

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**R.Esedulaýew, B.Nurmämmedow**

# **GAZ WE GAZKONDENSAT OJAKLARYNY ÖZLEŞDIRMEK**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**R.Esedulaýew, B.Nurmämmedow,** Gaz we gazkondensat ojaklaryny özleşdirmek.

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

Kitapda önümlü gatlakyň galyňlygy boýunça gatlagyň görkezijilerini we gazyň çykymyny kesgitlemek üçin guýularyň temperaturaly düzgündäki işleýişlerini ulanmak bilen baglanyşykly soraglara garalýar. Gazlaryň we gazkondensatly ulgamlaryň süzülmesindäki ýylylyk effektleriniň synagda derňewleriniň netijeleri getirilýär, öýjükli gurşawyň kondensasiýanyň başlanýan basyşyna edýän täsiri açylyp görkezilýär. Nazary barlaglaryň esasynda, guýulary termometriki derňemekligiň netijeleri boýunça, dürli önümlü gatlaklaryň çykymyny kesgitlemekligiň usuly işlenip düzüldi. Süzülme nazaryýetiniň ters meseleleriniň goýluşynyň we çözülişiniň esasynda dag jynslarynyň sorbsion häsiýetlerini we gatlaklaryň temperatura geçirijiligini kesgitlemekligiň usullary esaslandyrylýar. Temperaturanyň köpelmeye egrisiniň başlangyç bölegi boýunça gatlagyň temperaturasyny çaklamaklygyň usullary hödürlenýär.

Kitap nebitgaz ugry boýunça okaýan talyplar we aspirantlar üçin niýetlenilendir.

## GIRIŞ

Gazkondensatly ýataklary işletmek netijesinde çykarylýan tebigy gaz we kondensat himiýa senagaty üçin gymmatly çig mal bolup hyzmat edýär we halk hojalygynyň beýleki dürli pudaklarynda has giňden ulanmaklyga ýol açylýar.

Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmek baş ugruna laýyklykda gazyň we nebitiň çykarylyşyny, gaz kondensaty goşmak bilen, 2030-njy ýyla çenli degişlilikde 250 mlrd. m<sup>3</sup> we 110 mln. t ýetirmek göz önünde tutulýar.

Goýlan meseläni çözmek üçin geljegi uly bolan täze ýataklary işe girizmek bilen bir hatarda, köne ýataklaryň gaz-kondensat berijilik koeffisiýentini ulaltmak uly orun oýnaýar. Bu bolsa gatlagyň görkezijilerini we dürli önümlü gatlaklaryň işleýişlerini bilmezden mümkin däldir.

Häzirki döwürde gatlagyň görkezijilerini kesgitlemek üçin esasan derňemekligiň gazgidrodinamiki usullary ulanylýar. Şeýle hem bolsa, bu usullar bilen gatlagyň peýdaly galyňlygyny kesgitlemegiň mümkin däldigini bellemelidir. Şunuň bilen baglanyşykly, bu meseläni çözmek üçin soňky wagtlarda termometriki we debitometriki derňewleriň toplumu ulanylýar. Termometriki derňewleriň netijeleri boýunça gatlagyň görkezijilerini kesgitlemek mümkinçiligi bellenilýän derňewleriň hatary emele geldi.

Soňky ýyllarda termodinamiki derňewiň netijeleri boýunça gatlagyň görkezijilerini kesgitlemek mümkinçiligi bellenen birnäçe işler ýüze çykdy. Muňa garamazdan, häzirki döwürde termodinamiki derňewiň netijeleri gazlaryň, gazkondensatly guýularyň we gatlaklaryň ýagdaýyny anyklamak üçin ýeterlikçe doly ulanylmaýar. Bu bolsa esasan şu ugurda ýerine ýetirilen nazary we synag işleriniň mukdarynyň ýeterlik däldigi bilen baglanyşyklydyr. Ýylylyk prosesleriň derňewi diňe bir uly nazaryýet gyzyklanma döretmän, eýsem onuň wajyp amaly bahasy bardyr, sebäbi bu

derňewleriň netijeleri gaz çykarylyşyny barlamak we sazlamak üçin ulanylyp biliner. Bu bolsa öz gezeginde gaz we gazkondensat guýularynyň tehnologiýa düzgünini dogry bellemek üçin zerurdyr.

Beýan edilenler bilen baglanyşykly, işde gatlagyň görkezijilerini we önümlü gatlagyň galyňlygy boýunça gazyň çykymyny kesgitlemek üçin guýulary işletmegiň temperatura düzgünini ulanmak bilen baglanyşykly käbir meselelere hem garalýar.

Awtor Türkmenistanda ylmy we bilimi ösdürmekde ýadawsyz aladasy, alymlaryň işlemegi we döretmekligi, ýokary hünär derejeli ylmy-önümçilik hünärmenlerini taýýarlamak üçin ýeterlik şertleri döredýänligi sebäpli Türkmenistanyň Hormatly Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowa çuňňur minnetdarlygyny bildirýär.

# **1 BAP**

## **GAZLY WE GAZKONDENSATLY ÝATAKLARY IŞLENIP-GEÇILENDE ÝYLYLYK EFFEKTLERINIŇ Ä HMIÝETI**

### **1.1. Öýjükli gurşawdaky gazlaryň we gazkondensatlaryň ulgamlarynyň süzülmesinde ýylylyk effektlerini öwrenmekligiň häzirki zaman ýagdaýy**

Basyş, şeýle-de göwürüm bilen bir hatarda temperatura, önümlü kollektorda ýerleşen köpkomponentli ulgamyň termodinamiki ýagdaýyny häsiýetlendirýän esasy görkezijileriň biri bolup durýar.

Soňky döwürlere çenli önümlü kollektorlarda bolup geçýän proseslere temperaturanyň täsiri göz önünde tutulmady, ýagny senagat taýdan işlenip düzülen we ulanylanda önümlü gatlaklardaky bolup geçýän prosesleriň ählisi izotermiki prosesler diýlip kabul edildi. Temperatura şertlerini göz önünde tutmazlyk nebitli, gazly we gazkondensatly ýataklary işläp düzmek bilen bagly derňewleriň netijelerine uly täsir etjekdigi aýdyňdyr, ýagny käbir halatlarda guýyduýbi zolaklarda temperaturanyň çala üýtgemegi guýyny işletmek prosesine örän uly täsir edip bilýändigini bellidir. Meselem, temperaturanyň üýtgemegi suw buglarynyň we suwuk uglewodorodlaryň kondensirlenmegine, gazlardan we gaty fazalardan hem-de erginlerden gidratlaryň çökmegine getirýär.

Soňky ýyllarda nebit berijiligi ýokarlandyrmak maksady bilen gatlag bolan ýylylyk täsirleriniň dürli usullarynyň işlenip düzülmegi we ornaşdyrylmagy bilen baglanyşykly ýylylyk prosesleri öwrenmeklige gönükdirilen birnäçe nazary we synag derňewler peýda boldy [50, 54, 55, 41, 4, 17, 37, 40, 43, 61-63, 64, 67, 69, 70]. Gazly, gazkondensatly we nebitli ýataklary işläp geçmekde alnyp barylýan ýylylyk prosesleriň seljermesi häzirki döwürde bu prosesleri öwrenmekde aşakdaky ugurlary kesgitlemeklige mümkinçilik berýär:

1. Gaz, gazkondensat we nebit kánleri işläp geçilende başlangyç gatlak temperaturasyndan tapawutlanýan temperaturaly haýsy hem bolsa bir flýuid önümlü gatlagyň içine girizilende ýüze çykýan ýylylyk prosesleri derňemek.

2. Gatlagyň düýp zolagynda gatlagyň we guýy düýbiniň arasyndaky basyşyň peselmesiniň hasabyna bolup geçýän drossel prosesleri derňemek.

3. Haýsy hem bolsa bir flýuid önümlü gatlagyň içine girizilende ýüze çykýan ýylylyk prosesleriň täsirini we drossel prosesleriň gatlak flýuidleriniň reologik häsiýetlerine täsirini öwrenmek.

Ýokarda belleýşimiz ýaly, nebit berijiligini ýokarlandyrmak maksady bilen birnäçe nazary we synag derňewleri gatлага we gatlagyň guýy düýbi zolagyna ýylylygyň täsirini öwrenmeklige bagyşlanandyr. Şunuň bilen birlikde, edebiýatlardaky maglumatlar boýunça gazkondensat berijiligini ýokarlandyrmak maksady bilen gatлага we gatlagyň guýy düýbi zolagyna ýylylyk täsiriniň ýeterlikçe öwrenilmändigini bellemek gerek.

Öýjükli gurşawdaky gazlaryň we gazkondensatlaryň süzülmesinde termodinamiki prosesleri öwrenmeklige häzirki wagta çenli az üns berildi, ýöne şeýle-de bolsa, bu prosesleri esasan hil taýdan beýan edýän nazary we synag işleri bardyr.

Nebit gatlaklarynda temperaturanyň üýtgemegine bagyşlanan [9, 71] işlerde gatlaklardaky gazlaryň giňelmesi izotermiki we adiabatik prosesleriň aralygyndaky ortaça ýagdaýy eýeleýändigini barada netije aýdylýar.

Birnäçe awtorlar [23, 71, 19] öýjükli gurşawdaky gazlaryň hereketine politropanyň hemişelik görkezijisindäki politropiki proses hökmünde garaýarlar. Bu awtorlar özläriniň soňraky hasaplamalarynda, hiç hili esassyz, politropanyň görkezijisini 1-e deň diýip alýarlar, ýagny öýjükli gurşawdaky gazlaryň hereketi izotermiki prosesde bolup geçýär diýip guman edýärler.

Ilkinji gezek B.B. Lapuk [24] işde termodinamikanyň

we gidrodinamikanyň esasy başlangyçlaryndan ugur alyp, öýjükli gurşawdaky gazlaryň we suwuklyklaryň süzülmesiniň entalpiýanyň hemişelikdigi bilen häsiýetlendirilýändigini görkezdi. Termodinamikadan belli bolşy ýaly, entalpiýanyň hemişelikdigi bilen drossel prosesler häsiýetlendirilýär. Şeýle bolsa-da, [20, 25, 26] işleriň awtorlary aşakdaky ýol bermeler esasynda öýjükli gurşawdaky gazlaryň we suwuklyklaryň süzülmesine, termodinamiki nukdaý nazardan, drossel prosesleri hökmünde garaýarlar:

1. Öýjükli gatlagyň her bir bölegi we tutuş gatlak bitewiligine termodinamiki üznelenen ulgam hökmünde garalypdyr.

2. Gaz bilen öýjükli gurşawyň arasyndaky temperaturanyň tapawudyny şertlendirýän öýjükli gurşawdan gaza bolan ýylylyk geçirijiligi göz önünde tutulmaýar.

3. Gurşawyň ýylylyk geçirijiligi netijesinde öýjükli gurşawdaky radius ugur boýunça ýylylyk geçirijilik we şol ugur boýunça gatlagyň temperaturasynyň üýtgemegi göz önünde tutulmaýar.

Drosselirlemekdäki temperaturanyň üýtgemesi:

1. Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň bahalary baradaky maglumatlaryň esasynda.

2. Entalpiýa diagrammalarynyň esasynda kesgitlenilip biler.

Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň esasynda temperaturanyň üýtgemesini kesgitlemek üçin [27] işiň awtorlary metan we Los-Anjelesiň çüwdürilýän Domunguýes kâninden alnan tebigy gaz üçin Joul-Tomson koeffisiýentleriniň synag maglumatlaryny [Budenholzer R.A., Sage B.N. and Lacey W.H. [65, 70] peýdalandylar. Häzirki wagta çenli aýry-aýry komponentler we gazkondensat ulgamlar üçin, töwerekdäki gurşaw bilen ýylylyk çalşygyny göz önünde tutmazdan, Joul-Tomsonyň koeffisiýentlerini kesgitlemek boýunça synag derňewleriň netijeleri getirilen [48, 49, 19] işleriň bardygyny bellemek gerek.

İkinji usul boýunça gazlary drossellemekdäki temperaturanyň üýtgemesi tebigy gaz üçin [65, 72] synag maglumatlary boýunça [27] işiň awtory tarapyndan düzülen entalpiýalaryň diagrammasynyň kömegi bilen kesgitlenip bilner.

Awtor tarapyndan [28] işde ýylylyk geçirmäni, bugarmak ýylylygyny we kondensasiýany, kapilýar effektleri we Darsi kanunyny hasaba alýan differensial deňlemeler ulgamy çözülýär. Emma, seredilýän deňlemelerde Joule-Tomsonyň effektiniň täsiri we adiabatik giňelmäniň temperatura effekti hasaba alynmandyrlar.

[68] işiň awtorlary tarapyndan hem Joule-Tomsonyň effektini hasaba almazdan süzülýän suwuklyklaryň we gazlaryň energiýasynyň deňlemesi alnypdyr.

Guýynyň düýbüne tarap hereket edýän gazlaryň temperaturasynyň üýtgemesine garamaklyk temperaturanyň drossel effektiniň hasabyna peselmegi netijesinde suw buglarynyň we suwuk uglewodlaryň kondensasiýasyna, gazlardan gidratlaryň we erginlerden gaty fazalaryň çökmegine getirmeginiň mümkindigini görkezýär, bu bolsa öz gezeginde guýydüýbi zolagyň görkezijileriniň ýaramazlaşmagyna getirýär.

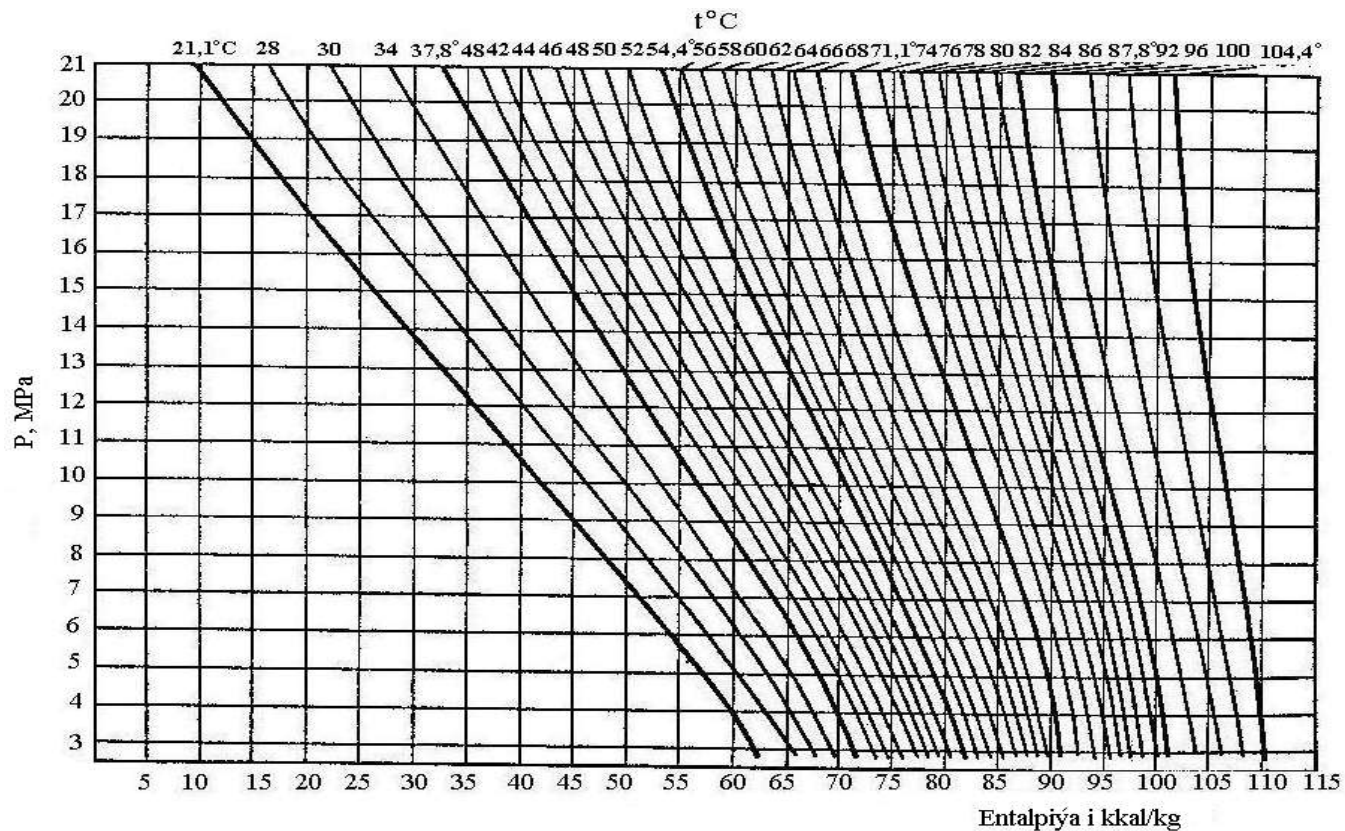
Basyşyň we temperaturanyň peselmegi netijesinde kondensirlenýän suw buglarynyň mukdary A.A. Briskmanyň [5] jemleýji çyzysy boýunça kesgitlenýär.

Nebitli gatлага ulanarlykly birjynsly we köpkomponentli suwuklyklaryň izotermiki däl süzülmesiniň hasapyň esaslarynyň I.A. Çarnynyň [50, 51], P.P. Zolotarýowyň [10, 11, 12], E.B. Çekalýugyň [57, 56, 55], D.I. Rubinşteýniň [41, 42], A.K. Kurbanowyň, M.D. Rozenbergiň [16], N.A. Awdoniniň [1, 2, 3] işlerinde düýbi tutulandyr.

E.B. Çekalýuk tarapyndan [57] işde, izotermiki däl süzülme ýagdaýy üçin, gatlakdaky maýyşgak birjynsly suwuklyklaryň we gazlaryň akymy üçin energiýanyň doly differensial deňlemesi alyndy.



1-nji surat. Tebigiy gaz üçin entalpiýa diagrammasy.



Köpkomponentli suwuklyklaryň izotermiki däl süzülme ýagdaýy üçin A.K. Kurbanow we M.D. Rozenberg [16] tarapyndan energiýanyň deňlemesi alyndy.

[51, 10, 57, 16] işlerde töwerekdäki gurşawa we öýjükli gurşawyň skeleti bilen drosselirleýji flýuidiň ýylylyk alyş-çalyşygynyň göz önünde tutulmandygyny bellemelidir.

[6, 7, 8, 22] işlerde bolsa bir we iki fazaly akymalaryň süzülmesinde gatlagyň parametrlerini kesgitlemek üçin termometriki derňewleriň netijelerini amalyýetde peýdalanmak mümkinçiligi bellenipdir.

[13] işde jaýrykly dag jynslaryaryndaky süzülýän suwuklyklaryň we blokda ýerleşýän suwuklyklaryň arasyndaky ýylylyk alyş-çalyşygyny hasaba almak arkaly jaýrykly jynslardaky suwuklyklaryň süzülmesinde bolup geçýän ýylylyk efektlerine garalypdyr.

Ýokarda aýdylanlardan, öýjükli gurşawdaky gazyň süzülmesini awtorlaryň biriniň arassa izotermiki proses diýip hasap edýändigini, beýlekileriniň bolsa öýjükli gurşawdaky gazyň süzülmesinde töwerekdäki gurşaw we öýjükli gurşawyň skeleti bilen ýylylyk alyş-çalyşygy bolmadyk drossel efektiniň barlygyny kabul edýändigini gelip çykýar. Hakyky şertlerdäki hadysalaryň şu çetki ýagdaýlaryň arasynda bolup geçýändigini bellemelidir. Şu nukdaý nazardan öýjükli gurşawdaky, ýylylyk alyş-çalyşygy bolan, drossel efektlerini nazary we synag taýdan derňemeklik kesgitli gyzyklanmalary döredýär.

Aýdylanlardan görnüşi ýaly, gazlary we gazkondensat ulgamlary drossellemeklige bagyşlanan işleriň mukdarynyň örän ujypsyzdygy aýdyňdyr. Ýylylyk alyş-çalyşygy bar bolan gazyň temperaturasynyň üýtgemekligine bagyşlanan ilkinjileriň biri bolan derňewiň I.P. Mosolkowýň [33] synag derňewidigi bize bellidir.

[33] işiň awtory tarapyndan, gatlagyň şekiliniň ýeterlikçe uly ölçeglerindäki we basyşyň uly bolmadyk peselmesindäki Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň kiçi ululyga eýe bolan

halatynda, diňe howanyň süzülmesi ýagdaýynda derňewler geçirilipdir, bu bolsa drossel efektiniň hasabyna temperaturanyň üýtgemesini ýüze çykarmaga mümkinçilik bermändir.

Soňra [66] işiň awtorlary tarapyndan üznelenen gatlakda howanyň durugyşan göniçyzykly hereketiniň 2,85 m uzynlykda, basyşyň 1,573 MPa peselmesinde synag derňewleri geçirildi, bu derňewler netijesinde “temperaturanyň we basyşyň şuna meňzeş şertlerindäki howanyň hereketinde Joule-Tomsonyň effektiniň netijelerindäki temperaturanyň peselme maglumatlary bilen oňat gabat gelýän temperaturanyň peselmesine gözegçilik edildi.

Öýjükli gurşawdaky ýylylyk alyş-çalyşygy [59] monografiýada örän oýlanyşykly beýan edilipdir. Bu işiň awtory drossel efektlerini hasaba almazdan öýjükli gurşawdaky ýylylyk alyş-çalyşygyna garapdyr, ýagny süzülmäniň dürli tizlikleri, öýjükli gurşawyň temperaturasyndan tapawutly başlangyç temperatura bilen öýjükli gurşawda gaz süzülmesi bolup geçýär. Synag derňewiň netijesinde awtor tarapyndan  $Nu=f(Re)$  [17] görnüşli baglanyşyk alynypdyr, bu ýerde  $Nu$  – Nusseltiň kriteriýasy,  $Re$  – Reynoldsyň sany.

Ý.A. Balakirew [6] işde bir we iki fazaly (gaz, suwuklyk, gazlandyrylan suwuklyk) akymalaryň drosselleniş synagyny geçirdi. Şunlukda gatlagyň skeleti bilen ýylylyk alyş-çalyşygy hasaba alyp, töwerekdäki gurşaw bilen ýylylyk alyş-çalyşygy hasaba almazdan drossellemek boýunça synaglar geçirildi. Töwerekdäki gurşawyň ýylylyk alyş-çalyşygynyň täsirini aradan aýyrmak üçin gatlagyň şekili adiabatik örtük bilen ýylylyk galtaşygyna getirildi. Bu işde gatlagyň görkezijilerini temperaturanyň köpeme egrileri boýunça hem kesgitlemek mümkinçiligi belenilýär.

Ý.P. Korotaýew [18] işde senagat meýdança derňewleriniň esasynda guýynyň düýbündäki temperaturanyň peselmesiniň gatлага bolan depressiýa baglanyşygyny gurdy

we olary entalpiýa diagrammasynyň [27] maglumatlary bilen deňeşdirdi. Şunlukda Ý.P. Korotaýew “4 MPa tertipli uly mukdardaky depressiýada-da guýynyň düýbündäki temperatura gatlakdakydan bary-ýogy 3 °C pesdir” diýip belleýär. Entalpiýa diagrammalary boýunça temperaturanyň peselmesiniň synag maglumatlarynyň netijeleri bilen nazary hasaplamalaryny deňeşdirmeklik, olaryň biraz tapawutlanýandygyny görkezýär. Temperaturanyň [27] işdäki maglumatlardakydan pes bahalary gazyň öýjükli gurşawyň skeleti we töwerekdäki gurşaw bilen ýylylyk alyş-çalyşygy arkaly düşündirilip bilner.

[45] işde senagat derňewleri netijesinde 1-3 MPa çenli depressiýada gatlakdan çykýan nebitiň temperaturasynyň bary-ýogy 0,3 – 0,6 °C ulandygy görkezilendir.

[45, 46] işlerde drossel effektiniň hasabyna temperaturanyň üýtgemesiniň, köp halatlarda, nebitiň we gazyň reologiki häsiýetlerine düýpli täsir edýändigini belenilýär. Şeýlelikde, meselem, [21] işiň awtorlary Bitkowskiý ýatagynda synag arkaly parafinli nebitiň, ýylylyk alyş-çalyşygyny hasaba almak bilen, öýjükli gurşawdan geçýän süzülme prosesinde temperaturasynyň üýtgemesine garadylar.

Synag derňewleriniň esasynda ýokardaky işleriň awtorlary ulanylýan guýularyň guýy düýbi zolagynda nebitden parafiniň aýrylmagy üçin käbir şertleriň döreýändigini baradaky netijä gelýärler. Şunlukda, süzülýän nebitiň temperaturasy öýjükli gurşawyň çykalgasynda ýerleşdirilen termopara arkaly ölçenildi. [45] işde Ý.W. Teslýuk, M.D. Rozenberg we başgalar drossel effektiniň hasabyna temperaturanyň üýtgemesiniň käbir halatlarda şepbeşiklige, doýgunlygyň basyşyna we udel agrama düýpli täsir edýändigini, käbir halatlarda bolsa flýuidiň faza ýagdaýynyň üýtgemegine getirýändigini, meselem, nebitden parafiniň, mineral duzlaryň we kristallogidratlaryň çökýändigini belleýärler.

Şeýlelikde, ýylylyk alyş-çalyşygy bar bolan drossel effektiniň hasabyna temperaturanyň üýtgemesini öwrenmeklige

bagyşlanan işleriň gysgaça seljermesi, häzirki wagta çenli bu meseläni öwrenmeklik boýunça örän az sanly işleriň ýygnanandygyny we ähli işleriň netijeleriniň bolsa esasan öwrenilýän prosesi hil taýdan bahalandyrmaklyga getirilýändigini bellemeklige mümkinçilik berýär.

Garalýan prosesleri hil taýdan öwrenmeklige synanyşylan işleri bolsa (esasan senagat derňewleri), netijelerini beýleki şertler üçin ulanyp-ýaýradyp bolmaýan, bölekleyin meseleler çözülýän işleriň hataryna goşmak bolar. Şeýle-de senagat derňewleriniň netijelerine her biriniň täsirini göz önünde tutmaklyk örän kyn bolan tebigy şertleriň ähli köp görnüşliligi täsir edip biler.

Soňa görä, gatlagyň skeleti bilen, şeýle-de daş-töwerekdäki gurşaw bilen ýylylyk alyş-çalyşygy bolanda gazlaryň we gazkondensat ulgamlarynyň temperaturasynyň üýtgeýiş kanunalaýyklygyny has anyk we çuň öwrenmek üçin ýörite laboratoriya derňewlerini geçirmeklik talap edilýär.

Bu işleriň ählisine garamaklyk, häzirki wagta çenli gazkondensatyň süzülmesinde ýüze çykýan termodinamiki prosesleriň we gatlagyň temperatura meýdanyna tersin ýaýbaňlanýan (retrograd) hadysalarynyň täsiriniň ýeterlikçe doly öwrenilmändigini bellemeklige mümkinçilik berýär. Şunuň bilen birlikde, önümlü gatlaklardan gazyň akymyny çaklamaklygyň, olaryň çykymlaryny kesgitlemekligiň, gatlagyň tebigy ýylylyk meýdanyny çaklamaklygyň ýeterlikçe doly öwrenilmändigini we soňraky nazary we synag barlaglarynyň talap edilýändigini bellemelidir.

## **1.2. Gazlaryň we gazkondensat ulgamlaryň süzülmesinde drossel effektlerini derňemekligiň bar bolan usullarynyň gysgaça beýany**

Öň belleniپ geçilişi ýaly, daş-töwerekdäki gurşaw bilen ýylylyk alyş-çalyşygyny göz önünde tutýan gazlaryň we gazkondensat ulgamlarynyň süzüjiligindäki drossel effektini öwrenmeklige bagyşlanan synag derňewleriniň mukdary örän azdyr. Şunlukda, awtorlaryň her biri goýlan meseleden ugur alyp, synag geçirmek meselesine özleriçe çemeleşýärler. Awtorlaryň biri synag şekili ulansalar, beýlekileri synag şertlerini hakykata (esasan senagat derňewlerine) golaýlaşdyrmaga çalyşýarlar.

Guýularda geotermiki derňewleri geçirmek üçin ýeterlik takyklygy bolan ýörite enjamyň bolmagy zerurdyr.

Guýulardaky temperaturany ölçemek üçin ilkinji abzallaryň biri maksimum termometri bolup, ol temperaturanyň diňe bir bahasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär, ýöne ol guýulardaky temperaturanyň otrisatel kada gysarmasyny kesgitlep bilmeýär.

Aşak düşürme-ýokary galdyrma amallary prosesinde temperaturanyň bellenen bahasynyň üýtgemegi tebigydyr, bu bolsa ýalňyşlyklara getirýär. Mundan başga-da, derňew prosesinde täsirli galyňlygy bölüp almak üçin önümlü gatlakyň ähli galyňlygy boýunça temperaturanyň ýaýraýşy hakyndaky maglumatlary almak zerurdyr. Simap sütünjiginiň ýagdaýyny surat kagyzyna belläp alýan ýörite fototermometri ulanmaklygyň hasabyna birinji yetmezçilik aradan aýryldy.

Soňky döwürlerde termometrleriň dürli görnüşleri we gurluşlary ýüze çykdy: görkezmesini ýerinde belläp alýan manometriki we bimetalliki datçikli (ibergiçli) termometrler, uzakdan ölçeyän “köprijik” çyzyly elektrik garşylyk termometrleri we başga-da birnäçe termometrler [39].

Emma olaryň hemmesiniň käbir yetmezçilikleri bar: termometrleriň käbiri görkezijini ýokary şekillendirýär, emma

şol bir wagtda ol uly ýylylyk inersiýa eýe bolýar, başgalary bolsa az inersiýaly bolup, uly deňeşdirme duýylygya eýedir, emma wagta görä durnukly däl. Şunuň bilen bagly, soňky döwürlerde täze gurluşly termometrleriň birnäçesi işlenip düzüldi: ýarymgeçirijili termogarşylyk we segnetoele katriki warikondlar [35].

Termistorlar we warikondlar gurluşynyň könelmesi zerarly öz görkezijileri boýunça durnukly däl bolmak bilen, şol bir wagtda hil taýdan birnäçe örän gymmat baha eýedirler. Degişli türgenleşmelerden soň, bir ölçeg prosesinde, olar deňeşdirme ölçegleriň ýokary durnuklylygyny saklaýarlar. Olary ýokary duýylylykly we az inersiýaly ulanmak üçin guýudaky temperaturany ölçemegiň ön ýanynda, ýa-da guýudaky temperaturanyň ölçelýän prosesinde olary has durnukly datçikler boýunça kalibrlemek zerurdyr.

Ýarymgeçirijili termogarşylyklaryň we warikondlaryň edil şu häsiýetleri nebitli we gazly ýataklaryň ýylylyk düzgüni derňemek üçin termometrleriň has önäýli gurluşlaryna esas bolup hyzmat etdi.

Şeýlelik bilen, hereket edýän gaz guýularynyň düýbündäki drossel effektini derňemek meselesiniň tehniki tarapy häzirki döwürde düýpli kynçylyklara sezewar däl we ähli awtorlar tarapyndan birmeňzeş üstünlikde diýen ýaly çözülýär.

Öň belläp geçişimiz ýaly, senagat derňewleriniň netijelerine her haýsynyň täsirini göz önünde tutmak örän kyn bolan tebigy şertleriň ähli köp görnüşliligi täsir edip biler.

Şoňa görä, ýylylyk alyş-çalyşygy bar bolan drossel effektiniň netijesinde temperaturanyň üýtgeýiş kanunalaýyklygyny has anyk we çuň öwrenmek üçin ýörite laboratoriya derňewlerini geçirmeklik talap edilýär.

Laboratoriya synaglarynda gatlakda bolup geýýän tebigy gidro- we termodinamiki hadysalary dolylygyna dördip bolmaýar, ýöne olar gatlakdaky tebigy şertlere maksimum ýakyn bolmalydyrlar. Uly synag maglumatlarynda öwrenilýän

prosesiň häsiýetini we ugryny otnositel takyk ýüze çykarmaga ýardam edýänligi sebäpli, laboratoriýa synaglary uly baha eýedirler.

[6] işiň awtorlary drossel effektkini hasabyna süzülýän gazyň temperaturasyny ölçemek üçin gatlagyň başynda, ortasynda we ahyrynda oturdylan goşa termojübüti ulandylar.

[6, 46] işlerde süzülýän flýuidiň temperaturasyny ölçemeklik goragsyz termopara bilen amala aşyrylandygyny bellemeklik zerurdyr. Goragsyz termopara onuň kontaktynyň gaty bölejikler bilen sepleşmegi netijesinde şol gaty bölejikleriň we süzülýän flýuidiň aramlyk temperaturasyny görkezýär.

Ýokarda beýan edilenlerden görnüşi ýaly, sanalyp geçilen usullaryň hiç birini hem ýylylyk alyş-çalyşygy bar bolan drossel effektini laboratoriýada anyk we çuň öwrenmek üçin ulanmak bolmaýar. Aýdylanlar bilen baglanyşykly, laboratoriýa şertlerinde drossel effektiniň hasabyna süzülýän gazyň temperaturasyny ölçemek üçin uly duýyjylykly has kämil abzalyň döredilmegi zerurdyr we drossel effektiniň hasabyna gazyň temperaturasynyň üýtgame ululygyna öýjükli gurşawyň özüniň temperaturasynyň täsirini ýok etmekligiň (aýyrmaklygyň) ýollaryny işläp düzmeli.

### **1.3. Öýjükli gurşawda drossel effektini öwrenmek üçin synag desgasyňyň aýry-aýry böleklerini we çyzgysyny işläp düzmek**

Goýlan meseläniň derňewine laýyklykda, synag gurluşynyň çyzgysy işlenip düzülende aşakdaky talaplardan ugur alyndy:

1. Gurluş basyşyň üýtgesiminiň zerur aralygyny üpjün etmelidir.

2. Derňelýän prosesiniň zerur bolan ähli parametrlerini ölçemekligiň howpsuzlygyny, ýönekeýligini we takyklygyny üpjün etmelidir.

3. Gurluş süzülýän gazyň temperaturasynyň üýtgeýişiniň



üzniüksiz ýazgysyny geçirmeklige mümkinçilik bermelidir.

Şunuň bilen baglylykda, derňew prosesiniň gatlagla degişli basyşlarda geçirilmegi hökmandyr, biz elektrikýötetgiç bilen herekete getirilýän ýangyç nasosyny (basyşy 50 MPa çenli artdyrmaga ukyply) oturtmaklygy göz önünde tutdyk.

Süzülýän gazyň temperaturasynyň üýtgemesini ölçemek üçin biz kiçi göwrümlü ýarymgeçirijili 0,05 mm diametrli temperatura datçigini ulandyk. Kiçi göwrümlü ýarymgeçirijili temperatura datçikleriniň kiçi ýylylyk inersiýasyna we uly deňeşdirme duýujylyga (0,01 °C) eýediklerini bellemek zerurdyr.

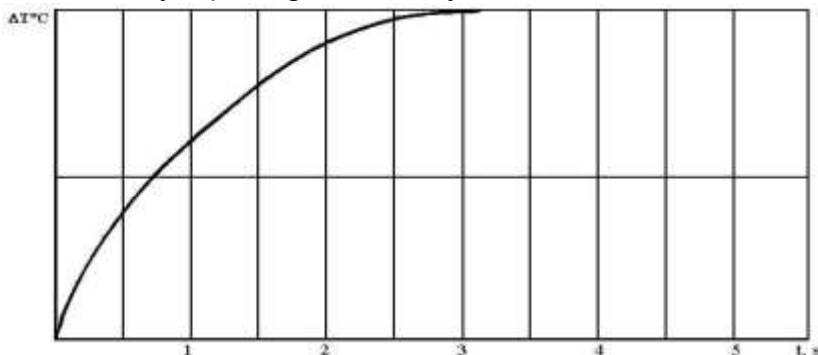
Hemişelik ýylylyk inersiýasyny hasaplamaklyk

$$\Delta T = \Delta T_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (1.1)$$

görnüşli belli formula boýunça geçirildi [29, 30], bu ýerde  $\Delta T_0$  – temperaturanyň böküş görnüşli üýtgemesidir, ýagny kiçi göwrümlü temperatura datçigini gurşaýan gurşawyň temperaturasy bilen bu datçigiň başlangyç wagtdaky temperaturasynyň tapawudydyr. Iki sany  $t_1$ ,  $t_2$  wagt pursatyndaky temperaturanyň  $\Delta T_1$  we  $\Delta T_2$  üýtgemesini bilip  $\tau$  wagt hemişeligini

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \Delta T_1 - \ln \Delta T_2} \quad (1.2)$$

formula boýunça kesgitlemek bolýar.



2-nji surat. Temperatura datçiginiň wagt hemişeligini kesgitlejiçyzy.

1) 2-nji surata görä, berlen datçik üçin wagt hemişeligi 5 s. deň. Bar bolan çeşmelere esaslanyp, biz öýjükli gurşawdaky süzülýän gazyň temperaturasyny ölçemeklige niýetlenen şeýle kiçi göwrümlü ýarymgeçirijili temperatura datçikleriniň tapgyrlyýyn köp mukdarda çykarylandygy baradaky maglumatlara duş gelmedik. Şonuň üçin biz ýörite guty gurluşsyny işläp düzdük we synagdan geçirdik (3-nji surat).

Biz gutyny işläp düzmekde aşakdaky talaplardan ugur aldyk:

1)  $p=45$  MPa basyşda çykyş simlerini jebisleşdirmäni üpjün etmek;

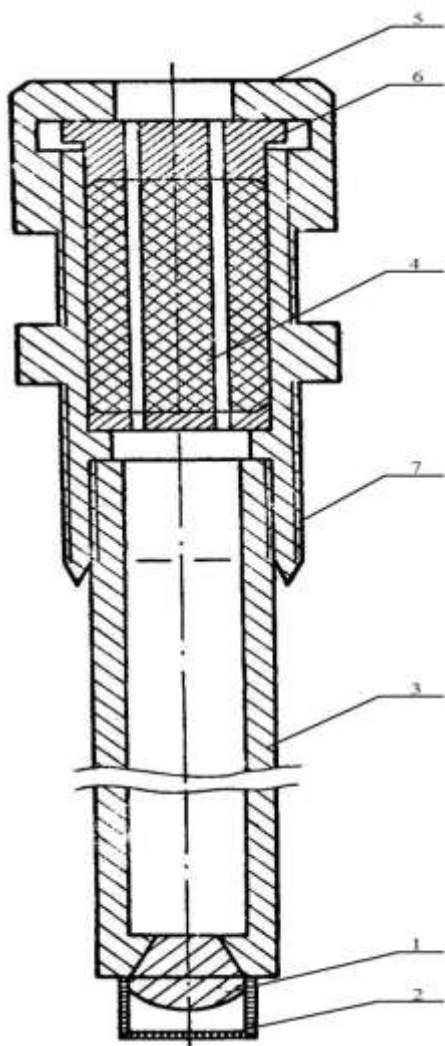
2) synç edilen öýjükli gurşawa gutynyň jebis girmegi we datçigiň düýujy elementini döwürlemekden goramagy hökmandyr;

3) gazyň temperaturasyny bellemek üçin datçigiň düýujy elementiniň üstünden onuň (gazyň) erkin geçmegine mümkinçilik berilmelidir;

4) dag jynsynyň temperatura meýdanynyň inertliliginiň täsirini aradan aýyrmak üçin gutynyň uýyndaky materialynyň gowy ýylylyk geçirijiligi bolmalydyr.

4-nji ftoroplast dykyzlandyryjyda (3-nji sur.) ýörite deşilen deşiklerden simleri jebisleşdirmek 6 dartyjy nurbat arkaly amala aşyryldy. Gazyň temperaturasynyň ululygyna öýjükli gurşawyň özüniň temperaturasynyň täsirini aradan aýyrmak üçin temperatura datçiginiň 1 düýujy elementi, gazyň we gazkondensat garyşmasynyň erkin geçmegine mümkinçilik döredýän, diametri  $d=0,05$  mm deşikli 2 ýuka alýumin gabara bilen üznälandi.

Şeýle datçikleriň döwürlen ýa-da işlemedik mahaly, olary çalyşmak üçin biz ýazylyp beýan edilen gurluşdaky datçikleriň 16 sanysyny ýasadyk.



1 – temperaturanyň ýarymgeçiriji datçigi;

2 –  $d=0,05$  mm deşikli alýumin gabara;

3– temperatura datçiginden potensiometre signal iiberer ýaly boş turbajyk;

4 – ftoroplast dyky;

5 – salnik üsti;

6 – dartyjy nurbat;

7 – temperatura datçiginiň gutysy.

3-nji surat. Temperaturanyň ýarymgeçirijili datçigi.

#### 1.4. Synag gurluşynyň we gatlak şekilinde synaglary geçirmeklige taýýarlygynyň ýazgysy

Öýjükli gurşawdaky gaz we gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesinde drossel efektlerini öwrenmek üçin ýörite gurluş ýasaldy. Şekiliň gurluşy we synag gurluşynyň prinsipial çyzgysy 4-nji suratda getirilendir.

Synag gurluşy dört sany bölekden ybaratdyr: gazkondensat garyndysyny we gazy taýýarlaýjy we nasoslap gatlagy iteriji, gazyň basyşyny we çykdajysyny ölçeýji, gazyň temperaturasynyň üýtgeýşini ölçeýji bölekler we gatlak şekili.

Birinji bölek PVT-7 bolan 22 gurluşdan durup, onda gazkondensat garyndysy taýýarlanýar, mundan başga-da 1, 2 gazly ballonlar, ýokary basyşa çydamly 6, 7 gaplar we 20, 21 ölçeg pressleri bardyr.

PVT-7 bombasy görüş aýnasy bilen üpjün edilen bolup, onda şkalaly we şkalaly iki sany porşen bardyr. Şolaryň görkezmeleri boýunça nusgalygyny we suwuk fazanyň göwrümi kesgitlenýär. Porşenleriň arasynda ýerleşen nusganyň göwrümi

$$V_{np} = 2,69 + 3,85(N_n + N_n)$$

(1.3)

formula boýunça hasaplanýar, bu ýerde  $V_{np}$  – nusganyň göwrümi;  $N_n$ ,  $N_n$  – degişlilikde çep we sag porşunyň görkezmesi.

Haçan-da ýokary basyşa çydamly 22 gaplar 45<sup>0</sup> ýapgytlykda goýulan we suwuklygynyň derejesi görüş aýnasynyň ortarasynda bolan ýagdaýynda suwuk fazanyň göwrümi çep porşeniň görkezmesi boýunça kesgitlenýär.

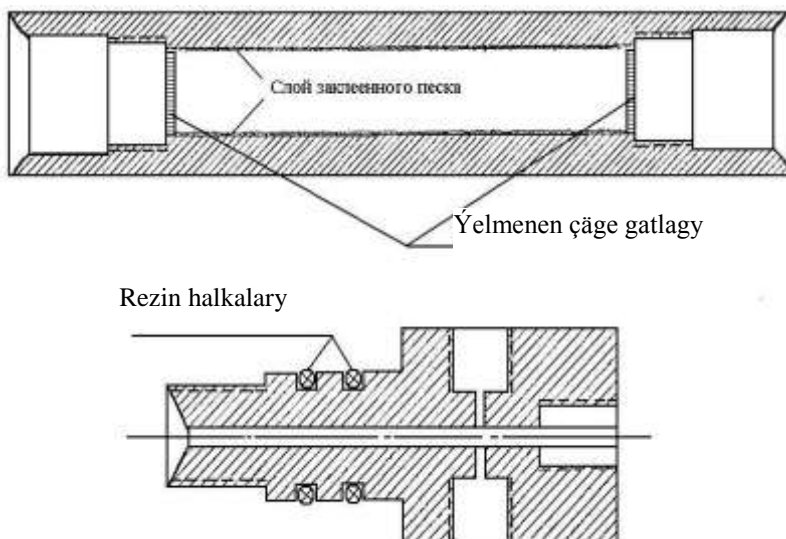
Iş temperaturasyny döretmek üçin 6, 7, 22 bombalar üstünden aşaaftermostatdaky temperaturasy hemişelik saklanýan suwuklyklary itergiläp geçirilýän köýnekde ýerleşdirilendirler. 6, 7, 22 bombalaryň üstleri bolsa ýylylykdan üznälenen örtük bilen örtülendir. Gaz bilen suwuklygynyň arasyndaky termodinamiki deňagramlylygy

döretmek üçin ýokary basyşa çydamly 6, 7, 22 gaplar özleriniň gatlakal oklarynyň daşynda 180°-a çenli iki-baka yranýarlar.

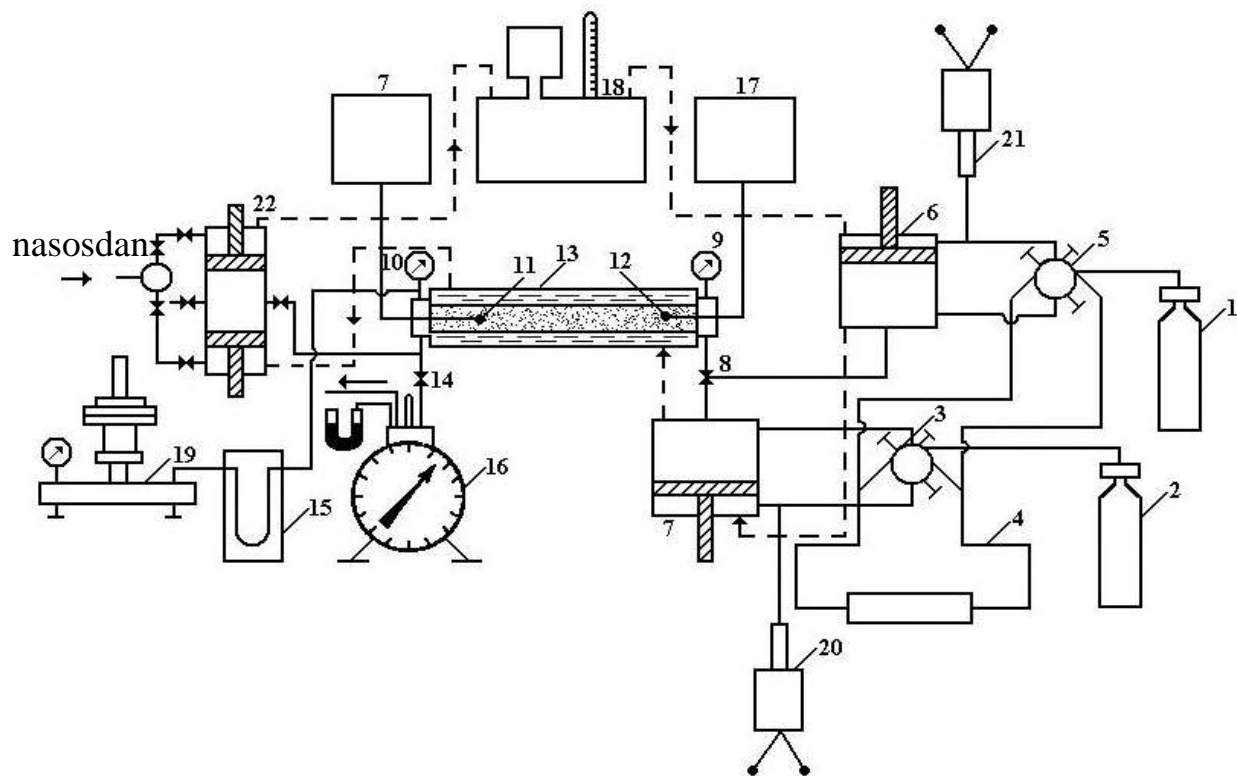
Öýjükli gurşaw 13 hökmünde berkligi ýokary polatdan ýasalan silindr görnüşli, ýokary basyşa çydamly we galyň diwarly gap (5-nji surat) ulanyldy.

Kolonka bilen çägäniň arasyndan gazyň syzyp çykmazlygy üçin gabyň içki üstünde ownuk hyr kesilýär, soňra bolsa gaba BF-2 ýelimiň kömegi bilen çäge ýelimlenýär. Çägäniň çykmagynyň önüni almak üçin şekiliň girelgesinde we çykalgasynda ýukajyk keçe gatlagy we torly süzgüç oturdyldy. Gatlak şekili 45 MPa çenli iş basyşyna we 200° C çenli iş temperaturasyna niýetlenendir.

Öýjükli gurşawyň içinden geçýän gazyň basyşyny we çykdaýjysyny



5-nji surat. Gatlak şekili.



4-nji surat. Synag gurluşyň shemasy.

ölçemek üçin ýasalan bölek 16 gaz şetçiginden, 9, 10 nusgalyk manometrlerden we 15 simap bilen aýrybaşgalanan 19 ýükporşenli manometrden ybaratdyr. Süzülyän gazyň temperaturasyň ýütgeýşini ölçemek üçin ýasalan bölek bolsa 11, 12 temperatura datçiklerinden we 17 EPP-17 kysymly potensiometrden ybaratdyr.

Ýokary basyşa çydamly 6, 7, 22 gaplardaky gazkondensat garyndysyň mukdary taýýarlananda, itergiläp geçirmeden ön 22 bombada nusgalyk garyndynyň göwrümi şekiliň öýjükli giňişliginiň takmynan 3 göwrümüne deň bolmaklygyny gazanmaly. Öýjükli gurşawyň şekili bolsa tebigy gaz bilen dolduryldy. Öýjükleriň ön kesgitlenen göwrüminden ugur alyp gazkondensat garyndysyny almak maksady bilen kolonka garmak (goşmak) gerek bolan, düzümi boýunça ýokary basyşa çydamly 6, 7 we 22 gaplarda taýýarlanan garyndylara birmeňzeş, kondensatyň mukdary hasaplandy. Öýjükli gurşawyň şekliniň paýyna düşýän (hasaplanan) kondensat ýokary basyşa çydamly 6 ýa-da 7 gaplara guýulýar.

Kesgitli gazkondensat şertiniň täze tertipli (rekombinirlenen) synag nusgasyyny düzmek üçin zerur gerek bolan kondensatyň mukdary

$$V_K = \frac{V_z \cdot P \cdot T_0 \cdot q \cdot \lambda}{Z \cdot T \cdot P_0} \quad (1.4)$$

formuladan tapylýar. Bu ýerde:

$V_K$  – P basyşdaky we T temperaturadaky gazyň göwrümi ( $\text{sm}^3$ );

$q$  – gazkondensat şerti ( $\text{sm}^3/\text{sm}^3$ );

$\lambda$  – kondensatyň kiçelme (ýygrylma) koeffisiýenti;

$P_0 = 0,1033$  MPa;  $T_0 = 293$  °K;  $Z$  – gazyň gysylma koeffisiýenti.

Gazyň gysylma koeffisiýenti onuň komponent düzümi boýunça hasaplandy. Gazyň düzümini kesgitlemek üçin nusgalyk gaz aýna gaplara salyndy (ýygryldy). Baglaýan suwuklyk hökmünde nahar duzynyň doýgun ergini peýdalanyldy. Şundan soňra, ulgamdaky basyşy saklap

(üýtgetmän) tebigy gaz 22 bombadan 6 ýa-da 7 ýokary basyşa çydamly gaplara gazkondensat garyndysy arkaly gysyldy. Doly giňelmedem soňra, suwuk we gaz fazalaryň arasyndaky deňagramlygyň durgunlaşmagy üçin 6 ýa-da 7 ýokary basyşa çydamly gaplar 40 minutlyk yrgyldama sezewar edildi.

Öýjükli gurşawyň skeleti bilen gazkondensat garyndysynyň arasyndaky termodinamiki deňagramlygy almak üçin nusgalygy bir bombadan beýlekä we tersine sordurmaklyk 6-7 sagatlap dowam etdirildi. Umuman, kolonkanyň girelgesinde we onuň çykalgasynda birmeňzeş düzüme ýetýänçä şekiliň üstünden garyndynyň 15-20 göwrüminiň aýlandyrylmaklygy dowam etdirildi. Öýjükli gurşawyň şekiliniň doýgunlaşmasynyň gatlak temperaturasyna degişli temperaturada alnyp barlandygy bellenişlidir. Şu maksat bilen 6, 7, 22 ýokary basyşa çydamly gaplar we öýjükli gatlagyň şekili doýgunlaşma wagtynda termostatda saklandylar.

Itergiläp geçirmegiň soňunda ýokary basyşa çydamly 22 gap ulgamdan aýryldy we ol gapda kondensasiýanyň başlanýan basyşy daşyndan görmek arkaly kesgitlendi.

Şekli synaglara taýýarlamaklyk aşakdaky ýagdaýlarda alnyp barylýar. Öýjükli gurluş hökmünde çägniň toýun bilen garyndysy ulanyldy. Toýun bilen çäge tä birjynsly garyndy alynýança şar görnüşli degirmende kemsiz oňat garylady. Şundan soňra toýun bilen çägniň garyndysy 100°C temperaturaly termostatda guradyldy we şondan soň şekile salyndy. Garyndy, ilki 100-150 gramm paýlar boýunça ýokarky aýyk deşikden goýberilip we soňra her porsiyä 5 minutyň dowamynda sandyrazyjy gurluşda demrikdirilip, şekile salyndy. Garyndy demrikdirilende, fraksiýalaryň paýlanyşy kolonkanyň uzynlygy boýunça deňölçegli bolar ýalyň ýokary seresaplylygy talap etdi. Garyndy doly salynandan soň ýokarky gapak geýdirildi we şekil daşky gurşawdan üzňelendi. Soňra şekil basyşy iş basyşyndan 1,5 – 2,0 MPa uly bolan basyşa ýetýänçä azot bilen dolduryldy we



gysyldy (preslendi). Preslemekden soň bolsa, gatlak şekiliniň süzülme häsiýetnamalaryny kesgitlemeklige girişildi.

Gatlak şekilini derňemeklige başlamazdan öň onuň geometriki we öýjükli giňişliginiň göwrümleri, syzdyryjylygy kesgitlendi.

Gatlak şekilini saplanan suw bilen doldurmaklygyň netijeleri boýunça geometriki göwrüm kesgitlenildi. Onuň üçin şekil dik ýagdaýa öwürüldi we şekile sygan (öýjükli gurşawsyz) suwuň mukdary ölçeldi.

Şekiliň öýjükli giňişliginiň göwrümi onuň azot bilen doldurylan ýagdaýyndaky material balansynyň deňlemesinden kesgitlendi:

$$V_{nop} = \frac{V_0 \cdot P_0 \cdot T}{\left( \frac{P_1}{Z_1} - \frac{P_2}{Z_2} \right)}, \quad (1.5)$$

bu ýerde  $P_1$  öýjükli gurşawly kolonkadaky başlangyç basyş, MPa;  $P_2$  – gazyň kesgitli mukdary geçenden soň kolonkadaky ahyrky basyş, MPa;

$P_0$  – atmosfera basyşy, MPa;  $V_0$  – atmosfera şertlerinde basyşyň  $P_1$  –den  $P_2$  –ä çenli peselen halatynda öýjükli ulgamdan çykýan gazyň göwrümi,  $\text{sm}^3$ ;  $Z_1, Z_2$  – deňişlilikde  $P_1$  we  $P_2$  basyşlardaky gazyň gysylma koeffisiýentleri.

Gatlak şekiliniň  $m$  öýjüklilik koeffisiýenti gatlagyň  $V_{nop}$  öýjükli we  $V_{geom}$  geometrik göwrümelerini ölçemekligiň netijeleri boýunça hasaplandy:

$$m = \frac{V_{nop}}{V_{geom}}. \quad (1.6)$$

Barlag üçin, gatlagyň öýjükliligi şekile salynan çägäniň agramy baradaky maglumatlar boýunça hem hasaplandy:

$$m = 1 - \frac{g / \gamma}{V_{geom}}, \quad (1.7)$$

bu ýerde  $g$  – şekile salynan çägäniň agramy;  $\gamma$  – çägäniň udel

agramy.

Syzdyryjylyk koeffisiýenti

$$k = \frac{2Q \cdot \mu \cdot l \cdot T}{T_0 \cdot F(P_1^2 - P_2^2)}, \quad (1.8)$$

formula boýunça hasaplandy, bu ýerde  $K$  – nusganyň syzdyryjylyk koeffisiýenti,  $D$ ;  $Q$  – nusgadan geçen gazyň mukdary,  $\text{sm}^3/\text{s}$ ;  $\mu$  – gazyň şepbeşikligi,  $\text{spz (cm)}$ ;  $l$  – nusganyň uzynlygy (gatlak şekiliniň uzynlygy),  $\text{sm}$ ;  $F$  – nusganyň kese kesiginiň meýdany,  $\text{sm}^2$ ;  $T_1$ ,  $T_0$  – deňişlilikde gatlak we standart temperaturalar,  $K$ ;  $P_1$ ,  $P_2$  – deňişlilikde kolonkanyň başyndaky we ahyryndaky basyşlar,  $\text{MPa}$ .

Basyş tapawudyny ölçemek üçin, kolonkanyň syzdyryjylygy kesgitlenýän halatynda, ýokary basyşly magnitli differensial manometriň ulanylandygyny bellemek gerek.

Magnitli differensial manometr deňişli gurluş arkaly özara birikdirilen iki sany antimagnit polat turbajykdan ybaratdyr. Differensial manometriň turbajyklaryna simap guýuldu, soňra onuň üstüne magnitli ýüzgüç (poplawok) goýberildi. Magnitli differensial manometriň görkezmesi simabyň üstünde ýerleşen, magnitiň hereketi bilen bilelikde hereketlenýän polat strelkanyň kömegi bilen görnetin bellenýär. Şeýle differensial manometriň kömegi bilen 0,001-den 0,35  $\text{MPa}$  çenli basyş tapawudy ölçeldi. Şekiliň syzdyryjylygy bolsa şekil gysylan azot bilen arassalanan mahaly kesgitlendi.

### 1.5. Derňewleri geçirmekligiň usulyýeti

Geçen paragraflarda görkezilişi ýaly, öýjükli gatlakdaky gazlaryň hereketinde temperaturanyň üýtgeýşi Joule-Tomsonyň koeffisiýentleri baradaky maglumatlaryň we entalpiýa diagrammalarynyň kömegi bilen kesgitlenip bilner.

Joule-Tomson koeffisiýentleriniň edebiýatlardan belli bolan bahalary gaz bilen daşky gurşawyň arasyndaky ýylylyk alyş-çalşygynyň dollylygyna ýok bolan şertlerine deňşlidir.

Şonuň netijesinde, öýjükli gatlagyň skeleti bilen bolan, şeýle-de daşky gurşaw bilen bolan ýylylyk alyş-çalşygy hasaba almak bilen Joul-Tomsonyň koeffisiýentlerini kesgitlemek üçin soňraky synag derňewlerini geçirmeklik zerurlygy ýüze çykýar. Aşakda Joul-Tomson koeffisiýentlerini kesgitlemek üçin derňewleri geçirmekligiň usulyýeti beýan edilýär. Öýjüli gurşawdaky gazlaryň we gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesinde Joul-Tomson koeffisiýentiniň başlangyç temperatura, basyşa, süzülme tizligine, gazkondensat şertlerine we beýleki üýtgeýän ululyklara bagly çylşyrymly funksiýa bolanlygy sebäpli, synaglar geçirilende haýsy-da bolsa bir parametriň üýtgemegi bilen beýlekileriniň hemişelikligine galmaklygy berjaý edildi.

Synaglar aşakdaky tertipde geçirildi. Hemişelik temperaturada we gatlak şekiliniň ahyryndaky basyşlaryň hemişelik tapawudynda (süzülme tizliginde) başlangyç basyş üýtgär ýaly edildi. Tebigy gaz 7 ballondan (4-nji sur.) öýjükli gurşawly kolonka girizildi we onda 24 sagadyň dowamynda saklandy. Şondan soňra kolonka 4-5 sagadyň dowamynda termostatda saklandy.

Termostatdaky pursatynda ýarymgeçirijili temperatura datçikleriniň kömegi bilen temperaturalaryň ölçegleri geçirildi, temperaturalaryň üýtgeýşiniň ýazgysy bolsa EPP-17 kysymly potensiometrleriň kömegi bilen amala aşyryldy.

6, 7 ýokary basyşa çydamy gaplaryň kömegi bilen kolonkanyň girelgesinde hemişelik basyş saklandy, kolonkanyň çykalgasynda oturdylan 14 wentiliň kömegi bilen bolsa basyşlaryň hemişelik  $\Delta P = P_1 - P_2$  tapawudy saklandy.

Basyşlaryň hemişelik tapawudyny 10-15 minut saklap, kolonkanyň çykalgasynda gazyň temperaturasynyň üýtgeýşiniň üznüksiz ýazgysy alnyp barylady. Ilkinji 3 (üç) minudyň dowamynda süzülmäniň durnuklaşan düzgüne çykyldy, bu bolsa temperaturanyň käbir peselmesine getirdi.

Süzülmäniň durnuklaşan düzgüne çykmagyna ölçeg-gözegçilik abzallarynyň görkezmeleriniň durnuklylygy arkaly

gözegçilik edildi. Şundan soň derňelýän prosesiniň aşakdaky parametrleriniň ölçegleri geçirildi: gazyň çykdajysy ( $\text{sm}^3/\text{sek}$ ); basyşlaryň tapawudy ( $\text{MPa} - \text{MPa}$ ); temperaturalaryň üýtgeýiş tapawudy (перепад температуры) ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Ýokary takyklyk üçin ölçegler ikiden dörde çenli gaýtalandy. Şu geçirilen ölçeglerden soň çykalgada oturdylan wentil ýapyldy we gazyň süzülmesi togtadyldy. Kolonkada bolsa temperaturanyň başlangyç temperatura çenli ýuwaş-ýuwaşdan köpelmesi bolup geçdi.

Joul-Tomson koeffisiýentiniň ortaçalaşdyrylan bahasy

$$\mu = \frac{\Delta T}{\Delta P} \quad (1.9)$$

formula boýunça kesgитlendi.

Soňra derňewiň nobatdaky düzgünine geçildi, ýagny basyşlaryň tapawudyny we temperaturany hemişelik saklap, gatlak şekiliniň girelgesinde başlangyç basyşy üýtgetdik we soňra öňki yzygiderlik boýunça ýokarda agzalan parametrleriň ölçeglerini geçirdik. Şeýlelik bilen, berlen synaglar seriýasy üçin mümkin bolan ýokary basyşa çenli basyşlardaky synaglar geçirildi (basyşyň ýokarky çägi işiň howpsuzlyk şertine görä saýlanyp alyndy).

Käbir halatlarda synaglar ters yzygiderlikde, ýagny maksimal (iň ýokary) basyşdan minimal (iň pes) basyşa çenli hem geçirildi. Şunlukda göni we ters yzygiderlikde geçirilen synaglaryň netijeleriniň gabat gelendiklerine gözegçilik edildi.

Synaglaryň birinji tapgyry gutarandan soň, başga temperatura bilen tejribeleriň ikinji tapgyryna geçildi. Ähli ýagdaýlarda hem alynýan netijeleriň ynamly bolmagy üçin şol bir tejribe 2-3 gezek gaýtalandy. Temperaturanyň sekiz sany dürli bahalary bilen geçirilen synaglaryň 8 (sekiz) tapgyryndan soň, synaglaryň berlen tapgyrlary üçin başlangyç basyşy we temperaturany hemişelik saklap, basyşlaryň tapawudyny (süzülme tizligini) üýtgedip, synaglaryň nobatdaky tapgyrlaryna geçildi we öňki yzygiderlikde bu parametrleriň ölçegleri geçirildi.

Gazkondensat ulgamlary ýagdaýynda gazkondensat şertleriniň aşakdaky bahalary bilen synag geçirildi:  $G=2000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $4500 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $10000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $13000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $15000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ .

Kolonkanyň girelgesindäki basyş öýjükli gurşaw bilen kolonkanyň we 6, 7 ýokary basyşa çydamly gaplaryň arasynda oturdylan 8 wentil arkaly saklandy. Basyş maksimal kondensasiýadan ýokary bolan halatynda 6, 7 ýokary basyşa çydamly gaplardaky basyş başlangyç kondensasiýadaky basyşdan hemişe 5-6 Mpa ulydyr.

Iň ýokary kondensasiýa basyşyndan peslikde 22 ýokary basyşa çydamly gapdaky we kolonkanyň girelgesindäki basyş birmeňzeş saklandy. Bu haldaky synaglary geçirmekligiň usulyýeti hem edil gury gazyň süzülmesi bolan haldaky ýalydyr.

## **1.6. Joul -Tomson koeffisiýentine dürli şertleriň täsiri**

Geçen paragrafda beýan edilişi ýaly, Joul-Tomson koeffisiýenti başlangyç basyşa, temperatura, süzülme tizligine, gazkondensat şertlerine we beýleki üýtgeýän ululyklara bagly çylşyrymly funksiýadyr. Geljekde gazyň süzülmesi, şeýle-de gazkondensat ulgamy bolan halatynda Joul-Tomson koeffisiýentine ýokarda görkezilen şertleriň her biriniň täsirini ýüze çykarmak boýunça geçirilen synaglaryň netijeleri getiriljekdir.

Synaglaryň ilkinji tapgyry Joul-Tomson koeffisiýentiniň basyşa baglylygyny ýüze çykarmak maksady bilen geçirildi. Geçirilen synaglarda gatlak şekiliniň girelgesindäki basyşyň üýtgeýiş aralygy 5 MPa-dan 35 MPa çenli boldy. Temperaturanyň üýtgeýişiniň ýazgysy kolonkanyň girelgesinde we onuň çykalgasynda alnyp barylady.

Synaglaryň netijeleri 1-nji tablisada we 6-9-njy suratlarda getirilýär.

Synaglaryň geçirilýän prosesinde gatlak şekiliniň

girelgesinde temperaturanyň üýtgeýşine gözegçilik edilmedi. Gatlak şekiliniň çykalgasyndaky temperaturanyň we basyşyň üýtgeýşi 6-9-njy suratlarda getirildi. 6-9-njy suratlardan görnüşi ýaly, drossel prosesinde ýagdaýyndaky temperaturanyň üýtgeýşini iki oblasta bölmek mümkin.

“a-b” oblast gazyň süzülmesiniň durnuklaşmadyk oblastyna degişlidir. 1-3-nji minutyň dowamynda süzülmäniň durnuklaşan düzgüne çykmasy bolup geçdi, bu bolsa temperaturanyň käbir peselmesine getirdi. Durnuklaşan düzgüne çykyş wagty, 6-9-njy suratlardan görnüşi ýaly, basyşlaryň tapawudyna baglydyr, özi hem basyşlaryň tapawudy näçe uly bolsa, durnuklaşan düzgüne çykyş wagty hem şonça uly bolýar.

“b-ç” oblast gazyň süzülmesiniň durnuklaşan oblastyna degişlidir. Gazyň süzülmesiniň durnuklaşan oblastynda, gatlak şekiliniň çykalgasyndaky temperaturanyň üýtgeýşine gözegçilik edilmedi. Çykalgada oturdylan 14 wentil “ç” nokatda ýapyldy we gazyň süzülmesi bes edildi. Kolonkada ýuwaş-ýuwaşdan temperaturanyň başlangyç temperatura çenli köpelmesi (“ç-d” oblast) bolup geçdi. Şunlukda, temperaturanyň başlangyç temperatura çenli köpelme wagty birnäçe minutlap dowam etdi, özi hem ol wagt temperaturanyň peselmesi näçe uly bolsa, şonça-da uly bolýar. Amalyýetde guýynyň düýbündäki temperaturanyň gatlagyň başlangyç temperaturasyna çenli köpelme wagty birnäçe sutkalap dowam edýär, käbir ýagdaýlarda bolsa aýlap dowam edýär [22].

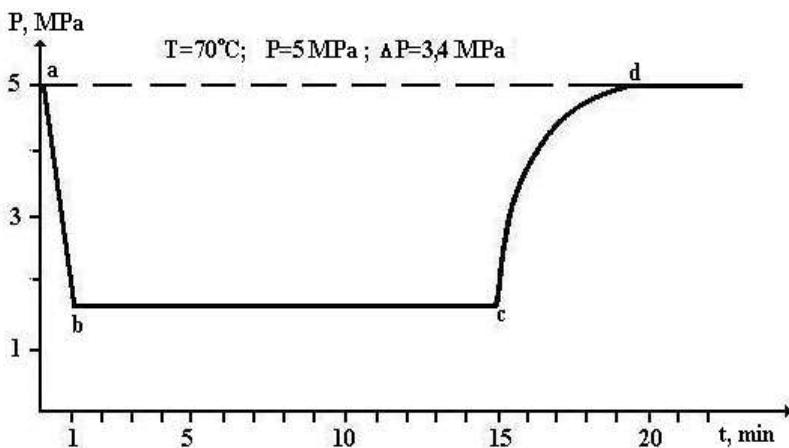
Käbir ýagdaýlarda temperatura meýdany öwrülişiksiz häsiýete eýe diýip [58] işiň awtory hasap edýär. Başlangyç baha çenli temperaturanyň ýuwaş-ýuwaşdan köpelmesi guýy uzak wagtlap ulanylan halatynda öýjükli gurşawyň skeletiniň temperaturasynyň süzülýän flýuidiň temperaturasyna golaýlaşýandygy bilen düşündirilýär

Basyşa baglylykda ( $\Delta P=3,4$  MPa,  $K=500$  mD) Joule-Tomsonyň  
koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilşi

1-nji tablisa

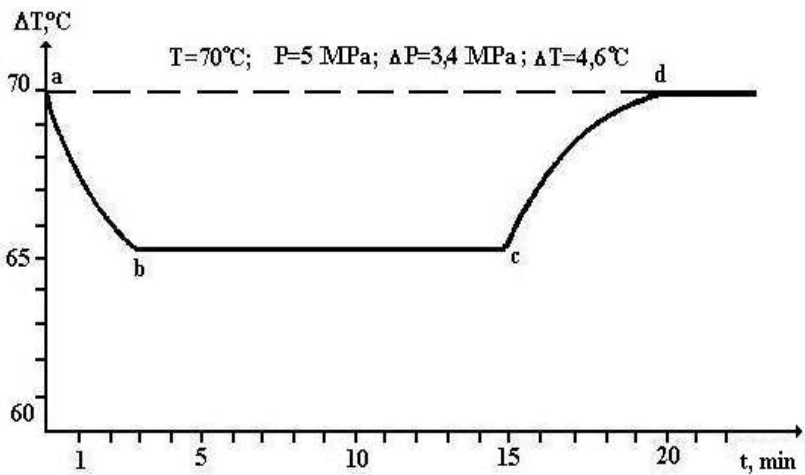
T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatur a, °C	Temperatura tapawudy		Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
			tejribede, °C	[40] işde, °C	
1	5,0	20	7,6	-	2,24
2	10,0	"	6,9	-	2,03
3	15,0	"	6,2	-	1,82
4	20,0	"	5,3	-	1,56
5	25,0	"	4,5	-	1,32
6	30,0	"	3,3	-	0,97
7	35,0	"	2	-	0,59
8	5,0	50	5,9	-	0,174
9	10,0	"	5,2	10,0	1,53
10	15,0	"	4,5	8,0	1,32
11	20,0	"	3,7	5,5	1,09
12	25,0	"	2,9	-	1,85
13	30,0	"	2	-	0,59
14	35,0	"	1,2	-	0,85
15	5,0	70	4,6	-	0,135
T/ b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatur a, °C	Temperatura tapawudy		Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
16	10,0	4	4	6,0	1,18
17	15,0	"	3,4	5,0	1,0
18	20,0	"	2,7	4,0	0,76
19	25,0	"	2	-	0,56
20	30,0	"	1,4	-	0,41
21	35,0	"	0,8	-	0,24
22	5,0	90	3,3	-	0,97

23	10,0	"	2,9	5,5	0,85
24	15,0	"	2,5	4,0	0,74
25	20,0	"	2	3,7	0,59
26	25,0	"	2	-	0,41
27	30,0	"	0,9	-	0,26
28	35,0	"	0,6	-	0,18
29	15,0	90	0,9	3,7	0,26
30	20,0	"	0,7	-	0,21
31	25,0	"	0,5	-	0,15
32	30,0	"	0,3	7	0,09
33	35,0	"	0,2	-	0,06

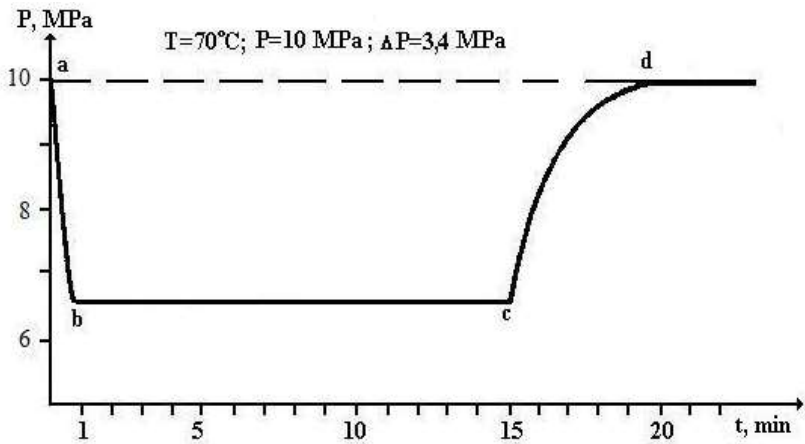


6-njy sur. Gatlak şekiliniň çykalgasynda basyş üýtgemesiniň çyzy.

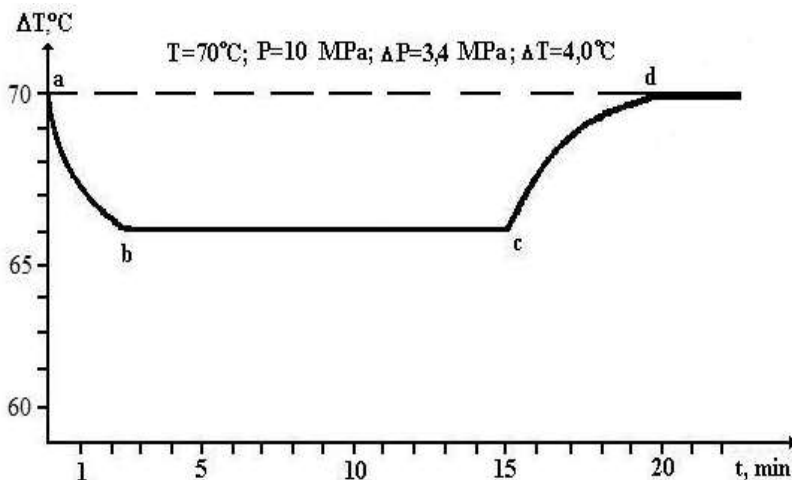




7-njy sur.Gatlak şekiliniň çykalgasynda temperatura üýtgemesiniň çyzy.



8-njy sur.Gatlak şekiliniň çykalgasynda basyş üýtgemesiniň çyzy.



9-njy sur. Gatlak şekiliniň çykalgasynda temperatura üýtgemesiniň çyzy.

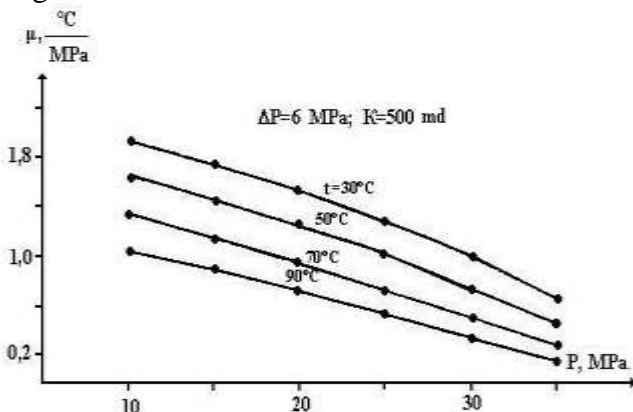
. Biziň synaglaýmyzdaky başlangyç baha çenli temperaturanyň çalt köpelmegi bolsa, synag geçirilýän wagtynda öňjükli gurşawyň üstünden gazyň az porsiyasynyň süzülýändigini we şunlukda drossel efektiniň hasabyna gazyň temperaturasynyň peselýändigini bilen düşündirilýär. Bu halda öňjükli gurşawyň skeletiniň temperaturasy üýtgäp ýetişmeýär (peselmeýär), eger üýtgäse-de az üýtgeýär, özi hem ol üýtgame diňe gaz bilen galtaşýan üstde bolup geçýär. Gaz we gazkondensat ojaklaryny işletmek amalyýetinde guýynyň iş düzgüni üýtgän halatynda gazyň temperaturasynyň şeýle üýtgemesiniň bolup geçmegi mümkindir. Drossel prosesleriniň bu häsiýetleri (ikinci bapda görkezilişi ýaly) önümlü gatlaklardan gazyň akyşyny anyklamak üçin ulanylýp bilner.

Başlangyç basyşyň dürli bahalaryndaky Joule-Thomson koeffisiýentiniň ortaçalaşdyrylan bahasyny (1.9) formula boýunça hasaplandy. Hasplamanyň netijeleri 1-nji jetwelde we 10-njy suratda görkezilen. 10-njy suratdan görnüşi ýaly, hemişelik temperaturada basyşyň ýokarlanmagy bilen Joule-

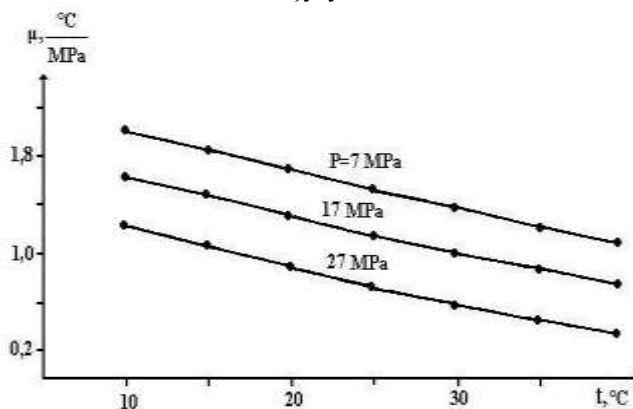
Tomson koeffisiýenti kiçelýär.

Indiki synaglaryň tapgyry bolsa Joule-Tomson koeffisiýentiniň temperatura baglylygyny ýüze çykarmak maksady bilen geçirildi. Synaglaryň netijeleri 2-5-nji tablisalarda we 11-nji suratda görkezilen. 11-nji suratdan görnüşi ýaly hemişelik basyşda temperaturanyň ýokarlanmagy bilen Joule-Tomson koeffisiýenti kiçelýär.

1-3-nji tablisalarda bolsa başlangyç basyşyň we temperaturanyň dürli derejelerindäki synag derňewleriniň netijeleri getirilendir.



10-njy sur. Basyşa baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.



11-njy sur. Temperatura baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.

Temperatura baglylykda ( $\Delta P=3,4$  MPa,  $K=30$  mD)  
 Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilşi  
 2-nji tablisa

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy		Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
			tejribede, °C	[40] işde, °C	
1	5,0	20	5	-	1,47
2	10,0	"	4,4	-	1,29
3	15,0	"	3,8	-	1,12
4	20,0	"	3,1	-	0,91
5	25,0	"	2,5	-	0,74
6	30,0	"	1,9	-	0,65
7	35,0	"	1,4	-	0,41
8	5,0	50	8,5	-	1,03
9	10,0	"	3	10,0	0,88
10	15,0	"	2,5	8,0	0,74
11	20,0	"	2,1	5,0	0,62
12	25,0	"	1,7	-	0,50
13	30,0	"	1,2	-	0,35
14	35,0	"	0,8	-	0,24
15	5,0	70	2,4	-	0,71
16	10,0	"	2	6,0	0,59
17	15,0	"	1,7	5,0	0,50
18	20,0	"	1,4	4,0	0,41
19	25,0	"	1,1	-	0,32
20	30,0	"	0,7	-	0,21
21	35,0	"	0,5	-	0,15
22	5,0	90	1,3	5,5	0,38
23	10,0	"	1,1	4,0	0,32

Temperatura baglylykda ( $\Delta P=4,7$  MPa,  $K=30$  mD) Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilşi

3-nji tablica

T/b N <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy		Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
			tejribede, °C	[40] işde, °C	
1	5,0	20	5,7	-	1,21
2	10,0	"	5,2	-	1,11
3	15,0	"	4,7	-	1,0
4	20,0	"	4,1	-	0,872
5	25,0	"	3,4	-	0,723
6	30,0	"	2,6	-	0,558
7	35,0	"	1,7	-	0,362
8	5,0	50	4,3	-	0,915
9	10,0	"	13,8	13,0	0,809
10	15,0	"	3,3	11,0	0,702
11	20,0	"	2,7	8,0	0,574
12	25,0	"	2,1	-	0,447
13	30,0	"	1,5	-	0,319
14	35,0	"	1,0	-	0,213
15	5,0	70	3,2	-	0,681
16	10,0	4	2,8	9,8	0,596
17	15,0	"	2,4	8,0	0,511
18	20,0	"	2,0	5,0	0,426
19	25,0	"	1,5	-	0,319
20	30,0	"	1,0	-	0,213
21	35,0	"	0,7	-	0,149
22	5,0	90	2,1	-	0,447
23	10,0	"	1,7	7,0	0,362
24	15,0	"	1,4	6,0	0,298
25	20,0	"	1,1	5,0	0,234
26	25,0	"	0,8	-	0,17
27	30,0	"	0,5	-	0,11
28	35,0	"	0,3	-	0,064

Bu tablisalarda temperaturanyň entalpiýa diagrammalary boýunça peselmesi hem getirilendir [27]. 1-3-nji tablisalardan görnüşi ýaly, temperaturalaryň hakyky üýtgemesi, olaryň entalpiýa diagrammalary boýunça alnan bahalaryndan 2-3 esse kiçidir. Netijeleri deňeşdirmekden öýjükli gurşawyň skeleti we daşky gurşaw bilen ýylylyk alyş-çalyşygy hasaba alynýan we hasaba alynmaýan gazy drossel prosesiniň hil taýdan meňzeşdigi görünýär, emme ýokarda beýan edilişi ýaly, olar mukdar taýdan biri-birinden tapawutlanýarlar. Mukdar taýdan tapawutlanmalaryň esasy sebäbi bolsa drossilirlenýän gazyň daşky gurşaw we öýjükli gurşawyň skeleti bilen ýylylyk alyş-çalyşygy bolup durýar.

Ýokarda beýan edilenlerden öýjükli gurşawdaky gazyň süzülmesiniň, termodinamiki nukdaý nazardan, politropiki prosesdigi gelip çykýar.

Ilkibaşda bu synaglaryň hemmesi başlangyç syzdyryjylygy 30 mD bolan öýjükli gurşawda geçirildi. Drossel prosesinde temperaturanyň üýtgemesine syzdyryjylygyň täsirini anyklamak üçin absolýut syzdyryjylygy 200, 500 we 900 mD bolan gatlak şekilinde hem synaglar geçirildi. Geçirilen derňewleriň netijeleri 12-13-nji suratlarda we 6-20 tablisalarda getirilýär.

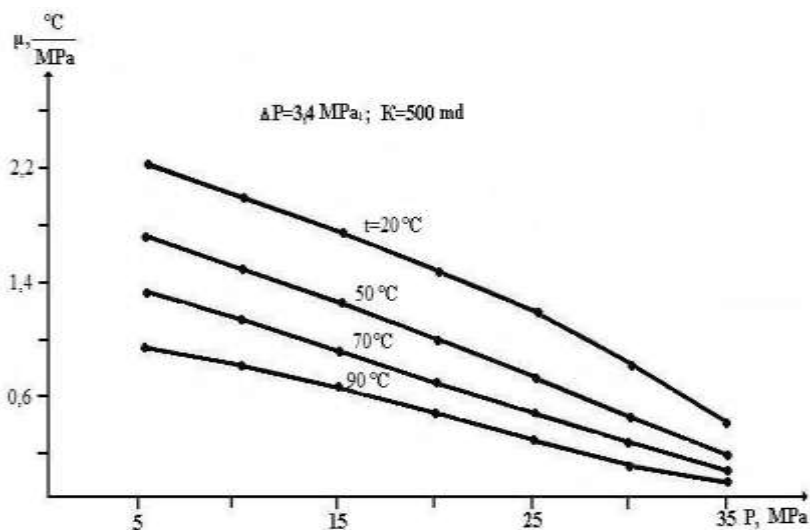
12-13-nji suratlardan we 4-5-nji tablisalardan görnüşi ýaly, şol bir meňzeş şertlerde syzdyryjylyk näçe uly bolsa, şonça-da temperaturanyň üýtgeýşi ulydyr. Bu aşakda düşündirilýär.

Gaz öýjükli gurşawda öz ornuny üýtgedip, hereketlenip we gidrawliki garşylygy diňe daşky güýçleriň işiniň hasabyna ýenip biler [56]:

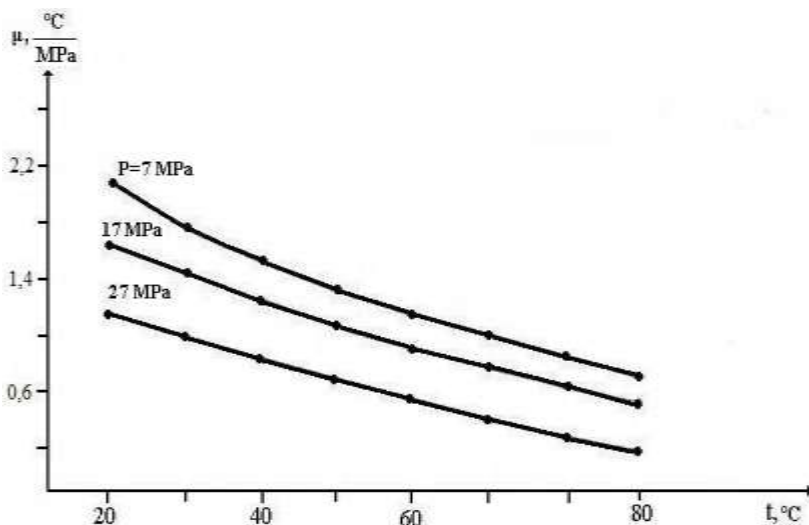
$$\Delta L = P_2 V_2 - P_1 V_1,$$

(1.10)

bu ýerde  $P_2$  we  $P_1$  – öýjükli gurşawyň iki sany ekwipotensial üstlerindäki basyş,  $V_2$  we  $V_1$  – şol ekwipotensial üstleriň çäklendirýän gaz göwrümleri.



12-njy sur. Basyşa baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.



13-njy sur. Temperatura baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.

Gatlak şekiliniň syzdyryjylygyna baglylykda Joule-Tomsonyň  
koeffisiýentiniň

synag arkaly kesgitlenilşi ( $\Delta P=3,4$  MPa,  $K=200$  mD)

4-nji tablisa

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy		Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
			tejribede, °C	[40] işde, °C	
1	7,0	20	6	-	1,76
2	"	30	5,4	-	1,59
3	"	40	4,9	11,0	1,44
4	"	50	4,4	10,0	1,29
5	"	60	3,8	8,0	1,12
6	"	70	3,3	6,0	0,97
7	"	80	2,7	5,0	0,79
8	"	90	2,2	4,0	0,65
9	17,0	20	4,4	-	1,29
10	"	30	3,9	9,0	1,15
11	"	40	3,4	7,5	1,0
12	"	50	2,9	6,5	0,85
13	"	60	2,5	6,0	0,74
14	"	70	2,1	5,0	0,62
15	"	80	1,7	4,5	0,50
16	"	90	1,4	5,0	0,41
17	27,0	20	2,7	-	0,79
18	"	30	2,2	-	0,65
19	"	40	1,9	-	0,56
20	"	50	1,7	-	0,50
21	"	60	1,4	-	0,41
22	"	70	1,1	-	0,32
23	"	80	0,9	-	0,26
24	"	90	0,6	-	0,18



Gatlak şekiliniň syzdyryjylygyna baglylykda Joule-Tomsonyň  
koeffisiýentiniň  
synag arkaly kesgitleniş (ΔP=6,0 MPa, K=200 mD)

5-nji tablisa

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy		Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
			teýribede, °C	[40] işde, °C	
1	7,0	30	9,7	-	1,62
2	"	40	8,7	-	1,45
3	"	50	7,8	-	1,30
4	"	60	7	-	1,17
5	"	70	6,3	-	1,05
6	"	80	5,7	-	0,95
7	"	90	5	-	0,83
8	17,0	30	7,8	13,0	1,30
9	"	40	7	12,5	1,17
10	"	50	6	11,0	1,0
11	"	60	5,2	10,0	0,87
12	"	70	4,4	9,0	0,78
13	"	80	8,6	8,0	0,60
14	"	90	2,8	-	0,47
15	27,0	30	5,6	-	0,93
16	"	40	4,7	-	0,78
17	"	50	3,9	-	0,65
18	"	60	3,1	-	0,52
19	"	70	2,5	-	0,42
20	"	80	1,8	-	0,30
21	"	90	1,4	-	0,83

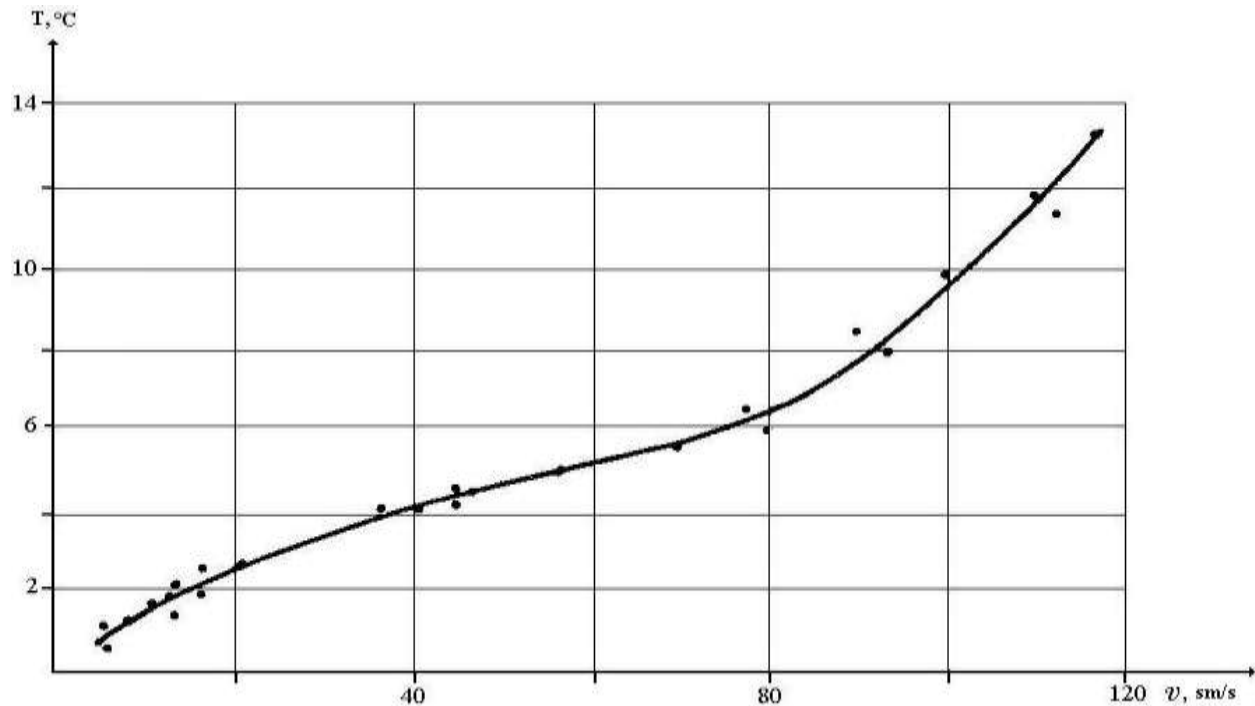
(1.10) formuladan görnüşi ýaly, syzdyryjylygyň kiçelmegi bilen sürtülme güýjini ýeňip geçmäge harçlanýan iş ulalýar, özi hem ol iş dolulygyna ýylylyk energiýasyna öwürülýär, bu bolsa öz gezeginde öýjükli gurşawyň şekiliniň çykalgasynda drossel prosesindäki gazyň temperaturasynyň ulalmagyna we Joule-Tomson koeffisiýentiniň kiçelmegine getirýär.

Mundan başga-da, syzdyryjylygyň kiçelmegi bilen süzülme tizligi kiçelýär, gaz bolsa öýjükli gurşawyň içki üsti bilen köp wagtlap galtaşýar we deňşililikde gaz bilen öýjükli gurşawyň arasynda köp ýylylyk alyş-çalyşygy bolup geçýär.

Ştuserden akyp geçýän gazlaryň Joule-Tomson koeffisiýenti, esasan, başlangyç basyşa, temperatura we basyşlaryň tapawudyna baglydyr. Gazlaryň öýjükli gurşawdaky süzülmesi mahalyndaky Joule-Tomson koeffisiýenti bolsa, ýokarda sanalyp geçilen şertlerden başga-da syzdyryjylyga hem baglydyr, özi hem syzdyryjylyk näçe uly bolsa, şonça-da baglylyk uly bolýar.

14-nji suratda temperaturanyň süzülme tizligine baglylykdaky temperatura bahalary getirilendir. 14-nji suratdan görnüşi ýaly, beýleki deň şertlerde, süzülme tizligi näçe uly bolsa, temperaturanyň üýtgeýşi şonça-da uly bolýar.

Şeýlelik bilen, synag derňewleriniň netijelerinden, gaz ýataklary işledilende gatlagyň guýy düýbi zolagynda drossel effektiniň hasabyna temperaturanyň peselmesiniň bolup geçýändigini gelip çykýar. Bu efekt suw buglarynyň we suwuk uglewodorodlaryň kondensasiýasyna, gazlardan gidratlaryň hem-de erginlerden gaty fazalaryň çökmegine getirip biler, bu bolsa öz gezeginde guýy düýbi zolagyň parametrleriniň düýpli ýaramazlaşmagyna getirip biler (aýratyn hem gidratlaryň döreýän temperaturasyna golaý gatlak temperaturaly gaz ýataklarynda).



14-nji sur. Süzülme tizligine baglylykda drossel-effektiň hasabyna gaz temperaturasynyň üýtgeýşiniň çyzgysy.

### **1.7. Öýjükli gurşawda gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesindäki ýylylyk effektleri**

Ýokarda bellenen geçilişi ýaly, gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesi halatynda gazkondensat şertleriniň aşakdaky bahalary bilen synaglar geçirildi:  $G=2000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $4500 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $7000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $10000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $13000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $15000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ . Utgaşdyrylan nusgalary düzmek üçin Garadag kâniniň (ýatagynyň) №150 guýysynyň önüminden peýdalanyldy.

Gazkondensat şertiniň belli bahalary boýunça (1.4) formulany ulanyp, utgaşdyrylan nusgalary düzmek üçin, kondensatyň zerur bolan mukdary hasaplandy. 6, 7, 22 bombalardaky kondensatyň zerur mukdaryny bilip, utgaşdyrylan nusgalar taýýarlandy. Soňra 6, 7, 22, 13 ýokary basyşa çydamly gaplaryň temperaturasy aşatermostat arkaly berlen ululyga çenli ýokary galdyryldy. Sundan soňra, 22 ýokary basyşa çydamly gaplarda birfazaly ýagdaýa degişli basyş döredildi we gatlak şekilinde gazkondensat garyndysy arkaly doýgunlaşma geçirildi. Doýgunlaşmadan soň, öňki ýazylyp beýan edilen usulyýet boýunça synaglary geçirmeklige girişildi.

Geçirilən synaglaryň netijeleri 6-8-nji tablisalarda we 15-16-njy suratlarda getirilendir. Egrileriň derňewinden gelip çykyşy ýaly, kondensasiýanyň başlanýan basyşyndan ýokary basyşdaky Joul-Tomson koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň temperatura, süzülme tizligine, basyşlaryň tapawudyna baglylygy hil taýdan, gury gazyň süzülmesi halatyndaky Joul-Tomson koeffisiýentinden tapawutlanmaýar. Şeýle-de bolsa, olaryň arasynda mukdar taýdan tapawutlanmanyň bardygyny bellemek zerurdyr, özi hem gazkondensat şerti näçe kiçi bolsa, ol tapawutlar şonça hem ulydyr.

15-16-njy suratlardan görnüşi ýaly, Joul-Tomson koeffisiýentiniň basyşa baglylykdaky  $\mu=\mu(P)$  üýtgeýiş egrisini

üýtgeýiş häsiýeti boýunça üç sany oblasta bölmek mümkin.

“a-b” oblastlarda basyşyň peselmegi bilen Joule-Tomson koeffisiýentiniň ulalmagy bolup geçýär (gury gaz bilen meňzeşlikde).

Başlangyç basyşa we temperatura baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilişi  
( $\Gamma=2000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $K=500 \text{ mD}$ ,  $\Delta P=3,4 \text{ MPa}$ )

6-njy tablisa

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joule-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
1	2	3	4	5
1	35,0	90	0,8	0,088
2	30,0	90	0,5	0,147
3	25,0	90	0,9	0,265
4	24,0	90	1,1	0,324
5	23,5	90	1,2	0,353
6	23,0	90	1,3	0,382
7	22,5	90	1,2	0,353
8	22,0	90	1,1	0,324
9	20,0	90	0,8	0,235
10	19,5	90	0,7	0,206
11	19,0	90	0,6	0,176
12	18,5	90	0,7	0,206
13	18,0	90	0,8	0,235
14	15,0	90	1,1	0,323
15	10,0	90	1,7	0,50
16	5,0	90	2,4	0,705
17	35,0	70	0,4	0,118
18	30,0	70	0,8	2,35
19	25,0	70	1,3	0,382

T/b N <sub>0</sub> N <sub>0</sub>	Başlangıç basyş, MPa	Başlangıç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiyenti, °C/MPa
20	24,0	70	1,5	0,441
21	23,5	70	0,5	0,471
22	23,0	70	1,5	0,441
23	22,0	70	1,3	0,382
24	20,0	70	1,0	0,294
25	19,5	70	0,9	0,265
26	19,0	70	1,0	0,294
27	18,0	70	1,2	0,353
28	15,0	70	1,6	0,471
29	10,0	70	2,4	0,706
30	5,0	70	3,3	0,97
31	35,0	50	0,6	0,176
32	30,0	50	1,4	0,412
33	25,0	50	2,3	0,676
34	24,5	50	2,4	0,706
35	24,0	50	2,4	0,706
36	23,5	50	2,3	0,676
37	22,0	50	2,1	0,618
38	20,5	50	1,9	0,559
39	20,0	50	1,8	0,529
40	19,5	50	1,9	0,559
41	18,0	50	2,2	0,647
42	15,0	50	2,7	0,794
43	10,0	50	3,5	1,03
44	5,0	50	4,3	1,26
45	35,0	20	1,2	0,353
46	60,0	20	2,3	0,676
47	26,0	20	3,4	1,0
48	25,5	20	3,5	1,03

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
49	25,0	20	3,5	1,03
50	24,5	20	3,4	1,0
51	22,0	20	3	0,882
52	21,0	20	2,8	0,824
53	20,5	20	2,8	0,824
54	20,0	20	2,9	0,858
55	18,0	20	3,3	0,97
56	15,0	20	3,9	0,115
57	10,0	20	4,8	1,41
58	5,0	20	6	1,76

Başlangyç basyşa we temperatura baglylykda Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilişi.

( $\Gamma=15000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $K=500 \text{ mD}$ ,  $\Delta P=3,4 \text{ MPa}$ )

7-nji tablisa

T/b №№	Başlangyç basyş, MPa	Başlangyç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
1	35,0	90	0,6	0,176
2	30,0	"	1	0,294
3	25,0	"	1,5	0,441
4	20,0	"	2	0,588
5	18,0	"	2,2	0,647
6	17,0	"	2,3	0,676
7	14,0	"	2,2	0,647
8	13,0	"	2,1	0,618
9	12,0	"	2,2	0,647

T/b $N_0 N_0$	Başlangıç basyş, MPa	Başlangıç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
10	10,0	"	2,5	0,735
11	5,0	"	3,1	0,912
12	35,0	20	1,9	0,559
13	30,0	"	3,1	0,912
14	25,0	"	4,6	1,35
15	20,0	"	5,3	1,56
16	19,0	"	5,4	1,59
17	16,0	"	5,3	1,56
18	15,0	"	5,2	1,53
19	14,0	"	5,6	1,56
20	12,0	"	5,6	1,65
21	10,0	"	6,1	1,79
22	5,0	"	7,1	2,09

Başlangıç basyşa we temperatura baglylykda Joul-Tomsonyň koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenilişi.

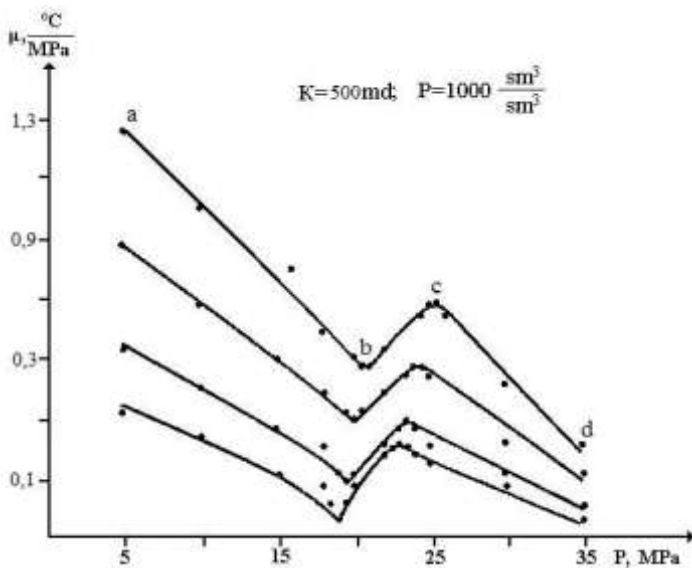
( $I=2000 \text{ sm}^3/\text{sm}^3$ ,  $K=200 \text{ mD}$ ,  $\Delta P=1,9 \text{ MPa}$ )

8-nji tablisa

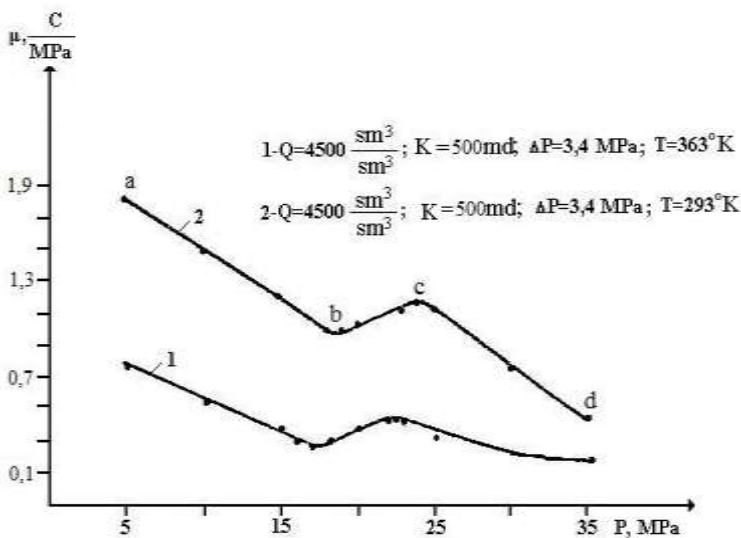
T/b $N_0 N_0$	Başlangıç basyş, MPa	Başlangıç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
1	35,0	90	0,1	0,0526
2	30,0	"	0,3	0,158
3	25,0	"	0,6	0,316
4	24,0	"	0,7	0,368
5	23,5	"	0,8	0,421
6	23,0	"	0,9	0,474



T/b №№	Başlangıç basyş, MPa	Başlangıç temperatura, °C	Temperatura tapawudy °C	Joul-Tomson koeffisiýenti, °C/MPa
7	22,5	"	0,8	0,421
8	22,0	"	0,7	0,368
9	20,0	"	0,4	0,211
10	19,5	"	0,3	0,158
11	19,0	"	0,2	0,105
12	18,5	"	0,3	0,158
13	18,0	"	0,4	0,211
14	15,0	"	0,6	0,316
15	10,0	"	1	0,526
16	5,0	"	1,4	0,737
17	35,0	20	0,6	0,316
18	30,0	"	1,1	0,579
19	26,0	"	1,8	0,47
20	25,5	"	1,9	1,0
21	25,0	"	1,9	1,0
22	24,5	"	1,8	0,947
23	22,0	"	1,4	0,737
24	21,0	"	1,2	0,632
25	20,5	"	1,2	0,632
26	20,0	"	1,3	0,684
27	18,0	"	1,6	0,842
28	15,0	"	2	1,05
29	10,0	"	2,6	1,37
30	5,0	"	3,3	1,74



15-njy sur.Basyşa baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.



16-njy sur.Basyşa baglylykda Joule-Tomsonyň koeffisiýentiniň üýtgeýşiniň çyzy.

“b” nokada degişli basyşdan peselýän oblastda suwuk kondensatyň çökyänligi sebäpli Joule-Tomson koeffisiýenti kiçelýär (“b-ç” oblastlar). Bu bolsa kondensasiýanyň gizlin ýylylygynyň bölünip çykýanlygy (faza öwrülişigi) bilen düşündirilýär. Basyşyň soňraky peselmesi, desorbsiýa we kada bugarma prosesleri arkaly düşündirilýän Joule-Tomson koeffisiýentiniň ýene-de ulalmasyňa getirýär (“ç-d” oblastlar).

Egrileriň seljermenden (15-16-njy suratlar) gatlagyň we guýy düýbüniň temperaturasynyň üýtgemesiniň diňe bir gazkondensat ulgamlaryny drossel prosessindäki temperatura effektleri arkaly düşündirilip bolmajaklygy gelip çykýar [52, 53].

Gatlagyň we guýy düýbi zolagyň temperatura düzgüniniň umumy we ýerli üýtgemesi drossel prosesi bilen bir hatarda başga endogen fiziki hadysalar – (P, T, V) termodinamiki şertlere we içki sürtülme güýçleriniň döredýän gatlak flýuidiniň entalpiýasynyň üýtgemesine baglylykda öýjükli gurşawyň içinde bolup geçýän faza öwrülişigi (kondensasiýa), suwuk uglewodorodlaryň (kondensatlaryň) bugarmasy we gazkondensat ulgamlarynyň desorbsiýasy bilen şertlendirilip biliner. Onda guýy düýbi zolagyndaky gazkondensat garyndysynyň temperaturasynyň üýtgemesini has takyk hasaba alýan we ýylylyk alyş-çalyşygyny göz önünde tutýan ýylylyk mizanynyň deňlemesini ýazmak mümkin [31, 44]:

$$-CdT = dU + dE + dQ_c + dW + dH - dG - \alpha S(T_2 - T_1) - dQ_K \quad (1.11)$$

bu ýerde  $C$  – ulgamnyň ýylylyk sygymy;  $dT$  – flýuidiň temperaturasynyň üýtgemesi;  $dU$  – daş-töweregi gurşayan dag jynslaryna ýaýran ýylylyk;  $dE$  – agyr uglewodorodlaryň bugarma ýylylygy;  $dQ_c$  – ähli garynda degişli gazlaryň drossel prosessiniň ýylylyk effekti;  $dW$  – flýuidiň kinetik energiýasynyň artdyrmasyndaky ýylylyk ýitgisi;  $dH$  – içki sürtülmäniň ýylylygy;  $dQ_K$  – ähli ulgam degişli kondensadyň drossel prosessiniň ýylylyk effekti;  $dG$  – kondensasiýanyň

gizlin ýylylygy;  $\alpha$  – udel üstün meýdanyndan geçýän ýylylyk berijiligiň hemişelik koeffisiýenti;  $T_1$  – gazkondensat ulgamynyň temperaturasy;  $T_2$  – öýjükli gurşawyň temperaturasy;  $S$  – udel üst.

Eger (1.11) deňlemäniň sag bölegindäki birinji, ikinji we ýedinji goşulyjylar degişlilikde ýylylyk berijilik we ýylylyk alyş-çalyşygy bilen bagly bolsalar, onda onuň beýleki goşulyjlary gatlak gazkondensat ulgamynda we öýjükli gurşawda bolup geçýän endogen fiziki prosesleriň manysydyr.

Bu aýdylanlar basyşa bagly Joul-Tomson koeffisiýentiniň üýtgame egrisini gatlak şertlerinde kondensasiýanyň başlanýan basyşyny we temperaturasyny kesgitlemek üçin ulanmaklyga mümkinçilik berýär.

Şeýlelikde, ýokarda bellenilişi ýaly, basyş “b” nokada degişli basyşdan aşaklygyna peselen mahaly, kondensasiýanyň gizlin ýylylygynyň bölünip aýrylýandygy üçin, Joul-Tomson koeffisiýenti kiçelýär. Diýmek,  $\mu=\mu(P)$  egriniň “b” nokadyndaky basyş kondensasiýanyň başlanýan deňagramlaşmadyk basyşyna degişlidir [32, 38].

Dürli gazkondensat ulgamlarynyň öýjükli gurşawyň içinden süzülýän halatynda kondensasiýanyň başlanýan deňagramlaşmadyk basyşyny egri boýunça kesgitlemek üçin geçirilen synag derňewleriniň netijeleri 6-8-nji tablisalarda we 15-16-njy suratlarda getirildi.

Şol bir gazkondensat ulgamlarynyň kondensasiýasynyň başlanýan basyşy PVT-7 ýokary basyşa çydamly gaplarda belli usulyýet boýunça kesgитlendi.

Synaglaryň netijeleri bolsa 9-12-nji tablisalarda we 17-nji suratda getirildi.

Газкондeнсат улгамныñ кондeнсaсиýаныñ бaшлaныaн бaсышны  
PVT-7 бoмбaдa cынaг aркaлы кeсгитлeмeк

9-нjы тaблицa

$\Gamma, \text{ см}^3/\text{см}^3$	$V_{\text{жс}}, \text{ см}^3$	$V_{\text{см}}, \text{ см}^3$	$\frac{V_{\text{жс}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100\%$	$P, \text{ МПа}$
4500	9,8	326,67	3,0	8,0
	9,4	223,80	4,2	10,0
	8,9	148,33	6,0	12,5
	8,5	125,00	6,8	14,5
	8,1	115,71	7,0	16,0
	5,3	106,00	5,0	18,5
	2,0	74,07	2,7	19,8
	0,6	54,55	1,1	20,8
	0			21,8

$$P_{\text{н.к.}} = 21,30 \text{ МПа}$$

Газкондeнсат улгамныñ кондeнсaсиýаныñ бaшлaныaн бaсышны  
PVT-7 бoмбaдa cынaг aркaлы кeсгитлeмeк

10-нjы тaблицa

$\Gamma, \text{ см}^3/\text{см}^3$	$V_{\text{жс}}, \text{ см}^3$	$V_{\text{см}}, \text{ см}^3$	$\frac{V_{\text{жс}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100\%$	$P, \text{ МПа}$
2000	11,6	311,46	3,7	7,5
	13,2	239,85	5,5	9,3
	13,7	173,63	7,8	12,5
	13,8	128,58	10,7	15,5
	13,2	106,25	12,4	18,2
	12,1	99,71	12,1	19,0
	11,0	95,09	11,6	200,0
	9,4	88,54	10,6	21,3
	7,0	84,76	8,0	21,7
	0			22,5

$$P_{\text{н.к.}} = 22,0 \text{ МПа}$$

Gazkondensat ulgamnyň kondensasiýanyň başlanýan basyşyny  
PVT-7 bombada synag arkaly kesgitlemek

11-nji tablisa

$\Gamma, \text{sm}^3/\text{sm}^3$	$V_{\text{ж}}, \text{sm}^3$	$V_{\text{см}}, \text{sm}^3$	$\frac{V_{\text{жс}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100\%$	$P, \text{MPa}$
10000	3,4	283,33	1,2	8,5
	3	200	1,5	10,3
	2,4	133,33	1,8	12,0
	1,9	95	2,0	13,7
	1,1	84,62	1,3	15,8
	0,5	71,43	0,7	17,2
	0			19,0

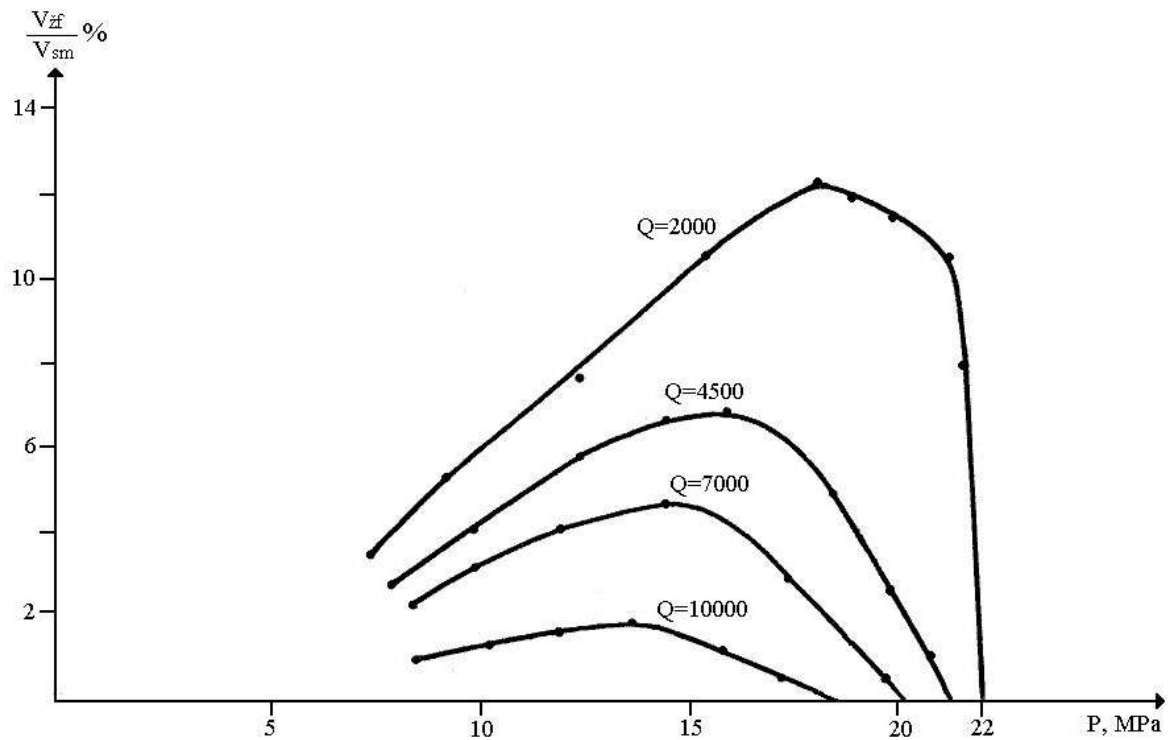
$$P_{\text{н.к.}} = 18,70 \text{ MPa}$$

Gazkondensat ulgamnyň kondensasiýanyň başlanýan  
basyşyny PVT-7 bombada synag arkaly kesgitlemek

12-nji tablisa

$\Gamma, \text{sm}^3/\text{sm}^3$	$V_{\text{ж}}, \text{sm}^3$	$V_{\text{см}}, \text{sm}^3$	$\frac{V_{\text{жс}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100\%$	$P, \text{MPa}$
7000	7,6	30,4	2,5	8,5
	7,0	212,12	3,3	10,0
	6,2	147,62	4,2	12,0
	5,8	120,83	4,8	14,6
	3,4	113,33	3	17,4
	0,5	83,33	0,6	19,7
	0			20,6

$$P_{\text{н.к.}} = 20,20 \text{ MPa}$$



17-nji sur. Kondensasiya izotermalary.

Dürli gazkondensat şertler üçin  $\mu=\mu(P)$  egri boýunça alynan kondensasiýanyň başlanýan deňagramlaşmadyk  $P_{\text{непас.}}$  basyşyny şol bir gazkondensat ulgamlarynyň 22 bombada (PVT-7) kesgitlenen kondensasiýanyň başlanýan  $P_{\text{cm.}}$  basyşy bilen deňeşdirmeklik,  $P_{\text{непас.}}$  basyşyň  $P_{\text{cm.}}$  basyşdan 6,7 - 9,3 % uly bolýandygyny görkezdi (13-nji tablisa). Synaglaryň beýleki tapgyrlary kondensasiýanyň başlanýan basyşyndaky toýunyň mukdaryny ýüze çykarmak üçin geçirildi. Geçirilen derňewleriň netijeleri 14-nji we 15-nji tablisalarda getirildi. Tablisalardaky maglumatlardan toýunyň mukdarynyň ulalmagy bilen gatlak şekilindäki kondensasiýanyň  $P_{\text{непас.}}$  deňagramlaşmadyk basyşynyň 5-6 % ulalýandygy görünýär.

Kondensasiýanyň başlanýan basyşlarynyň deňeşdirilişi  
(30 % toýun + 70 % çäge)

13-nji tablisa

T/b №№	Gazkondensat şertleri, $\text{sm}^3/\text{sm}^3$	Kondensasiýanyň başlanýan basyşy, MPa	
		PVT-7 bombada	$\mu=\mu(P)$ egriden
1	2000	22,00	23,75
2	4500	21,30	23,00
3	7000	20,20	21,76
4	10000	18,70	20,25
5	13000	17,40	18,75
6	15000	16,40	17,50



Kondensasiýanyň başlanýan basyşlarynyň deňeşdirilişi (100 % çäge)

14-nji tablisa

T/b №№	Gazkondensat şertleri, $\text{sm}^3/\text{sm}^3$	Kondensasiýanyň başlanýan basyşy, MPa	
		PVT-7 bombada	$\mu=\mu(P)$ egriden
1	2000	220	230
2	4500	213	222,5
3	7000	202	210
4	10000	187	195
5	13000	174	180
6	15000	164	170

Kondensasiýanyň başlanýan basyşlarynyň deňeşdirilişi  
(50 % toýun + 50 % çäge)

15-nji tablisa

T/b №№	Gazkondensat şertleri, $\text{sm}^3/\text{sm}^3$	Kondensasiýanyň başlanýan basyşy, MPa	
		PVT-7 bombada	$\mu=\mu(P)$ egriden
1	2000	220	242,5
2	4500	213	235
3	7000	202	232,5
4	10000	187	205,0
5	13000	174	190
6	15000	164	180

## 2 BAP

### GUÝULARY TERMOMETRIKI

#### DERÑEMEKLIGIŇ NETIJELERI BOÝUNÇA ÖNÜMLI GATLAKÇALARDAN GAZYŇ AKYP GELIŞINI ANYKLAMA MÜMKINÇILIKLERI HAKYNDÄ

[6] işden belli bolşy ýaly, soňky ýyllarda nebit we gaz senagatynda termometriki derňewleri ulanmaklyk giň gerim aldy. Termometriki derňewler nebit we gaz guýylaryny agtarma prosesinde temperatura gradiýentini we oturtma kolonnalary sementlenenden soň sementiň ýokary galyş beýikligini kesgitlemek maksady bilen geçirilýär. İşledilýän düzülýän känlerde termometriki derňewler ulanylýan guýylaryň iş interwallaryny, aýry-aýry önümlü gatlakçalaryň çykymyny kesgitlemek, şeýle-de guýylaryň dürli çykumlarda işlän prosesinde gazsuwuklyk garyndysynyň termodinamiki ýagdaýyny takykklamak üçin geçirilýär. Termometriki derňewler toýunly läbik, suw bilen bentlenen guýylarda we gazly gurşawlarda geçirilýär. Hidrodinamiki derňewler ýaly guýylary derňemekligiň termodinamiki usullaryny hem, maksada baglylykda, stasionar we stasionar däl ýylylyk düzgünlerinde geçirmek mümkin.

Nebit we gaz guýylarynyň temperatura gradiýenti, olary köp wagtlap togtadylandan (saklanandan) soň kesgitlenilýär. Durnuklaşan ýylylyk düzgünidöretmek üçin guýylary togtatmaklygyň takmynan wagtyny

$$\frac{\Delta t}{\Delta t_0} = 1 - e^{-\frac{d_0^2}{16a_0 r}}$$

formula boýunça hasaplamak mümkin [14, 15], bu ýerde  $\Delta t_0$  – guýyny doldurýan gazsuwuklyk garyndynyň we öwrenilýän jynslaryň başlangyç wagtdaky temperaturalarynyň arasyndaky tapawut,

$\Delta t$  – guýyny doldurýan gazsuwuklyk garyndynyň we öwrenilýän jynslaryň temperaturalarynyň arasyndaky wag

geçenden soňky tapawut,  $d_0$  – guýynyň diametri,  $a_0 = \frac{\lambda}{C}$ .

gurşawyň temperatura geçirijiligi,  $m^2/sag$ ;  $\lambda$  – gurşawyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti,  $kkal/^\circ m sag$ ;  $C$  – ýylylyk sygym koeffisiýenti,  $kkal/кг ^\circ C$ ;  $r$  – guýynyň radiusy,  $sm$ .

Gaz çogmasy (перелив), gaz çykmasy (газопоявление) we turbadaşky hereketi (затрубное движение) bolmadyk guýylarda temperaturanyň tebigy gradiýentini kesgitlemek üçin termometriki derňewler geçirilýär.

Temperaturanyň tebigy gradiýentini kesgitlemek üçin adatça elektrik termometrleri peýdalanýarlar. Şunlukda temperaturany ölçemeklik guýy boýunça termometriň hereketiniň hemişelik halatynda geçirilýär. Tersine bolan halatynda, kabeliň süýşme tizliginiň üýtgemegi bilen termometriň detallarynda ýylylygyň ýaýramasy bolup geçýär, bu bolsa öz gezeginde, temperatura egrisiniň ýoýulmasyna getirýär.

Azerbeýanyň känleri boýunça geotermiki derejäniň ululygyny bellemek üçin geçirilen termometriki derňewleriň netijeleri [29, 30] işlerde ýeterlikçe dolylygyna beýan edilýär.

Gaz guýylarynyň tehniki ýagdaýyna gözegçilik etmek üçin hem termometriki derňewler geçirilýär (turbadaşky giňişlikde sement läbiginiň ýokary galyş beýikligini anyklamak, turbadaşky giňişlikde suwyň aýlanyş mümkinçiliklerini anyklamak, oturtma kolonnanyň zeper ýeten ýerini anyklamak we ş.m). Şunlukda sement läbiginiň derejesiniň ýokary galmagy, termogrammada sementiň ýapyşmagy arkaly döreýän temperaturanyň birden ýokarlanmagy netijesinde äşgär bolýar. Termogrammalara düşündiriş düzülende guýynyň diametriň üýtgeýşini göz önünde tutmak gerek, sebäbi temperaturanyň bikadaýokarlanmagy diametriň ulalmagyny, ýagny köwek

barlygyny aňladýar. Sement läbiginiň ýokarlanma beýikligini anyklamak üçin termometriki derňewleri, adatça sement läbiginiň çaklanylýan ýapyşma wagtyndan başlanýar, tersine bolan halatynda, sement halkasynyň ýokarlanma beýikligini anyklama ýaramazlaşýar, sebäbi uzak wagtdan soň, ýylylyk alyş-çalyşygy netijesinde sement läbiginiň we jynslaryň temperatura bikadalyklary deňeçerleşýärler. Termogrammada, ýuwdygy gatlagyň (gatlak ýuwdulmasynyň) gabadynda ýuwdulma interwaly ýa-da kolonnanyň bozulmasy barada şaýatlyk edýän, temperaturanyň mese-mälim, çalt üýtgemesine gözegçilik edilýär.

[29, 30] işlerde turbadaşy giňişlikdäki sement läbiginiň ýokarlanma beýikligini anyklamak üçin guýylary termometriki derňemeklighiň, turbadaşy giňişlikde suwuň aýlanmasynyň mümkinçilikleriniň we Azerbejanyň kânlerindäki oturtma kolonnalarynyň zeper ýeten ýerlerini anyklamaklygyň netijeleri ýeterlikçe dolulygyna getirilýär.

Gazsuwuklyk ulgamlaryň termodinamiki ýagdaýyny ýüze çykarmak üçin termometriki derňewler dürli durnuklaşan düzgünlerde geçirilýär.

[6, 7, 8] işlerde durnuklaşmadyk düzgünde termometriki derňewleriň netijeleri boýunça gatlagyň dürli

fiziki parametrlerini ( $K$  – syzdyryjylyk,  $\frac{kh}{\mu}$  - gidrogeçirijilik)

kesgitlemek bolýandygy, gatlagy doýgunlaşdyrýan suwuklyklary, şeýle-de gatlagyň ýylylyk-fiziki häsiýetlerini (ýylylyk geçirijiligi, temperatura geçirijiligi, ýylylyk tolkun radiusyny we ş.m.) bahalandyryp bolýandygy bellenilýär.

[27, 56] işlerde guýy düýbindäki temperaturanyň üýtgemesi suwuklyklaryň we gazlaryň guýa tarap süzülme ýolynyň boýuna basyşlaryň paýlanyşyny (ýaýramasyny) ýa-da gatlak boýunça basyşlaryň hakykat ýüzündäki paýlanyşyny şekillendirýändigini bellenilýär. Drossel effektiniň bu häsiýeti B.B. Lapuk [27] tarapyndan ilkinji gezek beýan edildi we soňra E.B. Çekalýuk [56] tarapyndan çuň öwrenildi, ol gidro- we

termodinamiki prosesleriň özara baglanyşygyny kesgitledi.

Şuňa meňzeş özara baglanyşyklar nebit we gaz ojaklarynyň termometriki derňewleriniň peýdalanylýan oblastynda gatlaklary işletmekde we ulanmakda bilmek zerur bolan wajyp parametrleri – syzdyryjylygy, gidro- we pýezogeçirijilikleri, guýynyň effektiw radiusyny, gatlakda we guýynyň sütüninde parafin kristallaşmasynyň kritiki nokatlary we ş.m. kesgitlemek üçin täze mümkinçilikleri açýarlar.

E. B. Çekalýuk ilkinji bolup guýynyň stasionar düzgünde işleýän halatynda gatlak temperaturasynyň we basyşyň wagt boýunça we giňişlikde üýtgemeginiň arasyndaky özara baglanyşygy ýola goýdy. Şunlukda [56] işde guýydan suwuklygy we gazy almaklygyň hemişelik şertinde temperatura-wagt koordinatalardaky guýy düýbünüň temperaturasynyň egrisi, belli masştabda gatlakdaky, basyş-guýydan daşyna aralyk (uzaklyk) koordinatalarda basyşyň paýlanyş egrisiniň formasyny berýändigini belgilenýär.

Şunuň esasynda guýy düýbünüň temperaturasynyň üýtgeýşine gözegçilik etmek ýoly bilen guýylary derňemekligiň usuly gatlagy sünçgileme usuly diýlip atlandyryldy [56]. Guýy düýbünüň temperaturasynyň  $t_{3a6} = f(t)$  üýtgeýiş egrisiniň ( $P$ ,  $r$ ) koordinatalar ulgamyna öwürülenden soň, guýy düýbünüň töweregindäki gatlak basyşynyň ( $P$ ,  $r$ ) egrisini şekillendirýär.

[56] işde guýy işe goýberilenden soňky geçiş temperatura prosesleri guýy düýbi zolagyň geometriýasyny şekillendirýändigini belgilenýär, tebigy ýylylyk meýdanynyň durnuklaşan düzgüni bolsa akyp geliş we ýuwdulma interwallaryny we olaryň önümliligini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Işdäki guýynyň sütünindäki temperatura guýyda hereket edýän suwuklyklaryň we gazlaryň akymynyň temperaturasyna barabar bolýar (deň gelýär) we ol akymyň tizligine, akym bilen daşky jynslaryň arasyndaky ýylylyk alyş-çalyşygynyň gyzgalaňlylygyna, guýynyň sütünindäki adiabatik

giňelmäniň effekte, gatlakdaky drossel effekte we berlen dürli temperaturalardaky akymalaryň garyşmasyndaky kalorimetriki effektlere baglydyr.

Önümlü we ýuwdyjy interwallary bölmek üçin olaryň galyňlygyny we önümliligini kesgitlemek esas bolup hyzmat edýär, guýydüýbi zolagyň ýagdaýyny ýüze çykarmaklyk bolsa işleýän guýynyň ýokarda sanalyp geçilen hadysalar arkaly döreýän geotermasynyň we termogrammasynyň arasyndaky tapawutdyr.

Guýylary termometriki derňemeklige bagyşlanan işleriň gysgaça seljermasinden, şu ugurda ýerine ýetirilen ähli işleri iki sany kysyma bölüp bolýandygy gelip çykýar. Birinji ugra degişli işlerde guýylaryň termogrammalary guýylarda ýüze çykýan (sement läbiginiň ýokar galyş beýikligini we turbadaşky giňişlikdäki suwyň aýlanmasynyň mümkinçiliklerini, oturtma kolonnasynyň zeper ýeten ýerini we ş.m. kesgitlemek) prosesleriň hil taýdan seljermesi üçin ulanylýar.

Ikinji ugurdaky işlerde bolsa mukdar taýdan maglumatlary almaklyga synanyşyk edilýär. Meselem, [35, 56] işlerde önümlü gatlagyň çykymyny kesgitlemek üçin termogrammalary ulanmaklyk ündew edilýär (maslahat berilýär).

Şeýle bolsa-da, [35, 56] işlerde önümlü gatlaklaryň çykymyny kesgitlemek üçin işleýän guýylaryň termogrammalarynyň (guýylar işe goýberilenden soň) we guýylar uzak wagtlap (kä halatlarda, aýlap) saklanandan soň ölçelen hakykat ýüzündäki geotermanyň ulanylýandygyny bellemek gerek. Belli bolşy ýaly, şonça wagtlap guýylary uzak saklamaklyk maksada laýyk däl. Guýylaryň işleýiş ýagdaýyny we dürli gatlakçalaryň çykymyny çaklamak üçin soňky wagtlarda termometriki we debitometriki derňewleri utgaşdyryp geçirilýändigini, munuň bolsa öz gezeginde köp harajatlary talap edýändigini hem bellemek gerekdir.

Beýan edilenler bilen baglanyşykly, bu işde dürli

önümlü gatlakçalaryň çykymalaryny diňe işdäki guýylaryň termogrammalarynyň netijeleri boýunça kesgitlemekligiň mümkinçiliklerine garalýar.

## **2.1. Derňelýän obýektleriň gysgaça geologiki-ulanşyk häsiýetnamalary**

Häzirki döwürde “Türkmengaz” DK-nyň garamagynda 20-den gowrak gaz känleri senagat taýdan işläp-geçmek ýagdaýyndadyr.

Geofiziki derňewleriň maglumatlary boýunça, Gündogar Türkmenistanyň ähli gaz känlerinde diýen ýaly, gazyň örän gyzgyn akymynyň bolup geçýän uly bolmadyk galyňlykly gatlaklar gabat gelýärler. Öňümlü gatlaklaryň dik kesimini öwrenmekligiň we birhillibolmadyk ýerleri bölüp almaklygyň örän uly nazary we amaly ähmiýeti bardyr.

Şunuň bilen baglanyşykly şu paragrafda derňelýän obýektleriň: Şatlyk, Ojak we Naýyp gaz ýataklarynyň geologiki-senagat häsiýetnamalaryna garalýar.

Iki sany antiklinal gatlaklar (Şehitli we Jojukly) arkaly emele gelen Şatlyk gazkondensat käni 1968-nji ýylda açyldy.

Şatlyk gazkondensat käniniň ölçegleri 3250 m izogips boýunça aşakdaky ululyklar bilen bahalandyrylýar: uzynlygy 71 km, ini 16 – 26,5 km. Ganatlarynyň  $3,5^0$  gradusa çenli iň uly inme burçy bolan gatlaklaryň asuda tektoniki gurlusy belenilýär.

Garabiliň önümlü bölegi tutuş töweregi bilen 3350 – 3219 m interwalda ýatýar. Ol bolsa gaz ýatagynyň iň ýokary nokadyna degişlidir. Gaz gatlagynyň galyňlygy gatlak toplumynda 45,2 m bolup, ol merkezden uzaklaşdygyça ulalyp 51,5 metre ýetýär.

Öňümlü gatlak galyň çäge jynsy görnüşinde bolup, olaryň içinde galyňlygy boýunça (0,2-0.5 m) sany 13-e çenli uly bolmadyk syzdyрмаýan linza görnüşli toýun gatlajyklar, alewrolitler we güýçli toýunlaşan hek çägedaşlar saýlanýarlar.

Özünde gaz saklaýan dag jynslar bolup orta we ownuk däne görnüşli alewretistik we alewritik çägejikler hyzmat edýärler, çäge görnüşli alewrolitler hem ýygy-ýygydan gabat gelýärler.

Jynslaryň terrigen materiallary kwarsdan (45-50 %), meýdan şpatyndan (35-40 %) we effuziw jynslarynyň döwürindilerinden ybaratdyr. Bu jynslaryň açyk öýjükliligi 0,18-den 0,25-e çenli üýtgeýär, gazsyzdyryjylygynyň köplenç duş gelýän bahalary bolsa 30-deň 400 mD-a çenlidir.

Gowşaksementlenen ownuk we ortazireli çägedaşlaryň şeýle granulometriki düzümi bar: çägesow parçalary 74-92 %, alewrolitlikler (kirsendaşlar) 5-17 %, toýunsowlar 3-8 %. Sementiň mineral düzümi 12-18 %-e çenli öýjük, kontakt kysymly toýunsowly, karbonatly we demirli düzümdir. Başlangyç gutlak basyşynyň ulylygy 36,8 MPa, temperaturanyňky bolsa – 138°C.

Agtaryş guýylarynyň synaglaryna görä, gazojaklaryny işletmäniň başlangyç döwründe 1 mln.m<sup>3</sup>/sut çykym almak üçün 0,40 MPa deň depressiýa talap edilýär; 1,5 mln.m<sup>3</sup>/sut çykym almak üçün gerek depressiýa 0,69 MPa deňdir.

1966-njy ýylda açylan we işläp-geçmek girizilen Ojak gazkondensat kăni Orta Aziýa – Merkez magistral gazgeçirijiniň trassasyndan 30 km aralykda ýerleşýär. Gaz kăni köpgatlaklydyr. Munda, 1400-2200 m çuňluklarda, 13 önümlü gatlak bardyr. Stratigrafiki kesime görä olar şeýle ýerleşendirler: IIa, IIb, III – apt; IVa, IVb, V-neokom; VI-kimmerij; VII-oksford; VIII, IX, X – kelloweý ýaşynda.

I, III, IV, VIII we IX-X gatlaklaryň gaz kănləri – gümmez, suwüsti kysymly; galanlary – gümmez, dolygatlakly kysymlydyr.

Aşaky mel (IIa, IIb, III, IVa, IVb, IVb, V gatlaklar) gaz çökündileri esasan linza şekilli toýun gatlakçalar, kăte hekdaşlar bilen çägedaşdan we alewrolitlerden düzülendirler;

Ýokarky ýura çökündileri (VI, VII, VIII, IX, X gatlaklar) esasan pesgalyňlykly angidritler, hekdaşlar,



alewrolitler we toýunlar bilen hekdaşlar, organogen we hemogen döwündilerden ybaratdyr.

Önümlü gatlaklaryň täsirli galyňlyklary 10-38 m. deňdir. Kollektorlaryň ortaça öýjükliligi gatlaklar boýunça 10-20 %-dir, syzdyryjylyklary ortaça 20-385 mD bahalarynda 3820 mD çenli ýetýärler. Çuňluga görä, başlangyç gatlak basyşy 16.6 MPa-dan 23.1 MPa çenli, gatlak temperaturasy 72-den 98 °C çenli üýtgeýärler. Guýy çykymlyary 5-den 150 müň m<sup>3</sup>/sut aralykda boldy. Naýyp gazkondensat käni Ojak kâninden 50 km günorta-gündogar tarapda ýerleşýär. Bu gazkâniniň önümlü hasaplanýan mel we ýura çökündileri boýunça Naýyp strukturasy gümmez pisintli, asimmetriki, demirgazyk-demirgazyk gündogar taraplara uzalyp gidýän, gündogar ganaty ýapgyt (1<sup>0</sup>-a çenli) we demirgazyk – günbatar ganaty deňeşdirme kert (2,5<sup>0</sup>-a çenli) epindir. Struktura gündogardan we günbatardan döwürler bilen çäklendirilýär. Beýgelmäniň aşaky meliň önümlü gatlaklary we ýokarky ýuranyň depeleri boýunça ölçegleri 65 m amplitudaly 10x15 km meýdandyr.

Önümlü gatlaklar 1755-den 2526 m. aralygyndaky çuňlukda ýatýarlar. Ojak gaz kânine meňzeşlikde, IIa, IIb, III – apt, IVa, IVb, IVb, V, Va (neokom), VI, VIII, IX+X (ýokarky ýura) önümlü gatlaklary bölüp çykarsa bolýar.

Mel çökündileriniň önümlü gatlaklary litologiýa taýdan çägedaşlaryň, toýunlaryň we alewrolitleriň gat-gat ornaşygy bolup ýüze çykýarlar. Ýura çökündilerinde karbonat tapawutlary biraz ulalýarlar. IX-X gatlaklaryň gaz kânleri suwüstki, galanlary bolsa dolygatlak kysymdyrlar. Başlangyç gatlak basyşy çuňluk bilen 18,6-dan 28,7 MPa çenli, gatlak temperaturasy bolsa 79,8-den 103,7 °C çenli üýtgeýärler. Guýy çykymlyary häzirki wagtda 50-den 200 müň m<sup>3</sup>/sut aralykda üýtgäp durýarlar.

## 2.2. Guýularyň termometriki barlaglarynyň netijeleri boýunça gatlakçalardan gaz akyp gelişini çaklama mümkinçiligi barada

Işleýän guýylaryň termogrammalary boýunça düýpýaka zolagyň geometriýasyny, şeýle hem akyp geliş (ýuwdylyş) interwallaryny we olaryň önümliligini kesgitlep bolýanlygy bellidir. Işleýän guýylaryň boýuna görä temperatura paýlanşygy, esasan, şeýle şertlere baglydyr: akym tizligi, guýy boýuna görä basyş paýlanşygy, ýylylyk çalyşmasynyň gyzgalaňlygy, drossel effekti, kalorimetriki garyşma we ş.m. Temperatura egrisiniň häsiýetine agzalan şertleriň käbirleri aýratyn täsirli bolarlar, sebäbi hut şol interwalda akym tizlikleriniň basyş tapawutlarynyň batly üýtgemesi we dürli temperaturaly gurşawlaryň garyşmasy bolup geçýärler. Beýan edilenler bilen baglanşykda, önümlü gatlaýyň çäklerindäki akyp geliş hasaba alynanda guýynyň boýuna görä temperaturany kesgitlemek belli gyzyklanma döredýär. Her bir önümlü interwal şol bir çykymly nokat görnüşinde şekillendirilýär diýip çaklanýar. Mundan başga-da, şol bir kesimde kalorimetriki garyşma bolup geçýär diýip çaklanýar. Matematika taýdan, mesele kalorimetriki effekt nazara alynanda, energiýa deňlemesini çözmeklikden durýar:

$$\begin{aligned}
 F\rho C_p \frac{\partial T}{\partial X} + C_p G \frac{\partial T}{\partial X} - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) C_p G \frac{\partial P}{\partial X} = \\
 = -\Delta T_1 G_m C_p \delta(x - x_1) - \dots - \\
 - \Delta T_m G_{mn} C_{pm} \delta(x - x_m)
 \end{aligned} \quad (2.1)$$

bu ýerde  $T$  – ýokarlanýan akym temperaturasy;  $G$  – gazyň massa çykdajysy;  $F$  – kese kesim meýdany;  $\rho$  – gazyň dykzlygy;  $C_p$ ,  $C_{pm}$  – degişlilikde, ýokarlanýan we gatlakdan

akyp gelýan gaz akymlarynyň ýylylyk sygymlary;  $\mu$  – Joul-Tomson koeffisiýenti;  $A$  – ýylylyk ekwiwalenti;  $G_m, G_{mn}$  – önümlü kesimlerden gelýän massa çykdaýlary;  $\Delta T, \Delta T_m$  – ýokarlanýan we gatlakdan akyp gelýän gaz akymlarynyň temperatura tapawutlary;  $\delta(x)$  – Dirak funksiýasy.

(2.1) ýazylanda, ýylylyk effekti nola deň hasaplandy, ýagny ýokarlanýan akym temperaturasy dag jynslarynyň temperaturasy bilen çalt deňleşýär diýip kabul edildi.

(2.1) deňlemäni çözmek üçin, guýy boýuna basyş paýlanşygyny  $X_1, \dots, X_m$  [60] kesimlerdäki nokatlanç akymlary hasaba alyp gurşaw hereketiniň şeýle differensial deňlemesiniň çözgüdinden taparys

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = \frac{2a}{c^2} \cdot \frac{\partial P}{\partial t} - \frac{2a}{F} [G_I \delta(x - x_I) + \dots + G_m \delta(x - x_m)] \quad (2.2)$$

Munda başlangyç we çäk şertleri:

$$P(x, 0) = P_0; P(0, t) = P_H; P(L, t) = P_K, \quad (2.3)$$

bu ýerde  $P(x, 0)$  – guýy boýuna basyşlar;  $2a$  – sürtülme koeffisiýenti;  $c$  – ses ýaýraýyş tizligi. (2.2)-niň (2.3) şertlerdäki çözgüdi şeýle görnüşe eýedir:

$$P_1 = P_n - \frac{P_H - P_K}{l} \cdot x - \sum_{n=1}^{\infty} C_n l^{-\frac{c^2}{2a} \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi x}{l} + \frac{2a_1 G_1}{F} \times$$

$$\times \left\{ \begin{array}{l} \frac{x(l-x_I)}{l}, \quad x < x_I \text{ bolanda} \\ \frac{x_I(l-x)}{l}, \quad x > x_I \text{ bolanda} \end{array} \right\} + \dots + \frac{2a_m G_m}{F} \left\{ \begin{array}{l} \frac{x(l-x_m)}{l}, \quad x < x_m \text{ bolanda} \\ \frac{x_m(l-x)}{l}, \quad x > x_m \text{ bolanda} \end{array} \right\}$$

$$C_n = P_{n_0} - \frac{2}{\pi n} \left[ (-1)^{n-1} P_{\kappa} + P_{\mu} \right] - \frac{Lal}{F\pi^2 n^2} \times$$

$$\times \left[ G_n \sin \frac{n\pi x_1}{l} + \dots G_m \sin \frac{n\pi x_m}{l} \right]$$

$$P_{n_0} = P_0 \frac{2}{n\pi} \left[ (-1)^n - 1 \right]. \quad (2.4)$$

Alynan çözüdi (2.1)-e goýup temperaturanyň wagta we çuňluga görä paýlanşygyny almak kyn dälir. Emma, basyş üýtgeме paýlanşygynyň amalyýetde bada-bat bolup geçýänligi sebäpli, aşakda stasionar prosese seredilýär. Beýän edilenleri nazara alyp, (2.4) aňlatmadan  $t \rightarrow \infty$  ýagdaýdaky  $\frac{\partial P}{\partial x}$ -i (2.1)-e

goýup we soňkyde  $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$  kabul edip, alarys:

$$T = T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left[ \frac{P_{\mu} - P_{\kappa}}{l} x + \frac{2a_l G_m x}{F} \begin{cases} \frac{l-x_l}{l}, & x < x_l \text{ bolanda} \\ -\frac{x_l}{l}, & x > x_l \text{ bolanda} \end{cases} + \right.$$

$$\left. + \frac{2a_m G_m x}{F} \begin{cases} \frac{l-x_m}{l}, & x < x_m \text{ bolanda} \\ -\frac{x_m}{l}, & x > x_m \text{ bolanda} \end{cases} \right] \quad (2.5)$$

munda

$$T|_{x=0} = T_3 \quad (2.6)$$

çäk şerti berjaý edilmeli. (2.6) şertde (2.5)-iň çözüdiniň görnüşi:

$$T = T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left[ \frac{P_H - P_K}{l} x - \frac{2a_I G_m x}{F} \times \right. \\ \times \left. \left\{ \begin{array}{l} \frac{l - x_I}{l}, \quad x < x_I \text{ bolanda} \\ -\frac{x_I}{l}, \quad x > x_I \text{ bolanda} \end{array} \right\} - \frac{2a_m G_{mn} x}{F} \left\{ \begin{array}{l} \frac{l - x_m}{l}, \quad x < x_m \text{ bolanda} \\ -\frac{x_m}{l}, \quad x > x_m \text{ bolanda} \end{array} \right\} \right] - \\ - \frac{\Delta T_I G_m C_m}{G_{I6} C_{I6}} \delta(x - x_I) - \frac{\Delta T_m G_{mn} C_{mn}}{G_{m6} C_{m6}} \delta(x - x_m) \quad (2.7)$$

Differensial deňlemäniň (2.7) çözüdiniň seljermesinden, guýy boýuna temperaturanyň üýtgame paýlansygy basyş üýtgame paýlansygyna önümlü gatlagyň dürli kesimlerinden gelýän akymlaryň çykdaýlaryna we kalorimetriki garyşmasyna baglylygy gelip çykýar.

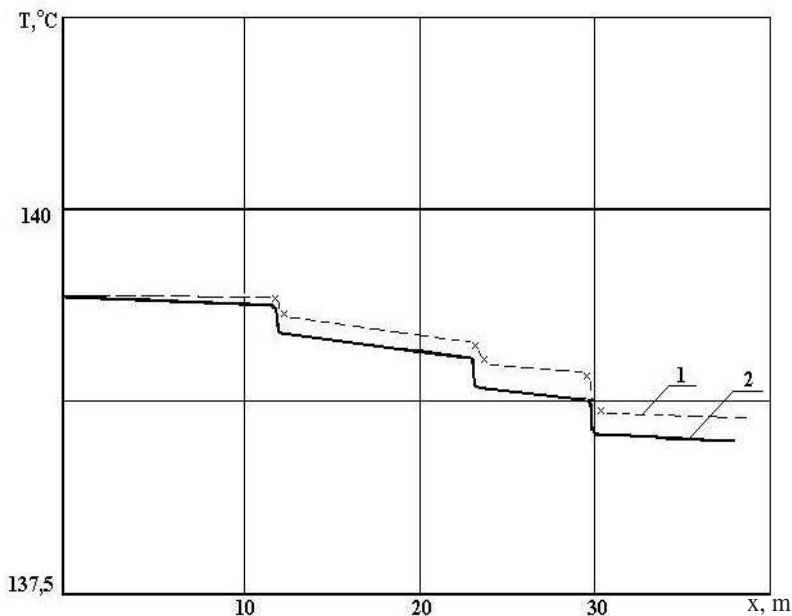
Teklip eden usulymyzy synamak maksady bilen, ulanşykdaýy Şatlyk, Ojak we Naýyp gaz ojaklarynyň guýyary üçin biz hasaplamalar geçirdik.

Şatlyk gaz ojagy, 303-nji guýy (önümlü gatlak – garabil, perforasiýa interwaly – 3380-3364 m). Termometriki barlaglar 1978-nji ýylyň 18-nji fewralynda, guýynyň  $Q=1380$  müň.m<sup>3</sup>/sut çykym bilen kollektora işleýän döwründe geçirildi. Şuňlukda, guýy boýunça temperatura ölçegi TEG-36 kysymly termometr arkaly geçirildi. Termometriki barlaglaryň netijeleri 18-nji sur. getirilýär. 3378,8 m çuňlukda, 4,8 MPa basyş tapawudynda temperatura peselmesi 1,12 °C deň boldy. (1.9) formuladan Joule-Tomson koeffisiýenti kesgitlendi:

$$\mu = \frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{1,12^{\circ}\text{C}}{5\text{MPa}} = 0,22 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{MPa}}.$$

Joule-Tomsonyň senagat barlaglary esasynda alynan koeffisiýentiniň tejribe berilmeleri bilen deňeşdirmesi, senagat barlaglar netijesinde alynan  $\mu$  koeffisiýentiň, biziň synaglarymyzda alynan tejribe berilmelerinden ep-esli ýokarydygyny görkezýär. Muny, tejribe barlaglary geçirilende gatlak şekilinden uly bolmadyk gaz (gazkondensat) mukdary

süzülip çykanlygy bilen düşündirse bolar, bu bolsa elbetde, drossel prosesse täsir etmän galmaýar. 18-nji suratda 3367,0-3364,0 m, 3355,8- 3354,0 m, 3349,2-3348,2 m çuňluk interwallarynda termogrammada görkezilen interwallardan akyp çykýan akymlyaryň drossel effekti we kalorimetriki garyşmasy taýdan ýüze çykýan temperatura böküşleri görünýär. 303-nji hereket edýän guýy üçin (2.7) formulany ulanyňp, hasaplamalar geçirildi. Onuň üçin şeýle başlangyç maglumatlardan peýdalanyldy:



18-nji sur. Şatlyk gaz ojagy. 303-nji guýy. Önümlü gatlak çäklerinde guýy boýunça temperatura üýtgemesi.  
1 – işleýän guýynyň termogramması; 2 – nazaryýet egrisi.

$$x_1=0 \quad Q_4=398300 \text{ m}^3/\text{sut}=4,55 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$x_2=12 \text{ m} \quad Q_3=332580 \text{ m}^3/\text{sut}=3,85 \text{ m}^3/\text{s};$$

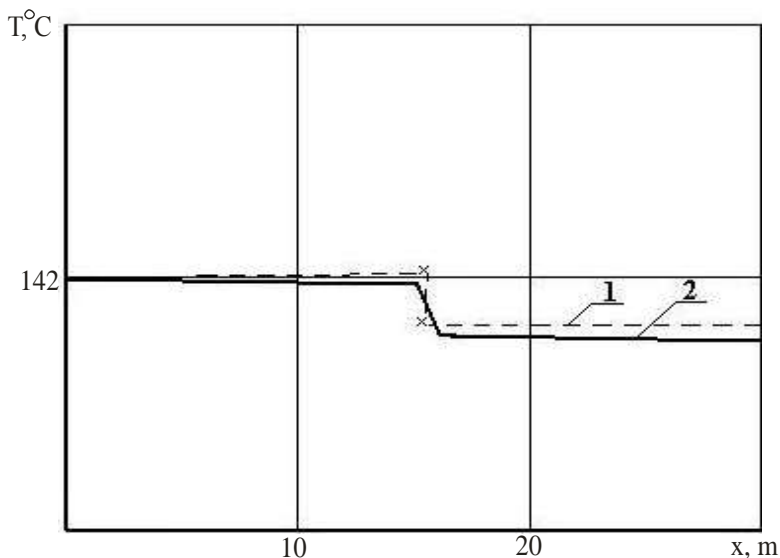
$$x_3=23 \text{ m} \quad Q_2=19596 \text{ m}^3/\text{sut}=2,27 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$x_4=28 \text{ m} \quad Q_1=23046 \text{ m}^3/\text{s}=2,67 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Işläp taýýarlamanyň netijeleri 18-nji suratda

şekillendirildi. Suratda guýy boýuna görä temperatura üýtgeýşiniň hasaplanan bahalary bilen bilelikde senagat barlaglarynyň netijeşinden alynan 303-nji hereket edýän guýynyň termogrammany hem ýerleşdirildi. 18-nji suratdan görnüşi ýaly, boýa görä temperatura üýtgemesiniň hasaplanan bahalary we senagat barlaglarynyň netijeleri gowy gabat gelýärler. Beýan edilenlerden, işleýän guýynyň temperatura üýtgemesi boýunça termogrammany bolanda, önümlü gatlakçalardan gaz akyp gelmesini çaklama mümkinçiligi aýan bolýar.

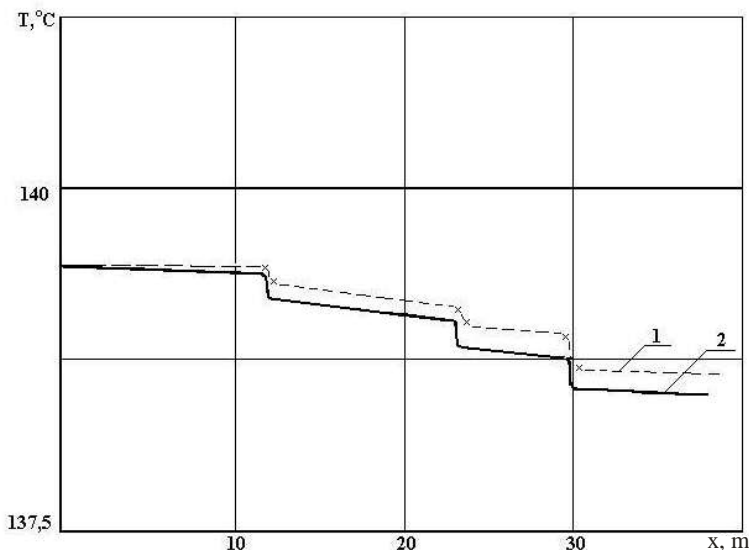
124-nji guýy (önümlü gatlak – garabil, perforasiýa interwaly – 3360-3400 m). Termometriki barlaglar 1976-njy ýylyň 30-njy martynda, guýynyň 380 müň.m<sup>3</sup>/sut çykym bilen kollektora işleýän döwründe geçirildi. Barlag netijeleri 19-njy sur. görkezilýär



19-nji sur. Şatlyk gaz ojagy. 124-nji guýy.  
 Önümlü gatlak çäklerinde görä temperatura üýtgemesi.  
 1 – işleýän guýynyň termogrammany; 2 – nazaryýet egrisi.  
 19-nji sur. görnüşi ýaly, 3380 m çuňlukda, ştuseriň 10

mm diametrine temperatura peselmesi 1,1 °C ybarat boldy. Suratda, 3365,6-3363,5 m çuňluk interwalynda termogrammada akyp gelýän akymlyaryň drossel effekti we kalorimetriki garyşmasy zerarly temperatura bökmesini aňsysra bolýar. Şol suratda ýene-de, 124-nji hereket edýän guýynyň termogrammasyndan başga, guýy boýuna görä temperatura üýtgeýşiniň hasaplanan bahalary şekillendirildi. Görnüşi ýaly, guýy sütüni boýunça temperaturanyň hasaplanan üýtgemesi we senagat barlaglary dowamynda işläp duran guýynyň ölçenen termogrammalary özara gowy tassyklanýarlar. Ýokarda bellenişi ýaly, akyp geliş interwallary temperaturanyň böküp üýtgemeleri sebäpli mese-mälim bölünýärler.

130-njy guýy (önümlü gatlak – garabil, perforasiýa interwallary – 3413-3430 m). termometriki barlaglar 1977-nji ýylyň 23-nji martynda geçirildi. Barlaglaryň netijeleri 20-nji sur. görkezilýär.



20-nji sur. Şatlyk gaz ojagy. 303-nji guýy.

Önümlü gatlak çäklerinde sütün boýunça temperatura üýtgeýşi.

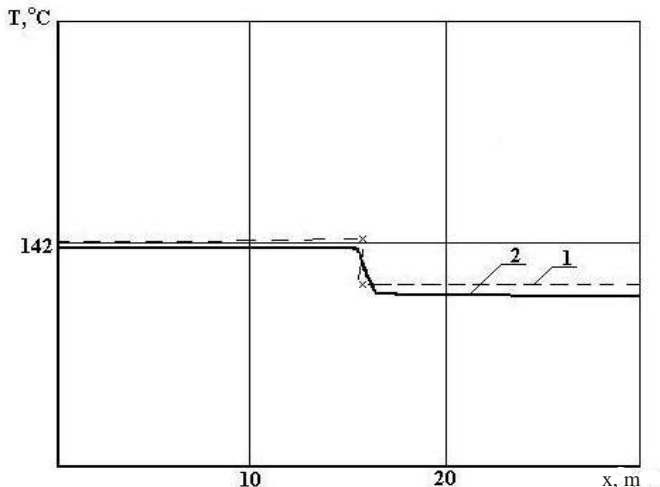
1 – hereketdäki guýy termogramması; 2 – nazary egrisi.

20-nji sur. görnüşi ýaly, 3430,0 m çuňlukda temperatura



peselmesi  $2,8^{\circ}\text{C}$  ybarat boldy. 3427,0-3424,0 m, 3423,0-3419,0 m, 3392,0-3389,0 m, 3385,0-3384,0 m, 3379,0-3377,5 m çuňlyk interwallarynda termogrammada şol önümlü gatlakçalardan akyp gelişlere şaýat temperatura bökmeleri görünýär. 20-nji suratda hereket termogrammasy bilen bilelikde guýy sütüni boýunça temperatura üýtgeýşiniň hasaplanan bahalary hem şekillendirildi. Temperaturanyň üýtgeýşiniň senagat we hasap nokatlarynyň deňeşdirmesi olaryň oňat jebisleşýändigini görkezýär.

244-nji guýy (önümlü gatlak – garabil, perforasiýa interwallary 3425-3458 m, 3332-3334 m, 3232-3254 m, içki diametri 155 m bolan ulanşyk kolonna 3460 m çuňluga çenli goýberilen, paker oturdylan 4"-ly lift kolonnasynyň umumy uzynlygy – 3227 m). termometriki barlaglar 1977-nji ýylyň 22-nji aprelinde geçirildi, guýy diametri  $d=22$  mm bolan şaýba arkaly işledi. 1977-nji ýylyň 26-njy aprelinde guýy  $d=10$  mm şaýba arkaly işledi. Barlaglaryň netijeleri 21-nji sur. şekillendirilýär.



21-nji sur. Şatlyk gaz ojagy. 124- nji guýy.

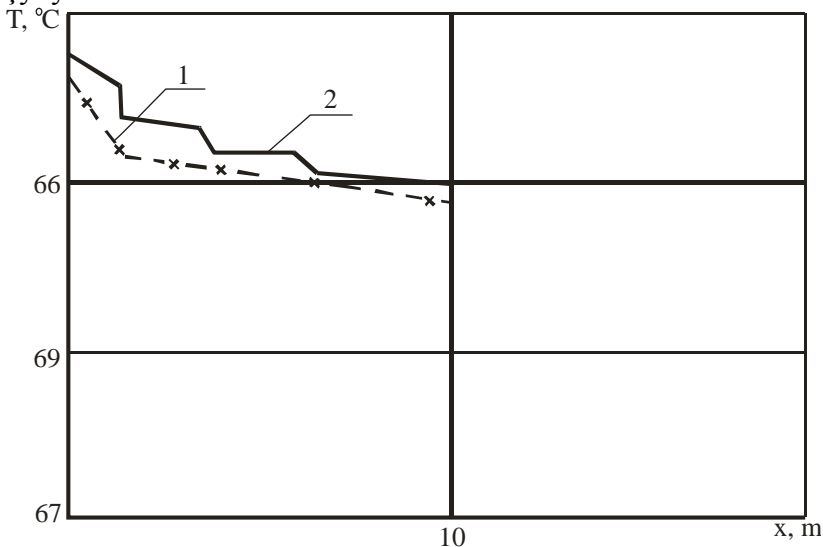
Önümlü gatlak çäklerinde sütün boýunça temperatura üýtgeýşi.

1 – hereketdäki guýy temperaturasy; 2 – nazary egrisi.

21-nji sur. görnüşi ýaly, 3247-3249 m, 3251-3253 m,

3273-3276 m çuňluk interwallarynda temperaturanyň böküp üýtgemeleri bardyr. Suratda hereketdäki 244-nji guýynyň termogrammasyndan başga, temperatura üýgesiniň hasaplanan bahalary hem görkezildi. Temperatura üýtgesiniň termometriki barlaglarynyň we hasaplamalarynyň netijeleriniň deňeşdirmesinden olaryň özara oňat tassyklaşyandyklary (ylalaşykadygy) görünýär.

Ojak gaz käniniň guýylary boýunça hem meňzeş hasaplamalar geçirildi. 22 suratda hasaplamalaryň netijeleri we hereketdäki guýylaryň termogrammalary getirilýär. Suratlardan, öň hem bellenişi ýaly, hereketdäki guýylaryň senagat barlaglarynda ölçenen termogrammalary bilen temperatura üýtgeýşiniň hasaplama bahalarynyň özara oňat ýalalaşykadygy görünýär. Getirilen mysallar netijesinden, hereketdäki guýylaryň termogrammasy bar bolsa, gazyň akyp geliş (ýuwdylyş) interwallaryny çaklamak mümkinçiligi gelip çykýar.



22-nji sur. Ojak gaz kani. 503-nji guýy.

Önemli gatlak çäklerinde sütün boýunça temperatura üýtgeýşi.

1 – hereketdäki guýy temperaturasy; 2 – nazary egrisi.

Differensial deňlemäniň çözgütleriniň seljermesinden

gaz ýuwdulyş hadysasynda sütünde akymlaryň kalorimetriki garyşmasy bolup geçmeýänligi gelip çykýar we temperaturanyň sütün boýunça üýtgemesi

$$T = T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left[ \frac{P_H - P_K}{l} x + \frac{2a_I G_m x}{F} \begin{cases} \frac{l - x_I}{l}, & x < x_I \text{ bolanda} \\ -\frac{x_I}{l}, & x > x_I \text{ bolanda} \end{cases} + \right. \\ \left. + \frac{2a_m G_{mn} x}{F} \begin{cases} \frac{l - x_m}{l}, & x < x_m \text{ bolanda} \\ -\frac{x_m}{l}, & x > x_m \text{ bolanda} \end{cases} \right]$$

formula boýan edýär. Bu ýerden bolsa, gaz ýuwdulyş interwallarynyň termogrammada temperaturanyň ýokarlanýan çuňluklaryna gabat gelmelidirigi anyklanýar.

### **2.3. Guýylaryň termometriki barlaglarynyň netijeleri boýunça dürli önümlü gatlakçalaryň çykymyny kesgitlemek mümkinçiligi barada**

Geçen paragrafda görkezilişi ýaly, [35, 6, 56] işlerde dürli önümlü gatlakçalaryň çykymy we gatlagyň iň möhüm parametrlerini kesgitlemek üçin termodinamiki usullary peýdalanma mümkinçilikleri bellenýär. Muňa seretmezden, häzirki wagta çenli gatlaklary we guýylary barlamagyň termodinamiki usullary nebitgazsenagat tejribeliginde mynasyp ulanşykda bolman galýarlar. Diňe aýratyn nebitgaz raýonlarynda, hususanda, Ukrainada [56, 34], Azerbaýjanda [29, 16] we Tatarystanda [36, 40] termodinamiki usullar üstünlikli peýdalanylýarlar, beýleki raýonlarda bolsa olar kiçi göwrümlü ulanşykdadylar.

“Türkmengaz” DK-nyň işläp-geçýän gaz kânlerinde barlaglaryň termodinamiki usullary esasan gaz-suw sepgidiniň süýşmesine gözegçilik etmek, pakerli nasos-kompress turbalaryň aşaky böleginiň gurluşsyny anyklamak, paker

oturdyljak ýeri kesgitlemek, ulanşyk kolonnanyň mümkin jebis däl ýerlerini kesgitlemek we işleýän interwallary hil taýdan häsiýetlendirmek üçin ulanylýar.

“Türkmengaz“ DK-nyň işläp-geçýän gaz känlerinde dürli önümlü gatlakçalaryň çykymlaryny we guýylaryň işleýiş ýagdaýyny çaklamak bilen termometriki we debitometriki barlaglaryň kompleksi geçirilýär. Şonda, ýokarda bellenişi ýaly, termometriki barlaglar diňe işleýän interwallary hil taýdan häsiýetlendirmek üçin peýdalanylýarlar. Debitometriki barlaglaryň kömegi bilen gazberiji gatlakçalaryň çäklerini we olaryň çykymlaryny ýeterlik takyklykda kesgitläp bolýanlygyny bellemek gerek. Emma, muňa garamazdan, debitometriki barlaglaryň bir hatar kemçilikleri bar:

a) Eger gatlakçadan gazsuwuklyk garyndysy akyp gelýän bolsa, [47] işde hem bellenişi ýaly, gaz çykymy dürli gatlakçalardan kesgitlenende, ýaňyslyk ulalýar;

b) Debitometriki barlaglaryň kömegi bilen önümlü gatlakçalardan akyp gelýän flýuidi anyklamak (gaz, suwuklyk) örän kyn, käbir halatlarda bolsa mümkin hem däl;

ç) Nasos-kompressor turbalary bilen öňi alynan guýy kesiminde debitometriki ölçegler arkaly işleýän interwallary bölüp aýyrmak we olaryň çykymyny kesgitlemek mümkinçiligi ýok;

d) Debitometriki barlaglar bilen kolonna arkasyndaky gaz ýa-da suwuklyk akyp geçmesini kesgitlemek mümkin däl.

Mundan başga-da, termometriki we debitometriki barlaglar kompleksiniň netijeleri esasynda işleýän interwallary we olaryň çykymlaryny kesgitlemek uly çykdaýylar bilen baglydygyny bellemek gerek. [35, 56] işlerde hereketdäki guýylaryň termogrammlaryny debitometrler hökmünde peýdalanmak mümkinçilikleri bellenyär. Önümlü gatlakçalaryň çykymyny kesgitlemek üçin [35, 56] işlerde hereketdäki guýylaryň termogrammlary we guýylar uzak wagtlap togtadylandan soň ölçenen hakyky geotermal peýdalanylýarlar. Belli bolşy ýaly, şeýle uzak wagtlap guýylary

saklamak maksada laýyk däldir. Beýan edilenler bilen baglylykda, şu paragrafda diňe guýynyň termometriki barlaglarynyň netijeleri boýunça önümlü dürli gatlakçalaryň çykymalaryny kesgitlemek mümkinçiliklerine garaljakdyr. Bu meseläni çözmek üçin, massa sarplanyşa görä çözülen (2.7) formulany ulanmalydyr.

Birinji önümlü gatlakçanyň çykymy:

$$G_m = \frac{T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left( \frac{P_H - P_K}{l} x \right) - T_1}{\left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \frac{2a_1 x}{F} \cdot \frac{x_1}{l} + \frac{\Delta T_1}{G_1 b}}. \quad (2.8)$$

formula boýunça kesgitlenýär.

Ikinji önümlü gatlakçanyň çykymy:

$$G_2^n = \frac{T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left( \frac{P_H - P_K}{l} x \right) - T_2 - \frac{\Delta T_1 G_{1n}}{G_1 b}}{\left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \frac{2a_2 x}{F} \cdot \frac{x^2}{l} + \frac{\Delta T_2}{G_2 b}}. \quad (2.9)$$

$m$ -nji önümlü gatlakçanyň çykymy:

$$G_{mn} = \frac{T_3 - \left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \left( \frac{P_H - P_K}{l} x \right) - T_m - \frac{\Delta T_1 G_{1m}}{G_1 b} - \frac{\Delta T_2 G_{2m}}{G_2 b} - \dots - \frac{\Delta T_{m-1} G_{(m-1)n}}{G_{(m-1)} b}}{\left( \mu + \frac{A}{\rho C_p} \right) \frac{2a_m x}{F} \cdot \frac{x_m}{l} + \frac{\Delta T_m}{G_m b}}$$

(2.8)-(2.10) deňlemeler ulgamyny çözüp, önümlü dürli

gatlakçalaryň çykymalaryny kesgitlese bolar. Şonda Joule-Tomsonyň koeffisiýenti:

$$\mu_i = \frac{T_3 - T_y - \frac{A}{\rho C_p} (P_H - P_K)}{P_H - P_K}, \quad (2.11)$$

formula boýunça kesgitlenýär, bu ýerde

$T_y$ ,  $T_3$  – deňişlilikde guýy agyz we düýp temperaturalary, °C;

$P_H$ ,  $P_K$  – deňişlilikde düýp we agyz basyşlary.

Şatlyk, Ojak, Naýyp kânleriniň hereketdäki guýylary üçin (2.11) formula boýunça Joule-Tomsonyň koeffisiýentleriniň hasaplamalary, şol bir gatlagyň çäklerinde Joule-Tomson koeffisiýentleriniň üýtgemeleriniň örän dar diapazonda bolýandyklaryny görkezdi. Ýokarda beýan edilenlerden, eger bir guýy boýunça Joule-Tomson koeffisiýenti bar bolsa önümlü dürli gatlakçalaryň çykymyny ýeterlik takyklykde kesgitläp boljakdygy gelip çykýar.

Hödürlenýän usuly synamak üçin Şatlyk, Ojak, Naýyp kânleriniň guýylary boýunça hasaplamalar geçirildi.

Şatlyk gaz kâni. 303-nji guýy. Önümlü gatlakda işleýän interwallary, olaryň galyňlygy we çykymalaryny bölüp aýyrmak, önümlilik häsiýetlerini, işleýän interwallaryň hakyky syzdyryjylygyny kesgitlemek, işleýän önümlü interwallary ýüze çykarmak üçin we aýry-aýry önümlü interwallarda gatlak açylyşynyň kämilligini kesgitlemek üçin debitometriki we termometriki barlaglar kopmpleksi geçilildi. Barlaglaryň netijeleri 23-24-nji sur. getirilýär. Suratlardan görnüşi ýaly, gaz akyp geliş interwallary debitogrammada hem, termogrammada hem böküş şekilli üýtgame arkaly mese-mälim bölünip aýrylýarlar. Geofizikleriň maglumatlaryna görä, önümlü gatlaklarda gaz çykymynyň aşakdan ýokary üýtgeýşi umumy çykymyň deňişlilikde  $Q_1=24,2$  %,  $Q_2=14,2$  %,  $Q_3=16,7$  %,  $Q_4=28,5$  %,  $Q_5=16,4$  %-ini düzýär. Sutkalaýyn gaz çykymy  $Q=1380$  mün.m<sup>3</sup>/sut, agyz basyşy bolsa 21,0 MPa deňdir. Bu düzgünde  $P_{3a6}$  (MPa-da) düýp basyşy G.A. Adamowyň

formulasy boýunça kesgitlenýär [35, 56]:

$$P_{3a\delta} = \sqrt{P_y^2 e^{2s} + \theta Q^2}, \quad (2.12)$$

bu ýerde

$\lambda$  – kesgitli бүдүр-сүдүрлilikli turbalar üçin garşylyk koeffisiýenti;  $Q$  – (müň.m<sup>3</sup>/sut) – gaz çykymy;  $d_{\text{en}}$  (sm) – gaz geçýän turbalaryň içki diametri;  $Z$  –  $P_{cp}$  basyşdaky we  $T_{cp}$  temperaturadaky gazyň aşagysylyjylyk koeffisiýenti;  $P_y$  – (MPa) – guýy agzyndaky basyş.

Orta temperatura:

$$T_{cp} = \frac{T_y + T_3}{2}. \quad (2.13)$$

formula bilen kesgitlenýär.

Hereketlenýän gaz sütüni halatynda orta basyş

$$P_{cp} = \frac{2}{3} \left( P_{3a\delta} + \frac{P_y^2}{P_{3a\delta} + P_y} \right). \quad (2.14)$$

formula boýunça hasaplandy.

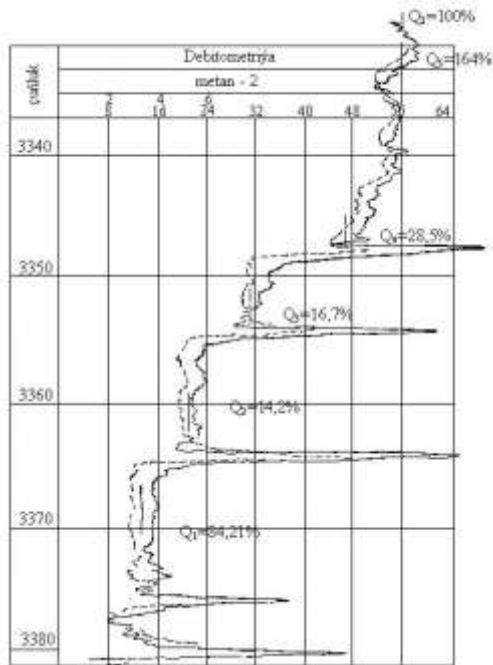
(2.12) formula bilen hasaplanan düýp basyşy 29,0 MPa-dan ybarat boldy. San bahalary (2.11) formula goýup, alarys:

$$80 \left( \mu_i + \frac{A}{\rho C_p} \right) = 39,32,$$

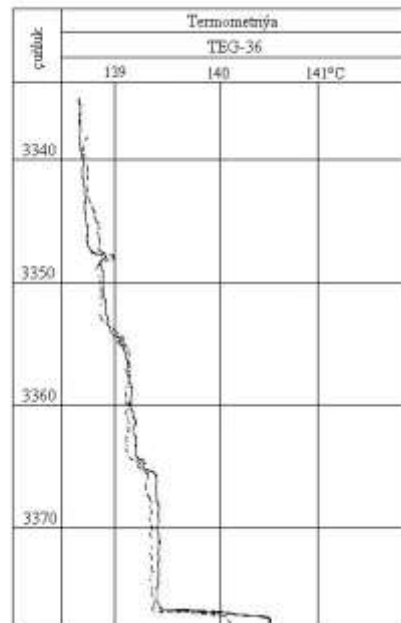
bu ýerde  $A=2,344 \cdot 10^{-3}$  kkal/kg·m – işiň ýylylyk ekwiwalenti;

$C_p$  – hemişelil basyşdaky gaz ýylylyk sygymy.

$T_{cp}$  we  $P_{cp}$  boýunça gaz dykzlygy kesgitlendi:



23-nji sur. Şatlyk gaz käni. 303-nji guýy.  
Debitometrika barlaglaryň netijeleri. 25.02.76ý.



24-nji sur. Şatlyk gaz käni. 303-nji guýy  
Termometrika barlaglaryň netijeleri. 18.02.76ý.



$$\rho \tilde{N}_\delta = -\frac{\rho_0 \rho_{\tilde{n}\delta} \dot{O}_0}{\dot{O}_{\tilde{n}\delta} \dot{D}_0} = 0,14 \frac{g}{sm^3}$$

$$\rho_{cp} C_p = 0,0541 \cdot 10^{-3} \frac{kkal}{sm^3 \cdot ^\circ C};$$

$$\frac{A}{\rho_{cp} C_p} = 4,350^\circ C / MPa.$$

$$\mu = 0,565^\circ C / MPa.$$

Önümli gatlakçalaryň çykymlary (2.8-2.10) formulalar arkaly kesgitlendi, şonda hasap ýokardan aşak ugra geçirildi.

Fontan turbasynyň basyşyna getirilen gazyň göwrüm çykymy

$$Q_{np} = \frac{ZQ \cdot P_0 T}{P T_0}$$

formula boýunça hasaplandy.

Berlen kesimdäki basyşa getirilen çyzyk tizligi

$$W_{np} = \frac{Q_{np}}{F} = \frac{Q_{np}}{0,785 D_{6H}^2}$$

formula boýunça hasaplandy.

Ýokarda getirilen formulalar bilen önümli dürli gatlakçalaryň çykymlaryny kesgitleýji hasaplamalaryň netijeleri 16-njy tablisada ýerleşdirildi. Jetwelde çykymlaryň hasaplanan bahalary bilen bir hatarda debitometriki barlaglaryň kömegi bilen tapylan çykymlar hem getirildi.

Debitometriki we termometriki senagat barlaglarynyň netijeleri

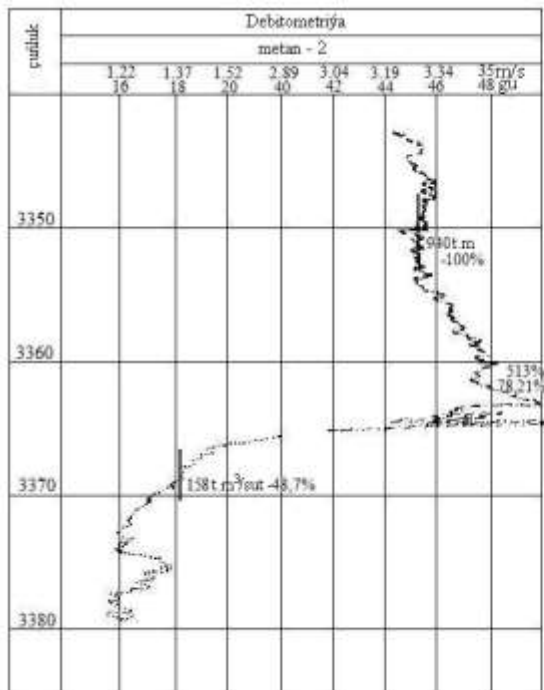
16-njy tablisa

Gazojagy	Guýy №№	Gatlak	Barlag senesi	Şaýba diametri, mm	Debitometriýa boýunça kesgitlenen önümlü gatlakçalaryň çykymlary					Termometriýa boýunça kesgitlenen önümlü gatlaklaryň çykymlary				
					$Q_1$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_2$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_3$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_4$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_5$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_1$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_2$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_3$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_4$ , müň. m <sup>3</sup> /sut	$Q_5$ , müň. m <sup>3</sup> /sut
				40	88	218				89,5	216,5			
Ojak	14	Pa	18.12.73ý.	70	100	370				110,5	359,5			
				40	79	146				75	150			
Ojak	14	Pa	31.05.74ý.	70										
	503	1	30.04.75ý.	20	270	308				258,6	319,4			
Naýyp	6		30.04.77ý.	30	40	50	60,4	50		35,8	48,6	60	56	
Ojak	507	3	17.04.75ý.	40	290,5	228,5				300,6	218,4			
Ojak	6	5	29.01.75ý.	40	40	85	50			45	81	49		
Şatlyk	303	Garabil	26.02.76ý.		334	196	230,5	393,3	226,3	330,1	197,4	225,8	390,2	226,5
Şatlyk	124	Garabil	8.04.76ý.	24	398,2	905,8				393,5	910,5			
Şatlyk	130	Garabil	31.03.77ý.	38	210	88	66			266	98			

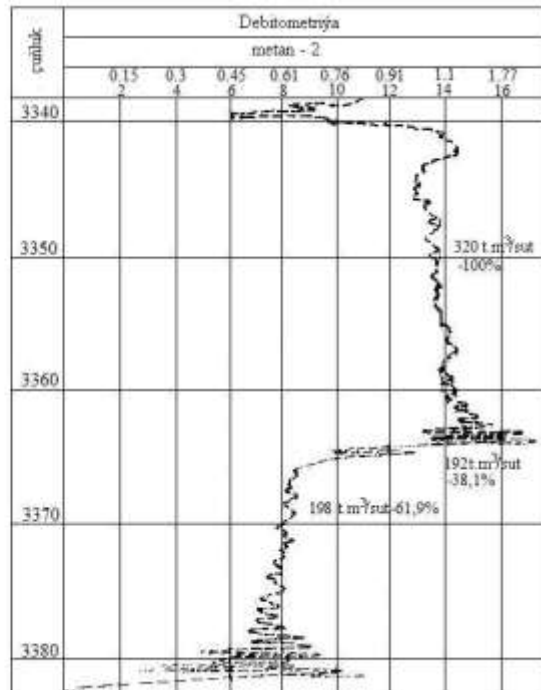
Şatlyk	113	Garabil	21.01.78ý.	10	125,7	68,8				115,8	78,7			
Şatlyk	244	Garabil	8.05.77ý.	22	165,6	126,2	1143,4			160,4	132,3	1142,5		

16-njy jetwelden görnüşi ýaly, (2.8-2.10) formulalar esasynda hasaplanan çykym bahalary debitometriki barlaglar kömegi arkaly kesgitlenen çykymlar bilen oňat ylalaşýarlar.

124-nji guýy Şatlyk gazojagynyň gündogar gümmesinde ýerleşen. Guýy agzy „Breda“ firmasynyň fontan armaturasy bilen enjamlaşdyrylan, perforasiýa interwalynyň aşagynda bolsa „Beýker“ firmasynyň pakeri oturdylan. Ulanşyk sütüniniň içki diametri 156,97 mm deň. Öňümli gatlak 3360-3500 m interwalda açylan. Nasos-kompressor turbalaryň dabany 3343,7 m çuňlukda ýerleşen. Pakeriň rezina elementi 3224,9 m çuňlukda oturdylan. Emeli düýbün çuňlugy 3403 m. Debitometriki we termometriki barlaglar kompleksi 1976-nji ýylyň 29-njy martyndan 8-nji aprel aralygynda geçirildi. 24 mm-li ştuser arkaly işläp duran guýynyň sütüni boýunça temperatura ölçegleri TER-36 kysymly termometr bilen geçirildi. Diametrleri 6,10 we 16 mm şaýbalar arkaly durugyşan düzgünde işleýän guýydaky debitometriki barlaglar „Metan-2“ abzal bilen geçirildi. Barlaglaryň netijeleri 25-26-njy sur. görkezilen. Suratlardan görnüşi ýaly, gaz akyp geliş interwallary termogrammada hem, debitogrammada hem olaryň böküş şekilli üýtgemeliri bilen belgilenýärler.



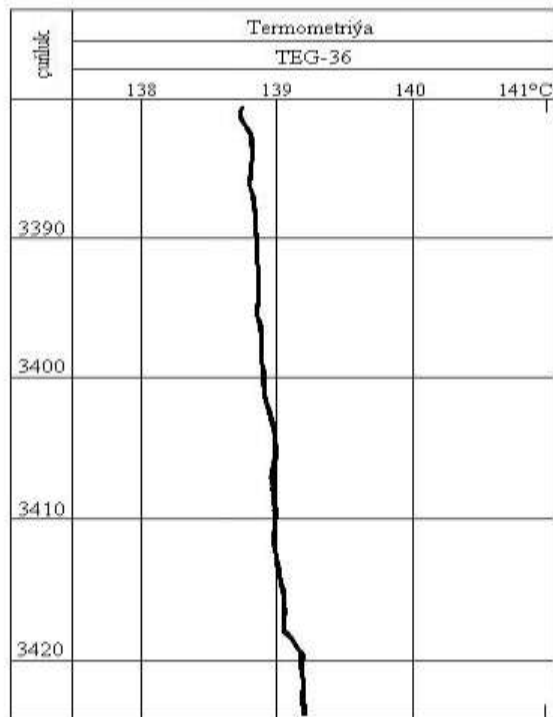
25-nji sur. Şatlyk gaz käni. 124-nji guýý  
Debitometriki barlaglaryň netijeleri 2.04.76ý.



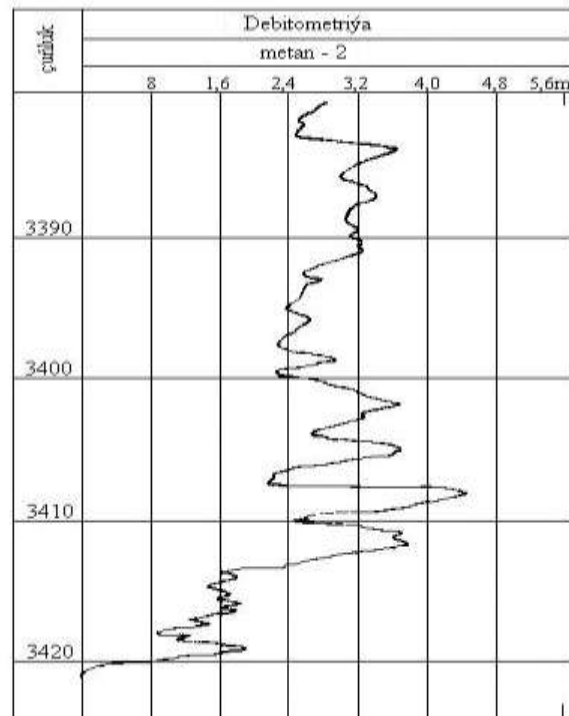
26-njy sur. Şatlyk gaz käni. 124-nji guýý.  
Debitometriki barlaglaryň kesgitleri.  $d_{\text{шт}}=16$  mm.

Debitometriýa diagrammalaryndan (25-26-njy sur.) görnüşi ýaly, gaz guýy hanasyna ähli 3360-3382 m interwaldan akyp gelýär. Muňa garamazdan, gaz esasan iki kiçi galyňlykly 3380-3382 m we 3363-3365,6 m interwaldan akyp gelýär. Debitometriýa maglumatlaryna görä 3382 m çuňluk aşagyndan gaz guýy hanasyna gelmeýär. Guýyda bellige alynan termogramma 3 özboluşly böleklerden ybarat (26-njy sur.): 3326-3340 m – paker gurnamasynyň ahyry, 3360-3366 m – gazberiji interwal we 3381-3382 m – guýy hanasyndaky suwuklyk derejesini kesgitleýji aşaky gazberiji interwalyň etegi. İşleýän guýynyň 3382 m çuňlugyndaky temperatura 142 °C. 22 mm şaýba arkaly işleýän guýynyň sutkalaýyn gaz çykymy, barlag maglumatlary esasynda, 1407 mün.m<sup>3</sup>/sut deňdir. Agyz, düýp we gatlak basyşlary degişlilikde 16,7, 25,1 we 27,67 MPa bahalara eýedirler. Öňümlü gatlakçalaryň çykymlyry (2.8-2.10) formulalar boýunça hasaplandylyr. Netijeler 17-nji b jetwelde ýerleşdirildi. Jetwelde debitometriki barlaglaryň kömegi bilen kesgitlenen önümlü gatlakçalaryň çykymlyry hem getirildi. Iki usul bilen kesgitlenen çykymlyr özara oňat ylalaşykdadylar.

130-nji guýy gazojagynyň gündogar gümmesinde ýerleşýär. Guýy agzynda „Breda“ firmasynyň armaturasy, perforasiýa interwalynyň ýokarsynda bolsa „Beýker“ firmasynyň pakeri oturdylandyr. Ulanşyk sütüniň içki diametri 157 mm deň we ol 3495 m çuňluga çenli aşak goýberilendir. Dördýuýmly nasos-kompressor turba 3394 m çuňluga çenli aşaklandyryldy, emeli düýp çuňlugy 29/IX-1976 ý. halat üçin – 3468 m. Garabil gatlagy 3416-3470 m interwalda ýerleşýär. Gaz akyp gelmesini gazanmak üçin guýy 3413-3423 m we 3428-3430 m interwallarda perforirlendi.



27-nji sur. Şatlyk gaz kăni. 113-nji guýy.  
Termometriki barlaglaryň netijeleri. 8.07.1976ý.



28-nji sur. Şatlyk gaz kăni. 113-nji guýy.  
Debitometriki barlaglaryň netijeleri. 14.09.1976ý.

Debitometriki we termometriki barlaglar kompleksi 1977 ý. 23-nji martyndan 31-nji martyna çenli wagt aralygynda geçirildi. Barlaglar netijeleri 29-30-njy sur. getirilýär. Suratlardan görnüşi ýaly,  $d=10$  mm şaýba arkaly guýynyň atmosfera işleýän wagtynda bellige alynan iki diagrammalar 3428-3431 m we 3416-3420 m çuňluklardaky iki gazberiji interwallaryň barlygyny aýan edýärler.

Debitometriň 3400 m ýokardaky görkezmeleriniň batly üýtgemeleri paker gurnamasynyň konstruktiv aýratynlyklary bilen baglydyr.

Diametri 12 we 16 mm bolan şaýbalar arkaly guýynyň atmosfera işleýän wagtynda ýazylan debitogrammalarda gatlakdan guýa gaz akyp geliji üç interwallar bellenýär: 1) 3417-3420 m; 2) 3428-3431 m we 3) 3424-3423 m. Özi hem, 31-36 sur. görnüşi ýaly, guýy 12 mm-li şaýba bilen işlände gazyň esasy massasy 3417-3420 m we 3428-3421 m interwallardan, 16 mm-li şaýbaly işlenende – 3424-3425 m we 3428-3431 m interwallardan çykýar.

Üç iş düzgüninde (10, 12 we 16 mm) 3431 m çuňlukda hemme egriler guýy hanasyndaky suwuklyk derejesini belleýärler. Guýy 22 we 38 mm, şaýbalar arkaly işlände ýazylan diagrammalar ýokarky gazberiji 3418-3420 m interwaly görmäge mümkinçilik berýär. Debitometriň turbinkasynyň hatardan çykmagy sebäpli, abzal guýy düýbüne çenli goýberilmedi we şol sebäpli debitogrammada esasy gazberiji interwallaryň çäkleri bellenmedi. Ýazylan termogrammada, 36-njy sur. görnüşi ýaly, işleýän guýyda 3431,5-3429,5 m we 3426-3422,5 m iki gaz beriji interwallar bellenýär. Olaryň ikisi hem 3428-3431 m ortaky we 3424-3426 m. ýokarky gazberiji gatlakçalaryň işleýşi bilen baglydyrlar. Ýokarky gatlak, çykym ujypsyzlygy sebäpli termogrammada bellenmeýär. Diýmek, işçi interwallary aýyl-saýyl etmek üçin, has hem pes çykymly gatlakçalarda, ýokary duýgurlykly termometrleri ulanmak zerurdyr. Termogrammalar hem, edil debitogrammalar ýaly, 3438 m çuňlukda guýy hanasynda

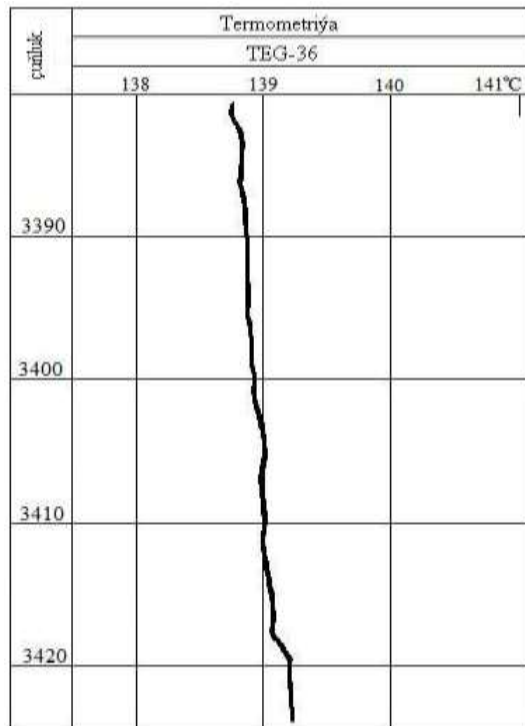


suwuklyk derejesini belleýärler.

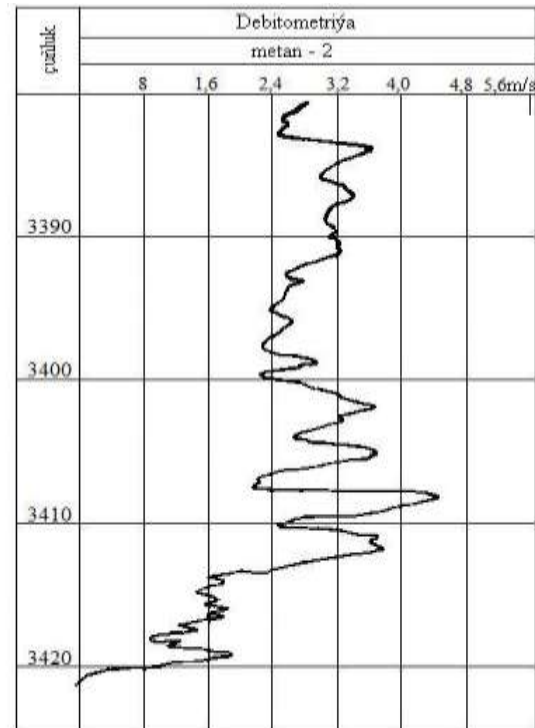
Termogrammalary we (2.8-2.10) formulalary peýdalanyňp (3431,5-3429,5 m we 3426-3422,5 m) interwallarda önümlü gatlakçalaryň çykymlary hasaplandy. Hasap netijeleri 16-njy tablisada getirilýär. Jetwelden görnüşi ýaly, termometriki barlaglaryň kömegi bilen kesgitlenen çykym bahalary debitometriki ölçegleriň netijeleri bilen oňat ylalaşykdadylar.

113-nji guýy gazojagynyň gündogar gümmeziniň günbatarynda ýerleşýär. Guýy agzynda „Breda“ firmasynyň armaturasy oturdylan. 113-nji guýy şeýle gurluş eýedir: daşky diametri 177,8 mm bolan ulanşyk sütüni 3459 m çuňluga çenli goýberilen; emeli düýp 3447 m çuňlukda; nasos-kompressor turbanyň 4"-ly lift sütüniniň umumy uzynlygy - 3378 m; paker gurnamasy ýok; perforasiýa interwaly 3376-3425 m. Termometriki we debitometriki barlaglar kompleksi 1977 ý. 28-nji dekabryndan 1978 ý. 21-nji ýanwaryna çenli geçirildi. Barlag netijeleri 31-32-nji sur. getirilýär. Guýy 6 mm şaýbaly işlände debitometriýa diagramma 3404-3407 m interwalda işleýän gatlagy bölüp çykarýar. Guýy 10 mm şaýbada işlände (38 sur. seret) ýene-de iki gatlakça işe goşulýar. Bu gatlakçalaryň çäklerini kesgitlemek kyn, sebäbi perforasiýa interwalynda diagramma güýçli kesim-kesim şekilindedir. Muňa garamazdan, diagramadan görnüşi ýaly, gaz 3407,5-3417,5 m interwaladan akyp çykýar, 3404-3407 m interwaldan bolsa guýynyň berlen düzgüninde gaz akyp gelişi, ujypsyzdyr.

Guýynyň 12, 14 we 16 şaýbaly işlän döwründe ýazylyp alynan egriler tapgyry biri-birini gaýtalaýarlar, şol sanda, öňkiler ýaly, perforasiýa interwalynda güýçli kesim-kesim şekilleri hem gaýtalanýarlar. Barlaglaryň ähli düzgünlerinde hemme gaz 3407,5-3417,5 m interwaldan gelip çykýar we debitometriki diagrammalar deňşililikde 3417,5 m we 3377,4 m çuňluklarda suwuklyk derejesini, şeýle hem nasos-kompressor turbanyň dabanyňy bölüp aýyryýarlar.



29-nji sur. Şatlyk gaz käni. 113-nji guýy.  
Termometriki barlaglaryň netijeleri. 8.07.1976ý.

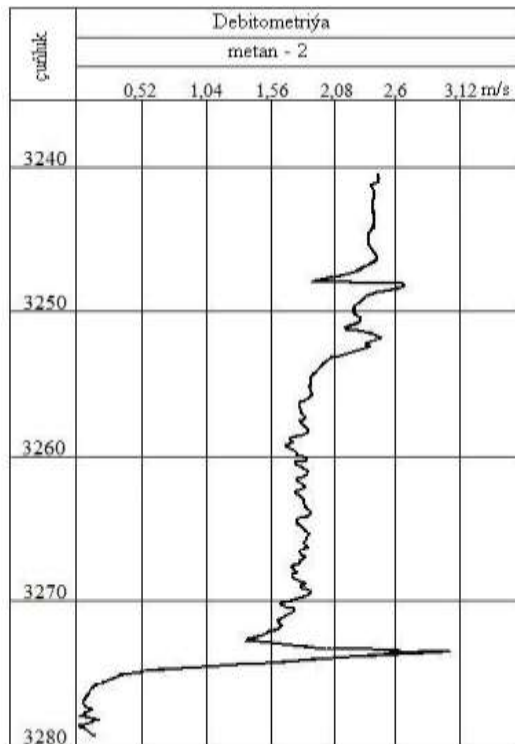


30-njy sur. Şatlyk gaz käni. 113-nji guýy.  
Debitometriki barlaglaryň netijeleri. 14.09.1976ý.

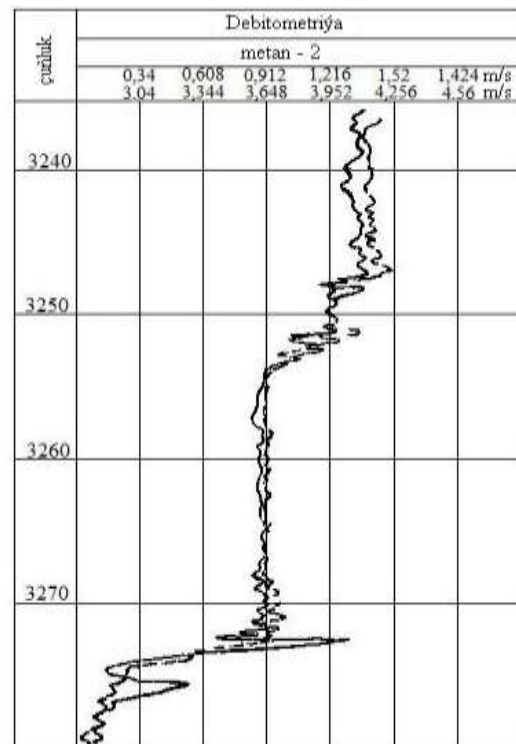
Guýy işlände ýazylan termometriýa diagrammasynda üç özboluşly kada gyşarmalary degişlilikde: 1) 3379-3381,5 m; 2) 3411-3413 m; 3) 3415,5-3417,5 m çuňluklarda bardyr. Ýokarky kada gyşarmasyny düşümdirme kyn, beýleki ikisi gazberiji interwalyň işleýşi bilen bagly. Termogrammalary peýdalanyň, (2.8-2.10) formular boýunça agzalan önümlü gatlakçalaryň çykymlary hasaplandy. Termometriki hem debitometriki usullar bilen hasaplanan çykymlar 16-nji tablisada ýerleşdirildi. Netijeleriň deňeşdirmesinden iki usul bilen kesgitlenen çykymlaryň özara oňat gabat gelýänligi görünýär.

244-nji guýy gazojagynyň günbatar gümmezinde ýerleşýär. Guýy agzy „Breda“ firmasynyň armaturasy bilen enjamlaşdyrylan. Guýy şeýle gurluş eýedir: içki diametri 155 mm bolan ulanşyk sütüni 3460 m çuňluga goýberilen; pakerli; 4"-ly nasos-kompressor turbanyň umumy uzynlygy 3227 m. Perforasiýa interwallary – 3425-3458 m; 3332-3334 m, 3232-3254 m. Termometriki we debitometriki barlaglar kompleksi 1977 ýylyň 13-nji aprel – 8-nji maý aralygynda geçirildi. Barlagyň netijeleri 39-44-nji sur. şekillendirilen. 42-nji sur. görnüşi ýaly, guýynyň 6 mm şaýbaly işleýän wagtynda alynan egride üç gazberiji interwallar bellenýär: 1) 3248-3249 m; 2) 3252-3255 m we 3) 3230,5-3282,5 m. Ýenede şol sur. görnüşi ýaly, aşaky gatlakçanyň çykymy az bolup, guýy hanasyna gazyň esasy massasy gatlagyň ýokarky iki interwalyndan akyp gelýär. Guýynyň 10, 14, 16 we 22 mm şaýbaly kollektora işläň mahaly ýazylyp alynan egride 1) 3247-3249 m; 2) 3251-3253 m we 3) 3273-3276 m interwallarda üç işleýji gatlakçalar saýlanýarlar.

31-32-nji sur. görä, guýynyň agzalan iş düzgüninde 3230,5-3282,5 m interwaldaky guýylar gaz bermesini kesýärler we 3273-3276 m interwaldaky, gazyň umumy massasynyň degişlilikde 70%, 78%, 75% we 80%-ini berýän ýokary çykymly gatlakça goşulýar.



31-nji. Şatlyk gaz käni. 224-nji guýy.  
Debitometriki barlaglaryň netijeleri. 8.05.1977ý.



32-nji sur. Şatlyk gaz käni. 224-nji guýy.  
Debitometriki barlaglaryň netijeleri. 27.07.1977ý.  $d_{\text{шт}}=10 \text{ mm}$ .

Özi hem, gatлага goýulan depressiýa ulaldygyça 3273-3276 m interwaldaky ýokary çykymly gatlakça has gyzgalaňly işleýär.

Hemme düzgünde, guýy hanasyndaky suwuklyk derejesiniň çäkleri, debitometriki maglumatlara görä, 3281-3282 m çuňluklarda tapylýar. Abzalyň görkezmesiniň 3227 m çäkden ýokardaky batly üýtgemeleri paker gurnamasynyň gurluşy bilen baglydyr. 10 mm şaýba bilen işleýän guýyda ýazylyp alynan termometriýa egrisinde: 1) 3247-3248 m; 2) 3251-3252,8 m we 3) 3274-3275 m interwallarda gazberiji üç gatlakça bellenýär. Özi hem, 1-nji we 2-nji gatlakçalar termogrammada örän pes bellenýärler.

Guýy 22 mm şaýbaly işländäki termometriýa egrisinde ýene-de şol gatlakçalar 4 m süýşme bilen bellenýärler. İşleýän gatlakçalaryň 4 m süýşmesi diagrammanyň ýaramaz baglanmasy bilen düşündirilýär.

224-nji hereketdäki guýynyň termogrammalaryny alyp (2.8-2.10) formulalardan agzalan gatlakçalaryň çykymlary hasaplandy. Termometriki we debitometriki usullar arkaly çykym kesgitleme boýunça hasaplamalar netijesi 16-njy tablisada ýygnanan. Iki usul bilen tapylan çykymlar özara oňat gabat gelýärler.

Beýan edilenlere görä, işleýji gatlakçalaryň çäklerini we olaryň çykymalaryny diňe termometriki barlaglaryň netijeleri arkaly ýeterlik takyklyk bilen tapsa bolar. Emma, bellemeli zat, termometriki barlaglar geçirilende ýokary duýgurlykly termometrleri ulanmak zerurdyr. Şeýle edilmese, termogrammalarda önümlü gatlakçalardaky temperatura üýtgemeleri anyk bellenmezler.

Ýokarda getirilen usullar esasynda Ojak, Naýyp we Kükürtli gazkänleriniň hereketdäki guýylary üçin hem meňzeş hasaplamalar geçirildi.

Barlaglaryň netijeleri 45-53-nji sur. şekillendirildi, hasaplamalaryň netijeleri bolsa 16-njy tablisada toplandy. Jetwelde çykymlaryň hasaplanan bahalary bilen bir hatarda

debitometriki barlaglaryň kömegi esasynda kesgitlenen çykymlar hem ýerleşdirildi. Iki usul bilen tapylan çykym bahalary özara oňat gabat gelýärler.

## JEMLEME

Işde gaz we gazkondensat ýataklaryny işläp-geçmek we işletmä gözegçiligiň esasy görkezijilerini kesgitlemek baradaky soraglara bagyşlanan laboratoriýa, senagat we nazary barlaglaryň netijeleri getirildi. Geçirilen barlaglaryň esasy netijeleri şulardan ybarat.

Izotermiki şertlerde geçirilen laboratoriýa barlaglary gaz we gazkondensat ulgamlarynyň öýjükli gurşawda süzülmesinde Joule-Tomson efektiniň ýüze çykmagy sebäpli gatlagyň düýpýaka zolagynda temperaturanyň käbir peselmesiniň bolup geçýändigini görkezdi. Beýleki şertleriň deňliginde basyş we temperatura ulaldylanda Joule-Tomson koeffisiýenti kiçelýär.

Synag barlaglaryň netijeleri entalpiýa diagramma bilen deňeşdirilende, gazyň drossel prosessi hil taýdan öýjükli gurşawyň skeleti we daşky gurşaw bilen gazyň ýylylyk çalşygy hasaba alynanda-da, alynmada-da birmeňzeşdigine, emma mukdar taýdan synag netijeleri biri-birinden mese-mälim tapawutlanýandyklaryna göz ýetirildi. Bahalaýyş hasaplar, mukdar taýdan drossel prosessindäki tapawutlaryň esasy sebäbiniň gazyň öýjükli gurşawyň skeleti bilen ýylylyk çalşygydygyny görkezdi. Öýjükli gurşawda gaz we gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesinde Joule-Tomson koeffisiýenti esasan syzdyryjylyga bagly, özi hem syzdyryjylyk uly boldugyça, baglanşyk şonça-da ýokardyr. Öýjükli gurşawda gaz we gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesinde Joule-Tomson koeffisiýentiniň umumy ýa-da lokal (ýerli) üýtgemesine drossel prosessler bilen bir hatarda başga, faza geçişler (kondensirlenmek), suwuk uglewodorodlaryň (kondensat) bugarmagy, gazkondensat ulgamlaryň desorbsiýasy we başg. ýaly endogen (içki) fiziki hadysalaryň sebäp bolmagy mümkindir.

Geçirilen synaglaryň esasynda dag jynslarynyň gazdan kondensatyň bölünip çykýan basyşyna täsir edýändigini

anyklandy. Ol basyşyň dag jynslarynyň düzümindäki toýunyň mukdaryna bagly we onuň mukdary näçe köp bolsa köpdigi subut edildi.

Kalorimetriki garyşmanyň barlygynda, ýylylyk çalyşmasynyň meseleleriniň çözgütleri esasynda önümlü gatlakçalardan gaz akyp gelişini çaklama usuly hödür edildi. Terslin meseleleriň çözgütleri esasynda bu usul guýularyň termometriki barlaglary boýunça dürli önümlü gatlakçalaryň çykymyny kesgitlemäge mümkinçilik döredýär. Agzalan usul “Türkmengaz” dowlet konserniniň gaz çykaryjy meýdançalaryndaky hereketdäki guýylarynda ulanşyga goşuldy.



## EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-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 ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Авдонин Н.А. О некоторых методах расчёта температурного поля пласта при тепловой инжекции. Известия ВУЗов «Нефть и газ», 1964, № 8.
11. Авдонин Н.А, Рубинштейн Л.И. Расчёт нефтеотдачи нефтяных пластов в неизотермических условиях

- фильтрации. В сб. «Теория и практика добычи нефти». Ежегодник ВНИИнефть, «Недра», 1966.
12. Асланов Ш.С., Мамедов Ю.Г., Пейсахов С.И., Садых-Заде Э.С. О влиянии сорбции газа на проницаемость пород при наличии остаточной водонасыщенности. Известия ВУЗов «Нефть и газ», 1965, № 8.
  13. Байбаков Н.К., Гарушев А.Р. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. М., «Недра», 1977.
  14. Брискман А.А., Иванов А.К., Козлов А.Л. и др. Добыча и транспорт газа. Гостоптехиздат, 1955.
  15. Балакиров Ю.А. Термодинамические исследования фильтрации нефти и газа в залежи. М., «Недра», 1970.
  16. Балакиров Ю.А. Гидропросушивание и термографирование нефтяных скважин и пластов. Баку, Азернешир, 1965.
  17. Балакиров Ю.А. Опыт совершенствования методов исследования нефтяных скважин и пластов. Баку, Азернешир, 1963.
  18. Герольд С. Аналитические основы добычи нефти, газа и воды из скважин. Гос. научно-техническое нефтяное издательство, 1932.
  19. Золотарев П.П. Об уравнениях передачи тепла в пористых средах. НТС по добыче нефти ВНИИ, выпуск 25. М., «Недра», 1964.
  20. Золотарев П.П. Уравнение сохранения энергии при течении сжимаемой жидкости и газа в пористой среде с жестким скелетом. Труды ВНИИгаз, вып. 3, 4, «Недра», 1965.
  21. Золотарев П.П., Николаевский В.Н. Термодинамический анализ нестационарных процессов в насыщенных жидкостью и газом деформируемых пористых средах. В сб. «Теория и практика добычи нефти». Ежегодник ВНИИнефть,

- «Недра», 1966.
22. Зайцев В.М. Об исследовании термодинамических процессов в трещиноватых коллекторах. НТС по добыче нефти ВНИИ, выпуск 38. М., «Недра», 1971.
  23. Инструкция по исследованию газовых скважин. М., «Недра», 1961.
  24. Инструкция по исследованию газовых и газоконденсатных скважин. М., «Недра», 1971.
  25. Курбанов А.К., Розенберг М.Д. Неизотермическая фильтрация многокомпонентных жидкостей. В сб. «Теория и практика добычи нефти». Ежегодник ВНИИнефть, М., «Недра», 1968.
  26. Кисиленко Б.Е., Кеннави Ф.А., Рыжик В.М. Закачка горячей воды для повышения нефтеотдачи трещиновато-поровых пластов с высоковязкой нефтью. «Нефтяное хозяйство», № 12, 1977.
  27. Коротаев Ю.П., Тверковкин С.М. Изменение давления и температуры в стволе газовой скважины. Разработка и эксплуатация газовых месторождений, транспорт газа. Труды ВНИИгаз, выпуск 5 (13), 1959.
  28. Коротаев Ю.П. Комплексная разведка и разработка газовых месторождений. М., «Недра», 1968.
  29. Кулиш Ю.С. Труды ВНИИ природных газов. Гостоптехиздат, 1953.
  30. Козловцева З.И., Багриянцева К.И. Изучение сорбционной способности пород по отношению к метану. Реферативный сборник «Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений», № 2, 1971.
  31. Кривоносов И.В., Балакиров Ю.А. Освоение, исследование и эксплуатация многопластовых скважин. М., «Недра», 1975.
  32. Лейбензон Л.С. Нефтепромысловая механика. Госгеонефтеиздат, часть 2. М., 1934.
  33. Лапук Б.Б. О термодинамических процессах при

- движении газа в пористых пластах. Нефтяное хозяйство, № 3, 1940.
34. Лапук Б.Б. О температурных изменениях, происходящих при движении сырой нефти в пористых пластах. Нефтяное хозяйство, № 4-5, 1940.
  35. Лапук Б.Б. Термодинамические процессы при движении газодинамической нефти в пористых пластах. Азербайджанское нефтяное хозяйство, № 12, 1940.
  36. Лапук Б.Б. Теоретические основы разработки месторождений природных газов. Гостоптехиздат, 1948.
  37. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. Гостехиздат, 1954.
  38. Мехтиев Ш.Ф., Мирзаджанзаде А.Х., Алиев С.А. и др. Тепловой режим нефтяных и газовых месторождений. Баку, Азнефтьнешир, 1960.
  39. Мехтиев Ш.Ф., Мирзаджанзаде А.Х., Алиев С.А. Геотермические исследования нефтяных и газовых месторождений. М., «Недра», 1971.
  40. Мирзаджанзаде А.Х., Ковалев А.Г., Дурмишьян А.Г., Кочетков А.А. Теория и практика разработки газоконденсатных месторождений. Гостоптехиздат, 1962.
  41. Мирзаджанзаде А.Х., Дурмишьян А.Г., Ковалев А.Г., Аллахвердиев Т.А. Разработка газоконденсатных месторождений. М., «Недра», 1967.
  42. Москальков И.П. К вопросу об изучении законов движения газов в пористой среде. Нефтяное хозяйство, №3, 1930.
  43. Михайлов К.Ф. Технический прогресс в добыче нефти. М., Гостоптехиздат, 1963.
  44. Непримеров Н.Н., Пудовкин М.А., Марков А.И. Особенности теплового поля нефтяного месторождения. Казань, КГУ, 1968.

45. Непримеров Н.Н. Экспериментальные исследования некоторых особенностей добычи парафинистой нефти. Казань, КГУ, 1958.
46. Оганов К.А. Основы теплового воздействия на нефтяной пласт. М., «Недра», 1967.
47. Петрушевский Е.И., Разамат М.С. О влиянии неравновесности на процесс выделения конденсата из газа. Известия ВУЗов «Нефть и газ», № 11, 1963.
48. Позин Л.З. Высокочувствительные малогабаритные электронные дифференциальные термометры для исследования скважин. НТС «Геофизические приборы и разведочная аппаратура для нефтяной и газовой промышленности», М., ГосИНТИ, 1961.
49. Пудовкин М.А. Теоретические расчёты поля температур нефтяного пласта при нагнетании в него воды. Вопросы усовершенствования разработки нефтяных месторождений Татарии. КГУ, 1962.
50. Рубинштейн Л.И. О температурном поле пласта при нагнетании в пласт горячего теплоносителя. Труды Уфимского нефтяного института, вып.2, 1958.
51. Рубинштейн Л.И. Температурные поля в нефтяных пластах. М. «Недра», 1972.
52. Сургучев М.Л., Жданов С.А., Симкин Э.М. Влияние методов теплофизического воздействия на увеличение нефтеотдачи. Нефтяное хозяйство, № 9, 1977.
53. Симхаев В.З. К вопросу изменения теплового режима нефтяных месторождений в процессе эксплуатации. Нефтепромысловое дело, № 10, 1966.
54. Теслюк Е.В., Розенберг М.Д., Капырин Ю.В., Требин Г.Ф. О неизотермической фильтрации многофазного потока и об учёте термодинамических эффектов при разработке нефтяных месторождений. Разработка нефтяных месторождений и гидродинамика. Труды Всесоюзного нефтегазового научно-

- исследовательского института, вып.42, 1965.
55. Требин Г.Ф., Ляльевич И.И., Капырин Ю.В., Гнатюк Г.А. О разработке месторождений с парафинистой нефтью при режиме истощения. Нефтяное хозяйство, № 8, 1966.
  56. Требин Ф.А., Магокон Ю.Ф., Басниев К.С. Добыча природного газа. М., «Недра», 1975.
  57. Цатурянц А.Б., Мамедов А.Г. Коэффициент дросселирования метана. Известия АН Азерб.ССР, серия физико-математических – технических наук, № 3, 1963.
  58. Цатурянц А.Б., Мамедов А.Г., Эйвазова Р.Г. Коэффициент дросселирования этана. ДАН Азерб.ССР, № 11, 1962.
  59. Чарный И.А. Нагревания призабойной зоны при закачке горячей воды в скважину. Нефтяное хозяйство, № 2-3, 1953.
  60. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. Гостоптехиздат, 1963.
  61. Чарьев О.М. О неизотермической фильтрации пластового флюида в пористой среде. Известия АН ТССР, серия «физико-технических и геологических наук», № 5, 1970.
  62. Чарьев О.М. Температурное поле призабойной зоны пласта при эксплуатации нефтегазовых скважин. Известия АН ТССР, серия «физико-технических и геологических наук», № 6, 1972.
  63. Чекалюк Э.Б., Оганов К.А., Снарский А.Н., Степанченко Е.А. Тепловая обработка истощенного нефтяного пласта. Нефтяное хозяйство, № 1-2, 1954.
  64. Чекалюк Э.Б. Основы пьезометрии залежей нефти и газа. Гостехиздат, 1961.
  65. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта. М., «Недра», 1965.
  66. Чекалюк Э.Б. Уравнение сохранения энергии для

- потока сжимаемой жидкости в пористой среде. Труды УкрНИГРИ, вып.Ш, Гостоптехиздат, 1963.
67. Чекалюк Э.Б. Некоторые данные по стратиграфии, литологии, тектонике, газонефтеносности промысловой геологии Украины и Кавказа. Температурный режим газонефтяного пласта. Гостоптехиздат, 1958.
  68. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. Гос.изд.техн.-теорет.лит., 1954.
  69. Щербakov С.Г., Бобровский С.А., Гусейн-Заде М.А. Неустановившееся движение газа в газопроводах при путевом отборе. М., 1969.
  70. Эседулаев Р., Мурадов А.Н. Неизометрическая фильтрация газоконденсатных систем в пористой среде. – В кн.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. Тем. сб., вып. 2. Ашхабад, 1981, с.88-92.
  71. Эседулаев Р., Мурадов А.Н. Совместное влияние различных факторов на коэффициент Джоуля-Томсона при фильтрации газов в пористой среде. – В кн.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. Тем. сб., вып. 2. Ашхабад, 1981, с.93-98.
  72. Эседулаев Р., Аннамухамедов Б.В., Мурадов А.Н. Обработка экспериментальных данных сплайн-функциями. – В кн.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. Тем. сб., вып. 2. Ашхабад, 1981, с.99-103.
  73. Allen Joseph, Oil recovery process utilizing air and superheated steam [Texaco Inc]. 252/8-55D[E21B 43/22], № 4048078, 1976.
  74. Budenholzer R.A., Sage B.H., a Lacey W.H., Jonle Thomson Coefficient of Methane. Ind. Eng. Chem. March, 1939.
  75. Chalmers I, Taliaferro D.B., a Rawins E.L., Elow et Adi add Gaz through Porous Media, Trans A.I.M.E.

Petroleum Developmen and Tehnology, 1932.

76. Combarnous M., Sourilan P., Les methods thermiques de production des hydrocarbures Chap. 3. Injecion de fluids chauds principes et etudes de laboratoire “Rev. Inst. Franc petrole”, 1976, 31, № 4.
77. Ferrandon I., Theirie generale des econlaments fluids sonterrains. Rapport general conpt vend 6-es journals hydraul. Soc. Hydrotechn France, Nancy, 1960, t-I. grenoble, 1961.
78. Franco Alvaro, Themal work humming in Venezuela. “Oil and Gas”. 1976 № 14, 132.
79. Kern Loyd R., Method of producing oil from a subterranean fromation [Atlantic Richfield Co]. 166-248[E21B43/24]№ 3920072, 1975.
80. Osgood W.H., Increasing the recovery of petroleum, vd 1. New-York-London, 1930.
81. Sage B.H., Lacey W.H., Thermodynamic Properties of Mixtures of a Crud Oil and a Natural Gas. “Ing Eng. Chem”, February, 1936.



## M A Z M U N Y

GIRIŞ .....	7
1 BAP. GAZLY WE GAZKONDENSATLY ÝATAKLARY IŞLENIP- GEÇILENDE ÝYLYLYK EFFEKTLERINIŇ ÄHMIÝETİ.....	9
1.1.Öýjükli gurşawdaky gazlaryň we gazkondensatlaryň ulgamlarynyň süzülmesinde ýylylyk efektlerini öwrenmekligiň häzirki zaman ýagdaýy.....	9
1.2. Gazlaryň we gazkondensat ulgamlaryň süzülmesinde drossel efektlerini derňemekligiň bar bolan usullarynyň gysgaça beýany.....	18
1.3.Öýjükli gurşawda drossel efektini öwrenmek üçin synag desgasyňyň aýry-aýry böleklerini we çyzgysyny işläp düzmek.....	20
1.4. Synag gurluşynyň we gatlak şekilinde synaglary geçirmeklige taýýarlygyň ýazgysy.....	24
1.5. Derňewleri geçirmekligiň usulyýeti.....	30
1.6. Joul -Tomson koeffisiýentine dürli şertleriň täsiri....	33
1.7. Öýjükli gurşawda gazkondensat ulgamlarynyň süzülmesindäki ýylylyk efektleri.....	48
2 BAP. GUYULARY TERMOMETRIKI DERŇEMEKLIGIŇ NETIJELERI BOÝUNÇA ÖNÜMLI GATLAKÇALARDAN GAZYŇ AKYP GELIŞINI ANYKLAMA MÜMKINÇILIKLERI HAKYND.....	62
2.1. Derňelýän obýektleriň gysgaça geologiki-ulanşyk häsiýetnamalary.....	67
2.2. Guýularyň termometriki barlaglarynyň netijeleri boýunça gatlakçalardan gaz akyp gelişini çaklama mümkinçiligi barada.....	70
2.3. Guýylaryň termometriki barlaglarynyň netijeleri boýunça dürli önümlü gatlakçalaryň çykymyny kesgitlemek mümkinçiligi barada.....	79
JEMLEME.....	99
EDEBIÝATLAR.....	101