

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ**

---

*Əlyazması hüququnda*

**NƏSİBOVA ÜLVİYYƏ ADİL QIZI**

**ENERGETİK QURĞULARIN TEMPERATUR REJİMİNƏ  
SUYUN KEYFİYYƏTİNİN TƏSİRİ**

**İxtisas: 3342.02 – “ İstilik elektrik stansiyaları (istilik hissəsi)”**

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiya işinin**

**AVTOREFERATI**

**B A K I – 2018**

İş “Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu”  
MMC-də yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:**

texnika elmləri doktoru  
**Rüfət Faiq oğlu Kəlbəliyev**

**Rəsmi opponentlər:**

texnika elmləri doktoru, professor  
**Muxtar Mamed oğlu Ağamalıyev**

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Məhəmməd Əjdər oğlu Rzayev**

**Aparıcı təşkilat:**

Azərbaycan Texniki Universitetinin “İstilik energetikası” kafedrası

Müdafiə 26 oktyabr 2018-ci il tarixində saat 13<sup>00</sup>-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdindəki B/D.02.142 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

**Ünvan:** AZ1010, Bakı ş., Azadlıq prospekti 20, ADNSU

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 26 sentyabr 2018-ci ildə göndərilmişdir.

**B/D.02.142 Dissertasiya şurasının  
elmi katibi  
t.e.n., dosent**

**T.Q.Cabbarov**

Dosent T.Q.Cabbarovun imzasını təsdiq edirəm:

**ADNSU-nun Elmi katibi, dosent**

**Y.T.Əliyeva**

## **İŞİN ÜMÜMİ XARAKTERİSTİKASI**

**İşin aktuallığı:** Müasir texnikanın inkişafı energetik qurğuların xüsusi gücünün artması ilə əlaqədardır. Yüksək effektiv qurğuların yaradılması və etibarlılığı istilik mübadilə proseslərinin intensivləşməsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

Dissertasiya işində şaquli düz hamar və profillənmiş borularda, kritikdən aşağı və kritikətrafi təzyiqlərdə, temperatur rejimlərinin müxtəlif parametrlərdə təcrübi tədqiqatları aparılıb.

Alınan nəticələr əsasında istilikdaşıyıcı boruların divarının davamlılığına təsir edən temperatur rejimlərini öyrənməklə, istilik mübadilə aparatlarında effektivliyin artırılması yolları müəyyən edilmişdir.

**İşin məqsədi:** Yüksək effektiv enerji qurğularının yaradılması üçün istilik vermə prosesinin intensivləşdirilməsi və çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyinin azaldılmasından ibarətdir.

**Tədqiqat üsulları:** İşdə qərarlaşmış rejimdə istilikvermənin tədqiqi üçün təcrübi üsul qəbul edilmişdir. Təcrübə borusu elektrik cərəyanı vasitəsi ilə qızdırılır. Bir istilik rejimindən digərinə keçid istilik selinin tədricən artırılması ilə təmin edilir.

### **İşin elmi yenilikləri:**

1. Hamar və profillənmiş borularda yüksək codluqlu sularla tədqiqat aparılıb, qabarcıqlı səthi qaynama prosesi öyrənilib və yeni təcrübi qiymətlər alınıb.
2. Turtbulizatorların təsirindən profillənmiş boruların səthlərində çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyinin azalması təyin olunub.
3. Profillənmiş boruda çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyinin modeli təklif olunub.
4. Profillənmiş boruda duz çökmə prosesində istilikvermə əmsalının təyini üçün kriterial tənlik alınıb.

### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

1. Şaquli hamar və profillənmiş borularda kritikdən aşağı və kritikətrafi təzyiqlərdə mayenin aşağıdan yuxarı hərəkəti zamanı istilik mübadiləsinin tədqiqindən alınan nəticələr və onların müqayisəsi.

2. Bir fazlı axında istilik mübadiləsinin intensivləşdirilməsi zamanı boru divarının temperatur rejimlərinin təcrübi nəticələri.

3. Profillənmiş boruda duz əmələ gəlmədə istilikvermə prosesinin modeli.

4. Bu model əsasında profillənmiş boruda duz əmələ gəlmə prosesində istilikvermə əmsalının hesablanması üçün kriterial tənlik.

**İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:**

- İşdə təklif olunan model çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyinin öyrənilməsinə imkan verəcəkdir.

- Praktiki nöqtəyi-nəzərdən, alınmış nəticələrin istifadəsi energetik qurğularının effektivliyini və etibarlılığını xeyli dərəcədə yüksəldəcək, istilikmübadilə aparatlarının ölçülərinin və müvafiq olaraq metal sərfiyyatının azaldılmasını təmin edəcək.

Təcrübi tədqiqatlardan alınan nəticələr göstərdi ki, turbulizatorlardan istifadə etməklə istilikmübadilə proseslərinin intensivləşdirilməsi sayəsində istilikmübadilə aparatlarının istilik gücünü xeyli artırmaq mümkündür.

**İşin nəticələrinin reallaşdırılması:** Tədqiqatların nəticələri elektrik stansiyalarında müxtəlif tipli istilikmübadilə aparatlarının qızma səthlərinin normal temperatur rejiminin saxlanılmasında istifadə edilə bilər.

İşdə təklif olunan kriterial tənliklərdən duzsuzlaşdırılmış və yüksək müvəqqəti codluqlu sulara istilikvermə əmsalının nəzəri təyində istifadə etmək olar.

Tədqiqatdan alınan nəticələr “Azərenerji” ASC-nin tabeliyində olan “Bakı İEM” MMC-nin müxtəlif istilik mübadilə aparatlarının qızma səthlərində çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyinin azalması və istilikvermə prosesini intensivləşdirmək üçün elmi texniki vəsait kimi qəbul olunub.

**Dissertasiyanın aprobasiyası:** Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıda göstərilən konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

1. Aliyev A.F., Nasibova U.A., Eco-efficient desalination membrane technology for reciprocating power Plant in Azerbaijan, / 8th International Conference on, “Technical and Physical Problems of Power Engineering”, 5-7 September 2012, Ostfold University College, Fredrikstad, Norway, ICTPE Conference, [www.ictpe.com](http://www.ictpe.com), [ictpe@ictpe.com](mailto:ictpe@ictpe.com), [ictpe0@gmail.com](mailto:ictpe0@gmail.com), ICTPE-2012 Number 79, Code 07PPE0, Pages 378-380.

2. Aliyev A.F., Nasibova U.A., Selecting anti-scale in membrane desalination of water, / “Technical and Physical Problems of Power Engineering”, Istanbul, Turkey, 9-11 September 2013, [www.ictpe.com](http://www.ictpe.com), [ictpe@ictpe.com](mailto:ictpe@ictpe.com), [ictpe0@gmail.com](mailto:ictpe0@gmail.com), 9th International Conference of ICTPE-2013, Number 93, Code 08EES12, Pages 453-454.

3. Келбалиев Р.Ф., Мамедов И.М., Гаджиев А.О., Насибова У.А., Экспериментальное исследование температурного режима стенки при генерации пара в вертикальной трубе, / шестая российская национальная конференция по теплообмену, 27 – 31 октября 2014 года, Москва, с 41-42.

4. Kalbaliyev R.F., Nasibova U.A., Hacıyev A.O., / The 11th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering” (ICTPE-2015), 10 - 12 September 2015 Bucharest, Romania, s. 377-379.

5. Келбалиев Р.Ф., Насибова У.А., Гаджиев А.О., Интенсификация теплообмена с использованием профилированных поверхностей теплообмена, / Energetikanın müasir elmi-texniki və tətbiqi problemləri beynəlxalq elmi konfransının materialları, Sumqayıt, 27-28 oktyabr 2015.

**Nəşr:** Dissertasiyada göstərilən tədqiqatlara aid müəllifin 14 elmi işi nəşr edilmişdir.

**Dissertasiyada şərh olunan nəticələrin alınmasında müəllifin konkret şəxsi iştirakı.** Müəllif kritikdən aşağı və kritikətrafi təzyiqlərdə borunun divarının temperatur rejimləri və istilikvermənin tədqiqinin birbaşa icraçısıdır. Alınan nəticələrin, hesabat tənzimlərinin, tədqiqatların yekunlaşdırılmış nəticələrinin işlənməsi və təhlili müəllifə məxsusdur

Dissertasiya işi Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Dissertasiya işinin strukturu və həcmi:** Dissertasiya işi girişdən, 6 fəsildən, nəticələrdən və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 156 səhifədir. Bundan 41 şəkil, 5 – cədvəl, və 115 adda ədəbiyyat siyahısı. Mətindən ibarət olan səhifələrin sayı 101-dür.

## İŞİN MƏZNUNU

**Girişdə** mövzunun aktuallığı, onun məqsədi, elmi yeniliyi, elmi müddəaların və tövsiyələrin dəqiqliyi və əsaslandırma dərəcəsi, praktiki əhəmiyyəti, nəticələrin tətbiqi, işin aprobeasiyası, nəşr, işin quruluş və həcmi barədə məlumatlar öz əksini tapmışdır. Energetikada buxar turbinli qurğuların istilikmübadilə aparatlarında istilik mübadiləsinin intensivləşdirilməsi onların effektivliyinin artırılması üçün əsas istiqamətdir. Ona görə də, istilikmübadilə aparatlarının metalının temperatur rejimlərinin tədqiqi elmi və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

**Birinci** fəsildə kritikdən aşağı və kritik ətrafi təzyiqlərdə şaquli düz hamar və profilənmiş borularda istilikvermə və boru divarının temperatur

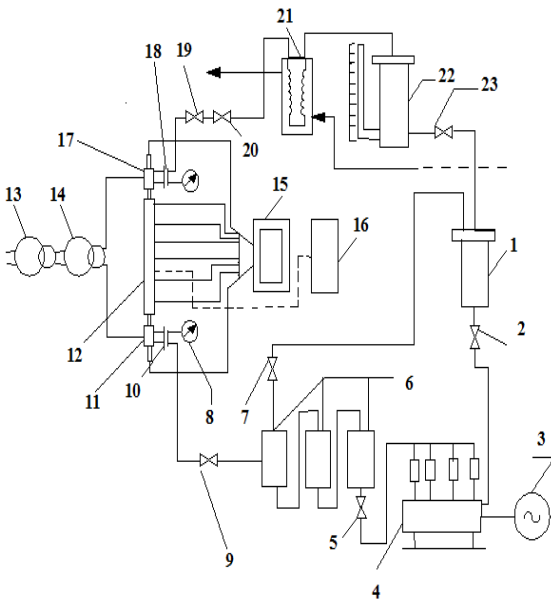
rejiminə aid tədqiqat metodlarına baxılaraq prosesə aid işlərin icmalı verilmişdir. Bu aspektdə istilikmübadilə aparatlarında işçi cisim kimi istifadə edilən suyun keyfiyyətinin təsirinə aid ədəbiyyat icmalına da baxılmışdır. Bu tədqiqatlara dair ədəbiyyatlarda olan nəticələr əsasında öyrənilməsi lazım olan məsələlər aydınlaşdırılmışdır.

**İkinci** fəsilə təcrübə qurğusunun izahı, təcrübənin aparılması və kəmiyyətlərin ölçmə metodikası, təcrübədən alınan nəticələrin işlənilməsi, ölçülən parametrlərin mümkün maksimum nisbi xətası verilmişdir.

İstilikvermənin tədqiqatında təcrübələr su ilə aparılmışdır. Qurğunun prinsipial sxemi şəkl. 1-də verilmişdir.

Təcrübə borusu 1X18H10T markalı paslanmayan poladdan hazırlanmışdır. Borunun xarici diametri  $d_{xar}=6-8$  mm, daxili diametri  $d_{dax}=4-6$  mm və uzunluğu  $l_{boru}=200-600$  mm-dən ibarətdir.

Qurğunun əsas hissələri – təcrübə sahəsi, sakitləşdiricilər, ölçü və basqı çənləri, soyuducu və siyirtmələri olan birləşdirici borulardan ibarətdir.



- 1 - basqı çəni; 2 - giriş siyirtməsi; 3 - elektrik mühərriki; 4 - dörd plunjerli nasos;
- 5, 7, 9, 19, 20, 23 - tənzimləyici siyirtmələr;
- 6 – sakitləşdirici çən;
- 8 - nümunəvi manometr;
- 10,18-cərəyan ayırıcıları;
- 12 - təcrübə sahəsi;
- 13-avtotransformator;
- 14 - alçaldıcı transformator; 15 – potensiometr;
- 16 - özüyazan potensiometr; 11, 17 – qarışdırıcı kamera;
- 21 - soyuducu;
- 22 - ölçü çəni.

Şəkil 1. Təcrübə qurğusunun prinsipial sxemi

Qurğu müvafiq ölçü cihazları (rəqəmli potensiometr, avtomatik özüyazan potensiometr, nümunəvi monometr, ampermetr, voltmetr və termocütlər) ilə təchiz olunub.

Hamar və profilənmiş borularda temperatur rejimlərinin tədqiqatı müəyyən şəraitdə parametrlərin dəyişilən geniş intervalında qərarlaşmış sabit rejimdə aparılmışdır.

Mayelərdə aparılan təcrübələrdə rejim parametrləri aşağıdakı intervalda dəyişilmişdir:

$$\frac{P}{P_{kr}} = 0,089 \div 0,89; \quad \rho u = 214,3 \div 876 \text{ kq/m}^2 \cdot \text{san}$$

$$\frac{t_d}{t_{kr}} = 0,11 \div 1; \quad \frac{t_m}{t_{kr}} = 0,08 \div 0,55;$$

$$d_{dax}/d_{xar} = 4/6 \div 6/8 \text{ mm} \quad L = 200 \div 600 \text{ mm}$$



Şəkil 2. Təcrübə sahəsi

Hamar boru: 1 – qarışdırıcı kamera; 2 – termocütlər X<sub>1</sub>—X<sub>11</sub>

- a) Profilənmiş boru: D – borunun daxili diametri, h – çıxıntıların hündürlüyü, d – çıxıntıların diametri, t – çıxıntılar arasındakı məsafə, s – çıxıntıların eni, R – çıxıntıların əyrilik radiusu.

**Üçüncü** fəsilə elektrik stansiyalarda istifadə edilən suların xarakteristikaları – hidrogen ionlarının qatılığı, oksidləşmə, kation və anionların təsiri, karroziyaya səbəb amillər və s. verilmişdir. Ona görə də, istilik elektrik stansiyalarında etibarlı və səmərəli iş rejimi yaratmaq üçün kimyəvi-su rejimi düzgün qurulmalıdır.

İlk növbədə müxtəlif suların stabilliyi təyin olunmuşdur. Suyun stabilliyini xarakterizə edən kəmiyyət Lanjelye indeksidir:

$$J = \text{pH} - \text{pH}_s \quad (1)$$

Burada,  $\text{pH}_s$  – kalsium karbonatla doydurulmuş tarazlıq məhlulunun  $\text{pH}$ -ı;  $\text{pH}$  – isə faktiki olaraq məhlulun hidrogen ionlarının qatılığının göstəricisidir.  $J < 0$  olduqda mühit aqressivdir, korroziyaya meyillidir.  $J > 0$  olduqda onda səth divarlarında kalsium karbonatın çökmə ehtimalı var. Mühitin Lanjelye indeksinin  $J = 0$  olması məqsədə uyğundur.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində elektrik stansiyalarında istifadə olunan müxtəlif duz tərkibli suların stabilliyi təyin olunmuşdur.

Şollar suyu (Bakı İEM):  $\text{pH} = 8,26$ ;  $\text{pH}_s = 7,23$ ;  $J = 1,03$

Ceyranbatan suyu (SumqayıtES):  $\text{pH} = 8,15$ ;  $\text{pH}_s = 7,03$ ;  $J = 1,12$

Kür suyu (Azərbaycan İES):  $\text{pH} = 7,96$ ;  $\text{pH}_s = 7,10$ ;  $J = 0,86$

Kür suyu (Şirvan ES):  $\text{pH} = 8,10$ ;  $\text{pH}_s = 7,17$ ;  $J = 0,93$

Dəniz suyu (Şimal ES):  $\text{pH} = 7,15$ ;  $\text{pH}_s = 8,80$ ;  $J = -1,25$

Quyu suyu (Şimal ES):  $\text{pH} = 7,8$ ;  $\text{pH}_s = 7,75$ ;  $J = 0,05$ .

Elektrik stansiyalarında istifadə olunan suların digər cəhətlərini xarakterizə etmək üçün bu suların fiziki-kimyəvi analizləri Azərbaycan ET və LAEİ-nun “Ekologiya” şöbəsində aparılmışdır.

Bu analizlərin nəticələrinə əsasən ümumi codluğa nəzərən karbonatlı codluq aşağıdakı kimidir:

karbonatlı codluq

Şollar suyu – 5,16;

Ceyranbatan suyu – 2,9;

Kür suyu – 2,7;

Quyu suyu – 6,1;

Dəniz suyu – 6,7.

ümumi codluq

Şollar suyu – 6,4;

Ceyranbatan suyu – 4,6;

Kür suyu – 4,0;

Quyu suyu – 16,0;

Dəniz suyu – 78,0.

Göstərilən suların təhlükəsizliyini nəzərə alaraq, onlarda sanitariya-bakterioloji tədqiqatlar aparılıb. Nəticədə, məlum sənədin (QOST2874-82 “Питьевая вода”-bakteriyaların ümumi sayı – 100, Koli-indeks –3) normalarına əsasən müvafiq müqaisəli təhlil aparılıb:

Şollar suyu – 72,0; – 3dən az

Ceyranbatan suyu – 119,0; – 43

Kür suyu – 300,0; – 40

Quyu suyu – 240,0; – 39

Dəniz suyu – 5025,0; – 730.



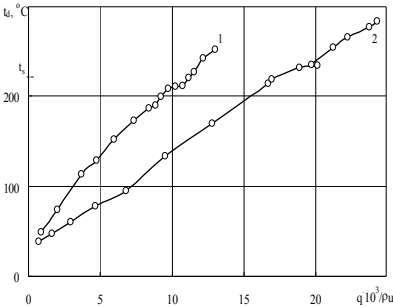
**Dördüncü** fəsildə şaquli düz hamar və profillənmiş borularda istilikvermə prosesinin müqayisəli tədqiqi aparılıb.

Hamar və profillənmiş borularda,  $P = 2$  MPa təzyiqdə boru divarının və mayenin temperaturunun istilik seli sıxlığının kütlə sürətinə olan nisbətindən asılı qrafikləri şəkil 3 –də göstərilmişdir.

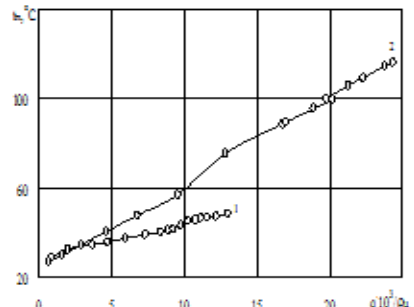
Qeyd etmək lazımdır ki, bu boruların həndəsi ölçüləri biri-biri ilə eynidir.

Şəkil 3 a)-dan görünür ki, profillənmiş boruda eyni şərtlər daxilində boru divarının temperaturu hamar boruya nisbətən azdır. Mayenin doyma temperaturu ( $t_s$ ) hamar və profillənmiş borularda eyni olsa da, müvafiq olaraq istilik selinin kütlə sürətinə olan nisbətindən qiymətləri 10 və  $15 \cdot 10^2 \text{ kC/kq}$ . Hamar boruya nisbətən profillənmiş borunun etibarlılığı daha yüksəkdir.

Şəkil 3 b)-dən göründüyü kimi profillənmiş boruda mayenin temperaturu hamar boruya nisbətən yuxarıdır. Bu onunla izah olunur ki, profillənmiş boruda maye istiliyi daha yaxşı qəbul edir.



a)  $t_d = f(q \cdot 10^3 / \rho u)$  asılılığı



b)  $t_m = f(q \cdot 10^3 / \rho u)$  asılılığı

Şəkil 3. Hamar və profillənmiş borularda boru divarının və mayenin temperaturunun istilik seli sıxlığının kütlə sürətinə olan nisbətindən asılı qrafikləri

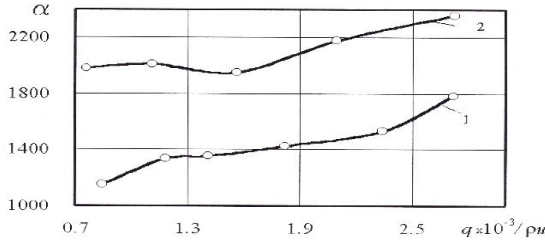
$$P = 2,0 \text{ MPa}; x/d = 35; d_{\text{dax}}/d_{\text{xar}} = 4/6 \text{ mm}$$

1 - hamar boru; 2 - profillənmiş boru

Turbulizatorlar divaryanı sahədəki axıntının quruluşunu dəyişir, bu vaxt istilik mübadiləsi də intensivləşir. Belə ki, şəkil 4-də həm profillənmiş, həm də hamar səthli boruda bir fazalı axıntıda istilikvermə əmsalının istilik selinin sıxlığının kütlə sürətinə nisbətindən asılılıq verilmişdir.

Qrafikdən görüldüyü kimi eyni şəraitdə profillənmiş boruda istilikvermə əmsalı hamar boruya nisbətən böyük qiymət alır. Profillənmiş borulardan istifadə etdikdə, borunun metalının soyudulma prosesi aktivləşdirilir.

Nəticədə, profillənmiş kanalın daxilindən keçən mayenin daha çox istilik qəbul etmək qabiliyyəti təsdiq edilir.



Şəkil 4. Şaquli düz hamar və profillənmiş borularda istilikvermə əmsalının istilik seli sıxlığının kütlə sürətinə olan nisbətinin asılılığı  
 $P = 2 \text{ MPa}$   $x/d = 35$ ;  $d_{\text{dax}}/d_{\text{xar}} = 4/6 \text{ mm}$   
 1 - hamar boru; 2 - profillənmiş boru

Maye axınının turbulent rejimində boru divarının və mayenin temperaturu, istilikvermə əmsalının borunun uzunluq boyunca, istilik selindən, kütlə sürətindən müxtəlif asılılıqları verilmiş və onlar ümümləşdirilmiş şərh olunmuşlar.

İstilik elektrik stansiyalarında çox sayda istilikmübadilə aparatları istismar olunur. Bu halda sudan həm buxar soyuducusu kimi, həm də işçi cisim kimi istifadə edilir.

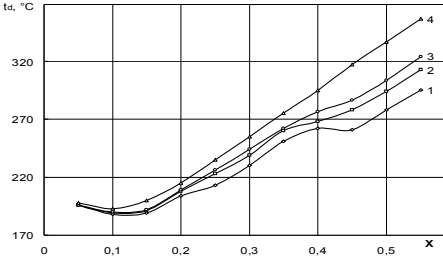
Digər aktual məsələlərdən biri boruların daxili səthlərində çöküntülərin yaranma ehtimalıdır. Çöküntü təbəqəsi termiki müqavimət yaratdığından boru divarı metalının temperaturunun artmasına səbəb olur.

Bunun üçün hamar borular və turbulizatorlu (çıxıntılı) borular (şəkil 2 b) tədqiq edilmişdir. Çox yüksək müvəqqəti codluğa - 20 mq ekv/l malik su tədqiqatda tətbiq olunur. Təcrübələrin 114 saata kimi davam etdirilməsi vaxtdan asılı olaraq istilikvermə əmsalını, divarın və suyun temperaturunun dəyişməsinə təyin etməyə imkan vermişdir.

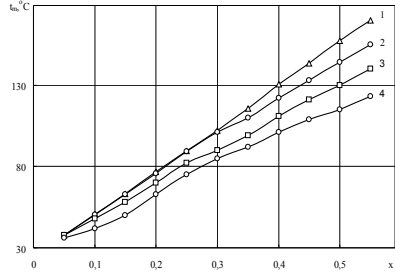
Yüksək müvəqqəti codluqlu suların istilik daşıyıcı agent kimi istifadəsini müəyyən etmək üçün şaquli düz boruda mayenin aşağıdan yuxarı hərəkəti zamanı boru divarının temperatur rejimləri tədqiq edilmişdir. Şəkil 5-də duzlu suyun hamar boruda aşağıdan yuxarıya doğru hərəkətində divarın və mayenin temperaturunun borunun

uzunluğu boyu dəyişməsi, başqa sözlə  $t_d=f(x)$  və  $t_m = f(x)$  asılıqları verilmişdir.

Şəkil 5 a)-da göstərilən əyrilərin xarakterinə əsasən hamar boruda temperatur səpgisi 1-4 əyrilər üçün maksimum temperatur 290 °C-dən 355 °C-ə qədər artmışdır. Təcrübələrin aparılma müddəti  $\tau = 0-114$  saat-dır.



a)  $t_d = f(x)$  asılıığı



b)  $t_m = f(x)$  asılıığı

Şəkil 5. Suyun şaquli hamar boruda aşağıdan yuxarıya doğru hərəkətində divarın və mayenin temperaturunun borunun uzunluğu boyu dəyişməsi

$P = 5,0 \text{ MPa}$ ;  $\rho u = 150,15 \text{ kq/(m}^2\text{s)}$ ;  $l_{\text{boru}} = 60 \text{ sm}$ ;  $d_d/d_x = 4/6 \text{ mm}$ ;

$t_{\text{mayegir}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $q = 18,25 \cdot 10^5 \text{ Vt/m}^2$ .

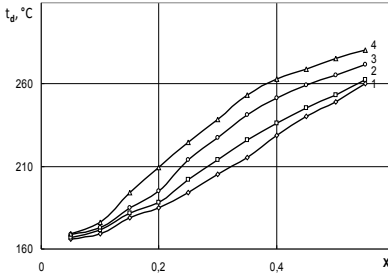
1 –  $\tau = 0$  saat, 2 –  $\tau = 42$  saat, 3 –  $\tau = 66$  saat, 4 –  $\tau = 114$  saat,

Suyun şaquli boruda yuxarı hərəkətində mayenin boru daxili temperaturunun borunun uzunluğu boyu dəyişməsinin  $t_m = f(x)$  hamar boru üçün müəyyən zaman kəsiyində ( $\tau = 0-114$  saat) asılılıq qrafikləri şəkil 5 b)-də verilir. Burada da yuxarıdakı təcrübələrdəki hal parametrləri sabit götürülüb.

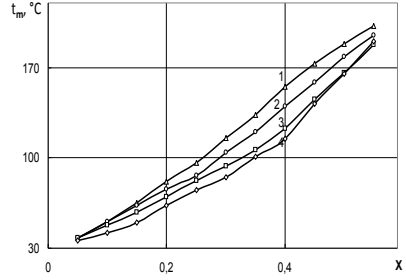
Hamar boruda 1-4 təcrübə sınaqlarında temperatur dəyişməsi 185 °C-dən 125 °C-ə qədər azalmışdır.

Duzlu suyun şaquli düz profillənmiş boruda aşağıdan yuxarı hərəkətində boru divarının və mayenin temperaturunun təcrübə borusunda uzunluq boyunca asılılıq qrafiki şəkil 6 -da verilib.

Şəkil 6 a)-dan görüldüyü kimi  $\tau=0-114$  saat zaman intervalında, qurulmuş 1-4 əyrilərində artım dinamikası oxşardır və monotondur. Göstərmək lazımdır ki, təcrübənin aparılmasında istifadə edilən hal parametrləri ( $P$ ,  $\rho u$ ,  $l_{\text{boru}}$ ,  $d_d/d_x$ ,  $t_{m,\text{gir}}$ ,  $q$ ) sabit saxlanılır.



a)  $t_d = f(x)$  asılılığı



b)  $t_m = f(x)$  asılılığı

Şəkil 6. Suyun şaquli profillənmiş boruda aşağıdan yuxarıya doğru hərəkətində divarın və mayenin temperaturunun borunun uzunluğu boyu dəyişməsi

$P = 5,0 \text{ MPa}$ ;  $\rho_u = 144,69 \text{ kq/(m}^2\text{s)}$ ;  $l_{\text{boru}} = 60 \text{ sm}$ ;  $d_d/d_x = 4/6 \text{ mm}$ ;  
 $t_{\text{mayegir}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $q = 17,67 \cdot 10^5 \text{ Vt/m}^2$ .

1 –  $\tau = 0$  saat, 2 –  $\tau = 24$  saat, 3 –  $\tau = 66$  saat, 4 –  $\tau = 114$  saat.

Qrafikdəki 1-4 əyriilər üçün maksimum temperatur  $260 - 280 \text{ }^\circ\text{C}$ -ə qədər artır. Başqa sözlə, profillənmiş boruların istifadəsində müəyyən zaman kəsiyində temperaturlar fərqi bir o qədər böyük olmur ( $20^\circ\text{C}$ ).

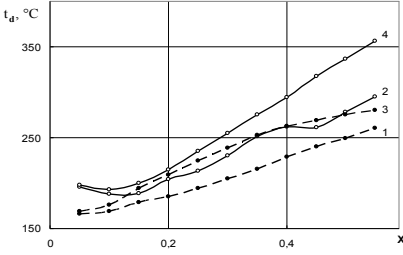
Şəkil 6 b)-dən görüldüyü kimi sınaq təcrübələrinin ardıcılıq sırasında, 0–114 saat zaman müddətində temperaturlar fərqi isə  $5^\circ\text{C}$  təşkil edir. Yəni, profillənmiş borulardan istifadə etməklə boru daxili mayenin çıxış temperaturları cüzi azalır.

Duzlu suyun şaquli boruda yuxarı hərəkətində, konkret zaman kəsiyində ( $\tau=0$ ,  $\tau=114$ ), hamar və profillənmiş boruda borunun divarının və mayenin temperaturunun borunun uzunluğu boyu asılılıq qrafiki şəkil 7 –də verilib.

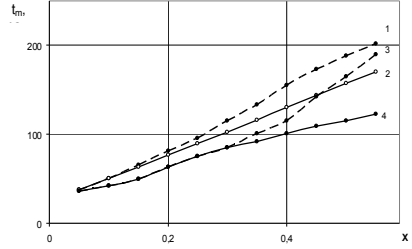
Şəkil 7 a-da əyriilərin xarakterindən məlum olur ki, istilikvermə prosesindəki ümumi qanunauyğunluq burada da özünü göstərir. Belə ki, hamar boruda (2 və 4 əyriiləri) profillənmiş boruya (1 və 3 əyriiləri) nəzərən borudaxili divarın temperaturu yüksəkdir.

Hamar və profillənmiş borudan keçən mayenin temperaturunun boru uzunluğu boyu asılılıq qrafiki şəkil 7 b)-də əks olunub. Burada  $\tau=0$  və  $\tau=114$  qiymətlərinə əsasən qurulmuş əyriilərdən görünür ki, profillənmiş borudan keçən mayenin qəbul elədiyi temperatur, hamar borudan axan mayenin temperaturuna nisbətən daha yüksəkdir. Deməli, istilikvermədə məlum qanunauyğunluq burada da bir daha öz təsdiqini tapır. Başqa

sözlə, hamar boru ilə müqayisədə profillənmiş boruda boru divarı və axan mayenin temperaturları arasında fərq kiçikdir.



a)  $t_d = f(x)$  asılılığı

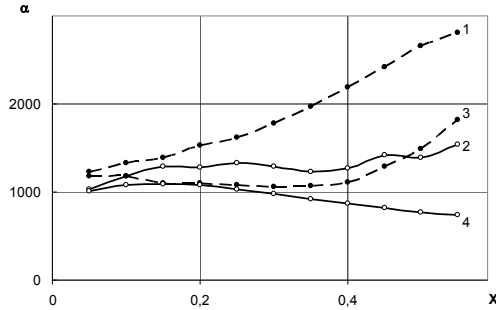


b)  $t_m = f(x)$  asılılığı

Şəkil 7. Duzlu suyun şaquli boruda yuxarı hərəkətində, konkret zaman kəsiyində ( $\tau=0$ ,  $\tau=114$ ), hamar və profillənmiş boruda borunun divarının və mayenin temperaturunun borunun uzunluğu boyu asılılıq qrafikləri

$P = 5,0 \text{ MPa}$ ;  $\rho u = 144,69 \text{ kq}/(\text{m}^2\text{s})$ ;  $l_{\text{boru}} = 60 \text{ sm}$ ;  $d_d/d_x = 4/6 \text{ mm}$ ;  
 $t_{\text{mayegir}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $q = 17,97 \cdot 10^5 \text{ Vt}/\text{m}^2$ .

1 – profillənmiş boru,  $\tau = 0$ ;      3 – profillənmiş boru,  $\tau = 114$   
 2 – hamar boru,  $\tau = 0$ ;      4 – hamar boru,  $\tau = 114$



Şəkil 8.  $\alpha = f(x)$  asılılığı.

$P = 5,0 \text{ MPa}$ ;  $\rho u = 144,69 \text{ kq}/(\text{m}^2\text{s})$ ;  $l_{\text{qız}} = 60 \text{ sm}$ ;  $d_d/d_x = 4/6 \text{ mm}$ ;  
 $t_{\text{mayegir}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $q = 17,97 \cdot 10^5 \text{ Vt}/\text{m}^2$ .

1 – profillənmiş boru,  $\tau = 0$   
 3 – profillənmiş boru,  $\tau = 114$   
 2 – hamar boru,  $\tau = 0$   
 4 – hamar boru,  $\tau = 114$

Həmin şəraitdə ( $\tau=0$ ,  $\tau=114$ ) hamar və profillənmiş boruda istilikvermə əmsalının borunun uzunluğu boyu asılılıq qrafiki şəkil 8-də verilmişdir. Şəkildən məlum olur ki, hamar boruya nisbətən profillənmiş boruda istilikvermə əmsalı daha yüksək qiymət alır- 1,5 – 2,5 dəfə artır.

Aparılan təcrübələr göstərir ki, ərpin artımı ilə müşahidə olunan duz çökmə halı hamar boruya nisbətən turbulizatorlu borularda xeyli dərəcədə azdır.

Nəticədə, belə borulardan istifadə edilməsi, istilikmübadilə aparatlarının boru daxili və xarici səthlərini təmizləmə aparmadan işləmə müddətini uzatmağa və dayanıqlı istismarına imkan verir.

Tədqiqatlar göstərdi ki, hamar borulardan fərqli olaraq, profillənmiş boruların daxilində zaman keçdikcə duz çöküntü qatının termiki müqaviməti sabitləşir.

**Bəşinci** fəsildə şaquli profillənmiş boruda istilikvermədə suyun turbulent hərəkət rejimində alınmış təcrübi məlumatların ümumiləşdirilməsi və hesabı verilib.

Duzsuzlaşdırılmış sulara istilikvermə prosesinin təyini üçün R.F. Kəlbəliyev tərəfindən verilmiş turbulentləşdirici Reynolds ədədi daxil edilməklə,

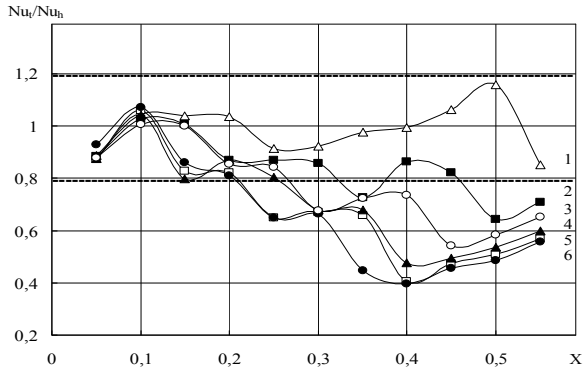
$$\text{Re}_t = \frac{\rho u (D_d - d_d)}{\mu_M} \quad (2)$$

istilik vermənin hesab tənliyi alınmışdır.

$$\text{Nu}_{h,0} = 0.01 \text{Re}_M^{0.80} \text{Pr}_M^{0.43} \text{Re}_t^{0.20} \quad (3)$$

Verilən tənlik kritikə qədər təzyiqdə duzsuzlaşdırılmış suyun bir fazalı turbulent axınında bizim təcrübi məlumatları yaxşı təsvir edir.

Lakin, (3) tənliyi ilə yüksək codluğa malik suyun bir fazalı turbulent axını üçün kritikə qədər təzyiqdə alınmış təcrübi məlumatlar (şək. 9) borunun qızdırılan sahəsinin orta qiymətinə qədər təsvir edilir. Ondan sonrakı hissədə isə əmələ gəlmiş ərpin termiki müqavimətinin təsiri ilə xəta artır (şək. 9).



Şəkil 9. Təcrübə borusunun qızdırılma sahəsinin uzunluğu boyu təcrübə və hesablanmış  $Nu_t/Nu_{h,0} = f(X)$  asılılıq qrafiki

1 –  $\tau = 1$  saat; 2 –  $\tau = 24$  saat; 3 –  $\tau = 42$  saat;

4 –  $\tau = 66$  saat; 5 –  $\tau = 90$  saat; 6 –  $\tau = 114$  saat;

Bununla əlaqədar olaraq çöküntünün əmələ gəlmə intensivliyini xarakterizə etmək üçün model təklif olunur və o aşağıdakı vacib müddəalara əsaslanır:

- çökmənin sürəti qiymətə suyun axınında duzların qatılığına mütənəsibdir;
- uzun çökməsi, eyni vaxtda gedən iki prosesin – çökmə və çöküntünün yuxarı qatının yuyulub aparılmasının nəticəsidir;
- ayrılma səthlərində çöküntülərin yuyulub aparılma sürəti axıntının çökmə qatına təsir gücü ilə (toxunma gərginliyi) müəyyən edilir.

Profillənmiş borunun divarının daxili səthində duzçöküntü qatının əmələ gəlməsinə görə qurulmuş modelə uyğun olaraq hesablama tənliyinə adsız kəmiyyət kompleks ifadəsi daxil edilir.

$$A = \frac{c_m \cdot d}{\rho u \cdot \tau} \cdot Re_t \quad (4)$$

Burada,  $C_m$  – axıntıda duzların qatılığı,  $d$  - borunun diametri,  $\tau$  – zaman,  $\rho u$  – kütlə sürəti,  $Re_t$  – axıntının divaryanı qatında Reynoldsun turbulizə edici ədədi.

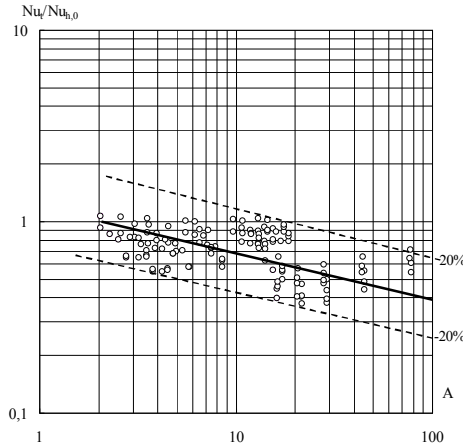
Yüksək müvəqqəti cədlüğe malik suyun kritikə qədər təzyiqdə bir fazalı turbulent axıntı rejimində  $Nu_t/Nu_{h,0} = f(A)$  asılılıq qrafiki şəkil 10-da göstərilib. Qrafikdən görüldüyü kimi təcrübə nöqtələrin əsas kütləsi orta xətt ətrafında cəmləşirlər və ondan kənara çıxma  $\pm 20\%$  təşkil edir.

Ümumilik də, bütün təcrübi nöqtələr orta götürülmüş xəttin ətrafında  $\pm 25\%$  xəta ilə yerləşirlər.

Göstərilən təcrübi məlumatlar əsasında yüksək codluqlu sular üçün istilikvermənin nəzəri hesablanması üçün müvafiq kriterial tənlik alınmışdır:

$$Nu_M = Nu_{h,0} \cdot A^{-0,26} \quad (5)$$

$$Nu_M = 0,01 Re_M^{0,80} Pr_M^{0,43} Re_t^{0,20} \cdot \left( \frac{c_m \cdot d}{\rho u \cdot \tau} \cdot Re_t \right)^{-0,26} \quad (6)$$



Şəkil 10. Yüksək cod suyun kritikə qədər təzyiqdə bir fazalı turbulent axını rejimində  $Nu_t/Nu_{h,0} = f(A)$

Yuxarıda deyilənləri ümumiləşdirsək, o zaman belə demək olar ki, turbulizatorların tətbiqi ilə alınmış profillənmiş boruların texnikada istilikmübadilə aparatlarında istifadəsindən alınan nəticələr aşağıdakılardır: istilikvermə prosesi intensivləşir, boru divarına nisbətən borunun daxilində axan maye daha artıq qızır, boru metalının temperatur rejimi normal həddə saxlanılır, qaynama prosesinin böhranı zamanı istilik yükünün qiyməti böyüyür, yəni, mayeni daha yüksək temperaturalara qədər qızdırmaq olar, duz çöküntülərinin əmələ gəlmə riski azalır.

Profillənmiş boruların hamar borulardan üstünlüyü təsdiq edilməklə perspektivdə, istilikmübadilə aparatlarında profillənmiş boruların tətbiqi



nəticəsində, nisbətən kiçik qabaritli, az metal sərfli, istilikmübadilə prosesində daha böyük energetik effektivliyə malik aparatların yaradılmasına imkan yaranır.

**Altıncı** fəsildə tədqiqat işinin praktiki tətbiq imkanları göstərilib. İstilik mübadilə aparatlarında profillənmiş boruların tətbiqi ilə qurğuların qızma səthlərində mineral çöküntülərin əmələ gəlməsinin və duz çökmənin intensivliyinin artmasının qarşısı alınır.

Müasir dövrdə bütün dünya üzrə şirin suyun qıtlığında tükənməz su ehtiyatlarına malik təbii hövzələrdən duzlu suların şirinləşdirilməsində minerallaşmış suların şirinləşmə texnologiyasının istifadəsi aktualdır.

Dəniz suyunun codluğu çox olduğu üçün profillənmiş borudan istifadə olunduqda duz çökmə prosesinin azalması hesabına suyu buxarlandırır kondensatlaşdırmaqla şirinləşmiş su almaq olar.

Bunu nəzərə alaraq, modul tipli elektrik stansiyalarında elektrik enerjisi ilə yanaşı suyun duzsuzlaşdırılması və kimyəvi məhsul kimi bir sıra duzların alınması mümkündür. Bu da öz növbəsində elektrik stansiyalarının sənaye və ekoloji potensialını xeyli dərəcədə yüksəldir.

## NƏTİCƏLƏR

1. Turbulizatorlu profillənmiş boruda istilikvermənin intensivliyinin hamar boruda istilikvermənin intensivliyindən üstünlüyü müəyyən edilmişdir.
2. Profillənmiş boruda çöküntü təbəqəsinin azalmasının səbəbləri müəyyən olunub.
3. İstilikverici səthin divaryanı hissəsində turbulentiyyənin yaradılması çöküntünün əmələ gəlməsinin intensivliyini xeyli dərəcədə azaldır.
4. Profillənmiş boruda duz əmələgəlmədə model işlənilib hazırlanmışdır. Bu model əsasında profillənmiş boruda duz əmələgəlmə prosesində istilikvermə əmsalının hesablanması üçün kriterial tənlük alınmışdır.
5. Tədqiqatların nəticələri həm mövcud qurğuların effektivliyinin artırılmasında, həm də yeni yüksək effektiv qurğuların hazırlanmasında istifadə edilə bilər.

## Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlərin siyahısı

1. Əliyev A.F., Əzimov Y.A., Məmmədzadə S.T., Nəsibova Ü.A., İstilik elektrik stansiyalarının iş şəraitlərinə uyğun reaktivlərin sərfinin hesablanması, Yeni iqtisadi inkişaf şəraitində Azərbaycan enerjisisteminin enerji effektivliyinin təmin edilməsi üzrə kompleks məsələlərin tədqiq olunması və tövsiyələrin işlənilməsi / Elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2011, s. 174-183.
2. Dadaşov A.V., Nəsibova Ü.A., “Şimal” elektrik stansiyasında əks osmosla suyun duzsuzlaşdırılması prosesinin ekoloji monitorinqi // Energetikanın problemləri, Bakı, № 4, 2011, s. 33-39.
3. Nəsibova Ü.A., Dadaşov A.V., Səngəçal porşenli elektrik stansiyasının membranlı suhazırlama sisteminin monitorinqi, Yeni iqtisadi inkişaf şəraitində Azərbaycan enerjisisteminin enerji effektivliyinin təmin edilməsi üzrə kompleks məsələlərin tədqiq olunması və tövsiyələrin işlənilməsi / Elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2012, s. 217-227.
4. A.F.Aliyev, U.A.Nasibova, Eco-efficient desalination membrane technology for reciprocating power Plant in Azerbaijan / 8th International Conference on, “Technical and Physical Problems of Power Engineering”, 5-7 September 2012, Ostfold University College, Fredrikstad, Norway, ICTPE Conference, [www.ictpe.com](http://www.ictpe.com), [ictpe@ictpe.com](mailto:ictpe@ictpe.com), [ictpe0@gmail.com](mailto:ictpe0@gmail.com), ICTPE-2012 Number 79, Code 07PPE0, Pages 378-380.
5. Dadaşov A.V., Nəsibova Ü.A., Səngəçal modul tipli elektrik stansiyasında suyun membranlı duzsuzlaşdırma sistemi // “Energetikanın problemləri”, Bakı, №4, 2012, s. 23-27.
6. A.F.Aliyev, U.A.Nasibova, Selecting anti-scale membrane desalination of water, “Technical and Physical Problems of Power Engineering”, Istanbul, Turkey, 9-11 September 2013, [www.ictpe.com](http://www.ictpe.com), [ictpe@ictpe.com](mailto:ictpe@ictpe.com), [ictpe0@gmail.com](mailto:ictpe0@gmail.com), 9th International Conference of ICTPE-2013, Number 93, Code 08EES12, Pages 453-454.
7. А.Ф.Алиев, У.А.Насибова, Предотвращение накипеобразования при обратноосмотическом обессоливании воды / Elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2013, s. 179-187.
8. Kəlbəliyev R.F., Süleymanov Y.M., Nəsibova Ü.A., Hacıev A.O., Enerji blokunun dəyişən və aşağı salınmış yüklərində istilik qurğularının etibarlılığının və effektivliyinin tədqiqi / Elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2014 s.145-170.
9. Р.Ф.Келбалиев, И.М.Мамедов, А.О.Гаджиев, У.А.Насибова, Экспериментальное исследование температурного режима стенки при

генерации пара в вертикальной трубе, шестая российская национальная конференция по теплообмену/Шестая Российская национальная конференция по теплообмену, Тезисы докладов, том 2, 27 – 31 октября 2014 года, Москва, с 41-42.

10. R.F.Kalbaliyev, U.A.Nasibova, A.O.Naciyev, Use shaped tubes with turbulence as a heat transfer surface in energy devices/ The 11th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering” (ICTPE-2015), 10 - 12 September 2015 Bucharest, Romania, s. 377-379.

11. Р.Ф.Келбалиев, У.А.Насибова, А.О.Гаджиев, Интенсификация теплообмена с использованием профилированных поверхностей теплообмена / Energetikanın müasir elmi- texniki və tətbiqi problemləri beynəlxalq elmi konfransının materialları, Sumqayıt, 27-28 oktyabr 2015, s. 244-246.

12. Келбалиев Р.Ф., Азимов Я.А., Насибова У.А., Гаджиев Ф.О., Рагимов Б.Ф., Интенсификация теплообмена при кипении жидкости // “Energetikanın problemləri”, Bakı, №3, 2015, s. 52-56.

13. Nəşibova Ü.A., Energetik qurğuların temperatur rejiminə istilik mübadilə səthlərində duzçökmə prosesinin təsirinin tədqiqi // “Energetikanın problemləri”, Bakı, №3, 2016, s.69-74.

14. Р.Ф.Келбалиев, У.А.Насибова, Теплообмен в трубах с периодическим уменьшением сечения // «Инновации и Инвестиции», Москва, №3, 2017, с.122-125.

**УЛЬВИЯ АДИЛ КЫЗЫ НАСИБОВА**

**ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВО ВОДЫ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**Аннотация**

Диссертационная работа посвящена изучению температурного режима и теплоотдачи при турбулентном режиме движения жидкости в вертикальных прямых гладких и профилированных трубах.

В работе исследован температурный режим труб и теплоотдача при до и около критических давлениях жидкости в вертикально расположенных прямых трубах.

Получены новые экспериментальные, сравнительные данные по температурному режиму в гладких и профилированных прямых вертикальных трубах.

В работе предложены критериальные уравнения для определения коэффициента теплоотдачи в воде с высокой временной жесткостью. Предложено ввести турбулизирующие числа Рейнольдса и безразмерный комплекс при расчетах теплоотдачи в профилированной вертикально прямой трубе.

Рассмотрены возможности применения полученных данных исследования в различных областях техники.

**NASIBOVA ULVIYYA ADIL**

**INFLUENCE OF WATER QUALITY ON THE  
TEMPERATURE REGIME OF POWER PLANTS**

**Summary**

The thesis is devoted to the study of the temperature regime and heat transfer under the turbulent regime of fluid motion in vertical straight smooth and profiled pipes.

The temperature regime of the pipes and heat transfer at the pre and near critical pressures of the liquid in vertically arranged straight pipes were studied.

New experimental, comparative data on the temperature regime in smooth and profiled straight vertical pipes are obtained.

Criterial equations are proposed for the determination of the coefficient of heat transfer in water with high temporal rigidity. It is proposed to introduce turbulent Reynolds numbers and a dimensionless complex in calculating the heat transfer in a vertically straight pipe.

The possibilities of applying the obtained data to the research results in various fields of technology are considered.

Format 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> .  
AMEA-nın mətbəəsində çap olunub.  
Sayı: 100 nüsxə.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

---

*На правах рукописи*

**НАСИБОВА УЛЬВИЯ АДЛ ГЫЗЫ**

**ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ  
РЕЖИМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**Специальность: 3342.02 – «Тепловые электрические станции  
(тепловая часть)»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по технике**

**БАКУ – 2018**