)^{0,2} = 0{,}067\left(\frac{158}{2634333} + \frac{2 \cdot 0{,}03}{1000}\right)^{0,2} = 0{,}010854357$

Gidrawliki garşylygyň koeffisiýentini formuladan

$\lambda = 1{,}05 \frac{\lambda tr}{E2} = 1{,}05 \frac{0{,}01106}{0{,}92} = 0{,}013465354$

Şeýlelik bilen formuladan ýekelikdäki gazgeçirijiniň geçirijilik ukybyny (*mln.m*^{3}*/sut* 273,15 k we 0,1013 *MPa*) kesgitleýäris.

$$q = C_1 * d^{2.5} \frac{\sqrt{P_b^2 - P_a^2}}{\Delta * \lambda * z_{ort} * T_{ort} * L} = 0.26 * 1000^{2.5}$$

$$\sqrt{\frac{75^2 - 55^2}{0.5837*0.0137*0.89648*302.47*250}} =$$

$$0.326 * 1000^{2.5} = 31.84 mln.m^3/g.g$$

Şeýlelikde gaz geçirijiniň böleginiň berlen geçirijilik ukyby 29.87 *mln.m*^{3}*gg*

Onda saýlanan diametr ϕ1020 *mm* dogry we gazyň berlen mukdarynyň transportyny doly üpjün edýär.

EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyñ Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiñ täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiñ täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyñ we ruhubelentligiñ ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyñ Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyñ Ministrler Kabinetiniñ göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyñ 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş 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” gazeti, 2003-nji ýylyñ, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyñ nebitgaz senagatyny ösdürmegiñ 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа - М.:,1981.
11. Гурова Л.И., Сахаров С.С. Прикладные программы - М.: Статистика, 1886.
12. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем - М.:1985.
13. Ван Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ. Пер. с англ. - М.: 1985.

14. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем – М.: 2001.
15. Алиев Р.А. Белоусов В.Д. Немудров А.Г. и др. Трубопроводный транспорт нефти и газа. М «Недра» 1988. 386 с
16. Гинзбург И.П. Прикладная гидрогазодинамика Л. И др. ЛГУ, 1958, 337с
17. Лурье М.В. Полянская Л.В. Об одном опасном источнике волн гидравлического удара в нефти и нефтепродуктопроводах «Нефтяное хозяйство» №8, 2000.
18. Поршаков Б.П. Козаченко А.Н. Никишин В.И. Энергетика трубопро-водного транспорта газов. М. Гуп Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина, 2001. 398с
19. Романова Н.А. Ламинарные и трубулентные течения в трубах и каналах с подвижными стенками. Канд. Дисс, М.Моск. ин-т нефти и газ им. И.М.Губкина, 1989.
20. Седов Л.И. Механика сплошной среды, т.1 и 2. М. «Наука», 1984, 584с
21. Тихонов А.Н. Самарский А.А. Уравнения математической физики. М. «Наука» , 1966, 724с

MAZMUNY

1	**GIRIŞ**...	7
	Modelirlemek barada umumy düşünjeler.............	8
	Matematiki modelleriň görnüşleri we modelirlemegiň etaplary......................................	10
	Meseläniň goýluşy we optimallygyň şertini kesgitlemek...	12
2	**I BAP. MATEMATIKI MODELIRLEMEGIŇ UMUMY MESELELERI**..	14
	1. STASIONAR ULGAMLARY MODELLERLEMEK...	14
	Transport meselesiniň goýluşy............................	14
	Transport meselesini paýlaýjy metod bilen çözmek...	16
	Transport meselesini potensiallaryň usuly bilen çözmek	17
	“Demirgazyk-günbatar burç” usuly.....................	19
	2. DINAMIKI ULGAMLARY MODELIRLEMEK...	20
	Wolterranyň modeli..	23
	Maltusyň modeli...	25
	Yrgyldylaryň modeli...	26
	3. DISKRET DETERMINIRLENEN MODEL....	30
	Awtomatlar nazaryýeti..	30
	4. DISKRET – STOHASTIKI MODEL..............	36
	Matematiki çyzgytlary gurmaklygyň aýratynlyklary..	36
	Muranyň awtomat ähtimallygy............................	38
	5. ÜZNÜKSIZ – STOHASTIKI MODEL...........	40
	Üznuksiz – stohastiki ýoluň aýratynlyklary..........	40
	Umumylaşdyrylan model....................................	43
	6. KÖPÇILIKLEÝIN HYZMAT EDIŞIŇ	

	MODELI..	45
	Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň esasy häsiýetnamasynyň hasaplanylyşy.........................	45
3	**II BAP. TURBAGEJIRIJILER ARKALY UGLEWODORODLARY DAŞAMAGYŇ MATEMATIKI MODELLERI**........................	53
	Turbageçirijide gazyň we suwuklugyň birölçegli akymynyň matematiki modeli..............................	53
	Suwuklugyň integral häsiýetlendrijileri...............	55
	Transportirlenýän gurşawyň massasynyň saklanma kanuny (akymyň üznüksiz deňlemesi)..	58
	Akymyň hereketiniň deňlemesi............................	61
	Mehaniki energiýanyň balans deňlemesi.............	61
	Bernulliniň deňlemesi..	64
	Transportirlenýän gurşawyň akymynda içki kinetik energiýasynyň üýtgemeginiň deňlemesi...	66
	Gidrawliki ýitgi (mehaniki energiýa)...................	67
	$\lambda(Re,\xi)$ koeffisiýenti hasaplamagyň formulasy.....	70
	Doly energiýanyň balans deňlemesi.....................	72
	Stasionar akymda transportirlenýän gurşawyň temperaturasynyň paýlanylyşy.............................	74
	Turbageçirijilerde birölçegli akymyň matematiki modilirlenişi üçin doly deňlemeler ulgamy..........	81
	Turbageçirijide suwuklygyň we gazyň birölçegli akymynyňçäklendirilen matematiki modeli..........	82
	Turbageçirijide gowşak gysylýan suwuklygyň durnuklaşmadyk izotermiki akymynyň modeli.....	83
	Birikdirilen massa..	86
	Gazgeçirijide gazyň dunuklaşmadyk akymynyň modeli..	88
	Turbageçirijide gowşak gysylýan suwuklygyň durnuklaşmadyk akymy......................................	89
	Tolkun deňlemesi...	89
	Tükeniksiz turbageçirijide tolkunuň ýaýraýşy......	92
	Gaztransport ulgamy...	95

	Maýyşgak deformirlenýän turbageçirijiniň modeli..	99
	Nasoslaryň işleýşiniň matematiki modelirlenişi...	104
4	**GOŞUNDY 1. MAGISTRAL GAZGEÇIRIJILERIŇ GIDRAWLIKI HASAPLAMASY**..	111
	TASLAMANYŇ I BÖLÜMI. Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň gidrawliki hasaplamasy....	117
	TASLAMANYŇ II BÖLÜMI. Durnuklaşan (stasionar) kadada gazgeçirijiniň göniçyzykly böleginiň ýylylyk hasaplamasy............................	130
5	**GOŞUNDY 2. “ZÄKLI – DERWEZE – KS ÝYLANLY MAGISTRAL GAZGEÇIRIJISI**..	156
6	**EDEBIÝATLAR**..	166