

ISSN 1815-1779



Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi  
Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan  
Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики



Azərbaycan Texniki Universiteti  
Azerbaijan Technical University  
Азербайджанский Технический Университет

**ELMİ ƏSƏRLƏR**

**PROCEEDINGS**

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**



# **ELMİ ƏSƏRLƏR**

Elmi-texniki jurnal

# **PROCEEDINGS**

Scientific-technical journal

# **УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

Научно-технический журнал

**№2**

**2022**

**Təsisçi:** Azərbaycan Texniki Universiteti  
**Founder:** Azerbaijan Technical University  
**Учредитель:** Азербайджанский Технический Университет

Jurnal 1992-ci ildən nəşr olunur. Şahadətnamə №305.  
The journal is published since 1992. Certificate No. 305.  
Журнал издается с 1992 года. Сертификат №305.

#### REDAKSIYA HEYƏTİ

**Baş redaktor:**

prof. V.M.Vəliyev

**Baş redaktorun müavinləri:**

prof. N.A.Yusifbəyli

prof. S.N.Namazov

**Məsul katib:**

t.f.d. X.M.Nəbiyev

**Redaksiya heyətinin üzvləri:**

akademik A.M.Paşayev

(Azərbaycan)

akademik T.A.Əliyev (Azərbaycan)

AMEA-nın müxbir üzvü

A.Z.Məlikov (Azərbaycan)

prof. V.Mixaylov (Almaniya)

prof. S.Təkəli (Türkiyə)

prof. S.Simon (Almaniya)

prof. İ.A.Babayev (Azərbaycan)

prof. M.Güdəm (Türkiyə)

prof. Z.D.Kovalyuk (Ukrayna)

prof. N.V.Zik (Rusiya)

prof. İ.A.Balova (Rusiya)

prof. H.N.Nəcəfov (Türkiyə)

prof. M.İsmayilov (Türkiyə)

prof. E.Ə.Məsimov (Azərbaycan)

prof. P.D.Lazzaro (İtaliya)

prof. Z.A.Cahangirli (Azərbaycan)

prof. E.M.Qocayev (Azərbaycan)

prof. V.Ə.Qasimov (Azərbaycan)

prof. F.V.Yusifov (Azərbaycan)

prof. V.İ.Nəsirov (Azərbaycan)

prof. A.N.Məmmədov

(Azərbaycan)

prof. R.M.Rzayev (Azərbaycan)

prof. A.Y.Yerşov (Rusiya)

prof. İ.İ.Əliyev (Azərbaycan)

prof. Ə.Q.Əlirzayev (Azərbaycan)

prof. F.Ə.Qənbərov (Azərbaycan)

dos. A.N.Eminov (Azərbaycan)

dos. H.B.Guliyev (Azərbaycan)

i.e.f.d. N.V.Namazova (Azərbaycan)

#### EDITORIAL BOARD

**Chief editor:**

prof. V.M.Valiyev

**Deputy chief editors:**

prof. N.A.Yusifbayli

prof. S.N.Namazov

**Senior secretary:**

PhD Kh.M.Nabiyev

**Member of the editorial board:**

academician A.M.Pashayev

(Azerbaijan)

academician T.A.Aliyev

cor.member of ANAS A.Z.Melikov

(Azerbaijan)

prof. V.Mikhailov (Germany)

prof. S.Tekeli (Turkey)

prof. S.Simon (Germany)

prof. İ.A.Babayev (Azerbaijan)

prof. M.Guden (Turkey)

prof. Z.D.Kovalyuk (Ukraine)

prof. N.V.Zik (Russia)

prof. İ.A.Balova (Russia)

prof. H.N.Najafov (Turkey)

prof. M.Ismailov (Turkey)

prof. E.A.Masimov (Azerbaijan)

prof. P.D.Lazzaro (Italy)

prof. Z.A.Jahangirli

(Azerbaijan)

prof. E.M.Godjajev (Azerbaijan)

prof. V.E.Gasimov (Azerbaijan)

prof. F.V.Yusifov (Azerbaijan)

prof. V.I.Nasirov (Azerbaijan)

prof. A.N.Mammadov

(Azerbaijan)

prof. R.M.Rzayev (Azerbaijan)

prof. A.Y.Yershov (Russia)

prof. İ.İ.Aliyev (Azerbaijan)

prof. A.G.Alırızayev (Azerbaijan)

prof. F.A.Ganbarov (Azerbaijan)

ass.prof. A.N.Eminov (Azerbaijan)

ass.prof. H.B.Guliyev (Azerbaijan)

PhD N.V.Namazova (Azerbaijan)

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор:**

проф. В.М.Валиев

**Зам. гл. редактора:**

проф. Н.А.Юсифбейли

проф. С.Н.Намазов

**Ответственный секретарь**

д.ф.т. Х.М.Набиев

**Члены редакционной коллегии:**

академик А.М.Пашаев

(Азербайджан)

академик Т.А.Алиев

(Азербайджан)

член-корреспондент НАНА

А.З.Меликов (Азербайджан)

проф. В. Михайлов (Германия)

проф. С.Текели (Турция)

проф. С.Симон (Германия)

проф. И.А.Бабаев (Азербайджан)

проф. М.Г.Гюден (Турция).

проф. З.Д.Ковалюк (Украина)

проф. Н.В.Зик (Россия)

проф. И.А.Балова (Россия)

проф. Х.Н.Наджафов (Турция)

проф. М.Исмаилов (Турция)

проф. Е.А.Масимов (Азербайджан)

проф. П.Д.Лаззаро (Италия)

проф. З.А.Джахангирли

(Азербайджан)

проф. Е.М.Годжаев (Азербайджан)

проф. В.А.Гасымов (Азербайджан)

проф. Ф.В.Юсифов (Азербайджан)

проф. В.И.Насиров (Азербайджан)

проф. А.Н.Мамедов

(Азербайджан)

проф. Р.М.Рзаев (Азербайджан)

проф. А.Е.Ершов (Россия)

проф. И.И.Алиев (Азербайджан)

проф. А.Г.Алирзаев (Азербайджан)

проф. Ф.А.Ганбаров (Азербайджан)

доц. А.Н.Эминов (Азербайджан)

доц. Х.Б.Гулиев (Азербайджан)

д.ф.э. Н.В.Намазова (Азербайджан)

**Redaksiyanın ünvanı:** AZ1073, Bakı ş., H.Cavid prosp., 25. AzTU.

Tel.: (+99412)5391452; www.aztu.edu.az; E-mail: elmieserler@aztu.edu.az

Azərbaycan Texniki Universitetinin “Elmi əsərlər” jurnalında fizika, riyaziyyat, kimya, mexanika, avtomatika, informatika, telekommunikasiya, maşınqayırma, elektrotexnika, metallurgiya, maşınşünaslıq, energetika, iqtisadiyyat, nəqliyyat, ekologiya bölmələri üzrə məqalələr və qısa məlumatlar dərc edilir.

\*\*\*\*\*

Articles and brief information on physics, mathematics, chemistry, mechanics, automatics, informatics, telecommunications, machine-building, electrical engineering, metallurgy, theoretical engineering, energetics, economics, transport, ecology are published in the journal “Proceedings” of Azerbaijan Technical University.

\*\*\*\*\*

В журнале «Ученые записки» Азербайджанского Технического Университета публикуются статьи и краткие сообщения по физике, математике, химии, механике, автоматике, информатике, телекоммуникациям, машиностроению, электротехнике, металлургии, машиноведению, энергетике, экономике, транспорту, экологии.

---

Jurnal Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının təsdiq etdiyi elmi dərəcə iddiaçılarının əsərlərinin çap edildiyi dövrü elmi nəşrlərin siyahısına daxil edilmişdir.

\*\*\*\*\*

The journal is included in the list of periodical scientific publications approved by the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan where the works of scientific degree candidates are published.

\*\*\*\*\*

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, в которых публикуются работы соискателей ученых степеней, утверждаемый Высшей аттестационной комиссией при Президенте Азербайджанской Республики.

## MÜNDƏRİCAT \* CONTENTS \* ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>İsmayılova A.E., Ağayeva A.R., Tağızadə A.S., Əlizadə K.R.</b> – Naqilli rabitə kabellərinin hazırlanmasında polimer izolyasiya çəkilişi prosesinin avtomatlaşdırılmasının kabelin istismar keyfiyyət göstəricilərinə təsirinin analizi .....	5-10
<b>Bəşirov M.M., Nəbiyev N.D.</b> – Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun (p, ρ, t) xassələrinin tədqiqi.....	11-17
<b>Namazova N.V.</b> – Azərbaycanda yanacaq-enerji resurslarından səmərəli istifadənin dövlət tənzimlənməsinin mexanizmləri .....	18-24
<b>G.V.Məmmədova G.V.</b> – Sənaye istehsal birliklərində əmək resurslarının səmərəli istifadə göstəriciləri.....	25-29
<b>Ağayev F.T., Bahadurzadə N.İ.</b> – Təhsildə data mining metodlarının tətbiqi .....	30-37
<b>Hüseynov O.R.</b> – Ali təhsil müəssisəsində akademik məlumat portalının və diferensial əmək haqqının rəqəmsallaşdırılması.....	38-42
<b>Əzizov Ə.A., Rüstəmov N.M., Hüseynova N.R.</b> – Şokolad kütləsini kolloid üyütmə maşınının soyutma sisteminin hesabı və tərtibi .....	43-49
<b>Cəfərova A.A.</b> – Ovuntu şixtəsinin presləmə prosesinin fenomenoloji modeli.....	50-54
<b>Cəfərova V.N.</b> – Soba-çalov qurğusunda maye poladın azotla üfürülməsinin texnoloji və iqtisadi cəhətləri.....	55-62
<b>İlhamqızı Şəmsiyyə</b> – Ferrosilisiyum istehsalı üçün silisiyumun alınmasının nəzəri və praktiki əsaslandırılması.....	63-67
<b>Hasanov E.G.</b> – Non-stationary heat transfer during convective heat transfer .....	68-72

UOT 621.315

## NAQİLLİ RABİTƏ KABELLƏRİNİN HAZIRLANMASINDA POLİMER İZOLYASIYA ÇƏKİLİŞİ PROSESİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASININ KABELİN İSTİSMAR KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN ANALİZİ

A.E.İsmayılova<sup>1</sup>, A.R.Ağayeva<sup>1</sup>, A.S.Tağızadə<sup>2</sup>, K.R.Əlizadə<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Azərbaycan Texniki Universiteti

<sup>2</sup>Tədqiqatçı

<sup>3</sup>Azərİşiq ASC

E-mail: ayten.ismaylova@aztu.edu.az, aytac.agayeva@aztu.edu.az,

tagizadd97@mail.ru, kamal.elizade.1998@mail.ru

**Açar sözlər:** rabitə kabeli, polimer izolyasiya, ekstruziya, avtomatika

**Xülasə.** Naqillə rabitə kabellərinin istehsalında polimer izolyasiya çəkilişi əməliyyatında keyfiyyət göstəricilərinin seçilməsi qaydalarına baxılmışdır. Prosesin keyfiyyət göstəricilərini avtomatik idarə etməklə rabitə kabellərinin tələb olunan yüksək keyfiyyətinin təmin olunması mümkünlüyü göstərilmişdir. Hazırlanan kabelin istismar xarakteristikalarının bütün istismar müddətində tələb olunan səviyyədə saxlanmasına zəmanətin təmin olunması yolları təklif olunmuşdur. Rabitə kabel xətlərinin istismar keyfiyyət göstəriciləri ilə izolyasiya çəkilişi əməliyyatının tənzimlənməsi arasındakı əlaqə təhlil olunmuşdur.

**Giriş.** İnnovasiya texnologiyalarının inkişaf etdiyi bir mərhələdə mürəkkəb texnoloji əməliyyatların, sistemlərin, bütövlükdə, təşkilatların effektiv və sürətli işi kompüterləri, telefonları, periferiya avadanlıqlarını özündə cəmləşdirən lokal şəbəkə tələb edir. Kompüter lokal şəbəkəsinin əsasını strukturlaşdırılmış kabel sistemləri (SKS) təşkil edir.

Strukturlaşdırılmış kabel sistemləri – binanın və ya bir neçə binadan ibarət kompleksin telekommunikasiya infrastrukturudur, bütün tip siqnalların, o cümlədən, danışıq siqnallarının, informasiyaların, videoların ötürülməsini təmin edir. SKS istifadəçilərin tələbləri, məlumatların ötürülmə sürəti, şəbəkə protokollarının tipi məlum olduqdan sonra quraşdırılır.

SKS telefon şəbəkəsinə inteqrasiya olunmuş kompüter şəbəkəsinin əsasını təşkil edir. Binaın və ya kompleksin telekommunikasiya avadanlıqlarının bir-biri ilə strukturlaşmış kabel sistemləri ilə birləşdirilmiş toplumdur. Bu sistem lokal şəbəkə adlanır.

SKS-in bir sıra aşağıdakı üstünlükləri vardır:

- İnteqrasiya olunmuş lokal sistemlər müxtəlif tip siqnalları ötürməyi təmin edir;
- SKS bir neçə nəsillə kompüter şəbəkəsinin işini təmin edir;
- SKS interfeysləri lokal şəbəkənin istənilən avadanlığını qoşmağa və səsli əlavələrlə təmin etməyə imkan yaradır;
- SKS məlumatların böyük interval diapazonunda – 100 Kbit/san danışıq əlavələrindən , 10 Gbit/san informasiya məlumatlarına qədər realizə edir;
- Administrativ SKS lokal şəbəkənin istismarının sadəliyi hesabına, xidməti əmək xərclərini xeyli aşağı salır.

İnformasiya texnologiyaları dövrünün ayrılmaz hissəsi olan SKS sistemlərin etibarlı işi, uzunömürlünlüyü, ötürmə parametrləri bir çox faktorlardan asılıdır. Bu faktorların ən vaciblərindən biri də strukturlaşdırılmış kabel sistemlərində istifadə olunan müxtəlif tip kabellərdir. Ən sadə, bununla yanaşı ən populyar Ethernet LAN şəbəkəsinin əsas komponenti – kabeldir. Bunun köməkliyi ilə, biz asanlıqla iki və daha çox kompüter şəkəyə qoşa bilərik. Lakin bu sadəcə kabel deyildir. Hazırda kabellərdən cütlü burulmuş LAN kabellər adlanan kabellər quraşdırılır. Ən sürətli – 10 Gbit/san informasiya ötürmək üçün; lakin 10 GBase-T standartlarına görə cütlü burulmuş kabellər vasitəsilə mümkündür. Bu zaman bizim imkanlarımız istifadə olunan kabellə məhdudlaşır. Qeyd olunanlar onu deməyə əsas verir ki, SKS-in ötürmə parametrlərini yaxşılaşdırmaq, sistemin etibarlılığını artırmaq

məqsədilə LAN kabellərin mövcud konstruksiyalarını optimallaşdırmaq və yeni layihələrin işlənməsi mütəxəssislərin diqqət mərkəzindədir və çox aktual məsələdir. Təcrübə göstərir ki, LAN kabellərin hazırlanma texnologiyasının avtomatik tənzimlənməsi yolu ilə də onun ötürmə parametrlərinə müsbət təsir etmək mümkündür. Bunu nəzərə alaraq, məqalədə cütlü burulmuş kabellərin hazırlanma texnologiyasının optimallaşmasına baxılmışdır.

**İşin məqsədi.** Naqilli rabitə kabellərinin hazırlanmasında polimer izolyasiya çəkilişi prosesinin avtomatlaşdırılmasının kabelin istismar keyfiyyət göstəricilərinə təsirinin analizi.

**Problemin qoyuluşu.** Strukturlaşdırılmış kabel sistemlərində (SKS) ötürücü mühit kimi lifli-optik rabitə xətləri ilə (LORX) yanaşı naqilli rabitə kabellərindən də geniş istifadə olunur. Bunlar texniki-iqtisadi göstəricilərinə görə, bir sıra hallarda, lifli-optik kabelləri xeyli üstələyir. İlk növbədə bunlar burulmuş cütlərdən təşkil olunmuş LAN kabellərdir. Bu tip kabellərə aiddir: ekransız örtüklü-UTP (Unshielded Twisted Pair), ümumi xarici ekrana malik kabel-STP (Shielded Twisted Pair), hər bir bükülmüş cütü və həm də ümumi xarici ekranı olan ikiqat mühafizə ekranlı kabel – SSTP (Screened Shielded Twisted Pair) [1; s.29-31]. Naqilli rabitə kabellərinə həmçinin radiotezlikli koaksial kabellər də aiddir, bunlarda daxili keçirici, izolyasiya və xarici keçirici-ekran koaksial yerləşmişdir [2; s.137].

Naqilli rabitə kabellərinin konstruksiyalarının müxtəlifliyinə baxmayaraq, onların ümumi xassələrini qeyd etmək olar:

Alqoritmlərin sintezinin ümumi metodologiyası və kabelin istehsal texnologiyasında avtomatik nəzarətin və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin tətbiqinin mümkünlüyü.

Naqilli rabitə kabelinin hazırlanma texnologiyası mürəkkəb, fasiləsiz, çoxəməliyyatlı prosesdir.

Kabel xətti olaraq, hazırlanan məhsulun keyfiyyəti ümumiləşdirilmiş bəzi istismar keyfiyyət göstəricilərinə əsasən təyin edilir [3; s.276]. Buraxılan məhsulun keyfiyyət göstəricisi istehsalın bütün mərhələlərində formalaşır və yalnız hazır məhsulda ölçülə bilər.

Bu fakt kabel istehsalının hər bir aralıq əməliyyatında hər hansı bir keyfiyyət göstəricisini seçməyi tələb edir. Bu texnoloji əməliyyatları tənzimləməyi (stabiləşdirməyi) və nəticə olaraq tələb olunan istismar xüsusiyyətlərinə malik hazır məhsul almağı təmin edir.

Qeyd edilən bu məsələ istehsal olunan kabelin növündən (LAN-kabel, KK, simmetrik kabel) çəkilən polimer izolyasiyanın tipindən (bütöv izolyasiya, kimyəvi və fiziki üsulla köpükləndirilmiş məsaməli plastik kütlə), hazır kabellə ötürülən siqnalın işçi tezlik zolağından asılı olaraq seçilir. Bütün istismar müddətində, tələb olunan tezlik diapazonunda kabelin istismar göstəricilərinin lazımı səviyyədə saxlanmasına zəmanətin təmin olunması xüsusi məsələ kimi diqqətdə saxlanmalıdır.

Müxtəlif növ naqilli rabitə kabelinin istehsal prosesi həm eyni texnoloji əməliyyatlardan (mis naqillərin incəldilməsi, mis naqilin polimer materiallarla izolə olunması, kabelin səthinə polimer xarici örtüyün qoyuluşu, ekranların hazırlanması), həm də konkret kabel tipinə aid texnoloji əməliyyatlardan ibarətdir. Məsələn, burma əməliyyatı (cütlük, dördlük və qrup şəklində) yalnız simmetrik və LAN-kabellərin istehsalında istifadə olunur. Ekranların hazırlanması isə hətta eyni tip kabellərdə belə kəskin fərqlənə bilər. Ekranlar hamar və ya büzməli mis folqadan, sarınma yolu ilə mis məftillərdən və s. hazırlana bilər.

Buna görə də naqilli rabitə kabelinin istehsal prosesində onların istismar keyfiyyət göstəricilərinin formalaşması, əksər hallarda müxtəlifdir və individual xarakterlidir.

Bəzi ədəbiyyatda [4] qeyd olunduğu kimi bütün naqilli rabitə kabeli üçün hazır məhsulun keyfiyyətini müəyyənləyən ən vacib, əksər hallarda isə həlledici texnoloji əməliyyat mis cərəyankeçirən damarın səthinə polimer materiallardan izolyasiya çəkilişi əməliyyatıdır. Bu əməliyyat ekstruziya metodu ilə şəkli preslərdə yerinə yetirilir [5; s.23-25]. Əksər hallarda, kabellərin istehsalında izolyasiya materialı kimi yüksək təzyiqli, alçaq sıxlıqlı polietiləndən istifadə olunur (ASPE) [6; s.168-170, 192-195, 7; s.11-13].

Böyük həcmli informasiyanın ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuş LAN-kabellərin və RG (Radio Guide) kabellərin istehsalında, qoyulan yeni tələbləri yüksək səviyyədə ödəmək imkanına malik, çox yaxşı dielektrik xassələrinə və köpüklülük (məsaməlilik) səviyyəsi yüksək olan polimer materiallardan istifadə olunur [8]. Bu materiallar elektrik parametrlərinin yüksək stabilliyini təmin edir.

**Ekstruziya prosesinin idarə olunması.** Müxtəlif tip rabitə kabellərinin istehsal prosesinin təhlili onu deməyə əsas verir ki, onların ötürmə keyfiyyəti ekstruziya əməliyyatının idarə olunmasından və tənzimlənməsindən birbaşa asılıdır.

Ötürmənin keyfiyyətinə təsir edən kabelin izolə edilmiş damarının vacib parametrləri- onun diametri, kabelin izolə edilmiş damarının tutumu, izolyasiyanın nisbi dielektrik nüfuzluğu ekstruziya xəttində izolyasiya çəkilişi prosesində formalaşır və nəticə olaraq, hazır kabelin keyfiyyətini, onun ümumiləşdirilmiş istismar göstəricilərini təyin edir. Əksər hallarda, bu göstəricilər kimi, müəyyən tezlik diapozonunda, ötürmə parametrləri qəbul edilir. Müasir ekstruziya xətlərində izolə edilmiş damarın diametrinin və tutumunun damarın uzunluğu ( $x$ ) boyunca dəyişməsi registrasiya olunur (uyğun olaraq,  $D_{or}(x)$ ,  $C_{or}(x)$ ) [9]. Ekstruziya xəttinin normal rejimində kabelin uzunluğundan asılı olan bu funksiyalara təsadüfi stasionar proseslər kimi baxmaq olar.

$$D_{or}(t) \text{ və } C_{or}(t),$$

bu halda,

$$x(t) = \int_0^t (v_t \cdot dt) \text{ və ya } x(t) = v_x \cdot t$$

İzolyasiya çəkilişinin sabit sürətində ( $V_x$ ),  $\mathbf{x}(t)$  funksiyası dartıcı qurğunun inteqrallının işi ilə müəyyən edilir.

İzolə edilmiş damarın elektrik tutumu aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər [10; s.88-90]:

$$C_{or}(x) = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon}{\ln \frac{D_{or}(x)}{d}} \quad (1)$$

Burada,

- $\epsilon_0$ -boşluğun dielektrik nüfuzluğu;
- $\epsilon$ -bütöv izolyasiyanın dielektrik nüfuzluğu;
- $d$ -mis naqilin diametridir.

Mis naqilin kalibrdən keçdiyini nəzərə almaqla  $d$ -ni sabit qəbul etmək olar ( $d = \text{const}$ ).

Koaksial kabellər üçün əsas keyfiyyət göstəriciləri ötürmə parametrləri hesab olunur, bunlar da öz növbəsində izolə edilmiş mis damarın parametrlərinin bircinslik səviyyəsindən asılıdır. Koaksial kabelin keyfiyyətinin ümumiləşdirilmiş istismar göstəricilərinə, rabitə xətti olaraq, tələbatlıq xassələrini xarakterizə edən göstəricilər aid edilir.

Siqnalların təhrif olunmadan ötürülməsi xassəsinə, yalnız ideal müntəzəmliyə (bircinsliyə) malik kabellər aiddir. Bunlar elə kabel xətləridir ki,  $x$  oxu boyunca (kabelin oxu boyunca), izolyasiyanın eninə sahəsi və elektrik parametrləri dəyişməzdir. Müasir texnoloji xətlərdə, texnoloji rejim parametrləri, hazırlanan kabelin konstruktiv və elektrik kəmiyyətlərini sabit saxlamaq üçün, stabilləşdirici lokal avtomatik sistemlərdən istifadə olunduğundan, hazır kabelə zəif qeyri-müntəzəm xətt kimi baxmaq olar.

Koaksial kabellərin qeyri-müntəzəmliyi naqilin diametrinin, izolyasiyanın dielektrik nüfuzluğunun və digər parametrlərinin variasiyası ötürülən siqnalın yerli əksölünməsinə müəyyən edən dalğa müqavimətinin  $Z(x)$  qeyri-müntəzəmliyini şərtləndirir.

Praktikada koaksial rabitə kabellərinin keyfiyyəti tezlikdən asılı olan giriş əksölünmə əmsalına  $\Gamma_g(f)$  və sönmə artımına  $\Delta\alpha l$  görə təyin olunur [11].

$$\Gamma_g(f) = \frac{1}{2z_0} \int z'(x) \cdot e^{-2\gamma(f)x} \cdot dx \quad (2)$$

$$\Delta\alpha l = -20 \lg |1 - \Gamma_g(f)| \quad (3)$$

Burada,

- $z_0$ -kabelin dalğa müqavimətinin nominal qiyməti;



$l$ -kabelin uzunluğu;

$\gamma(\mathbf{f})$ -elektromağnit dalğasının tezlikdən asılı olan yayılma əmsalı  $\gamma=\alpha+j\beta$ ;

$\beta$ -faza əmsalı;

$$\beta=\frac{2\pi f}{v} \quad (4)$$

$f$ -elektrik siqnalının tezliyi;

$v$ -elektromağnit dalğasının kabeldə yayılma sürəti;

$\alpha$ -tezlikdən asılı olan sönmə əmsalı.

$$\alpha=a_0\sqrt{f} \quad (5)$$

$a_0$ -kabelin tipindən asılı olan ədədi əmsaldır.

Koaksial kabel istehsalının idarə olunmasının keyfiyyət göstəricisi kriteriyası kimi, müəyyən tezlik diapazonunda  $[f_a, f_y]$ ,  $\Gamma_{max}, \Delta\alpha_{max}$  və ya  $\Gamma_{or}, \Delta\alpha_{or}$  qiymətlərindən də ( $f_a$ -tezlik diapozonun aşağı,  $f_y$ -yuxarı həddidir) istifadə etmək olar.

Cüt və dördlük burulmuş simmetrik kabellərin istehsalında da əksolunma xarakteristikalarından ( $\Gamma_g, \Delta\alpha$ ) keyfiyyətin ümumiləşdirilmiş göstəricisi kimi istifadə oluna bilər.

Yüksək tezlik diapazonunda ikinaqilli dövrlərdə (koaksial və simmetrik) giriş əksolma əmsalının tezlik xarakteristikaları, ötürmənin tezlikdən asılı olan birinci parametrləri tutum ( $C$ ) və induktivliklə ( $L$ ) müəyyən olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu parametrlər kabelin uzunluğundan ( $x$ ) asılı təsadüfi funksiyalarıdır.

Ümumiləşdirilmiş istismar göstəricisi keyfiyyəti kimi, əksər hallarda, hazır kabeldə müntəzəmliyi (bircinsliyi) asan nəzarətdə saxlanılan kabelin dalğa müqavimətindən istifadə edilir.

Dalğa müqaviməti koaksial kabelin keyfiyyətinə (2) və sönmə artımına (3) birbaşa təsir göstərir.

Dalğa müqaviməti:

$$Z=\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

Ötürmənin birinci parametrlərinin kabelin konstruktiv və elektrik parametrlərindən asılı olduğunu nəzərə almaqla, müxtəlif konstruksiyalı rabitə kabellərinin dalğa müqaviməti üçün yazmaq olar:

$$Z=\frac{a}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \ln \frac{D_{ef}}{d_{ef}}, \quad (7)$$

Burada,

$\epsilon_{ef}$ -iki naqıl arasındakı mühitin (izolyasiya qatı) effektiv dielektrik nüfuzluğu;

$D_{ef}$ -koaksial kabelin xarici keçiricisinin effektiv daxili diametri və ya simmetrik kabelin naqilləri arasındakı effektiv məsafə;  $d_{ef}$ -koaksial kabelin daxili keçiricisini təşkil edən damarın effektiv diametri və ya simmetrik kabelin naqilinin effektiv diametri;

$a$ -sabit kəmiyyətdir, koaksial kabellər üçün  $a=60$  Om, simmetrik dövrlərdə - 120 Om.

Ekstruziya xəttinə daxil olmazdan öncə mis məftil almaz ucluqlu kalibrdən keçdiyinə görə (7) ifadəsində  $d_{ef}=d=const$  qəbul olunur, həmçinin bütöv polietilen izolyasiyada  $\epsilon_{ef}=const$ . Cütlü və dördlü burulmuş kabellər üçün müəyyən xəta ilə (7) ifadəsində  $D_{ef}$ -in yerinə  $D_{ef}=(2a_1-d)$ ,  $d_{ef}=d$  yazsaq alarıq:

$$Z=\frac{a}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \ln \frac{2a_1-d}{d}, \quad (8)$$

burada,

$a_1$ - cütlüyün naqillərinin oxları arasındakı məsafə,

$d$ -izolyasiya edilməmiş naqilin diametridir.

Strukturlaşdırılmış kabel sistemlərinin qurulması üçün istifadə olunan burulmuş cütləri ekranlanmış radiotezlik kabellərində  $\epsilon_{ef}$  cütlüyün izlədilmiş naqillərin diametrləri ( $D_1$  və  $D_2$ ) və onların dielektrik nüfuzluqları ( $\epsilon_1$  və  $\epsilon_2$ ) vasitəsilə təyin etmək olar.

$$\epsilon_{ef} = \frac{D_1^2 - d^2}{A} \epsilon_1 + \frac{D_2^2 - d^2}{A} \epsilon_2 + \frac{2(D_1 + D_2)^2 - \pi(D_1^2 + D_2^2)}{2\pi A}, \quad (9)$$

burada,

$$A = \frac{1}{\pi}(D_1 + D_2)^2 + \frac{1}{2}(D_1^2 + D_2^2) - 2d^2$$

Koaksial kabelin ekranı mis məfillərin hörülməsindən alınan hallarda və mis damarın izolyasiyası bütöv polimerdən olduqda, kabelin dalğa müqavimətinin qeyri-müntəzəmliyi praktik olaraq yalnız izolyasiyasının diametrinin qeyri bircinsliyi müəyyən olunur.

Şekli ekstruzerlərin həcmi məhsuldarlığını iki kəmiyyətə: izlədilmiş damarın diametri  $D_{iz}(t)$  və izlədilmə sürətinə  $V(t)$  nəzarət etməklə, təcrübi yolla asanlıqla tapmaq olar

$$Q(t) = \left[ \frac{\pi D_{iz}^2(t)}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right] \times V(t) \quad (10)$$

buradan izlədilmiş damarın diametri üçün yazmaq olar:

$$D_{iz}(t) = d \sqrt{1 + \frac{Q(t)}{V(t)}} \quad (11)$$

Burada,  $k = \frac{\pi d^2}{4}$  [ $1/m^2$ ]- sabit kəmiyyətdir.

Axırıncı ifadələrin (11,12) təhlilindən belə bir vacib nəticəyə gəlmək olur ki, mis damarlı bütöv polimer izolyasiyalı koaksial kabellərin istehsal prosesinin idarə olunmasında əsas məsələ şekli ekstruderin həcmi məhsuldarlığının və izolyasiya çəkilişinin sürətinin sabilliyinin təmin olunmasıdır. Bu da öz növbəsində, izlədilmiş damarın diametrinin sabit qalması və nəticə olaraq, kabelin istismarının keyfiyyət göstəricisi olan dalğa müqavimətinin sabilliyi təmin olunur.

**Nəticə.** İzolyasiya çəkilişi əməliyyatını avtomatik idarə etməklə rabitə kabel xətlərinin istismar keyfiyyət göstəricisinin yüksəldilməsi metodologiyasına baxılmışdır. İzolyasiya çəkilişinin avtomatik idarə olunması izlədilmiş naqilin birinci parametrlərinin (naqilin diametri, izolyasiyanın dielektrik nüfuzluğu, kabelin tutumu) müntəzəmliyini təmin edir ki, buda kabelin ötürmə parametrlərinin əsas keyfiyyət göstəricisi olan dalğa müqavimətinin müntəzəmliyini (bircinsliyini) şərtləndirir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы. - М.: Компания АйТи, ДМК Пресс, 2002, 640 с.
2. Белоруссов Н.П., Гроднев И.И. Радиочастотные кабели. М.: Энергия, 1973, 328 с.
3. Ефимов И.Е., Останкович Г.А. Радиочастотные линии передачи. Радиочастотные кабели. М.: Связь, 1977, 408 с.
4. Митрошин В.Н. Регулирование давления расплава полимера в зоне дозирования одночервячного экструдера при пульсирующем градиенте давления // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. 2011, Вып. I (29), с.39.
5. Рауендаль К. Экструзия полимеров / Пер. с англ. Под ред. А.Я. Малкина, СПб.: Профессия, 2008, 768 с.
6. Orucov A.O., Əliyev H.S., Niftiyev S.N. Plastik kütlə və rezin izolyasiyalı kabellərin istehsalı. Dərs vəsaiti. Bakı, 2006. s.293.
7. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров. М.: Химия, 1977, 464 с.
8. Бонвин П.-И., Родригез Р., Чамов Ф.В. Линии изолирования коаксиальных кабелей с процессом физического вспенивания *Extrucell<sup>TM</sup>* // Кабель-news. 2010, № 2, с. 13,18,22.

9. Чостковский Б.К., Митрошин В.Н. Автоматизация процесса экструзии пористой кабельной продукции на основе цифрового регулятора. Автометрия. 2017, Т. 53, № 4, с. 74-76.
10. Orucov A.O., Niftiyev S.N. Kabel texnikası. Dərslik, Bakı 2008, s. 257.
11. Чостковский Б.К. Структурно-параметрический синтез систем оптимального управления совмещёнными технологическими процессами производства кабелей связи по эксплуатационным критериям качества. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Самара, 2007, с.10.

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE AUTOMATION OF THE POLYMER  
INSULATION DRAWING PROCESS ON THE OPERATIONAL QUALITY  
INDICATORS OF THE CABLE IN THE PREPARATION  
OF WIRED COMMUNICATION CABLES**

**A.E.Ismayilova<sup>1</sup>, A.R. Agayeva<sup>1</sup>, A.S.Taghizade<sup>2</sup>, K.R.Alizade<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Azerbaijan Technical University*

<sup>2</sup>*Researcher*

<sup>3</sup>*Azerİşiq OJSC*

**Abstract.** The rules for selecting quality indicators in the operation of polymer insulation in the production of wired communication cables have been reviewed. It has been shown possibility of ensuring the required high quality of communication cables by automatically controlling the quality indicators of the process has been shown. Ways have been proposed ensure the operating characteristics of the prepared cable are maintained at the required level during the entire period of operation have been proposed. Communication the relationship between the operational quality indicators of cable lines and the adjustment of the insulation drawing operation was analyzed.

**Keywords:** *communication cable, polymer insulation, extrusion, automat.*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ  
ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КАБЕЛЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
ПРОВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ**

**А.Э.Исмаилова<sup>1</sup>, А.Р.Агаева<sup>1</sup>, А.С.Тагизаде<sup>2</sup>, К.Р.Ализаде<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Азербайджанский технический университет*

<sup>2</sup>*Исследователь*

<sup>3</sup>*Azerİşiq OAO*

**Резюме.** Рассмотрены правила выбора показателей качества при эксплуатации полимерной изоляции при производстве проводных кабелей связи. Показана возможность обеспечения требуемого высокого качества кабелей связи за счет автоматического контроля показателей качества технологического процесса. Предложены способы обеспечения поддержания эксплуатационных характеристик подготовленного кабеля на требуемом уровне в течение всего периода эксплуатации. Проанализирована связь между эксплуатационными показателями качества кабельных линий и регулировкой операции протяжки изоляции.

**Ключевые слова:** *кабель связи, полимерная изоляция, прессование, автомат.*

Daxil olub: 06.10.2022

UOT 536.77:547.442

## AZƏRBAYCANIN XAÇMAZ RAYONUNUN “SABİR-ObA” TERMAL SUYUNUN (p, ρ, T) XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

**M.M.Bəşirov<sup>1</sup>, N.D.Nəbiyev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Bakı Mühəndislik Universiteti*

*E-mail: mbashirov@beu.edu.az*

<sup>2</sup>*Azərbaycan Texniki Universiteti*

*E-mail: nofal\_nabi@aztu.edu.az*

*Açar sözlər: sıxlıq, təzyiq, temperatur, termal sular*

**Xülasə.** Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun (p,ρ,T) xassələrinin tədqiqinin aparıldığı təcrübə laboratoriyası T = 293,15 K sabit temperaturda iqlimləşdirilmişdir. Su, toluol və NaCl-un (m = 2,96661 mol·kg<sup>-1</sup>) sulu məhlulu üçün alınmış nəticələrin müxtəlif ədəbiyyatlarda verilmiş məlumatlarla müqayisəsi aparılmışdır. Alınmış nəticələr qrafiki şəkillərdə göstərilmişdir.

**Giriş.** Sənayenin intensivləşdirilməsi və Respublikanın geniş sosial-iqtisadi inkişaf proqramının yerinə yetirilməsi üçün hər şeydən öncə iqtisadiyyatda və elmi-texniki tərəqqidə köklü dəyişikliklər tələb olunur. Bu baxımdan bütün xammal və material resurslardan daha çox qənaətli və rəşional istifadə olunması ölkənin xalq təsərrüfatı üçün xüsusi diqqətə layiqdir.

Fərqli inkişaf səviyyələrinə malik müxtəlif geotermal texnologiyalar mövcuddur ki, onlar mərkəzi istixanalar, istilik sistemləri və digər tətbiq sahələrində geniş istifadə edilir. Təbii yüksək keçiriciliyə malik hidrotermal rezervuarlardan elektrik enerjisi istehsalı texnologiyası da etibarlı sayılır. Hazırda dünyada istismar edilən geotermal elektrik stansiyalarının əksəriyyəti quru buxar turbinli və ya “flaş” qurğu (tək, ikiqat və üçlü) əsaslı olmaqla 180°C-dən yuxarı isti su mənbələrində istifadə edilir. Bundan əlavə, keçid mərhələsində olan “Enhanced Geothermal Systems (EGS)” kimi yeni texnologiyalar da inkişaf etdirilir.

Hesablamalara görə faydalı qazıntı şəklində çıxarılan enerjidaşıyıcılarının yanmasından hər il atmosfərə 24 mlrd. ton karbon qazı atılır. Bundan əlavə, yanma nəticəsində atmosfərə digər zərərli birləşmələr-kükürd qazı (SO<sub>2</sub>), azot oksidləri (NO<sub>x</sub>), və metan (CH<sub>4</sub>) qazları atılır. Atmosfərə atılan karbon qazının ümumi miqdarının 80%-ə qədəri dünya əhalisinin 25%-i yaşayan sənaye dövlətlərinin payına düşür. Yer atmosferinin tərkibinin həcm üzrə 78%-i azot (N<sub>2</sub>), 21%-i oksigen (O<sub>2</sub>), təxminən 1%-i nəcib qazlardan, 0,1%-i isə başqa qazlardan, o cümlədən istixana təsirli qazlardan ibarətdir. İstixana təsirli qazların konsentrasiyasının az olmasına baxmayaraq, onların Yer kürəsindəki iqlimin təşəkkül tapmasında böyük rolu vardır [7; s. 206].

BMT-nin qlobal istiləşməyə aid komissiyasının məlumatına əsasən son 150 ildə yer səthinin temperaturu 3°C yüksəlmişdir. Bu prosesin davam etməsi Yer kürəsində qlobal istiləşmə təhlükəsi yaradır. Hazırda Alp buzlaqlarının əriməsi prosesinin güclənməsi, okean (dəniz) səviyyəsinin ildə 1÷2 mm, son 100 ildə isə 10÷20 sm yüksəlməsi, tropik dənizlərin temperaturunun 1994-cü ildən bəri 0,3°C artması bunu deməyə əsas verir [6].

Azərbaycanda, o cümlədən Azərbaycan Texniki Universitetində bu istiqamətdə mühüm işlər aparılır. “Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi”nə dair Dövlət Proqramına uyğun olaraq Azərbaycan Respublikasının 21 oktyabr 2004-cü il tarixli sərəncamına əsasən Energetika sənayesi nazirliyinə xüsusi proqramın icrası tapşırılmışdır. Dövlət Proqramında respublikamız üçün əlverişli olan enerji mənbələrindən, yəni küləyin, günəşin, geotermal suların, dağ çaylarının, kanalların, həmçinin biokütlənin enerjisindən istifadə öz əksini tapmışdır [1, 2]. Yer in dərinliklərinin istiliyindən istifadənin prinsipial imkanları mövcuddur. Temperaturundan asılı olaraq, suyu və ya su-buxar qarışığını isti su təchizatı, istilik təchizatı və elektrik enerjisi istehsalı üçün, yaxud da bütün bu məqsədlər üçün eyni zamanda istifadə etmək olar. Vulkanətrafı rayonun və quru dağ süxurlarının yüksək

temperaturlu istiliyinin elektrik enerjisinin istehsalı və istilik təchizatı üçün istifadəsi daha məqsədə uyğundur. Dünyadakı geotermal elektrostansiyaların potensial ümumi işçi gücü digər bərpa olunan enerji mənbələri ilə işləyən stansiyaların çoxunun gücündən geri qalır. Lakin, yanacaq, faydalı qazıntıların olmadığı və ya nisbətən baha olduğu, məskunlaşma olan ayrı-ayrı coğrafi rayonların yüksək energetik sıxlığına, eləcə də hökumət proqramlarına görə bu istiqamət inkişaf etməkdədir.

**Tədqiqatın məqsədi, məsələnin qoyuluşu.** Tədqiq olunan termal sular bilavasitə onların səthə çıxma zonalarından götürülmüş və müxtəlif kimyəvi emal üsulları ilə təcrübi məqsədlər üçün hazırlanmışdır. Bu ərazilər azotlu və hidrogen sulfidli termal və soyuq mineral mənbələrlə zəngindir. Ümumiyyətlə mineral sular kimyəvi tərkib hissəsinə görə 5 qrupa ayrılır.

1. Xlorlu sular — belə suların tərkibində Cl, Na, Ca, Mg maddələri var.
2. Hidrokarbonatlı sular — tərkibində hidrokarbonat anionu, Na, K, Ca, Mg vardır.
3. Sulfatlı sular — tərkibində sulfat anionu, K, Na, Ca, Mg var.
4. Tərkibi mürəkkəb birləşmələrlə təşkil olunmuş sular — belə sular aşağıdakılardır:
  - a) Hidrokarbonatlı — xlorlu su;
  - b) Hidrokarbonatlı — sulfatlı su;
  - c) Sulfatlı — xlorlu su.
5. Qazlı sular — 3 qrupu var:
  - a) Tərkibində karbon qazı olan su;
  - b) Tərkibində sərbəst hidrogen — sulfid olan su;
  - c) Tərkibində radon olan su.

Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunu tərkibinə görə 1-ci qrupa aid etmək olar.

Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun kimyəvi tərkibinin analizi göstərir ki, kimyəvi elementlərin böyük hissəsini natrium (Na) təşkil edir. Na, Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunu tərkibindəki bütün kimyəvi maddələrin təqribən 72,41 ÷ 90,12%-ni təşkil edir. Aşağıda göstərilən 1, 2 və 3-cü cədvəllərdə Azərbaycanın Xaçmaz rayonu ərazisində yerləşən “Sabir-oba” məntəqəsinin termal suyunu kimyəvi tərkibində olan mineralların miqdarı verilmişdir [3, 4].

Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun kimyəvi tərkibi

Cədvəl 1

Nüm. mineralların miqdarı	Al1670	As1890	B2089	Ba2304	Ca3181	Cd2288	Co2286	Cr2055	Cu3247	Fe2599
Sabir-oba mq/litr	<0.01	0.01	1.40	0.23	78.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11

Cədvəl 2

Nüm. mineralların miqdarı	Hg1849	K7664	Li6707	Mg2790	Mn2939	Mo2045	Na8183	Ni2316	P2136
Sabir-oba mq/litr	<0.02	9.50	0.13	9.46	0.06	0.02	736	<0.01	<0.01

Cədvəl 3

Nüm. mineralların miqdarı	Pb2203	S1820	Sb2175	Se1960	Si2124	Sr4077	Ti3349	Tl1908	V2924
Sabir-oba mq/litr	<0.01	24.60	<0.02	<0.02	4.36	5.12	<0.01	<0,05	<0.01

Əvvəlcə yüksək dəqiqlikli təcrübi qiymətlərə malik olan maddələrlə sınaq təcrübələrin aparılması yolu ilə istifadə olunacaq təcrübi qurğunun iş qabiliyyəti yoxlanılır. (p,ρ,T) xassələrinin tədqiqi

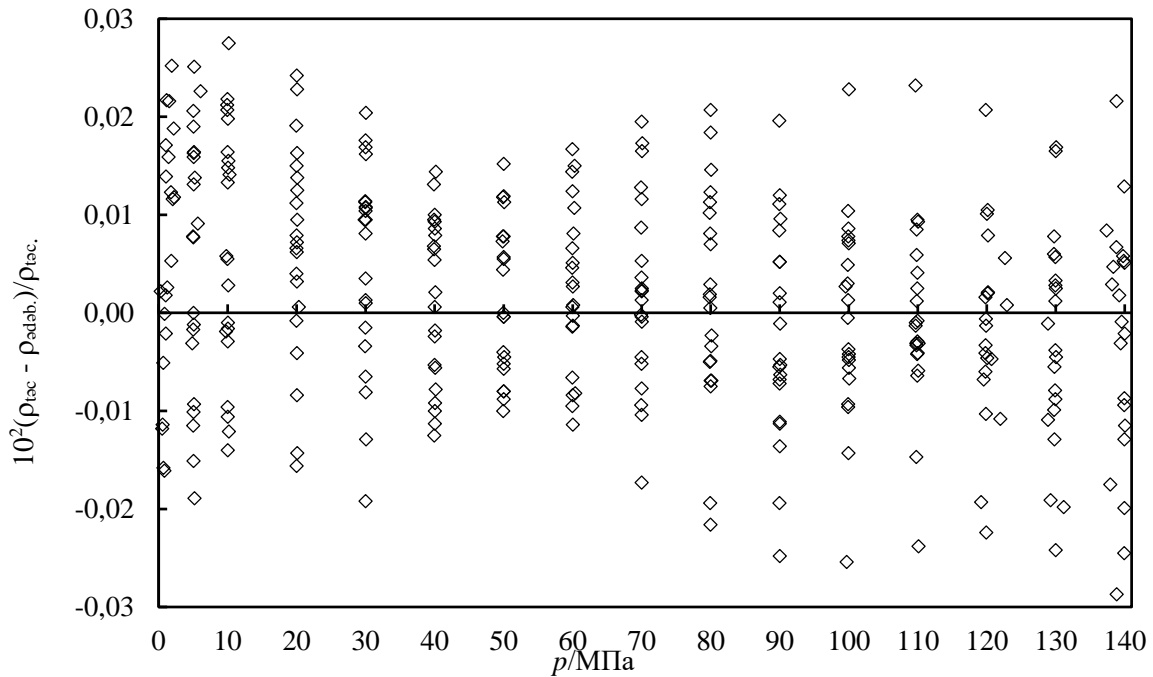
üçün vibrasiyalı borulu densimetr qurğusunun minimum iki maddə ilə kalibrlənməyə ehtiyacı olduğuna nəzərə alsaq, bu məqsədlə su, toluol və NaCl-un ( $m=2,96661 \text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sulu məhlulu əsas kalibrləyici maddələr kimi seçilmişdir. Təcrübə qurğusunun kalibrləmə prosesi zamanı kalibrləyici maddələr bir neçə dəfə ölçülmüş, müqayisələrin orta xətası təhlil olunmuşdur.

Müəyyən hallarda eyni temperaturlarda təcrübələr 4-5 dəfə aparılmış, qurğunun doldurulması fərqiindən və təcrübənin aparılmasından asılı olmayaraq müxtəlif vaxtlarda qurğunun iş qabiliyyəti yoxlanılmışdır. Təcrübələrin aparıldığı laboratoriya  $T=293,15 \text{ K}$  sabit temperaturda iqlimləşdirilmişdir. Su, toluol və NaCl-un ( $m=2,96661 \text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sulu məhlulu üçün alınmış nəticələrin ədəbiyyatlarda verilmiş məlumatlarla müqayisəsi şəkil 1-3 - də göstərilmişdir.

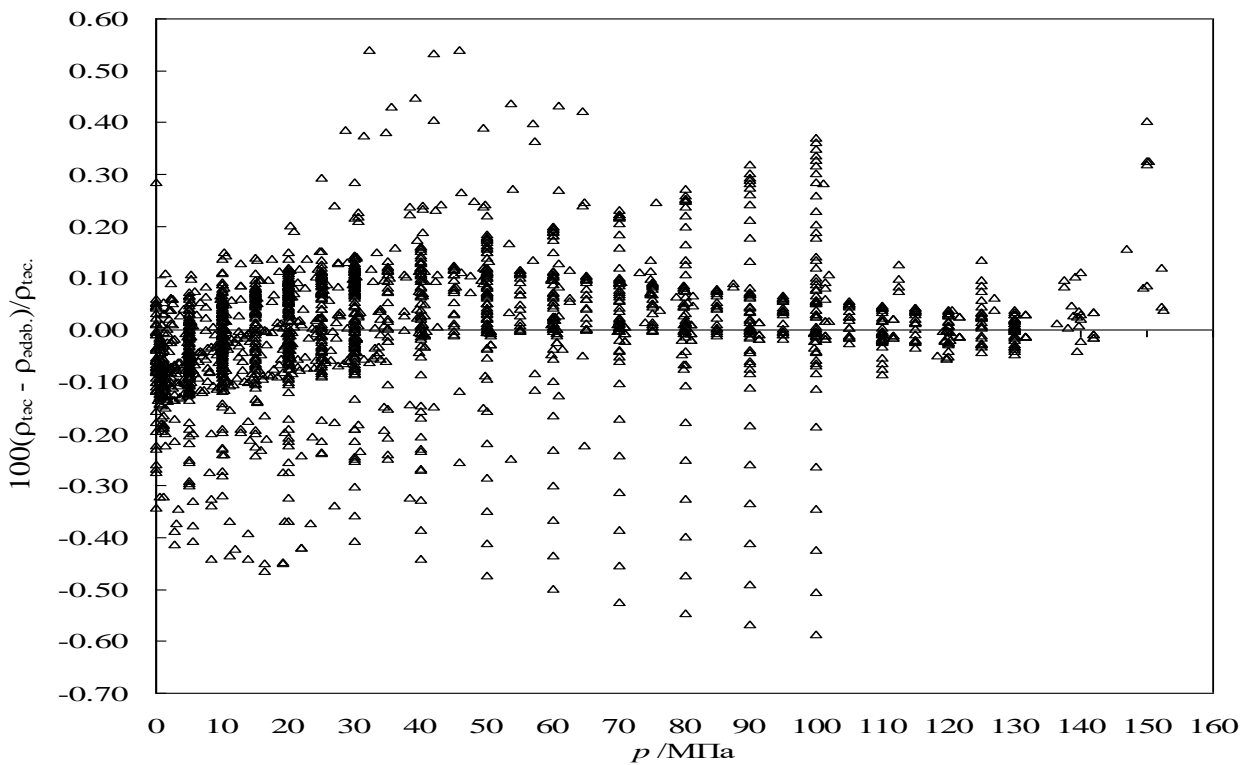
**Məsələnin həll üsulları və aprobeasiyası.** Aşağıdakı şəkillərdən (şəkil 1-3) görüldüyü kimi, su, toluol və NaCl-un ( $m=2,96661 \text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sulu məhlulunun sıxlığı üzrə alınmış qiymətlərin və ədəbiyyatdakı məlumatların fərqi qurğudakı ölçmələrin qiymətləndirilmiş xətalalarının çox kiçik olmasını göstərir. İkiqat distillə edilmiş su müxtəlif laboratoriya qurğularında alınmışdır. NaCl və toluol Merck (Almaniya) şirkətindən alınmışdır. Xətası kiçik olan və bir-birinə yaxın nəticələrin alınması yaradılmış təcrübə qurğunun yüksək dəqiqliyini göstərir.

Su, toluol və NaCl-un ( $m=2,96661 \text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sulu məhlulunun ( $p, \rho, T$ ) xassələri üzrə yoxlama təcrübələri aparıldıqdan sonra Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun ( $p, \rho, T$ ) asılılıqları yüksək təzyiç və müxtəlif temperaturlarda vibrasiyalı borulu densimetr metodunun reallaşdırıldığı təcrübə qurğuda ölçülmüşdür.

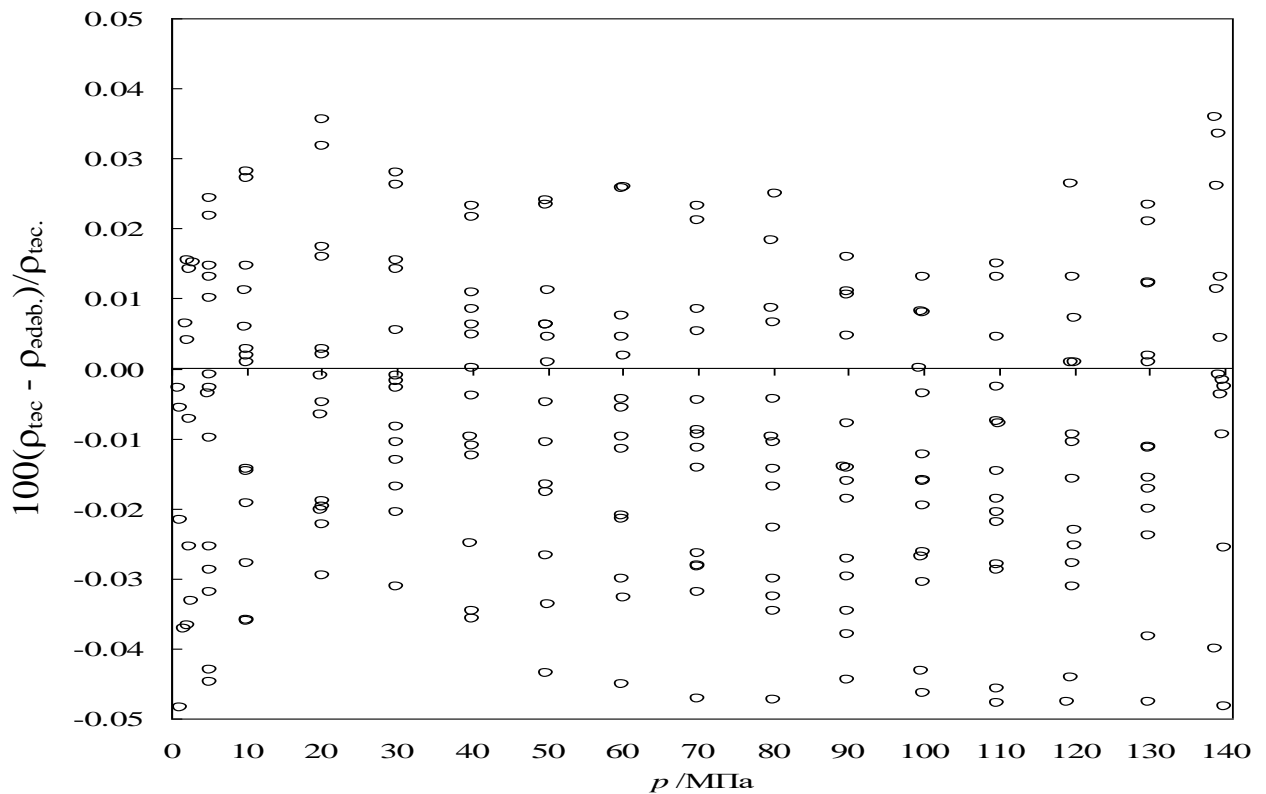
( $p, \rho, T$ ) asılılıqlarının ölçülməsi zamanı hər bir müvazinət halında atmosfer təzyiqində qrafik ekstrapolyasiya yolu ilə sıxlığın yüksək dəqiqlikli qiymətlərinin alınması məqsədi ilə təzyiçin maksimum dərəcədə mümkün olan aşağı qiymətləri yaradılmağa səy göstərilmiş, alınmış qiymətlər sıxlığın DMA 5000M qurğusunda ölçülmüş qiymətləri ilə müqayisə olunmuşdur. Müxtəlif metodlarla alınmış qiymətlər öz aralarında  $\pm 0,02\%$  həddində yaxşı uyğunlaşır [3, 5]. Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyu üçün tədqiqatlar  $T=(278,15\div 373,15) \text{ K}$  temperaturlarda və  $p = 40 \text{ MPa}$ -dək təzyiqlərdə aparılmışdır. ( $p, \rho, T$ ) asılılıqları üzrə alınmış təcrübə göstəricilər cədvəl 4-də verilmişdir.



Şəkil 1. Suyun  $T=(278,15-468,15) \text{ K}$  temperaturlarda ölçülmüş sıxlığının və ədəbiyyatdakı IAPWS 95 verilənlərlə fərqiinin təzyiçdən asılılığı



Şəkil 2. Toluolun  $T=(278,15-468,15)$  K temperaturalarda ölçülmüş sıxlığının və müxtəlif ədəbiyyatdakı verilənlərlə (2000-ə qədər məlumat) fərqinin təzyiqdən asılılığı



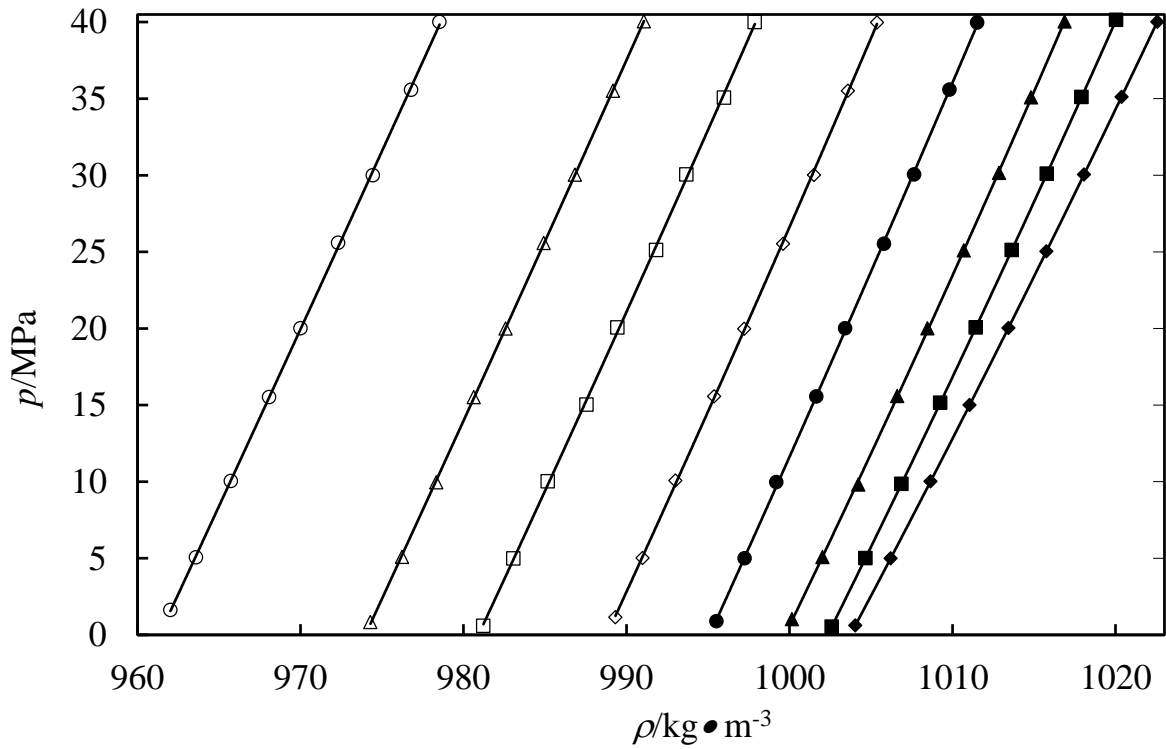
Şəkil 3. NaCl-un ( $m=2,96661 \text{ mol}\cdot\text{kq}^{-1}$ ) sulu məhlulunun  $T=(278,15-468,15)$  K temperaturalarda ölçülmüş sıxlığının və müxtəlif ədəbiyyatdakı verilənlərlə (2000-ə qədər məlumat) fərqinin təzyiqdən asılılığı

Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun müxtəlif təzyiç və temperaturalarda sıxlığının təcrübi qiymətləri [3].

$\frac{p}{MPa}$	$\frac{\rho}{kq \cdot m^3}$	$\frac{T}{K}$	$\frac{p}{MPa}$	$\frac{\rho}{kq \cdot m^3}$	$\frac{T}{K}$
1.170	1004.52	278.05	1.054	988.76	328.15
5.040	1006.40	278.04	4.985	990.47	328.15
9.815	1008.57	278.04	10.025	992.64	328.15
15.053	1011.00	278.04	15.321	994.89	328.15
20.012	1013.23	278.04	20.014	996.86	328.15
25.087	1015.52	278.04	25.214	999.02	328.15
30.004	1017.77	278.03	30.026	1000.99	328.15
34.977	1019.97	278.02	35.057	1003.03	328.15
40.047	1022.20	278.01	39.987	1005.01	328.15
1.272	1002.87	288.26	1.628	981.01	343.04
5.052	1004.61	288.22	5.079	982.59	343.06
10.056	1006.88	288.21	9.841	984.56	343.14
15.102	1009.15	288.19	15.102	986.93	343.18
20.031	1011.34	288.17	20.073	989.01	343.21
25.133	1013.58	288.15	25.133	991.16	343.18
30.054	1015.72	288.14	30.021	993.22	343.16
35.116	1017.90	288.13	35.102	995.19	343.15
39.961	1019.96	288.12	40.025	997.20	343.14
0.833	1000.17	298.14	1.954	972.22	358.15
5.150	1002.10	298.16	5.021	973.61	358.16
9.831	1004.17	298.19	10.032	975.87	358.14
15.213	1006.53	298.19	15.621	978.32	358.15
20.054	1008.63	298.19	20.026	980.22	358.15
25.103	1010.80	298.19	25.214	982.40	358.16
30.043	1012.89	298.19	29.986	984.39	358.15
35.133	1015.02	298.19	35.014	986.44	358.15
40.058	1017.07	298.19	39.952	988.42	358.14
1.339	995.32	313.14	1.830	961.98	373.11
5.044	996.96	313.15	5.135	963.33	373.19
9.915	998.97	313.18	10.012	965.52	373.19
15.102	1001.20	313.18	15.104	967.96	373.15
19.876	1003.18	313.18	20.001	970.19	373.11
25.133	1005.49	313.18	25.166	972.40	373.15
29.945	1007.43	313.21	29.948	974.38	373.16
35.102	1009.61	313.19	35.205	976.60	373.16
39.991	1011.64	313.18	39.915	978.56	373.16

Təzyiğin 0,1- 40 MPa qiymətlərində p-ρ koordinatlarında izotermələr qurulmuşdur (şəkil 4).





Şəkil 4. Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun müxtəlif temperaturlarda təzyiqinin (p) sıxlıqdan (ρ) asılılığı: ♦, 278,15 K; ■, 288,16 K; ▲, 298,17 K; •, 313,18 K; ◇, 328,18 K; □, 343,15 K; △, 354,27 K; ○, 372,96 K.

**Alınan nəticələrin tədqiqi.** Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Sabir-oba” termal suyunun sıxlığı həm vibrasiyalı borulu densimetr qurğusunda, həm də atmosfer təzyiqində 0,01% dəqiqliklə DMA 5000M qurğusunda ölçülmüşdür. DMA 5000M qurğusu T=363,15 K-dək olan temperaturlarda daha dəqiq ölçmələr aparmağa imkan verir. Təcrübələr zamanı alınan orta xəta (0,05%-dək) mövcud hal tənliklərini tətbiq etməyə imkan vermir [3, 4]. Ona görə də Axundov-İmanov tənliyinin modifikasiya olunmuş növündən istifadə edilmişdir. Alınmış nəticələr aşağıdakı hal tənliyi ilə ifadə olunmuşdur:

$$p = A\rho^2 + B\rho^8 + C\rho^{12} \tag{1}$$

Axundov-İmanov tənliyinə üçüncü həddin artırılması ilə təcrübi verilənlərin təsvirolunma xətasının  $\Delta p/p = \pm (0,001 \div 0,003) \%$ -dək azalması isbat edilmişdir. A(T), B(T) və C(T) əmsalları polinomial formada temperaturdan asılıdırlar:

$$A(T) = \sum_{i=1}^3 a_i T^i, \quad B(T) = \sum_{i=0}^2 b_i T^i, \quad C(T) = \sum_{i=0}^2 c_i T^i \tag{2}$$

(2) tənliyindəki  $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$  və  $c_{ij}$  əmsallarının qiymətləri cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 5

$a_1 = -5.2005650454$	$b_0 = 2109.877821027$	$c_0 = -1182.2695455815$
$a_2 = 0.01502325482$	$b_1 = -7.479806751$	$c_1 = 4.8600740508$
$a_3 = -0.108475601 \cdot 10^{-4}$	$b_2 = 0.927626176 \cdot 10^{-2}$	$c_2 = -0.52655191 \cdot 10^{-2}$

(1) tənliyi A(T), B(T) və C(T) əmsallarının qiymətləri nəzərə alınmaqla “Sabir-oba” termal suyunun (p, ρ, T) asılılığının təcrübi qiymətlərini 0,007% orta xəta ilə ifadə etməyə imkan verir [3].

## ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının Qanunvericilik Toplusu, 31 oktyabr 2004, № 10, maddə 838.
2. Azərbaycan Respublikası Sənaye və Energetika Nazirliyinin Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi haqqında əsasnamənin təsdiq edilməsi barədə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin fərmanı, Bakı şəhəri, 10 noyabr 2009-cu il.
3. Nəbiyev N.D. Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun geotermal enerji resurslarının istilik-fiziki xassələrinin tədqiqi. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiya, Bakı, 2011.
4. Nabiev N.D., Bashirov M.M., Safarov J.T., Shahverdiyev A.N., Hassel E.P. Thermodynamic properties of geothermal energy resources (Khachmaz Sabir-Oba) of Azerbaijan. Journal of Chemical and Engineering data, Vol. 54, No.6, 2009, USA, s. 1799-1806.
5. Nəbiyev N.D., Bəşirov M.M. Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun “Xaçmaz” geotermal enerji resursunun (p,ρ,T) xassələrinin tədqiqi. Enerji Səmərəliliyi və Yaşıl enerji texnologiyaları Respublika Elmi-Texniki Konfrans 14-16 dekabr, 2022-ci il, AzTU.
6. Safarov J.T. The investigation of the (p, ρ, T) and (p<sub>s</sub>, ρ<sub>s</sub>, T<sub>s</sub>) properties of {(1-x)CH<sub>3</sub>OH + xLiBr} for the application in absorption refrigeration machines and heat pumps // The Journal of Chemical Thermodynamics, 2003, vol. 35, p. 1929-1937.
7. Tabak J. Solar and Geothermal Energy (Energy and the Environment), Facts on File; 1<sup>st</sup> edition, Sonlight Christian-M, 2009, 437 p.

**STUDY OF (p, ρ, T) PROPERTIES OF “SABİR-ObA” THERMAL WATER  
OF KHACHMAZ DISTRICT OF AZERBAIJAN**

**M.M.Bashirov<sup>1</sup>, N.D.Nabiyev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Baku Engineering University*

<sup>2</sup>*Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** The experimental laboratory where the properties “Sabir-oba” of thermal water (p,ρ,T) of Khachmaz region of Azerbaijan are studied is climatized at a constant temperature of T=293.15 K. The results obtained for the of water, toluene and aqueous solution NaCl (m=2.96661 mol•kg<sup>-1</sup>) were compared with the data given in various literature. The obtained results are shown in pictures.

**Keywords:** density, pressure, temperature, thermal waters.

**ИССЛЕДОВАНИЕ (p, ρ, T) СВОЙСТВ ТЕРМАЛЬНОЙ ВОДЫ “САБИР-ОбА”  
ХАЧМАЗСКОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА**

**М.М.Баширов<sup>1</sup>, Н.Д.Набиев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Бакинский инженерный университет*

<sup>2</sup>*Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** Экспериментальная лабораторная установка, в которой исследуются (p,ρ,T) свойства термальной воды «Сабир-оба» Хачмазского района Азербайджана, акклиматизирована при постоянной температуре T=293,15 К. Результаты, полученные для воды, толуола и водного раствора NaCl (m=2,96661 моль•кг<sup>-1</sup>), были сравнены с литературными данными приведенными в различных источниках. Полученные результаты представлены графически на рисунках.

**Ключевые слова:** плотность, давление, температура, термальные воды.

Daxil olub: 14.10.2022

UOT 33,338

## AZƏRBAYCANDA YANACAQ-ENERJİ RESURLARINDAN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏNİN DÖVLƏT TƏNZİMLƏNMƏSİNİN MEXANİZMLƏRİ

**N.V.Namazova**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

*E-mail: natavan.namazova@aztu.edu.az*

*ORCID: 0000-0001-5091-9101*

*Açar sözlər: yanacaq-enerji resursları, səmərəliliyin yüksəldilməsi, resursların istehsalı və istifadəsi, dövlət tənzimlənməsi*

**Xülasə.** İqtisadi resurslardan istifadənin tənzimlənməsi problemləri, yanacaq-enerji resursları üçün daha çox aktualdır və bu sahənin resurslarından maksimum səmərəli istifadə edilməsi məsələləri dövlətin ali iqtisadi siyasətinin əsas istiqamətləri kimi xarakterizə olunur. Məqalədə məhz yanacaq-enerji resurslarından səmərəli istifadənin dövlət tənzimlənməsinin mexanizmləri ilə bərabər, iqtisadi həvəsləndirmə metodlarından və alətlərindən istifadə edilməsi tədbirləri də araşdırılmışdır. Məqalədə yanacaq-enerji resurslarından istifadə sahəsində dövlət tənzimlənməsi mexanizmlərinin və istiqamətlərinin təxmini sxemi qurulmuş, yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyinin yüksəldilməsi zərurəti açıqlanmışdır. Bu sahədə resurs potensialından məhsuldar istifadənin modelləşdirilməsi və bu resurslardan qənaətlə istifadənin təmin edilməsi üçün bu istiqamətlərdə səmərəliliyin yüksəldilməsi yollarının müəyyənəndirilməsi və reallaşdırılması ilə bağlı təkliflər verilmişdir.

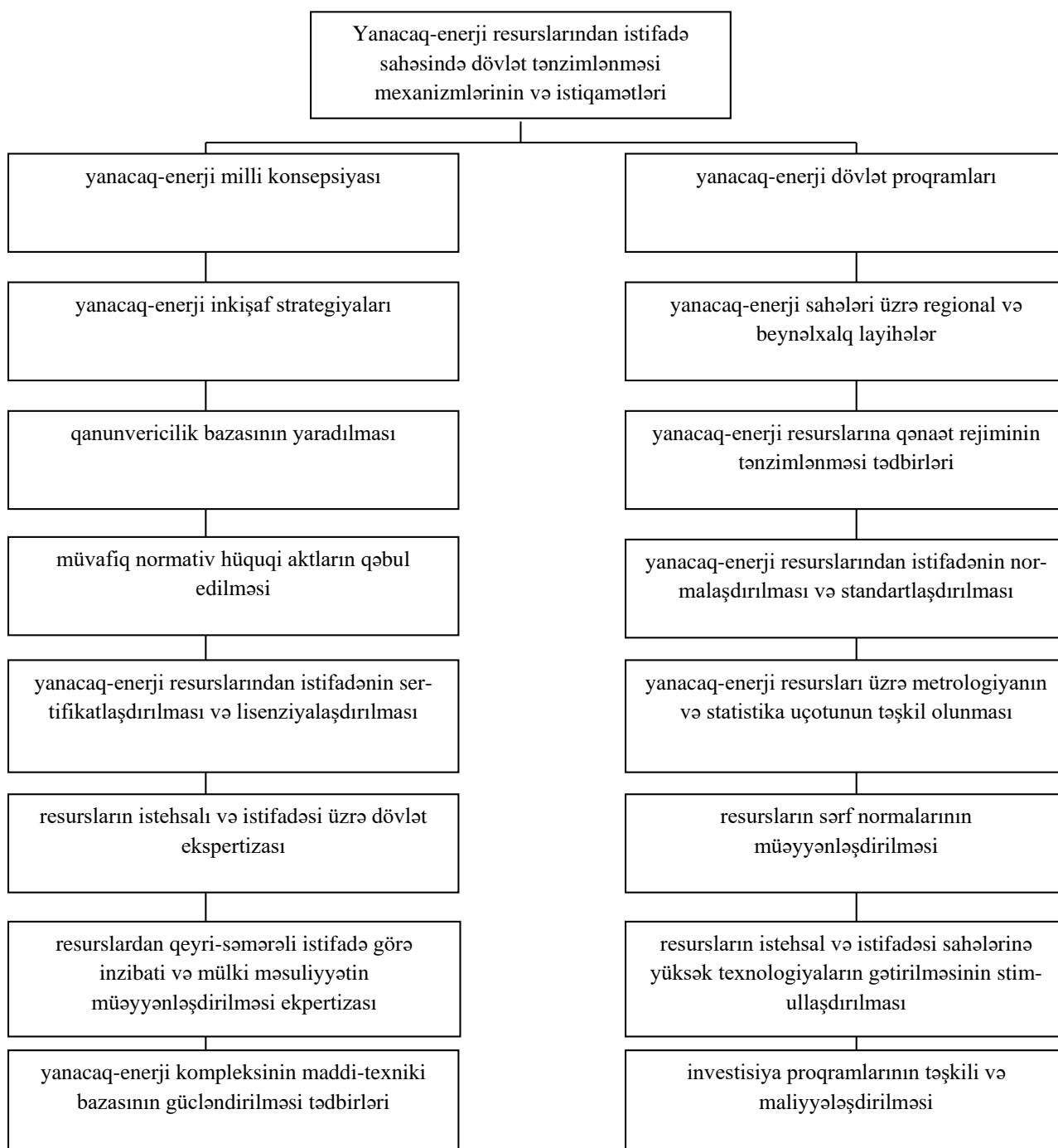
**Giriş.** Enerji resurslarından istifadə sahəsində dövlət siyasətinin hüquqi, iqtisadi və sosial əsaslarının, bununla bağlı olaraq onların reallaşdırılması mexanizmlərinin əsas istiqamətlərinin müəyyənəndirilməsi, enerji resurslarından istifadə proseslərində dövlət ilə hüquqi və fiziki şəxslər arasında münasibətlərin tənzimlənməsi vacib məsələlər kimi fərqlənilir.

“Enerji resurslarından istifadə haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu”na əsasən enerji resursları kimi texnikanın mövcud səviyyəsinə və ya inkişafına müvafiq istifadə olunan neft, neft məhsulları, qaz, elektrik, istilik, su və atom enerjiləri, bərpa olunan və digər enerji daşıyıcıları nəzərdə tutulur. Enerji resurslarından səmərəli istifadə dedikdə isə, texnika və texnologiyanın inkişafının müasir mərhələsində ətraf mühitlə texnogen təsirin azalması şərtilə enerji resurslarından iqtisadi cəhətdən daha çox fayda ilə istifadə edilməsi başa düşülür [7]. Bu qanunla yanacaq-enerji resurslarından səmərəli istifadə edilməsində dövlət siyasətinin əsas prinsipləri müəyyənəndirilmişdir. Qanunun mühüm müddəaları və real mövcud vəziyyət nəzərə alınmaqla yanacaq-enerji resurslarından qənaətlə istifadənin tənzimlənməsi üzrə dövlət siyasətinin əsas prinsiplərinə və bunlarla bağlı tənzimləmə mexanizmlərinə aşağıdakıları aid etmək olar:

- yanacaq-enerji resurslarından istifadənin tənzimlənməsinin hüquqi əsaslarının müasir dövrün tələblərinə adekvat olmasının təmin edilməsi;
- iqtisadi və inzibati tədbirlər vasitəsilə hüquqi və fiziki şəxslərin enerjiyə qənaət sahəsində fəaliyyətinin dövlət tənzimlənməsi;
- enerji resursları mənbələrinin öyrənilməsi, işlənilməsi, hasilatı, emalı, nəqli və istifadəsilə bağlı fəaliyyət proseslərinin təşkilində enerjidaşıyıcılara qənaət rejiminin təmin edilməsi və bununla bağlı tədbirlərin stimullaşdırılması;
- müasir reallıqlar nəzərə alınmaqla, yanacaq-enerji resurslarından optimal sərf normalarının müəyyənəndirilməsi tətbiq olunması;
- müəssisə və təşkilatların, digər enerji istifadəçilərinin resurslardan səmərəli istifadə edilməsi vəziyyətinə nəzarət sisteminin təşkil edilməsi və həyata keçirilməsi;
- yanacaq-enerji resurslarından qeyri-səmərəli istifadə hallarının qarşısının iqtisadi və hüquqi tənzimlənmə mexanizmləri vasitəsilə alınmasının təmin edilməsi;
- yanacaq-enerji resurslarına qənaətin əhəmiyyəti üzrə iqtisadi, ekoloji və sosial amillərin üstünlüklərinin cəmiyyətdə geniş təbliğinin aparılması;

- yanacaq-enerji resurslarının səmərəli istifadənin təmin edilməsi məqsədilə bu sahəyə müasir texnologiyaların və yeni avadanlıqların gətirilməsi, sahənin fəaliyyətinin əsas prinsiplərinin, idarəetmə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi və s.

Bu qeyd olunan prioritet vəzifələrin və tədbirlərin reallaşdırılması üçün kompleks və uzunmüddətli strategiyaya əsaslanmış tədbirlərin işlənilib hazırlanması və həyata keçirilməsi zərurəti ortaya çıxır. Belə ki, yanacaq-enerji resurslarından səmərəli istifadənin təmin edilməsi üçün ilk növbədə dövlət səviyyəsində tənzimlənmə mexanizmlərinin işlənilib hazırlanması və reallaşdırılması vacib şərtlərdəndir. Bu sahədə praktiki proseslərdə daha çox diqqət çəkən tənzimlənmə mexanizmlərinin və istiqamətlərinin bir qrupunun sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



**Yanacaq-enerji resurslarından istifadə sahəsində dövlət tənzimlənməsi mexanizmlərinin və istiqamətlərinin təxmini sxemi (müəllif tərəfindən hazırlanmışdır).**

Şəklə baxsaq görərik ki, yanacaq-enerji resurslarından istifadə edilməsində mühüm dövlət tənzimlənməsi mexanizmləri və istiqamətləri kimi bu sahədə dövlət siyasətinin əsasları üzrə milli konsepsiyasının işlənilməsi, resurslardan istifadənin tənzimlənməsini hüquqi əsaslarının müəyyənləşdirilməsi və müvafiq normativ hüquqi aktların qəbul edilməsi əsas istiqamətlərdəndir. Eyni zamanda enerjidaşıyıcılara qənaət edilməsinin stimullaşdırılmasını və bu sahədə kompleks idarəetmənin təşkili, yanacaq-enerji resursları sahələrinə investisiyaların cəlbinin genişləndirilməsi prioritet məsələlərdən hesab edilir. Bu istiqamətdə müxtəlif fəaliyyət subyektlərinin, nazirlik və komitələrin, şirkətlər və kompaniyaların, müəssisələr və təşkilatların qarşılıqlı fəaliyyətinin koordinasiyası, enerji resurslarından istifadə üzrə sərf normalarının optimallaşdırılması, bununla bağlı qənaət rejiminə imkan verən yeni texnologiyaların tətbiqinin intensivləşdirilməsi, bütövlükdə yanacaq-enerji resurslarından istifadə məsələlərinə dair tənzimlənmə mexanizmlərinin və elementlərinin müasir reallıqlar nəzərə alınmaqla baxılması və tətbiqi daha çox diqqət çəkir [9].

Yanacaq-enerji resurslarından səmərəli istifadənin dövlət tənzimlənməsinin mexanizmləri ilə bərabər, iqtisadi həvəsləndirmə metodlarından və alətlərindən istifadə edilməsi də faydalı tədbirlər kimi xarakterizə olunur. Bu halda təsərrüfat subyektlərilə bərabər, digər fəaliyyət subyektləri, həmçinin əhali tərəfindən yanacaq-enerji resurslarından səmərəli və qənaətli istifadə olunmasına motivasiya və maraq əhəmiyyətli şəkildə artır. Yanacaq-enerji resurslarının tənzimlənməsinin bir qrup hüquqi əsasları, xüsusilə enerji resurslarının daha çox istifadə edildiyi energetika və elektroenergetika sahələri, onlarla bağlı qanunvericilik aktlarında öz əksini tapmışdır. Məsələn, “Energetika haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu”nda qeyd edilir ki, energetika sahəsində fəaliyyət dedikdə, energetika materiallarının və məhsullarının, yəni enerji resurslarının kəşfiyyatı, işlənməsi, hasilatı, emalı, saxlanması, nəqli, paylanması və istifadəsi üzrə fəaliyyət növləri nəzərdə tutulur [6]. Bu Qanun energetikanın neft, qaz və elektroenergetika sahələrinin dövlət tənzimlənməsinin ən ümumi hüquqi əsaslarını özündə birləşdirir. Qanunla energetika materiallarının və məhsullarının səmərəli hasilatı, istehsalı, nəqli, paylanması, saxlanması, istifadəsi və təhlükəsizliyinin təminatı tənzimlənir, bundan əlavə, enerji resurslarının konservasiyası, tullantıların səviyyəsinin aşağı salınması, enerjinin səmərəli istifadəsi və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edilməsi, səmərəli və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz texnologiyaların tətbiqi üçün əlverişli şəraitin formalaşdırılması, enerji resurslarının bütün tələbatçıları enerji ilə səmərəli və etibarlı təchiz edəcək infrastrukturun və yeni iş yerlərinin yaradılması, energetikanın təşkili və inkişafı üzrə uzunmüddətli dövlət proqramlarının tətbiq edilməsi, energetika materiallarının və məhsullarının çeşidi, növləri üzrə mühüm müddəalar, tənzimlənmə mexanizmləri bu Qanunda yer almışdır. “Elektroenergetika haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu”nda göstərilir ki, elektroenergetika elektrik və istilik enerjisinin istehsalı, nəqli və paylanması ilə məşğul olan təsərrüfat sahəsidir. Bu Qanun elektrik və istilik enerjisinin istehsalının, nəqlinin, paylanmasının, alqı-satqısının və istehlakının hüquqi əsaslarını müəyyən edir. Qanunun əsas məqsədi ətraf mühitə qayğı göstərərək, sosial-iqtisadi cəhətdən enerjinin istehsalının və istehlakının marağına uyğun olaraq enerji bazarına çıxarılmasını təmin etməklə enerji resurslarından səmərəli istifadə etməkdir [5].

Yanacaq-enerji resursları, bu gün enerji-sosial və iqtisadi tərəqqinin mühərrikidir. Bu resurslar milyardlarla insanların maddi rifahına və rahat yaşayış səviyyəsinə birbaşa təsir edir [12; s. 31]. Bundan əlavə, yanacaq-enerji resurslarının istifadə edilməsi mexanizmləri mürəkkəb və kompleks xarakterli olduğu nəzərə alınmaqla, bu istiqamətdə çoxlu sayda inzibati-hüquqi tənzimləmələrin həyata keçirilməsi lazım gəlir. Məsələn, enerjidaşıyıcılardan istifadənin tarif mexanizmlərinin müəyyənləşdirilməsi hüquqi adekvatlıqla yanaşı, sosial-iqtisadi amilləri də nəzərə almalı, iqtisadiyyatın və cəmiyyətin çağırışlarına adekvat olmalıdır. Bu proseslərdə bazar elementləri ilə bərabər, sosial elementlər kompleks baxılmalı və bunlara müvafiq olaraq, yanacaq-enerji resurslarından istifadənin tənzimlənməsinin hüquqi əsasları təkmilləşdirilməlidir. Həmin mexanizmlər yanacaq-enerji kompleksinin inkişaf etdirilməsi və optimal idarə edilməsi meyarları ilə uzlaşdırılmalı, bu hüquqi mexanizmlərin tətbiqində praktiki reallıqlar nəzərə alınmalı, yanacaq-enerji kompleksinin resurs potensialından davamlı, həm də qənaət rejimində istifadəni şərtləndirməlidirlər [15; s. 121].

Yanacaq-enerji resurslarından istifadənin tənzimlənməsi, əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi mürəkkəb proseslərlə bağlı olmaqla bərabər, eyni zamanda cəmiyyət üçün həssas hesab edilən məsələlərdəndir. Bu baxımdan, yanacaq-enerji resurslarından istifadənin hüquqi əsaslarının formalaşdırılması və təkmilləşdirilməsi tədbirləri uzunmüddətli perspektivlər və tendensiyalar nəzərə alınmaqla dərin-dən öyrənilməli, elmi-iqtisadi əsaslandırılmalı və bu mexanizmlərin tətbiqi ilə bağlı bütün məsələlər əvvəlcədən ciddi baxılmalıdır və s.

Respublikanın yanacaq-enerji sərvətlərindən istifadənin səmərəliliyinin artırılması üçün, neft-qaz emalı və neft-qaz kimya kompleksinin yenidən təşkil edilməsinin zəruriliyi, məhsul diversifikasiyası zəminində ixrac potensialının artırılmasının və xammal ixracatından hazır məhsul ixracına keçilməsinin əhəmiyyəti nəzərə alınmalı, beynəlxalq ixracatda iştirak edən sənaye məhsullarının (neft, neft-kimya və s.) rəqabətqabiliyyətliliyinin yüksəldilməsi və karbohidrogen rentasının regionlarda bələdiyyələrə verilməsi təmin olunmalıdır [4]. Müxtəlif emal sahələrinin inkişaf etdirilməsi, həm də ölkənin müasir texnologiyalar əsaslı emal müəssisələri şəbəkəsinin formalaşdırılmasında və bu sahələrdəki resurslardan səmərəli istifadənin təşkilində “dövlət-özəl sektor” əməkdaşlığının güclənməsinə imkan verərdi. Xəzər və Qara dəniz ölkələri Biznes Assosiasiyalarının Birliyinin mütəxəssisləri tərəfindən hazırlanmış Azərbaycanın özəl sektor təşkilatları üçün “Yaşıl Biznesin” dəstəklənməsi Strategiyasında qeyd edilir ki, Azərbaycanda vahid texnoloji prosesdə fəaliyyət göstərən neft-qaz emalı və neft-kimya sənayesinin səmərəliliyinin artırılması, bu sahədə beynəlxalq təcrübəyə uyğun müasir kompleksi təşkil etmək üçün zəruri investisiyaların cəlb edilməsi ilə bağlı yeni proqramlar hazırlanmağa başlanılıb. Azərbaycan neft-kimya və kimya sənayesinin köhnə texnologiyalara söykəndiyini nəzərə alsaq, bu sahənin inkişafı yenidənqurma tədbirləri və inkişafa əsaslanmalıdır. İnkişaf etmiş Avropa ölkələrinin təcrübəsi göstərir ki, ətraf mühitə təhlükəsiz olan texnologiya tətbiq etməklə kimya sənayesini inkişaf etdirmək və bununla da bir sıra təbii sərvətlərin qənaəti mümkündür. Azərbaycanda elektrik enerjisinin istehsalında qənaətedici texnologiyaların tətbiqinə ehtiyac var. Ölkədə bərpa olunan enerji resurslarının böyük olmasına baxmayaraq, yalnız hidroenergetika geniş yayılıb [3]. Bu qeyd olunan istiqamətlər üzrə ölkəmizdə yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyinin yüksəldilməsi məqsədilə kompleks tədbirlərin hazırlanıb həyata keçirilməsi reallıqları diqqət çəkir. S.Amanova bildirir ki, Azərbaycanın müasir iqtisadiyyatının əsas problemləri sırasında emal sənayesinin məhsuldarlığının aşağı olması və emal sənayesinə xarici investorların iqtisadi marağının az olması, iqtisadiyyatın xammal yönümlüyü daha çox fərqlənirlər [1].

Emal sənayesinin genişləndirilməsi tədbirləri, ilk növbədə ölkədə potensial yanacaq-enerji resurslarının səmərəli emal sahələrinə yönəldilməsi məqsədilə, bu sahədəki resursların real həcmi və digər məsələlər dərin-dən öyrənilməli və tənzimlənməlidir. Bunlarla bərabər, ölkədə yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün mövcud enerji resursları üzrə uzunmüddətli istehsal və istehlak balanslarının hazırlanması, bu resurslardan istifadənin istehsal və onun perspektivi ilə bağlı proqnozlar nəzərə alınmaqla modelləşdirilməsi, yanacaq-enerji sektorunda iri dövlət müəssisələri ilə bərabər sahibkarlıq subyektlərinin fəaliyyətinin genişləndirilməsi və bunlarla bağlı proseslərin tənzimlənməsi vacibdir. Tədqiqatçı E.Quliyev digər neft ölkələrinin təcrübəsi nəzərə alınmaqla, iş əsnasında lisenziyaların verilməsinin (sərmayədarların yeraltı sərvətlərdən istifadə hüququnu həyata keçirməsinə icazə verilməsi) hərracla vasitəsilə həyata keçirilməsini və verilən konkret sahələrdə təbii sərvətlərdən istifadə üçün renta müəyyənləşdirilməsi nəzərə alınmaqla lisenziyaların qiymətinin təyin edilməsini məqsəduyğun saymışdır [10]. Bu mexanizmin tətbiqi ilə yanacaq-enerji resurslarının hasilatında sahibkarlığın inkişafının intensivləşdirilməsi perspektivləri əhəmiyyətli dərəcədə arta bilər. Bu istiqamətin genişləndirilməsi bazar iqtisadiyyatı şəraitində kiçik müəssisələrin geniş şəbəkəsinin yaradılmasına, neft və neft məhsulları bazarında səmərəliliyin artırılmasına əlavə stimullar verər.

Tədqiqatçı S. Məmmədova bildirir ki, ölkədə neft biznesinin genişləndirilməsi kiçik müəssisələrinin təşkilinə, xüsusilə köhnə neft-qaz hasilatı ərazilərində iqtisadi-maliyyə tənzimləmələri tətbiq etməklə bu sahələrdə səmərəliliyin yüksəldilməsinə və iqtisadi effektivliyin artmasına imkan verər

[13; s.19]. Məsələnin bu cür qoyuluşu eyni zamanda köhnə neft rayonlarında əhalinin iqtisadi fəallığının artmasına, bu rayonlarda resurs elementlərinə qənaətcil münasibətin formalaşdırılmasına, bu ərazilərdə yaşayan insanların işlə təminatına əlavə imkanlar yarada bilərdi. Yanacaq-enerji resurslarından daha effektivli və məhsuldar istifadənin mühüm istiqamətlərindən və yollarından biri də ölkənin aparıcı hasilat sahəsi olan – neft sənayesinin innovasiyalı inkişafının təşkilati-iqtisadi mexanizmlərinin optimal müəyyənləşdirilməsidir.

Tədqiqatçı Ü.Hüseynova qeyd edir ki, əksər neft yataqları sonuncu istismar mərhələsindədirlər. İstismar dövründə əsas fondlar fiziki və mənəvi olaraq köhnəlmiş və bütün bunlar neft sənayesində innovasiya xarakterli yeni texnika və texnologiyaların tətbiqini tələb edir [11; s.20]. Bu problemlərin həlli neft sənayesinin inkişafına güclü təkan verməklə bərabər, həm də yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəli təşkilinə yeni imkanlar verə bilərdi. E.Hacızadə bildirir ki, ölkənin enerji gücünün dəyərləndirilməsi və qlobal proseslər reallığından çıxış edərək enerji qənaətçiliyinin təşkilati, texnoloji tədbirlərinin və iqtisadiyyatın bütün sahələrində enerji resurslarından rəşional istifadənin reallaşdırılması, yanacaq-enerji kompleksinin funksionallığının artırılması istiqamətində struktur yenidənqurmasının aparılması prioritetləri nəzərdə tutulmalıdır [8].

Tədqiqatçı L.Muhsinova qeyd edir ki, ölkənin yanacaq-enerji kompleksinin inkişafı, ilk növbədə onun strukturunun inkişaf etdirilməsi ilə təmin olunmalıdır. Kiçik sahibkarlığın inkişafına ehtiyacın olmasına baxmayaraq, əsas etibarlı ilə bu sahədə iri, resurslardan məhsuldar istifadə etməyə potensialı olan kompaniyalar yaradılmalıdır. Kompleksin inkişafı üçün müasir və elmtutumlu texnologiyalar tətbiq edilməlidir [14, 141]. Qeyd edək ki, yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyinin yüksəldilməsində dövlət siyasətinin hüquqi, iqtisadi və sosial əsaslarını, habelə, onun həyata keçirmə mexanizmlərinin müəyyənləşdirilməsi tədbirləri və mexanizmləri əhəmiyyətli rol oynayırlar. Ölkəmizdə bu sahədə əsas iqtisadi tədbirlər və inkişaf istiqamətləri kimi yanacaq-enerji resurslarından istifadənin normativlərinin optimallaşdırılması, iqtisadiyyatın bütün sahələrində resurslardan istifadənin qənaət rejiminə uyğunlaşdırılmasının təmin edilməsi, bununla əlaqəli olaraq mütərəqqi texnologiya və avadanlıqların istehsal sahələrinə tətbiqinin genişləndirilməsi, enerji resurslarından təkrar istifadənin təşkili və tullantıların təkrar emal proseslərinə cəlb edilməsi və s. daha çox diqqət çəkirlər. Qeyd edək ki, “Azərbaycan 2020: gələcəyə baxış” İnkişaf Konsepsiyasının əhatə etdiyi dövr ərzində neft-qaz hasilatı, nəqli və emalı sistemlərinin inşası, yenidən qurulması və modernləşdirilməsi ilə bərabər “Şahdəniz-2” layihəsinin gerçəkləşdirilməsi və Trans-Anadolu qaz kəməri (TANAP) layihəsinin həyata keçirilməsi nəticəsində Avropanın qazla təminatında Azərbaycanın rolu daha da yüksələcəkdir. Bununla əlaqədar olaraq, insan kapitalının gücləndirilməsi, institusional potensialın təkmilləşdirilməsi, yanacaq-energetika sektorunun inkişafına investisiya qoyuluşlarının davamlı cəlb edilməsinə nail olunması, səmərəli makroiqtisadi tənzimlənmənin təmin etmək məqsədilə yanacaq enerji sektoruna investisiyaların həcmnin artması və s. tədbirlərin görülməsi nəzərdə tutulmuşdur [2].

**Nəticə.** Yanacaq-enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyinin yüksəldilməsi zərurəti, ilk növbədə bu sahədə resurs potensialından məhsuldar istifadənin modelləşdirilməsi və bu resurslardan qənaətlə istifadənin təmin edilməsidir. Bu istiqamətlərdə səmərəliliyin yüksəldilməsi yollarının müəyyənləşdirilməsi və reallaşdırılması ilə bağlı aşağıdakıları qeyd etmək mümkündür:

- ölkədə yanacaq-enerji resurslarından istifadənin yeni prioritetlərinin və hədəflərinin müəyyənləşdirilməsi və bu məsələlərin milli iqtisadi maraqlar kontekstində konseptual səviyyədə baxılması zəruridir;
- yanacaq-enerji resurslarından istifadənin tənzimlənmə mexanizmləri təkmilləşdirilməli və zərurət yaranarsa yenilənməlidir;
- əsas yanacaq-enerji resursları olan neft və qaz yataqlarının işlənilib hazırlanması, hasilatın təşkili, bu resurslardan səmərəli istifadə sahəsində iqtisadi-texniki və təşkilati tələblərin-meyarların müəyyənləşdirilməsi və həyata keçirilməsi təmin olunmalıdır;
- yanacaq-enerji kompleksinin yeni texnologiyalar əsasında inkişafının təmin edilməsi, əsas istehsal fondlarının yenilənməsi, bu kompleksin sahələrinə yüksək standartlara və məhsuldarlığa malik

istehsal avadanlıqlarının gətirilməsi, texnoloji itkilərin və sərfin azaldılması, resurslardan qənaətli və daha çox fayda ilə istifadə olunması təmin edilməlidir;

- yanacaq-enerji resurslarının emal şəbəkəsinin müasir standartlar səviyyəsində təşkili problemləri kompleks baxılmalı, bu sahədə uzun illərdir ki, planlaşdırılan və proqnozlaşdırılan iri layihələrin reallaşdırılması işləri intensivləşdirilməli, rəqəbatqabiliyyətli emal müəssisələri yaradılmalıdır və s.

## ƏDƏBİYYAT

1. Amanova, S. Ölkə sənayesinin səmərəliliyini yüksəldilməsi istiqamətləri / S.Amanova. [https://www.academia.edu/4459181/%C3%96LK%C6%8F\\_S%C6%8FNAYES%C4%B0N%C4%B0N\\_S%C6%8FM%C6%8FR%C6%8FL%C4%B0L%C4%B0Y%C4%B0N%C4%B0N\\_Y%C3%9CKS%C6%8FLD%C4%B0LM%C6%8FS%C4%B0\\_%C4%B0ST%C4%B0QAM%C6%8FTL%C6%8FR%C4%B0](https://www.academia.edu/4459181/%C3%96LK%C6%8F_S%C6%8FNAYES%C4%B0N%C4%B0N_S%C6%8FM%C6%8FR%C6%8FL%C4%B0L%C4%B0Y%C4%B0N%C4%B0N_Y%C3%9CKS%C6%8FLD%C4%B0LM%C6%8FS%C4%B0_%C4%B0ST%C4%B0QAM%C6%8FTL%C6%8FR%C4%B0) Əldə olunma tarixi: 01.03.2023
2. Azərbaycan Respublikası Energetika Nazirliyinin 2015-2020-ci illər üzrə Strateji Planı. Azərbaycan Respublikası energetika nazirinin 5 dekabr 2014-cü il tarixli 39 nömrəli əmri ilə təsdiq edilmişdir.
3. Azərbaycanın özəl sektor təşkilatları üçün “Yaşıl Biznesin” dəstəklənməsi Strategiyası. Xəzər və Qara dəniz ölkələri Biznes Assosiasiyalarının Birliyi. [www.ubcce.org](http://www.ubcce.org).
4. Bayramzadə Y.K. Yanacaq-enerji sərvətlərindən istifadə və enerji sənaye kompleksinin inkişafı. İ.ü.f.d. dissertasiyanın Avtoreferatı. Bakı, 2013. 26 s.
5. Elektroenergetika haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu. Bakı şəhəri, 3 aprel 1998-ci il, № 459-İQ.
6. Energetika haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu. Bakı şəhəri, 24 noyabr 1998-ci il, №541-İQ.
7. Enerji resurslarından istifadə haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu. Azərbaycan Respublikası Prezidenti tərəfindən 30 may 1996-cı ildə təsdiq edilmişdir, №94-IQ, Bakı şəhəri.
8. Hacızadə, E. Milli enerji strategiyası: konseptual əsaslandırılmalar və perspektivləri / E.Hacızadə. “Dirçəliş-XXI əsr”, 2008. № 124-125.
9. Namazova, N. Azərbaycanda milli resurslardan istifadənin tənzimlənməsinin iqtisadi-hüquqi aspektləri // “İpək Yolu” Azərbaycan Universitetinin elmi jurnalı. N.Qorçiyeva. Bakı: 2016, № 2, s.28-36.
10. Quliyev, E.H. Neft yataqlarının birgə işlənməsinin iqtisadi mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi istiqamətləri / E.H.Quliyev. İ.ü.f.d. dissertasiyasının Avtoreferatı. Bakı: 2014. 23 s.
11. Гусейнова, У.Я. Организационно-экономический механизм инновационного развития нефтяной промышленности / У.Я.Гусейнова. Автореферат дисс. канд. экон. наук. Баку, 2010. 26 с.
12. Коврижкин, С.А. Административно-правовые методы обеспечения энергетической безопасности / С.А.Коврижкин. Дисс. канд. юрид. наук. Хабаровск: 2006. 167 с.
13. Мамедова, С.Я. Особенности формирования рынка нефти и нефтепродуктов Азербайджана в условиях рыночной экономики / С.Я.Мамедова. Автореферат дисс. канд. экон. наук. Баку, 2009. 23 с.
14. Мухсинова, Л.Х. Состояние и основные направления развития топливно-энергетического комплекса Азербайджанской Республики / Л.Х.Мухсинова. Автореферат. дис. д-ра экон. наук. Баку, 2003. 374 с.
15. Петрунин, Н.Ю. Методологические основы эффективности развития управления топливно-энергетическим комплексом / Н.Ю.Петрунин. Дисс. канд. экон. наук. Москва: 2005. 151 с.

## MECHANISMS OF STATE REGULATION OF THE EFFICIENT USE OF FUEL-ENERGY RESOURCES IN AZERBAIJAN ABSTRACT

N.V.Namazova

*Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** The problems of regulating the use of economic resources are more relevant for fuel and energy resources, and the issues of maximum efficient service with the help of this field are characterized as the main directions of the state's higher economic policy. In the article, along with the mechanisms of state regulation of the efficient use of fuel and energy resources, the measures of using methods and tools of economic stimulation were also investigated. In the article, an approximate scheme of state regulation mechanisms and directions in the field of fuel-energy resource use was established, and the need to increase the efficiency of fuel-energy resource use was explained. To model the productive use of resource potential in this area and ensure the economical use of these resources, proposals have been made regarding identifying and implementing ways to increase efficiency in these areas.

**Keywords:** *fuel-energy resources, increasing efficiency, production and use of resources, government regulation.*



**МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ****Н.В.Намазова***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** Проблемы регулирования использования экономических ресурсов более актуальны для топливно-энергетических ресурсов, а вопросы наиболее эффективного использования этой сферы характеризуются как основные направления высшей экономической политики государства. В статье, наряду с механизмами государственного регулирования эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, также исследуются меры использования методов и инструментов экономического стимулирования. В статье установлена примерная схема механизмов и направлений государственного регулирования в сфере использования топливно-энергетических ресурсов и обоснована необходимость повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. Для моделирования продуктивного использования ресурсного потенциала в этой сфере и обеспечения экономичного использования этих ресурсов внесены предложения по выявлению и реализации путей повышения эффективности в этих сферах.

**Ключевые слова:** *топливно-энергетические ресурсы, повышение эффективности, производство и использование ресурсов, государственное регулирование.*

Daxil olub: 19.10.2022

UOT 33,338

## SƏNAYE İSTEHSAL BİRLİKLƏRİNDƏ ƏMƏK RESURSLARININ SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ GÖSTƏRİCİLƏRİ

G.V.Məmmədova

Azərbaycan Texniki Universiteti

E-mail: [gunel.memmedova@aztu.edu.az](mailto:gunel.memmedova@aztu.edu.az)

**Açar sözlər:** əmək resursları, sənaye istehsal birlikləri, ixtira, kəmiyyət, keyfiyyət, səmərələşdirici təkliflər, iqtisadi səmərə, iqtisadi həvəsləndirmə, gəlirin ümumi məbləği, mənfəətin ümumi məbləği, rentabellik.

**Xülasə.** Məqalədə sənaye istehsal birliklərində və onun digər bölmələrində fəaliyyət göstərən əməkçilərin gördükləri işlərini kəmiyyət və keyfiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün göstəricilər sistemi işlənmişdir. İşlənmiş göstəricilər əməkçilərin əmək fəaliyyətini həm kəmiyyət və həm də keyfiyyətcə qiymətləndirməyə imkan verir. Bunlar aşağıdakılardır:

- bir işçinin və ya bir fəhlənin orta əmək məhsuldarlığı (natural və pul ifadəsində) əmək haqqı fondunun hər manatına düşən (müvafiq gələn) gəlirin məbləği;
- əmək haqqı fondunun hər manatına düşən mənfəətin məbləği;

Bu göstəricilər həm plan və həm də faktiki miqdar göstəriciləri əsasında hesablanır və keyfiyyət göstəriciləri müəyyən edilir, həmin göstəricilərlə müqayisəli təhlil edilir. Sənaye istehsal birliyinin baş müəssisəsində təşkil edilən nəqliyyat və rabitə xidmətlərinin istifadə göstəriciləri təhlildən kənar qala bilməz.

**Giriş.** Sənaye istehsal birliyinin fasiləsiz inkişafını təmin etmək məqsədi ilə birliyin hər bir müəssisə və istehsal vahidləri üçün aylıq, rüblük, yarımillik və illik cari və strateji biznes-plan işlənib hazırlanmalıdır. Bu biznes-planlarda əmək resursları özünün və digər resursların hərəkətvericisi kimi diqqət mərkəzində olmalıdır. Deməli, əmək resursları özünün məhsuldar əməyi ilə yanaşı bütün digər resursların (təbii: torpaq, su, enerji (əlavə olaraq günəş və külək enerjisindən istifadə), heyvandarlıq, quşçuluq, maliyyə (qısa və uzunmüddətli kreditlər), ətraf mühitin qorunması tədbirləri və ekoloji tarazlığın təmin edilməsi və s.) səmərəli istifadəsini təmin edir (birliyin təhlil qrupları bunu sübut edir) [1].

Elmi-texniki tərəqqinin indiki mərhələsində 1-ci dünyada hamıya məlum yeniliklərin tətbiqi ilə yanaşı, mühəndis-texniki işlərdən ixtiralar və səmərələşdirici təkliflər tələb olunur. İxtira və səmərələşdirici təkliflərin tətbiqindən alınan illik iqtisadi səmərə hesabına mühəndis-texniki işçiləri əlavə olaraq mükafatlandırılır. Birliyin mühəndis-texniki işçilərindən (ixtiraçı və səmərələşdiricilər) inkişaf etmiş xarici ölkələrə təcrübə mübadiləsinə göndərilməlidir. Həmin təcrübənin nəticəsi birlikdə müzakirə edilərək, xüsusi qərar qəbul edilməlidir. Bununla yanaşı əlaqədar ali məktəblərdə və elmi-tədqiqat institutlarında ixtisasartırma kursları yaradılmalıdır. Həmin kurslarda mühəndis-texniki işçilərin hər biri yeni ixtira və səmərələşdirici layihələr işləyib, müəlliflik vəsiqəsi almalıdırlar.

Elmi-texniki tərəqqinin 2-ci əsas tələbi təhsil ocaqları (ali məktəblər və elmi-tədqiqat institutları) sənaye istehsal birliyinin baş müəssisə və istehsal birlikləri ilə əlbir mütərəqqi və analoqu olmayan layihələr işlənilməlidir. Həmin layihələrin hazırlanmasında əsasən diqqətə layiq qiymətlərlə təhsil alan tələbələrin iştirakı təmin edilməlidir.

İndi ölkədə ali təhsilli (mühəndis və mühəndis-iqtisadçıya) rast gəlmək olmur. Belə hallara yol verməmək üçün istehsal müəssisələri tabe olduqları nazirlik vasitəsilə Nazirlər Kabinetinə sifariş verməlidirlər. Həmin sifarişlər əsasında tam ali təhsilini başa vurmuş təyinatla öz ixtisası üzrə fəaliyyətə başlamalıdırlar. Müəssisə ildə ən az bir dəfə təyinatla işləyən mütəxəssis iş haqqında ali təhsil müəssisəsinə məzun haqqında məlumat verməlidir. Bu əlaqələr hər iki tərəfin məsuliyyətini artırır. Bu sahədə daha yaxşı nəticə əldə etmək üçün sənaye istehsal birliyinin baş müəssisəsi nəzdində ali məktəb kafedralarının filialları yaradıla bilər [7].

Əmək resurslarının səmərəli istifadəsini qiymətləndirmək üçün əmək məhsuldarlığı göstəricisindən daha çox istifadə edilir. Bu göstəricinin daha çox yüksəldilməsinə nail olmaq üçün müəssisədə “əməyin elmi təşkili” qrupu yaradılır. Əməyin elmi təşkilinə ergonomik amillər də aid edilməlidir [4; s. 107].

Əmək resurslarının səmərəli istifadə edilməsi ilə yanaşı digər amillərin nəzərə alınması aşağıdakı tələblərə əməl olunmasını şərtləndirir [3; s. 121]:

- Obyektiv iqtisadi qanunların tələblərinin nəzərə alınması;
- Tədqiqat obyektinə vahid kibernetik sistem kimi baxılması;
- Qənaət rejiminin tətbiqinin zəruriliyi;
- Ətraf mühitin qorunması və ekoloji təhlükəsizliyin təmin edilməsi;
- Texniki-texnoloji, təşkilati, ideya-tərbiyəvi, psixoloji, sosial və iqtisadi amillərin nəzərə alınması;
- Qərarların çoxvariantlılığının nəzərə alınması və ən yaxşının (optimal variantının) seçilməsi;
- Maddi və mənəvi həvəsləndirmə;
- Şəxsi, kollektiv və dövlət mənafeələrinin nəzərə alınması (dövlət mənafeələri meyar olmaqla);
- Nəzarətin təşkili və icranın yoxlanılması;
- Müəssisənin bütün bölmələrinin Elektron hökumət layihələri əsasında formalaşmış elektron-dövlət informasiya mərkəzi ilə qarşılıqlı informasiya əlaqələrinin təmin edilməsi.
- Əmək resurslarının səmərəli istifadəsini xarakterizə edən göstəricilər:
- bir işçinin orta əmək məhsuldarlığı: natural və pul ifadəsində;
- əmək haqqının hər manatına düşən (uyğun gələn) gəlir və mənfəətin məbləği müəyyən edilməlidir:

$$a) \text{ əmək resurslarının gəlirlilik əmsalı} - \Theta_G = \frac{\sum G}{\sum \Theta_{HF}},$$

burada,  $\sum G$  - təsərrüfatın illik gəlirinin ümumi məbləği;  
 $\sum \Theta F$  - əmək haqqı fondudur.

$$b) \text{ əmək resurslarının mənfəətlilik əmsalı} - \Theta_M = \frac{\sum M}{\sum \Theta_{HF}},$$

$\sum M$  - təsərrüfatın ümumi mənfəətinin illik məbləğidir.

Bu göstəricilər cari və strateji biznes-planın müvafiq göstəricilər ilə müqayisəli təhlil edilir. Təhlildə plan göstəricilərlə faktiki göstəricilər müqayisə edilir, nəticə və təkliflər işlənib hazırlanır.

Təhlillər həm ümumi göstəricilər üzrə və həm də əməkçilərin təsnifatı üzrə aparılır. Təsnifat üzrə dedikdə ayrı-ayrı qrup işçilər üçün, məsələn, mühəndis-texniki işçiləri üçün, fəhlələr üçün, idarə aparatı işçiləri üçün ayrı-ayrılıqda müəyyən edilə bilər.

Əmək resurslarının istifadəsinin tədqiqində təsnifləşdirmə üzrə yanaşma zəruridir. Bu yanaşmanın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, kollektivdə hər bir qrup üzrə araşdırma aparılır:

I qrup. Təsərrüfatın rəhbərliyi.

II qrup. Mühəndis-texniki işçilər.

III qrup. Qulluqçular.

IV qrup. Plan-iqtisad (təhlil) qrupu.

V qrup. Əsas istehsal fəhlələri.

VI qrup. Köməkçi və yardımçı işçilər.

Hər qrup işçilərin fəaliyyətlərinə uyğun yanaşmalara əsasən təhlillər aparılır.

I qrup üzrə bir seminar-müşavirəni nazir və ya nazirin 1-ci müavini aparır.

II, III və IV qruplar üzrə təkmilləşdirmə aparmaq məqsədilə əlaqədar ali məktəblərdə daimi fəaliyyət göstərən 15 günlük seminar müşavirəyə göndərilir. Bu təkmilləşdirmənin yekununda hər bir müvafiq yoxlama işi yerinə yetirilərək, həmin ali məktəblərin təkmilləşdirmə kursu tərəfindən kurs keçməsi haqqında arayış və ya sertifikatlar müəssisə rəhbərinə təqdim edilir. Belə ki, sözü gedən təkmilləşdirmə kursları müəssisə ilə ali məktəb arasındakı qarşılıqlı əməkdaşlıq əsasında həyata keçirilir.

VI qrup üzrə köməkçi və yardımçı işçilərin fəaliyyətinin təkmilləşdirilməsi həmin işlərə nəzarəti həyata keçirən əlaqədar təşkilatların mütəmadi nəzarət və reydlərin müəssisənin həmkarlar təşkilatı ilə birlikdə keçirilməsi nəzərdə tutulur. Aşkar olunmuş nöqsanların aradan qaldırılması üçün tədbirlər planı işlənib hazırlanır və həyata keçirilir.

V qrupda əsas istehsal fəhlələrinə seminar müşavirəni təsərrüfatın baş mühəndisi tərəfindən aparılır. Həmin müşavirədə təsərrüfatın baş mühəndisi əsas istehsal fəhlələrini ixtiraçılığa və səmərələşdiriciliyə istiqamətləndirir. İxtira və səmərələşdiricilikdə fəal iştirak edən fəhlələrin stimullaşdırılması tədbirləri haqqında fəhlələr məlumatlandırılır.

Müəssisədə əmək resurslarının səmərəli istifadəsinin başlıca istiqaməti əməyin elmi təşkili tədbirlərinin işlənilib hazırlanması və həyata keçirilməsidir. Əməyin elmi təşkili (ƏET) Amerika mühəndisi F.Teylorə məxsusdur. O, XIX əsrdə ilk dəfə olaraq elmi metodla insanın bədəninin iş şəraitinə uyğunlaşmasının analizini verməyə çalışmışdır. Əməyin elmi təşkili texniki, iqtisadi, sosial, fizioloji, estetik və b. tərəflərin birləşmələrini nəzərə alaraq formalaşır. ƏET – texniki və estetik ölçülərin elmi təşkil olunması ilə az əmək və xammal məsrəf etməyə istiqamətlənmiş və istehsalın artırılmasına nail olmaqdan ibarətdir [6].

Texniki estetik-dizayn nəzəriyyəsini prinsip və metodlarından istifadə edərək sənayenin, istehsalın, konstruksiya etmənin, istehsal mühitinin optimal şərtlər daxilində olmasıdır.

Göstərilən anlayışlar – ƏET istehsal mədəniyyəti və texniki estetika – istehsalın məqsədəuyğun inkişafının və mükəmməlliyinin kompleks əsasını təşkil edir. Bu amillər istehsalın artmasına, fəhlə və qulluqçuların sağlamlığının qeydinə qalır. Əməyin məqsədə uyğun şəraiti (sanitar – gigiyenik, fizioloji, estetik) əməyin təhlükəsizliyi və komfortunun dərəcəsindən asılıdır [5].

Əməyin təşkili:

1. Əmək prosesinin rəşional təşkili, əməyin bölünməsi və kooperasiyası, əməyin qabaqcıl metodlarının tətbiqi.

2. Əməyin əlverişli şəraitinin tətbiqi.

3. Əmək mədəniyyətinin artırılması.

4. İş və istirahət rejiminin optimallaşması.

5. Əmək haqlarının və normalarının yaxşılaşması.

6. İş yerlərinin təmin edilməsinin yaxşılaşdırılması.

7. İşçilərin ixtisasının artırılması.

Əməyin elmi təşkilinin səmərəliliyinin yüksəldilməsinin başlıca amili əməyin texniki normalaşdırılmasıdır. Əməyin texniki norma və normativlərinin işlənilib hazırlanması və mütəmadi olaraq təkmilləşdirilməsi hər bir əmək kollektivinin başlıca vəzifələrindəndir.

Adlarını çəkdiyimiz əməyin texniki norma və normativləri (vaxt norması, hasilat norması və xidmət norması) aşağıdakı metodlar vasitəsilə işlənməli və mütəmadi olaraq təkmilləşdirilməlidir [5]:

1. Xronometraj metodu;

2. İş vaxtının fotoqrafiyası;

3. Qarışıq metod.

Bu məqsədlə təsərrüfat rəhbərliyinin əmri ilə xüsusi komissiya yaradılır. Komissiyanın sədri bir qayda olaraq təsərrüfatın baş mühəndisi (sədr müavini isə həmin təsərrüfatın baş mühasibi) təyin edilir. Komissiyanın digər üzvləri isə təsərrüfatın bölmə rəisləri və aparıcı mütəxəssisləridir.

Bir qayda olaraq xronometraj metodu ilə əsas istehsal fəhlələrinin istehsal prosesində əsas və köməkçi proseslərə sərf olunan vaxt ölçülür. Bu saysız-hesabsız təkrar ölçmələr əsasında vaxt norması və hasilat norması müəyyən edilir.

### Nəticə.

Aparılan tədqiqat aşağıdakı nəticələrin əldə olunmasına şərait yaratmışdır:

- Sənaye istehsal birliklərində əmək resurslarının səmərəli istifadəsi haqqında məlumatlar müəssisədəki plan-iqtisad şöbəsindəki təhlil qrupunun aylıq, rüblük, yarımillik və illik hesabatlarına əsasən əldə edilir. Bu məlumatlar həm kollektivdə və həm də müəssisənin tabe olduğu təşkilatda öyrənilir, araşdırılır, müzakirə edilərək gələcək inkişaf üçün tədbirlər planı işlənilib hazırlanır.
- Ölkədə “İxtira və səmərələşdiricilik” cəmiyyəti ilə müəssisələrdəki müvafiq bölmələrlə qarşılıqlı faydalı (səmərəli) əlaqələrinin vəziyyətinə xüsusi fikir verilməlidir.

- Müəssisədəki ixtira və səmərləşdirici təkliflərin sayı (keçən müddətlə müqayisədə).
- Müəssisədəki ixtira və səmərləşdirici təkliflərin tətbiqindən əldə edilən səməərə (pul ifadəsində, texniki və texnoloji təkmilləşmə halında).
- Birlikdə və onun müəssisələrində iqtisadi həvəsləndirmə sisteminin bütün növlərindən istifadə olunmalıdır.
- İxtiraçılıqda və səmərləşdirici təkliflərin işlənməsində mühəndis-texniki işçilərlə yanaşı bütün kollektivin və xüsusi ilə də əsas istehsal fəhlələrin geniş iştirakı təmin edilməlidir.
- Əmək resurslarının istifadəsinin yekun göstəriciləri kimi (digər plan göstəricilərlə yanaşı), əmək haqqı fondunun istifadəsi ilə əlaqədar iki göstəriciyə də xüsusi əhəmiyyət verilməlidir:
  - əmək haqqı fondunun hər 1 manatına düşən gəlirin məbləği;
  - əmək haqqı fondunun hər 1 manatına düşən mənfəətin məbləği;
 Bu göstəricilər üzrə hesabatlar aylıq, rüblük, yarımillik və illik göstəricilərlə aparılır [2];
- Nəticədə məlum olmalıdır ki, ildən-ilə əmək haqqının hər manatına düşən gəlir və mənfəət artırsa, demək əmək fəaliyyəti səmərlidir. Bununla yanaşı hər bir işçinin və hər bir fəhlənin orta əmək məhsuldarlığı bütün hesabatlarda öz əksini tapmalıdır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının milli iqtisadiyyat perspektivi üzrə Strateji Yol Xəritəsi. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli 1138 nömrəli Fərmanı.
2. Dövlət Statistika Komitəsinin məcmuələri. Bakı, 2014 – 2020.
3. Cümşüdəv. S.Q. İdarəetmə qərarlarının qəbulu. Bakı, Təhsil, NPM, 2010, 160 s.
4. Kərim Kərimov. “Erqonomika və iş təhlükəsizliyi” Dərs vəsaiti, Bakı – 2016, 140 s.
5. “Azərbaycanda Yüksək Texnologiyaların texniki iqtisadi problemləri.” Respublika elmi konfransının materialları. 10-11 dekabr 2013. Bakı 2013, s. 348.
6. Məmmədova G.V. (həmmüəllif) “Metallurgiya sənaye istehsal müəssisələrinin biznes fəaliyyətinin gəlirlilik və mənfəətlilik meyarı ilə qiymətləndirilməsi” – Ekologiya və su təsərrüfatı № 2, Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, Bakı-2021, s. 79-83.
7. Məmmədova G.V. “Elektron hökumət layihələri əsasında sənaye istehsal birliklərində nəqliyyat və rabitə xidmətlərinin səmərliliyinin yüksəldilməsi yolları” – “Təhlükəsiz infokommunikasiya sistemləri: nəzəriyyədən tətbiqə” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans; 8-10 dekabr 2021. Azərbaycan Texniki Universiteti və Həştərxan Dövlət Texniki Universiteti.

### EFFICIENT INDICATORS OF THE USE OF LABOR RESOURCES IN INDUSTRIAL PRODUCTION UNITS

G.V.Mammadova

*Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** The article considers the developed quantitative and qualitative indicators for assessing the work performed by teams of industrial production associations (in all its divisions). The developed indicators allow, both quantitatively and qualitatively, to evaluate the activities of the team. These indicators should include:

- labor productivity of one employee and one worker (in physical and monetary terms), the amount of income per 1 manat of the wage fund;
- the amount of profit per 1 manat of the wage fund.

The calculation is carried out by comparing the planned and actual indicators of labor resources, on this basis, qualitative indicators of the assessment are revealed. And on this basis, a comparative analysis of indicators of the effective use of labor resources of an industrial production association is carried out. It should be noted that when calculating the indicators, it is necessary to take into account the activities of the transport sector and the communications sector.

**Keywords:** *labor resources, industrial production unions, invention, quantity, quality, streamlining suggestions, economic efficiency, economic incentive, total amount of income, total amount of profit, profitability.*

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЯХ****Г.В.Мамедова***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** В статье рассмотрены разработанные количественные и качественные показатели оценки выполненных работ коллективами промышленных производственных объединениях (во всех его подразделениях). Разработанные показатели позволяют, как количественно, так качественно оценить деятельность коллектива. К этим показателям следует отнести:

- производительность труда одного работника и одного рабочего (в натуральном и денежном выражении), сумма дохода приходящиеся на 1 манат фонда заработной платы;
- сумма прибыли приходящиеся 1 манат фонда зарплаты.

Расчет ведется сопоставлением плановых и фактических показателей трудовых ресурсов, на этой основе выявляют качественные показатели оценки. А на этой основе осуществляются сравнительной анализ показателей эффективного использования трудовых ресурсов промышленного производственного объединения. Следует отметить, что при исчислении показателей необходимо учесть деятельность транспортного хозяйства и хозяйства связи.

**Ключевые слова:** трудовые ресурсы, промышленных производственных объединениях, изобретение, количество, качественные, оптимизация предложений, экономическая эффективность, экономический стимул, общая сумма доходов, общая сумма прибыли, рентабельность.

Daxil olub: 28.10.2022

UOT 004.65

## TƏHSİLDƏ DATA MİNING METODLARININ TƏTBİQİ

F.T.Ağayev, N.İ.Bahadurzadə

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu

E-mail: agayevinfo@gmail.com, bahadurzade99@mail.ru

*Açar sözlər: Təhsil Data Miningi, Tələbə fəaliyyətinin proqnozlaşdırılması, Data Mining*

**Xülasə.** Education Data Mining müasir dövrün inkişaf etməkdə olan sahələrindən biridir, təhsil sahəsindən tələbələr tərəfindən əldə edilən müxtəlif növ məlumatların araşdırılması üçün metodlar işləyib hazırlayır, həmçinin bu metodlar tələbələrə və onların öyrəndikləri mühiti anlamağa kömək edir. Xüsusilə onlayn öyrənmə mühitində tələbə fəaliyyəti qiymətləndirilərkən təhsil sahəsində məlumatların öyrənilməsi mühüm rol oynayır. Education Data Mining təhsil məlumatlarını təhlil etmək üçün hesablama yanaşmalarından istifadə edir. Bu məqalənin məqsədi, Education Data Mining-də müxtəlif istifadəçi qruplarını, təhsil mühitlərinin növlərini və onların təqdim etdiyi məlumatları təkmilləşdirməkdən ibarətdir. Daha sonra təhsil mühitində data mining metodları vasitəsilə həll edilmiş tapşırıqlar və gələcək tədqiqatların ən perspektivli istiqamətlərindən bəziləri müzakirə edilir.

**Giriş.** E-təhsil data mining mühitində inkişaf edən bir sahədir. Bu rəqabətli dünyada təhsil mühiti həmçinin tələbə performansını araşdırmaq və təhlil etmək, məktəbi tərk etmənin qarşısını almaq, onların nəticələrini proqnozlaşdırmaq həm yaxşı, həm də akademik cəhətdən zəif tələbələrə diqqət yetirmək, fakültələr və müəllimlər üçün rəy, məlumatların vizuallaşdırılması və təlim prosesinin daha yaxşı qiymətləndirilməsi təhsilin keyfiyyəti üçün təkmilləşdirilir. Təhsil məlumatlarının öyrənilməsi bu təkmilləşdirmə üçün bir vasitədir. Müasir təhsil institutları öz strategiyaları və gələcək planları üçün məlumatların öyrənilməsinə ehtiyac duyurlar. Tələbənin fəaliyyəti fərdi, sosial, iqtisadi və digər ətraf mühit kimi müxtəlif amillərdən asılıdır. Yüksək səviyyəli təhsil müəssisələrinin səlahiyyətli orqanları yeni pedaqoji strategiyaların hazırlanmasına səbəb ola biləcək tələbələrin fəaliyyətdəki meyilləri və davranışları anlamaq üçün eksperimental nəticələrindən istifadə edirlər.

Educational Data Miningin (EDM) tədqiqat sahəsi təhsil mühitlərində məlumatların öyrənilməsinin texnika və üsullarının tətbiqinə yönəlmişdir. EDM, təhlili mümkün olmayan böyük təhsil məlumat növlərini araşdırmaq üçün maşın öyrənməsi, məlumatların öyrənilməsi və statistik metodların işləyib hazırlanması və tətbiqi ilə məşğul olur [1; s. 1-3]. Onların nəticələri tələbələrə öyrənmə performanslarını yaxşılaşdırmağa, fərdi tövsiyələr verməyə, tədris fəaliyyətini yaxşılaşdırmağa, təlimin effektivliyini qiymətləndirməyə, resursları və təhsil təklifini təşkil etməyə kömək edir. Digər tərəfdən, təhsildə İnternetdən istifadə e-öyrənmə və ya veb-əsaslı təhsil kimi tanınan yeni kontekst yaratdı ki, burada tədris-təlimin qarşılıqlı əlaqəsi haqqında böyük həcmdə məlumatı sonsuz şəkildə yaradır. Bütün bu məlumatlar təhsil məlumatlarının əsasını təmin edir. Educational Data Mining öyrənmə elminin ən yaxşı variantı və verilənlərin öyrənilməsinin bir qolu kimi qəbul edilə bilər [2,3,4]. Educational Data Mining istifadəçi qavrayışı, fəaliyyət və sınaq modelini yaradarkən faydalı ola bilər [5]. Data Mining o qədər populyarlıq qazandı ki, o, yeni aktuallığa çevrildi, çünki verilənlərin fərqli yanaşma formasını araşdırmaqda və onu funksional məlumatlara ixtisar etməkdə çox faydalıdır. EDM öyrənənləri daha yaxşı başa düşmək üçün bu məlumat bazalarından istifadə etməyə və bu nəzəriyyəni inkişaf etdirməyə çalışır. EDM son illərdə bütün dünyada müxtəlif və əlaqəli tədqiqat sahələrindən olan tədqiqatçılar üçün bir tədqiqat sahəsi olaraq ortaya çıxdı, məsələn:

– Offline təhsil üz-üzə təmas əsasında bilik və bacarıqları ötürür və həmçinin insanların necə öyrəndiyini psixoloji cəhətdən öyrənir.

– E-təhsil onlayn təlimat verir və bu sistemlər tərəfindən log fayllarında və verilənlər bazasında saxlanılan tələbə məlumatlarına Web Mining (WM) üsulları tətbiq edilir.

– İntellektual Repetitorluq (ITS - Intelligent Tutoring) və Adaptiv Təhsil Hipermedia Sistemi (Adaptive Educational Hypermedia System – AEHS) tədrisi hər bir konkret tələbənin ehtiyaclarına uyğunlaşdıraraq, sadəcə olaraq internetdə yerləşdirilən yanaşmaya alternativdir. Data Mining bu sistemlər tərəfindən toplanan məlumatlara, məsələn, log fayllarına, istifadəçi modellərinə və s. tətbiq edilmişdir.

EDM prosesi təhsil sistemlərindən gələn xam məlumatları potensial olaraq təhsil tədqiqatı və təcrübəsinə böyük təsir göstərə biləcək faydalı məlumatlara çevirir. Bu proses verilənlərin istehsalının biznes, genetikə, tibb və s. kimi digər tətbiq sahələrindən çox da fərqlənmir, çünki o, ümumi məlumatların çıxarılması prosesi ilə eyni addımları izləyir: ilkin emal, verilənlərin əldə edilməsi və sonrakı emal.

Praktiki baxımdan EDM, təhsil sistemlərini qiymətləndirmək, təhsilin keyfiyyətinin bəzi aspektlərini potensial olaraq təkmilləşdirmək və daha effektiv təhsil yaratmaq məqsədilə tələbələrin istifadə məlumatlarına əsaslanan yeni bilikləri kəşf etməyə imkan verir. Bəzi oxşar ideyalar onlayn satışları artırma bilmək məqsədilə müştərilərin maraqlarını müəyyən etmək üçün verilənlərin əldə edilməsinin ilk və ən populyar tətbiqi olan e-ticarət sistemlərində uğurla tətbiq edilmişdir. Təhsildə bu istiqamətdə nisbətən az irəliləyiş olmasına baxmayaraq hazırda təhsil mühitində məlumatların öyrənilməsinin tətbiqinə maraq artmaqdadır. Bununla belə, DM-nin xüsusi olaraq təhsilə tətbiqini digər sahələrdə tətbiq olunduğundan fərqləndirən bəzi mühüm məsələlər var:

– Obyektiv. Hər bir tətbiq sahəsində verilənlərin əldə edilməsinin məqsədi fərqlidir. Məsələn, biznesdə əsas məqsəd pul məbləğləri, müştərilərin sayı və müştəri loyallığı ilə ölçülə bilən mənfəəti artırmaqdır. Lakin EDM həm öyrənmə prosesini təkmilləşdirmək, həm də tələbələrin öyrənməsinə rəhbərlik etmək kimi tətbiqi tədqiqat məqsədlərinə malikdir. Bu məqsədlərin kəmiyyətini müəyyən etmək bəzən çətin olur və onların xüsusi ölçmə üsulları tələb olunur.

– Data. Təhsil sistemində baza üçün çoxlu müxtəlif növ datalar mövcuddur. Bu verilənlər təhsil sahəsinə xasdır, belə ki, daxili semantik verilən, digər verilənlər ilə əlaqələr və mənalı iyerarxiyanın çoxsaylı səviyyələri var. Bəzi nümunələr, ITS və AEHS-də istifadə olunan, qrafik və ya iyerarxiya formatında müəyyən bir mövzunun anlayışları arasındakı əlaqələri təmsil edən domen modelidir (məsələn, kurs dərslərdə təşkil edilən bir neçə fəsildən ibarətdir və hər dərs bir neçə anlayışı ehtiva edir). Bundan əlavə, şagirdin və sistemin pedaqoji aspektlərini də nəzərə almaq lazımdır.

– Texnikalar. Təhsil məlumatlarının və problemlərin bəzi xüsusi xüsusiyyətləri var ki, bu da Data mining məsələsinin fərqli şəkildə həll olunmasını tələb edir. Ənənəvi DM üsullarının əksəriyyəti birbaşa tətbiq oluna bilsə də, digərləri konkret təhsil probleminə tətbiq oluna bilmir. Bundan əlavə, xüsusi məlumatların öyrənilməsi üsulları xüsusi təhsil problemləri üçün istifadə edilə bilər.

EDM müxtəlif istifadəçi qruplarını əhatə edir. Fərqli qruplar öz missiyalarına, baxışlarına və verilənlərin əldə edilməsindən istifadə məqsədlərinə uyğun olaraq təhsil məlumatlarına müxtəlif bucaqlardan baxırlar. Məsələn, EDM alqoritmləri ilə aşkar edilmiş biliklər yalnız müəllimlərə öz dərslərini idarə etmək, tələbələrinin öyrənmə proseslərini başa düşmək və öz tədris metodları üzərində düşünməkdə kömək etmək üçün deyil, həm də tələbənin vəziyyətlə bağlı fikirlərini dəstəkləmək və tələbələrə rəy bildirmək üçün istifadə edilə bilər.

**Təhsildə Data Mining metodları.** Data mining elementlərindən biri təhsil məlumatlarının istehsalıdır ki, onun əsas diqqəti tələbə məlumatlarından lazımi biliklərin əldə olunması üçün modellərin işlənilməsidir, onlardan istifadə etməklə tələbələrin akademik göstəriciləri artırıla bilər. Təhsil Data Mining prosesində xammal müxtəlif təhsil sistemlərindən qiymətli məlumatlara çevrilə bilər ki, bu da müəllimlər, tələbələr və onların valideynləri, təhsil tədqiqatçıları və təhsil proqram təminatı sisteminin tərtibatçıları tərəfindən istifadə edilə bilər. Təhsil məlumatlarının öyrənilməsi həm də mövcud təhsil sisteminin bir hissəsi olan və sistemin müxtəlif hissələri ilə müsbət qarşılıqlı əlaqə yarada bilən yeni model kimi də nəzərdən keçirilə bilər. Bu, ona son nəticədə tədrisin təkmilləşdirilməsi məqsədinə nail olmağa imkan verəcəkdir.



Educational Data Mining anlayışı təhsil sahəsindəki problemlərin həlli yollarını əldə etmək məqsədi ilə məlumatların analizi metodlarının təhsil məlumatlarının təhlilinə tətbiqidir. Təhsil tədqiqatlarının tətbiqində klasterləşdirmə, klassifikasiya, proqnozlaşdırma, maşın təlimi və son olaraq assosiasiya qaydalarının təhlili verilənlərin əldə edilməsi üçün ən geniş tanınan üsullardır.

**Assosiasiya qaydalarının analizi.** Təhsil məlumatlarının çıxarılması ilə bağlı tədqiqatların əksəriyyəti tez-tez assosiasiya qaydalarının təhlili texnikasından istifadə edilir, çünki o, digər üsullarla müqayisədə daha az təcrübə tələb edir. Buna baxmayaraq, daha sonralar isə tədqiqatçılar tərəfindən analiz üçün klasterləşdirmə və klassifikasiya metodlarından tez-tez istifadə olunduğundan tendensiya dəyişdi. Tez-tez assosiasiya qaydası üçün çoxlu sayda nəticələr əldə edilir, onların əksəriyyəti verilənlərin əldə edilməsində təcrübəsi olmayanlar üçün asanlıqla başa düşülə bilmədiyindən maraqlı deyildir. Düzgün alqoritmləri seçmək üçün tədqiqatçılar ilkin olaraq verilənləri emal etməli və onları tələb olunan nəticəyə uyğunlaşdırmalıdır. Onların tədqiqi təbiətə kiçik miqyasda olduqda, klasterləşdirmə yanaşmasından istifadə edə bilirlər, çünki təsnifat yanaşmasında tələb olunan məlumatların bölünməsi bu texnikada tələb olunmur. Bundan əlavə, tədqiqatçılar həmişə [6]-də istifadə edilən eyni verilənlər bazasından istifadə edərək müxtəlif alqoritmlərlə müqayisə edə bilirlər. Bu, fərqli yanaşmadan istifadə edildikdə eyni nəticələrin əldə edilib-edilməyəcəyini müəyyən etməyə kömək edərdi.

**Klassifikasiya.** Əsas data mining metodları arasında ən qədim və ən faydalı üsullardan biri klassifikasiyadır. Klassifikasiya çox sadə və ən çox istifadə edilən məlumatların çıxarılması üsuludur. Klassifikasiyanı başa düşmək üçün təlim məlumatlarını bilmək lazımdır. Klassifikasiya prosesinin iki mərhələsi var: təlim üçün modelin hazırlanması; test məlumatlarından istifadə edərək modelin qiymətləndirilməsi.

Klassifikasiya proqnozlaşdırıcı metoddur və alqoritmlər əsasında müxtəlif təsnifat üsulları var:

*Statistikaya əsaslanan alqoritmlər:* Statistik prosedurlar adətən sadə təsnifatdan daha çox hər bir sinifdə olmaq şansını təmin edən dəqiq fundamental ehtimal modelinə malikdir.

*Korrelyasiya Təhlili:* Ədədi olaraq ölçülən iki davamlı dəyişənin (məsələn, yaş və çəki) bir-biri ilə əlaqəli olan əlaqə dərəcəsini tapmaq üçün istifadə edilən statistik üsuldur.

*Regressiya təhlili:* Bu üsul müstəqil dəyişənin asılı dəyişənlə ədədi olaraq necə əlaqələndirilməsini təsvir edir.

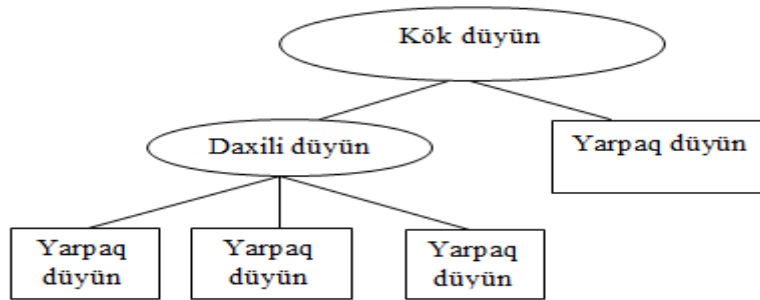
*K ən yaxın qonşu:* Bu, məsafənin ölçülməsindən asılı olan parametrik olmayan bir üsuldur, bütün mövcud hallar orada saxlanıla bilər və hər dəfə yeni bir vəziyyət daxil olduqda, məsafə funksiyasına əsasən təsnif edilə bilər.

*Bayes modeli:* Bu üsul tez-tez təkrarlanan texnikadan istifadə edir. Tez-tez təkrarlanma texnikasının mahiyyəti, ehtimalı məlumatlara tətbiq etməkdir. Bayes hesablamaları hipotezin ehtimalı üçün birbaşa gedir. Bu metodun riyazi tənliyi (1)-düsturunda göstərilmişdir.

$$P(Y|X) = \frac{P(X|Y)P(Y)}{P(X)} \quad (1)$$

$X$  və  $Y$  cüt təsadüfi atributlardır.  $X$  və  $Y$ -in birləşmə ehtimalı  $P(X = x, Y = y)$ ,  $X$  dəyişəninin xüsusi  $x$  dəyərini,  $Y$  dəyişəninin isə  $y$  dəyərini qəbul etməsi ehtimalıdır. Şərti ehtimal, başqa bir təsadüfi dəyişənin nəticəsinin məlum olduğu halda təsadüfi dəyişənin xüsusi dəyər alması ehtimalıdır.

*Qərar ağacı:* Qərar ağacı başqa bir klassifikasiya üsuludur. Qərar ağacı, şəkildə göstəriləyimi kimi, ağac quruluşudur. Ağac kök düyün (oval ilə qeyd olunan birinci düyün), iki və ya daha çox növ ola bilən daxili düyünlərdən (oval ilə işarələnmiş orta düyün) və yarpaq düyünlərindən (düzbucaqlı ilə işarələnmiş) ibarətdir. Bütün daxili qovşaqlarda atributların ifadəsinin dəyərini yoxlayan bölünmələr var. Tədqiqatlardan bəziləri qərar ağaclarının digər klassifikasiya alqoritmləri arasında ən yaxşısı olduğunu, bəziləri isə Bayes Şəbəkəsinin digərlərindən daha yaxşı performans göstərdiyini aşkar edir.



Qərar ağacı

**Tələbələrin fəaliyyətinin proqnozlaşdırılması.** Proqnozlaşdırmanın məqsədi tələbəni təsvir edən dəyişənin naməlum dəyərini təxmin etməkdir. Təhsildə normal olaraq proqnozlaşdırılan dəyərlər performans, bilik, bal və ya qiymətdir. Bu dəyər kəsilməz (repressiya tapşırığı) və ya diskret dəyər (klassifikasiya tapşırığı) ola bilər. Repressiya təhlili asılı dəyişən ilə bir və ya bir neçə müstəqil dəyişən arasındakı əlaqəni tapır. Klassifikasiya, ayrı-ayrı elementlərə xas olan bir və ya bir neçə xüsusiyyətinə dair kəmiyyət məlumatı əsasında və mövcud etiketlenmiş elementlərin təlim toplusuna əsaslanaraq qruplara yerləşdirildiyi prosedurdur. Tələbə performansını proqnozlaşdırmaq məşin öyrənməsinin vacib istifadəsidir və müxtəlif modellərə (neyron şəbəkələri, Bayes şəbəkələri, qaydalara əsaslanan sistemlər, repressiya və korrelyasiya təhlili) tətbiq edilmişdir. Məşin öyrənmə modeli hər bir tələbə haqqında öyrənmək üçün istifadə olunur ki, bu da ona onların çatışmazlıqlarını müəyyən etməyə və onların təkmilləşdirilməsi yollarını məsələn, daha çox mühazirələrdə iştirak etmək və ya əlavə ədəbiyyatı nəzərdən keçirməklə müəyyən etməyə imkan verir. Bu modellərdən istifadə etməklə klasterləşdirmə, assosiasiya qaydaları və klassifikasiya kimi bir çox bilik növləri aşkar edilə bilər. Aşkar edilmiş biliklərdən tələbələrin müəyyən kursa qəbulu, onlayn imtahanda istifadə olunan ədalətsiz vasitələrin aşkarlanması, tələbələrin nəticə vərəqlərində tələbələrin performansı haqqında proqnoz və s. ilə bağlı proqnoz vermək üçün istifadə oluna bilər.

Elektron təhsildə (qeyri-səlis assosiasiya qaydalarından istifadə etməklə) tələbə fəaliyyətini proqnozlaşdırmaq üçün müxtəlif növ qaydalara əsaslanan sistemlər tətbiq edilmişdir [7]:

- tərtib edilmiş təlim portfelleri əsasında (əsas formativ qiymətləndirmə qaydalarından istifadə etməklə) şagirdin fəaliyyətini proqnozlaşdırmaq;

- tələbənin akademik fəaliyyətinin proqnozlaşdırılması, monitorinqi və qiymətləndirilməsi üçün (qaydaların induksiyasından istifadə etməklə);

- təhsilin veb-əsaslı sistemində daxil edilmiş məlumatlardan çıxarılan xüsusiyyətlər əsasında yekun qiymətləri proqnozlaşdırmaq (assosiasiya qaydalarını tapmaq üçün genetik alqoritmdən istifadə etməklə);

- LMS-lərdə tələbə qiymətlərini proqnozlaşdırmaq (qrammatika ilə idarə olunan genetik proqramlaşdırmadan istifadə etməklə);

- internet əsaslı elektron təhsil sistemlərində (qərar ağacından istifadə etməklə) tələbələrin fəaliyyətini proqnozlaşdırmaq və vaxtında dərslər təqdim etmək;

- tələbələrin onlayn qiymətlərini proqnozlaşdırmaq (ortoqonal axtarışa əsaslanan qayda çıxarma alqoritmindən istifadə etməklə).

Nəhayət, onlayn dərslərdə veb-şagird performansını proqnozlaşdırmaq üçün tələbənin yekun imtahan balını proqnozlaşdırmaq [8] və universitetdə uğur qazanma ehtimallarını proqnozlaşdırmaq lazımdır.

**Məşin təlimi.** Düzgün karyera istiqaməti tələbələrin performansını və onların motivasiya səviyyəsini artırır. Tələbələrin bacarıqlarını qiymətləndirmək üçün karyera məsləhətinə əsaslanan sistemlər çox vacibdir və buna görə iş götürənlər onlara uyğun işi təyin edirlər [9; s. 9-11]. Bu problemləri həll etmək üçün karyera məsləhəti tələb olunur ki, bu da tələbələrin düzgün kursu

seçməsinə istiqamət verməkdə mühüm rol oynayacaq. Burada, Maşın təlimini (ML – Machine Learning) hesablama intellekt tapşırığını ağıllı şəkildə yerinə yetirmək üçün istifadə ediləcək [10].

ML texnikaları tələbələrin düzgün karyera seçimi ilə bağlı suallarını həll etməyə kömək edir. Təcrübələrdən öyrənmək üçün məlumatların çıxarılması üsullarından və alqoritmlərindən istifadə edilir. ML əsaslı sistem tələbələrin karyera rəhbərliyi ilə bağlı effektiv qərar qəbul etmək üçün Süni İntellekt Texnikaları, Dərin Öyrənmə, Neyron Şəbəkə, Təbii Dil Emalı və s.-dən istifadə edir. Karyera məsləhəti tələbələrə öz maraqlarından və imkanlarından istifadə etmək üçün düzgün karyera yanaşmasını seçmək üçün düzgün qərar qəbul etməyə kömək edir. Üstəlik, təhsil müəssisələrinin və rəqabət mühitinin artması səbəbindən düzgün karyera istiqaməti seçmək tələbələr üçün yorucu işə çevrilir. Zənginləşdirilmiş Maşın Öyrənmə sistemi tələbələrə vəzifədə olan şəxsin imkanlarına uyğun olaraq düzgün kurs kurikulumunu seçməyi tövsiyə edir. ML-yə imkan verən sistemlər tələbələrin imkanlarına uyğun olaraq tələbələrə rəhbərlik etməyə kömək edir. Sistem tələbələrdən aşağıdakı atributlardan ibarət daxiletmə məlumatlarını tələb edir: a) tələbələrin orta ixtisas fənninə olan marağı, b) ixtisas, c) işə qəbul imtahanlarında alınan qiymətlər, d) iş təcrübəsi, e) yerləşdirmə statusu, f) məzuniyyətdən sonra alınan qiymətlər və s. Bu xüsusiyyətlərdən ibarət məlumatlar ibtidai təhsildən, ali təhsildən, məşğulluq idarələrindən və yerli idarəetmə vasitəsi ilə onlayn konvensiyalar, icmalar, sorğular, tələbələrlə üz-üzə qarşılıqlı əlaqə proqramları kimi keyfiyyətli kəmiyyət üsullarından istifadə etməklə toplana bilər.

**Dataların təhlili və vizuallaşdırılması.** Dataların təhlili və vizuallaşdırılmasının məqsədi faydalı məlumatı vurğulamaq və qərar qəbulunu dəstəkləməkdir. Məsələn, təhsil mühitində, müəllimlər və tələbə rəhbərləri tələbələrin öyrənməsi və dərs fəaliyyəti haqqında ümumi fikir əldə etmək üçün istifadə olunan məlumatları təhlil etməkdə kömək edir. Statistika və vizual məlumat bu vəzifə üçün ən çox istifadə edilən iki əsas texnikadır. Statistika məlumatların toplanması, izahı, təhlili və təqdimatı ilə bağlı riyazi elmdir [11; s. 3]. Təhsil verilənləri ilə istifadə edilən bu təsviri təhlil tələbənin davranışı haqqında xülasələr və hesabatlar kimi qlobal məlumat xüsusiyyətlərini təmin edə bilər. Buna görə də, müəllimlər şərhə asan olan pedaqoji yönümlü statistika (ümumi müvəffəqiyyət dərəcəsi, mənimsəmə səviyyələri, tipik yanlış təsəvvürlər, həll olunan tapşırıqların faizi və oxunan material) üstünlük verirlər. Digər tərəfdən, müəllimlər jurnaldakı incə statistik məlumatları yoxlamaq üçün çox çətin və ya şərh etmək üçün çox vaxt aparan hesab edirlər. Təhsil məlumatlarının statistik təhlili (log faylları/verilənlər bazaları) bizə aşağıdakıları deyə bilər: tələbələrin daxil olduğu və çıxdığı yerlər, ən populyar səhifələr, tələbələrin istifadə etdikləri brauzerlər; ziyarətlərin sayı, ziyarətçilərin mənşəyi, hitlərin sayı, müxtəlif dövrlərdə istifadə nümunələri; ziyarətlərin sayı və rüb üzrə müddət, ən yaxşı axtarış şərtləri, elektron təhsil resurslarının yüklənmə sayı; baxılan müxtəlif səhifələrin sayı, müxtəlif səhifələrə baxmaq üçün ümumi vaxt; istifadə xülasələri, həftəlik və aylıq istifadəçi fəaliyyətləri haqqında hesabatlar; sessiya statistikasına və sessiya nümunələri; forumlarda tələbənin qarşılıqlı əlaqəsinə dair statistik göstəricilər; tələbələrin keçə biləcəyi materialın miqdarı, tələbələrin mövzuları öyrənmə ardıcılığı; tələbələrin istifadə etdiyi resurslar, tələbələrin qiymətləndirdiyi resurslar; müzakirə forumlarına töhfələrin ümumi orta göstəriciləri, göndərmələrin miqdarı və cavabların miqdarı, öyrənən-müəllim və ya tələbə-müəllim qarşılıqlı əlaqəsi; tələbənin kursa və ya onun müəyyən hissəsinə ayırdığı vaxt; öyrənənlərin davranışı və vaxt bölgüsü, şəbəkə trafikinin zamanla paylanması; hadisələrin öyrənilmə tezliyi, öyrənmə fəaliyyətinin nümunələri, hadisələrin vaxtı və ardıcılığı, tələbələrin qeydlərinin və xülasələrinin məzmununun təhlili. Statistik təhlil həm də tələbənin bu gün neçə dəqiqə işlədiyini, neçə problemi həll etdiyini və onun düzgün faizini, onun balı və performans səviyyəsi ilə bağlı proqnozu qiymətləndirən hesabatlar əldə etmək üçün çox faydalıdır.

Dataların vizuallaşdırılması insanlara məlumatları anlamaq və təhlil etmək üçün qrafik üsullardan istifadəyə kömək edir. Vizual təsvirlər və qarşılıqlı əlaqə üsulları, istifadəçilərə eyni anda böyük həcmdə məlumatı görmək, araşdırmaq və anlamaq imkanı verir. Müxtəlif təhsil datalarının vizuallaşdırılmasına yönəlmiş bir neçə tədqiqat, məsələn: onlayn forumlarda illik, yarımillik, gündəlik və saatlıq istifadəçi davranışı nümunələri; tam təhsil (qiymətləndirmə) prosesi; riyazi bacarıqları ölçmək üçün verilənlərdə təhlil edilən atributların orta qiymətləri; tapşırıqların tamamlanması, qəbul edilən

suallar, imtahan balı və s. haqqında statistik qrafiklər; tələbələrin sosial, koqnitiv və davranış aspektləri ilə bağlı məlumatların izlənməsi; tələbələrin davamiyyəti, resurslara çıxış, tapşırıqlar və viktorinalar üzrə müzakirələrin və nəticələrin icmalı; tələbələrin və qrupların fəaliyyəti ilə bağlı həftəlik məlumat; tələbənin fərdi anlayışlar və ali təhsil tələbələrinin qiymətləndirmə məlumatları haqqında əsas anlayışında çatışmazlıqlar; tələbənin onlayn öyrənmə mühitləri ilə qarşılıqlı əlaqəsi; tələbələrin onlayn hazırlıq işi, o cümlədən tələbələrin qarşılıqlı əlaqəsi və cavabları, səhvləri, müəllimlərin şərhləri; adaptiv dərslərdə suallar və təkliflər; hərəkət davranışı və şagirdin performansı; ziyarət edilən veb-səhifələrin təhsil yolları, görülən fəaliyyətlər, öyrənmə obyektləri və təhsil yollarının ardıcılığı mövcuddur.

**Tələbələrin Modelləşdirilməsi.** Tələbə modelləşdirməsinin məqsədi tələbələrin koqnitiv modellərini, o cümlədən onların bacarıqlarının və deklarativ biliklərinin modelləşdirilməsini inkişaf etdirməkdir. Tələbə modellərinin qurulmasını avtomatlaşdırmaq üçün tələbə xüsusiyyətlərini (motivasiya, məmnunluq, öyrənmə üslubları, effektiv status və s.) və öyrənmə davranışını avtomatik nəzərə almaq üçün verilənlərin öyrənilməsindən istifadə edilir. Bayes şəbəkələri tələbə biliyi haqqında proqnozlar vermək, yəni tələbənin müəyyən vaxtda koqnitiv repetitorlar vasitəsilə bir bacarığı bilmə ehtimalı [12]; internet əsaslı təhsil sistemində tələbələrin öyrənmə üslublarını aşkar etmək; tələbənin problemə düzgün cavab verib-verməyəcəyini proqnozlaşdırmaq; İTS-də bacarıqların mənimsənilməsi zamanı tələbənin dəyişən bilik vəziyyətini modelləşdirmək; veb-əsaslı repetitorluq sistemində tələbələrin kömək axtarma davranışından müşahidə olunmayan öyrənmə dəyişənlərini çıxarmaq və özünüintizamın tələbələrin biliyinə və öyrənməsinə təsirini yoxlamaq üçün bilik axtarışı üçün istifadə olunur.

**Görüləcək işlər və tədqiqat xətləri.** EDM-də nəzərə alınacaq bir çox gələcək iş olsa da, onların arasında ən maraqlı və təsirli olanları qeyd edək. Əslində, bu məqamların bəziləri ilə bağlı bir neçə ilkin tədqiqatlar artıq görünməyə başlayıb.

– EDM alətləri məlumatların əldə edilməsində müəllimlər və ya qeyri-ekspert istifadəçilər üçün daha asan olacaq şəkildə tərtib edilməlidir. Data mining alətləri adətən sadəlikdən daha çox güc və çeviklik üçün nəzərdə tutulub. Mövcud verilənlərin öyrənilməsi alətlərinin əksəriyyəti pedaqoqların istifadə etməsi üçün çox mürəkkəbdir və onların xüsusiyyətləri pedaqoqun etmək istəyəcəyi işin çərçivəsindən kənara çıxır. Məsələn, bir tərəfdən istifadəçilər DM-də mövcud olan geniş metodlar arasından tətbiq etmək istədikləri xüsusi DM metodunu seçməlidirlər. Digər tərəfdən, verilənlərin çıxarılması alqoritmlərinin əksəriyyəti icra edilməzdən əvvəl konfigurasiya edilməlidir. İstifadəçilər yaxşı modellər əldə etmək üçün əvvəlcədən parametrlər üçün müvafiq dəyərlər təqdim etməlidirlər və buna görə də düzgün parametrləri tapmaq üçün istifadəçi müəyyən təcrübəyə malik olmalıdır. Mümkün həll yollarından biri, hər bir tapşırıq üçün standart alqoritmədən istifadə edən istifadəçi alətlərinin və mütəxəssis olmayan istifadəçilər üçün konfigurasiya və icranı sadələşdirmək üçün parametrsiz məlumatların çıxarılması alqoritmlərinin hazırlanmasıdır. EDM alətləri, həmçinin onların nəticələrini müəllimlər və elektron öyrənən dizaynerlər üçün mənalı etmək üçün istifadəsi asan və yaxşı vizuallaşdırma imkanlarına malik daha intuitiv interfeysə malik olmalıdır. EDM istifadəçilərinin hazırda əl ilə etməli olduğu bütün emal funksiyalarını və ya tapşırıqları avtomatlaşdırmaq və asanlaşdırmaq üçün xüsusi ön emal alətlərinin hazırlanması da çox vacibdir.

– Elektron təhsil sistemi ilə inteqrasiya. Data mining aləti daha bir əhəmiyyətli müəllif aləti (kurs yaradıcısı, test yaradıcısı və s.) kimi e-təhsil mühitinə inteqrasiya edilməlidir. Bütün data mining tapşırıqları (ilkin emal, verilənlərin işlənməsi və sonrakı emal) oxşar interfeysə malik bir proqramda həyata keçirilməlidir. Bu yolla, EDM alətləri müəllimlər tərəfindən daha geniş istifadə ediləcək və məlumatların öyrənilməsi üsulları ilə əldə edilən rəy və nəticələr təkrarlanan qiymətləndirmə prosesindən istifadə etməklə asanlıqla və birbaşa e-tədris mühitinə tətbiq edilə bilər.

– Məlumatların və modellərin standartlaşdırılması. Müəyyən bir kursa aid maining məlumatları üçün cari alətlər yalnız onların tərtibatçıları üçün faydalı ola bilər. Hər hansı bir təhsil sistemində tətbiq oluna bilən ümumi alətlər və ya təkrar istifadə vasitələri yoxdur. Beləliklə, ilkin emal, axtarış və sonrakı emal tapşırıqları ilə yanaşı, giriş məlumatlarının və çıxış modelinin standartlaşdırılması

lazımdır. Bəzi müəlliflər [13] verilənlərin spesifikasiyası kimi XML-dən istifadə etməyi təklif etmişlər. Digər müəlliflər [14] statistik və data mining modelləri üçün aparıcı standart olan PMML-dən (Predictive Modeling Markup Language) istifadə etmişlər. Lakin OWL (Ontology Web Language) və RDF (Resource Description Framework) kimi ontoloji spesifikasiya dillərindən və SCORM (Shareable Content Object Reference Model) kimi e-təhsil üçün standart metadata istifadə edərək domen biliklərini və semantikasını birləşdirmək də lazımdır. Bu xətdə, hal-hazırda, çoxlu təhsil data bazalarını təmin edən və təhlili asanlaşdıran yalnız bir ictimai təhsil data bazası olan PSLC DataShop var. Bununla belə, bütün bu məlumatlar İntellektual Repetitorluq Sistemlərindən əldə edilir, ona görə də digər təhsil mühitlərindən daha çox ictimai verilənlər bazasına sahib olmaq lazımdır. Bu yolla, müxtəlif məlumatların çıxarılması alqoritmlərini qiymətləndirmək üçün xüsusi təhsil etalon verilənlər bazasından istifadə oluna bilər.

– Ənənəvi mining alqoritmləri təhsil kontekstini nəzərə almaq üçün tənzimlənəlidir. Data mining üsulları təhsil mininglərinə tətbiq edildikdə semantik məlumatlardan istifadə etməlidir. Bu, təhsil sahəsinə dair bilikləri data mining alqoritmlərinə inteqrasiya edən daha effektiv mining alqoritmlərinə ehtiyac olduğunu göstərir. Məsələn, bəzi müəlliflər [15] Öyrənmə İdarəetmə sistemi tərəfindən qeydə alınan trekin semantikasını təsvir etmək və onları proqnozlaşdırıcı ssenaridə müəyyən edilmiş müşahidə ehtiyacı ilə əlaqələndirmək üçün xüsusi istifadə izləmə dilini (UTL) təklif etmişlər. Təhsilə xas mining üsulları tədris dizaynını və pedaqoji qərarları əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirə bilər və semantik internetin məqsədi təhsil mühitlərində məlumatların idarə edilməsini asanlaşdırmaqdır.

**Nəticə.** Data mining təhsil müəssisələrində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Data mining üsullarının istifadəsi ilə əldə edilən biliklər, tələbənin təhsildəki performansını yaxşılaşdıracaq və irəliləyəcək, uğurlu və effektiv qərarlar qəbul etmək üçün istifadə edilə bilər. Bu məqalə EDM ilə bağlı ən müasir vəziyyətin nəzərdən keçirilməsidir və bu sahədə bu günə qədər ən uyğun işi araşdırır. Hər bir tədqiqat yalnız istifadə olunan məlumatların növü və DM üsulları ilə deyil, həm də həll etdikləri təhsil tapşırığının növü ilə təsnif edilmişdir. EDM, elektron təhsil, adaptiv hipermedia, ağıllı repetitorluq sistemləri, veb-məlumatlar, məlumatların öyrənilməsi və s. daxil olmaqla, bir neçə yaxşı qurulmuş tədqiqat sahələri ilə bağlı gələcək tədqiqat sahəsi kimi təqdim edilmişdir. Biz EDM-in Beynəlxalq Konfranslarda və Jurnallarda hər il nəşr olunan məqalələrin sayının artmasında necə sürətlə inkişaf etdiyi görürük. Beləliklə, demək olar ki, EDM indi yeniyetməlik dövrünə yaxınlaşır, yəni artıq ilk dövrlərində deyil, hələ yetkin bir sahə də deyil. Əslində, biz bəzi maraqlı gələcək xətləri təsvir etdik, lakin bunun daha yetkin bir sahəyə çevrilməsi üçün tədqiqatçıların indiki çoxsaylı fərdi təkliflər və xətlər əvəzinə daha vahid və birləşmiş tədqiqatlar hazırlanması da lazımdır. Beləliklə, məlumatların öyrənilməsinin təhsil mühitinə tam inteqrasiyası reallığa çevriləcək və tam operativ tətbiqetmələr (həm kommersiya, həm də pulsuz) təkcə tədqiqatçılar və tərtibatçılar üçün deyil, həm də xarici istifadəçilər üçün əlçatan olacaq.

## ƏDƏBİYYAT

1. Romero C., Ventura S., Pechenizkiy M., and Baker R. Handbook of educational data mining. CRC Press, 2010, p. 503.
2. Goyal M. and Vohra R. Applications of Data Mining in Higher Education. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 2, No 1, March 2012, p. 113-120.
3. Huebner R. A survey of educational data mining research. Research in Higher Education Journal, 2012, p. 1-13.
4. Mythili M.S., Mohamed Shanavas A.R. An Analysis of students' performance using classification algorithms. IOSR, Journal of Computer Engineering, Volume 16, Issue 1, January 2014, p. 63-69.
5. Lakshmi Prabha S., Mohamed Shanavas A.R. Educational data mining applications. Operations Research and Applications: An International Journal (ORAJ), Vol. 1, No. 1, August 2014, p. 23-29.
6. Pechenizkiy M., Calders T., Vasilyeva E., De Bra P. Mining the student assessment data. lessons drawn from a small scale case study. In: Educational Data Mining 2008 (2008), p. 187-191.
7. Nebot A., Castro F., Vellido A., Mugica F. Identification of fuzzy models to predict students performance in an e-learning environment. In International Conference on Web-based Education, Puerto Vallarta, 2006, p. 74-79.

8. Pritchard D., Warnakulasooriya R. Data from a Web-based Homework Tutor can predict Student's Final Exam Score. In World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Chesapeake, 2005, p. 2523-2529.
9. Viheräköski J. Strengths in career development: Modeling strength-based career counseling through reflecting customer experience. 2020, p. 105.
10. Yang C., Huan S., & Yang Y. A practical teaching mode for colleges supported by artificial intelligence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 2020, 15(17), p. 195–206.
11. Freedman D., Purves R., Pisani R. Statistics, 4 th Edition. W.W. Norton & Co. 2007, p. 69.
12. Baker R., Corbett A.T., Aleven V. Improving contextual models of guessing and slipping with a truncated training set. In International Conference on Educational Data Mining, Montreal, Canada, 2008, p. 67-76.
13. Shen R., Han P., Yang F., Yang Q., Huang J. Data mining and case-based reasoning for distance learning. *Journal of Distance Education Technologies*, 2003, p. 1,3, 46–58.
14. Ventura S., Romero C., Hervas C. Analyzing rule evaluation measures with educational datasets: a framework to help the teacher. In International Conference on Educational Data Mining, Montreal, Canada, 2008, p. 177-181.
15. Iksal S., Choquet C. Usage Analysis Driven by Models in a Pedagogical Context. Workshop on Usage Analysis in Learning Systems, In 12th International Conference on Artificial Intelligence, Amsterdam, 2005, p. 1-8.

## APPLICATION OF DATA MINING METHODS IN EDUCATION

**F.T.Agayev, N.I.Bahadurzada**

*Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan  
Institute of Information Technologies*

**Abstract.** Education Data Mining is one of the emerging fields of modern times, it develops methods to explore different types of data obtained by students from the field of education, and these methods help to understand students and their learning environment. Data mining plays an important role in education, especially when evaluating student performance in an online learning environment. Education Data Mining uses computational approaches to analyze educational data. The purpose of this article is to introduce the different user groups, types of educational environments and the information they provide in Education Data Mining. Then, some of the most promising directions of future research and tasks solved by data mining methods in the educational environment are discussed.

**Keywords.** *Educational Data Mining, Student Performance Prediction, Data Mining.*

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДАННЫХ В ОБРАЗОВАНИИ

**Ф.Т.Агаев, Н.И.Бахадурзада**

*Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики  
Институт информационных технологий*

**Резюме.** Интеллектуальный анализ данных в образовании — одна из новых областей современности, она разрабатывает методы для изучения различных типов данных, полученных учащимися в сфере образования, и эти методы помогают понять учащихся и их учебную среду. Интеллектуальный анализ данных играет важную роль в образовании, особенно при оценке успеваемости учащихся в онлайн-среде обучения. Education Data Mining использует вычислительные подходы для анализа образовательных данных. Цель этой статьи — представить различные группы пользователей, типы образовательных сред и информацию, которую они предоставляют при интеллектуальном анализе данных для образования. Затем обсуждаются некоторые наиболее перспективные направления будущих исследований и задачи, решаемые методами интеллектуального анализа данных в образовательной среде.

**Ключевые слова:** *Образовательный интеллектуальный анализ данных, прогноз успеваемости учащихся, интеллектуальный анализ данных.*

Daxil olub: 30.10.2022

UOT 004.7

## ALİ TƏHSİL MÜƏSSİSƏSİNDƏ AKADEMİK MƏLUMAT PORTALININ VƏ DİFERENSİAL ƏMƏK HAQQININ RƏQƏMSALLAŞDIRILMASI

**O.R.Hüseynov**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

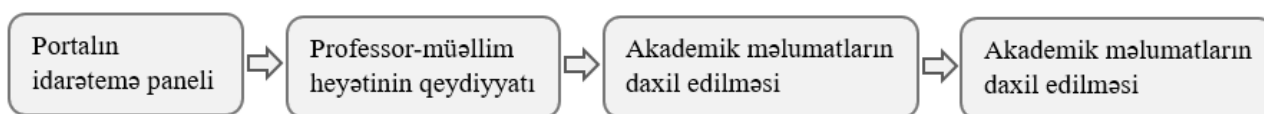
*E-mail: orxan.huseynov@aztu.edu.az*

*Açar sözlər: akademik məlumat portalı, verilənlər bazası, akademik məlumat axtarışı, diferensial əmək haqqı, istifadəçi interfeysi*

**Xülasə.** Ali təhsil müəssisəsində elmi-tədqiqat və inzibati fəaliyyətin səmərəliliyinin artırılması məqsədilə akademik məlumat portalının yaradılması və portal üzrə diferensial əmək haqqının rəqəmsallaşdırılması şərh edilir. Portalda professor-müəllim heyətinin qeydiyyatının və akademik məlumat axtarışının avtomatlaşdırılması məsələlərinə baxılır. Portalda verilənlər bazasının strukturu olaraq PostgreSQL və istifadəçi interfeysinin qurulması üçün isə PHP veb-proqramlaşdırma dili ilə dinamik tətbiqlər yaratmağa imkan verən CodeIgniter framework istifadə edilmişdir.

**Giriş.** Müasir dövrdə bir çox sahələrdə olduğu kimi təhsil sahəsində də böyük verilənlər (Big data) tətbiq olunur. Bu müasir texnologiyalar vasitəsilə elektron təhsil sahəsində bir sıra problemləri həll etmək mümkündür. Ali təhsil müəssisələrinin (ATM) rəqəmsallaşdırılmasında müxtəlif formalarda informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) tətbiqindən geniş istifadə edilir. Bu vasitələrin ATM-də tətbiqi elmi-tədqiqat və inzibati fəaliyyətin səmərəliliyinə müsbət təsir edir. ATM-də ümumi kompleks idarəetmənin təşkili bir sıra müxtəlif sistemlərin köməyi ilə həyata keçirilir. Bunlar, “Tələbə qeydiyyatı”, “Kargüzarlıq”, “Kadrların uçotu”, “Tədrisin təşkili”, “Tələbə məlumat sistemi”, “Personal məlumat sistemi”, “Akademik məlumat axtarış və diferensial əmək haqqı”, “Kitabxana”, “Yataqxana”, “Mühasibatlıq” kimi alt sistemlərdən ibarətdir. Təqdim edilən məqalədə universitet idarəetmə sistemində xüsusi yer tutan alt sistemlərdən biri olan “Akademik məlumat axtarış və diferensial əmək haqqı” sisteminin xüsusiyyətləri araşdırılır [1]. Baxılan sistemdə professor-müəllim heyətinin, onların akademik fəaliyyətinin qeydiyyatı və diferensial əmək haqqının hesablanması istiqamətində yanaşmalar şərh edilir [2; s. 45-48].

Məqalənin təqdimatında əsas məqsəd təhsil müəssisəsində müxtəlif yanaşmalar işləməklə müəssisənin elmi-tədqiqat fəaliyyətinin artırılmasına yönəlmişdir [3, 5; s. 157-163]. Təqdim edilən sistemin iş mərhələləri şəkil 1-də göstərilən sxemlə tənzimlənir.



Şəkil 1. “Akademik məlumat axtarış və diferensial əmək haqqı” sisteminin iş sxemi

**İdarəetmə paneli.** Bu panel məqalədə haqqında bəhs edilən sistemin tənzimləmə imkanlarını özündə saxlayır. Panelə sistemdə inzibatçı səlahiyyətinə malik olan istifadəçilər daxil ola bilər. İnzibatçı sistemə istifadəçiləri daxil edir və onlara sistem səlahiyyətləri verə bilər. Sistem səlahiyyəti isə istifadəçilərə qrup üzrə verilir. Şəkil 2-də sistemdə olan istifadəçi qruplarının siyahısı təsvir edilmişdir. İstifadəçilər sistemə daxil edilərkən inzibatçı tərəfindən istifadəçinin aid olduğu səlahiyyət qrupu seçilir. Əlavə olaraq inzibatçı istifadəçinin e-mail, fakültə və kafedra məlumatlarını daxil edir.

### İstifadəçi qrupları

İstifadəçi qrupları siyahı + Əlavə et

#	Qrupun adı		
1	user		
2	super admin		
3	komissiya		
4	admin		
5	sub commission		
6	monitor		

Şəkil 2. “Akademik məlumat axtarış və diferensial əmək haqqı” sisteminin istifadəçilər qrupunun siyahısı

İnzibatçı panel vasitəsilə ATM-nin professor-müəllim heyətini sistemə istifadəçi kimi daxil edir. “Akademik kateqoriyalar” bölməsindən akademik heyətinin öz elmi nəşrlərini, dərslik vəsaitlərini, layihələrini, konfrans materiallarını yükləmək üçün kateqoriyalar daxil edilir [4]. Akademik kateqoriya daxil edərkən əmsal dəyəri daxil edilir. Bu əmsal dəyəri diferensial əmək haqqı hesablanmasında istifadə ediləcəkdir. Bu kateqoriyalar üzrə rəhbər, icraçı, müəllif kimi rollar isə “Akademik rollar” bölməsində təyin edilir. “Kateqoriya elementləri” bölməsindən akademik heyətin yuxarıda sadalanan kateqoriyalara aid öz məlumatlarını daxil etməsi üçün hər bir kateqoriyaya uyğun müvafiq olaraq başlıq, həmmüəllif sayı, həmmüəlliflər, konfrans tarixi, proqram(lar), subcall, elektron ünvan və s. kimi elementlər təyin edilir. Şəkil 3-də İdarəetmə paneli təsvir edilmişdir.

The screenshot shows a management panel with a sidebar menu on the left and a main dashboard area. The sidebar menu includes items like 'Ana Sahifa', 'İstifadəçilər', 'İstifadəçi qrupları', 'Müəllif kateqoriyaları', 'Müəllif rolları', 'Kateqoriya elementləri', 'Diferensial əmək haqqı kateqoriyaları', 'Sığdır', 'İdarəetmə', and 'İstifadəçilər'. The main dashboard area is titled 'Ana sahifa' and contains several colored cards with statistics: '564 İstifadəçilər', '6 İstifadəçi qrupları', '26 Müəllif kateqoriyaları', '29 Müəllif rolları', '111 Kateqoriya elementləri', and '0 Sığdır'. A green notification banner at the top says 'Gələcək ay üçün (Əmək Haqqınızın, Əmək haqqınızın)'. The user 'Ali İsmayilov' is logged in.

Şəkil 3. “Akademik məlumat axtarış və diferensial əmək haqqı” sisteminin idarəetmə paneli

Məqalədə “Dublin Core” metaməlumat standartları araşdırılmışdır və tətbiq edilmişdir [9]. Bu metaməlumat standartları sistemin idarəetmə panelinin “Elementlər” bölməsində göstərilmişdir [10]. Kateqoriyalara əlavə edilən elementlərin özəyini bu standartlar təşkil edir [11].

Sistemdə əlavə olaraq istifadəçilər üçün interfeys dili dinamik olaraq tərtib edilmişdir. Sistemdə istifadə üçün 2 dil nəzərdə tutulmuşdur: Azərbaycan və ingilis dili.



**İstifadəçi interfeysi.** Məqalədə haqqında bəhs edilən sistemdə UI/UX dizayn prinsiplərinə əməl edilmişdir. UI/UX standartları dünya praktikasında çox istifadə edilən və qəbul edilmiş qaydalar toplusudur [7]. UI UX standartları müxtəlif cihazlar, platformalar və kontekstlərdə ardıcıl və intuitiv istifadəçi interfeysi yaratmağa kömək edən dizayn qaydalarıdır [8]. Bu qaydalar istifadəçilər üçün vahid və asanlıqla naviqasiya edilə bilən görünüş yaratmağa kömək edir. Sistemə daxil edilmiş professor-müəllim heyəti öz şəxsi profillərinə daxil olaraq özləri haqqında şəxsi məlumatları və elmi-tədqiqat fəaliyyəti sahəsində olan məlumatları sistemə yerləşdirə bilər. Diferensial əmək haqqı kateqoriyasına aid olan məlumatlar isə komissiya üzvlərinin yoxlanışından keçir. Şəkil 4-də konfrans məlumatı yükləmək pəncərəsi göstərilmişdir.

Şəkil 4. İstifadəçi interfeysi. Konfrans məlumatının əlavə edilməsi pəncərəsi

**Diferensial əmək haqqı:** Tətbiq olunmasında əsas prioritetlərdən biri insan kapitalının inkişafı və təhsildə keyfiyyətin artırılmasıdır. Sistemdə diferensial əmək haqqı (DƏH) kateqoriyaları inzibatçı tərəfindən idarəetmə panelində təyin edilir. Hər bir kateqoriya üçün həmin kateqoriyada olan rollara uyğun əmsal dəyəri öncədən təyin edilir. Şəkil 5-də diferensial əmək haqqına (DƏH) aid olan kateqoriyaları daxil etmək üçün istifadə olunan bölmə təsvir edilmişdir.

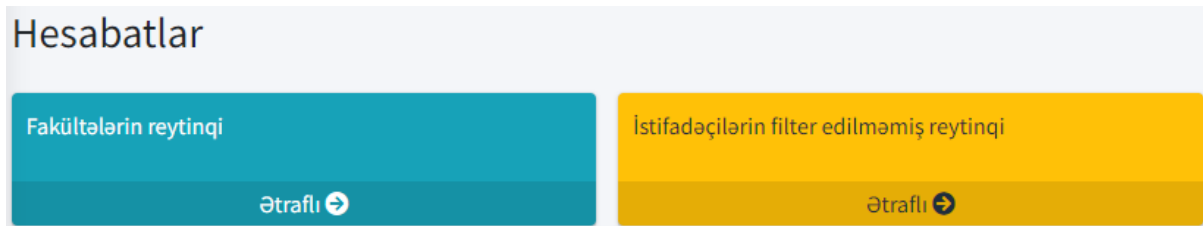
Şəkil 5. DƏH kateqoriyasına aid məlumatların daxil edilməsi

Professor-müəllim heyəti tərəfindən daxil edilmiş elmi fəaliyyətlərin komissiya üzvləri tərəfindən düzgünlüyü yoxlanılır və 50 faizdən çox təsdiq qazanan elmi fəaliyyət nümunəsi DƏH-in hesablanması üçün qeyd edilərək istifadəçinin əmsal dəyərini artırır. Bu qayda ilə DƏH tətbiq edilir. Şəkil 6-də professor-müəllim heyəti tərəfindən daxil edilmiş elmi fəaliyyət nümunəsinin qiymətləndirilməsi bölməsi göstərilmişdir.

#	Ad, Soyad	Akademik kateqoriya	Akademik rəi	Profil linki		
1	Natavan Namazova	Respublika elmi kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
2	Natavan Namazova	Beynəlxalq kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
3	Natavan Namazova	AAK-ni ölümlü nəşrlər sıyahısına daxil olan jurnallarda məqalə dərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
4	Natavan Namazova	SCOPUS, SCI-Expanded, SSCI və WoS qarşılıqlıdakı jurnallarda dərsi ədilmiş məqalələrdə istifadə	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
5	Natavan Namazova	Beynəlxalq kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
6	Natavan Namazova	Beynəlxalq kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
7	Natavan Namazova	Beynəlxalq kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
8	Natavan Namazova	Respublika elmi kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
9	Natavan Namazova	Respublika elmi kəfərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗
10	Natavan Namazova	AAK-ni ölümlü nəşrlər sıyahısına daxil olan jurnallarda məqalə dərsi	Müəllif	natavan-namazova-04	✓	✗

Şəkil 6. DƏH kateqoriyasına aid məlumatların qiymətləndirilməsi bölməsi

Sistemdə əlavə olaraq “Hesabatlar” bölməsi də mövcuddur. Bu bölmədə sistemdə istifadə üçün nəzərdə tutulmuş statistika xarakterli hesabatlar öz əksini tapmışdır. Sistemin arxitekturası [13; s. 321-327], yəni kodların səliqəli yazılması [12; s. 5-12], verilənlər bazasının arxitekturasının cədvəllər arası əlaqəli prinsiplər gözlənilməklə qurulması [14], müəssisə tərəfindən ediləcək yeni hesabat istəyinə görə sistemdə olan məlumatlardan istifadə edilməklə yeni hesabatlar təqdim etməyə imkan verir [15]. Şəkil 7-də “Hesabatlar” bölməsi təsvir edilmişdir.



Şəkil 7. Hesabatlar bölməsi

**Nəticə.** ATM-də Akademik məlumat portalının tətbiqi akademik heyətin elmi fəaliyyətlərinin məcmusunu vahid sistem altında toplamağa zəmin yaradır. Bu sistem elmi fəaliyyət istiqamətində görülmüş işlərin digər elmi fəaliyyət aparacaq şəxslər tərəfindən daha rahat axtarışına və həmin şəxslərin elmi tədqiqatına köməklik göstərir. Bununla da sistem elmi tədqiqatçıların daha səmərəli və keyfiyyətli tədqiqatına töhfə verir. ATM-də diferensial əmək haqqının rəqəmsallaşdırılmasının tətbiqi müəssisə daxili elmi fəaliyyət göstərən işçilərin sosial rifahını, iş keyfiyyətini, müəssisə daxili rəqabətliyini və müəssisənin bu elmi fəaliyyətə göstərdiyi dəyərə görə müəssisəyə olan məmnuniyyətini artırır. Bu məqsədlə verilənlər daha yaxşı idarə edilməsi üçün dinamik verilənlər bazası strukturu yaradılmışdır, bu isə öz növbəsində sistemdə ola biləcək dəyişikliklərin sistemin strukturunun pozulmadan əlavə edilməsinə hesablanmışdır [6]. ATM-də vizual olaraq verilənlər qeydiyyata və axtarışı üçün PHP proqramlaşdırma dilində istifadəçi interfeysləri yaradılmışdır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Bishoff C., & Johnston L. (2015). Approaches to Data Sharing: An Analysis of NSF Data Management Plans from a Large Research University. *Journal of Librarianship and Scholarly Communication*, 3(2), 2011–2014, p. 4-5.
2. Lunenburg, F. C. & Ornstein, A. C. *Educational Administration: Concepts and Practices* (5th Ed), Belmont: Wadsworth Cengage Learning, 2008, 596 p.
3. Brown S., Bruce R., & Kernohan D. Directions for Research Data Management in UK Universities, (March), 2015, p. 12.
4. Fary M.M., & Owen K. Developing an Institutional Research Data Management Plan Service. *Advanced Core Technologies Initiative*, 2013, p. 17-18.
5. Yanosky R. *Institutional Data Management in Higher Education*. EDUCASE Center for Applied Research, 2009, vol. 8, 180 p.
6. Luaï Jaff. *Dynamic Data Structures for Complex Systems*. Other [cs.OH]. Université du Havre, 2007. English, p. 85-89.
7. Norman D. A. "Emotion & Design: Attractive things work better". *Interactions Magazine*, 2002, ix (4), p. 36-42.
8. Wolf Lauren (23 May 2012). "6 Tips for Designing an Optimal User Interface for Your Digital Event". INXPO. Archived from the original on 16 June 2013, p. 45-48.
9. "ISO 15836-1:2017 – Information and documentation – The Dublin Core metadata element set – Part 1: Core elements". Iso.org. May 2017, p. 2.
10. *The Dublin Core Metadata Element Set*, Dublin Core Metadata Initiative, August 2007, p. 3-5.
11. "Dublin Core". Dublin Core Metadata Initiative. 22 December 2011, p. 7.
12. Martin R.C. *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*, Stoughton, MA, USA: Pearson Education, 2009, 464 p.
13. Stevenson J. and Wood M., "Recognising object-oriented software design quality: a practitioner-based questionnaire survey," *Software Quality Journal*, vol. 26, 2017, 365 p.
14. Sung S.Y., Li Z., & Peng S. A fast filtering scheme for large database cleansing. *Proceedings of Eleventh ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 2002, p. 76-83.
15. Hellerstein J. M. *Quantitative data cleaning for large databases*. Report for United Nations Economic Commission for Europe: EECS Computer Science Division, 2008, p. 2-4.

**DIGITALIZATION OF ACADEMIC INFORMATION PORTAL AND DIFFERENTIAL SALARY IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION****O.R.Huseynov***Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** In order to increase the efficiency of scientific-research and administrative activities in a higher educational institution, the creation of an academic information portal and the digitization of the differential salary on the portal are explained. The issues of automation of faculty registration and academic information search are considered in the portal. In the portal, PostgreSQL was used as the structure of the database, and CodeIgniter framework, which allows creating dynamic applications with the PHP web programming language, was used to build the user interface.

**Keywords:** *academic information portal, database, academic information search, differential salary, user interface.*

**ОЦИФРОВКА АКАДЕМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА В ВУЗЕ****O.P.Гусейнов***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** В целях повышения эффективности научно-исследовательской и управленческой деятельности в высшем учебном заведении обосновано создание академического информационного портала и оцифровка дифференциальной заработной платы на портале. На портале рассматриваются вопросы автоматизации регистрации преподавателей и поиска академической информации. В портале в качестве структуры базы данных использовался PostgreSQL, а для построения пользовательского интерфейса использовался фреймворк CodeIgniter, позволяющий создавать динамические приложения на языке веб-программирования PHP.

**Ключевые слова:** *академический информационный портал, база данных, поиск академической информации, дифференцированная заработная плата, пользовательский интерфейс.*

Daxil olub: 19.10.2022

UOT 3699–5

## ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ MAŞINININ SOYUTMA SİSTEMİNİN HESABATI VƏ TƏRTİBİ

Ə.A.Əzizov, N.M.Rüstəmov, N.R.Hüseynova

Azərbaycan Texniki Universiteti

E-mail: ezizaga.ezizov@aztu.edu.az, nahidrustamv@mail.ru, nigar\_aztul@mail.ru

*Açar sözlər: kolloid üyütmə, soyuducu su, mübadilə səthi, qızdırıcı element, işçi həcm*

**Xülasə.** Məqalədə desert növlü şokolad istehsalının son mərhələsi olan kolloid üyütmə (konşlama) əməliyyatını icra edən maşınının isitmə-soyutma sisteminin hesabati və tərtibi məsələsinə baxılmışdır. Hesabatın ilkin verilənləri xammalın payız mövsümündə istifadəsi və soyuducu suyun quyu suyu olduğu qəbul edilmişdir. Hesabatın alqoritmi isə köynəkli istilikdəyişdirici aparatların layihə hesabata bənzər şəkildə seçilmişdir. Hesabatın gedişində kolloid üyütmə maşınının texniki göstəriciləri (mübadilə səthinin sahəsi, orta temperatur fərqi, aparatın işçi həcmi) nəzərə alınmışdır. Hesabat nəticəsi olaraq istifadə olunacaq soyuducu suyun sərfiyyatı, veriş sürəti təyin edilmişdir. Təqdim olunan alqoritm kolloid üyütmə maşınında işçi temperaturun təyin edilməsi, emal prosesində sabit saxlanması və maşının riyazi modelinin tərtibində istifadə edilə bilər. Təqdim olunan temperatur diaqramı texnoloji prosesin mərhələlərini əks etdirir. Soyutma sisteminin tərtib olunmuş sxemi isə istehsalat şəraitində tətbiq oluna bilər.

**Giriş.** Şokoladın desert sortları vallaanmadan və mexaniki qarışdırmadan sonra son xüsusi emala kolloid üyütmə maşınlarında uğradılır. Bu məqsədlə üfqi emal maşını, turbinşəkili maşın və şaquli silindrik maşınlardan geniş istifadə olunur.

Bu maşınlar üçün gövdə hissənin sabit temperaturda ( $65^{\circ}C - 75^{\circ}C$ )  $48 \div 72$  saat kütlənin fasiləsiz emalı nəzərdə tutulur. Emal zamanı şokolad yağı kütlənin tərkibində bərabər paylanır, şəkər hissəcikləri vallaanmadan sonra nazik lövhə şəklində düşür və iti kənarları ilə kütlənin tərkibində qeyri-bərabər paylanır. Belə ki, bu prosesdə iti kənarlar kütləşir və ölçü etibarilə kiçilir. Eyni zamanda kakao tortasının iti uclarının dairəviləşməsi və yastılanması prosesi gedir. Çox sürətli qarışdırma zamanı şokolad kütləsi homogenləşdirilir, aşqar maddələr isə tədricən ərimiş və ya natamam ərimiş birləşmələrə çevrilir. Daha sonra şokolad kütləsi yumşalır və yapışqanlıq xassəsi yüksəlir. Uçucu turşular tamamilə uzaqlaşır, əsasən sirkə turşusu şokolada xoşagəlməz dad verir. Lakin kakao tortasının sonrakı emalı zamanı ətirli maddələrin diffuziyası nəticəsində bu turşu da uzaqlaşdırılır və şokolad özünə məxsus ətir keyfiyyətləri əldə edir. Burada şokolad kütləsinin tərkibində olan nəmlik 1,2%-dən 0,6%-ə qədər enir və birinci 1,5 sutka ərzində kütlənin axıcılığı yüksəlir, hissəciklərin ölçüsü kiçilir. Bu səmərəni əldə etmək üçün şokolad kütləsinin valli dəzgahlarda üyüdülməsindən sonra kolloid üyütmə maşınında bir qədər də kiçilməsi (20mkm-a qədər) baş verir. Qeyd etdiyimiz kimi bu emal üç sutka ərzində tamamlanır [1; 58-62].

Son zamanlar kolloid üyütmə maşınları şokolad kütləsinin emalı üçün bir neçə təkmilləşdirilmə mərhələlərindən keçir. Qurğunun istər qarışdırma-əritmə, istərsə də kakao hissəciklərinin daha kiçik ölçüyə salınması üçün bu maşınlarda konstruktiv yeniliklər aparılmışdır. Lakin maşınlarda yeni bir çatışmamazlıq meydana çıxmışdır. Bu kütlənin sürətlə qızması, əriməsi və temperatur rejimindən kənara çıxması baş verir. Bu məsələnin həlli üçün maşın üzərində seçilmiş ilkin verilənlərə görə onun soyutma sisteminin yaradılması və həmin soyutma sisteminin hesabati aparılmışdır.

Aparatın silindrik gövdəsi onun yarım silindrinə qədər əhatələnən su köynəyi ilə örtülmüşdür. Buraya verilən suyun miqdarı ayrılan istiliyin miqdarına mütənasib olmaqla yanaşı prosesin gedişi ilə tam uyğunlaşdırılmalıdır. Belə ki, prosesin əvvəlində kütlə isti su ilə qızdırılmalı və kütlənin əriməsinə kömək etməlidir. Sonra kütlə əriyib tam axıcılıq əldə etdikdən sonra soyutma mərhələsi başlanmalıdır və mexaniki emal zamanı ayrılan istilik soyuducu suyun verişi ilə temperaturu kənarlaşdırılmalıdır.

Adi şəraitdə bu asılılıq operator vasitəsilə icra oluna bilər. Şokolad drenajında qoyulan termometr kütlənin temperaturunu bildirməli, operator isə isti su xəttini bağlayıb soyuq su xəttini açmalıdır. Temperatur bölgüsü prosesin əvvəlində  $40^{\circ}\text{C}$  ilə başlanmalı, emal zamanı isə kütlə əridikdən sonra yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi  $65^{\circ}\text{C}$ – $70^{\circ}\text{C}$  temperatur təmin olunmalıdır [2; 44-48].

Aparatın şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun istilik hesabına ayrılan istiliyin miqdarının hesablanması ilə başlayaq.

Şokolad kütləsinin əridikdən sonra kinematik özlülüyü  $\nu=0,0383 P_a \cdot \text{san}$  olmalıdır. İstilik-vermənin əsas tənliyinə görə aqreqat halı dəyişən kütlə üçün istilik miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$Q' = G_2 c_2 (t_2'' - t_1'') - G_1 c_1 (t_2' - t_1') - Q_{it} \quad (1)$$

Burada,  $G_1, G_2$  – uyğun olaraq şokolad kütləsinin ilkin və son miqdarı;

$c_1, c_2$  – şokolad kütləsinin başlanğıc və son temperaturu üçün xüsusi istilik tutumları;

$t_1', t_1''$  – suyun soyutmadan sonra və soyutmadan əvvəlki temperaturları;

$t_2', t_2''$  – şokolad kütləsinin temperaturunun yüksəlmə anındakı və sonrakı temperaturları;

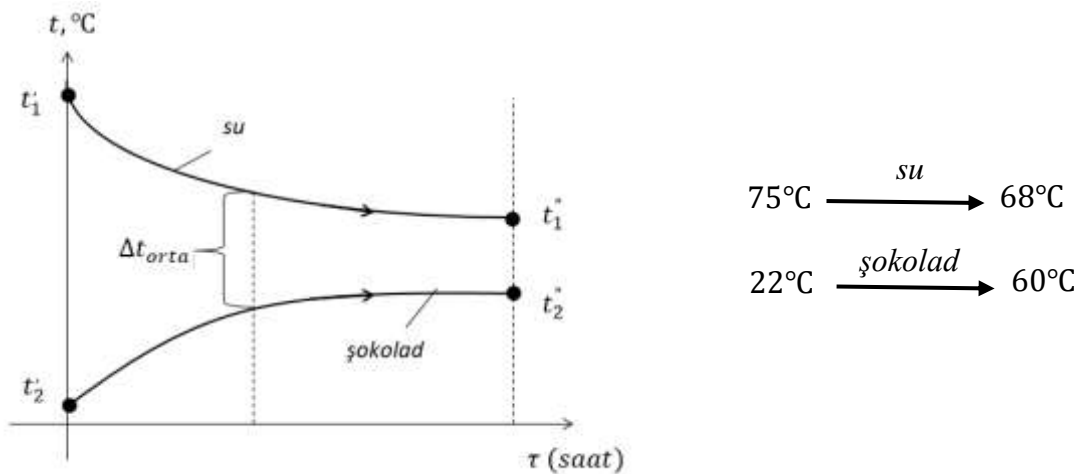
$Q_{it}$  – ətraf mühitdə itən istiliyin miqdarıdır.

(1) ifadəsi şokolad kütləsini işçi temperatura qədər qızdırmaq üçün tələb olunan istiliyin miqdarını hesablamağa imkan verir. Burada suyun verilmə temperaturu  $t_1' = 75^{\circ}\text{C}$ ,  $t_1'' = 68^{\circ}\text{C}$ , şokolad kütləsinin ilkin və son temperaturu  $t_2' = 22^{\circ}\text{C}$   $t_2'' = 60^{\circ}\text{C}$ , emal olunan kütlənin miqdarı  $G_1 = G_2 = 100\text{kg}$ , itən istiliyin miqdarı  $Q_{it} = 0,1Q$  və kütlənin başlanğıc və son temperaturdakı xüsusi istilik tutumları  $c_1 = 2,2\text{kc/kq}$ ,  $c_2 = 1,6\text{kc/kq}$  qəbul edilə bilər. Beləliklə:

$$Q' = G_1 c_1 (t_1' - t_2') - G_2 c_2 (t_1'' - t_2'') = 100 \cdot 2,2(75^{\circ} - 22^{\circ}) - 100 \cdot 1,6(68^{\circ} - 60^{\circ}) = 4540\text{kC}$$

$$Q = Q' + 0,1Q' = 4540 + 0,1 \cdot 4540 = 4994\text{kC}$$

Prosesin düzaxınlı getməsinə nəzərə alıb, daxil olan suyun (şəkil 1) göstərilən diaqramı üzrə gedəcəyini qəbul edək [3; 51-54].



Şəkil 1. Düzaxınlı istilik mübadilə diaqramı

Bu prosesdə orta temperatur fərqi:

$$\Delta_{tor} = \frac{\Delta_{tb} - \Delta_{tk}}{\ln\left(\frac{\Delta_{tb}}{\Delta_{tk}}\right)} = \frac{\Delta_{tb} - \Delta_{tk}}{2,3 \lg\left(\frac{\Delta_{tb}}{\Delta_{tk}}\right)} = \frac{53 - 8}{2,3 \lg \frac{53}{8}} = 10,3^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Burada,  $\Delta_{t_b} = 75^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C} = 53^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta_{t_k} = 68^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C} = 8^{\circ}\text{C}$  olacaqdır.

Bu hesabatda verdiyimiz ətraf mühətdə itən istiliyin təqribi miqdarı, dəqiq hesabatla prosesin mübadilə səthinə görə aparılmalıdır. Bu məqsədlə aparatın silindrik gövdəsinin mübadilə səthinə  $F$  kimi işarə edib, kütlənin qızması üçün sərf olunan istilik miqdarına görə dəqiqləşdirək.

$$Q = k \cdot F \cdot (t_2'' - t_2') \quad (3)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2'' - t_2')}$$

Burada,  $k$  – istilikkeçirmə əmsəlidir.

Növbəti mərhələdə, kütlənin emal olduğu gövdənin xarici səthindən daxili səthinə doğru yönəlmiş istilik selinin istilikvermə əmsalını  $\alpha$  və ona uyğun istilikkeçirmə əmsalını  $k$  Nüsselt kriterisinə görə, hesablayırıq:

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{d_\varepsilon} \quad (4)$$

Burada, Nüsselt kriterisini xarici divar üçün aşağıdakı ifadədən təyin edirik:

$$Nu = 0,35 \left( Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left( Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} \quad (5)$$

Burada,  $Pe$  – Pekle ədədidir,  $Ra$  – Rele ədədidir ( $Ra = (7 \div 40) \cdot 10^5$ ),  $Pe = Re \cdot Pr$ ,  $d$  – boru gövdənin orta diametri  $d = 0,41m$ ,  $l$  – gövdənin uzunluğu ( $l = 0,78m$ ),  $Pr$  – Pranditl kriterisi,  $Re$  – Reynolds kriterisi,  $\alpha_2$  – maşının divarından şokolad kütləsinə keçən istilik selinin istilikvermə əmsəlidir. Bu kəmiyyəti Nüsselt kriterisinin aşağıdakı ifadəsinə görə hesablaya bilərik.

$$Nu^d \cong 0,8 \left( Pe \frac{d}{l} \right)^{0,4} \cdot Ra \left( \frac{\mu_{st}}{\mu} \right)^{-0,14} \quad (6)$$

Bu tənlikdə,  $Re < 3000$ ;  $Pe \frac{d}{l} < 120$ ;  $Ra = (1 \div 13) \cdot 10^6$ ;  $2 < Pr < 10$  qəbul edilir.

$$Pe = Re \cdot Pr = 2300 \cdot 7 = 16100$$

Beləliklə məlum kəmiyyətləri nəzərə alaraq kütlənin özlülüyü adi temperaturda  $\mu_{st} = -0,0278 Pa \cdot san$  temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  - dən yuxarı olduqda  $\mu = 406 \cdot 10^{-6} Pa \cdot san$  qəbul olunur.

Daha sonra Nüsselt kriterisini (5) və (6) ifadələrinə görə daxili və xarici səthlər üzrə ayrı ayrılıqda hesablayırıq:

$$Nu^x = 0,35 \left( Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left( Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} = 0,35 \left( 16100 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,3} \cdot \left( 6 \cdot 10 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,18} = 75,5$$

$$Nu^d \cong 0,8 \left( 16100 \cdot \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,4} \cdot \left( 6 \cdot 10 \frac{0,0278}{0,4 \cdot 10^3} \right)^{-0,14} = 12,8$$

İndi isə  $\alpha_k$  –nın daxili və xarici səthə görə (4) ifadəsindən təyin edək:

$$\alpha_k^x = \frac{75,5 \cdot 65,9}{70,7} = 70,4 \text{ Vt} / \text{m} \text{ K}$$

$$\alpha_k^d = \frac{12,8 \cdot 65,9}{70,7} = 12 \text{ Vt} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Burada,  $\lambda = 65,9 \frac{\text{Vt}}{\text{m} \cdot \text{kq}}$  qəbul edilir.

Beləliklə, istilikkeçirmə əmsalı:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^x} + \frac{\alpha}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2^d}} = \frac{1}{\frac{1}{70,4} + \frac{0,009}{65,9} + \frac{1}{12}} = 1,4 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2} \quad (7)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2' - t_2)} = \frac{4994}{1,4(60 - 22)} = 93,9 \text{ m}^2$$

Şokolad kütləsinin əridilməsi prosesindən sonra növbəti mərhələ, şokolad kütləsinin sürtünmədən qızması temperaturunun aşağı salınması mərhələsini nəzərdən keçirək. Bu mərhələ onunla xarakterikdir ki, burada temperatur  $60^\circ\text{C}$ -ni keçməmək şərtilə sabit saxlanılmalı və kütlə intensiv yoğrulmaya və kolloid üyüdülməyə məruz qalmalıdır [4, 5;115-118, 6;84-86]. Burada temperaturun təqribən  $5-6^\circ\text{C}$  artması, artıq arzuolunmaz hal hesab olunur və şokoladın yanması təhlükəsi yaranır.

Tipik maşınlarda təşkil olunan soyutma sistemi, əslində izləyici rele vasitəsilə soyuducu suyun tərsinə dövr etdirilməsinə komanda verir, yəni soyuducu su quyu suyu ilə əvəz edilir. Şokolad kütləsi isə burada sabit  $60^\circ\text{C}$  temperaturu saxlayır (şəkil 2).

Kolloid üyütmə maşınında kütləni soyutmaq üçün kənarlaşdırılacaq istilik miqdarı:

$$Q_1' = G_2 c_2 t_2 - G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1) = 100 \cdot 2,8 \cdot 60^\circ\text{C} - 100 \cdot 4,18(55^\circ - 28^\circ) = 10596$$

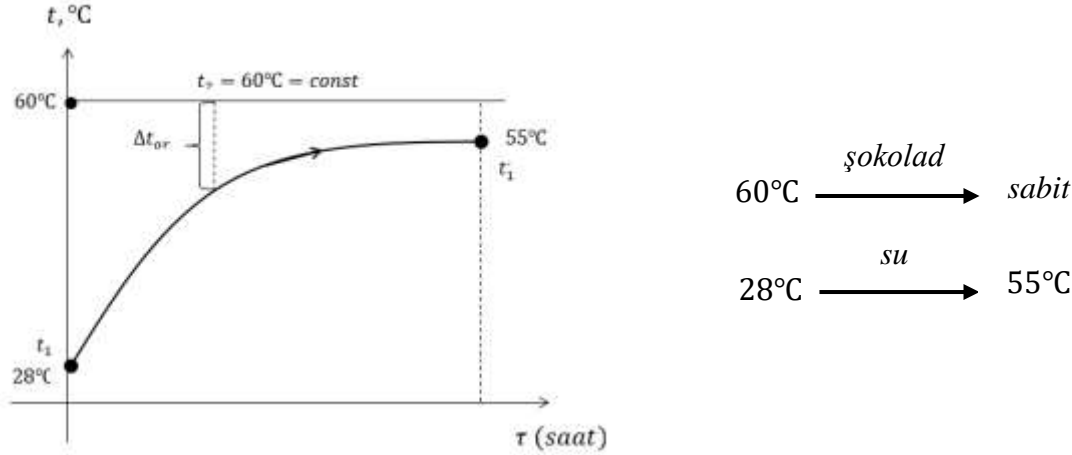
$$Q = Q_1' - Q_{it} = Q_1' (1 - 0,1) = 0,9 \cdot Q_1' = 0,9 \cdot 10596 = 9536,4 \text{ kC}$$

Burada,  $t_1 = 28^\circ\text{C}$ ,  $t_1' = 55^\circ\text{C}$  olmalıdır.

Orta temperaturu müəyyən edirik:

$$\Delta_{t_b} = 60^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}; \Delta_{t_k} = 60^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{or} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_k}{\ln \left( \frac{\Delta t_b}{\Delta t_k} \right)} = \frac{32 - 5}{\ln \frac{32}{5}} = 14,59^\circ\text{C}$$



Şəkil 2. Şokolad kütləsinin soyudulması diaqramı

Əslində maşının mübadilə səthinin sahəsi:

$$F = \pi D \cdot H + \frac{\pi D^2}{4} = 3,14 \cdot 0,41 \cdot 0,72 + \frac{3,14 \cdot 0,41^2}{4} = 1,06 \text{ m}^2$$

Sərf olunan soyuducu suyun miqdarı:

$$W = \frac{Q}{C(t_k - t_n)} = \frac{9536,4}{2,2(55 - 28)} = 160,5 \frac{\text{kq}}{\text{saat}} = 128,4 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$$

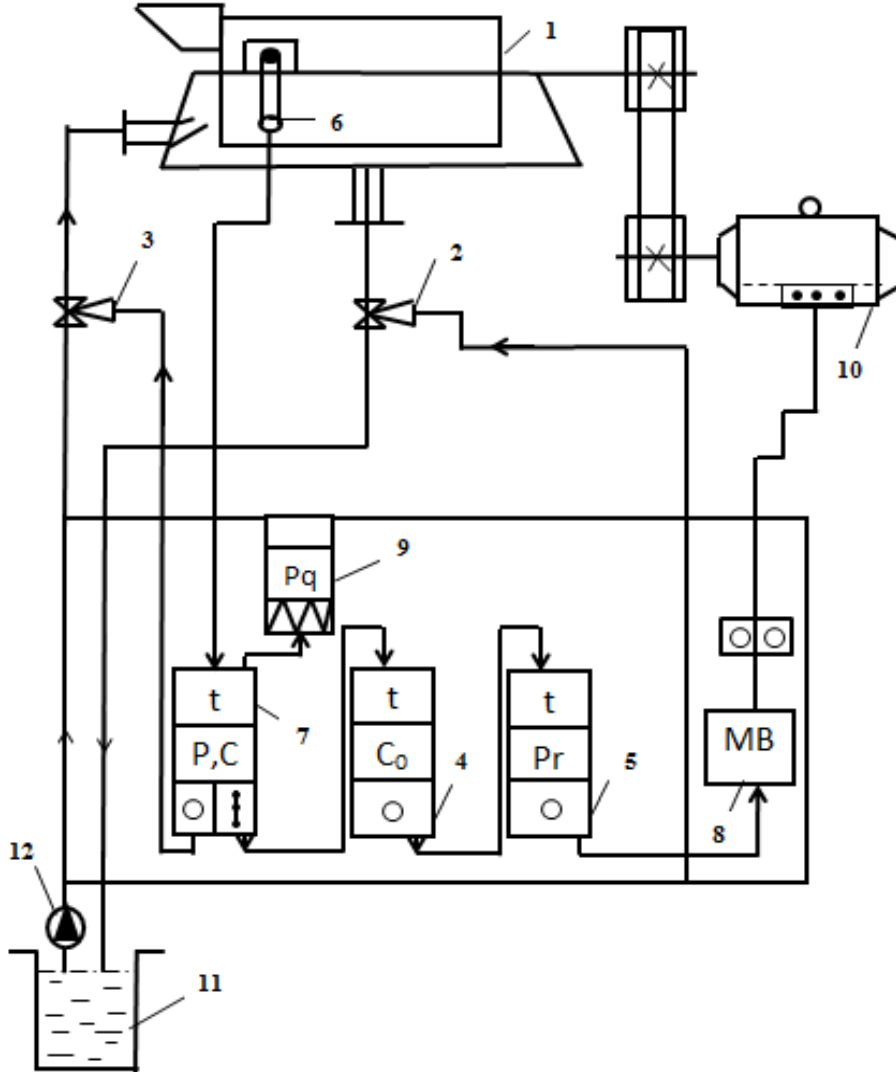
Bu məhsuldarlığın təmini üçün buradan soyuducu suyun sərfi 100kq məhsul üçün  $128,4 : 100 = 1,284 \frac{\text{m}^3}{\text{kq}} = 1284 \frac{\text{l}}{\text{kq}}$  alınar. Suyun daxil olması və xaric olması üçün borunun diamet-rini hesablayaq:

$$d = \sqrt{\frac{W_{soy}}{3600 \pi \rho_0 v_0}} = \sqrt{\frac{1,284}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 3}} = 0,0068 \text{ m} \approx 70 \text{ mm}$$

Burada,  $v_0$  mayenin kolloid üyütmə maşınına daxil olma anında xətti sürətidir. Bu kəmiyyət hesabatlarda  $v_0 = 2,5 - 3,5 \frac{\text{m}}{\text{san}}$  qəbul edilir. İndi isə  $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{san}}$  qəbul etməklə həmin diametri tapaq. Giriş və çıxış borularının diametrlərini bir-birinə bərabər qəbul edək,  $d_1 = d_2 = 70 \text{ mm}$ . Bu borunun xarici diametri 78 mm-dir. Suyun dövr etdirilməsi üçün yüksək təzyiqli nasos qurğusu qəbul edək. Bu nasosun məhsuldarlığı  $19,8 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$ -dir. Kolloid üyütmə maşınında soyutma sisteminin



fasiləsiz və etibarlı işini təşkil etmək üçün bu sistemin avtomatik idarə olunma sxemini tərtib edək (şəkil 3). Bu sxemə görə maşının giriş və çıxış boruları idarə olunan “PRP-2” temperatur tənzimləyicisi ilə təmin olunmuşdur.



Şəkil 3. Kolloid üyütmə maşınında temperaturun sabit saxlanması sxemi

1 – kolloid üyütmə gövdəsi, 2 – suyun çıxış klapanı, 3 – suyun giriş klapanı, 4 – temperaturun artmasının modelləşdirilməsi, 5 – temperaturu sabit saxlayan blok, 6 – temperatur vericisi, 7 – temperaturu qeyd edən cihaz, 8 – maqnit buraxıcısı, 9 – program daşıyıcısı, 10 – elektrik mühərriki, 11 – su quyusu, 12 – hidronasos

Qəza halında temperatur göstəriciləri (4 və 5) avtomatik olaraq maqnit buraxıcısını işdən ayırır, dayandırır. Digər hallarda kütlənin sabit temperaturu  $60^{\circ}\text{C}$  gözlənilir və temperatur aşağı düşdükdə tənzimləyici klaplarla (2 və 3) suyun girişini və yaxud çıxışını nizamlayır. Kolloid üyütmə maşınının (1) simmetriya oxunun üzərində termoverici (6) qoyulmuşdur. Yerli cihazlardan fərqli olaraq idarəedici cihazlar pultda yerləşdirilmişdir.

### Nəticə.

1. Kolloid üyütmə maşınının isitmə-soyutma sisteminin hesabı və onun kütləni qızdırma və soyutma rejimlərində tələb olunan enerjinin verilməsi və alınması üçün alqoritm tərtib olunmuşdur.

2. Quyu suyu istifadə etməklə maşının temperatur rejiminin avtomatik idarə olunma sxemi tərtib edilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Рензьева Т.В., Назимова Г.И., Марков А.С. Технология кондитерских изделий. Санкт-Петербург, Лань, 2022, 156 с.
2. Гребенюк С.М. (под ред). Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств. М., Агропромиздат, 1987, 304 с.
3. Скобельская З.Г., Горячева Г.Н. Технология производства сахарных кондитерских изделий: учебное пособие. Санкт-Петербург, Лань, 2018, 428 с.
4. Rüstəmov N.M., Hüseynova N.R. Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun optimal temperatur rejiminin təmini üçün layihələndirilməsi. Tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi konfransının məqalələri, 816-819 s., 4-5 may 2022.
5. Əzizov Ə.A. Yeyinti istehsalı maşın və avtomatlarının layihələndirilməsi. Bakı, 2014, 286 s.
6. Лунин О.Г., Вельтышев В.Н. Теплообменные аппараты в пищевой промышленности. М., 1986, 226 с.

CALCULATION AND COMPOSITION OF THE COOLING SYSTEM  
OF THE CHOCOLATE MASS CONCHING MACHINE

A.A.Azizov, N.M.Rustamov, N.R.Huseynova  
Azerbaijan Technical University

**Abstract.** The article discusses the calculation and design of the heating-cooling system of a machine that performs the polishing (conching) operation, which is the last stage in the production of dessert chocolate. The initial calculation data was that the raw materials were used in the autumn season, and the cooling water was from a well. The calculation algorithm was chosen similarly to the calculation for the design of jacketed heat exchangers. The calculation took into account the technical parameters of the polishing machine (heat exchange surface area, average temperature difference, working volume of the device). As a result of the calculation, the consumption of the used cooling water and the rate of heat transfer are determined. The presented algorithm can be used to determine the operating temperature in the conching machine, maintain its stable temperature during processing, and to create a mathematical model of the machine. The presented temperature diagram reflects the stages of the technological process. The developed scheme of the cooling system can be used in production conditions.

**Keywords:** conching, cooling water, heat exchange surface, temperature diagram, working volume.

РАСЧЕТ И СОСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ  
ДЛЯ КОНШИРОВАНИЯ ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ

A.A.Əzizov, N.M.Rustamov, N.R.Guseynova  
Azərbaycan Texniki Universiteti

**Резюме.** В статье рассмотрены расчет и конструкция системы нагревания-охлаждения машины, выполняющей операцию полировки (конширования), которая является последней стадией производства десертного шоколада. Исходные данные расчета заключались в том, что сырье использовалось в осенний сезон, а охлаждающая вода была колодезной. Алгоритм расчета был выбран аналогично расчету по проекту теплообменников с рубашкой. В ходе расчета учитывались технические показатели полировальной машины (площадь теплообменной поверхности, средний перепад температуры, рабочий объем устройства). В результате расчета определяются расход используемой охлаждающей воды и скорость переноса тепла. Представленный алгоритм может быть использован для определения рабочей температуры в машине для конширования, поддержания ее стабильной температуры в процессе обработки и для создания математическую модель машины. Представленная температурная диаграмма отражает стадии технологического процесса. Разработанная схема системы охлаждения может применяться в производственных условиях.

**Ключевые слова:** конширование, охлаждающая вода, поверхность теплообмена, температурная диаграмма, рабочий объем.

Daxil olub: 02.11.2022

UOT 621.762.4.8

## OVUNTU ŞİXTƏSİNİN PRESLƏMƏ PROSESİNİN FENOMENOLOJİ MODELİ

A.A.Cəfərova

Azərbaycan Texniki Universiteti

E-mail: ceferovaafet@aztu.edu.az

*Açar sözlər:* ovuntu metallurjiyası, presləmə sürəti, nisbi sıxlıq, fenomenoloji model, pres-qəlib

**Xülasə.** Dəmir-çuqun kompozisiyalardan kipləndiricilərin hazırlanmasında ovuntu şixtəsinin preslənmə prosesinin fenomenoloji modeli təklif olunur. Fenomenoloji model ovuntu şixtəsinin preslənməsində xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişləndirilmiş sistemindən istifadə etməyə imkan verir. Təklif olunan fenomenoloji model soyuq presləmə prosesində məlum empirik tənliklərə izomorf hal tənliyi kimi baxmağa imkan verir. Bu tənliklər presləmə prosesinə nəzarət etməyə imkan verirlər. Elastiki-plastiki mühitə malik şixtələrdə nisbi sıxlıq, vaxt, temperatur, xarici təzyiq və yükləmə sürəti, ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələri və onların morfolojiyası əsas parametrlər qrupuna aiddirlər.

Metal ovuntuların preslənməsi üçün işlənmiş model dayanıqlıdır və müxtəlif keçidlərə malik olan mürəkkəb formalı ovuntu məmullarının qəliblənməsində baş verən prosesləri tam nəzərə alır. Təklif olunan model preslənən sistemin nisbi sıxlığını, presləmə vaxtını, temperaturunu, xarici təzyiqi və yükləmə sürətilə yanaşı ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və formasını nəzərə alan parametrlər toplusundan istifadə etməklə yazılmışdır.

**Giriş.** Ovuntu metallurjiyasının intensiv inkişafı tədqiqatçılar qarşısında kompüterin köməyi ilə texnoloji proseslərin modelləşdirmə məsələsini qoyur. Metal ovuntuların preslənməsinin ayrı-ayrı parametrləri arasında funksional asılılığını göstərən mövcud modellər kompleks məqsədlər üçün xidmət edə bilməzlər. Birincisi, onlar, bir qayda olaraq statikdirlər, eyni zamanda konsolidasiya olunan ovuntu cisim özündə qeyr-xətti daxili dinamikə qeyri-taraz sistemi əks etdirir, belə olan halda hal tənliyi ilə onun mühitinin digər parametrləri arasında vaxtda olmalıdır. Buna şərti olaraq yalnız məsaməli materialların təzyiqlə qızmar emalı cavab verir [1].

Bundan başqa texnoloji rejimlər temperaturun və presləmə sürətinin dəyişməsinə çox hissiyətliyə [2; s.127], bunu bir qayda olaraq prosesin mövcud modelləri nəzərə almırlar. Aydındır ki, metal ovuntuların presləmə texnoloji prosesinin adekvat modelləşdirilməsi üçün xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişləndirilmiş sistemindən istifadə etmək lazımdır. Bunların içərisində, minimum nisbi sıxlıq  $\tau$ , vaxt  $t$ , temperatur  $T$ , xarici təzyiq  $\rho$  (və yükləmə sürəti  $\delta$ ), habelə ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və onların formasını ( $\mu$ ) səciyyələndirən ümumiləşdirilmiş reoloji parametrlərin toplusu olmalıdır. Onda presləmə prosesi aşağıdakı şəkildə diferensial tənliklə yazıla bilər.

$$\frac{d\tau}{dt} = F(\tau, t, T, P, \{\mu_R\}), \quad (1)$$

burada  $\frac{d\tau}{dt}$  - sıxlaşdırma prosesində məsaməli materialın nisbi sıxlığının dəyişmə sürətidir;  $F(\tau, t, T, P, \{\mu_R\})$  - xarici və daxili parametrlərin bəzi funksiyalarıdır. Sistemin hal tənliyi (1) ifadəsinin inteqrallaşdırılması nəticəsində alınır.

Bu məqalənin məqsədi qapalı pres-qəlibdə homogen ovuntuların yuxarıda göstərilən tələbləri ödəyən presləmə prosesinin fenomenoloji nəzəriyyəsinin qurulmasına cəhd edilmiş və habelə metal ovuntuların qəliblənmə prosesinin yazılması üçün baza modelinin və texnoloji istehsalat proseslərinin modelləşdirilməsi üçün onun tətbiq yollarının müəyyənləşdirilməsidir.

**Nəticələrin müzakirəsi:** Aşağıdakı şərti qəbul edib preslənən cismin daxilində makroskopik həcmə baxaq.

$$W \ll v \ll V, \quad (2)$$

burada  $W$  - ayrıca zərrəciyin orta həcmi;  $V$  - prespəstahın həcmidir.  $v_0$  və  $v_\tau$  vasitəsilə məsamələr və metalla tutulmuş həcm  $v$  payını işarələyək. Onda  $V$  makro həcmnin nisbi sıxlığını  $\tau$  və məsaməliliyi  $\theta$  aşağıdakı şəkildə yazmaq

$$\tau + \theta = 1 \text{ şərti daxilində} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{V_\tau}{V}; \theta = \frac{V_\theta}{V}. \quad (4)$$

Sonra  $\tau = \tau(t)$  funksional asılılığının növünü təyin edirik. Təyininə görə  $\tau$  kəmiyyəti özündə intensiv termodinamiki parametri əks etdirir. Yəni sistemə  $\tau$  parametrinin evolyusiya xarakterinin tədqiqində makroskopik ekvivalentlik prinsipi tətbiq olunandır [3; s.245], bu konkret məsələnin sərhəd şərtlərinin nəzərə alınmasına bərabərdir. Bizim halda bu fakt (2) düsturu ilə ifadə olunub.

Metal ovuntuların preslənməsində metalın mexaniki möhkəmlik qüvvəsini üstələyən səthi gərilmə qüvvələrinə zərrəciklərin məsamələrə axmasına kömək edən xarici təzyiq qüvvəsi əlavə olunur [4; s.133]. Buna uyğun olaraq prespəstahın sıxlaşmasının  $F$  iki mexanizmini daxil edək. Deformasiya  $F_1$  və termiki  $F_2$  və fərz edək ki, (1) tənliyinin birinci hissəsi bu mexanizmlərin xətti kombinasiyasıdır

$$\frac{dx}{dt} = F_1 + F_2. \quad (5)$$

Sonra tutaq ki, sıxlaşmanın deformasiya mexanizminin təsiri nəticəsində prespəstahın nisbi sıxlığının dəyişmə sürəti böyümənin təbii qanununa tabedir

$$F_1 = A\tau, \quad (6)$$

burada  $A$  - bir əmsaldır. Digər tərəfdən, bu, mexanizmin özündə elastiki və qeyri-elastiki proseslərin kombinasiyasını əks etdirir. Qeyri-elastiki proseslərdə ovuntu zərrəciklərinin bir-birinə nəzərən yerdəyişməsi onların optimal qablaşmasının təmininədək baş verir. Bu proses məsaməlilik azaldıqca yavaşdır [5]. Elastiki proseslər ovuntu zərrəciklərinin bir-birilə elastiki qarşılıqlı təsirlə əlaqədardır, ancaq ovuntunun zərrəciklərinin sayı, hansılardakı onun hər biri qarşılıqlı təsirdə olur sıxlaşma ilə yüksəlir, onda  $A$ -nı aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$A = R_1\theta - R_2\tau, \quad (7)$$

burada sağ tərəfin birinci toplananı qeyri-elastiki qarşılıqlı təsirə, ikinci toplananı isə elastikliyə uyğun gəlir. “Mənfi” işarəsi o şəraiti nəzərə alır ki, elastiki proseslər ovuntu cismin konsolidasiyasına mane olur.

Termiki proseslər mexanizminin təsirinin nəticəsi isə məsaməliliyin azalması ilə baş verən yavaşlayan yığışmadır.

$$F_2 = R_e\theta. \quad (8)$$

(7) və (8) ifadələrini (6)-a qoyub, prosesin məntiqi tənliyini alırıq

$$\frac{d\tau}{dt} = R_1\tau\theta - R_2\tau^2 + R_e\theta, \quad (9)$$

burada  $R_1, R_{-1}, R_2$ - əsasən temperaturdan və tətbiq olunan təzyiqdən asılı olan və tərkibində şixtənin ümumiləşdirilmiş reoloji parametrləri olan fenomenoloji əmsallardır.

Aşağıdakı qeydləri etmək zəruridir.  $\tau = \tau(p)$  növ sonlu model asılılıqlarında, bir qayda olaraq müzakirə predmeti olan fenomenoloji əmsallardır [2; s.131, 3; s.249].

Bu halda bəzi müəlliflər, mövcud modelləri yaxşılaşdıraraq çalışırlar bu əmsalların sayını minimuma çatdırsınlar və ya onları nəzəri çıxarışını yazsınlar [6; s.217]. Məsələnin həllinə belə yanaşma, bizim fikrimizcə, mübahisəlidir, çünki mövcud modellər prosesə təsir edən çoxlu amillərə nəzarət etmir, aydındır ki, modelin aydın görünüşü eksperimental təyin olunur. Başqa sözlə, son model tənliklərində göstərilən əmsalların iştirakı zəruridir [7].

(6)-nın şərtini nəzərə alaraq (9) belə yazaq

$$\frac{d\tau}{dt^*} = -\tau^2 + \alpha\tau + \beta, \quad (10)$$

burada  $t^* = (R_1 + R_{-1})t$ ;  $\alpha = (R_1 - R_2)/(R_1 + R_{-1})$ ;  $\beta = R_2/(R_1 + R_{-1})$ .

(10) diferensial tənliyinin həlli aşağıdakı şəkil alır.

$$\tau(t^*) = \frac{S_1 - S_2 \frac{\tau_0 - S_1}{\tau_0 - S_2} \exp\{-(S_1 - S_2)t^*\}}{1 - \frac{\tau_0 - S_1}{\tau_0 - S_2} \exp\{-(S_1 - S_2)t^*\}}, \quad (11)$$

burada  $\tau_0 = \tau(t^*=0)$ .

(11) ifadəsilə yazılan əyrilərin ümumi görünüşü eksperimental kinetik asılılıqlara oxşardır [8].

Modelin qurulmasına əsaslanaraq analogi metal ovuntuların soyuq preslənməsi prosesini yazaq. Bu halda sıxlaşmanın termiki mexanizmi nəzərə alınmır, ( $R_2=0$ ) və (9) tənliyi aşağıdakı şəkil alır.

$$\frac{d\tau}{dt} = R, \tau\theta - R_{-1}\tau^2, \quad (12)$$

və ya (6)-nı nəzərə alaraq

$$\frac{d\tau}{dt} = -(R_1 + R_{-1})\tau^2 + R_1\tau. \quad (13)$$

Sabit temperatur halında (13) ifadəsinin sol tərəfi  $\frac{d\tau}{dt} = \frac{d\tau}{dp} \frac{dp}{dt} = \frac{d\tau}{dp} P$  şəklini alır və aşağıdakı tənliyə çevrilə bilər:

$$\frac{d\tau}{dp} = B\tau(1 - b\tau), \quad (14)$$

burada  $B \equiv \frac{R_1}{P}$ ;  $b \equiv 1 + \frac{R_{-1}}{R_1}$ . Hal tənliyini (14)-ü inteqrallaşdırma nəticəsində alırıq

$$BP + const = \ln \frac{\tau}{1 - b\tau}, \quad (15)$$

burada

$$const \equiv \ln \frac{\tau_0}{1 - b\tau_0}; \tau_0 \equiv \tau(p=0).$$

(15) hal tənliyi Şapiro-Koltqraft və Konopitski tənliklərindən yalnız az əhəmiyyətli fərqlənir, onlar asanlıqla aşağıdakı formaya gətirilir [9; s.362]:

$$KP + const = \ln \frac{1}{1 - \tau}, \quad (16)$$

bu Kunin-Yurçenko empirik asılılığına izomorf hal uyğundur. (16)- da  $K$  əmsalı axıcılıq həddindən asılıdır [10]. Tərəfimizdən çıxarılmış hal tənliyində  $B$ -yə uyğun əmsal yükləmə sürətindən asılıdır, buna, [6; s.221]-dakı eksperimental məlumatlar uyğundur. Lakin müxtəlif sabit temperaturlarda proseslərin yazılma halına uyğun modelin identifikasiyasında göstərilən əmsalların əlavə fenomenoloji təhlili zəruridir. Sadə halda fərz etmək olar ki,  $R_1 \sim T^*$  və  $R_1 \sim \frac{1}{\dot{\theta}^*}$ , burada  $T^*$ - gətirilmiş temperaturdur. Bu halda (12) tənliyi aşağıdakı şəkil alır

$$\frac{d\tau}{dp} = \frac{\alpha T^*}{P} \tau \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{\beta}{T^{*2}} \tau \right) \right\}, \quad (17)$$

burada  $\alpha$  və  $\beta$  - şixtənin eksperimental təyidlə axtarılan ümumiləşdirilmiş realoji parametrləridir.

Beləliklə, təklif olunan fenomenoloji model struktur dayanıqlıdır, real prosesin adekvat yazılışını reallaşdırmağa imkan verir. Soyuq presləmə prosesinin baxılma halında Şapiro- Koltqraft və Kunin-Yurçenko empirik tənliklərinə izomorf hal tənliyi almağa imkan verir, bu tənliklər nəzərə-tedicidir, ancaq prosesin ilkin parametrlərini nəzərə almırlar. Tərəfimizdən təklif olunan model isə ovuntu materiallarının presləmə texnoloji prosesinin kompleks tədqiqi və modelləşdirilməsində istifadə üçün nəzərdə tutulur.

**Nəticə.** Kipləndiricilərin alınması üçün ovuntu şixtəsinin soyuq presləmə prosesinin fenomenoloji modeli təklif olunmuşdur. Bu model göstərir ki, metallik ovuntuların preslənmə texnoloji prosesinin adekvat modelləşdirilməsi üçün xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişlənməmiş sistemindən istifadə etmək lazımdır [7,8].

Belə sistemlərə minimum nisbi sıxlıq, vaxt, temperatur, xarici təzyiq və yükləmə sürəti, habelə ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və onların formasını səciyyələndirən ümumiləşdirilmiş real parametrlərin toplusu aiddir. Model soyuq presləmə halında Şapiro-Koltqraft və Kunin-Yurçenko empirik tənliklərinə izomorf hal tənliyi almağa imkan verir.

## ƏDƏBİYYAT

- Hewitt R.L., Wallace W., de Matherbe M. S. The effects of strain- hardening in powder compaction. - Powder Metallurgy, 2003, 16, №31, p. 88-166.
- Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна- М.:Книга по Требованию, 2021. 336 с.
- Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. М.: Мир, 1988, Т.1, 405с.
- Ковальченко М.С. теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением. – Киев: Наукова думка, 1990. 240 с.
- Генералов М.Б., Степанова А.Р. К вопросу о влиянии скорости деформирования на параметры прессования порошкообразных материалов. В кн.: Химическое машиностроение, 1986, вып.5, с. 22-25.
- Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии. Киев: Изд-во АН УССР, 1983, 420 с.
- Mamedov A.T., Mamedov V. A. Phenomenological approach to the plastic deformation of metallic powders in Confined cavity. АМЕА-nın xəbərləri, Elm və innovasiya seriyası, 2012, №1 (9), s.67-72.
- Məmmədov A.T., Rüstəmov S.M. Dəmir əsaslı məsaməli cisimlərin plastiklik hipotezinin eksperimental yoxlanması // Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi məcmuələri, 2016, cild 18, №4, s.72-79.
- Рахманов С.Р., Мамедов А.Т., Беспалько В.Н., Тополов В.Л., Азимов А.А. Машиностроительные материалы (Справочные данные, термины и определения), Днепропетровск – Баку, «Сабах» 2017, 410с.
- Mamedov A.T., Ismailov N.Sh., Jafarova V.N. Ladle Treatment of Structural steel: Physical Modeling // Russian Engineering Research, 2022.p.1228-1233.

**PHENOMENOLOGICAL MODEL OF THE PROCESS OF PRESSING POWDER CHARGE****A.A.Jafarova***Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** A phenomenological model of the powder charge pressing process in the manufacture of sealants from iron-cast iron compositions is proposed. The phenomenological model makes it possible to use an extended system of external and internal thermodynamic parameters when pressing a powder mixture. The proposed phenomenological model allows us to consider known empirical formulas as an isomorphic equation of state for cold pressing. Such equations make it possible to control the pressing processes. In an elastic-plastic medium, relative density, time, temperature, external pressure, loading speed, physical and chemical properties of powder particles and their morphology belong to the main groups of parameters.

The developed model for pressing metal powders is structurally stable and fully takes into account the processes occurring during the formation of powder products of complex shape with different transitions. The proposed model is described using a variety of parameters such as relative density, pressing time, temperature, external pressure and loading rate, physicochemical properties, and powder particle shapes.

**Keywords:** powder metallurgy, pressing speed, relative density, phenomenological model, press form.

**ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВОЙ ШИХТЫ****А.А.Джафарова***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** Предложена феноменологическая модель процесса прессования порошковой шихты при изготовлении уплотнителей из железочугунных композиций. Феноменологическая модель позволяет использовать расширенную систему наружных и внутренних термодинамических параметров при прессовании порошковой шихты. Предложенная феноменологическая модель позволяет рассматривать известные эмпирические формулы как изоморфное уравнение состояния при холодном прессовании. Такие уравнения позволяют контролировать процессы прессования. В упруго-пластичной среде относительная плотность, время, температура, наружное давление, скорость нагрузки, физико-химические свойства порошковых частиц и их морфологии относятся к основным группам параметров.

Разработанная модель для прессования металлических порошков структурно устойчива и полностью учитывает процессы, происходящие при формовании порошковых изделий сложной формы, имеющих различные переходы. Предложенная модель описана с использованием множества параметров, таких как относительная плотность, время прессования, температура, внешнее давление и скорость нагружения, физико-химические свойства и формы порошковых частиц.

**Ключевые слова:** порошковая металлургия, скорость прессования, относительная плотность, феноменологическая модель, плотность, пресс-форма.

Daxil olub: 31.10.2022

UOT 669.1

## SOBA-ÇALOV QURĞUSUNDA MAYE POLADIN AZOTLA ÜFÜRÜLMƏSİNİN TEXNOLOJİ VƏ İQTİSADI CƏHƏTLƏRİ

V.N.Cəfərova

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

E-mail: azmiu\_vusale@mail.ru

*Açar sözlər: konstruksiya poladı, soba-çalov, üfurmə müddəti, azotla mikrolegirləmə, iqtisadi səmərə*

**Xülasə.** Azkarbonlu konstruksiya poladlarının keyfiyyətini yüksəltmək üçün maye metalın soba-çalov qurğusunda azotla üfürülməsinin texnoloji və iqtisadi cəhətləri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, hazırda poladı azotla mikrolegirləmək üçün daha çox azotlu ferroərintilər istifadə olunur. Arqonla üfurməyə nəzərən bu texnologiya xeyli ucuz başa gəlir. Lakin bu halda ferroərintinin mənimsənilməsi xeyli aşağı düşür və ferroərintilərin sərfi artır. Odur ki, poladın maye dəyərini azaltmaq üçün təcrübədə azotlu ferroərintiləri qazşəkili azotla əvəz edirlər, lakin prosesin səmərəliliyi maraqlıdır.

Adi keyfiyyətli konstruksiya poladının təmsalında legirləmə məqsədilə qazşəkili azotun istifadə olunmasının səmərəliliyi araşdırılmışdır. Üfurmə 60 tonluq soba-çalovda 50 ton maye metal üçün aparılmışdır. Azotlu ferroərinti kimi ferromanqan götürülmüşdür. Təcrübələrdə dibdən və yuxarıdan üfurmə üçün odadavamlı furmalar istifadə olunmuşdur. Üfurmə müddəti 6-72 dəq, qazın təzyiqi 0,5-0,7 MPa, azotun sərfi 30-60 m<sup>3</sup>/saat intervalında dəyişdirilmişdir.

Metaldə oksigen və azotun miqdarını təyin etmək üçün maye poladdan nümunələr azotla emala qədər, emalın gedişində, ərinti üfürüldükdən sonra və soba-çalov qurğusunda götürülmüşdür. Metaldə qazların miqdarı qazanalizator qurğusunda vakuum əritmə metodu ilə təyin olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, üfurmə zamanı maye polada azot əhəmiyyətli dərəcədə nüfuz edir və poladda azotun miqdarı çalova verilən qazşəkili azotun miqdarı ilə düz mütənəsbidir. Müqayisə üçün soba-çalov qurğusunda yuxarıdan daldırılan odadavamlı furma ilə üfurmə aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, yuxarıdan daldırılan furma ilə üfurmə zamanı azotun miqdarının artımı 6-12 dəq ərzində xeyli azdır. Belə ki, azotun miqdarının üfurmədən sonra ortalama artımı 0,003% təşkil edir və 0,012%-i aşmır.

**Giriş.** Elektrik poladının keyfiyyətinin yüksəldilməsinin səmərəli və perspektivli üsullarından biri maye metalın sobadankənar emalıdır. Sobadankənar emal zamanı mikrolegirləmə, modifisirləmə, maye metala qaz və ovuntuların üfürülməsi və digər innovativ texnologiyalar tətbiq oluna bilər. Son zamanlar poladın azot və ya arqonla üfürülməsi, o cümlədən ovuntu halında ferroərintilərin verilməsi sahəsində tədqiqatlar diqqəti cəlb edir.

**Tədqiqatın məqsədi.** Məqsəd, tərkibində karbon az olan konstruksiya poladlarının keyfiyyətini yüksəltmək üçün maye metalın soba-çalov qurğusunda azotla üfürülməsinin texnoloji və iqtisadi cəhətlərinin araşdırılması və azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazşəkili azotun istifadəsinin məqsəduyğunluğu, iqtisadi səmərəliliyi, texnoloji üstünlükləri eləcə də qazvari azotla legirləmə xərclərinin maksimum dərəcədə azalmasından ibarətdir.

**Problemin həlli.** Müəyyən olunmuşdur ki, karbonitridlə möhkəmləndirilmiş azkarbonlu polad maksimal möhkəmlilik və plastiklik nümayiş etdirir. İnşaat konstruksiyalarında karbonlu və azlegirli poladları möhkəmləndirilmiş poladla əvəz etdikdə 30%-dək metala qənaət edilir [1; s. 36-39].

Təsdiq olunmuşdur ki, tökmə poladlarını azotla mikrolegirlədikdə karbonitridlərin miqdarının artması səbəbindən dənələrin xırdalanması baş verir. Əlavə nitrid fazasının ayrılması dispers möhkəmləndirməyə gətirib çıxarır. Nəticədə tökmə poladlarının möhkəmliyi, yeyilməyə davamlılığı və zərbə özlülüyü xeyli artır [2; s.72-74]. Göstərilmişdir ki, maye poladın çalovda azotla üfürülməsi kimyəvi tərkib və temperaturun bərabərləşməsi ilə yanaşı, metalın qeyri-metal birləşmələrlə çirklənməsinin xeyli dərəcədə azalmasına gətirib çıxarır [3; s.112-115].



Müəyyən olunmuşdur ki, xromla azlegirlənmiş poladın azotla üfürülməsi temperatur və kimyəvi tərkibin ortalaşması və qeyri-metal qatışıqların azalması hesabına maye axıcılığın yaxşılaşması və tökmə müddətinin azalmasına səbəb olur. Sonrakı tədqiqatlarda göstərilmişdir ki, qızmar yayma zamanı azotun poladın texnolojiliyinə təsiri yüksək temperaturlarda möhkəmlik və plastikliyin qiyməti ilə müəyyən olunur. Poladda həllolmasının normal həddində azotun texnoloji xassələri pisləşdirməsi müşahidə olunmamışdır.

Məlumdur ki, austenit və austenit-ferritli poladların plastikliyini yaxşılaşdırmaq, kükürd və fosforun miqdarını azaltmaq üçün metalı nadir torpaq metallarla (NTM) modifisirləmək müsbət nəticələr verir. Məqbul texnoloji xassələr o cümlədən plastiklik xassələri poladda azot 0,10-0,30%, kükürd  $\leq 0,006\%$ , fosfor  $\leq 0,02\%$  olduqda əldə olunur. Belə poladın eyni zamanda Ca, Zr, Al, Ti və B ilə modifisirlənməsi də yaxşı nəticələr verir [4; s. 61-62].

Müəyyən olunmuşdur ki, austenit poladında hətta 0,01% S olduqda və azotun miqdarını 0,1% - dək artırıqda poladın plastikliyi azalır. Azotun texnoloji xassələrə təsirini daha dərin tədqiqatlar göstərmişdir: belə ki, austenit-ferrit poladını 0,009 ; 0,11 və 0,218% azotla legirlədikdə metalın texnoloji plastikliyi və ilkin qızma temperaturu azotun miqdarından asılı olur. Daha böyük plastiklik 1000°C-dən aşağıda azotun miqdarının sonrakı artımında müşahidə olunur [5].

Azotun polada möhkəmləndirici təsiri metallurlara yaxşı məlumdur. Bu effekt bərk məhlulu tablandırıqda daha güclü təzahür edir, geniş intervalda tablandırılmış və ya soyuq deformasiya olunmuş metalın tabəksiltməsindən sonra da müşahidə olunur. Bərk məhlulda azotun qalmasını təmin edən yüksək temperaturda tablandırılmış nümunələrdə azotun miqdarının artması ilə poladın plastikliyi və möhkəmliyi artır.

Eyni dərəcəli soyuq plastik deformasiyada möhkəmləndirmə nisbi uzanmanın praktiki sabit qiymətində azotun miqdarı çox olduqda artır. Soyuq deformasiya edilmiş poladın 600°C-də köhnəldilməsi zamanı metal daha çox möhkəmlənir, ancaq bu zaman plastiklik xeyli azalır.

Qeyd edək ki, tablandırılmış vəziyyətdə axıcılıq həddinin artımı azotun miqdarını 0,3-dən 0,7%-dək artırıqda 100 N/mm<sup>2</sup>-ı aşmır, soyuq plastik deformasiyadan sonra isə 200 N/mm<sup>2</sup> təşkil edir, yəni sonuncu halda azotun möhkəmləndirici səmərəsi daha böyük olur.

Azot, bir qayda olaraq, polada atmosfer təzyiqində normal həllolma həddinə uyğun miqdarda verilir. Digər legirləyicilər isə maksimal korroziya dözümlüyü əldə etmək üçün bərk məhlulda azotun tablamadan sonra qalmasını təmin edirlər.

Poladı azotla mikrolegirləmək üçün çalovda üfürmə üsulu məqbul dəqiqliklə metalda azotun tələb olunan miqdarını əldə etməyə imkan verir. Lakin bunun üçün prosesin kinetik xarakteristikaları, aparılma şəraiti və maye poladın tərkibi haqda dəqiq məlumatlara malik olmaq lazımdır.

Beləliklə, azkarbonlu konstruksiya poladlarını azotla mikrolegirləmə onların tətbiq sahələrini genişləndirməyə və məmulatların material tutumunu azaltmağa imkan yarada bilər. Odur ki, xarici ölkələrdə belə poladların yaradılması sahəsində perspektivli tədqiqatlar aparılır. Bu tədqiqatlar inşaat konstruksiya poladları üçün də aktuallıq kəsb edir.

Azkarbonlu konstruksiya poladlarının struktur və keyfiyyət xarakteristikaları, habelə fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin yaxşılaşdırılması bu gün də tədqiqatçı və mütəxəssislərin diqqət mərkəzindədir. Bu məqsədlə poladların sobadankənar emal texnologiyaları daim təkmilləşdirilir. Belə texnologiyalardan biri də maye metalın soba-çalov qurğusunda müxtəlif qaz və ovuntularla üfürülməsidir. Üfürmə texnologiyasının nəzəri və texnoloji cəhətləri hələ də kifayət qədər dərinlən öyrənilməmişdir.

Maye poladın soba-çalov qurğusunda üfürülməsi üçün molekulyar azotun istifadə edilməsi azotun ucuz və prosesin sadəliyi baxımından mütərəqqi metallurji texnologiya kimi böyük maraq doğurur. Poladı üfürmək üçün qazşəkilli azotun istifadəsi təcrübəsi göstərir ki, azotun həllolma sürəti və onun metalda əldə olunan qatılığı bir sıra amillərdən asılıdır. Bu sahədə tədqiqatlardan əldə olunan nəticələr ziddiyyətlidir və tədqiqatçılar arasında azotla legirləməyə dair yekdil fikir yoxdur. Bəzi tədqiqatçılar maye metalı arqonla üfürməyə üstünlük verir, halbuki arqonla üfürmə iqtisadi cəhətdən heç də səmərəli hesab olunmur.

Azotla poladın üfürülməsi prosesi azotun kütləköçürmə rejimində qabarcıqlar vasitəsilə maye metala keçib həll olmasına əsaslanır. Bu prosesin sürəti belə bir tənliklə ifadə olunua bilər:

$$v_p = \frac{dC}{d\tau} = \frac{\beta S n}{V} (C_h - C), \quad (1)$$

burada  $C$  və  $C_p$  – azotun cari və tarazlıq qatılığı, %;  $\beta$  – qabarcıqlardan metala kütləköçürmənin orta effektiv əmsalı, sm/saat;  $n$  – köpüklərin orta statistik sayı;  $V$  – metalın həcmi, sm<sup>3</sup>;  $S$  – köpüklərin sahəsidir, sm<sup>2</sup>.

Bir sıra tədqiqatlarda göstərilir ki, əksər köpük və ya qabarcıqların forması üfürmə şəraitində göbələkvari formaya yaxın olur. Köpüyün səthinin sahəsini kürə seqmentinin sahəsi kimi qəbul edərək, kürənin həcminə görə köpüyün ekvivalent radiusunu təyin etmək olar:

$$S = 18,033 \cdot r_e^2, \quad (2)$$

Metalda köpüklərin orta statistik sayını metalın həcmində orta temperatur və təzyiqə, habelə qazın saniyəlik sərfinə görə təyin etmək olar. Hesablamalarda köpüyün orta statistik həcmi, furmanın konstruksiyası, metal sütunun hündürlüyü, tərənəmz koordinatlara nəzərən köpüklərin orta üzübçixmə sürəti nəzərə alınmışdır. Köpüklərin orta üzübçixmə sürətini belə təyin etmək olar:

$$u = \xi \sqrt{g r_e}, \quad (3)$$

burada  $\xi$  – sabit vuruqdur. Onda köpüklərin orta statistik sayı üçün yazmaq olar:

$$n = \frac{J}{4/3\pi r^3} \cdot \frac{H}{\sqrt{g r_e}} \cdot \frac{T}{273} \left(1 + \frac{H}{290}\right), \quad (4)$$

Çalovun dibindən odadavamlı furma ilə üfürmə zamanı maye metalın səthinədək köpüyün qalxması müddətində azotun nail olunan orta tarazlıq qatılığını tarazlıq sabiti ( $K_N$ ) və azotun aktivlik əmsalı ( $f_N$ ) vasitəsilə təyin etmək olar:

$$C_p = \frac{K_N}{2 f_N} \sqrt{\frac{1+H}{145}} + 1, \quad (5)$$

Tarazlıq sabitini belə təyin etmək olar:

$$\lg K_N = -\frac{188}{T} - 1,25, \quad (6)$$

azotun aktivlik əmsalını isə Vaqner metodu ilə təyin etmək olar:

$$\lg f_N = \sum e_i^j [\%i].$$

Kütləköçürmənin orta effektiv əmsalı belə tapılır:

$$\beta = \frac{D_N}{\delta}, \quad (7)$$

$$\delta = D_N^{0,5} v^{0,15} \sqrt{\frac{r}{W}}, \quad (8)$$

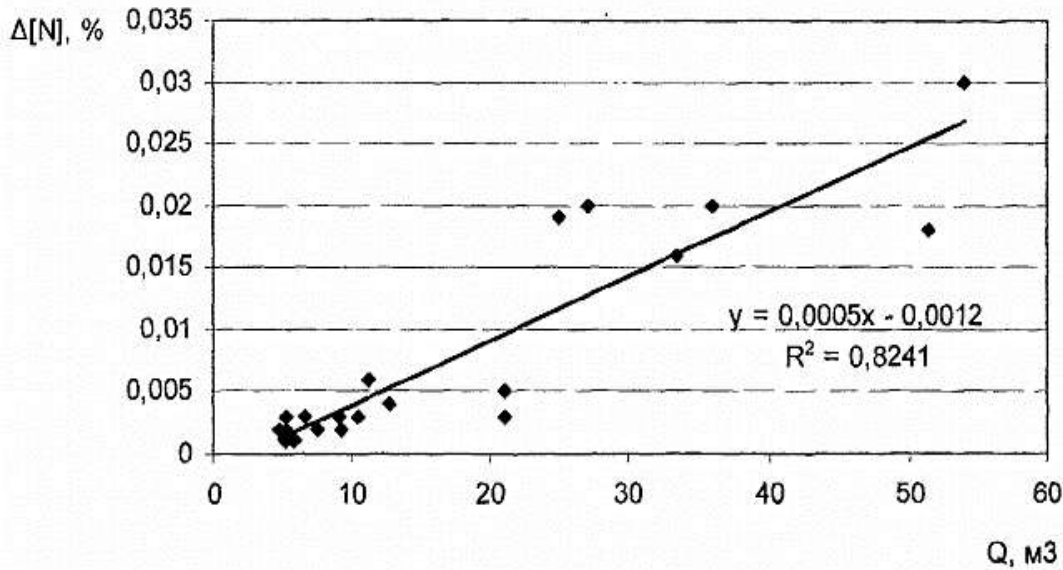
Təcrübi məlumatlar əsasında burada  $W = 10$  sm,  $r = 1,55$  sm;  $D_N = 3,77 \cdot 10^{-5}$  sm<sup>2</sup>/saat,  $V = 9 \cdot 10^{-3}$  sm<sup>2</sup>/saat qəbul edilir.

Təcrübələrdə “Vayçer” (Avstriya) firmasının dibdən üfurmə üçün odadavamlı furmaları istifadə olunmuşdur. Yarıqlı furmalar vasitəsilə üfurmə müddəti 6-72 dəq, magistralda təzyiq 0,5- 0,7 MPa, azotun sərfi 30-60 m<sup>3</sup>/saat intervalında dəyişdirilmişdir.

Oksigen və azotun miqdarını təyin etmək üçün maye poladdan nümunələr azotla emala qədər, emalın gedişində, ərinti üfürüldükdən sonra və soba-çalov qurğusunda götürülmüşdür. Metalda qazların miqdarı “Strohlein” furmasının qazanalizator qurğusunda vakuum əritmə metodu ilə təyin olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, üfurmə zamanı maye polada azot əhəmiyyətli dərəcədə nüfuz edir və poladda azotun miqdarı çalova verilmiş qazşəkilli azotun ümumi miqdarı ilə birbaşa əlaqəlidir (şəkil 1). Poladda azotun miqdarı xüsusən sərfiyyat 20m<sup>3</sup>-dan çox olduqda əhəmiyyətli dərəcədə artır. Belə ki, azotun sərfi 40-50 m<sup>3</sup>/saat intervalında olduqda üfurmə 18-22 dəq. ərzində gedir. Bu müddət ərzində poladda azotun miqdarı ortalama 0,004% artır, lakin 0,016%-i aşmır. Bu müddətdə poladda oksigenin miqdarı 0,016-0,028-dən 0,030-0,008%-dək azalır.

Müqayisə üçün soba-çalov qurğusunda yuxarıdan daldırılan odadavamlı furma ilə üfurmə aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, yuxarıdan daldırılan furma ilə üfurmə zamanı azotun miqdarının artımı 6-12 dəq ərzində xeyli azdır (şəkil 2). Belə ki, azotun miqdarının üfurmədən sonra ortalama artımı 0,003% təşkil edir və 0,012%-i aşmır.



Şəkil 1. Poladda azotun miqdarının üfürülən azotun ümumi sərfindən asılılığı (dibdən üfurmə)

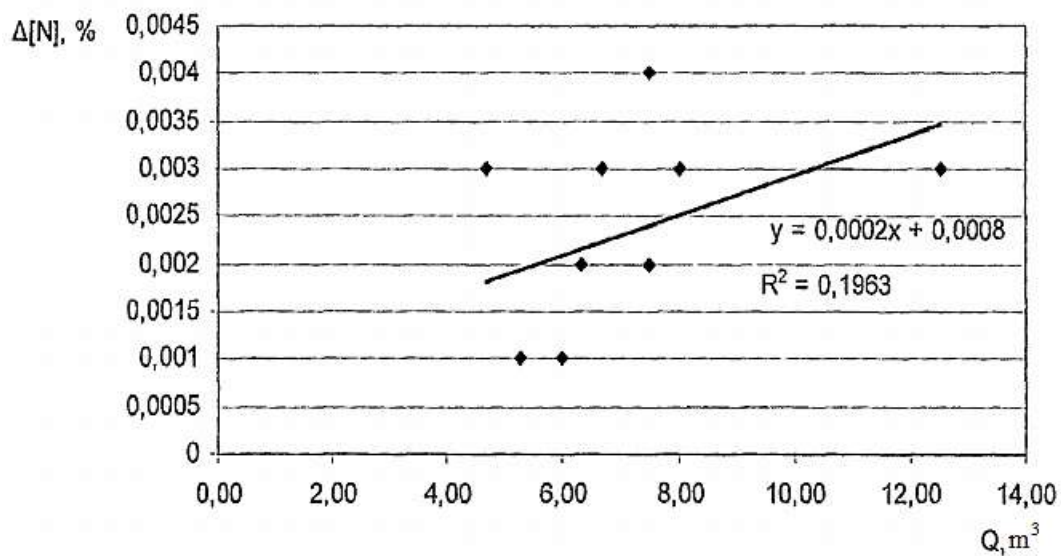
Müəyyən olunmuşdur ki, polada 30-60 dəq. müddətində 0,025%-dən çox azot üfürüldükdə külçələrin “böyüməsi” müşahidə olunur. Bu effekt poladda çevrilmələr nəticəsində azotun həllolmasında əhəmiyyətli dəyişikliklər və köpüklərin yaranması ilə əlaqədardır (cədvəl).

Bununla əlaqədar olaraq, metalın azotla doydurulmasının istənilən üsulunda kristallaşmanın sonunda ətraf mühitdə azotun parsial təzyiqilə kristallaşmış metalın həcmində azotun miqdarı arasında tarazlıq müşahidə olunur.

Məlumdur ki, azot poladda bərk məhlul halında və qeyri-metal fazada (nitrid yaradan elementlər: alüminium, titan, vanadium və b.) ola bilər. Bizim halda, poladda nitrid yaradıcı elementlərin miqdarı xeyli az olduğuna görə, azot əsasən bərk məhlul halında olacaqdır, bu isə azotun ayrılma sürəti və külçələrin “böyüməsini” müəyyən qədər artırır.

Bundan başqa, azotun miqdarını 0,020%-dən yuxarı qaldırıqda poladda ləkəli likvasiyanın baş verməsi müşahidə olunmuşdur. Sonuncu iki məsələ, yəni külçənin “böyüməsi” və ləkəli likvasiya poladın azotla doyurulması məsələsinin iqtisadi aspektini araşdırmağı zəruri edir.

Metallurgiyada poladı azotla mikrolegirləmək üçün daha çox azotlu ferroərintilər, məsələn, ferromanqan istifadə olunur. Arqonla üfurməyə nəzərən bu texnologiya xeyli ucuz başa gəlir. Lakin bu halda ferroərintinin mənimsənilmə dərəcəsi xeyli aşağı düşür və deməli, ferroərintilərin sərfi artır. Odur ki, konstruksiya poladının maya dəyərini azaltmaq üçün təcrübədə azotlu ferroərintiləri tamamilə və ya qismən qazşəkili azotla əvəz edirlər. Bu halda üsulun səmərəliliyi xüsusi maraq doğurur.



Şəkil 2. Poladda azotun miqdarının azotun ümumi sərfindən asılılığı (daldırılan furma ilə üfurmə)

#### Poladda azotun həllolması

Faza	Temperatur, °C	10 <sup>5</sup> Pa təzyiqdə azotun miqdarı, %
Maye	1536	0,0126
δ	1536 – 1391	0,0126 – 0,0106
γ	1391 – 910	0,0222 – 0,0310
α	910	0,0043

Ст.20 poladının timsalında legirləmə məqsədilə qazşəkili azotun istifadə olunmasının səmərəliliyi araşdırılmışdır. Üfurmə 60 tonluq soba-çalovda 50 ton maye metal üçün aparılmışdır. Azotlu ferroərinti kimi ferromanqan götürülmüşdür. Azotlu ferromanqanla legirlədikdə Ст.20 poladında azotun miqdarı 0,006-dan 0,024% [N]-dək yüksəlir.

Polada azotlu ferromanqan verildikdə ferroərintinin mənimsənilməsi 70% təşkil edir. Ferromanqanda azotun miqdarı 6% olduqda mənimsənilən azotun miqdarı belə tapıla bilər:

$$\Delta N = [N]_{son} - [N]_{baş},$$

burada  $[N]_{baş}$  – üfürmədən əvvəl azotun qatılığı, %;  $[N]_{son}$  – üfürmədən sonra azotun qatılığı, %;  $\Delta N = 0,026 - 0,007 = 0,019\%$ .

Mənimşənilən azotun miqdarı, kq:

$$[N]' = G_{me} \cdot \Delta N : 100\%,$$

burada  $G_{me}$  – çalovda metalın kütləsi, kq;

$$[N]' = 50000 \cdot 0,019 : 100 = 9,5.$$

Beləliklə, metala daxil olan azotun miqdarı:

$$[N]'' = [N]' \cdot 100 : 70,$$

$$[N]'' = 9,5 \cdot 100 : 70 = 13,57 \text{ kq.}$$

İtkiləri nəzərə almaqla poladda azotun qatılığını 0,026% əldə etmək üçün lazım olan ferromanqanın miqdarı belə tapıla bilər:

$$M_H = N'' \cdot 100 : 6,$$

$$M_H = 13,57 \cdot 100 : 6 = 226 \text{ kq.}$$

Bakı Polad Şirkətindən alınan məlumata görə azotlu ferromanqanın 1kq-ı 12,91 manatdır. Onda poladı azotlu ferromanqanla legirləmək üçün cəmi xərclər belə hesablanı bilər:

$$226 \cdot 12,91 = 2917,66 \text{ man.}$$

Deməli, 1 ton poladı azotlu ferroərinti ilə legirləmək üçün xərclər belə tapıla bilər:

$$2917,66 : 50 = 58,35 \text{ man.}$$

Qazşəkilli azotla legirlədikdə poladda azotun miqdarı 0,007-dən 0,026% [N]-dək artır, bunun üçün polada  $25\text{m}^3$  qazşəkilli azot verilir, bu zaman mənimşəmə 66,8% təşkil edir. Bakı Polad Şirkətindən alınan məlumata görə 1  $\text{m}^3$  azot 0,15 manatdır. Deməli, polada  $25 \text{ m}^3$  qazşəkilli azot verildikdə xərclər 3,75 man. təşkil edəcəkdir.

Legirləmə prosesində bərabər şəraiti təmin etmək üçün maye metalı üfürmə zamanı həm də 498 kq ferromanqan (ФМН78) əlavə etmək lazımdır. 1kq (ФМН78) 11,04 manatdırsa, 226 kq ФМН78-ə çəkilən xərc  $226 \cdot 11,04 = 2495,04$  man. olacaqdır.

Polada üfürmə zamanı verilən qazşəkilli azotun dəyəri nəzərə alınmaqla ümumi xərclər belə tapıla bilər:

$$2495,04 + 3,75 = 2498,79 \text{ man.}$$

1 ton polad əritməyə çəkilən xərclər isə:

$$2498,79 : 50 = 49,98 \text{ man. təşkil edər.}$$

1 ton poladı azotlu ferroərinti və qazşəkilli azotla legirləmə zamanı xərclərin fərqi belə tapıla bilər:

$$58,35 - 49,98 = 8,37 \text{ man. olur. Bu fərq faizlə ifadədə 6,53 \% təşkil edir.}$$

**Nəticə.** Beləliklə, aparılmış hesablamalar azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazşəkilli azotun istifadəsinin məqsəduyğunluğu, iqtisadi səmərəliliyi və texnoloji üstünlüklərini ortaya qoyur. Azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazvari azotla legirləmə xərcləri 6,53% azalır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В., Смирнов А.Н. Производство стали. Непрерывная разливка металла. М: Теплотехник, 2009, 528 с.
2. Паршин В.М., Буланов Л.В. Непрерывная разливка стали. Липецк: ОАО «НЛМК», 2011, 221 с.
3. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Штепан Е.В. Непрерывная разливка стали. Учебник. Донецк: ДонНТУ, 2011, 482 с.
4. Терентьев В. Ф. Усталостная прочность металлов и сплавов. - М.; Нтермет Инжиниринг, 2002, 288 с.
5. Мəmmədov A.T., İsmayilov N. Ş., Hüseynov M.Ç., Quliyev F.T., Cəfərova V.N. “Baku steel company” MMC-də istehsal olunan inşaat armatur.poladlarının termiki möhkəmləndirilməsində baş verən struktur çevrilmələri. AzMİU, Elmi əsərlər, Bakı, 2022, №1, s. 41-48.

### TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF METAL DURING BLOWING WITH NITROGEN IN THE LADDER FURNACE

V.N. Jafarova

*Azerbaijan University of Architecture and Construction*

**Abstract.** In order to improve the quality of low-carbon structural steels, the technological and economic aspects of nitrogen blowing of liquid metal in a ladle-furnace unit were studied. It is shown that more nitrogen ferroalloys are currently used for steel microalloying with nitrogen. Compared to argon purge, this technology is much cheaper. But at the same time, the assimilation of ferroalloys is significantly reduced and the consumption of ferroalloys increases. Therefore, to reduce the cost of steel in practice, nitrogen-containing ferroalloys are replaced by gaseous nitrogen, but the efficiency of the process is of interest.

The efficiency of the use of gaseous nitrogen for the purpose of alloying was studied on the example of structural steel of ordinary quality. The blowing of 50 tons of liquid metal was carried out in a 60-ton electric arc furnace. Manganese was introduced into steel in the form of ferromanganese. In the experiments, refractory tuyeres were used for the lower and upper blasts. The purge time was varied within 6–72 min, the gas pressure was 5–0.7 MPa, and the nitrogen flow rate was 30–60 m<sup>3</sup>/h.

To determine the amount of oxygen and nitrogen, samples were taken from liquid steel before purging with nitrogen. In addition, sampling from liquid steel was carried out during its processing in a furnace and after blowing. The amount of gases in the metal was determined by the method of vacuum melting in an analyzer boiler.

Nitrogen was found to significantly permeate the liquid steel during blowdown, with the amount of nitrogen in the steel being directly proportional to the amount of nitrogen gas fed into the lance. For comparison, blowing was carried out by a refractory lance immersed on top of a ladle-furnace unit. It has been established that when purging liquid steel with nitrogen for 6–12 min. tuyere from above, the amount of nitrogen is much less than with conventional blowing. So, as the average increase in the amount of nitrogen after blowing is 0.003% and does not exceed 0.012%.

**Keywords:** structural steel, ladle furnace, blowing time, nitrogen microalloying, economic efficiency.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОДУВКЕ С АЗОТОМ НА УСТАНОВКЕ КОВШ-ПЕЧЬ

В.Н. Джафарова

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет*

**Резюме.** С целью повышения качества низкоуглеродистых конструкционных сталей, исследованы технологические и экономические аспекты азотной продувки жидкого металла на установке ковш-печь. Показано, что в настоящее время для микролегирования стали азотом используют больше азотных ферросплавов. По сравнению с продувкой аргоном эта технология намного дешевле. Но при этом значительно снижается усвоение ферросплавов и увеличивается расход ферросплавов. Поэтому для удешевления стали на практике азотсодержащие ферросплавы заменяют газообразным азотом, но эффективность процесса представляет интерес.

Эффективность использования газообразного азота в целях легирования исследована на примере конструкционной стали обыкновенного качества. Продувка 50 тонн жидкого металла осуществлялась в 60-тонной электродуговой печи. Марганец в сталь вводился в виде ферромарганца. В опытах использовались огнеупорные фурмы для нижнего и верхнего дутья. Время продувки изменяли в пределах 6-72 мин, давление газа составляло 5-0,7 МПа, а расход азота 30-60 м<sup>3</sup>/ч.

Для определения количества кислорода и азота перед продувкой азотом из жидкой стали отбирали пробы. Кроме того отбор пробы из жидкой стали осуществляли в процессе её обработки в печи и после продувки. Количество газов в металле определяли методом вакуумной плавки в котле-анализаторе.

Было определено, что азот в значительной степени проникает в жидкую сталь при продувке, причем количество азота в стали прямо пропорционально количеству газообразного азота, подаваемого в фурму. Для сравнения вдувания производилось огнеупорной фурмой, погруженной сверху на установку ковш-печь. Установлено, что при продувке жидкой стали азотом в течение 6-12 мин. фурмой сверху количество азота значительно меньше, чем при обычной продувке. При этом средний прирост количества азота после продувки составляет 0,003% и не превышает 0,012%.

**Ключевые слова:** конструкционная сталь, ковш-печь, время продувки, микролегирование азотом, экономическая эффективность.

Daxil olub: 11.10.2022

UOT 669.1

## FERROSİLİSIUM İSTEHSALI ÜÇÜN SİLİSIUMUN ALINMASININ NƏZƏRİ VƏ PRAKTİKİ ƏSASLANDIRILMASI

**Şəmsiyyə İlhamqızı**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

*E-mail: shemsiyye.ilham@mail.ru*

*Açar sözlər: ferroərinti, xammal, istehsal, ərinti, polad, istehsal texnologiyası, reduksiya, karbonotermik, ərimə temperaturu*

**Xülasə.** Ferroərıntilərin istehsalında əsas xərc maddəsi xammalın maya dəyəridir. Odur ki, texnoloji, iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan xammalın tərkib və xassələrinin rasionallığı arzuolunandır. Xammalın tərkib və xassələri isə istehsal texnologiyasının düzgün seçilməsi çox əhəmiyyətlidir. Ferroərinti istehsalı texnologiyalarında istifadə olunan üsullar reduksiyaedicinin növü ilə birbaşa əlaqəlidir. Seçilən üsul sobanın növü, xammalın kimyəvi tərkibi və ferroərıntinin istifadə sahəsindən asılıdır.

Bu məqalədə ferrosilisiyum istehsal proseslərinin xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Ferrosilisiyum elektrik poladı istehsalında ən çox istifadə edilən ferroərintidir və onun başlıca elementi silisiyumdur. Ferrosilisiyum istehsalında silisiyumun yüksək təmizliyinin təmin edilməsi mühüm elmi-texniki problemdir.

Son illər müxtəlif sənaye sahələrinin silisiyum xammalına tələbatı 35-50% artmışdır və bu tendensiya metallurgiya sənayesi üçün daha xarakterikdir. Hazırda dünya bazarında təmiz silisiyuma tələbat hər il təqribən 30% artıma malikdir, bu artımın yarısı alternativ enerji mənbələri üçün cihazqayırma sənayesinin payına düşür. Yüksək təmiz silisiyumun alınması metallurgiya texnologiyalarının vacib bir elmi-texniki problemi kimi təhlil olunmuşdur.

**Giriş.** Simens şirkətinin texnologiyası əsasında alternativ enerji cihazları üçün əldə edilən mono və multikristal silisiyum, həmçinin yarımkeçirici silisiyum istehsalının məhdud həcmi və maya dəyərinin bahalığı səbəbindən məhdud tətbiq olunur. Texniki silisiyumun alınma texnologiyaları arasında kremnezem xammalın birbaşa bərpa texnologiyası xüsusi yer tutur [1; s. 42-48].

Bu proses filiz-termik sobalarda karbon bərpaedici ilə xammaldan silisiyum əldə edilməsi, sonra isə onun istiqamətli kristallaşma üsulu ilə saflaşdırılmasını nəzərdə tutur. Bu texnologiya alternativ enerji mənbələrinin işlənməsi prosesdə ekoloji zərərli və təhlükəli maddələri kənarlaşdırmağa şərait yaradır və istehsal həcmının artması hesabına maya dəyərini azaldır [2; s. 250-254].

Beləliklə, silisiyum alınmasının alternativ texnologiyalarını müqayisə edərək metallurji materialın keyfiyyətinə xüsusi diqqət ayırmaq lazımdır. Ona görə də silisiyumun karbonotermik üsulla alınmasının nəzəri və praktik məsələlərinin həllində mövcud texnoloji əməliyyatların təkmilləşdirilməsinə ehtiyac vardır.

Beləliklə, tədqiqatın məqsədi karbonotermik texnologiyaların nəzəri və təcrübi müddəalatı əsasında ferroərinti istehsalı üçün yüksək təmiz silisiyum xammalının əldə olunmasıdır. Bu məqsədə nail olmaq üçün təqdim olunan məqalədə karbonotermik üsulla hazırlanan silisiyumun keyfiyyət göstəricilərinə tələblərin əsaslandırılması zəruridir.

Kvars xammalın birbaşa bərpası ilə əldə edilən texniki silisiyumda çirklənmə mənbələrini aşkarlamaq lazımdır. Texniki silisiyumun alınması prosesində əritmə zamanı şixtənin xırda fraksiyalı hissəsinin optimal parametrlərin müəyyən edilməlidir. Karbonotermik prosesdə qatışıqların paylanması qiymətləndirilməli və temperatur dəyişmələrində texniki silisiyumda qatışıqların formalaşma qanunauyğunluqları öyrənilməlidir [3; s. 100-101].

Sonrakı tədqiqatlarda karbonotermik prosesdə əritmə məhsullarının element və faza tərkiblərinin öyrənilməli və metallurji xammalın istiqamətli kristallaşma və zonalı əritmə metodları ilə saflaşdırılmasının texnoloji parametrləri təyin olunmalıdır. Nəhayət texniki silisiyumun istifadə sahəsini



genişləndirmək məqsədilə ənənəvi texnologiyaların təkmilləşdirilməsi üzrə tövsiyələr hazırlanmalıdır [4].

**Tədqiqatın metod və materialları.** Kompüter modelləşməsi üçün tədqiqat obyektləri qismində silisiumun karbonotermik proseslə sobalarda istehsalı (“Selektor” proqramı), silisium ərintisinin oksidləşdirici və likvasiyalı saflaşdırılması (“Diatris” və “Multicomdia” proqramları) istifadə edilmişdir. Analitik tədqiqat obyekti kimi kvarts xammalı, karbonlu materiallar posalar, texniki və rafinəli silisium (və ya silikon) seçilmişdir. İstiqamətli kristallaşma və zonalı əritmə üsulları ilə multikristal silisium nümunələr əldə edilmişdir

Təcrübi sınaqlar müasir analiz üsulları ilə yerinə yetirilmişdir: atom-adsorbsiyalı, atom emissiyalı, metalloqrafik, rentgen-fazalı, rentgen-fluoresant, rentgen-spektral mikroanaliz, həmçinin diffuziyalı əksolunma üçün integrasiya sferası metodu, rentgen-fotoelektron spektroskopiya və skanerli zond mikroskopu.

Aparılmış tədqiqatlar əsasında ovuntu materialların həndəsi parametrlərinin şixtənin məsaməli strukturunun yaranmasına təsirləri müəyyən edilmişdir. Karbonotermik prosesin göstəricilərinə sobaya verilən şixtdə karbonun təsir mexanizmləri aşkar edilmişdir. Texnoloji proseslərə adekvat olan termodinamik modellərin yaradılması əsasında sobada təmiz silisiumun əldə edilməsində çoxsaylı elementlərin fiziki-kimyəvi təsiri öyrənilmişdir.

Müxtəlif qatışıqların əritmə zamanı paylanması termodinamik analizi əsasında temperaturun qatışıqların formalaşma qanunauyğunluğu müəyyən edilmişdir. Ferroərintidə evtektik qatışıqların formalaşma mexanizmlərinin termodinamik analizi metodologiyası işlənmişdir. Ferroərintilərdə ilkin qarışıq tərkiblərinin seçimi və silisium ərintisinin soyudulması zamanı temperatur dəyişmələri nəzərə alınmışdır.

Çoxkomponentli silisium əritməsinin likvasiyalı saflaşdırılmasında elementlərin paylanma xüsusiyyətləri müəyyən olunmuşdur. Kristallaşma metodu ilə təcrübi nümunələrin struktur və elektrik-fiziki xassələrinə silisiumun saflaşdırılmasının texnoloji parametrlərinin təsiri müəyyən edilmişdir. Metallurgiya xammal – multisilisium nümunələrin kimyəvi tərkibi, səthin nano-relyefinin xassələrinin öyrənilməsi əsasında element və faza tərkibinə dair yeni məlumatlar əldə edilmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti odur ki, yüksək təmiz silisium nümunələrin təcrübi-sınaq variantları karbonotermik üsulla metallurgiya xammalından əldə edilir. Xırda fraksiyalı xammal materiallarından əridilməyə hazırlıq metodları təklif olunmuşdur. Karbonotermik proseslərin fiziki-kimyəvi modelləri işlənmiş və laborator şəraitdə sınaqdan keçmişdir. Əritmədə texnoloji parametrlərin silisiumun keyfiyyətinə təsiri qiymətləndirilmişdir.

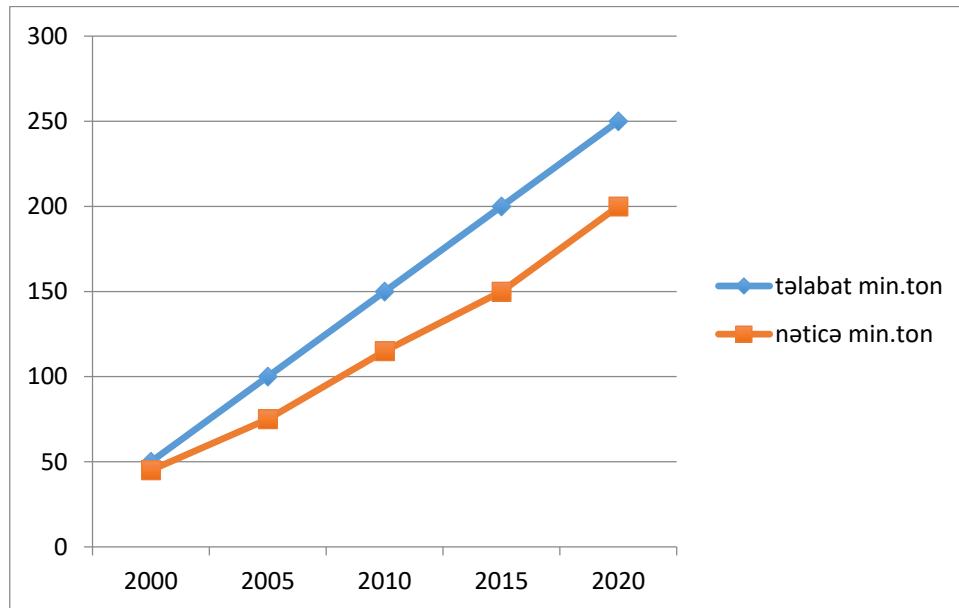
Texniki təmiz silisiumun istehsalı texnologiyasının alqoritmi təklif olunmuşdur: əvvəl oksidləşdirici rafinasiya və sonra kristallaşma həyata keçirilməlidir. Silisium ovuntusunun hidrometallurji metodu saflaşdırılmasının rəşional texnoloji parametrləri müəyyən olunmuşdur. Yüksək təmiz silisiumun zonalı əritmə və istiqamətli kristallaşma ilə metallurji xammaldanda əldə olunmasının səmərəliliyi əsaslandırılmışdır. Təklif olunan texniki və texnoloji işləmələr sənaye şəraitində karbonotermik üsulla yüksək təmiz ferroərintilər istehsalının mənimsənilməsinə zəmin yaradır.

Əldə olunmuş elmi və təcrübi nəticələrin etibarlılığı və dürüstlüyü aşağıdakılarla təmin olunur: metallurji tədqiqatların attestasiya olunmuş metodlarla aparılması; təcrübə və sınaq nəticələrinin fiziki və riyazi modellərə modelləmə göstəriciləri ilə uyğun gəlməsi; elektrik qövs sobasında texnoloji prosesin parametrlərinin termodinamik hesablamalarla uzlaşması; metroloji sınaqlardan keçmiş cihazların istifadəsi; müasir ölçmə cihazlarından (JXA-733 və JXA-8200 markalı elektron-zondlu rentgen-spektral mikroanalizatorlar, MİM-8 tipli metalloqrafik mikroskop, DRON-7 rentgen difraktoimetri, CMM-2000 markalı skanedici zondlu mikroskop, UV-3600 adlı spektrometr, LAS-3000 tipli rentgen fotoelektron spektrometr) istifadə olunması; “Selektor” və Microsoft Excel proqramlarından istifadə edilməsi.

Tədqiqatın məqsəd və məsələləri belə formalaşdırılmışdır: bərpaedici əritmə üçün filiz materialların analizi; filiz-termiki soba üçün xırda fraksiyalı şixtə materiallarının hazırlanması, texniki sili-

silisiumun saflaşdırma üsullarının işlənməsi elektrik sobalarında gedən metallurji proseslərin fiziki-kimyəvi modellərinin işlənməsi; müxtəlif saflaşdırma üsulları ilə əldə olunan şixtənin hazırlığının texnoloji mərhələlərində elementlərin paylanmasının termodinamiki analizi.

Əvvəlcə ferroerintilər üçün baza materialı kimi silisium istehsalının müasir vəziyyəti və inkişafının perspektivləri işıqlandırılmışdır. Ehtiyatları kifayət qədər olan (şəkil) ucuz xammaldan silisiumun alternativ texnologiyalarla istehsalının vacibliyi əsaslandırılmışdır. Təmiz silisiumun alınması üçün emal üsullarının patent icmalı aparılmışdır. Alternativ texnologiyalar içərisində silisiumun birbaşa kvartsitlərdən bərpası və ardınca zonalı kristallaşma metodu ilə silisium multi-kristallarının alınması prosesinə üstünlük verilmişdir.



Silisiumun istehlak dinamikası və istehsalın potensial artımı

Birbaşa bərpa texnologiyası ilə kvartsitlərdə rafinasiyadan sonra da tərkibində sobaların məhsuldarlığına və faydalı iş əmsalına mənfi təsir göstərən xeyli miqdar qalır. Metallurji xammaldan yüksək təmiz silisium alınması üçün baza materialı kimi istifadə etdikdə qatışıqların mənbələrini təhlil etmək və onların rafinasiya proseslərində paylanma xarakterinin öyrənilməsinin zərurəti əsaslandırılmışdır.

Sonrakı tədqiqatlar metallurji xammalın kimyəvi tərkib və xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Silisium istehsalı üçün keyfiyyətli kvars qumunun bir neçə yatağın fiziki-kimyəvi və mineraloji xüsusiyyətləri öyrənilmiş və bu qumlardan karbonotermik üsulla yüksək təmiz silisium əldə edilməsi prosesləri araşdırılmışdır [4].

Filiz-termiki əritmədə dispers materialların birbaşa istifadəsi məqsədəuyğun sayılır, ona görə də xırda fraksiyalı materialların aqreqatlaşdırılmasının optimal parametrlərinin müəyyən edilməsi metodikası hazırlanmışdır. Bu metod kimyəvi reaksiyanın getməsi və əlaqələndiricinin yaranması üçün qələvi mühitdən istifadəyə əsaslanır və aqreqatlaşmış bərk məsaməli kompozisiyanın alınmasına imkan verir [5, 6].

Elektrik qövs sobasında ferrosilisium şixtəsinin əridilməsi prosesinin texnoloji parametrlərini təyin etmək üçün laboratoriya sınaqları aparılmışdır. Briketlənmiş şixtə yüksək məsaməliliyə malik olduğundan tərkibdə əlaqələndiricinin payı 15-30% intervalında olmuşdur. Bu amil sobanın elektrik rejiminin yaxşılaşmasına səbəb olur, çünki briket hissələri arasında elektrik kontaktı şixtənin elektrik müqaviməti artır. Odur ki, briketlənmiş şixtə 1200°C-də 9-10 Om·sm qiymətə malik müqavimətlə xarakterizə olunur. Briketlənmiş şixtə həm də əzilməyə mexaniki davamlılıq nümayiş etdirir.

Bundan başqa, xırda fraksiyalı dənəvər kvars və “Karbosil” tərkibli şixtənin sınaq əritmələri aparılmışdır. Şixtənin orta məsələliliyi 45-50%, xüsusi müqaviməti 2–7,0 Om·sm təşkil etmişdir. 20 kq-lıq induksiya sobasında əritmənin gedişatı davamlı sabit elektrik rejimi, şixtənin rəvan əriməsi və mülayim bişməsi müşahidə olunmuşdur. Şixtədən silisium çıxışı ortalama 86,3% olmuşdur ki, bu da ənənəvi şixtənin analoji göstəricilərindən əhəmiyyətli dərəcədə yüksəkdir.

**Nəticə.** Beləliklə, yerli kvarsitlərin texnoloji parametrlərinin (zənginləşdirmə, termokimyəvi davamlılıq və s.) və kimyəvi tərkibinin analizi göstərmişdir ki, Azərbaycanda bir neçə keyfiyyətli kvars qumu yataqları vardır və onlardan karbonotermik üsulla yüksək təmiz silisium əldə edilməsinə nail olmaq olar. Ferrosilisium istehsalında istifadə olunan karbon tərkibli materiallar (koks) qatışıqların miqdarına, həm də kifayət dərəcədə reaksiyaya girmə qabiliyyətinə və xüsusi elektrik müqavimətinə görə tələblərə cavab verməlidir. Sənayedə istifadə olunan karbonlu materiallar çox vaxt bu tələblərə yetərinə cavab vermir. Bizim tövsiyə etdiyimiz “Karbosil” adlanan his və ya qurum mənzəli karbonlu material minimum miqdar külə malikdir. Təklif olunan materialın reaksiya qabiliyyəti digər karbonlu materiallara görə yuxarıdır.

Silisiumun əridilməsi zamanı bu və ya digər karbonlu materialın istifadə edilməsi karbonotermik üsulun texniki-iqtisadi göstəricilərinə təsir edir və materialın fiziki-kimyəvi xassələrindən asılıdır. Karbon tərkibli materialların tətbiqi xərcləri 10-15% azaltmağa, hazır məhsul çıxışını 2,5%-dək artırmağa və enerjini 1,8% qənaət etməyə imkan verir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Дашевский В.Я. Ферросплавы. Теория и технология. Москва, Metallurgiya, 2014, 360с.
2. Рахманов С.Р., Тополев В.А., Гасик М.И., Мамедов А.Т. и др. Процессы и машины электрометаллургического производства. Монография. Баку-Днепр, «Системные технологии», изд. «Сабах, 2017, 568с.
3. Ferro Alaşımaların İstihsalı. Elektrometalürji (Çev. H.Erman Tulgar). Elyutin V.P., Yu.A., Pavlov, Levin B.E., Alekseev E.M. (1968) Cilt-1, İstanbul, 2014, 490 s.
4. Y.Miyauchi, T.Nischi, K.Saito, Y.Kizu. Improvement of High Temperature Electric Characteristics of Manganese ores, INFACON X, South Africa, 2004, pp.155-162.
5. URL-1, <http://www.molybdenum.com.cn/Production-of-molybdenum-iron.html>. Ferro Molybdenum Production Process, 30 May 2019.
6. URL-2, <https://www.wbrl.co.uk/ferro-molybdenum.html>. Ferro Molybdenum, 30 May 2019.

#### THEORY AND PRACTICAL JUSTIFICATION OF SILICON PROCUREMENT FOR FERROSILICON PRODUCTION

**Shamsiyya İlham**

*Azerbaijan Technical University*

**Abstract.** In the production of ferroalloys, one of the major costs is the cost of raw materials. Both from an economic point of view, as well as an environmental point of view, full optimization of the raw materials is desired. In this regard, it is very important to choose the right production technology. The methods used in the production of ferroalloys depend on the type of reducer. This paper discusses the methods used in the production technology of ferroalloys. The method chosen depends on the type of oven, the chemical composition and the area of use.

Research shows that all the methods have advantages and disadvantages. Chosen of a modern method for the production of ferroalloys, can buy high- quality ferroalloys, as well as save electricity, can be solved environmental problem.

Ferrosilicon is the most widely used ferroalloy in the production of silicon steel and its main element is silicon. Ensuring high silicon purity in ferrosilicon production is an important scientific and technical problem. In recent years, the demand for silicon in various industries has increased by 35-50% and this trend is more typical for the metallurgical industry. Currently, the demand for pure silicon in the world market is growing by about 30% years, half of which is due to devices for alternative energy sources. Obtaining high purity silicon is due to devices for alternative energy sources. Obtaining high purity silicon is also an important problem of metallurgical technologies.

**Keywords:** *ferroalloy, raw material, production, alloy, steel, production technology, reduction, carbonothermal, silicothermal, melting temperature.*

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ****Шамсийя Ильхам***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** При производстве ферросплавов одной из основных статей расходов является стоимость сырья. Как с экономической точки зрения, так и с экологической точки зрения желательна полная оптимизация сырья. В связи с этим очень важно правильно выбрать технологию производства. Методы производства ферросплавов зависят от типа восстановителя.

В данной статье рассматриваются особенности получения кремния для производства ферросилиция. Указано, что технологи производства зависят от типа печи, химического состава сырья и область применения ферросплава.

Исследования показывают, что все методы имеют свои преимущества и недостатки. Выбранный современный способ производства ферросплавов – карбонотермия позволяет производить высококачественные ферросилиция, а также экономить электроэнергию и решать экологические проблемы.

Ферросилиций является наиболее широко используемым ферросплавом в производстве, в том числе кремнистой стали, и его основным элементом является кремний. Обеспечение высокой чистоты кремния при производстве ферросилиция является важной научно-технической задачей. За последние год спрос на различных отраслях промышленности увеличился на 35-50% и это тенденция более характерна для металлургической промышленности. Рост потребности кремния в последние годы неразрывно связана с его применением на устройствах альтернативных источниках энергии. Поэтому получение кремния высокой чистоты является важной проблемой металлургических технологий.

**Ключевые слова:** ферросплавы, производство, сплав, сталь, восстановление, температура плавления

Daxil olub: 14.10.2022

## UOT 51

## NON-STATIONARY HEAT TRANSFER DURING CONVECTIVE HEAT TRANSFER

E.G.Hasanov

*Academy of Public Administration under the President of the Republic of Azerbaijan**E-mail: elgafgas@yahoo.com*

**Keywords:** *convective heat transfer, stationary and non-stationary heat transfer, fluid motion in a pipe, heat conduction equations*

**Abstract.** This article discusses the control over some of the technological processes in the chemical, oil, and thermal power industries.

It is always necessary to take into account the fact that the thermophysical parameters of a liquid have in hydraulics and hydrodynamics, especially in thermal physics, and under the action of physical fields, the physical parameters of the liquid first of all change.

It is also emphasized that the use of the values of the physical properties of the liquid, which is valid for the case of stationary physical fields in the case of non-stationary physical fields, can lead to a significant plug. This is a very important point that is always important to keep in mind.

The absence of a method for studying the coefficient of non-stationary heat transfer during convective heat transfer is due to the mathematical complexity that arose when solving the inverse problem for the differential equation of heat conduction with variable coefficients. This is one of the main points in this topic.

In any case, this problem we have disclosed does not claim to be highly accurate, since it was obtained on the basis of an approximate solution of an approximate mathematical model.

But these conclusions are as close as possible to a clear solution to the problem.

For the control of some technological processes in the chemical, oil industry, as well as thermal power, the most promising are the effects on these processes by physical fields.

As a parameter controlling the technological process, one can take the thermophysical parameters of the liquid, which have a significant effect in this case, since the physical parameters of the liquid change primarily under the action of physical fields.

In this regard, in recent years, a huge number of works have been published in periodicals devoted to the theoretical and experimental study of the physical properties of liquids.

Based on these studies, various devices have been developed to determine the physical properties of a liquid.

The developed methods and devices were mainly created for cases of stationary physical fields (fields of pressures, temperatures and velocities) [1].

It should be noted that the methods developed for determining the physical properties of a liquid for stationary physical fields are valid only for these fields.

The use of the values of the physical properties of the liquid, which is valid for the case of stationary physical fields in the case of non-stationary physical fields, can lead to a significant blockage.

All real technological processes of the chemical and oil industries, as well as thermal power engineering associated with convective heat transfer, are not essentially stationary.

In this case, all the thermophysical parameters of the liquid are relaxed, and the relaxation time is different for different parameters. In this regard, at present, there are methods for studying non-stationary thermophysical parameters of a liquid [2].

The absence of a method for studying the coefficient of non-stationary heat transfer during convective heat transfer is due to the mathematical complexity that arose when solving the inverse problem for the differential equation of heat conduction with variable coefficients.

In the periodicals, various attempts were made to take into account the influence of the inertia of the temperature field on the value of the non-stationary heat transfer coefficient.

Taking into account that the thermophysical parameters of a liquid are very sensitive to the methods of their determination, in our opinion, the influence of the inertia of the temperature field on the value of the non-stationary heat transfer coefficient should be taken into account in the differential equation of thermal conductivity [3].

Let us first consider the steady-state temperature regime during convective heat transfer. We assume that the process of convective heat transfer in the laminar regime is described by the differential equation:

$$C_p \rho V \frac{dT}{dx} = - \frac{2\alpha_\infty}{R} (T - T_0) \quad (1)$$

where  $\rho$  is the density of liquid,

$T$  - temperature

$V$  – the volume of liquid

$C$  – heat capacity

$R$  – pipe radius

In this case, for simplicity of change, it is assumed that the heat transferred due to the convection is much greater than the heat transferred due to diffusion, i.e.:

$$C_p \rho V \frac{dT}{dx} \gg \lambda \frac{d^2 T}{dx^2} \quad (2)$$

where  $\lambda$  – wavelength;

The solution of equation (2) under the condition  $T_{(0)} = T_1$ ,  $T(\ell) = T_2$  allows us to find the stationary coefficient of convective heat transfer  $\alpha_\infty$  according to the following formula:

$$\alpha_\infty = \frac{C_p \rho V R}{2\ell} \times \ln \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} \quad (3)$$

The convective heat transfer coefficient under non-stationary temperature conditions is determined from the solution of the inverse problem for the heat conduction equation, which in the one-dimensional case under condition (2) has the form:

$$C_p \rho \left( \frac{dT}{dt} + V \frac{dT}{dx} \right) = - \frac{2\alpha}{R} (T - T_0) \quad (4)$$

The problem is solved under the following boundary and initial conditions:

$$T(0,t) = F(t); T(\ell,t) = \varphi(t); T(x,0) = T_0 \quad (5)$$

The solution to the problem is constructed by averaging inertia over the entire length of the pipe, i.e.

$$\varphi(t) = \frac{1}{\ell} \int_0^\ell \frac{dT}{dt} dx \quad (6)$$

where is  $\varphi(t)$  - heat transfer coefficient

$\ell$  - pipe length

$dT$  – temperature differential

In this case, the differential equation (4) is reduced to the form:

$$\frac{dT}{dt} + \frac{2\alpha T}{C_p \rho u R} = \frac{\ell \alpha T_0}{C_p \rho u R} - \frac{\varphi(t)}{v} \quad (7)$$

The solution to this equation under boundary conditions (5) has the form:

$$T(x,t) = F(t) e^{\frac{-2\alpha x}{c_p \rho u R}} + (T_0 - \frac{c_p \rho u \varphi}{2\alpha}) (1 - e^{\frac{-2\alpha x}{c_p \rho u R}}) \quad (8)$$

Considering that

$$\frac{dT}{dt} = F'(t) e^{\frac{-2\alpha x}{c_p \rho u R}} - \frac{c_p \rho R \varphi(t)}{2\alpha} (1 - e^{\frac{-2\alpha x}{c_p \rho u R}}) \quad (9)$$

where F - friction force

To determine  $\varphi(t)$  from (6) we have the equation:

$$\varphi(t) = \frac{F'(t)}{2\alpha} c_p \rho U R (1 - e^{\frac{-2\alpha x}{c_p \rho u R}}) - \frac{c_p \rho R \varphi'(t)}{2\alpha} [1 + \frac{c_p \rho U R}{2\alpha \ell} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}})] \quad (10)$$

Reducing the notation

$$\frac{c_p \rho U R}{2\alpha \ell} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) = A; \quad \frac{c_p \rho U R}{2\alpha \ell} (1 - \frac{A}{\ell}) = B \quad (11)$$

Equation (10) is reduced to the form:

$$\varphi(t) = F'(t) A - B \varphi' \quad (12)$$

The solution to this equation is:

$$\varphi(t) = e^{-\frac{t}{B}} \int_0^t \frac{A}{B} e^{\frac{t}{B}} p'(t) dt \quad (13)$$

Using the second boundary condition (5) to determine the coefficient of unsteady heat transfer during convective heat transfer, we obtain the equation:

$$\varphi(t) = F'(t) e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} + T_0 (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) - \frac{c_p \rho R}{2\alpha} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) e^{-\frac{t}{B}} \int_0^t \frac{A}{B} F'(t) e^{\frac{t}{B}} dt \quad (14)$$

Equation (11) can be written in the form:

$$[\varphi(t) - F(t) e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} - T_0 (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}})] e^{\frac{t}{B}} = \frac{c_p \rho R}{2\alpha} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) \int_0^t \frac{A}{B} F'(t) e^{\frac{t}{B}} dt \quad (15)$$

Differentiating equation (15) with respect to time t, we bring it to the following form for  $(\varphi(t) - F(t))$

$$e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} e^{\frac{t}{B}} + \frac{t}{B} [\varphi - F e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} - T_0 (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}})] = \frac{c_p \rho R}{2\alpha} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) \frac{A}{B} F'(t) e^{\frac{t}{B}} \quad (16)$$

Reducing the left and right sides of equations (16) by  $\exp(\frac{t}{B})$  we get:

$$\varphi'(t) - F(t) e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} + \frac{1}{B} [\varphi'(t) - F(t) e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}} - T_0 (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}})] = \frac{c_p \rho R}{2\alpha} (1 - e^{\frac{-2\alpha \ell}{c_p \rho u R}}) \frac{A}{B} F'(t) \quad (17)$$

Equation (17) is a transcendental equation, the exact solution of which is possible by determining the non-stationary heat transfer coefficient. Bearing in mind that in a laminar mode of fluid movement in a pipe with unsteady heat exchange, the following takes place:

$$\frac{2\alpha\ell}{c_p\rho uR} < 1 \text{ и } \exp\left(-\frac{2\alpha\ell}{c_p\rho uR}\right) \approx 1 - \frac{2\alpha\ell}{c_p\rho uR} - \dots \quad (18)$$

Thus, it is possible to construct an approximate solution to equation (17) by determining the coefficient of unsteady heat transfer in convective heat transfer

$$\alpha = \frac{c_p\rho R (\varphi'(t) - F'(t))}{\varphi(t) - F(t)} \quad (19)$$

Comparing (3) and (19), we have

$$\frac{\alpha}{\alpha_\infty} = \frac{2\ell}{V} \frac{(\varphi'(t) - F'(t))}{\varphi(t) - F(t)} \left[ \ln \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} \right]^{-1} \quad (20)$$

Formula (17) establishes the relationship between stationary and non-stationary heat transfer during convective heat transfer. It does not pretend to be highly accurate, since it was obtained on the basis of an approximate solution to an approximate mathematical model.

The exact analytical solution of the inverse problem for determining the non-stationary heat transfer coefficient is associated with mathematical complexity [4].

#### REFERENCE

1. Temkin A.G. Analytical theory of non-stationary heat and mass exchange and inverse problems of heat conduction. Minsk, Publishing House "Science and Technology", 1964, p. 4-11.
2. Geltunov V.S. Thermophysical measurements in monotonous mode. Moscow, Energia Publishing House, 1973, p. 7-9.
3. Hasanov Kh.G. Hydrodynamic study of the interaction of acoustic and laser radiation with a liquid. Baku, Publishing house "Stake", 2002, p. 3-4.
4. Chrustalev B.S., Zdalinsky V.B., Bulanov P.A. Mathematical Model of Reciprocating Compressor With One or Several Stages for the Real Gases. International Compressor Engineering Conference, 1996, p. 1-6.

### KONVEKTIV İSTİLİK ÖTÜRÜLMƏSİ ZAMANI QEYRİ-STASİONAR MÜBADİLƏSİ

**E.Q.Həsənov**

*Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Dövlət İdarəçilik Akademiyası*

**Xülasə.** Məqalə kimya, neft və istilik-energetika sənayələrində bəzi texnoloji proseslərin idarə edilməsindən bəhs edir. Həmişə nəzərə almaq lazımdır ki, mayenin termofiziki parametrləri hidravlikada və hidrodinamikada, xüsusən də istilik fizikasında olur və fiziki sahələrin təsiri altında ilk növbədə mayenin fiziki parametrləri dəyişir.

Həmçinin vurğulanır ki, mayenin fiziki xassələrinin qeyri-stasionar fiziki sahələr vəziyyətində stasionar fiziki sahələr üçün etibarlı olan dəyərlərindən istifadə əhəmiyyətli bir fişə səbəb ola bilər. Bu, həmişə xatırlanması vacib olan çox vacib bir məqamdır.

Konvektiv istilik ötürülməsində qeyri-sabit istilik ötürmə əmsalının öyrənilməsi metodunun olmaması dəyişən əmsallı diferensial istilik ötürmə tənliyi üçün tərs məsələnin həllində yaranan riyazi mürəkkəbliklə bağlıdır.

Bu, mövzunun diqqət çəkən məqamlarından biridir.

Hər halda, həll etdiyimiz məsələ təxmini riyazi modelin təxmini həlli əsasında əldə edildiyi üçün yüksək dəqiqliyə iddia etmir.

Lakin bu nəticələr problemin birmənalı həllinə mümkün qədər yaxındır.

**Açar sözlər:** konvektiv istilik ötürülməsi, stasionar və qeyri-stasionar istilik mübadiləsi, boruda mayenin hərəkəti, istilik keçiriciliyi tənlikləri.



**НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОТДАЧА ПРИ КОНВЕКТИВНОМ ТЕПЛООБМЕНЕ****Э.Г.Гасанов***Академия государственного управления при Президенте Азербайджанской Республики*

**Резюме.** В статье рассматривается управление некоторыми технологическими процессами в химической, нефтяной и теплоэнергетической отраслях. Всегда необходимо учитывать тот факт, что теплофизические параметры жидкости имеют в гидравлике и гидродинамике, особенно в теплофизике, и под действием физических полей в первую очередь изменяются физические параметры жидкости. Также подчеркивается, что использование значений физических свойств жидкости, которые справедливы для случая стационарных физических полей в случае нестационарных физических полей, может привести к значительной пробке. Это очень важный момент, о котором всегда важно помнить.

Отсутствие метода исследования коэффициента нестационарной теплоотдачи при конвективном теплообмене связано с математической сложностью, возникшей при решении обратной задачи для дифференциального уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Это один из основных моментов в этой теме.

В любом случае раскрытая нами задача не претендует на высокую точность, так как получена на основе приближенного решения приближенной математической модели.

Но эти выводы максимально приближены к однозначному решению проблемы.

**Ключевые слова:** *конвективный теплообмен, стационарный и нестационарный теплообмен, движение жидкости в трубе, уравнения теплопроводности.*

Daxil olub: 06.10.2022

## MÜƏLLİFLƏR ÜÇÜN TƏLİMAT

Dərc olunacaq məqalə redaksiyaya həm kağız, həm də elektron formada təqdim olunmalıdır. Məqalə hazırlanarkən aşağıdakı tələblər nəzərə alınmalıdır:

1. Məqalə azərbaycan, rus və ingilis dillərindən birində hazırlanmalı, məqalənin adı, xülasə (min. 100 söz, maks. 200 söz) və açar sözlər (3-5 söz) hər üç dildə təqdim olunmalıdır.
2. Məqalə Microsoft Word mətn redaktorunda A4 formatında (soldan, yuxarıdan, aşağıdan və sağdan – 2 sm), Times New Roman şrifti ilə 12 ölçüdə, vahid sətirarası intervalla və mətn daxili yazıda 1 sm abzas buraxmaqla hazırlanmalı və 8 səhifədən artıq olmamalıdır.
3. Məqalənin mətninin aşağıdakı bölmələrdən ibarət olması tövsiyə olunur:
  - giriş (məsələnin aktuallığı, problemin hazırkı vəziyyəti);
  - tədqiqatın məqsədi, məsələnin qoyuluşu;
  - məsələnin həll üsulları və aprobeasiyası;
  - alınan nəticələrin tətbiqi;
  - nəticə.
4. Məqalə aşağıdakı ardıcılıqla hazırlanmalıdır: UOT – soldan, böyük hərflərlə, sonda bir boş sətir; məqalənin adı – ortadan, böyük hərflərlə, qalın şriftlə, sonda bir boş sətir; müəlliflərin inisialları və soyadı – ortadan, qalın şriftlə; müəlliflərin iş yeri, şəhər, ölkə və e-poçt ünvanı – ortadan, sonda bir boş sətir; xülasə (mətn təqdim olunan dildə); açar sözlər – kursivlə; giriş və digər alt başlıqlar – soldan, qalın şriftlə, əvvəlində bir boş sətir.
5. Ədəbiyyat siyahısı: hər bir istinad olunan mənbənin adı tərcümə olunmadan, məqalədə istifadə olunma ardıcılığına uyğun olaraq nömrələnir. Mənbənin biblioqrafik təsviri Ali Attestasiya Komissiyasının dissertasiya işlərində mənbənin biblioqrafik təsvirinə irəli sürdüyü tələblərə uyğun olaraq göstərilməlidir.
6. Ədəbiyyat siyahısından sonra məqalənin hazırlandığı dildən fərqli digər 2 dildə məqalənin adı, müəllifin soyadı, adı, atasının adı, müəlliflərin iş yeri, şəhər, ölkə və e-poçt ünvanı, xülasə və açar sözlər təqdim olunur.
7. Məqalədə cədvəl və şəkillər nömrələnir: cədvəl – cədvəlin yuxarısında, kursivlə, sağdan (məs., *Cədvəl 1*), şəkil – şəklın altında, kursivlə, ortadan (məs., *Şəkil 1.*) və mətn hissədən (yuxarıdan və aşağıdan) bir boş sətir buraxmaqla göstərilməlidir. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir. Hər cədvəlin öz başlığı olmalıdır. Cədvəllərdə mütləq ölçü vahidləri göstərilməlidir. Şəkillər aydın və vahid obyekt şəklində olmalıdır (ayrı-ayrı şəkillərin süni qruplaşdırılaraq yerləşdirilməsi yolverilməzdir).
8. Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri beynəlxalq ölçü vahidləri sisteminə uyğun olmalıdır. Ümumi qəbul olunmuş sözlərdən başqa (məsələn: və s., və i.a.), qısaldılmış sözlərdən istifadə etmək olmaz.
9. Düsturlar Microsoft Equation-də standart parametr ilə yığılır. Mətnə ancaq istifadə olunan düsturlar nömrələnir. Düsturün nömrəsi sağda mötərizədə yazılır.
10. Redaksiyaya məqalə göndərildikdə müəlliflər haqqında məlumat: soyadı, adı, atasının adı, elmi dərəcəsi, elmi rütbəsi, iş yeri, vəzifəsi, telefon nömrəsi, e-mail ünvanı da təqdim olunmalıdır.
11. Redaksiyaya daxil olan məqalələr rəyə təqdim olunur və müsbət rəy almış məqalələr çapa tövsiyə olunur.

Redaksiyanın ünvanı: AZ1073, Bakı ş., H.Cavid prosp., 25. AzTU

Tel.: (+99412)5391452

www.aztu.edu.az

E-mail: elmieserler@aztu.edu.az

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The article for publication must be submitted to the editorial board in both paper and electronic form. The following requirements should be considered for preparing the article:

1. The article should be prepared in one of three languages: Azerbaijani, Russian, or English, and the title, abstract, and keywords of the article should be presented in all three languages. The article should be prepared in one of the Azerbaijani, Russian and English languages, and the title, abstract (min. 100 words – max. 200 words) and keywords (3-5 words) of the article should be presented in all three languages.
2. The article should be written in Microsoft Word text editor in A4 format (left, top, bottom and right – 2 cm), Times New Roman font 12 in size, with single line spacing and leaving 1 cm indents in the text and should not exceed 8 pages.
3. It is recommended that the text of the article consists of the following sections:
  - introduction (relevance of the problem, current state of the problem).
  - purpose of the study, statement of the problem.
  - methods for solving and approbation of the problem.
  - implementation of the obtained results.
  - result.
4. The article should be prepared in the following order: UDC – from left, capital letters, one empty line at the end; the name of the article – in the middle, in capital letters, in bold, one blank line at the end; authors' initials and surname – in the middle, in bold; place of work, city, country and e-mail address of the authors – in the middle, one empty line at the end; abstract (in the language in which the text is presented); keywords – in italics; introduction and other sub-headings – from left, in bold, one blank line at the beginning.
5. Bibliography: the name of each cited source is numbered according to the order of its use in the article, without translation. The bibliographic description of the source should be specified in accordance with the requirements of the Higher Attestation Commission for the bibliographic description of the source in dissertations.
6. After the list of references, the title of the article, the author's surname, first name, patronymic, author's place of work, city, country and e-mail address, abstract and keywords are presented in 2 languages other than the language in which the article was prepared.
7. Tables and pictures are numbered in the article: table – above the table, in italics, on the right (e.g., *Table 1*), picture - below the picture, in italics, in the middle (e.g., *Fig. 1.*) and one blank from the text part (from above and below) should be specified by omitting the line. Tables should be placed directly in the text of the article. Images must be clear and in the form of a single object (artificial grouping of separate images is not allowed).
8. The measurement units used in the article must be in accordance with the international system of measurement units. Other than accepted words, etc., and i.a., abbreviated words cannot be used.
9. Formulas are compiled with the default setting in Microsoft Equation. Only formulas used in the text are numbered. The number of the formula should be written in parentheses on the right.
10. When sending an article to the editorial office, information about the authors: surname, first name, patronymic, scientific degree, scientific rank, place of work, position, phone number, e-mail address should also be provided.
11. Articles received by the editors are sent for review; Articles that receive positive feedback are recommended for publication.

The address of the editorial office: AZ1073, Baku city, H. Javid avenue, 25. AzTU

Phone: (+99412)5391452

[www.aztu.edu.az](http://www.aztu.edu.az)

E-mail: [elmieserler@aztu.edu.az](mailto:elmieserler@aztu.edu.az)

## УКАЗАНИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Статья для публикации должна быть представлена в редакцию как в бумажном, так и в электронном виде. При подготовке статьи необходимо учитывать следующие требования:

1. Статья должна быть подготовлена на одном из трех языков: азербайджанском, русском или английском, а название, резюме (мин. 100 слов, макс. 200 слов) и ключевые слова (3-5 слов) статьи должны быть представлены на всех трех языках.

2. Статья должна быть написана в текстовом редакторе Microsoft Word в формате А4 (слева, сверху, снизу и справа - по 2 см), шрифт Times New Roman 12 по размеру, через одинарный межстрочный интервал и с отступом в 1 см в тексте, и не должна превышать 8 страниц.

3. Рекомендуется, чтобы текст статьи состоял из следующих разделов:

- введение (актуальность вопроса, текущее состояние проблемы);
- цель исследования, постановка вопроса;
- методы решения проблем и утверждения;
- применение полученных результатов;
- результат.

4. Статья должна быть подготовлена в следующем порядке: УДК – слева, заглавными буквами, одна пустая строка в конце; название статьи - посередине, прописными буквами, полужирным шрифтом, в конце одна пустая строка; инициалы и фамилия авторов - посередине жирным шрифтом; место работы, город, страна и адрес электронной почты авторов - посередине, одна пустая строка в конце; резюме (на том языке, на котором представлен текст); ключевые слова - курсивом; введение и другие подзаголовки – слева направо, жирным шрифтом, одна пустая строка в начале.

5. Список литературы: название каждого цитируемого источника нумеруется в порядке его использования в статье, без перевода. Библиографическое описание источника должно быть указано в соответствии с требованиями ВАК к библиографическому описанию источника в диссертациях.

6. После списка литературы название статьи, фамилия, имя, отчество автора, место работы автора, город, страна и адрес электронной почты, аннотация и ключевые слова представляются на 2-х языках, в дополнение к языку, на котором написана статья.

7. Таблицы и рисунки нумеруются в статье: таблица – над таблицей, курсивом, справа (например, *Таблица 1*), рисунок – под рисунком, курсивом, посередине (например, *Рис. 1.*) и по одному пробелу от текстовой части (сверху и снизу) указать с пропуском строки. Таблицы следует размещать непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь свой заголовок. Изображения должны быть четкими и иметь форму единого объекта (не допускается искусственное группирование отдельных изображений).

8. Единицы измерения, используемые в статье, должны соответствовать международной системе единиц измерения. Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д.).

9. Формулы компилируются с настройками по умолчанию в Microsoft Equation. Нумеруются только формулы, используемые в тексте. Номер формулы пишется в скобках справа.

10. При направлении статьи в редакцию также должны быть указаны сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, номер телефона, адрес электронной почты.

11. Статьи, поступившие в редакцию, выносятся на рецензирование, а статьи, получившие положительные рецензии, рекомендуются к публикации.

Адрес редакции: AZ1073, город Баку, проспект Г. Джавида, 25. АзТУ

Тел.: (+99412)5391452

[www.aztu.edu.az](http://www.aztu.edu.az)

Электронная почта: [elmieserler@aztu.edu.az](mailto:elmieserler@aztu.edu.az)

---

Formatı: 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Həcmi: 9,5 ç.v.  
Tirajı: 500

*Jurnal Azərbaycan Texniki Universitetinin  
Elmi Koordinasiya və Nəşr Mərkəzində çap olunmuşdur.*

