

**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ**

**HERALD
of the Azerbaijan Engineering Academy**

**ВЕСТНИК
Азербайджанской Инженерной Академии**

Beynəlxalq elmi-texniki jurnal
The international science-technical journal
Международный научно-технический журнал

Cild 7. № 4
Vol. 7. № 4
Том 7. № 4

BAKİ – 2015

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ
Beynəlxalq elmi-texniki jurnal

BAŞ REDAKTOR – AKADEMİK A.M. PAŞAYEV
Baş redaktorun müavini – akademik A.Ş. Mehdiyev
Baş redaktorun müavini – akademik Ə.X. Cənəhmədov
Məsul redaktor – müxbir üzv H.F. Mirələmov

REDAKSIYA HEYƏTİ:

akademik Ə.M. Abbasov, akademik R.İ. Abdullayev, akademik H.S. Bağirov,
akademik N.H. Cavadov, akademik B.H. Əliyev, akademik C.C. Əsgərov,
akademik A.Z. Quliyev, akademik H.Ə. Məmmədov, akademik G.H. Məmmədova,
akademik İ.R. Sadıqov, müxbir üzv N.A. Əliyev

REDAKSIYA ŞURASI:

akademik B.V. Qusev (Rusiya), prof. N. Antoneski (Rumıniya), akademik R.Z. Saqdeyev (ABŞ),
prof. Bravu Konstantin (İsrail), prof. Baur Reinhard (Almaniya), prof. F. Franek (Avstriya),
akademik B.T. Jumaqulov (Qazaxıstan), prof. P. Jost (Böyük Britaniya), prof. Junq – Young Son (Koreya),
akademik A.V. Kərimov (Özbəkistan), prof. D. Mavrakis (Yunanıstan), akademik N.K. Mışkin (Belarusiya),
prof. Nejdət Sağlam (Türkiyə), akademik V.E. Panin ((Rusiya), prof. S. Putko (Polşa),
akademik A.İ. Vasilyev (Ukrayna)

The international science-technical journal
HERALD
of the Azerbaijan Engineering Academy

CHIEF EDITOR – A.M. PASHAYEV, ACADEMICIAN

Deputy editor – A.Sh. Mehtiyev, academician
Deputy editor – A.Kh. Janahmadov, academician
Managing editor – H.F. Miralamov, member of correspondent

EDITORIAL BOARD:

A.M. Abasov, academician, **R.I. Abdullayev**, academician, **H.S. Bagirov**, academician,
N.H. Javadov, academician, **B.H. Aliyev**, academician, **J.J. Asgarov**, academician,
A.Z. Quliyev, academician, **Q.A. Mamedov**, academician, **G.H. Mamadova**, academician,
I.R. Sadigov, academician, **N.A. Aliyev**, member of correspondent

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

B.V. Gusev, academician (Russia), **N. Antonesku**, professor (Romania), **R.Z. Saqdeev**, academician
(USA), **Bravu Konstantin**, professor (Israel), **Baur Reinhard**, professor (Germany), **F. Franek**,
professor (Austria), **B.T. Zhumagulov**, academician (Kazakhstan), **Piter Jost**, professor (Great Britain),
Junq – Young Son, professor (Korea), **A.V. Karimov**, academician (Uzbekistan), **D. Mavrakis**,
professor (Greece), **N.K. Mishkin**, academician (Belarus), **Nejdət Sağlam**, professor (Turkey),
V.E. Panin, academician (Russia), **S. Pytko**, professor (Poland), **A.I. Vasilyev**, academician (Ukraine)

TƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birliyi.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövrüliyi ildə 4 dəfədir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən rəsmi qeydiyyatda alınmışdır. Qeydiyyat № 2965, 23.06.2009-cu il.

Jurnal Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının reyestrinə namizədlik və doktorluq dissertasiyalarının nəticələrini dərc olunmaq üçün daxil edilmişdir.

Jurnal Beynəlxalq elmi sitat sistemi SCOPUS və Thomson Reuters qeydiyyatı prosesindədir.

Jurnal texniki elmlər üzrə referativ məlumatların beynəlxalq ingilis dilli bazasına daxil edilmişdir – “INSPEC”

Jurnala abunə “Azərpoçt” ASC-nin poçt bölmələrində yazılmaq olar. Abunə il boyu davam edir.

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvanı: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,

Bakı şəhəri, K.Səfəraliyeva 22.

Tel/Faks: (+99412) 598 24 52

(dax. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

<http://ama.com.az>

REKLAMLARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR REDAKSİYAYA
MURACİƏT EDƏ BİLƏRSİNİZ

FOUNDER:

Public union **“Azerbaijan Engineering Academy”**

Journal published since November, 2009.

Issued 4 times a year.

Certificate about registration № 2965, June 23, 2009 was given by Ministry of Justice of the Republic of Azerbaijan.

Journal was included into the list of education for publication of result of candidate and doctoral thesis by the supreme Attestation Commission Attached to the President of the Republic of Azerbaijan.

The journal is in the process of registration in the international system of scientific citing SCOPUS and Thomson Reuters.

Journal was included into international English – language abstracts database on technical sciences “INSPEC”

Subscription to journal may be drawn up at post offices of OJSC “Azərpoçt” Subscription index:

For juristic and for natural persons – 1156

Address of editorial offices:

Azerbaijan Republic, AZ 1010,

Baku, K.Safaraliyeva 22.

Tel/Fax: (+99412) 598 24 52

(inter. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

<http://ama.com.az>

CONCERNING ADVERTISING
PLACING TO ADDRESS
IN EDITION

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Общественное объединение **«Азербайджанская Инженерная Академия».**

Журнал издается с ноября 2009 года.

Выходит 4 раза в год.

Официально зарегистрирован Министерством Юстиции Азербайджанской Республики. № регистрации: 2965 от 23.06.2009 г.

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных для публикации основных результатов кандидатских и докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

Журнал находится в процессе регистрации в международной системе научного цитирования SCOPUS и Thomson Reuters.

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техническим наукам INSPC.

Подписка на журнал осуществляется в отделениях ОАО «Азәрпоçта». Подписка продолжается в течение года.

Индекс подписки для юридических и физических лиц: 1156.

Адрес редакции: Азербайджан,

AZ1010, г. Баку, ул. К.Сафаралиева, 22.

Тел./Факс: : (+99412) 598 24 52

(внутр. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

<http://www.ama.com.az>

ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ
РЕКЛАМЫ ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ

M Ü N D Ə R İ C A T

Paşayev A.M. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası – 10 il	7
<u>Təbriklər</u>	15
<u>Möhkəmlik fizikası</u>	
Canəhmədov Ə.X., Volçenko A.İ., Kriştoba S.İ., Stadnik O.B. Müxtəlif rejimlərdə sınaqlar zamanı əyləc qurğularının friksion düyünlərinin enerji yüklənməsi ...	18
<u>Aviasiya</u>	
Abdullayev X.İ. Radiasiya kolorimetriya qurğuları üçün yeni ssintilyasiya detektorları matrisinin işlənməsi	36
<u>Mexanika və maşınqayırma</u>	
Sadıqov İ.R. Dəyişən qalınlıqlı torlu düzbucaqlı lövhələrin əyilmədə qeyri-xətti elastiki deformasiyaları	41
Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V.A., Kəlbəliyev F.M. Ekstremal şəraitdə işləyən maşınların yüksək dəqiqliyə malik detallarının emal texnoloji əməliyyatlarının rəşional parametrlərinin təyini	50
Məmmədov E. D. Gəmi daxiliyanma mühərriklərində təcrübə oymaqlarının istismar sınaqlarının nəticələri	59
Nadirov U.M. Fırılama yan səthlərində burulğan üsulu ilə kəsilmiş novların nahamarlıqlarının kinematik toplananlarının riyazi modelləri	67
<u>Neft və qaz</u>	
Quliyev A.S., Qurbanov Ə.N. “28 May” NQCİ-nin “Günəşli” yatağında texnoloji avadanlıqlar və nəql xətlərində yaranan kondensləşmənin səbəblərinin araşdırılması	75
Əliyev A.H., Həsənov Ə.M., Səmədov E.Ə., Mehtiyev M.Q. Yüksək ayırdedici fotoçəkilişlər vasitəsilə məşəllərdə yandırılan qazın həcmnin qiymətləndirilməsi metodu	85
Şmonçeva Y.Y., Abişev A.Q. Fəaliyyətdə olmayan quyulardan yan lülələrin keçirilməsinin texnoloji problemlərinin həlli	94
<u>Neft-kimya texnologiyası</u>	
Rəsulov S.R., Kəlbəliyev Q.İ., Rzayev Ab.H., Mustafayeva G.R., Orucov V.V. Müxtəlif qarışıqların deformasiyası və çökdürülməsi nəticəsində neft layının sıxılması	101
<u>İnformasiya texnologiyası</u>	
Mərdanov M.C., Rzayev R.R., Camalov Z.R., Xudadova A.K. Keyfiyyət xassələrinin qeyri-səlis təhlili əsasında ali təhsil məktəbinin rəqabətliyinin qiymətləndirilməsi	113
<u>4-cü cildin mündəricatı (yanvar – dekabr 2015-ci il)</u>	131

CONTENTS

Pashayev A.M. The Azerbaijan engineering academy – 10 years	7
<u>Congratulations</u>	13
<u>Physics of durability</u> Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Krishtopa S.I., Stadnik O.B. Energy loading of friction units of braking mechanisms at various experimental regimes	18
<u>Aviation</u> Abdullayev K.I. Development of new scintillation detectors matrix for the radiation colorimetry devices	36
<u>Mechanics and mechanical engineering</u> Sadigov I.R. The nonlinear elastic deformation of the rectangular mesh plates of various thicknesses at bending.....	41
Gafarov A.M., Suleymanov P.H., Gafarov V.A., Kalbiyev F.M. Determination of rational parameters of technological operations on processing high-precision machine details of exploited at extreme conditions	50
Mammadov E.D. The performance test results of specimen cylinder liners in marine internal combustion engines.....	59
Nadirov U.M. Mathematical models of the kinematic composites of roughness grooves cut by the vortex method on the side surfaces of revolution	67
<u>Oil and gas</u> Quliyev A.S., Qurbanov A.N. Investigation of condensation in the gas transportation pipelines and the technological equipment at “Guneshli” deposit (“28 May” OGEM)	75
Aliyev A.H., Hasanov A.M., Samadov E.A., Mehtiev M.Q. Estimation of flared gas volume using high resolution digital photos	85
Shmoncheva E.E., Abishev A.G. The technological problems of directional drilling in inactive wells	94
<u>Chemical technology</u> Rasulov S.R., Kelbaliyev G.İ., Rzayev Ab.H., Mustafayeva G.R., Orucov V.V. Sealing of oil reservoir as a result of deformation and sedimentation of various additives	101
<u>Information technology</u> Mardanov M.D., Rzaev R.R., Jamalov Z.R., Khudadova A.K. The competitiveness of higher education institution based on the fuzzy analysis of its quality characteristics	113
<u>Contents of volume 7 (January – December 2015)</u>	131

СОДЕРЖАНИЕ

Пашаев А.М. Азербайджанская инженерная академия – 10 лет	7
<u>Поздравления</u>	13
<u>Физика прочности</u> Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Криштопа С.И., Стадник О.Б. Энергонагруженность фрикционных узлов тормозных устройств при различных режимах их нагружения	18
<u>Авиация</u> Абдуллаев Х.И. Разработка новой матрицы сцинтилляционных детекторов для устройств радиационной колориметрии	36
<u>Механика и машиностроение</u> Садыгов И.Р. Нелинейно-упругие деформации прямоугольных сетчатых пластинок переменной толщины при изгибе	41
Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А., Калбиев Ф.М. Определение рациональных параметров технологических операций при обработке высокоточных деталей машин, работающих в экстремальных условиях	50
Мамедов Э. Д. Результаты эксплуатационных испытаний опытных втулок на судовых двигателях внутреннего сгорания	59
Надиров У.М. Математические модели кинематических составляющих неровностей канавок, нарезанных вихревым методом на боковых поверхностях вращения	67
<u>Нефть и газ</u> Гулиев А.С., Гурбанов А.Н. Исследование причин конденсации в газовых линиях при транспортировке и в технологических оборудованных месторождения “Гюняшли” НГДУ “28 Мая”	75
Алиев А.Г., Гасанов А.М., Самедов Э.А., Мехтиев М.Г. Метод оценки объемов сжигаемого на факелах попутного газа с использованием фотоснимков высокого разрешения	85
Шмончева Е.Е., Абишев А. Г. Исследование технологических проблем проводки боковых стволов из бездействующих скважин	94
<u>Нефтехимические технологии</u> Расулов С.Р., Келбалиев Г.И., Рзаев Аб. Г., Мустафаева Г.Р., Оруджев В.В. Уплотнение нефтяного пласта в результате деформации и осаждения различных примесей	101
<u>Информационные технологии</u> Марданов М.Дж., Рзаев Р.Р., Джамалов З.Р., Худадова А.К. Оценка конкурентоспособности высшего учебного заведения на основе нечёткого анализа его качественных характеристик	113
<u>Содержание 7 тома (январь – декабрь 2015)</u>	131

AZƏRBAYCAN MÜHƏNDİSLİK AKADEMİYASI – 10 İL



Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Prezidenti akademik Arif Paşayev

Azərbaycan Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası (AMA) yarandığı 2005-ci ildən, mühəndislərin və alimlərin peşə birliyini dəstəkləyir, elmi-texniki tərəqqinin və mühəndislik fəaliyyətinin inkişafına kömək edir, həmçinin ekspertizaların aparılmasında tədqiqat işlərinin, layihələrin və proqramların həyata keçirilməsinə yardım göstərir. AMA müstəqil elmi-texniki təşkilat olaraq, qısa müddət ərzində ölkəmizdə fəaliyyət göstərən aparıcı mühəndis və ekspertləri birləşdirən nüfuzlu bir quruma çevrilmişdir. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının əsas fəaliyyət istiqamətləri ölkənin alim və mühəndislərinin yaradıcılıq imkanlarının təmin edilməsi, mühəndislik fəaliyyəti sahəsində intellektual potensialın artırılması və səmərəli istifadə olunması, çox mühüm və perspektivli tədqiqat və innovasiya proqramlarının işlənilib hazırlanması və onların həyata keçirilməsinə kömək göstərilməsi, xalq təsərrüfatı üçün böyük əhəmiyyəti olan və Azərbaycan iqtisadiyyatının inkişafının əsas istiqamətlərində elmi-texniki tərəqqinin sürətləndirilməsini təmin edən prinsipcə yeni texnika, texnologiya və material növlərinin fundamental

elmlərin nailiyyətləri əsasında yaradılması və tətbiqindən ibarətdir.

Hazırda Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının həqiqi və müxbir üzvlərinin sayı 40 nəfərdən ibarətdir; onlardan 23-ü akademik, 17-si isə müxbir üzvdür. Nəzərə alsaq ki, akademiyanın üzvləri elm və texnikanın müxtəlif sahələrində fəaliyyət göstərir, onların yerinə yetirdiyi elmi-tədqiqat və təcrübə-konstruktor işləri də çoxşaxəlidir.

Müasir dünyada enerji təhlükəsizliyi və elmtutumlu texnologiyalar iqtisadiyyatın və sosial sahənin inkişafında avanqard rol oynayır. Məhz bu sahələr elmi fəaliyyət əldə etmək üçün tələbatı müəyyənləşdirir, maddi və informasiya yenilikləri üçün təkliflər bazası yaradır. Elm tutumlu sektorun ölçüsü və miqyası, qabaqcıl texnologiyalardan istifadə, ölkənin elmi-texniki və iqtisadi potensialını xarakterizə edir.

Azərbaycan Prezidenti enerji layihələrinin reallaşdırılması və elmtutumlu sahələrin genişləndirilməsi məsələlərini diqqət mərkəzinə çəkmişdir. Demək olar ki, bu məsələlərin həlli yeni sənaye sahələrinin yaradılmasına, struktur dəyişikliklərinə gətirib çıxaracaq, mobil və multimedia, nano və kosmik texnologiyalar, robot texnikası, gen mühəndisliyi, yeni enerji mənbələrinin axtarışı və ixtirasına gətirib çıxaracaqdır.

Ölkə və eləcə də, beynəlxalq elmi, texnoloji və innovasiya istiqamətlərindəki tərəqqi, iqtisadiyyatımızda onların səmərəli istifadə yolları sistemli şəkildə öyrənilir.

Əlbəttə, böyük diqqət yerli elm, texnologiya və innovasiya potensialının inkişafına yönəldilib. Elmi potensial əsasən Milli Elmlər Akademiyası və onun intellektual – innovasiya

klasteri, ölkənin aparıcı ali məktəbləri, elmi mərkəzlər, təşkilatlar və onun tərkib hissəsi olan Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası timsalında təmsil olunacaqdır.

2015-ci ildə Türkiyənin Qars vilayətinin Selim bölgəsində TRANSANADOLU QAZ KƏMƏRİNİN – TANAP boru kəmərinin təmələqoyma mərasimi keçirilmişdir. Avropanın qaz ilə təminatında böyük rol oynayan meqalayihənin işlənməsində və reallaşdırılmasında Mühəndislik Akademiyasının üzvləri aktiv iştirak edirlər. Layihənin reallaşdırılması 5 ilə planlaşdırılır və 4 mərhələdən ibarətdir.

TANAP üzrə ilk qazın Türkiyəyə nəqli 2018-ci ilə planlaşdırılır. 2020-ci ildə kəmərin hasilatı 16 milyard, 2023-cü ildə 23 milyard, 2026-cı ildə isə 31 milyard kub metrə çatdırılacaq. Faktiki olaraq “Bakı – Tbilisi – Ceyhan” enerji dəhlizi yaratmışdır. Məhz bu enerji dəhlizi üzrə “Bakı – Tbilisi – Qars” dəmir yolu tikilir. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının üzvləri bu layihənin reallaşdırılmasında iştirak edirlər.

Mühəndislik Akademiyası son illər öz elmi-texniki, texnoloji və layihə işlərini istehsalata uğurla tətbiq edir. Akademiya Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin (ARDNŞ) “AzNEFT” İB-nin struktur bölmələri ilə həm kəşfiyyat və hasilat, həm də nəql, emal, marketing və servis xidmətləri bazasında innovasiya texnologiyaları sahəsində sıx əməkdaşlıq edir. Son illər quruda istifadə olunan alçaq təzyiqli hava və neft-mədən kompressorlarının uzunmüddətli istismarı, onların faydalı iş əmsalını xeyli azaltmış, rekonstruksiya və servis xidmətlərinə böyük ehtiyac yaranmışdır.

Hazırda Neft Daşlarında neft və qazın yığılması üçün istifadə olunan kompressor qurğuları və onların ayrı-ayrı detallarının və düyünlərinin yeyilməsi nəticəsində kompressor avadanlıqlarında və çıxış xətlərində vibrasiya (titrəyiş) baş verir və səs göstəriciləri artır, bu da ətraf mühitə, ilk növbədə xidmət personalına mənfi təsir göstərir. Bununla əlaqədar servis xidmətləri sahəsində yeni texnologiyaların tətbiqi, o cümlədən baş verə biləcək qəzaların qarşısının alınması və aşkarlanması üzrə flikker-səs spektroskopiyaya metodundan istifadə etməklə kompleks tədbirlər görülmüşdür. Akademiyada neft-mədən kompressor qurğusunun intiqal hissəsində çarxqolu-sürüngəcli mexanizmi əvəzləyən yeni sürgüqolsuz mexanizm layihələndirilmiş, həmçinin mədəndaxili işlərdə istifadə olunan hava kompressorlarının təmirə yararlılığı yaxşılaşdırılmışdır.

Neft hasilatının intensivləşdirilməsi məqsədi ilə nanotexnologiyaların tətbiqi istiqamətində işlər aparılır. Layihənin neftveriminin artırılmasına yönəlmiş texnologiyalar və innovasiya metodlarının fəal tətbiqi sayəsində, neftçıxarmanın stabilliyinə, sulaşmanın azalmasına və bütünlükdə iqtisadi göstəricilərin artmasına nail olmuşuq.

Akademiyanın alim və mühəndisləri tərəfindən “AzNEFT” İB-nin neft-qaz çıxarma idarəsində, dəniz platformalarında, qazlift neft-qazçıxarmada və karbohidrogenlərin nəqlində partlayış təhlükəli zonalarda istifadə olunan, avtomatik idarə olunan təyinatlı elektrik qızdırıcı qurğusu hazırlanmışdır və bu qurğu ətraf mühitin parametrlərini nəzərə almaqla texnoloji prosesdə istifadə olunan qazın seçilmiş temperaturunu stabil saxlayır ki, bu da temperaturun dreyfi səbəbindən yaranan qaz sərfi pulsasiyalarını aradan qaldırmaqla, debitin stabil saxlanması üçün şərait yaradır.

Elmi Tərəqqi Fondunun qrantı çərçivəsində “Neft quyularının debit imkanlarından asılı olaraq quyu ştanqlı nasosların neft hasilatının tədricən tənzimlənməsi” qurğusunun işlənilməsi hazırlanması layihəsi üzərində işlər aparılır. Artıq qurğunun sınaq variantı işlənilib hazırlanaraq ilkin sınaqlar keçirilmiş və müsbət nəticələr əldə olunmuşdur. Neft Şirkətinin istismarçı mütəxəssislərinin bir sıra təklifləri nəzərə alınaraq, layihədə bəzi sxematik və proqram təminatı

dəyişiklikləri aparılmış, eləcə də, distansion olaraq simsiz əlaqə vasitəsi ilə istənilən nöqtədən internet vasitəsi ilə qurğunun iş prosesini müşahidə və idarə etmək üçün əlavə işlər görülür.

Neft-kimyə texnologiyası sahəsində alim və mühəndislərimiz tərəfindən bitki mənşəli yağlardan təbii yağ turşularının sulfat törəmələri sintez edilərək, onların fiziki – kimyəvi xassələri, həmçinin müxtəlif həlledicilərdə həllolma qabiliyyətləri öyrənilmişdir. Sintez olunmuş sulfat turşularından onların duzları və kompleksləri alınaraq, karbodioksinlərlə doydurulmuş bir faizli natri xlor məhlulunda lay sularının qələviliyi nəzərə alınmaqla, inhibitorluq aktivliyi öyrənilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən göstərilmişdir ki, doymamış bitki yağları birləşmələrinin əsasında polifunksional yüksək effektlə malik olan korroziya inhibitorları hazırlamaq olar. Alınmış inhibitor, metalların korroziyaya qarşı dözümlülüyünü artırır.

Diqqət cəlb edən daha bir texnologiya, neftin reoloji xassələrini yaxşılaşdıran effektiv reagentlərin axtarışında dördlü həlqədə ammonium mərkəzi saxlayan yeni qrup makrotsiklik birləşmələrin alınması üsulu akademiya tərəfindən işlənmişdir. Neft sənayesində dördlü ammonium birləşmələrinin əsas reoloji təsirini nəzərə alaraq, həlqəsində dördlü ammonium mərkəzi olan makrotsiklik birləşmələrin orijinal sintez üsulu işlənib hazırlanmışdır. Sintezlər asan tapılan bir-üçlü aminlər və iki-dihallogendialkik efirolərinin vasitəsilə aparılmışdır. Alınmış reagent ağır neftlərin özlülüyünü və neft qətranlarını kifayət qədər azaldır.

Milli Aviasiya Akademiyası ilə birlikdə aviasiya texnikası detallarının və materialların mühafizəsi üçün poliefiruretanlı qarşılıqlı lak örtük materialı işlənmişdir. Bu örtük, materialı kiçik sıxlığa və ya bir kvadratmetr sahənin örtülmə sərfinə görə, uçuş zamanı füzelyajın tsiklik deformasiyasına dağılmadan dözümlünə və 5-8 il müddətində öz funksional xassələrini qoruyub saxlamağına görə analoqlarından xeyli fərqlənir.

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası “İqlim” Elmi-İstehsalat Müəssisəsinin sifarişi ilə daha mükəmməl olan “Çoxnaqillı elektromontaj hörüklərin avtomatik yoxlanılması və sınaq qurğusu”nun işlənməsinə başlamışdır. Bu qurğu çoxnaqillı hörüklərin elektromontajının prinsipial elektrik sxeminə uyğunluğunu, ayrı-ayrı elektrik dövrlərinin izolyasiya müqavimətini və onların elektrik möhkəmliyinin avtomatlaşdırılmış nəzarətini fərdi kompüter, idarəedici proqram vasitəsi ilə yoxlanması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Hörükdə naqillərin yoxlanan uclarının miqdarı 1024-ə qədər, ayrı-ayrı dövrlər arasında izolyasiya müqaviməti 20 MOm-a qədər, elektrik dövrlərin sınaq gərginliyi isə – 220V və 350V, tezlik 50Hz-də aparılmalıdır. Hörüklərin yoxlanmasının nəticələri fərdi kompüterin monitoruna və çap edən qurğuya çıxarılmalıdır.

Kommunikasiya, idarəetmə və ölçü sxemləri işlənmiş, işçi maketlər hazırlanmış və sınaqlardan keçirilmişdir. Çap lövhələrinin topologiyası, kompüter üçün qurğunun idarəetmə alqoritmləri və mikrokontrollerlərin idarəedici proqramları işlənmişdir.

Regionlarda sənaye innovasiya texnologiyalarının tətbiqi ilə ölkə vətəndaşlarını içməli su ilə təmin etmək məqsədilə pilot mühəndis qurğuları yaradılır. Yaşayış məntəqələrində mürəkkəb tərkibli və çox çirkləndirilmiş suların təmizlənməsi modulları üçün yeni avtomatik idarəetmə bloku işlənir. Modulların məhsuldarlığı sutkada 36 və 60 ton, idarə olunan icraçı mexanizmlərin sayı 20-yə qədər, ölçü qurğusu və vericilərin sayı 28-ə qədərdir. İdarə etmə bloku simsiz əlaqə vasitəsi ilə distansion olaraq qurğunun iş prosesini müşahidə və idarə etməyə imkan verəcəkdir. Gələcəkdə bu qurğuların sayının 600-ə çatdırılması nəzərdə tutulmuşdur.

Məlum olduğu kimi, Azərbaycan Respublikasında kosmik sənayenin yaradılması və inkişafı ilə əlaqədar Dövlət Proqramı həyata keçirilir. 2013-cü il fevralın 8-də telekommunikasiya peyki orbitə çıxarılmışdır. Bu peyk vasitəsi ilə hazırda təxminən 154 telekanal və 30 radiostansiyanın yayımı reallaşdırılır. Mühəndislik Akademiyasının fəaliyyəti “Azərkosmos”

ASC-də idarəetmə və təbii resursların istismarı, eləcə də operativ peyk informasiya qəbulu sahəsində məsələlərin həlli, fotoqrammetrik və geoinformasiya layihələrin yerinə yetirilməsində innovasiya texnologiyalarının işlənməsi və geoinformasiya sistemlərinin tematik geoportalların hazırlanması, sifarişçilərin bazası əsasında alqoritmlər və aviakosmik məlumatların emalı metodikasının tətbiqi üçün innovasiya texnologiyalarının işlənməsi, konsaltinq aparması və kadr hazırlığına nail olmağa istiqamətlənəcəkdir.

Yüksək tezliklə kosmik radiolokasiya peyki “RADARSAT-2” vasitəsi ilə neftlə çirklənmiş parametrlərin qiymətləndirilməsi üçün neft dağılmalarının parametrləri Xəzər dənizinin Azərbaycan sektoru akvatoriyasında aşkarlanmışdır. “RADARSAT-2” peykinin köməyi ilə radiolokasiya təsvirlərin (RLT) işlənməsi və istifadəsi, geoinformasiya yanaşma ilə dinamikasının təhlili və obyektlərin tullantı ləkələri, neftlə çirklənmiş Neft Daşları rayonunda aparılmış və onların paylanma xəritəsi çəkilmişdir. Neft ləkəsi və neft məhsullarının paylanma xəritəsi neft ləkələrinin parametrlərini və xarakteristikalarını aşkar şəkildə ölçmək üçün mükəmməl informasiya mənbəyidir, bu da neft çirklənmələri və onların su mənbələri arasında əlaqə aşkar olunan akvatoriyasının müxtəlif sahələr üzrə paylanmasının təhlilini aparmağa imkan verir.

Azərbaycan Respublikası Nəqliyyat Nazirliyinin sifarişi ilə şəhər nəqliyyatı üçün GPS peyk sistemi istifadə olunmaqla, marşrut dayanacaqlarını avtomatik elan edən qurğu işlənilərək sınaq nümunəsi ilkin sınaqlardan keçmişdir. Yerinə yetirilən iş yüksək texniki göstəricilərə malik olan, dünya standartları səviyyəsində yaradılmış bir qurğudur. Bu qurğu mikroprosessor əsasında işləyir və xüsusi proqramla idarə olunur. Qurğu əsasən piyadaların və avtonəqliyyat vasitələrinin yol hərəkətinin tənzimlənməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onun idarəetmə proqramında iş alqoritminin dəyişdirilməsi xüsusi proqramator vasitəsilə yerinə yetirilir. Hazırda qurğu sınaqdan keçirilir.

Akademiyanın üzvləri tərəfindən işıqdiod texnikasında yüksək effektivli lüminoforların yaradılması texnologiyasının tətbiqi ilə, yaşayış məhəllələri, ərazi və keçidlərin, küçə və sənaye obyektlərinin, dayanacaq və digər açıq yerlərin işıqlandırılması və yüksək effektivli lüminoforlardan istifadə etməklə keyfiyyətli və iqtisadi cəhətdən səmərəli işıqdiodlar alınmışdır. Görülmüş işlərin nəticəsində hazırlanmış elmi-texniki məhsul dəmir yol vağzalını və onun ətraf ərazisində tətbiqi elektrik enerjisinə əhəmiyyətli dərəcədə qənaət etməyə imkan verəcəkdir.

Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin sifarişi ilə meteorologiyada meteoroloji parametrləri avtomatik qeydə alan və emal edən sistem işlənmişdir. Meteostansiya aşağıdakı altı meteoroloji parametri: küləyin sürəti və istiqaməti, yağıntının miqdarı, atmosfer təzyiqi, temperaturu, havanın nisbi rütubətini avtomatik rejimdə ölçmək və GSM kanalı ilə naqilsiz məsafəyə ötürmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Mühəndislik Akademiyası öz işində əsasən insan resurslarına əsaslanır. “Təhsil–Texnopark” kompleksinin tikintisi başa çatmaq üzrədir. Bu kompleksin əsas məqsədi biliklərə əsaslanmaqla, ölkə iqtisadiyyatının inkişafını sənaye-innovasiya istiqamətinə yönəltməkdir. Onun əsas resursu biliklərə əsaslanan istedadlı və hazırlıqlı mütəxəssislərdən ibarət olacaqdır. Kadr potensialını əsasən Milli Aviasiya Akademiyası, eləcə də Azərbaycanın digər aparıcı ali məktəbləri təmin edəcəkdir. AMA-nın üzvləri ölkəmizin ali məktəblərində təhsilin, keyfiyyətin idarə olunması, o cümlədən, yüksək ixtisaslı mühəndis profilli mütəxəssislərin hazırlanmasında xeyli işlər görürlər. Yeni iqtisadiyyata keçid problemləri ilə əlaqədar regionlarda texnoloji

parkların yaradılması və innovasiya inkişafında ali məktəblərin iştirakı və aparıcı roluna xüsusi əhəmiyyət verilir.

AMA hava nəqliyyatı ilə bütün növ infeksiya xəstəlik törədicilərin yayılmasının qarşısının alınması məqsədilə, “Azərbaycan Hava Yolları” Qapalı Səmdar Cəmiyyəti Rusiya Elmlər Akademiyası Biokimyəvi Fizika və Virusologiya Elmi-Tədqiqat İnstitutu ilə birgə dünyada ilk dəfə ozonlaşdırmanın adeno-poliomielit və H5N1 viruslarının məhvedici dozası müəyyənəndirilmiş, Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatı və BOEING şirkətinin tövsiyələrinə uyğun olaraq bu dozanın təyyarə salonu materiallarına və antropogen amillərinin fəsadlarına təsiri qiymətləndirilmişdir.

Akademiya “AZAL” QSC ilə birgə uçuşların təhlükəsizliyi problemi üzərində fəal işləyir, aviadaşınmalar zamanı yoluxucu xəstəliklərin yayılması təhlükəsi ilə bağlı hazırda xüsusi elmi-texniki istiqamət üzrə təqdim olunan xüsusi hazırlanmış və İCAO-nun SƏHIYYƏ proqramı və Milli Aviasiya Akademiyasında, ozonun istifadəsi hərtərəfli öyrənilməsi məqsədi ilə aparılır.

Aeroport zonalarında yerüstü nəqliyyat vasitələrinin sanksiya olmadan uçuş – enmə zolağının səddini keçməsi təhlükənin qarşısının alınması sistemi işlənir. Artıq, işləyən maket nümunəsi istehsal edilmiş, ilkin sınaqlar müsbət nəticələr göstərmişdir.

Mühəndislik Akademiyasının alim və mütəxəssisləri tərəfindən aqrar-sənaye sektorunda ölkənin ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məqsədi ilə, kənd təsərrüfatının inkişafı sahəsində proqramın işlənməsini xüsusi vurğulamaq lazımdır. Quraq zonalarda, dağətəyi düzənliklərdə quraqlığa davamlı kənd təsərrüfatı bitkilərinin eroziyaya qarşı mübarizəsi, sudan istifadə və digər məsələlər proqramın əsasını təşkil edir. Akademiyanın mütəxəssisləri dezinfeksiya üçün ozonlaşdırıcı cihazlar vasitəsi ilə taxıl anbarlarının səpinqabağı emalını həyata keçirmişlər. Ekoloji şərait nəticəsində həm qida, həm də genetik fonda dəbli bitkilərin saxlanması təmin olunmuşdur. Toxum emalı göstərdi ki, ozon-hava qarışığı ilə təmizlənmiş toxumlar nisbətən böyük məhsuldarlıq vermişdir. Bu istiqamətdə Azərbaycan Rusiya Federasiyası ilə birlikdə kənd təsərrüfatının inkişafı üzrə dövlətlərarası proqram hazırlayır. İki baryer əsaslı, modul tipli ozonlaşdırma sistemi yaradılmış və AMEA-nın Genetik Ehtiyatlar İnstitutu (GEİ) ilə birgə buğda toxumlarının səpinqabağı işlənməsində cücərtilərin biometrik ölçmələri əsasında ozonun qatılığının və təsir müddətinin maksimal stimullaşdırıcı və məhvedici qiymətləri müəyyənəndirilmişdir.

Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi, GEİ ilə birgə İsmayılı (Nikitin kolxozu), Yevlax regional toxum zavodu, Əkinçilik İnstitutu, Tərtər, Şəki bölgə dayaq məntəqələri 100 tona qədər buğda toxumları ozonlaşdırma texnologiyası ilə səpinə hazırlanmışdır.

“Azərsun Holding”in sifarişi ilə Lənkəran çay fabrikində ozonlaşdırma ilə 50 ton çay yarpaqları fermentləndirilmiş, 100 hektarlıq 100 hektarlıq uğundur toxumları, 200 hektarlıq qarğıdalı toxumları, 100 hektarlıq soya toxumları səpinə hazırlanmışdır.

Beynəlxalq əməkdaşlıq sahəsində Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyası ilə birgə Sloveniya və Qazaxıstan Mühəndis Akademiyaları ilə üçtərəfli müqavilə üzrə fəal iş aparır. AMA bir çox milli və beynəlxalq akademiyalar və texniki birliklərlə səmərəli əməkdaşlıq və əlaqələr qurmaq üçün yorulmadan səy göstərir. Elmi forumların hər il keçirilməsi ənənəyə çevrilib, BMA-nın xarici ölkələrdə təşkil olunmuş, orada çox mühüm qərarlar xarici həmkarları ilə birgə mühəndis ixtisaslarının nüfuzunun artırılması üzrə mühüm işlər görülür.

AMA bir çox ölkələrin mühəndislik akademiyaları ilə, xüsusilə də Rusiya, Ukrayna, Belarusiya, Qazaxıstan, Sloveniya Mühəndis Akademiyaları, Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyası ilə sıx əməkdaşlıq edir. İslam Ölkələri Mühəndis İnstitutları Federasiyasının (İÖMİF) tərkibinə daxil olaraq, AMA ilə İÖMİF və onun üzvləri arasında əməkdaşlığını dərinləşdiririk. Azərbaycan – Sloveniya Avropa Mühəndislik Mərkəzinin qərargahı Lyublyanada olmaqla hüquqi statusunun alınması istiqamətində işlərimizi davam etdiririk.

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” beynəlxalq elmi-texniki jurnalı beş il ərzində Azərbaycanın və eləcə də xarici ölkələrin elmi həyatında fəal iştirak edir. Milli elmi ictimaiyyət bütün dünya alimlərinin üzərində çalışdıqları problemlərin aşkarlanmasına böyük əhəmiyyət verir. “Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” jurnalı aktuallığı və praktikliyi ilə böyük maraq doğuran ciddi araşdırmalar aparılması üçün canlı mənbədir.

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” ayrıca elektron formatda müasir dünya standartlarından istifadə etməklə ingilis dilində məqalələrin xülasələrini çap edir, kommersiya məlumat bazalarının birinin köməyi ilə materialları yayır, həmçinin xarici analitik baza SCOPUS-a keçid və onun köməyi ilə indeksləşmə və sitatlaşdırmanı həyata keçirir. Jurnalda məqalələr Azərbaycan, ingilis və rus dillərində 1400 tirajla nəşr olunur.

Akademiyanın üzvləri il ərzində bir çox konqreslərdə, beynəlxalq və regional elmi forumlarda, simpozium və konfranslarda iştirak edir, qarşılıqlı beynəlxalq əməkdaşlıq davamlı inkişaf edir və müvafiq tədbirlər həyata keçirilir.

AMA təsis olunandan bu günə kimi akademiya həqiqi və müxbir üzvlərin seçilməsi üçün bir neçə dəfə müsabiqə keçirilmişdir.

Akademiyanın 2 üzvü ölkəmizin ən yüksək “İstiqlal” və “Şöhrət” ordeninə layiq görülmüş, digərləri isə ictimai təşkilatların medalları ilə təltif olunmuşlar.

Azərbaycandan 4 nəfər Rusiya Mühəndislik Akademiyasının, 2 nəfər isə Rusiya Təbiət Elmləri Akademiyasının həqiqi üzvü seçilmişdir. İki nəfər Nobel mükafatı laureatı P.L.Kapista adına qızıl medala layiq görülmüşdür.

Akademiya ixtiraçılıq sahəsində II Respublika müsabiqəsinin laureatı diplomu ilə təltif olunmuşdur.

Akademiyanın yeni təsis olunmuş “Mühəndislik Rəşadəti” qızıl medalı ilə əmək fəaliyyətində fərqlənən 16 nəfər akademiya üzvü təltif olunmuşdur.

“İlin Mühəndisi” nominasiyaları üzrə müsabiqələr keçirilir, layiqli alim və mütəxəssislər diplom və xatirə medalı ilə mükafatlandırılır.

Hər il “AzPatent” ilə birgə “Ən yaxşı ixtira” üzrə müsabiqə keçirilir.

Akademiyanın internet veb saytı (www.ama.com.az) yenilənmiş formatda fəaliyyət göstərir. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının atributları: bayrağı, emblemi, döş nişanı, loqosu işlənib hazırlanmış və eləcə də akademiyanın sorğu kitabı nəşr olunmuşdur.

Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyası və İslam Ölkələri Mühəndis İnstitutları Federasiyası ilə qarşılıqlı münasibətlərin dərinləşdirilməsi və inkişafı istiqamətində işlər davam edir. Avropa standartının 3G məlumat – telekommunikasiya texnologiyası ilə konfrans zalının yaradılmışdır. Mezo və mikro səviyyələrdə elmi tədqiqat işlərinin aparılması üçün “Mexaniki sınaqlar laboratoriyası” fəaliyyət göstərir.

Ümid etmək olar ki, müxtəlif ölkələrlə beynəlxalq əməkdaşlıq daha da inkişaf edəcək, akademiyanın sərhədləri digər ölkə akademiyaları ilə qarşılıqlı münasibətləri genişləndirəcək, mühəndis fikrinin dünya ictimaiyyətinə inteqrasiyası daha da sürətlənəcək.



**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti,
akademik A.Paşayevə**

Hörmətli Arif müəllim!

Sizi – görkəmli alimi, Milli Elmlər Akademiyasının və Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının həqiqi üzvünü prezidenti olduğunuz Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının 10 illik yubileyi münasibətilə ürəkdən təbrik edir, uzun ömür, möhkəm cansağlığı, elmi-pedaqoji fəaliyyətinizdə yeni-yeni uğurlar diləyirəm.

Müasir müstəqil ölkəmizin elmi və iqtisadi inkişaf arxitekturasında Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xüsusi yeri vardır. Zəngin təcrübəli elm təşkilatçısı kimi Siz Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının üzvü olan alimlərin və mühəndislərin yaradıcılıq potensialını çox məharətlə fundamental tədqiqatlara, innovasiyalı proqramların işlənilməsinə hazırlanmasına, elmi-texniki tərəqqinin sürətləndirilməsinə yönəldirsiniz. Möhtərəm Prezidentimiz cənab İlham Əliyevin uğurla həyata keçirdiyi strategiya nəticəsində inkişafın yeni mərhələsinə qədəm qoyan milli elmimizin və iqtisadiyyatımızın yüksəlişinə Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının verdiyi əvəzsiz töhfələri qeyd etməkdən sonsuz iftixar hissi duyuram.

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının ötən 10 ildə qazandığı uğurlar Sizin görkəmli alim və novator təşkilatçı olduğunuzu təsdiq edən danılmaz həqiqətlərdir. Ölkəmiz və xalqımız qarşısındakı möhtəşəm xidmətləriniz müstəqil Azərbaycanın quruculuq salnaməsinin çox qiymətli səhifələrini təşkil edir.

Hörmətli Arif müəllim, Sizi Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının 10 illiyi münasibətilə bir daha səmimi qəlbdən təbrik edir, bol-bol yaradıcılıq sevinci arzulayıram.

Dərin hörmət və ehtiramla,

**Aslan Aslanov
AZƏRTAC-ın Baş direktoru**



**Президенту
Азербайджанской инженерной академии
академику А.М. Пашаеву**

Уважаемый Ариф Мир Джалал оглы!

Поздравляю Вас с 10-летием со дня основания авторитетной среди научно-инженерного сообщества общественной организации – Азербайджанской инженерной академии.

История академии неразрывно связана с именами выдающихся ученых и инженеров. Их фундаментальные труды и практические достижения внесли существенный вклад в развитие реального сектора экономики Азербайджана, во многом определив основные направления развития науки, техники и технологий.

Сегодня академия по праву занимает одну из лидирующих позиций в азербайджанской прикладной науке. В Вашем коллективе сложились передовые школы в самых перспективных областях современных технических знаний.

Убежден, что богатый производственный опыт и высокий профессионализм Вашего коллектива позволят и впредь «высоко держать планку», хранить и приумножать лучшие традиции научно-технического творчества и преемственность поколений.

Несомненно, юбилей позволит достойно представить научно-технические достижения коллектива, показать вклад в становление и развитие академии выдающихся ученых и инженеров-практиков и организаторов производства.

Отдельно хочу отметить, что успешно развиваются научно-технические связи между учеными и инженерами России и Азербайджана.

Желаю Вам дальнейших успехов и благополучия!

**Президент
Международной и Российской инженерных академий,
лауреат Государственных премий СССР и РФ,
заслуженный деятель науки РФ,
академик Б.В. Гусев**



**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti,
akademik A.Paşayevə**

Hörmətli Arif müəllim!

Sizi Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının 10 illik yubileyi münasibətilə ürəkdən təbrik edir, ən xoş arzularımı bildirirəm.

Son illər ərzində rəhbərlik etdiyiniz akademiya Azərbaycanda mühəndislik elminin inkişafını sürətləndirən mərkəzə çevrilib. Bu tədris ocağında tədqiqatçılar və mütəxəssislər yeni ideyalardan yararlanıb, texniki yeniliklər barədə fikir mübadiləsi aparıb və təcrübələrini bölüşüblər. Bu məlumatlar texniki təchizat məsələlərində perspektiv istiqamətlərin müəyyənləşdirilməsinə əvəzsiz töhfə verməklə texnikanın və qabaqcıl texnologiyaların inkişafı sahəsində aktual biliklərin, rabitə vasitələrinin və sistemlərinin inkişafı üzrə unikal nailiyyətlərin əldə edilməsinə zəmin yaradır.

İnformasiya texnologiyaları, telekommunikasiya, proqram təminatı, kompüter şəbəkələrinin inkişafı, İT layihələrinin xüsusiyyətləri, korporativ idarəetmə sistemləri sahəsində və digər istiqamətlərdə xəbərləri işıqlandıran “Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” jurnalında dərc edilən tədqiqatların nəticələri Azərbaycan alimlərinin dünyanın elm və texnika prosesinə inteqrasiyasına impuls verir. Müasir informasiya texnologiyaları sahəsində ən maraqlı faktlar haqqında materiallar xüsusi maraq doğurur və bu faktların ölkənin müvafiq strukturlarında tətbiqi yüksək nəticələrin əldə olunmasına rəvac verə bilər.

Xüsusilə qeyd etmək istəyirəm ki, Azərbaycanın mühəndis və alimlərinin elmi-texniki uğurları, o cümlədən ilk telekommunikasiya peykinin orbitə buraxılması və istismarında əldə edilən yüksək nəticələr dünya ictimaiyyətinin diqqətini cəlb edir.

Hörmətli Arif müəllim!

Bir daha Sizi akademiyanın 10 illik yubileyi münasibətilə ürəkdən təbrik edir, müvəffəqiyyətlər arzulayıram!

Əli Abbasov
Azərbaycan Milli Elmlər
Akademiyasının akademiki



**Президенту
Азербайджанской инженерной академии
академику А.М. Пашаеву**

Уважаемый Ариф МирДжалал оглы!

От имени Президиума Национальной академии Республики Казахстан, всего научно-инженерного корпуса страны и от себя лично поздравляю Вас с юбилеем Азербайджанской Инженерной академии – 10-летием со дня создания!

Эти 10 лет – важный этап на большом творческом пути, время молодости и оптимизма, смелости мысли и генерации идей.

Хочется отметить произошедшие за этот период времени новаторские научные исследования, значимые научно-практические достижения и инженерные разработки азербайджанских ученых и инженеров, особенно в области добычи углеводородов на суше и на море, которые имеют мировое признание.

Ученые Азербайджана внесли огромный вклад в развитие нефтехимической науки, реализуя крупные научные проекты государственной значимости.

Желая творческих успехов вашей академии еще на заре ее создания в 2005 году, мы были уверены, что вы станете в авангарде научных исследований и разработок, в приоритетных направлениях инновационных технологий.

Объединяя усилия ученых и специалистов вашей страны, вы превратились в авторитетную структуру, получившую признание научно-инженерного сообщества не только ближнего, но и дальнего зарубежья.

Между Национальной инженерной академией Республики Казахстан и Инженерной академией Азербайджана сложились добрые творческие связи, и я уверен, что наше сотрудничество будет плодотворным и эффективным.

В этот знаменательный день желаем Вам и Вашему коллективу огромных творческих успехов, неиссякаемой энергии и новых свершений в целях интеграции и дальнейшего развития инженерной науки во благо наших стран!

**Бакытжан Жумагулов
доктор технических наук, академик НАН РК и МИА,
лауреат Государственной премии РК в области науки,
техники и образования, Заслуженный деятель Казахстана,
Президент Национальной инженерной академии
Республики Казахстан**



**Президенту
Азербайджанской инженерной академии,
академику А.М. Пашаеву**

Уважаемый Ариф Мир Джалал оглы!

Сердечно поздравляем Вас с 10-летним юбилеем Азербайджанской инженерной академии.

За эти годы академия стала центром научной инженерной мысли в Азербайджане. В ее стенах исследователи и специалисты черпали свежие идеи, обменивались мнениями о своих разработках технических новинок и делились опытом. Эта информированность вносит неоценимый вклад в выработку перспективных направлений в вопросах технической оснащенности, обеспечивая актуальными знаниями в области развития техники и передовых технологий, способствуя распространению уникальных достижений.

Результаты исследований ученых и специалистов, публикуемых в журнале академии «Вестник», служат импульсом к интегрированию азербайджанских ученых в мировой процесс науки и техники. Материалы о наиболее интересных фактах в области современных информационных технологий представляют особый интерес и могут стать достоянием инженерной мысли.

Особо хочу подчеркнуть, что научно-технические достижения азербайджанских инженеров в тесном сотрудничестве с учеными Словении в последние годы привлекают к себе внимание всего мирового сообщества.

Еще раз поздравляем с 10-летним юбилеем академии и желаем доброго пути и творческих успехов!

*Игорь Эмри,
Президент Инженерной академии
Словении, академик*

ЭНЕРГОНАГРУЖЕННОСТЬ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ИХ ИСПЫТАНИЙ

А.Х. ДЖАНАХМЕДОВ, А.И. ВОЛЬЧЕНКО*, С.И. КРИШТОПА*, О.Б. СТАДНИК*

В статье излагаются материалы оценки энергонагруженности фрикционных узлов ленточно-, дисково- и барабанно-колодочных тормозных устройств в процессах электро-термомеханического нагружения при периодических и циклических, и длительных торможениях при условии протекания конвективного, кондуктивного и радиационных теплообменов.

Ключевые слова: *энергонагруженность, ленточно-, дисково-, барабанно-колодочный тормоз, фрикционные узлы, пары трения, режимы нагружения, поверхностные и объемные температурные градиенты, металлические фрикционные элементы.*

Введение. Энергонагруженность любого вида тормозного устройства (ленточно-, дисково- и барабанно-колодочного) определяется величиной энергии, воспринимаемой их фрикционными узлами при электротермомеханическом нагружении в процессе торможения. Энергоемкость фрикционных узлов тормозов измеряется величиной поглощенной энергии без заметного падения эффективности торможения и пропорциональна количеству теплоты, поглощаемому узлами трения. Энергоемкость тормозного устройств зависит от веса, габаритов, теплопоглощающей и теплорассеивающей способности его фрикционных узлов, которые, в свою очередь, определяются коэффициентами теплопередачи, а также формой теплорассеивающих поверхностей, их положением по отношению к скоростным потокам омывающего воздуха и, наконец, термодинамическими параметрами его потоков.

Состояние проблемы. Существующие взгляды на оценку энергонагруженности фрикционных узлов (ленточно-, дисково-, и барабанно-колодочных) на макро-, микро-, и наноуровнях заставляют искать новые подходы и пути во взаимосвязи динамических, тепловых и электрических параметров в едином поле фрикционного взаимодействия.

* Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (г. Ивано-Франковск, Украина)

Принято на макро-, миллиуровнях во фрикционных узлах тормозных устройств следующие внешние параметры: импульсные нормальные усилия, сила трения, динамический коэффициент трения, тормозной момент; работа трения, тепловой поток, мощность трения, температуры: вспышки, поверхностные и объемные; механические и тепловые деформации и т.д.

Металлический и неметаллический фрикционные элементы при работе в узлах трения характеризуются различными состояниями их поверхностных и подповерхностных слоев [1-4]. Так, указанные слои при температурах выше допустимой для материалов фрикционной накладки из-за деструктивных процессов в них попадают в метастабильное состояние, из которого они уже не возвращаются в первоначальное состояние. Исходя из вышеуказанного, необходимо энергетический баланс фрикционных узлов тормозных устройств рассматривать как до допустимой температуры материалов фрикционной накладки, так и после ее достижения.

Что касается металлического фрикционного элемента, то его теплорассеивающая способность зависит от полированной и матовой площадей поверхностей и их теплонагруженности [5]. Последняя и является определяющим фактором при оценке конвективного и радиационного теплообмена от указанных поверхностей металлического фрикционного элемента.

Постанова задачи. В данной публикации рассмотрены следующие вопросы применительно к данной проблеме:

- режимы нагружения пар трения тормозных устройств;
- трибологические подсистемы различных видов тормозных устройств;
- энергонагруженность пар трения тормозных устройств;
- градиентная теория металлических фрикционных элементов тормозных устройств;
- энергетический баланс пар трения тормозных устройств.

Цель работы – оценка энергонагруженности пар трения тормозных устройств при различных режимах их нагружения, на основании которой представить обоснованный энергетический баланс узлов трения.

Режимы нагружения пар трения тормозных устройств. Режимы нагружения пар трения ленточно-, дисково-, и барабанно-колодочных тормозов отличаются между собой за счет коэффициента взаимного перекрытия пар трения, импульсных удельных нагрузок и тормозных моментов, реализуемых динамических коэффициентов трения, наличием площадей полированной и матовых поверхностей в металлических фрикционных элементах и т.д.

Циклический режим характеризуется наличием периодически повторяемых процессов торможения и пауз в работе тормоза. Период охлаждения (пауза) относительно невелик, и температура поверхности трения не успевает снизиться до температуры окружающей среды. Поэтому каждое последующее торможение начинается при температуре значительно превышающей начальную температуру предыдущего торможения. По мере увеличения перепада между температурой рабочих элементов тормоза и темпе-

ратурой окружающей среды увеличивается количество теплоты, отводимой в окружающую среду, и рост температуры поверхности трения замедляется. После некоторого числа торможений количество теплоты, отводимой в окружающую среду, становится равным количеству теплоты, образующейся при торможении. Создается некоторое условное тепловое равновесие, при котором температура, возникающая на поверхности трения, к концу каждого торможения будет иметь одно и то же значение (условная установившаяся температура). В этом режиме работают тормоза подъемно-транспортных машин, а также автотранспортных средств при движении в городских условиях и т.п.

Длительный режим. В тормозах, работающих в этом режиме, период торможения настолько велик, что температура поверхности трения достигает некоторого значения установившейся температуры и длительное время удерживается на этом уровне. В таком режиме работают некоторые спускные тормоза грузоподъемных машин, тормоза буровых и геологических лебедок, тормоза автотранспортных средств на длительных спусках и т.п. Такие режимы нагревания пар трения дисково- и барабанно-колодочных тормозов транспортных средств используют во время испытаний при оценке их эффективности.

Особенностью нагревания пар трения дисково-колодочного тормоза является следующее. Вследствие малого $K_{вз}$ более 80 % всей поверхности тормозного диска не находятся во фрикционном взаимодействии с рабочими поверхностями накладок колодок, а интенсивно вынужденно охлаждаются скоростными потоками омывающего воздуха. В это время рабочие поверхности накладок в процессе торможения постоянно находятся в контакте с поясами трения диска и нагреваются. Кроме того, теплопроводность материала диска (чугун) на два порядка выше, чем у материалов накладки. При этом диск вращается, а накладки неподвижны. Это приводит к тому, что в условиях кратковременных торможений (импульсном подводе теплоты), когда в теплопоглощении активно участвуют поверхностные и подповерхностные слои материалов фрикционной пары, происходит интенсивное тепловыделение и более нагретые рабочие поверхности накладок постоянно вступают в контакт с менее нагретыми поясами трения дисково-колодочных тормозных устройств. В ленточно-колодочном тормозе с $K_{вз} > 0,6$ особенностью фрикционного взаимодействия их пар трения является очень большая неравномерность распределения импульсных удельных нагрузок на рабочих поверхностях набегающей и сбегавшей ветви тормозной ленты, а также на набегающих и сбегавших поверхностях накладок. Это обстоятельство вызывает неодинаковый нагрев рабочих поверхностей фрикционных узлов, что и является основной причиной больших температурных градиентов на поверхностях пар трения при их электротермомеханическом нагружении.

Согласно Правила № 13 ЕЭК ООН [6] для автотранспортных средств предусмотрено испытание дисково- и барабанно-колодочных средств I и II типа. Первый тип для рассматриваемых автотранспортных средств характеризуется 20-ю циклическими торможениями от скорости 60,0 км/ч до 30,0 км/ч и интервалом времени между торможениями 45,0 с.

Двенадцатиминутный режим торможения относится к предыдущему этапу исследований II типа, суть которого в следующем. Проводят торможения автотранспортного средства для поддержания постоянной скорости 30,0 км/ч на участке спуска протяженностью 6,0 км, что имеет продольный уклон 6,0 %. Основной этап исследований II типа – это тот же режим исследований тормозов автотранспортного средства, но при его проведении определяют эффективность тормозной системы. В табл. 1 приведены режимы торможения и расчетные зависимости для определения энергии, поглощаемой фрикционными узлами дисково-, барабанно- и ленточно-колодочными тормозными устройствами.

Таблица 1

Режимы торможения и расчетные зависимости для определения энергии, поглощаемой фрикционными узлами различными видами тормозных устройств

Режим торможения		Расчетная зависимость
I*	тип I (циклический)	$E_1 = 20G_a (V_H^2 - V_K^2) / 2 \cdot 3,6^2 = 694,3 G_a, \text{ Дж} \quad (1)$
	тип II (длительный)	$E_2 = G_a S [i - (f + \gamma'_\tau)] = 784,6 G_a, \text{ Дж} \quad (2)$
II*	тип I	$E_3 = 20G_a (V_H^2 - V_K^2) / 2 \cdot 3,6^2 = 1388,6 G_a, \text{ Дж} \quad (3)$
	тип II	$E_4 = G_a S [i - (f + \gamma'_\tau)] = 1569,2 G_a, \text{ Дж} \quad (4)$
III*	Апериодический циклический	$E_5 = \frac{G}{g} \cdot \frac{v_K^2}{2} + \frac{G_L}{g} \cdot \frac{v_L^2}{2} + \sum I_{б.л.} \frac{\omega^2}{2}, \text{ Дж} \quad (5)$

*Примечание: I, II, III – дисково-, барабанно и ленточно-колодочный тормоз.

В зависимостях (1-5) применены следующие условные обозначения: G_a – вес автотранспортного средства, V_H, V_K – регламентируемые скорости, соответственно, в начале и конце торможения, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; i – величина уклона дороги ($i = 0,06$); S – протяженность спуска (6 км); f – коэффициент сопротивления качению; γ'_τ – удельная тормозная сила, создаваемая тормозом-замедлителем ($f + \gamma'_\tau = 0,02$); G – общий вес колонны бурильных труб, который действует на крюк кронблока, H ; v_K – линейная скорость движения крюка, м/с; G_L – общий вес тормозных лент с фрикционными накладками, H ; v_L – линейная скорость перемещения тормозной ленты, м/с; $\sum I_{б.л.}$ – суммарный момент инерции буровой лебедки, состоящий из моментов инерции, соответственно: барабана с навитым канатом и тормозных шкивов (суммарный момент инерции буровой лебедки приведен к ее тормозному валу, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$).

Из анализа полученных величин энергий, согласно зависимостям (1) и (2), следует, что общая энергонагруженность пар трения дисково-колодочных тормозов на предварительном этапе испытаний II приблизительно на 12 % выше, чем при испытаниях I, несмотря на то, что условия теплоотвода лучше при длительном подводе теплоты к тор-

возможному диску. При циклическом нагружении тормоза (испытания типа I) имеет место импульсный подвод теплоты к тормозному диску. Коэффициенты при G_a в зависимостях (3) и (4) увеличены в 2,0 раза по сравнению с зависимостями (1) и (2) в связи с тем, что барабанно-колодочные тормоза являются задними в автотранспортном средстве.

Трибологические подсистемы различных видов тормозных устройств. Установим взаимосвязь между трибосистемой, которой являются фрикционные узлы тормоза, и их термодинамическим состоянием. Трибосистема выступает в роли открытой системы, в материалах которой число электронов и ионов является переменным. Напомним, что в термодинамике условием равновесия между открытыми системами является не только равенство температур, но и равенство химических потенциалов μ . Химический потенциал – интенсивная величина, которая определяется следующим образом:

$$\mu = \left(\frac{\partial A}{\partial \langle N \rangle} \right)_{TV}, \quad (6)$$

где ∂A – полный дифференциал свободной энергии $\partial A = -SdT - PdV + \mu d\langle N \rangle$; N – количество электронов и ионов; T , P , V – температура, давление, объем; S – энтропия.

Четыре наиболее общеупотребляемых термодинамических потенциала E , H , A , G (E – энергия подсистемы; H – гамильтониан (полная энергия системы) $H(q_i, p_i)$, где q_i – обобщенная координата; p_i – обобщенные импульсы; G – свободная энтальпия) соответствуют описанию подсистемы в переменных $(S, V, \langle N \rangle)$, $(S, P, \langle N \rangle)$, $(T, V, \langle N \rangle)$ и $(T, P, \langle N \rangle)$. Воспользуемся описанием, в котором экстенсивная переменная $\langle N \rangle$ заменяется сопряженной с ней интенсивной переменной μ . Для построения термодинамического потенциала в переменных (T, V, μ) можно поступать так же, как при выводе свободной энтальпии (энергии Гиббса) $G(T, p, \langle N \rangle)$ из свободной энергии $A(T, V, \langle N \rangle)$, т.е. воспользоваться «преобразованием Лежандра».

Рассмотрим фрикционные пары различных видов тормозных устройств как трибосистемы с ее составляющими – подсистемами. Остановимся на наиболее характерных подсистемах согласно табл. 2.

В правильно спроектированном металлическом фрикционном элементе любого вида тормозного устройства должны строго выдерживаться отношения площадей между матовыми и полированной (рабочей) поверхностью. При этом увеличение матовой поверхности достигается за счет наружных развитых поверхностей (в барабанно- и ленточно-колодочных тормозах – оребрение, дефлекторы, канавки, выступы и т. д.), а в дисково-колодочных тормозах – внутренние развитые поверхности в самовентилируемых дисках (выступы, полурёбра, ребра, каналы и т. д.). Такой подход связан с интенсификацией вынужденного охлаждения металлических фрикционных элементов, которые являются аккумулятором тепловой энергии в любом виде тормозного устройства. Поэтому вторая и третья подсистемы различных видов тормозных устройств рассматриваются с точки зрения взаимодействия металлических фрикционных элементов со ско-

ростными токами компонентов омывающей среды, направленных на снижение их энергоемкости (табл. 2).

Таблица 2

Подсистемы различных видов тормозных устройств

Виды тормозных устройств		Первая	Вторая	Третья	Четвертая
	<i>I</i> *	Торцевые поверхности поясов трения диска, взаимодействующие с фрикционными накладками	Торцевые и боковая поверхности диска, взаимодействующие со скоростными токами омывающей среды	Тело сплошного диска или развитые поверхности самовентилируемого диска	Поверхностные и подповерхностные слои трибосопряжения «диск – накладки колодок»
	<i>II</i> *	Рабочая поверхность тормозного барабана, взаимодействующая с фрикционными накладками	Наружная поверхность обода барабана, взаимодействующая со скоростными токами компонентов омывающей среды	Поверхностные и подповерхностные слои трибосопряжения «барабан – накладки»	Взаимодействие обода барабана с его боковой стенкой
	<i>III</i> *	Рабочая поверхность тормозного шкива, взаимодействующая с фрикционными накладками	Внутренняя поверхность обода шкива, взаимодействующая со скоростными токами компонентов омывающей среды	Поверхностные и подповерхностные слои трибосопряжения «шкив – накладки»	Взаимодействие обода шкива с его крепежным выступом

*Примечание: *I*, *II*, *III* – дисково-, барабанно и ленточно-колодочные тормозные устройства.

Одновременно с вынужденным охлаждением в ленточно- и барабанно-колодочном тормозе необходимо обратить внимание на кондуктивный вид теплообмена в сопряжениях «обод шкива – крепежный выступ» и «обод барабана – боковая стенка». Дело в том, что крепежный выступ существенно влияет на циркуляцию основных и дополнительных токов в ободке шкива. Что касается боковой стенки, то она играет существенную роль в формировании термостабилизационного состояния обода (см. в табл. четвертую подсистему).

Энергонагруженность пар трения тормозных устройств. Оценку энергонагруженности пар трения дисково-колодочного тормоза автобуса БАЗ А079.33 проведем применительно к тормозным режимам типа *I* и *II*:

- циклический режим торможения занимает 60,0 с, а продолжается с паузами между торможениями около 900,0 с; при этом рабочие поверхности тормозного диска подвергались мгновенной температурой обработке, т.е. «термоудару», поскольку за 10-12 торможений не была сформирована значительная контурная площадка пятен контактов микровыступов, на которых генерировались и аккумулировались, соответственно, электрические и тепловые токи, что и способствовало увеличению энергонагруженности пар трения при переменной скорости скольжения и коэффициенте взаимного перекрытия пар трения $K_{\text{вз}} = 0,08 - 0,1$; что касается твердости поверхностного слоя накладки, то он уменьшается из-за его пробивания электрическими и тепловыми токами; после со-

вершения 10-12 периодических циклических торможений параметр K_{63} заметно увеличивался на сформированных контурных площадках пятен контактов микровыступов пар трения;

- закономерности распределения поверхностной температуры по радиусу сплошного тормозного диска при циклических торможениях представлены на рис. 1;

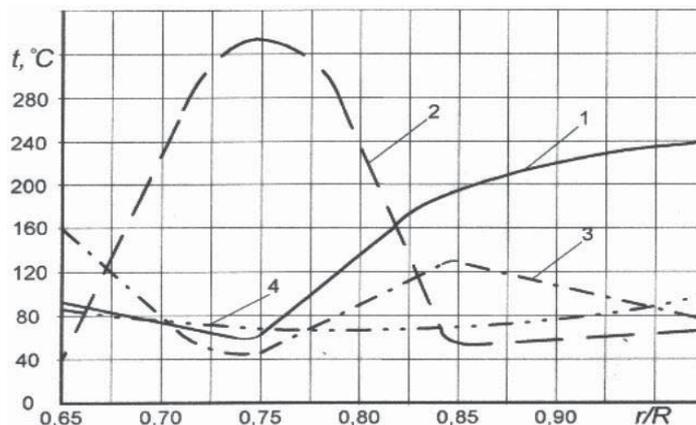


Рис. 1. Закономерности распределения поверхностной температуры по радиусу сплошного тормозного диска при циклических торможениях:

R, r – радиусы диска: наружный, текущий;

1-4 – кривые нагревания поверхности сплошного диска

- длительный режим торможений продолжается 720,0 с при постоянной скорости скольжения и удельных нагрузках, начинающих действовать после (20,0 – 30,0) с фрикционного взаимодействия пар трения; при этом эффект электрических токов пропадает;

значения $\eta_c = \frac{t_k}{t}$ (где t_k, t – время: контактирования микровыступов, наблюдения)

стремится к единице; коэффициент взаимного перекрытия увеличивается до 0,16; твердость поверхностного слоя фрикционной накладки незначительно уменьшается; при этом энергия длительного торможения незначительно увеличивается из-за интенсивного вынужденного охлаждения боковых поверхностей тормозного диска.

Закономерности изменения поверхностных температур пар трения на дуге обхвата ленточно-колодочного тормоза во времени (импульсном до 0,6 с и длительном от 0,6 до 1,25 с) при спуске колонны бурильных труб в скважину на различных накладках тормозной ленты приведены на рис. 2.

- как при импульсном, так и длительном подводе теплоты к микровыступам пар трения поверхностная температура для фрикционного материала ФК – 24А превышала допустимую, т.е. 390°C;

- амплитуда начального роста температуры в парах трения набегающей ветви ленты (кривые 1, 2 и 3) были намного круче, нежели в парах трения сбегающей ветви

ленты (кривые 4, 5 и 6), что объясняется большими величинами (в 1,5 – 1,7 раза) импульсных удельных нагрузок;

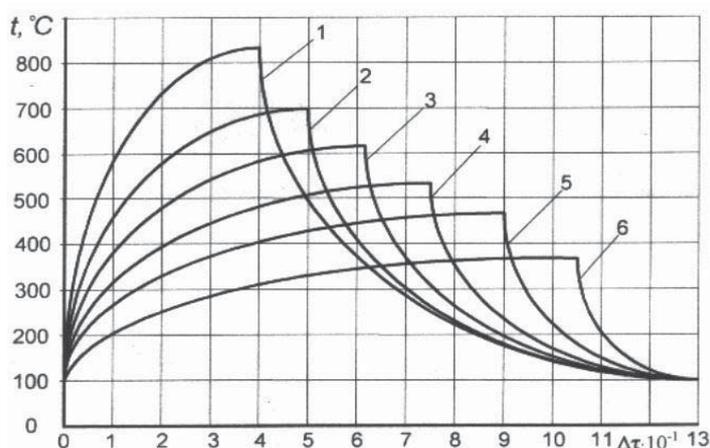


Рис. 2. Закономерности изменения поверхностных температур пар трения на дуге обхвата ленточно-колодочного тормоза во времени при спуске колонны буровых труб на глубину $H=4108,0\text{ м}$ весом $G=962,23\text{ кН}$ (кривые 1, 2, 3 – 3, 6 и 10 накладки на набегающей ветви; кривые 4, 5, 6 – 14, 18 и 22 накладки на сбегающей ветви) при средних удельных нагрузках $0,55 - 0,9\text{ МПа}$

– как и на рис. 1, так и на рис. 2 подтвердилась волновая теория трения распространения теплоты при фрикционном взаимодействии узлов трения.

Градиентная теория металлических фрикционных элементов тормозных устройств. Выбор объектов исследования металлических элементов трения разных видов тормозных устройств обусловлен условиями эксплуатации, уровнем динамической и тепловой нагруженности и, как следствие, интервалами изменения эксплуатационных параметров тормозов.

При торможении осуществляется генерирование токов и аккумуляция теплоты в поверхностных слоях рабочих деталей фрикционного узла. Самые большие изменения указанные процессы вызывают в приповерхностных слоях фрикционных накладок. В процессе пластической деформации в материалах происходит изменение структуры и свойств. Одновременно с этим непрерывно изменяются механические, динамические и температурные градиенты в поверхностных слоях металлополимерных пар трения, уровень которых зависит от режимов торможения.

Остановимся на температурных градиентах металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств, поскольку они определяют стабилизационное состояние обода тормозного барабана.

Закономерности изменения температур по длине (a) и толщине (b) обода и его боковой стенки (v , z) заднего тормозного барабана транспортного средства КрАЗ при 12-минутном режиме торможения проиллюстрированы на рис. 3 (по данным Т. Дорнера).

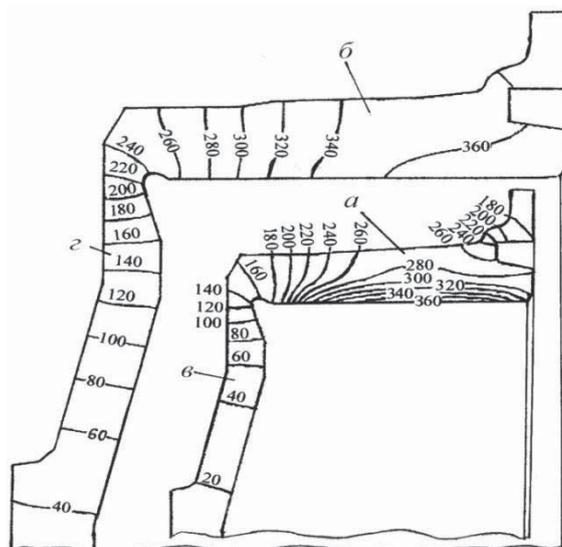


Рис. 3. Закономерности изменения температур за толщиной (а) и длиной (б) обода и его боковой стенки (в, з) заднего тормозного барабана транспортного средства КраЗ при 12-минутном режиме торможения

Отмеченные закономерности изменения температур заднего тормозного барабана транспортного средства КраЗ при 12-минутном режиме торможения (рис. 3) получены методом теплового моделирования на РС-сетках. Особенностью последнего было то, что обод барабана (а, б) разбивался на слои в горизонтальной и вертикальной плоскости. В первом случае градиент за длиной обода барабана составил $(360 - 160)/200 = 1,0$ °С/мм (рабочая поверхность), а на нерабочей поверхности обода барабана градиент равнялся $(260 - 160)/200 = 0,5$ °С/мм. Что касается боковой стенки (в) обода барабана, то в ней градиент температуры за высотой составил $(160 - 20)/200 = 0,7$ °С/мм. При вертикальной сегментации обода барабана на слои (б), температурный градиент по толщине изменялся от свободного края обода к его защемленному краю от $360/20 = 18,0$ °С/мм до $240/12 = 12,0$ °С/мм. В то же время градиент температуры по высоте боковой стенки (з) составил $(240 - 20)/200 = 1,0$ °С/мм.

Таким образом, согласно рис. 3 (элементы а, в) передача теплоты от поверхностного и подповерхностного слоев рабочей поверхности обода барабана происходит теплопроводностью во внешние слои обода. При этом внешние слои обода (а) охлаждаются за счет интенсивного конвективного теплообмена с омывающими их встречными потоками воздуха при движении транспортного средства КраЗ. Что касается второго случая передачи теплоты по длине обода тормозного барабана (элементы б, з), где имеются большие градиенты, которые изменялись от 12,0 до 18,0 °С/мм, то имеет место, преимущественно, отведение теплоты в тело боковой стенки (з) обода барабана за счет теплопроводности. При этом внешние слои боковой стенки (з) обода барабана охлаждаются

за счет интенсивного конвективного теплообмена с омывающими их встречными потоками воздуха при движении транспортного средства КрАЗ.

Остановимся на поверхностном и объемном температурных градиентах различных типов тормозных дисков согласно табл. 3

Таблица 3

Тормозные диски различных типов с развивающимися в них температурными градиентами

Тормозные диски				
сплошные:			вентилируемые:	
	в начале	в конце	в начале	в конце
при подводе теплоты	торможения			
	с развивающимися в них температурными градиентами:			
	объемными		поверхностными	
	I^*	$\frac{\partial t_v}{\partial \delta} \geq 5,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$	$\frac{\partial t_n}{\partial \delta} \geq 20,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$	$\frac{\partial t_v}{\partial \delta} \geq 2,5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$
II^*	$\frac{\partial t_v}{\partial \delta} \geq 2,5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$	$\frac{\partial t_n}{\partial \delta} \geq 10,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$	$\frac{\partial t_v}{\partial \delta} \geq 1,25 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$	$\frac{\partial t_n}{\partial \delta} \geq 5,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мм}}$

*Примечание: I, II – импульсный и длительный подвод теплоты к телу тормозного диска при условии, что в парах трения достигнута температура $t_n=100^\circ\text{C}$.

Проведем анализ поверхностных и объемных температурных градиентов сплошных и самовентилируемых тормозных дисков в процессе предварительных этапов испытаний типа I и II дисково-колодочных тормозов автобуса БАЗ А079.33. При первом типе испытаний имел место импульсный подвод теплоты к парам трения из-за взаимодействия пятен контактов их микровыступов, а при втором типе испытаний – длительный подвод теплоты. Условием возникновения температурных градиентов в тормозном диске любого типа является соблюдение неравенства $\Delta t_n > \Delta t_v$ (приращение поверхностной и объемной температуры). При несоблюдении данного неравенства возможна инверсия тепловых потоков от тела тормозного диска к его рабочим поверхностям [7].

Из табл. 3 следует, что поверхностные температурные градиенты всегда больше объемных температурных градиентов в тормозных дисках различных типов. Особенно это заметно при импульсном подводе теплоты к парам трения тормоза. Импульсный подвод теплоты к поверхностям самовентилируемого тормозного диска из-за его переменного поперечного сечения вызывает локальный прогрев пояса трения, что ведет к образованию на его поверхности микротрещин. Последние вызваны аperiодическими циклами «нагревание (сжатие) – вынужденное охлаждение (расширение) поверхностных и подповерхностных слоев с обеих сторон тормозного диска. Кроме того, импульсный подвод теплоты является термоударом, способствующим стабилизации термомеханических свойств рабочих поверхностей накладок тормозных колодок.

Особенностью ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки является то, что для него еще не разработаны режимы испытаний, и поэтому по выборочным данным энергонагруженности фрикционных узлов покажем изменение поверхностных градиентов их элементов.

Доказано, что при импульсном и длительном режимах подведения теплоты в зону контактирования металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза темп нагревания их поверхностей вызывает изменение тепловых градиентов по их толщине следующим образом:

обода тормозного шкива (рис. 4 а, б):

– при импульсном режиме подведения теплоты за время $(0,2 - 1,4) \cdot 10^{-4}$ с при разнице температур $(10 - 15)^\circ\text{C}$ и изменении $a_{\text{ш}}$ от $8,7 \cdot 10^{-6}$ до $1,08 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ тепловые градиенты были равны $(1,4 \cdot 10^3 - 2,4 \cdot 10^3)^\circ\text{C}/\text{см}$, в то время как темп нагревания изменялся от $16,706 \cdot 10^3$ до $11,933 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, т. е. он уменьшался с увеличением времени действия теплового импульса; при этом темп нагревания обода шкива является одинаковым по величине с темпом нагревания фрикционной накладки в том случае, когда имеется дискретный характер, т.е. взаимодействие микровыступов поверхностей пар трения;

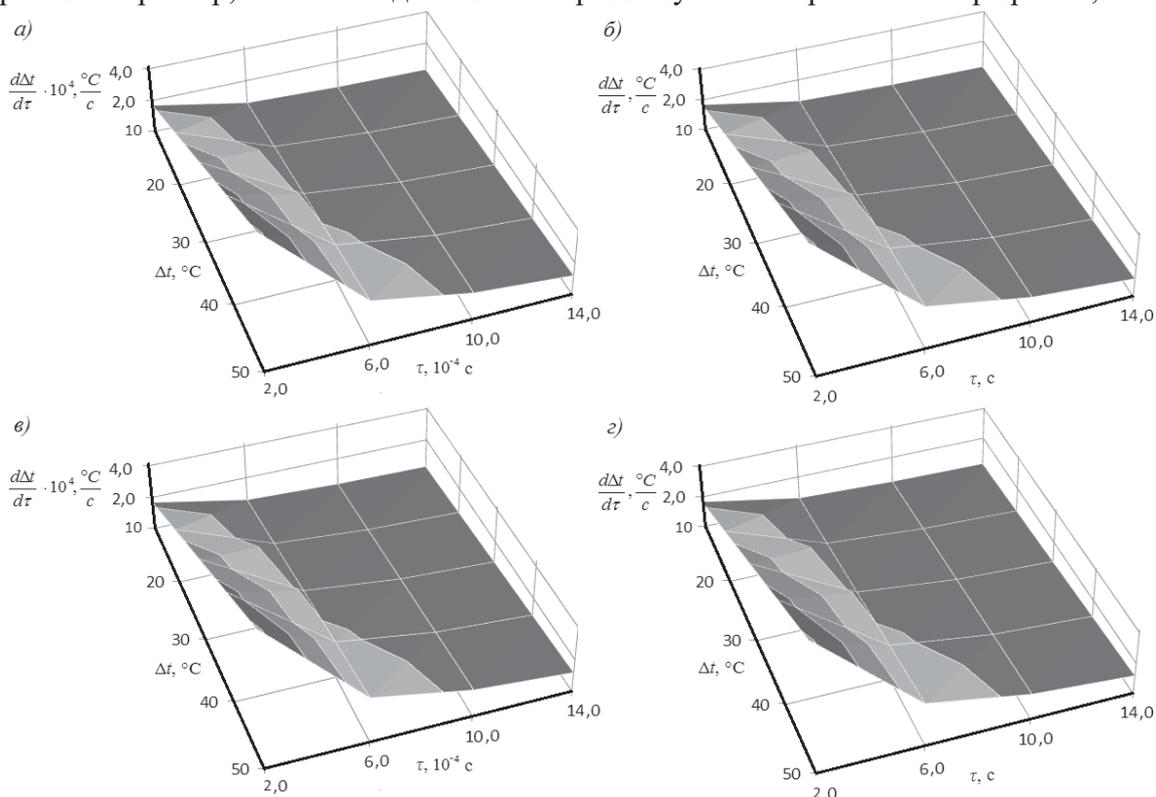


Рис. 4 а, б, в, г. Закономерности изменения темпа нагревания $d\Delta t/d\tau$ материалов обода шкива (а, б) и фрикционной накладки (в, г) от разницы температур (Δt) и времени (τ) подведения теплоты на режимах: а, в – импульсном [$\tau=(2,0-14,0) \cdot 10^{-4}$, с]; б, г – длительном [$\tau=(2,0-14,0)$, с]

фрикционной накладке (рис. 4 в, з):

- при импульсном режиме подведения теплоты за время $(0,2 - 1,4) \cdot 10^{-4}$ с при разнице температур $(10 - 15)^\circ\text{C}$ и изменении $a_{ин}$ от 6,0 до $2,0 \cdot 10^{-7}$ $\text{m}^2/\text{с}$ тепловые градиенты были равны $(5,3 \cdot 10^3 - 1,7 \cdot 10^4)^\circ\text{C}/\text{см}$, в то время как темп нагревания изменялся от $16,706 \cdot 10^3$ до $11,933 \cdot 10^3$ $^\circ\text{C}/\text{с}$, т. е. он уменьшался с увеличением времени действия импульсного теплового тока;

- при длительном режиме подведения теплоты за время $(2,0 - 14,0)$ с при разнице температур $(10 - 15)^\circ\text{C}$ и изменении $a_{ин}$ от 6,0 до $2,0 \cdot 10^{-7}$ $\text{m}^2/\text{с}$ тепловые градиенты были равны $(53,0 - 170)^\circ\text{C}/\text{см}$, в то время как темп нагревания изменялся от 1,67 до 1,19 $^\circ\text{C}/\text{с}$, т. е. он оставался почти квазистабильным, несмотря на то, что время действия теплового потока увеличилась в 7 раз;

- при длительном режиме подведения теплоты за время $(2,0 - 14,0)$ с при разнице температур $(10 - 15)^\circ\text{C}$ и изменении $a_{ин}$ от $8,7 \cdot 10^{-6}$ до $1,08 \cdot 10^{-5}$ $\text{m}^2/\text{с}$ тепловые градиенты были равны $(13,87 - 23,5)^\circ\text{C}/\text{см}$, в то время как темп нагревания изменялся от 1,67 до 1,19 $^\circ\text{C}/\text{с}$, и становился почти квазистабильным.

Энергетический баланс пар трения тормозных устройств. Энергетический баланс пар трения тормозных устройств определить очень сложно по следующим причинам:

- не представляется возможным разделить конвекцию и лучеиспускание из-за их разной природы;

- металлоемкость тормозного шкива в десятки раз больше тормозного барабана заднего тормозного механизма автотранспортного средства средней грузоподъемности.

Анализ интенсивности теплообмена от металлических элементов тормозных устройств указывает на то, что коэффициенты теплоотдачи α отличаются по модулю и закону изменения и зависят от линейной скорости металлического фрикционного элемента. Кроме того, матовые и полированная (рабочая) поверхности металлического элемента трения омываются различными по химическому составу и термодинамическим параметрам средами.

С указанных поверхностей металлического элемента трения осуществляется теплоотдача лучеиспусканием омывающему их воздуху. Согласно закону Стефана-Больцмана, коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием определяется из выражения:

$$\alpha_{л} = \frac{\left[\left(\frac{T_{Н}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{В}}{100} \right)^4 \right] \cdot c_{л}}{T_{Н} - T_{В}}, \quad (7)$$

где $T_{Н}$ – температура нагревания поверхностей металлического элемента трения, К; $T_{В}$ – температура окружающей среды, К; $c_{л}$ – коэффициент излучения, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

Результаты расчета по формуле (7) представлены на рис. 5 а, б, из которых следует, что коэффициент $\alpha_{л}$ увеличивается с повышением температуры. Установлено, что величина отношения коэффициентов излучения матовой поверхности к полированной должна быть равна отношению площадей охлаждаемой к нагреваемой поверхностей металлического элемента трения. По ее значению можно судить о наступлении его установившегося теплового состояния.

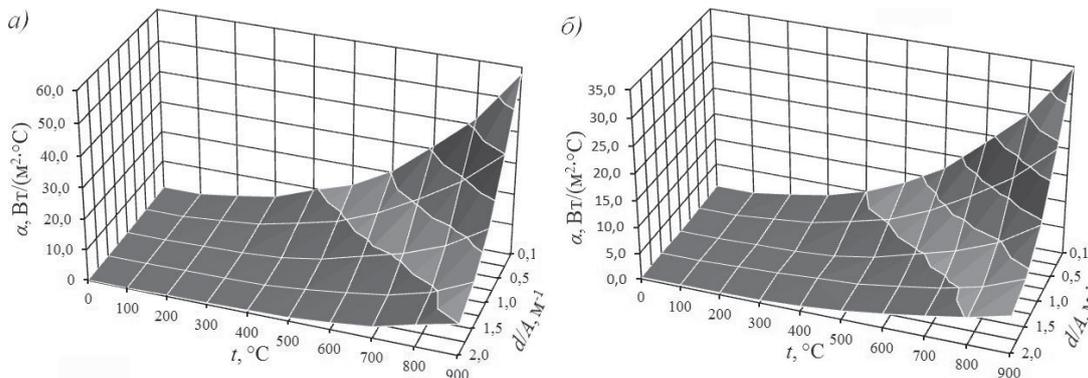


Рис. 5 а, б. Зависимость коэффициентов теплоотдачи α лучеиспусканием матовых (а) и полированных (б) поверхностей металлических элементов трения от температуры нагрева t при разных значениях отношения диаметров поверхности трения к площадям поверхностей d/A

В виде соотношений получаем:

для барабано-колодочного тормоза (тормозной барабан изготовлен из чугуна):

$$\frac{c_{лм}}{c_{лп}} = \frac{3,748}{1,134} = 3,3; \quad \frac{A_{охл}}{A_{нагр}} = \frac{0,6945}{0,2375} = 2,92;$$

для ленточно-колодочного тормоза (шків изготовлен из стали) $\frac{c_{лм}}{c_{лп}} = \frac{5,0}{1,1512} = 3,31;$

$$\frac{A_{охл}}{A_{нагр}} = \frac{2,767}{1,048} = 2,64;$$

для дисково-колодочного тормоза (тормозные диски изготовлены из чугуна):

$$\text{при } \frac{c_{лм}}{c_{лп}} = \frac{3,748}{1,134} = 3,3$$

сплошной диск

$$\frac{A_{охл}}{A_{нагр}} = \frac{0,105}{0,03} = 3,5;$$

вентилируемый диск

$$\frac{\sqrt[3]{A_{охл}}}{A_{нагр}} = \frac{\sqrt[3]{0,45}}{0,03} = 3,71.$$

В данном случае рассматриваются площади поверхностей теплообмена: заднего тормозного барабана транспортного средства КраЗ-250 (табл. 4); тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки У2-5-5 (табл. 5); сплошного и самовентилируемого дисков тормоза, смонтированных на балке переднего моста автобуса БАЗ

A079.33 (табл. 6). Процентное расхождения между величинами отношений для различных видов тормозных устройств составляет: 11,5 % – для первого случая; 23,0 % – для второго; для дисково-колодочного тормоза: 6,0 % - для первого случая; 12,3 % – для второго.

Рассмотрим энергетический баланс барабанно-колодочного и ленточно-колодочного тормоза. В качестве объектов исследования взяты барабанно-колодочный и тормоз (первый) заднего моста автотранспортного средства весом 11,0 т; ленточно-колодочный тормоз (второй) буровой лебедки У2-5-5. Материалы пар трения тормозов: первого – шифр 1-43-60А - чугуна СЧ-15, второго – ФК-24 - сталь 35ХНЛ.

Удельные нагрузки в парах трения тормозов: в первом – (0,25–0,55) МПа; во втором – (0,45–0,9) МПа. Температура окружающего воздуха – 20,2 °С. Режимы нагружения фрикционных узлов тормозов: первого – длительный (II тип); второго – аperiодический, циклический с увеличением времени процесса торможения с 5,59 до 7,9 с, а также пауз между торможениями с 16,86 до 33,45 с. Особенностью оценки энергетического баланса фрикционных узлов тормозов явилось то, что рассмотрены различные их энергетические уровни фрикционных накладок до и выше допустимых температур для их материалов, а для их металлических фрикционных элементов тормозов для: первого – (150–175) °С и выше; второго – (250–275) °С и выше. Это вызвано тем, что материалы фрикционных накладок отличались допустимой температурой на (100–120) °С.

Таблица 4

Площади поверхностей теплообмена заднего барабана транспортного средства КрАЗ-250

Площади поверхностей, принимающих участие в различных видах теплообмена с окружающей средой, и боковой стенки ступицы заднего моста, м ²				Масса (кг) элементов тормозного барабана:	
Площадь поверхностей (м ²) тормозного барабана полированная	матовая		Площадь поверхностей (м ²) боковой стенки барабана, которая стыкуется со ступицей заднего моста	обода	боковой стенки
	внутренняя	наружная			
0,2375	0,121	0,476	0,0975	-	-

Таблица 5

Площади поверхностей теплообмена тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки

Площади поверхностей, принимающих участие в различных видах теплообмена с окружающей средой, и боковая стенка фланца барабана лебедки, м ²				Масса (кг) элементов тормозного шкива:		
Площадь поверхностей (м ²) тормозного шкива полированная	матовая		Площадь поверхностей (м ²) выступа обода шкива, которая стыкуется с фланцем барабана	обода	реборд	крепежного выступа
	внутренняя	наружная				
1,048*/0,091	1,405	0,73	0,541	324,48	31,98	72,54

*Примечание: площадь рабочей поверхности тормозного шкива: в числителе – перекрываемой накладками, в знаменателе – неперекрываемой накладками.

Таблица 6

Площади поверхностей теплообмена переднего дисково-колодочного тормоза автобуса БАЗ А079.33

Площади поверхностей, принимающих участие в различных видах теплообмена, м ²					Площадь поверхностей (м ²) ступицы колеса, которая стыкуется с фланцем диска	Масса (кг) элементов тормозного диска:	
сплошного			самовентилируемых			тела диска	фланца
полированная	матовая	выступов	полуребер	ребер			
0,06	0,12	0,017	0,016	0,024			

По энергетическому балансу фрикционных узлов первого тормоза сформулируем выводы применительно к тепловому состоянию материалов фрикционных накладок:

до допустимой температуры:

- тепловой поток, который отводится посредством конвекции (рис. 6 а, б) в течение процесса торможения растет, что обусловлено ростом объемной температуры обода барабана;

- с ростом объемной температуры обода барабана увеличивается слой теплового потока в его боковую стенку;

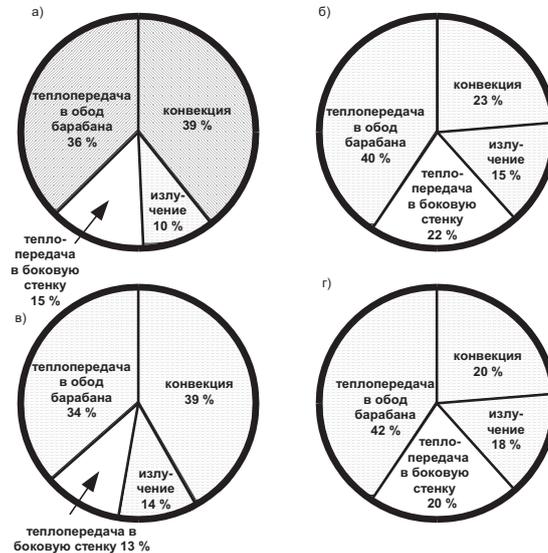


Рис. 6 а, б, в, г. Доли тепловых потоков, усиленных электрическими токами, аккумулированной тепловой энергии во время предварительного этапа торможения 12-минутного нагружения фрикционных узлов барабанно-колодочного тормоза транспортного средства: а – до (150-170)°С; б – после 175°С; в, г – до допустимой температуры и выше ее рабочей поверхности фрикционной накладки

- увеличение как поверхностной температуры полированной (внутренней поверхности) обода, а также объемной обода барабана с его боковой стенкой от матовых их поверхностей способствует росту радиационного теплообмена;

выше допустимой температуры:

- тепловой поток, который отводится посредством конвекции (рис. 6 в, г) в течение процесса торможения заметно уменьшается из-за деструктивных процессов, происходящих в поверхностных и подповерхностных слоях фрикционных накладок, при этом тепловыделение в обод барабана увеличивается;

- при почти квазистабильном объемном градиенте в ободе барабана не происходит передача теплоты в его боковую стенку, и он почти прекращается;

- с незначительным увеличением температур полированной и матовых поверхностей наблюдается рост радиационного теплообмена.

По энергетическому балансу фрикционных узлов второго тормоза сформулируем выводы применительно к тепловому состоянию материалов фрикционных накладок, находящихся одновременно на тормозной ленте:

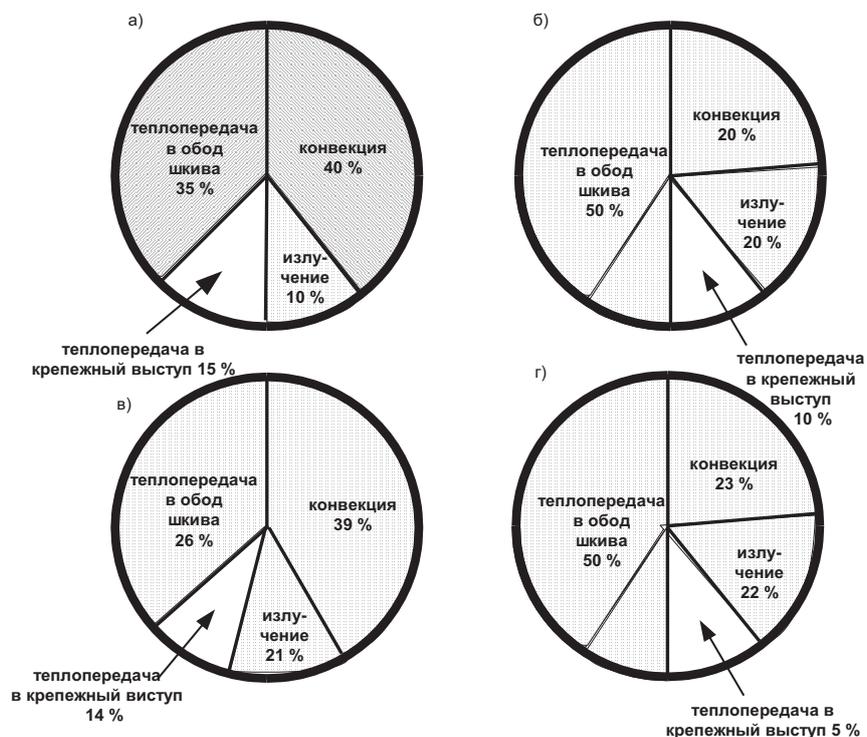


Рис. 7 а, б, в, г. Доли тепловых потоков, усиленных электрическими токами, аккумулированной тепловой энергии во время спуска колонны бурильных труб весом $G=962,23$ кН на глубину 4108,0 м во фрикционных узлах ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки: а – до $(250-275)^\circ\text{C}$; б – после 275°C ; в, г – до допустимой температуры и выше ее рабочей поверхности фрикционной накладки

до допустимой температуры:

- тепловой поток, который отводится конвекцией (рис. 7 а, б) в течение процесса торможения падает, поскольку имеет место слабый рост объемной температуры обода шкива из-за его большой металлоемкости;

- с ростом поверхностной температуры рабочей поверхности обода шкива уменьшается передача теплоты в его крепежный выступ;

- со значительным увеличением температур полированной и матовых поверхностей имеет место рост радиационного теплообмена;

выше допустимой температуры:

- тепловой поток, который отводится с помощью конвекции (рис. 7 в, г) в течение процесса торможения значительно уменьшается из-за деструкционных процессов, происходящих в поверхностных и подповерхностных слоях фрикционных накладок, при этом теплопередача в обод шкива заметно увеличивается;

- уменьшается теплоотвод в крепежный выступ из-за квазивыравнивания градиента объемной температуры в сопряженном узле, т.е. обода шкива;

- незначительное увеличение температур полированной и матовых поверхностей способствуют квазистабиллизации радиационного теплообмена.

В конвективный теплообмен внесены также снижение энергии поверхностных и подповерхностных слоев фрикционных накладок, связанные с происходящим в них процессами: тепловыми, электрическими, электромагнитными и химическими.

Выводы. Таким образом, произведена оценка энергонагруженности фрикционных узлов всех видов тормозных устройств в процессе электротермомеханического нагружения при периодических и аперодических циклических, длительных торможениях при условии протекания конвективного, кондуктивного и радиационного теплообменов.

REFERENCE

1. Teplovoj raschet avtomobilnyh diskovyh tormozov na tipovyh rezhimah ispytaniy: monografija / G.S. Grudz, M.V. Globcha, O.L. Koljasa, J.P.Javorskij. – Lvov: Liga – Press, 2007. – 128 s. – (ukr.).
Тепловой расчет автомобильных дисковых тормозов на типовых режимах испытаний: монография / Г.С. Грудз, М.В. Глобча, О.Л. Коляса, Я.П.Яворский. – Львов: Лига – Пресс, 2007. – 128 с. – (укр.).
2. Frikcionnoe vzaimodejstvie v elektricheskikh i teplovyh poljah me-tallopolyimernyh par trenija / A.Kh. Janahmadov, A.I. Volchenko, E.S. Pirverdiev i dr. // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. – Baku. – 2014. – №6(2). – S. 30 – 54.
Фрикционное взаимодействие в электрических и тепловых полях металлополимерных пар трения / А.Х. Джанахмедов, А.И. Вольченко, Э.С. Пирвердиев [и др.] // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку. – 2014. – №6(2). – С. 30 – 54.
3. **Janahmadov A.Kh.** Sinergetika i fraktaly v tribologii / A.Kh. Janahmadov, O.A. Dyshin, M.J. Javadov // Baku: Apostroff, 2014. – 504 s.

- Джанахмедов А.Х. Синергетика и фракталы в трибологии / А.Х. Джанахмедов, О.А. Дышин, М.Я. Джавадов // Баку: Апострофф, 2014. – 504 с.
4. Kolesnikov V.I. Teplofizicheskie processy v metallopolimernyh tribosistemah / V.I. Kolesnikov. – М.: Nauka, 2003. – 279 s.
- Колесников В.И. Теплофизические процессы в металлополимерных трибосистемах / В.И. Колесников. – М.: Наука, 2003. – 279 с.
5. Tribologija / [A.I. Volchenko, M.V. Kindrachuk, D.A. Volchenko i dr.]. – Kiev-Krasnodar: Izd-vo «Plaj», 2015. – 371 s.
- Трибология / [А.И. Вольченко, М.В. Киндрачук, Д.А. Вольченко и др.]. – Киев-Краснодар: Изд-во «Плай», 2015. – 371 с.
6. GOST Z 41.13-2007 (Pravila №13 EЕK OON) Edinoobraznye predpisanija kasajushhiesja transportnyh sredstv kategorii M, N i O v otnoshenii tormozhenija. – М.: Standartinform, 2009. – 170 s.
- ГОСТ З 41.13-2007 (Правила №13 ЕЭК ООН) Единообразные предписания, касающиеся транспортных средств категории М, N и О в отношении торможения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 170 с.
7. Trenie, iznos i smazka (tribologija i tribotehnika) / Pod obshh. redakciej A.V. Chichinadze. – М.: Mashinostroenie, 2003. – 575 s.
- Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под общ. редакцией А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 575 с.

MÜXTƏLİF REJİMLƏRDƏ SİNAQLAR ZAMANI ƏYLƏC QURĞULARININ FRİKSİON DÜYÜNLƏRİNİN ENERJİ YÜKLƏNMƏSİ

Ə.X. CƏNƏHMƏDOV, A.İ. VOLÇENKO, S.İ. KRİŞTORA, O.B. STADNİK

Məqalədə elektrotermomexaniki yükləmə proseslərində konvektiv, konduktiv və radiasiya istilik mübadilələri axımı şəraitində periodik və tsiklik və uzunmüddətli əyləmə zamanı lentli-, diskli- və çəllək-kündəli əyləc qurğularının friksion düyünün materiallarının qiymətlərləndirilməsi təqdim olunmuşdur.

Açar sözlər: enerji yüklənmə, lentli-, diskli, çəllək-kündəli tormoz, friksion düyünlər, sürtünmə cütləri, yüklənmə rejimi, səthi və həcmi temperatur qradienti, metal friksion elementlər.

ENERGY LOADING OF FRICTION UNITS OF BRAKING MECHANISMS AT VARIOUS EXPERIMENTAL REGIMES

A.Kh. JANAHMADOV, A.I. VOLCHENKO, S.I. KRISHTORA, O.B. STADNIK

The article evaluates the aspects of the energy loading of friction units of band, disk, band-shoe braking mechanisms under the electro-thermo-mechanical loading as part of the periodic, cyclic and prolonged braking processes subjected to convective, conductive and radiation types of heat transfer.

Key words: energy loading, band, disk, band-shoe brake, friction units, friction pairs, loading modes, surface and volumetric temperature gradients, metal frictional elements.

DEVELOPMENT OF NEW SCINTILLATION DETECTORS MATRIX FOR THE RADIATION COLORIMETRY DEVICES

K.I. ABDULLAYEV

This article details a new design and operating principle of the scintillation detector matrix with the improved energy resolution in application to dosimetric and nuclear logging tools, systems of receiving and processing information, as well as in devices of explosive and radioactive materials detection.

The improvement of energy resolution of the scintillation detector is achieved by getting the semiconductor photodetector in optical contact not only with the edge, but also with the side facet of the solid-state scintillator shaped as parallelepiped. Such construction ensures stabilization and an increase in the power of the scintillation radiation collected on the sensitive surface of the semiconductor photodetector.

Key words: *scintillation detector, energy resolution, radiation colorimetry, semiconductor photodetector, solid-state scintillator, micropixel avalanche photodiode.*

Introduction. Radiation colorimetry device is intended to define the energy of gamma quants and nuclear particles (protons, neutrons, etc.). For achieving the best energy resolution it is required to ensure complete transfer of energy particles to the detector material. This is the main requirement for a scintillation detector of radiation colorimetry. The main elements of the scintillation detector of any colorimeter are a scintillator and a photodetector which has optical contact with it (including a matrix of photodetectors). The operating principle of the scintillation detector is the following: charged nuclear particles passing through the scintillator excite atoms of the scintillator. Turning to the base state, the atoms emit photons with a wavelength common to the given scintillator. The emitted light is detected by a photodetector. As a photodetector, it may be used a photomultiplier, a conventional p-n photodiode, an avalanche photodiode or micropixel avalanche photodiodes (MAPD). The detection of neutrons and gamma quants occurs by registration secondary charged particles, produced in their interaction with the atoms of the scintillator.

It is known that the scintillation light is distributed isotropically in all directions. Therefore, luminous power collected on the sensitive surface of photodetector has direct proportion

to the ratio S_d/S_c , where S_d - area of sensitive surface of the photodetector, S_c - the sum of the areas of all surfaces of the scintillator. It is generally used a solid-state scintillator having a shape of a cylinder or a parallelepiped in manufacturing a scintillation detector. The photodetector has an optical contact with one of the end of the scintillator and at the other end of the scintillator receives detectable particles. Main goal is to ensure maximum collection of the scintillation light on the sensitive surface of the photodetector, since this determines energy resolution - the basic parameter of colorimeter of scintillation detector.

A scintillation detector described in [1] includes a solid-state scintillator coated with a reflective layer and photodetector. Wavelength-shifting (WLS) plate has been installed between the end of the scintillator and the photodetector. Wavelength-shifting (WLS) plate captures light from the scintillation flashes and re-emits it in the long-wave part of the optical spectrum corresponds to the maximum spectral sensitivity of the detector, such as a silicon photodiode. The disadvantage of the device is the low level collection of light on the photodetector because wavelength-shifting (WLS) materials always lead to a significant drop in the number of photons (i.e. the process of re-emission in the long-wave part of the optical spectrum is always accompanied by the loss of the total number of photons).

There is also a scintillation detector [2], which is made as a matrix, and each element of the matrix comprises a photodetector - an avalanche photodiode which has an optical contact with one end of the scintillation crystal with a form of quadrangular parallelepiped. The main disadvantage of the detector is that the scintillation light is received by a photodetector from only one end of the scintillator, the area of which is a small fraction of the total surface area of the scintillator. As a result of it, a small fraction of the light created in the scintillator is brought together on the sensitive surface of the detector. This is especially noticeable when gamma quants or neutrons interact with the scintillator at the opposite end of the scintillator of the photodetector. This leads to a deterioration of both energy and time resolution of the scintillation detector.

The main aim of this work is to improve the energy and time resolution of the scintillation detector. Physical assumptions for improving of the above-mentioned parameters of the scintillation detector are the increase and stabilization of the power of the scintillation light collected on the sensitive surface of the semiconductor photodetector.

Construction and operating principle of scintillation detectors matrix. Improving the energy resolution of the scintillation detector is achieved by a semiconductor photodetector which has optical contact not only with the end, but at least with one side surface of the solid-state scintillator. Each semiconductor photodetector has at least two metal contacts that provide the supply voltage and extract photosignal.

Proposed scintillation detector has a number of significant advantages in comparison with the existing analogues. Firstly, due to the significantly increase of the area of the optical contact, a solid-state scintillator considerably exceeds the power of scintillation light, collected

on the sensitive surface. Secondly, regardless of the interaction place, gamma rays and neutrons along the length of the solid-state scintillator and the power of the scintillation light collected on the sensitive surface of the semiconductor photodetector are practically identical. Furthermore, surface of a solid-state scintillator does not require any special mirror finish polishing that increases the production cost.

In figure 1 is shown a general view of the elements scintillation detector.

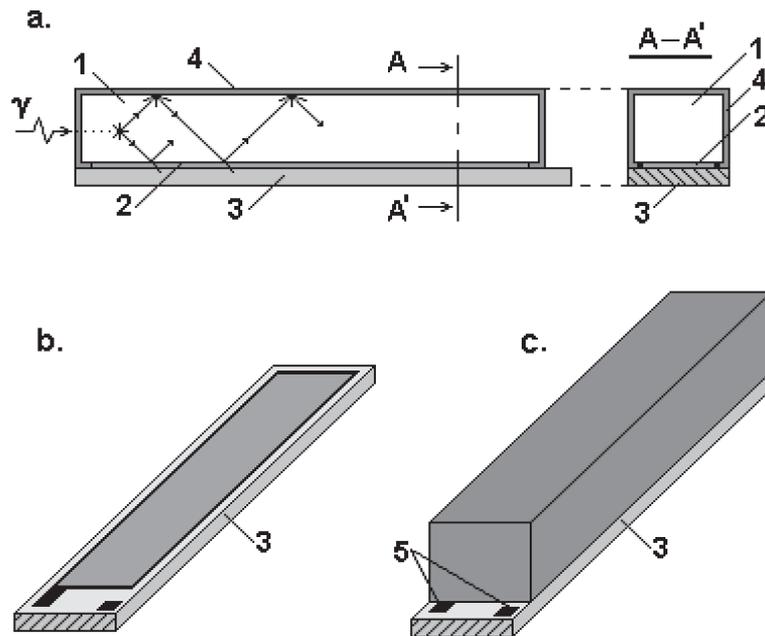


Fig. 1. Cross-section and general view of the elements scintillation detector:

1 - scintillation crystal, 2 - optical contact of scintillator with the photodetector (MAPD),
3 - photodetector (MAPD), 4 - retroreflective coat, 5 - metal contacts of the photodetector (MAPD).

Scintillation detector operates as follows. Charged particles, neutrons or gamma rays, falling in a solid-state scintillator 1 excite the atoms there, and as a result of it, there is a spontaneous emission, which spreads isotropically in all directions. Part of the radiation falls immediately on the sensitive surface 2 of semiconductor photodetector 3, which has an optical contact with the side of a solid-state scintillator. The diffusely reflective layer 4 deposited on the entire surface of the solid-state scintillator except the area of optical contact with the sensitive surface of a semiconductor photodetector, does not allow to leave the radiation outside the solid-state scintillator. As a result of this proportion of the radiation fallen on the sensitive surface of the semiconductor photodetector is greatly increased. Options of particles fallen on a solid-state scintillator are defined by measuring the amplitude and the beginning of formation photosignal semiconductor of the photodetector. Photosignal is extracted from the metal contacts 5 of the semiconductor photodetector.

Construction of a solid-state scintillator shown in figure 1 allows creating on its basis a positionally sensitive matrix of solid-state scintillation detectors, with virtually any number of channels (Fig. 2).

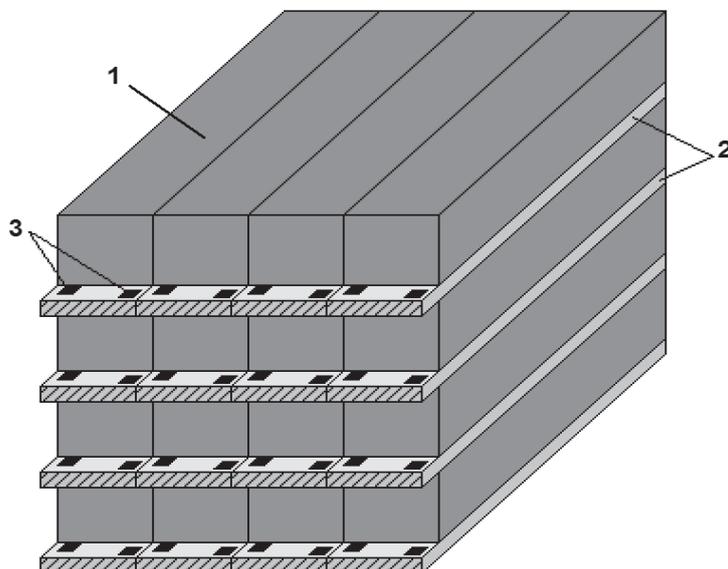


Fig.2. A general view of a matrix containing 16 solid-state scintillation detectors:

- 1 - matrix of scintillation crystals; 2 - matrix of photodetectors (MAPD);
- 3 - metal contacts of photodetector.

A method of manufacturing the scintillation detector. Matrix of a scintillation detector can be manufactured as follows. A solid-state scintillator having the form of a parallelepiped with dimensions $4\text{ mm} \times 4\text{ mm} \times 12\text{ mm}$ is cut with a diamond saw from the material of known crystals, such as BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$), LSO ($\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$) and others. One lateral edge of a solid-state scintillator is polished to mirror finish quality, but all other sides are coated with white transparent paint or with diffusely reflective organic material, such as teflon, with thickness of about 50 mkm . The semiconductor photodetector with external dimensions of $4\text{ mm} \times 4\text{ mm} \times 14\text{ mm}$, which has a sensitive area $3,7\text{ mm} \times 3,7\text{ mm} \times 11,4\text{ mm}$ is glued with optical epoxy resin to the polished side surface of a solid-state scintillator. The semiconductor photodetector, having a structure such as avalanche p - n junction, is manufactured on the basis of silicon wafers with the thickness of 300 mkm .

Conclusion. Proposed construction of the matrix scintillation detector with improved energy resolution enables to create devices of detection gamma-quants and nuclear particles, that are used in dosimetry, nuclear logging systems, systems for receiving and processing information, as well as in the detection of explosive devices and radioactive materials.

REFERENCE

1. **Bogoljubov E.P. i dr.** Patent Rossii № 2377601, MPK: G01T3/06,27.12.2009.
Боголюбов Е.П. и др. Патент России № 2377601, МПК: G01T3/06,27.12.2009.
2. **V. Schulz, et al.** United States Patent, 2011/0017916A1, Int.Cl.:G01T1/20, Jan.27, 2011.

RADIASIYA KOLORİMETRİYA QURĞULARI ÜÇÜN YENİ SSİNTİLYASIYA DETEKTORLARI MATRİSİNİN İŞLƏNMƏSİ

X.İ. ABDULLAYEV

Dozimetriya, nüvə karotaj qurğularında, informasiyanın qəbulu və emalı sistemlərində, həmçinin partlayıcı və radioaktiv materialların aşkarlayıcı vasitələrində tətbiq edilmək üçün üstün energetik ayırdetməyə malik ssintilyasiya detektoru matrisinin konstruksiyası verilmiş və iş prinsipi təsvir edilmişdir.

Ssintilyasiya detektorunun energetik ayırdetməsinin yaxşılaşdırılması onunla əldə edilir ki, yarımkeçirici fotoqəbuledici paralelepiped formalı bərkcisimli ssintilyatorun təkə uc səthi ilə deyil, həm də yan səthi ilə optik kontakta malik olur. Belə konstruksiya yarımkeçirici fotoqəbuledicinin həssas səthində toplanan ssintilyasiya şüalanmasının gücünün artırılmasını və stabilləşdirilməsini təmin edir.

Açar sözlər: *ssintilyasiya detektoru, energetik ayırdetmə, radiasiya kolorimetriyası, yarımkeçirici fotoqəbuledici, bərkcisimli ssintilyator, mikropikselli selvari fotodiod.*

РАЗРАБОТКА НОВОЙ МАТРИЦЫ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВ РАДИАЦИОННОЙ КОЛОРИМЕТРИИ

X.И. АБДУЛЛАЕВ

Приведена конструкция и описывается принцип работы матрицы сцинтилляционного детектора с улучшенным энергетическим разрешением для применения в дозиметрических, ядерных каротажных устройствах, в системах приема и обработки информации, а также в средствах обнаружения взрывчатых и радиоактивных материалов.

Улучшение энергетического разрешения сцинтилляционного детектора достигается тем, что полупроводниковый фотоприемник имеет оптический контакт не только с торцом, но и с боковой поверхностью твердотельного сцинтиллятора, изготовленного в виде параллелепипеда. Такая конструкция обеспечивает увеличение и стабилизацию мощности сцинтилляционного излучения, собираемого на чувствительной поверхности полупроводникового фотоприемника.

Ключевые слова: *сцинтилляционный детектор, энергетическое разрешение, радиационная колориметрия, полупроводниковый фотоприемник, твердотельный сцинтиллятор, микрорексельный лавинный фотодиод.*

DƏYİŞƏN QALINLIQLI TORLU DÜZBUCAQLI LÖVHƏLƏRİN ƏYİLMƏDƏ QEYRİ-XƏTTİ ELASTİKİ DEFORMASIYALARI

İ.R. SADIQOV

Məqalədə düzbucaqlı torlu dəyişən qalınlıqlı qeyri-xətti elastiki deformasiyasına dair məsələyə baxılır. Məsələnin əsas qeyri-xətti diferensial tənliyi tərtib olunur və kiçik parametrlər üsulu ilə xətti tənliklər sisteminə gətirilir.

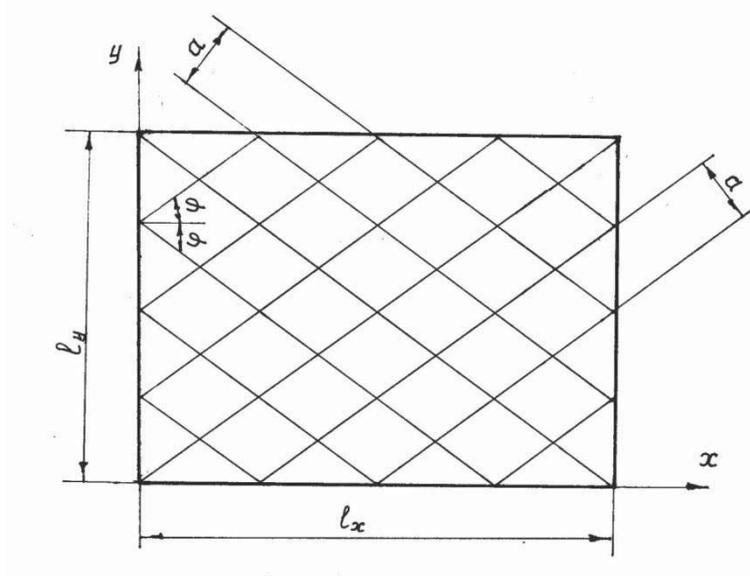
Konkret misal nəzərdən keçirilir və təklif olunan hesablama üsulunun səmərəli olduğu göstərilir.

Açar sözləri: torlu lövhə, qeyri-xətti elastiki deformasiya, qeyri-xətti diferensial tənlik, kiçik parametrlər üsulu, ikiqat triqonometrik sıralar.

Fəza konstruksiyalarının nazikdivarlı elementləri hesab olunan lövhə və qabıqlar müasir mühəndis praktikasında geniş istifadə olunurlar. Göstərilən tipli konstruksiya elementlərinin torvari formada hazırlanması xüsusilə böyük aşırımların örtükləri kimi istifadəsi optimal konstruksiyaların yaradılması istiqamətində geniş imkanlar açır. Bundan əlavə, belə konstruksiyaların hazırlanmasında müasir materiallardan, xüsusilə qeyri-xətti elastiki xassələrə malik möhkəmlik xarakteristikaları yüksək olanlardan istifadə olunması onların davamlılığının artmasına səbəb olur. Bu səbəbdən torvari fiziki qeyri-xətti lövhə və qabıqların gərgin-deformasiya halının tədqiqi, onların hesablanması üçün əlverişli mühəndis üsullarının yaradılması böyük əhəmiyyət kəsb edir [1].

Torvari qalınlığı sabit lövhə və qabıqların xətti elastiki deformasiyalar daxilində texniki hesablama nəzəriyyəsi Pşeniçnov Q.İ. tərəfindən yaradılmışdır [2].

Bu məqalədə qalınlığı dəyişən düzbucaqlı torvari lövhələrin əyilmədə fiziki qeyri-xətti deformasiyaları nəzərdən keçirilir (şəkilə bax).



Şəkil. Düzbucaqlı torvari lövhə

Düzbucaqlı lövhələrin Kirxhof-Lyav fərziyyəsinə əsaslanan texniki əyilmə nəzəriyyəsinə uyğun olaraq müvazinət tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır [3,4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_1}{\partial x} + \frac{\partial Q_2}{\partial y} + q &= 0; \\ \frac{\partial H_1}{\partial x} - \frac{\partial M_2}{\partial y} - Q_2 &= 0; \\ \frac{\partial H_2}{\partial y} - \frac{\partial M_1}{\partial x} - Q_1 &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

Kiçik deformasiyalar fərziyyəsinə əsaslanaraq lövhənin orta müstəvisinin əyilmiş səthinin əyriliklərini yazaq [5]:

$$\chi_1 = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \chi_2 = -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \chi_{12} = -\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (2)$$

Göstərilən düsturlarda Q_1 , Q_2 - lövhənin kəsici qüvvələri, M_1 , M_2 - əyici momentləri, H_1 , H_2 - burucu momentləri, w isə əyilmiş orta səthin əyintiləridir. q - orta müstəviyə təsir edən normal xarici yayılmış qüvvənin intensivliyidir.

Torvari nazik fəza konstruksiyaları – lövhə və qabıqların Q.İ.Pşeniçnov tərəfindən işlənmiş nəzəriyyəsinə [2] əsas tutaraq n sayda paralel millər sistemlərindən ibarət lövhənin k -cı paralel millərində mərkəzi oxun deformasiya ifadələrini yazaq:

$$\begin{aligned} \chi_k &= \chi_1 c_k^2 + \chi_2 s_k^2 + \chi_{12} \sin 2\varphi_k; \\ \gamma_k &= (\chi_2 - \chi_1) s_k c_k + \chi_{12} \cos 2\varphi_k \end{aligned} \quad (3)$$

Burada $s_k = \sin \varphi_k$, $c_k = \cos \varphi_k$, φ_k - k -cı paralel millər sisteminin mailik bucağıdır.

Lövhənin materialının qeyri-xətti elastiki və sıxılmazlıq xassələrinə malik olduğunu qəbul edərək onun hesablanması üçün A.A.İlyuşinin kiçik elastiki-plastiki deformasiyalar nəzəriyyəsinə əsas götürür və hesab edirik ki, yüklənmə prosesi də aktiv xarakter daşıyır [1]. Millərin materialının qeyri-xətti elastiklik qanununu aşağıdakı kimi qəbul edək [3]:

$$\sigma_{i(k)} = E_{o(k)} \cdot \varepsilon_{i(k)} - E_{1(k)} \varepsilon_{i(k)}^3 \quad (4)$$

Burada $E_{o(k)}$, $E_{1(k)}$ – k -cı millər sisteminin materialının fiziki (elastiki) sabitləri, $\sigma_{i(k)}$ - gərginlik intensivliyi, $\varepsilon_{i(k)}$ isə deformasiya intensivliyidir.

Millərin eninə əyilmə halı üçün deformasiya intensivliyini aşağıdakı düsturla təyin edirik [1]:

$$\varepsilon_{i(k)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_{k(z)}^2 + \frac{1}{4} \gamma_{k(z)}^2} \quad (5)$$

Burada $\varepsilon_{k(z)}$ və $\gamma_{k(z)}$ – k -cı millərin neytral oxundan (torvari lövhənin orta müstəvisindən) z məsafəsindəki liflərdə deformasiyalardır. Bu deformasiyalar aşağıdakı düsturlarla müəyyən olunurlar [2]:

$$\varepsilon_{k(z)} = -z \cdot \chi_k; \quad \gamma_{k(z)} = -2z\gamma_k \quad (6)$$

(6)-nı (5)-də yerinə yazıb alırıq:

$$\varepsilon_{i(k)} = \frac{2}{\sqrt{3}} z \sqrt{\chi_k^2 + \gamma_k^2} \quad (7)$$

Millərin en kəsiyindəki normal σ_k və toxunan τ_{zk} gərginlikləri üçün A.A.İlyuşinin kiçik elastiki-plastiki deformasiyalar nəzəriyyəsinin fiziki tənliklərindən [2] istifadə edib yazı bilirik:

$$\sigma_k = \frac{2}{3} [\sigma_{i(k)}/\varepsilon_{i(k)}] \cdot \varepsilon_{k(z)}, \quad \tau_{zk} = \frac{1}{3} [\sigma_{i(k)}/\varepsilon_{i(k)}] \cdot \gamma_{k(z)} \quad (8)$$

(4), (6) və (7) ifadələrini (8)-də yerinə yazıb gərginliklərin aşağıdakı ifadələrini alırıq:

$$\begin{aligned} \sigma_k &= \frac{2}{3} \left[-E_{ok} \cdot z \chi_k + \frac{4}{3} E_{1k} z^3 (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) \right], \\ \tau_{zk} &= \frac{2}{3} \left[-E_{ok} \cdot z \gamma_k + \frac{4}{3} E_{1k} z^3 (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3) \right] \end{aligned} \quad (9)$$

Sonuncu ifadələri nəzərə alıb millərin əyici (M_k) və burucu (H_k) momentləri üçün alırıq:

$$M_k = \int_{-0,5h_k}^{+0,5h_k} \sigma_k \cdot z dz = \frac{2}{3} \left[-E_{ok} J_{1k} \chi_k + \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) \right];$$

$$H_k = \int_{-0,5h_k}^{+0,5h_k} \tau_{zk} \cdot z dz = \frac{2}{3} \left[-E_{ok} J_{1k} \gamma_k + \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3) \right]. \quad (10)$$

Burada $J_{1k} = b_k h_k^3 / 12$, $J_{2k} = b_k h_k^5 / 80$ (11)
 - millərin en kəsiyinin ədalət momentləri,
 b_k , h_k - ölçüləridir.

(10) ifadələrini nəzərə alaraq torvari lövhələrin en kəsiklərində yaranan əyici və burucu momentləri aşağıdakı şəkildə salırıq [5]:

$$\begin{aligned} M_1 &= \sum_{k=1}^n (M_k c_k^2 + H_k s_k c_k) / a_k = \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \{ E_{ok} J_{1k} (-c_k^2 \chi_k - s_k c_k \gamma_k) + \\ &+ \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} [c_k^2 (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + s_k c_k (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \} / a_k; \\ M_2 &= \sum_{k=1}^n (M_k c_k^2 - H_k s_k c_k) / a_k = \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \{ E_{ok} J_{1k} (-s_k^2 \chi_k + s_k c_k \gamma_k) - \\ &- \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} [-s_k^2 (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) - s_k c_k (\chi_k^2 \gamma_k - \gamma_k^3)] \} / a_k; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} H_1 &= - \sum_{k=1}^n (M_k s_k c_k - H_k c_k^2) / a_k = \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \{ E_{ok} J_{1k} (s_k c_k \chi_k - \\ &- c_k^2 \gamma_k) + \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} [-s_k c_k (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + c_k^2 (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \} / a_k; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= - \sum_{k=1}^n (M_k s_k c_k + H_k s_k^2) / a_k = \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \{ E_{ok} J_{1k} (s_k c_k \chi_k + \\ &+ s_k^2 \gamma_k) + \frac{4}{3} E_{1k} J_{2k} [-s_k c_k (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) - s_k^2 (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \} / a_k. \end{aligned}$$

M_1, M_2, H_1 və H_2 -nin (12) ifadələrini (1) tənliklər sisteminin 2-ci və 3-cü tənliklərində yerinə yazıb Q_1 , və Q_2 kəsicü qüvvələrini tapırıq:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \left(\frac{E_{ok}}{a_k} \left\{ \frac{\partial}{\partial y} [J_{1k} (s_k c_k \chi_k + s_k^2 \gamma_k)] + \frac{\partial}{\partial x} [J_{1k} (c_k^2 \chi_k + s_k c_k \gamma_k)] \right\} + \right. \\ &+ \frac{4 E_{1k}}{3 E_{ok}} \left\{ \frac{\partial}{\partial y} [J_{2k} s_k c_k (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) - J_{2k} s_k^2 (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] + \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial}{\partial y} [-J_{2k} c_k^2 (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + J_{2k} s_k c_k (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \right\} \right); \quad (13) \\ Q_2 &= \sum_{k=1}^n \frac{2}{3} \left(\frac{E_{ok}}{a_k} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} [J_{1k} (s_k c_k \chi_k + c_k^2 \gamma_k)] - \frac{\partial}{\partial y} [J_{1k} (-s_k^2 \chi_k + s_k c_k \gamma_k)] \right\} + \right. \end{aligned}$$

$$+ \frac{4 E_{1k}}{3 E_{ok}} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[J_{2k} s_k c_k \left(\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2 \right) + J_{2k} c_k^2 \left(\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3 \right) \right] - \right. \\ \left. - \frac{\partial}{\partial y} \left[J_{2k} s_k^2 \left(\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2 \right) + J_{2k} s_k c_k \left(\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3 \right) \right] \right\};$$

(13) ifadələrini (1) tənliklər sisteminin 1-ci tənliyində yerinə yazıb aşağıdakı çox mürəkkəb qeyri-xətti diferensial tənliyini alırıq:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \sum_{k=1}^n \left\{ \frac{E_{1k}}{a_k} J_{1k} (c_k^2 \chi_k + s_k c_k \gamma_k) + \frac{4 E_{1k}}{3 E_{ok}} J_{2k} [-c_k^2 (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + s_k c_k (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \right\} + \\ \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \sum_{k=1}^n \left\{ J_{1k} [2 s_k c_k \chi_k + (s_k^2 - c_k^2) \gamma_k] + \frac{4 E_{1k}}{3 E_{ok}} J_{2k} [2 s_k c_k (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + (s_k^2 - c_k^2) (\chi_k^2 \gamma_k + \gamma_k^3)] \right\} + \\ + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \sum_{k=1}^n \left\{ J_{1k} (s_k^2 \chi_k - s_k c_k \gamma_k) + \frac{4 E_{1k}}{3 E_{ok}} J_{2k} [s_k^2 + (\chi_k^3 + \chi_k \gamma_k^2) + (\chi_k^2 + \gamma_k^3)] \right\} = \frac{3}{2} q. \quad (14)$$

Bu qeyri-xətti diferensial tənliyin həlli üçün kiçik parametrlər üsulundan istifadə edirik [6]. Lövhənin materialının qeyri-xətti elastikliyi (fiziki qeyri xəttiliyi) nəzərə almaq üçün hər bir k -cı paralel millər sisteminə dair aşağıdakı şəkildə kiçik parametr qəbul edirik:

$$v_{f(k)} = \frac{E_{1k} \cdot \varepsilon_{sk}^2}{E_{ok}} \quad (15)$$

Burada ε_{sk} –millərin materialının şərti axıcılıq həddinə uyğun nisbi deformasiyadır.

Lövhənin qalınlığının dəyişən olduğunu, yəni $h_k = h_k(x, y)$ qəbul edək. Bu funksiyanı aşağıdakı şəkllə salaq [6] :

$$h_k(x, y) = h_{o(k)} [1 + v_{h(k)} \cdot f_k(x, y)] \quad (16)$$

$$h_{o(k)} = \frac{h_{max}^{(k)} + h_{min}^{(k)}}{2} - \text{orta hündürlük};$$

$$v_{h(k)} = \frac{h_{max}^{(k)} - h_{min}^{(k)}}{h_{max}^{(k)} + h_{min}^{(k)}} - \text{millərin hündürlüyünün dəyişməsi ilə bağlı (həndəsi) kiçik parametr};$$

- $h_{max}^{(k)}$ – millərin en kəsiyinin ən böyük, $h_{min}^{(k)}$ - ən kiçik hündürlüyü;

- $f_k(x, y)$ – lövhənin k -cı millərinin hündürlüyünün dəyişmə funksiyasıdır.

(16) ifadəsini nəzərə alaraq (11) düsturlarını aşağıdakı şəkllə salırıq:

$$J_{1k} = J_{1k}^{(o)} [1 + v_{h(k)} f_k(x, y)]^3, \quad J_{2k} = J_{2k}^{(o)} [1 + v_{h(k)} f_k(x, y)]^5 \quad (17)$$

$$\text{Burada } J_{1k}^{(o)} = \frac{b_k h_o^3(k)}{12}, \quad J_{2k}^{(o)} = \frac{b_k h_o^5(k)}{80} \quad (18)$$

Məsələnin həllini asanlaşdırmaq məqsədi ilə $\mathbf{v}_{f(k)}$ və $\mathbf{v}_{h(k)}$ kiçik parametrlərini ümumi \mathbf{v} kiçik parametri ilə ifadə edək:

$$\mathbf{v}_{f(k)} = \alpha_{f(k)} \cdot \mathbf{v}; \quad \mathbf{v}_{h(k)} = \alpha_{h(k)} \cdot \mathbf{v} \quad (19)$$

(19)-un ikinci ifadəsini (17)-də yerinə yazıb alırıq:

$$J_{1k} = J_{1k}^{(o)} [1 + \nu \cdot \alpha_{h(k)} f_k(x, y)]^3, \quad J_{2k} = J_{2k}^{(o)} [1 + \nu \cdot \alpha_{h(k)} f_k(x, y)]^5 \quad (20)$$

Lövhənin orta səthinin $w(x, y)$ əyintilər funksiyasını, habelə χ_k əyriliyini və γ_k nisbi deformasiyasını ν kiçik parametrinə görə sıralar şəklində qəbul edirik:

$$w(x, y) = \sum_{m=0}^j \nu^m w_m(x, y), \quad \chi_k = \sum_{m=0}^j \nu^m \chi_{k(m)}, \quad \gamma_k = \sum_{m=0}^j \nu^m \gamma_{k(m)} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \text{Burada } \chi_{k(m)} &= -\left(\frac{\partial^2 w_m}{\partial x^2} c_k^2 + \frac{\partial^2 w_m}{\partial y^2} s_k^2 + \frac{\partial^2 w_m}{\partial x \partial y} \sin 2\varphi_k \right); \\ \gamma_{k(m)} &= \left(\frac{\partial^2 w_m}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 w_m}{\partial y^2} \right) s_k c_k - \frac{\partial^2 w_m}{\partial x \partial y} \cos 2\varphi_k. \end{aligned} \quad (22)$$

(15), (20) və (21) ifadələrini (14) tənliyində yerinə yazıb bu qeyri-xətti diferensial tənliyini ν kiçik parametrin dərəcələrinə görə ayırmaqla, aşağıdakı rekurent xətti diferensial tənliklər sistemini alırıq ki, bunların da hər birinin həlli çətinliklər törətmir:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^4 w^{(m)}}{\partial x^4} \left[\sum_{k=1}^n \frac{J_{10} E_{ok}}{a_k} (c_k^4 + s_k^2 c_k^2) \right] + \frac{\partial^4 w^{(m)}}{\partial x^3 \partial y} \left[\sum_{k=1}^n \frac{E_{ok} J_{10}}{a_k} (2s_k^3 c_k + 2s_k c_k^3) \right] + \\ & \frac{\partial^4 w^{(m)}}{\partial x^2 \partial y^2} \left[\sum_{k=1}^n \frac{J_{10} E_{ok}}{a_k} (2s_k c_k \cdot \sin 2\varphi_k + c_k^2 \cos 2\varphi_k - s_k^2 \cos 2\varphi_k) \right] + \\ & + \frac{\partial^4 w^{(m)}}{\partial x \partial y^3} \left[\sum_{k=1}^n \frac{J_{10} E_{ok}}{a_k} (2s_k^3 c_k + 2s_k c_k^3) \right] + \frac{\partial^4 w^{(m)}}{\partial y^4} \left[\sum_{k=1}^n \frac{J_{10} E_{ok}}{a_k} (s_k^4 + s_k^2 c_k^2) \right] = \phi_m(x, y). \end{aligned} \quad (23)$$

Bu tənliyin sağ tərəfi $m=0, 1, 2$ qiymətləri üçün aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir:

$$\phi_{(0)}(x, y) = \frac{3}{2}q; \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \phi_{(1)}(x, y) = & \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \{3\alpha_{h(k)} f_k [c_k^2 \cdot \chi_{k(0)} + c_k s_k \gamma_{k(0)}] + \\ & + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} [(\gamma_{k(0)}^3 + \chi_{k(0)} \cdot \gamma_{k(0)}^2) c_k^2 + s_k c_k (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)]\} + \\ & + \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \{3\alpha_{h(k)} f_k [2s_k c_k \chi_{k(0)} + (s_k^2 - c_k^2) \gamma_{k(0)}] + \\ & + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} [2s_k c_k (\chi_{k(0)}^3 + \chi_{k(0)} \gamma_{k(0)}^2) + (s_k^2 - c_k^2) (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)]\} + \\ & + \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \{3\alpha_{h(k)} f_k [(s_k^2 \chi_{k(0)} - s_k c_k \gamma_{k(0)})] + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} \cdot \\ & \cdot [s_k^2 (\chi_{k(0)}^3 + \chi_{k(0)} \gamma_{k(0)}^2) + s_k c_k (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)]\}; \quad (25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{(2)}(x, y) = & \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \{3\alpha_{h(k)} f_k [c_k^2 \cdot \chi_{k(1)} + c_k s_k \gamma_{k(1)}] + \\ & + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} [(\gamma_{k(0)}^3 + \chi_{k(0)} \cdot \gamma_{k(0)}^2) c_k^2 + s_k c_k (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)]\} + \\ & + 3\alpha_{h(k)}^2 f_k [c_k^2 \chi_{k(0)} + s_k c_k \gamma_{k(0)}] + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} \cdot \\ & \cdot (5\alpha_{h(k)} f_k \cdot [c_k^2 (\chi_{k(0)}^3 + \chi_{k(0)} \gamma_{k(0)}^2) + s_k c_k (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)] + \\ & + [2\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(1)} c_k^2 + s_k c_k (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(1)} + 2\chi_{k(0)} \gamma_{k(0)} \chi_{k(1)})])\} + \\ & + \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \{3\alpha_{h(k)} f_k [2s_k c_k \chi_{k(1)} + (s_k^2 - c_k^2) \gamma_{k(1)}] + 3\alpha_{h(k)}^2 f_k^2 \cdot \\ & \cdot [2s_k c_k \chi_{k(0)} + (s_k^2 - c_k^2) \gamma_{k(0)}] - \frac{4}{3} \frac{\alpha_{f(k)} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} 5\alpha_{h(k)} f_k [2s_k c_k (\chi_{k(0)}^3 + \\ & + \chi_{k(0)} \gamma_{k(0)}^2) + (s_k^2 - c_k^2) (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(0)} + \gamma_{k(0)}^3)] + [2s_k c_k (3\chi_{k(0)}^2 \chi_{k(1)} + \\ & + \chi_{k(1)} \gamma_{k(0)}^2) + 2\gamma_{k(0)} \gamma_{k(1)} \chi_{k(0)}] + (s_k^2 - c_k^2) (\chi_{k(0)}^2 \gamma_{k(1)} + 2\chi_{k(0)} \chi_{k(1)} \gamma_{k(0)} + \\ & + 3\gamma_{k(0)}^2 \gamma_{k(1)})]\} + \sum_{k=1}^n \frac{J_{1k}^{(0)} E_{ok}}{a_k} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \{3\alpha_{h(k)} f_k \cdot [s_k^2 \chi_{k(1)} - s_k c_k \gamma_{k(1)}] + \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned}
 & + 3\alpha_{h(k)}^2 f_k^2 \left[s_k^2 \chi_{k(o)} - s_k c_k \gamma_{k(o)} \right] + \frac{4 E_{1k} \cdot J_{2(k)}^{(0)}}{\varepsilon_{sk}^2} \left(5\alpha_{h(k)} f_{(k)} \left[s_k^2 \left(\chi_{k(o)}^3 + \chi_{k(o)} \gamma_{k(o)}^2 \right) + \right. \right. \\
 & + s_k c_k \left(\chi_{k(o)}^2 \gamma_{k(o)} + \gamma_{k(o)}^3 \right) \left. \right] + \left[s_k^2 \left(3\chi_{k(o)}^2 \chi_{k(1)} + \chi_{k(1)} \gamma_{k(o)}^2 + 2\gamma_{k(o)} \gamma_{k(1)} \chi_{k(o)} \right) + \right. \\
 & \left. + s_k c_k \left(2\gamma_{k(o)}^2 \gamma_{k(1)} + \chi_{k(o)}^2 \gamma_{k(1)} + 2\chi_{k(o)} \gamma_{k(1)} \chi_{k(o)} \right) \right] \left. \right\}.
 \end{aligned}$$

Sonuncu tənliklərdə iştirak edən $\chi_{k(m)}$, $\gamma_{k(m)}$ ifadələri (22)-dən alınır.

Misal olaraq romb tipli torvari (şək.1) düzbucaqlı və konturu üzrə oynaqlı dayaqqlar üzərində oturan, bütün orta səthi üzrə müntəzəm yayılmış və səthə perpendikulyar təsir edən intensivliyi $q = const$ olan yük təsirindən əyilməsini nəzərdən keçirək. Bu halda torun iki qrup milləri ($n = 2$) mövcud olur və onlar rombun tərəfləri üzrə yerləşir, koordinat oxları (x, y) isə rombun diaqonallarından keçir. Ona görə də $\varphi = \varphi_1 = -\varphi_2$, $a = a_1 = a_2$ olur. Millərin en kəsiyinin sahələrini eyni və sabit olduğunu, yəni $b_1 = b_2 = b$, $h_1 = h_2 = h = const$ qəbul edək.

(23) xətti tənliklər sisteminin həlli aşağıdakı sərhəd şərtlərinə uyğun olmalıdır:

$$\begin{aligned}
 x = 0, l_x \text{ konturlarında } w = 0, M_1 = 0 & \quad (a) \\
 y = 0, l_y \text{ konturlarında } w = 0, M_2 = 0 &
 \end{aligned}$$

(a) şərtlərinin ödənilməsi üçün (23) sisteminin birinci tənliyinin ($m=0$ halı) həllini ikiqat triqonometrik sıralar şəklində qəbul edək:

$$w_0(x, y) = \sum_{\rho=1}^{\infty} \sum_{q=1}^{\infty} A_{\rho q}^{(0)} \sin \frac{\rho \pi x}{l_x} \sin \frac{q \pi y}{l_y} \quad (27)$$

(23) tənliklər sisteminin ikinci tənliyinin ($m=1$ halı) həllini təyin etmək üçün onun sağ tərəfindəki $\Phi_1(x, y)$ ifadəsində iştirak edən $w_0(x, y)$ funksiyasının (27) sırasından yalnız birinci həddini nəzərə alırıq, yəni

$$w_0(x, y) = A_{\rho q}^{(0)} \sin \frac{\pi x}{l_x} \sin \frac{\pi y}{l_y} \quad (b)$$

Bu tədqiqatlarda A.A.İlyuşinin kiçik elastik-plastiki deformasiyalar nəzəriyyəsi əsas götürüldüyündən göstərilən yanaşmanın təsiri əhəmiyyətsiz dərəcədə az olacaqdır.

(23) sisteminin üçüncü və digər tənliklərinin həlli də yuxarıda göstərildiyi qaydada aparılmalıdır.

Planda kvadrat lövhə üçün ($l_x = l_y = l$) aparılmış ədədi hesablamaların nəticələri göstərmişdir ki, lövhənin materialının yalnız fiziki qeyri-xəttiliyi nəzərə alındıqda artıq üçüncü yaxınlaşmada (ν kiçik parametrinə görə) məsələnin həlli qanəedici nəticələr verir.

REFERENCE

1. **Пјужин А.А.** Plastichnost. M-L.: Gostehizdat, 1948.
Ильюшин А.А. Пластичность. М-Л.: Гостехиздат, 1948.
2. **Pshenichnov G.I.** Teorija tonkih uprugih setchatyh obolochek i plastinok. Izdatelstvo «Nauka», 1982.
Пшеничнов Г.И. Теория тонких упругих сетчатых оболочек и пластинок. Издательство «Наука», 1982.
3. **Lukash P.A.** Osnovy nelinejnoj stroitelnoj mehaniki. M., Strojizdat, 1978.
Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. М., Стройиздат, 1978.
4. **Kurdjumov A.A., Lokshin A.Z., Iosifov R.A., Kozljakov V.V.** Stroitel'naja mehanika korablja i teorija uprugosti. T.2. L., Izd-vo «Sudostroenie», 1968.
Курдюмов А.А., Локшин А.З., Иосифов Р.А., Козляков В.В. Строительная механика корабля и теория упругости. Т.2. Л., Изд-во «Судостроение», 1968.
5. **Ogibalov P.M., Koltunov M.A.** Obolochki i plastiny. Izd-vo MGU, 1969.
Огибалов П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины. Изд-во МГУ, 1969.
6. **Sadigov I.R.** Nelinejno-uprugie deformacii cilindricheskih obolochek otkrytogo profilja s peremennoj tolshhinoj. Izvestija A.N.Azerbajdzhana, serija fiz-mat. i tehn. nauk, tom №1-3, 1995.
Садыгов И.Р. Нелинейно-упругие деформации цилиндрических оболочек открытого профиля с переменной толщиной. Известия А.Н.Азербайджана, серия физ-мат. и техн. наук, том №1-3, 1995.

НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ СЕТЧАТЫХ ПЛАСТИНОК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ИЗГИБЕ

И.Р. САДЫГОВ

Рассматривается задача о нелинейно-упругих деформациях прямоугольных сетчатых пластинок переменной толщины. Составлено основное нелинейное дифференциальное уравнение, которое методом малого параметра сводится к системе рекуррентных линейных дифференциальных уравнений. Рассмотрен конкретный пример и показана удовлетворительная сходимость предлагаемого метода расчета.

Ключевые слова: сетчатые пластинки, нелинейно-упругая деформация, нелинейное дифференциальное уравнение, метод малого параметра, двукратные тригонометрические ряды.

THE NONLINEAR ELASTIC DEFORMATION OF THE RECTANGULAR MESH PLATES OF VARIOUS THICKNESSES AT BENDING

I.R. SADIGOV

The problem of the nonlinear elastic deformation of the rectangular mesh plates of various thicknesses is investigated. The composed main nonlinear differential equation is reduced to the system recurrent linear differential equations through the small parameter method. A specific example is considered to demonstrate the satisfactory convergence of the proposed calculation method.

Key words: mesh plates, nonlinear elastic deformation, nonlinear differential equation, method of small parameter, double trigonometric ranks.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А.М. ГАФАРОВ, П.Г. СУЛЕЙМАНОВ, В.А. ГАФАРОВ, Ф.М. КАЛБИЕВ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с определением оптимальных параметров различных технологических операций. Приводятся результаты испытаний по конкретным параметрам точности и качества поверхности.

Ключевые слова: шлифование, хонингование, ротационная головка, притирка, вибро-накатывание, раскатывание.

Обеспечение долговечности машин является сложной проблемой, для решения которой необходимо проведение комплекса конструкторских, технологических и организационных мероприятий. Результаты проведенных исследований и испытаний послужили основой для разработки различных конструкций инструментов технологических оборудований и рекомендаций в производстве новых технологических способов. Проверялись работоспособность различных конструкций, рациональность выбранных режимов и конструктивно–геометрические параметры наладок.

Обрабатывались многочисленные детали различных оборудований, работающих в экстремальных условиях, изготовленные из различных сталей и сплавов, таких как детали ходовых механизмов транспортных машин, гильзы цилиндров двигателей, детали гидравлических систем, валы, втулки станков, детали нефтепромыслового оборудования (корпус и втулка замка, втулка и корпус телескопического соединения, цилиндры и плунжеры штангового насоса). При шлифовании в качестве режущего инструмента использовались специальные шлифовальные головки с виброгашением, оснащенные шлифовальными кругами различных марок и зернистостью [1].

Для хонингования наружных поверхностей высокоточных деталей машин была использована специальная конструкция хонинговальной головки. Данная головка является одной из первых хонинговальных головок для обработки наружных поверхностей деталей, на которую получено авторское свидетельство [2].

Хонинговальная головка предназначена для обработки цилиндрических заготовок и позволяет существенно повысить точность обработки и качество поверхности.

Хонинговальная головка выполнена в виде корпуса 1, несущего абразивные бруски 2, установленные с возможностью взаимодействия с элементом разжима. Последний выполнен в виде планок 5, установленных с возможностью осевого перемещения рабочими коническими поверхностями, и установлен в корпусе 1 внутренней конической поверхностью (рис. 1).

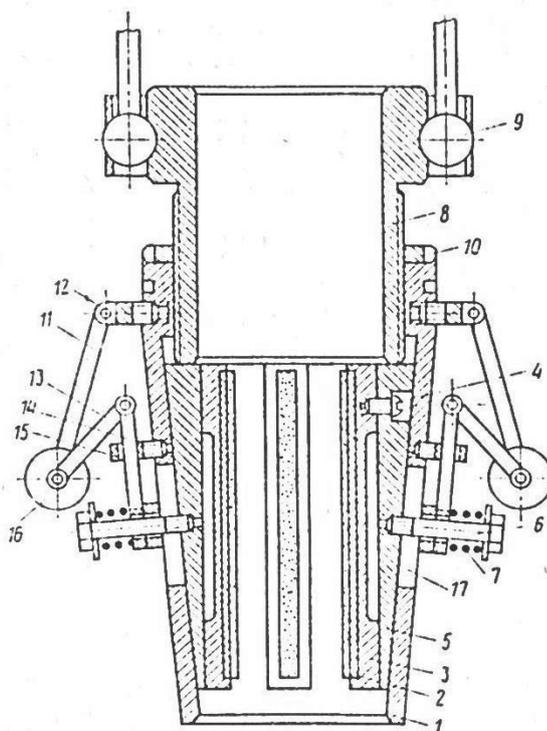


Рис. 1. Хонинговальная головка для обработки наружных поверхностей деталей.

Абразивные бруски 2 закреплены на планках 5, а устройство снабжено центробежным механизмом, содержащим грузы 16 и рычаги 11, 13, 14, посредством которых указанные грузы 16 связаны с одной стороны с корпусом 1 хонголовки, а с другой – с планками 5.

Устройство работает следующим образом. До начала цикла работы втулку 8 заворачивают в корпус 1 и устройство устанавливают с некоторым зазором между алмазными режущими брусками 2 и обрабатываемой заготовкой. С целью ограничения заворачивания втулки 8 подтягивают круглую гайку 10. Усилия прижима планок 5 на коническую поверхность корпуса 1 регулируются с помощью болтов 6 и пружин 7. Устройство сообщает вращательное и возвратно-поступательное движение.

Под действием центробежной силы грузы 16 раздвигаются в стороны и действуют на подвижно соединенные рычаги 11, 13, 14, которые связаны с болтами 6, свободно перемещающимися в пазах 17 корпуса 1. Болты 6, связанные с планками 5, продвигая их по конической поверхности корпуса 1, уменьшают расстояние между абразивными брусками 2, что создает радиальный прижим последних к заготовке и обеспе-

чивает плавающее их положение. Последнее позволяет осуществить жесткое закрепление длинномерной обрабатываемой заготовки.

При вводе устройства в начале цикла работы шарнирные узлы обеспечивают самоустановку устройства, что необходимо для обеспечения точности обработки длинномерной заготовки. После окончания обработки с прекращением движения происходит разжим брусков и освобождение заготовки.

За счет обеспечения подвижного шарнирного соединения устройства с шпинделем станка и плавающего положения алмазных режущих брусков обеспечивается допуск соосности шпинделя станка и длинномерно обрабатываемой заготовки, что приводит к повышению точности обработки.

Несмотря на отличительные особенности, разработанная конструкция хонинговальной головки для обработки наружных поверхностей не требует специальных станков. Она позволяет производить обработку на обычных вертикально-хонинговальных станках мод 3М82, 3М82С.

Для обработки внутренних цилиндрических поверхностей деталей машин и оборудования использованы специальные ротационные головки, оснащенные алмазными роликами АСВ 250/200-М1-100% со специально подготовленной бочкообразной формой роликов, с геометрическими размерами 100х8х5 [3]. На рис. 2 показана схема головки.

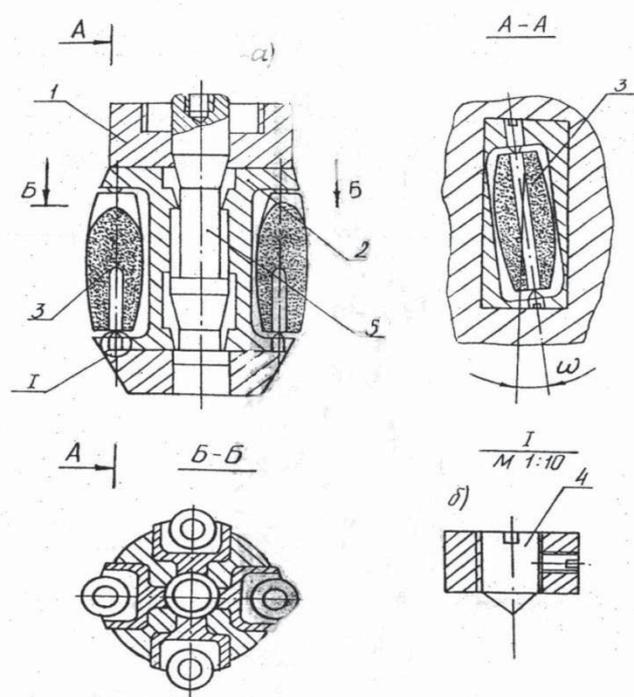


Рис. 2. Конструкция ротационной хонинговальной головки для обработки внутренних поверхностей.

Хонинговальная головка состоит из корпуса 1, с равномерно расположенными по окружности сквозными окнами, в которых размещены колодки 2, в пазах которых уста-

новлены бочкообразные режущие абразивные бруски 3 и зафиксированы конусными винтами 4 разжимного конуса 5, размещенного в центральной отверсти корпуса 1 и взаимодействующего с колодками 2, из упругого элемента, взаимодействующего с конусным штоком 5.

Головка работает следующим образом: устанавливается угол наклона ролика ω таким образом, чтобы контакт роликов осуществлялся по всей длине обрабатываемой поверхности, что выполняется поперечным перемещением одного из фиксирующих винтов 4.

После ввода в обрабатываемое отверстие головки последней сообщается вращательное и возвратно-поступательное движение – вокруг и вдоль оси обрабатываемого отверстия от шпинделя станка. При этом вращение роликов вокруг своей оси осуществляется за счет тангенциального усилия P_z , резания. Затем включается система разжима станка, и конус 5, перемещаясь в отверстие в осевом направлении вниз, разжимает колодки 2 в радиальном направлении до упора с обрабатываемой поверхностью, создавая при этом на ней заданное удельное давление $P_{уд}$.

После окончания обработки станок выключается, с одновременным выводом инструмента из отверстия.

При проведении исследования разработаны и использованы различные конструкции ротационных головок и установлена целесообразность применения ротационного алмазного хонингования, обеспечивающего стабильное достижение точности и качества отверстия нежестких тонкостенных втулок.

При осуществлении процесса притирки разработаны и изготовлены специальные конструкции эластичных притиров, обеспечивающие высокое качество обработанных поверхностей. Отличительной особенностью этих притиров является то, что по мере износа они постепенно разжимаются и компенсируют изношенный слой, обеспечивая непрерывную обработку поверхностного слоя. Для притирки материалов с однородной твердостью и структурой тонкими микропорошками были использованы высокотвердые притиры, твердость которых близка к твердости обрабатываемой детали или выше нее.

При обработке деталей были использованы следующие марки притирочных паст: ДМ40-С, ДМ28-С, ДМ20-С, ДМ 14-С, ДМ 10-С, ДМ7-С, ДМ5-С, ДМ3-С, ДМ2-С.

Для вибронакtywания поверхностных слоев деталей использованы специальные головки.

Устройство выполнено в виде двух соосно расположенных штоков, причем один из них установлен в резцедержателе и с рабочей стороны снабжен диск-копиром, а другой – шток жестко связан с суппортом с возможностью осевого перемещения, а с рабочей стороны – деформирующим элементом, упруго контактирующим с диск-копиром посредством шара.

Известные в технической литературе положительные результаты, а также результаты наших исследований и опытно-промышленных испытаний послужили основой для разработки новых конструкций технологической оснастки.

С учетом условий производства были разработаны специальные раскатные го-

ловки, существенно отличающиеся от ранее известных конструкций, установлена их работоспособность. Отобранные для производственных испытаний и внедрения головки отличаются простотой конструкций, относительно малой трудоемкостью изготовления, надежностью и малым количеством деталей.

Раскатные головки не требуют специальных станков. Они позволяют производить обработку на обычных токарных станках модели 1К62 и на других его модернизациях.

При проведении исследований разработаны и использованы различные конструкции раскатных головок и установлена целесообразность их применения.

Опытно-промышленные испытания раскатных головок проводились в заводских условиях. Проверялась работоспособность раскатных головок, рациональность выбранных режимов раскатывания и другие технологические параметры процесса.

Обрабатывались различные детали машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях из материалов ст45, ст40Х, ст38ХМЮА.

Одна из конструкций разработанных раскатных головок показана на рис.3. Раскатная головка состоит из корпуса шарикодержателя 6, регулировочной гайки 1, упоров 2, 7, шариков 3, тарельчатых пружин 4, 11, опорных планок 5, 10, оси 8, держателя 9. Эластичность процесса раскатывания достигается при помощи тарельчатых пружин, которые связаны с шариками с помощью опорных планок. Рабочее состояние раскатных головок проверялось визуально. Радиальное биение шариков в рабочем состоянии измерялось прибором, оснащенный индикаторной головкой с ценой деления 0,001 мм.

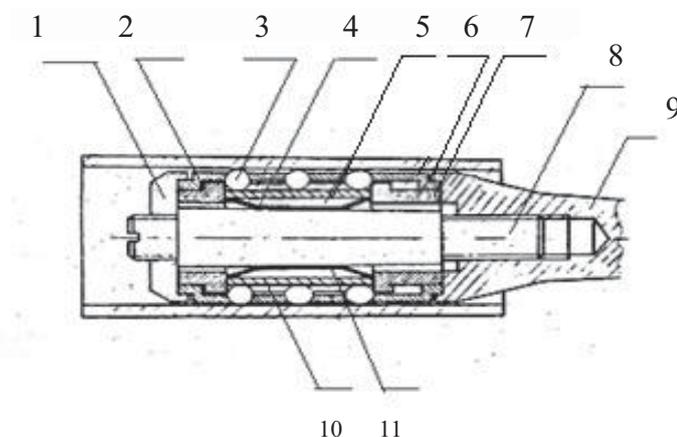


Рис. 3. Раскатная головка для обработки внутренних поверхностей цилиндрических деталей.

Опытно-промышленное испытание разработанных конструкций проводились в лабораторных и промышленных условиях. Обрабатывались: седло клапана скважинного насоса из стали 40Х, ниппель газлифтного клапана из стали 08Х18Н10Т, корпус седла ингибиторного клапана из стали 30Х13 и другие детали, работающие в экстремальных условиях. Точность внутренних поверхностей вышеуказанных деталей находилась в пре-

делах 8-9 квалитетов. Шлифование деталей выполнялось на шлифовальном станке мод ЗБ227.

В качестве режущего инструмента использовались специальные головки, оснащенные шлифовальными кругами марки ПП25А25М1 с различной шероховатостью и формой.

При испытании процесса были установлены следующие режимы обработки, которые были определены экспериментально:

- скорость вращения детали $V_d=1,5-1,8$ м/с;
- скорость вращения шлифовального круга $V_k=40-50$ м/с;
- продольная подача $S_{пр}=1$ 5-25 мм/об;
- зернистость шлифовального круга $z=25-40$ мкм;
- время обработки $T=40-50$ с.

В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) применялся содовый раствор.

В период испытания были определены следующие показатели процесса:

- а) производительность – 40 отверстий в час;
- б) точность обработанного отверстия: конусность – 0,015-0,025 мм; изогнутость оси отверстий – не более 0,025 мм; овальность – 0,015-0,25 мм; шероховатость поверхности $R_a=0,2-0,8$ мкм.

В результате проведенной работы процесс внутреннего шлифования с виброгашением рекомендован для внедрения в производство на машиностроительных заводах. Промышленные испытания головок для наружного хонингования проводились в условиях производства. Проверялись работоспособность хонинговальной головки, рациональность выбранных режимов наружного хонингования и конструктивно-технологические параметры процесса.

Обработке подвергались детали пакеров, двигателей, насосов, компрессоров с условными диаметрами 40, 50, 55 мм из материала сталь 45, 3Х13, 40Х. Твердость обрабатываемых поверхностей деталей находилась в пределах HRC 32...42.

Наружное хонингование седла пакеров выполнялось на одношпиндельном вертикально-хонинговальном станке мод ЗМ-82С. В качестве режущего инструмента использована специальная хонинговальная головка, оснащенная брусками марки АСВ, с параметрами 160/125М1-100% и геометрическими размерами 100x8x5 мм.

При опытно-промышленном испытании процесса были установлены следующие режимы обработки, которые были ранее определены экспериментально:

- а) окружная скорость хонинговальной головки $V_{ок}=0,37$ м/с;
- б) скорость возвратно-поступательного движения $V_{в.п}=0,17$ м/с;
- в) обработка осуществлялась при удельном давлении $P_{уд}=0,6$ МПа;
- г) продолжительность обработки – 90 сек.;
- д) смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) – смесь керосина (80%) и веретенного масла (20 %).

В период освоения и испытания были определены следующие показатели процесса:

- а) производительность – 35 деталей в час;
- б) точность обработанных деталей: конусность – 0,02...0,09 мм; овальность – 0,01...0,05 мм; бочкообразность – 0,01 ...0,065 мм;
- в) шероховатость поверхности $R_a=0,12...0,14$ мкм;
- г) стойкость одного комплекта алмазных брусков – 820 деталей.

Разработанный новый метод наружного хонингования деталей, взамен применявшегося ранее на заводе процесса шлифования, позволяет обеспечить:

- а) высокую точность обработки в пределах 7-8-го квалитетов;
- б) шероховатость обработанной поверхности $R_a=0,12-0,14$ мкм;
- в) повышение производительности за счет уменьшения времени обработки в 1,5...1,8 раза.

Хонингование внутренних поверхностей высокоточных деталей машин осуществлялась специальными хонинговальными головками.

Хонингование втулок выполнялось на одношпиндельном вертикально- хонинговальном станке модели 3М-83С: режущий инструмент – специальная ротационная хонинговальная головка с четырьмя бочкообразными алмазными роликами, оснащенная брусками марки АСВ 250/200 М1-100% с геометрическими размерами 100x8x5.

При испытании процесса были установлены следующие режимы обработки, которые были ранее определены экспериментально:

- окружная скорость хонинговки $V_{ок} = 0,75-1$ м/с;
- скорость возвратно-поступательного движения $V_{в.п.} = 0,15-0,20$ м/с;
- окружная скорость ролика $V_{окр} = 1,80-2,5$ м/с;
- подача роликов осуществлялась при постоянном предельном давлении $P_{уд}=60-80$ МПа;
- продолжительность обработки – 2 мин;
- в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применялась смесь керосина (85%) с веретенным маслом (15%).

В период освоения и внедрения были определены следующие показатели процесса:

- а) производительность – 30 отверстий в час;
- б) точность обработанного отверстия: конусность – 0,01-0,02 мм; кривизна оси отверстий – не более 0,035 мм; овальность – 0,025...0,035 мм; шероховатость поверхности $R_a=0,001...0,002$ мкм;
- в) стойкость одного комплекта роликов – 950 отверстий.

Ротационное хонингование взамен применявшегося обычного хонингования позволяет обеспечить:

- а) шероховатость обработанной поверхности R_a в пределах 0,001 ...0,002 мм (ГОСТ 2759-73);
- б) повышение производительности за счет дополнительного движения роликов и подачи в 1,5...2,5 раза;
- в) увеличение стойкости бочкообразного ролика в 1,9...2,5 раза по сравнению с обычными хонинговальными брусками.

В результате проведенных испытаний установлены следующие основные оптимальные параметры процесса притирки: скорость возвратно-поступательного движения $V_{в.п.}=0,27-0,32$ м/с, скорость вращательного движения $V_{ок}=0,6-0,8$ м/с, величина удельного давления $P_{уд}=120-160$ КПа. Зернистость притирочных паст $z=20-28$ мкм, время обработки $T=120-140$ с. Эксперименты проводились на модернизированном токарном станке мод.1К62.

Процесс вибронакатывания осуществлялся на винторезном станке 16К20.

При внедрении процесса были установлены следующие режимы обработки, которые были определены экспериментально:

- усилия вибронакатывания $P=120-277$ Н;
- радиус деформирующего инструмента $r_b=0,5-2,3$ мм;
- число оборотов заготовки $\Pi_3=25-200$ об/мин;
- величина подачи деформирующего элемента $s=0,074-0,12$ мм/об;
- величина амплитуды осцилляции деформирующего элемента – $1-0,5-3,5$ мм.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применялось промышленное масло 20.

В период освоения и внедрения были определены следующие показатели процесса:

точность обработки отверстия: конусность – $0,001-0,002$ мм; изогнутость оси отверстия – не более $0,035$ мм; овальность – $0,025-0,035$ мм; шероховатость поверхности – $0,080-0,063$ мкм.

При обработке поверхностей получено:

- высокая чистота рельефа поверхности;
- отсутствие острых кромок, которые исключает заполнение впадин рельефа продуктами износа, что сокращает процент брака в $1,9-2,2$ раза;
- упрочнение поверхностного слоя увеличивает износостойкость поверхностей в $1,5-1,8$ раза;
- значительное улучшение качества обработанной поверхности.

Раскатывание деталей выполнялись на токарных станках моделей 1К62, 1К62М. В качестве обрабатывающего инструмента использовались специальные раскатные головки, оснащенные шариками различных диаметров. Выбор диаметров шариков раскатных головок был осуществлен с учетом экспериментальных данных.

При испытании процесса были установлены следующие технологические параметры обработки, которые были ранее определены теоретическими расчетами и экспериментальным путем:

- усилие раскатывания $P_{уд}=1600-1800$ Н;
- подача $S=0,30-0,40$ мм/об;
- скорость обработки $V=2,80-3,0$ м/с;
- диаметр раскатных шариков $d=5-6$ мм;
- число рабочих ходов $l=1-2$ раза.

В период испытания были определены следующие показатели процесса:

- 1) производительность обработки - 35 отверстий в час;
- 2) точность обработанного отверстия:
 - конусность Δ_k – уменьшение от исходного на 6-10 мкм;
 - овальность Δ_0 – уменьшение от исходного на 3-6 мкм;
 - изогнутость $\Delta_{из}$ – уменьшение от исходного на 4-8 мкм;
 - шероховатость поверхности R_a – 0,06-0,16 мкм.

Заключение. Разработанные конструкции инструментов, технологической оснастки и установленные оптимальные параметры технологических операций обеспечивают устойчивое протекание исследованных процессов. Результаты исследований рекомендованы для внедрения в производство.

REFERENCE

1. **Gafarov V.A.** Shlifovanie s vibrogasheniem. Baku, «Nauka», 2006, 124 s.
Гафаров В.А. Шлифование с виброгашением. Баку, «Наука», 2006, 124 с.
2. Avtorskoe svidetelstvo № 1590350. Ustrojstvo dlja naruzhnogo honingovanija (A.M. Gafarov, Je.A. Aliev, R.H. Ragimov), 1990.
Авторское свидетельство, № 1590350. Устройство для наружного хонингования (А.М. Гафаров, Э.А. Алиев, Р.Х. Рагимов), 1990.
3. Avtorskoe svidetelstvo № 1345513. Sposob honingovanija otverstij (B.V. Lupkin, T.Ju. Urazaev, A.M. Gafarov), 1987.
Авторское свидетельство, № 1345513. Способ хонингования отверстий (Б.В. Лупкин, Т.Ю. Уразаев, А.М. Гафаров), 1987.

EKSTREMAL ŞƏRAİTDƏ İŞLƏYƏN MAŞINLARIN YÜKSƏK DƏQİQLİYƏ MALİK DETALLARININ EMAL TEXNOLOJİ ƏMƏLİYYATLARININ RASİONAL PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ

A.M. QAFAROV, P.H. SÜLEYMANOV, V.A. QAFAROV, F.M. KƏLBİYEYEV

Məqalədə müxtəlif texnoloji əməliyyatların optimal parametrlərinin təyin edilməsi ilə bağlı məsələlərə baxılır. Dəqiqliyin və səthin keyfiyyətinin konkret parametrləri ilə bağlı tədqiqatların nəticələri verilir.

Açar sözlər: paradaqlama, xoninqləmə, rotasion başlıq, sürtmə, vibronaxışlama, döyənəkləmə.

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS ON PROCESSING HIGH-PRECISION MACHINE DETAILS OF EXPLOITED AT EXTREME CONDITIONS

A.M. GAFAROV, P.H. SULEYMANOV, V.A. GAFAROV, F.M. KALBIYEV

This article reviews issues related to the determination of optimal parameters of various technological operations. The outcomes of experiments with respect to the specific parameters of precision and surface quality are provided.

Key words: polishing, honing, rotational head, grinding, vibrational burnishing, rolling.

GƏMİ DAXİLİYANMA MÜHƏRRİKLƏRİNDƏ TƏCRÜBİ OYMAQLARIN İSTİSMAR SINAQLARININ NƏTİCƏLƏRİ

E. D. MƏMMƏDOV

Gəmi daxiliyanma mühərriklərində təcrübi oymaqların istismar sınaqlarının nəticələri şərh olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, su ilə soyudulan səthinə sintetik örtük çəkilmiş silindir oymaqlarının kavitasiya-eroziya dözümlülüyü xeyli yüksəlir. Mühərrikin xidmət müddəti artır, yanacaq və yağın sərfi azalır. Texnoloji prosesin gəmi təmiri müəssisələrində tətbiqi tövsiyyə olunmuşdur.

Açar sözlər: *gəmi mühərrikləri, silindr oymaqları, sintetik örtüklər, kavitasiya-eroziya dözümlülüyü*

Seriya istehsal olunmuş və tərəfimizdən su ilə soyudulan səthlərinə elastik örtük çəkilmiş təcrübi silindir oymaqlar gəmi daxiliyanma mühərriklərində istismar şəraitlərində müqayisəli sınaqlara uğradılmışdır və nəticələri cədv. 1–6-da verilmişdir. Ümumilikdə işləmə müddəti təxminən 80 min saat (orta hesabla hər mühərrikə ~ 8,8 min saat) olan beş tip dizel mühərrikinin səkkiz gəmidə sınaqları aparılmışdır.

Tədqiq olunan DYM-də təcrübi silindr oymaqlarının “güzgü” səthində yeyilmə sürətinin təxminən 12...22 % azalması qeydə alınmışdır. Mühərriklərdə 4,0...6,0% yanacağa və 8,0% yağın sərfinə qənaət təmin edilmişdir. Təcrübi silindir oymaqlarının su ilə soyudulan səthlərində kavitasiya-eroziya zədələnmə ocaqları tamamilə müşahidə edilməmişdir.

Soyudulan suyun temperaturundan ($T_{s.s.}$) asılı olaraq 8NFD36 markalı orta sürətli 36 dizeldə 288 silindir oymağının yeyilməyə davamlılığının analizi göstərmişdir ki, $T_{s.s.}$ -in müşahidə olunan optimaldan fərqlənən qiyməti, yəni $\Delta T = (T_{s.s.})_{opt} - (T_{s.s.})_1$ təcrübədə 30°C -yə çatır və “güzgü”nün yeyilmə sürətinin 60...80% artmasına gətirib çıxarır.

Ona görə də istilikizoləedici xassələrə malik olan qoruyucu örtüyün optimal qalınlığının hesablanması zamanı lazımdır ki, $\delta_n^{ör}$ qalınlıqda örtük $\Delta T \rightarrow 0$ olmasını təmin etsin, yəni DYM-də işçi prosesin optimallaşdırılmasına kömək etsin.

Cədvəl 1

Sınaq obyektlərinin işləmə müddəti və tipləri

Gəmilər	İşləmə müddəti, saat	DYM-in tipi
Azərbaycan	7600	6NFD-48AU
Naxçıvan	7880	6NFD-48AU
Zəngilan	7900	6NFD-48AU
Zəngəzur	12400	MAN2840LE301
Şuşa	8100	8ÇPN 24/36
Dağıstan	8700	4NFD-24
Bərdə	7850	4Ç 10,5/11
Koroğlu	9700	4Ç 10,5/11

Cədvəl 2

4NFD-24 mühərrikində oymaqların sınaqları (dizel yanacağı)

Silindr oymaqları	Yanacaq sərfi, kq/saat		Oymaqların yeyilməsi, mkm/1000 saat	
	Yüklənmə		1-ci həlqə səviyyəsində	2-ci həlqə səviyyəsində
	65%	27%		
Seriyalı	13,2	7,6	20,9	13,8
Örtüklü	12,3	7,3	16,6	10,2
Azalma, %	4,8	7,8	18,6	28,2

Cədvəl 3

2Ç 10,5/13 mühərrikinin sınaqları (dizel yanacağı + mazut)

Yüklənmə %	Seriyalı oymaqlar		Örtüklü oymaqlar		Sərfin azalması	
	q/elc.s	q/elc.s	q/elc.s	q/elc.s	yanacaq, %	yağ, %
100	215	48,4	207	43,6	3,7	10
75	216	40,0	209	36,5	3,2	8,8
50	290	39,1	205	35,2	6,8	7,2
25	390	43,5	359	40,3	8,0	7,4

Cədvəl 4

“Zəngəzur” gəmisində MAN2840LE301 mühərriklərinin işləmə müddəti (2010 – 2013 – cü illər)

Aylar üzrə	2010		2011		2012		2013		Cəmi	
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Yanvar	288	286	239	351	298	302	171	294	996	1233
Fevral	273	222	63	233	192	184	211	301	739	940

Mart	286	285	441	332	270	260	240	220	1237	1097
Aprel	279	298	355	268	280	320	282	290	1196	1176
May	296	252	296	206	275	252	418	206	1285	916
Iyun	277	286	183	359	240	257	387	214	1087	1116
Iyul	275	259	288	272	262	248	362	300	1187	1079
Avqust	335	136	249	246	278	292	362	300	1224	974
Sentyabr	272	276	302	308	308	260	317	250	1199	1094
Oktyabr	272	276	291	292	294	305	200	336	1057	1209
Noyabr	236	353	309	246	204	268	-	-	749	867
Dekabr	239	351	191	256	165	317	-	-	595	924
	3328	3280	3207	3369	3066	3265	2950	2711	12551	12625

Cədvəl 5

3D6N mühərrikində oymaqların sınaqları (dizel yanacağı; 0,2% S)

Oymağın yuxarı kənarından məsafəsi, mm	“Güzgü”nün 1000 saat ərzində yeyilməsi, mkm		Örtüyün hesabına yeyilmənin azalması, %
	Seriyalı oymaq	Təcrübi oymaq	
15	45,6	37,6	17,7
25	35,6	31,8	11,0
85	31,2	29,3	16,3
105	24,2	22,4	7,1

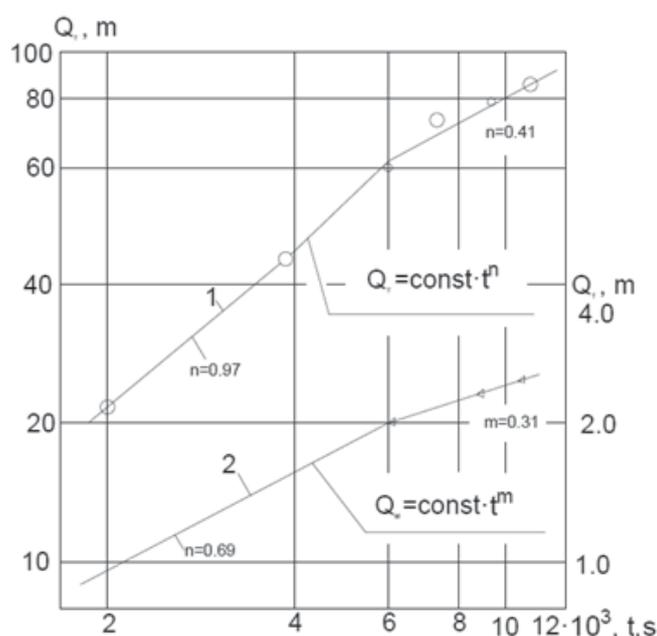
Aydındır ki, ΔT -nin yüksək qiymətlərinə malik DYM-lər üçün oymaqların səthlərində eroziyaya dözümlü istilik izolyasiyaedici örtüklərin istifadəsinin məqsəduyğunluğu xeyli dərəcədə artır [4].

Kavitasiya eroziyası və korroziyadan soyudulan səthlərin qorunması üçün sintetik örtüklərin istifadəsinin səmərəliliyini müəyyənləşdirmək üçün seriyalı və təcrübi örtüklü silindr oymaqlarının 6NFD48U dizelində stend sınaqları aparılmışdır.

Stenddə müqayisəli sınaqlar göstərmişdir ki, örtüklü oymaqla mühərrik daha yüksək xarakteristikalara malikdir: işçi proses yaxşılaşır, yanacağın tam yanması yüksəlir, silindr – piston qrupu detallarının yağlanma şəraiti yaxşılaşır, oymağın yeyilməsi azalır, habelə sürtgü yağı və yanacağın sərfi orta hesabla 5% azalır [3].

Sintetik örtük çəkilməmiş təcrübi silindr oymaqlarının stend sınaqlarının müsbət nəticələri əsasında təklif olunan texnoloji prosesin tətbiqi obyektində Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinin “Dağıstan” teploxodunda 6NFD48A baş mühərriki seçilmişdir.

Sintetik örtüklər çəkilmiş oymaqlarla mühərriklərin istismarı prosesində işin səmərəliliyinin müşahidələri aparılmışdır. 6NFD48A mühərriklərində yanacaq və yağın sərfi üzrə sistemləşdirilmiş məlumatlar cədv. 6 və şəkl. 1-də təqdim olunmuşdur.



Şəkil 1. Örtük çəkilmiş silindr oymaqlarının 6NFD48A mühərrikində istismarı prosesində qənaət edilmiş yanacaqın (1) və yağın (2) miqdarının dəyişməsi

Cədvəl 6

“Dağıstan” teploxodunda iki 6NFD48A mühərrikinin yanacaq və yağ sərfi

Gediş vaxtı, saat	Yanacaq sərfi, t		Yanacaq qənaət		Yağın sərfi, t		Yağ qənaət		Qeyd
	norma üzrə	faktiki	t	%	norma üzrə	faktiki	t	%	
1614	231,9	237,9	–	–	–	–	–	–	seriyalı oymaqlar
2055	321,6	299,4	22,2	6,9	8,39	7,38	1,02	12,1	qoruyucu sintetik örtüklü oymaqlar
3985	621,1	578,5	42,6	7,3	16,09	114,84	1,35	9,15	
6122	956,8	894,5	62,3	7,0	24,55	22,67	2,0	8,8	
7172	1122,4	1056,4	66,0	6,15	29,36	27,3	2,17	8,0	
9311	1453,4	1376,3	77,1	5,6	37,03	34,85	2,3	6,6	
11170	1726,9	1643,8	83,1	5,1	44,13	41,79	2,46	5,9	

Cəd. 6-dan görünür ki, 1614 saat ərzində seriyalı oymaqlarla mühərriklərin istismarı zamanı yanacağın faktiki sərfi normativi 6 ton aşmışdır. 11170 saat ərzində möhkəmləndirilmiş oymaqlarla mühərriklərin sonrakı istismarında 5% yanacaq və 6,0% yağ qənaət edilmişdir ki, bu işə iki baş mühərrikə müvafiq olaraq 83,1 və 2,46 t təşkil edir.

Yanacaq və yağın sərfi üzrə məlumatların emalı nəticəsində (şək. 1) müəyyən olunmuşdur ki, örtüklü oymaqların 600 saat istismarından sonra yanacağın (1 əyrisi) və yağın (2 əyrisi) qənaət tempi orta hesabla 2,0 dəfə azalmışdır.

Bu zaman yanacaq və yağın qənaət tempi A və B sınıma nöqtələrində 1 və 2 əyrilərinin maillik bucağının dəyişməsinə və ya aşağıdakı tənliklərdə Q_T və Q_M -in qüvvət göstəricilərinə görə təyin olunmuşdur:

$$\left. \begin{aligned} Q_T &= \text{const}_1 t^n (n = 0,97...0,41); \\ Q_M &= \text{const}_2 t^m (n = 0,69...0,31), \end{aligned} \right\}$$

burada Q_T və Q_M – müvafiq olaraq yanacaq və yağın qənaət olunmuş miqdarı; const_1 və const_2 – mühərriklərin istismar şəraitlərindən asılı olan sabitlər; t – istismar müddətidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, şək.1-də 1 və 2 əyrilərinin A və B nöqtələrində sınımasını baş mühərriklərin iş şəraitlərinin şərtləşməsi və buna müvafiq silindr-piston qrupu detallarının yeyilmələrinin artması ilə əlaqələndirmək olar. Buna baxmayaraq, örtüklü oymaqların “güzgü”sünün yeyilməsi seriyalı çuqun oymaqların yeyilməsi ilə müqayisədə 27% azalmışdır [5].

Yanacaq-sürtgü materiallarına qənaətdən savayı, örtük çəkilmiş oymaqlarla dizellərin istismarının ikinci müsbət nəticəsi sintetik örtüklərin yüksək ömür uzunluğuna malik olmasıdır.

Oymağın qaynar divarı və 80°C temperaturadək qızmış soyuducu su ilə kontaktda ağır iş şəraitinə baxmayaraq, örtüklü oymaqlar 11 min saat istismardan sonra kavitasiya-eroziya dağılmaları, qopmalar, laylanmalar, ovulma və digər zədələrin əhəmiyyətli izlərinə malik olmamışdır. Lakin örtüyün dartılmada möhkəmlik həddi və zərbə özlülüyünün təxminən 6% azalması müşahidə edilmişdir (şək. 2).

Müəyyən olunmuşdur ki, oymağın xarici səthinə sarınmış sintetik zolağın laylarının sayının artması və buna müvafiq olaraq $\delta_{\text{ör}}$ -nin artması ilə örtüyün möhkəmliyi, o cümlədən dartılmada möhkəmlik həddi artır (şək. 2, 2 əyrisi):

$$\sigma_b = 42\delta_{\text{ör}}^{0,36} \quad (1)$$

Təyin olunmuşdur ki, laylarının sayı 4... 5-i aşdıqda örtüyün möhkəmliyi və zərbə özlülüyü cüzi dəyişir (şək. 2). Ona görə də buna uyğun gələn örtüyün qalınlığı (1,5... 2,0 mm) stekloplastikin daha böyük möhkəmliyinin təmin edilməsi baxımından optimal qalınlıq hesab edilə bilər.

Şək. 2-də örtüklərin möhkəmlik əyrilərinin (1–3) eksponentlərilə ifadə olunan (şək. 2, 5 xətti) müxtəlif qalınlıqlı analogi örtüklərlə poladdan nümunələrin asılılıqları ilə müqayisə etdikdə

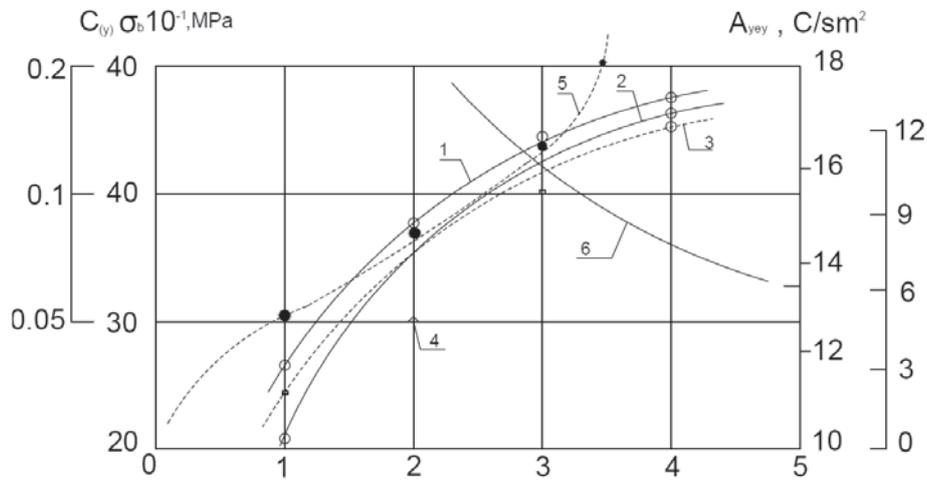
$$\Delta G = 3,1 \exp(1,15\delta_{\text{ör}}) \quad (2)$$

sintetik örtük laylarının optimal sayını təyin etməyə imkan verir. $\sigma_b = 42 \cdot 10^{-1}$ MPa və $\delta_{\text{ör}} = 1,15$ mm olduqda, layların kavitasiya-eroziya dözümlüyünü təmin edən optimal sayı $n=3$ olur.

Nəhayət, istilik hesabı ilə müəyyən edilən, $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ olduqda 6NFD48A mühərriki silindr oymağının örtüyünün qalınlığının dəyişmə xarakterini təyin edən ifadə aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$h = 8h_k \delta_o^{0,56} \text{ və } C(y) = \frac{0,125}{\delta_o^{0,56}}, \quad (3)$$

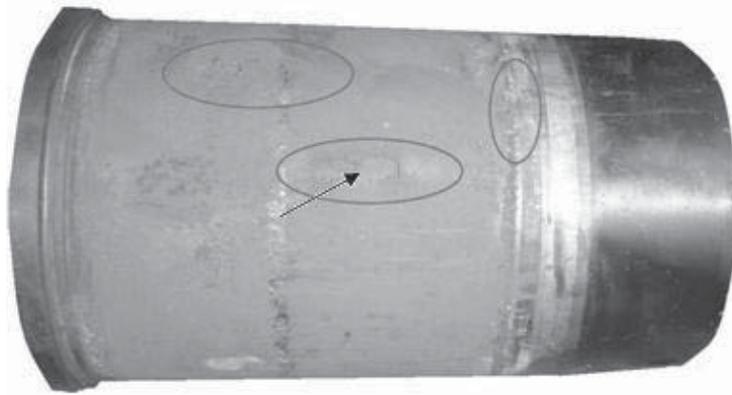
burada: h – oymağın hündürlüyü üzrə örtüyün konkret qalınlığının yerləşməsi; h_k – piston YÖN-də yerləşdiyi zaman oymağın yuxarı kənarından pistonun dibinin yan kənarınadək olan məsafə; $C(y)=V_z/V_y$; V_z – pistonun YÖN vəziyyətində yanma kamerasının həcmi; V_y – pistonun yuxarı ölü nöqtəsindən aşağı ölü nöqtəsinə hərəkəti zamanı silindrin dəyişən həcmidir.



Şəkil 2. Dəyişən möhkəmlik həddinin (1 və 2) və zərbəli əyilmədə örtüyün dağılma işinin (3 və 4) sarınma laylarının sayından asılılığı:

1 və 3 – örtük ilkin vəziyyətdə; 2 və 4 – dörd naviqasiya müddətində NFD48A dizelinin istismarından sonra;

5 – MCB-də sınaqlar zamanı $\Delta G(\delta_{or})$ asılılığı; 6– (3) üzrə qurulmuş $C(y)$ -nun δ_{or} -dən asılılığı



Şəkil 3. Beş naviqasiya istismardan sonra NFD48A mühərrikinin təcrübə oymağının görünüşü: a – örtük altında səthin vəziyyətini analiz etmək üçün kiçik bir sahədən örtük qaşınmışdır

Qeyd etmək lazımdır ki, hər bir konkret halda qoruyucu örtüyün optimal qalınlığı örtüyə möhkəmlik, yeyilməyə davamlılıq və istilik izolyasiyası üzrə tələbləri nəzərə almaqla (1 – 3) tənliklər sistemini δ_o -yə nəzərən həll etməklə təyin edilir.

6NFD48A dizelində 7800 saat işləmiş mühərrikin örtüklü oymağı şəkl. 3-də göstərilmişdir. Oymağın səthində oxla bir kiçik sahə göstərilmişdir, burada oymağın səthindən metallik səthin vəziyyətini qiymətləndirmək üçün sintetik örtük qaşınmışdır.

Müəyyən olunmuşdur ki, örtük altında metal heç bir zədələnmələrə məruz qalmır və tamamilə örtük çəkilməzdən əvvəlki oymağın səthinin ilkin görkəmini qoruyub saxlayır.

“Zəngəzur”, “Dağıstan” və “Koroğlu” teploxodlarında işləyən dizellərdə oymaqların səthinə örtükçəkmə texnologiyasının tətbiqinin nəticələri göstərmişdir ki, sintetik örtüklər NFD48 tipli mühərriklərin silindr oymaqlarının kavitasiya-eroziya səbəbindən 12...15 min saatdan sonra sıradan çıxmasını istisna edir və oymaqların normativlə müəyyən edilmiş 30 min saat müddətində “güzgü”sünün yeyilmə həddinədək istismarını təmin edir [1].

Beləliklə, şüşə-polimer əsasında qoruyucu örtüyün tərkibi və onun yüksək və orta sürətli DYM SO soyudulan səthlərinə çəkilməsi texnologiyası işlənmişdir. Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyində təcrübi oymaqlar qoyulmuş mühərriklərin uzunmüddətli istismarı nəticəsində təcrübi olaraq üç məsələ həll edilmişdir: oymaqların kavitasiya-eroziya zədələnmələri aradan qaldırılmışdır; SO-da “güzgü”nün yeyilmə sürəti 25...30% azalmışdır; yanacaq və sürtgü materiallarının sərfi 5...7% azaldılmışdır.

Müəyyən edilmişdir ki, sintetik örtüklərin tətbiqindən iqtisadi səmərə hesablanarkən aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır: əsaslı təmirədək xidmət müddətinin 2 dəfə artması; səthin yeyilməsinin 30%-dək azalması; mühərrikin f.i.ə. yüksəlməsi, yanacaq sərfinin 5%-ə, yağın sərfinin 6%-dək azalması; təmir işlərinin əməktutumunun azalması.

Ağır istismar şəraitinə baxmayaraq, “Zəngəzur”, “Dağıstan” və “Koroğlu” teploxodlarında 11 min saat istismardan sonra oymaqların örtüklü səthlərində kavitasiya-eroziya dağlımalarının əhəmiyyətli izləri yaranmamışdır.

Nəticə. Beləliklə, oymaqların soyudulan səthlərinə eroziyaya dözümlü örtüklərin çəkilməsi ilə oymaqların möhkəmləndirilməsinin səmərəli texnologiyası işlənmişdir. Bu texnologiya gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrinin təmir sahələrində tətbiq edilmək üçün tövsiyə olunmuşdur.

REFERENCE

1. **Bəşirov R.C., Məmmədov E.D.** Gəmi mühərrikləri silindr və oymaqlarının soyudulan səthlərinin bərpası üsullarının perspektivləri ADDA-nın Elmi əsərləri, 2014, №1, səh. 3 – 7
2. **Pimoshenko A.P., Valishin A.G.** Kompleksnye metody povysheniya nadezhnosti cilindrovyyh vtulok sudovyyh dizelej. - M.: Kolos, 2007. 168 s.
Пимошенко А.П., Валишин А.Г. Комплексные методы повышения надежности цилиндровых втулок судовых дизелей. - М.: Колос, 2007. 168 с.
3. **Matveevskij O.O.** Laboratornye stendy i metody erozionnyh ispytaniy materialov // «Trenie, iznos, smazka». T.10, №3, 2008, с. 20-55.

Матвеевский О.О. Лабораторные стенды и методы эрозионных испытаний материалов // «Трение, износ, смазка». Т.10, №3, 2008, с. 20-55.

4. **Pogodaev L.I., Kuzmin V.N.** Strukturno-energeticheskie modeli nadezhnosti materialov i detalej mashin, SPb.: Akademija transporta RF, 2006. - 608 s.

Погодаев Л.И., Кузьмин В.Н. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин, СПб.: Академия транспорта РФ, 2006. - 608 с.

5. **Leontyev L.B.** Formirovanie parametrov poverhnostnogo sloja chugunnyh detalej plasticheskim deformirovaniem // Metalloobrabotka, №3 (15), 2003. с. 28-31.

Леонтьев Л.Б. Формирование параметров поверхностного слоя чугуновых деталей пластическим деформированием // Metalloobrabotka, №3 (15), 2003. с. 28-31.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ВТУЛОК НА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Э.Д. МАМЕДОВ

Рассмотрены основные результаты эксплуатационных испытаний опытных цилиндрических втулок судовых двигателей внутреннего сгорания. Установлено, что цилиндрические втулки дизелей, упрочненные синтетическими покрытиями на водоохлаждаемых наружных поверхностях, имеют значительно высокую кавитационно-эрозионную стойкость. Наблюдается увеличение срока службы двигателя, уменьшается расход топлива и смазочных масел. Разработанный технологический процесс рекомендован для внедрения на судоремонтных предприятиях Азербайджанского Каспийского Морского Пароходства.

Ключевые слова: судовые двигатели, цилиндрические втулки, синтетические покрытия, кавитационно-эрозионная стойкость.

THE PERFORMANCE TEST RESULTS OF SPECIMEN CYLINDER LINERS IN MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

E.D. MAMMADOV

The main performance test results of the specimen cylinder liners in the marine internal combustion engines (ICE) are examined. It is established that the diesel engine cylinder liners, reinforced with the synthetic coatings on the water-cooled outer surfaces, have a strong cavitation-erosion resistance. Through the experiment we also observe, the increase in the engine operational life, decrease in the fuel and oil consumptions. The technological process is recommended for implementation at shipyards of the Azerbaijan State Caspian Sea Shipping Company.

Key words: marine engines, cylinder liners, synthetic surfaces, cavitation-erosion resistance.

FIRLANMA YAN SƏTHLƏRİNDƏ BURULĞAN ÜSULU İLƏ KƏSİLMİŞ NOVLARIN NAHAMARLIQLARININ KİNEMATİKİ TOPLANANLARININ RİYAZİ MODELƏRİ

U.M. NADİROV

Fırlanma yan səthində burulğan üsulu ilə formalaşdırılan novun istehsal keyfiyyətini səciyyələndirmək üçün texnoloji çıxış parametri, emal olunmuş səthlərin nahamarlıqları tədqiq edilir. Novun xarici və iç səthlərində formalaşan nahamarlıqların kinematik toplananları ilə onun konstruktiv parametrləri və texnoloji amillər arasında analitik asılılıqlar çıxarılır. Alınmış riyazi modellər araşdırılaraq, səth keyfiyyətinə təsir edən amillər müəyyənləşdirilir. İdarə edilməsi texnoloji baxımdan əlverişli olan, səth keyfiyyətini yüksəltmə istiqamətləri göstərilir.

Açar sözlər: *nov, alət, səth, nahamarlıq, veriş, xətti, çevrəvi, kinematik, yan, iç, dib.*

Giriş. Fırlanma yan səthləri üzərində oxu onların oxuna perpendikulyar olan, kiplik novlarının burulğan üsulu ilə emal texnologiyası işlənmişdir. Emal üsulunun bir sıra nəzəri və təcrübə məsələləri tədqiq edilmişdir. Novların bu üsulla formalaşdırılmasını həyata keçirmək üçün əməliyyatın konstruktiv-texnoloji məsələləri araşdırılmış, texnoloji sistem elementlərinin hər birinin ayrılıqda və onların vahid sistemdə parametrlərinin tələb olunan optimal qiymətlərini təmin edən kəsmə prosesi işlənmiş, novun konstruktiv elementlərinin həndəsi əlaqələri nov formalaşdırıcı başlığın-alətin konstruksiyasında əks etdirilmişdir [1, 2]. Novların emal özəllikləri və nov kəsən alətlərin mövcud istismar təcrübəsinə əsaslanaraq fırlanma yan səthində nov formalaşdıracaq alətin konstruksiyası layihələndirilmişdir [3, 4].

Novun konstruksiyasındakı ölçü əlaqələrini imitasiya edən texnoloji və kinematik ölçü əlaqələri əsasında emal sxeminin nəzəri əsasları işlənmişdir. Qəbul edilmiş kəsmə sxemini reallaşdırmaq üçün xətti və çevrəvi verişlər arasındakı analitik əlaqə çıxarılmış və bu əlaqəni təmin edən veriş qurğusunun konstruksiyası işlənmişdir. Bu məqsədlə ilkin variant kimi işlənmiş texnoloji prosesdə alətin şaquli verişinin mexaniki intiqalla təmin edilməsi nəzərə alınmadığından, alətin novun dərinliyi üzrə kəsmə dərinliyinin təmin edilməsində yaranan problem, təklif edilən yeni qurğuda alətin şaquli verişi üçün dəzgahın stolunun şaquli veriş mexanizmindən istifadə ilə həll edilmişdir [1, 2, 5, 6]. Nəticədə texnoloji əməliyyatın cəldliyinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsi təmin edilmişdir.

Texnoloji sistem elementləri arasındakı həndəsi əlaqələr novun konstruktiv elementləri arasındakı həndəsi əlaqələrin təmin edilməsi və əməliyyata qoyulan əlaqələrin əlverişliliyi prinsipi əsasında həll edilmişdir [2,7].

Emal keyfiyyətini səciyyələndirən texnoloji çıxış parametrlərindən biri də səthin keyfiyyəti, o cümlədən onun nahamarlığıdır [8, 9].

Müasir maşınqayırmanın inkişaf tendensiyalarından biri də məmul və onların hissələrinin istehsalı mərhələsində, istehsal keyfiyyətlərini idarə etməklə istismar göstəricilərinin yüksəldilməsidir [3, 10]. Ona görə də novların səth keyfiyyətlərinin idarə edilməsi və yüksəldilməsi onların istismar göstəricilərinin yüksəldilməsinə zəmin yaradır.

Burulğan üsulu ilə kəsilmiş novlar, onların konstruksiyasına qoyulmuş səth keyfiyyəti tələblərini də ödəməlidir. Novun dibində nahamarlığın profilinin orta hesabı $R_a=1,6$ mkm, yan tərəflərində isə $R_a=2,5$ mkm həddində təmin edilməlidir [1]. R_a ilə profil nahamarlığının ən böyük hündürlüyü R_z arasındakı əlaqə isə $R_z=(4\div 5) R_a$ ilə ifadə olunur [9].

Burulğan üsulu ilə nov emalında nahamarlığın kinematikı toplananının formalaşması tədqiq edilmişdir. Onun ox boyu verişdən asılılığının riyazi modeli çıxarılmışdır [5]. Lakin bu zaman çevrəvi verişin nahamarlığa təsiri nəzərə alınmamışdır. O isə həlledici təsirə malik amildir. Çünki, nəzəri hesabatlar göstərir ki, çevrəvi veriş böyük qiymətlər alır.

Odur ki, işlənmiş texnoloji proses, təchizat vasitəsi və ikialətli emalın çıxış parametrlərindən biri olan səth keyfiyyətinin tədqiq edilməsi və işlənmiş texnoloji prosesin qiymətləndirilməsi həm nəzəri, həm də təcrübi əhəmiyyət daşıyır və aktualdır.

İşin məqsədi fırlanma yan səthlərində burulğan üsulu ilə novun ikialətli emalında formalaşdırılan səthlərin nahamarlıqlarının kinematik toplananlarının kəsmə rejimi elementlərindən asılılığının riyazi modellərinin çıxarılması və qiymətləndirilməsidir.

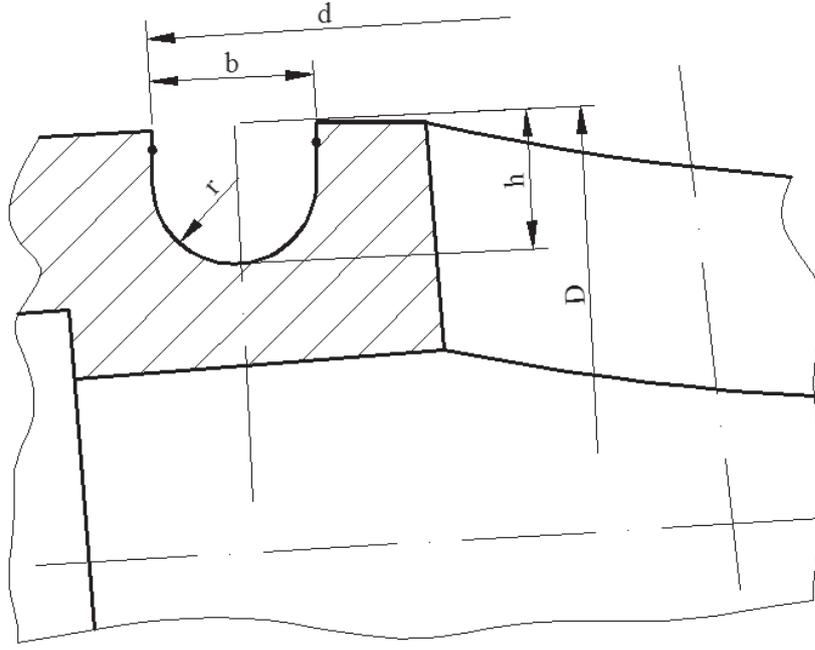
Məsələnin qoyuluşu. Emal olunan səthin nahamarlığı iki növ nahamarlığın toplamıdır [9]:

- emal prosesinin dinamikasından doğan, nahamarlığın kələ-kötürlüyün dəyişən hissəsi, R_{zd} ,

- emal prosesinin kinematikasından doğan, səthin formalaşdırılması mexanizminə xas olan, kələ-kötürlüyün sabit hissəsi, R_{zk} , yəni:

$$R_z=R_{zk}+R_{zd} .$$

Nahamarlıq profilinin hündürlüyünün dinamikı toplananını R_{zd} , texnoloji sistem elementlərinin termiki və elastiki deformasiyalarından törəyən titrəmələr, alətin fırlanma və pəstahın veriş hərəkətlərini təmin edən intiqallardakı yerli kinematik xətlər formalaşdırırlar. Onların nahamarlığın formalaşmasına təsirləri təsadüfi xarakter daşıyır, onları nəzərə almaq və idarə etmək bu gün üçün aktual deyildir.



Şəkil 2. Novun konstruksiyası

Novun dibinin nahamarlığı alətin ucu ilə, formalaşdırıcı tiyənin yastı müstəvi üzərində fırlanma hərəkəti ilə formalaşır.

Novun yan və dib səthlərində profil nahamarlığının formalaşma mexanizmləri fərqli olduğundan, nahamarlıq hündürlüyünün riyazi modeli hər iki səth üçün çıxarılmalıdır.

Novun yan səthinin nahamarlığının kinematiki toplananının riyazi modeli.

Burulğan üsulu ilə nov kəsmədə xarici diametr üzrə formalaşan nahamarlıq daxili diametr üzrə formalaşan nahamarlığa nisbətən yüksək hündürlüyə malik olur. Odur ki, novun xarici çevrəsi üzrə nahamarlıq parametrlinin kinematik toplananını təyin edək (şək. 1).

Tutaq ki, verilmiş kəsmə anında kəsici alət E nöqtəsinə uyğun bölgədə novun formalaşdırılmasını reallaşdırır, kəsmə aparır. İki alətli emalda pəstahın oxu O_1 nöqtəsində yerləşdikdə birinci alətin i saylı gedişi (dövrü) pəstahda a izini buraxır.

Pəstah xətti verişlə yerdəyişmə alır. İkinci alət pəstahda c izini pəstahın S_x xətti yerdəyişməsindən sonra yerinə yetirir: bu zaman pəstahın oxu S_x -ə uyğun olaraq yerdəyişmə alır və yeni O vəziyyətini tutur. Eyni zamanda pəstah çevrəvi veriş S_c qədər dönmür və onun D nöqtəsi emal bölgəsinə düşür. Yəni ikinci alət kəsmə apararkən pəstahın D nöqtəsi E vəziyyətini almış olur. Bu zaman pəstahın oxunun vəziyyəti O_2 nöqtəsi ilə təyin edilir və ikinci alətin gedişi (başlığın 180° - dönməsindən sonra) pəstahda c izini buraxır (şək. 1). Alət başlığının növbəti 180° dönməsindən sonra birinci alət pəstahda növbəti izini buraxır, və s. Beləliklə ikialətli emal aparılırsa, səthdə yaranan nahamarlığın kinematiki hündürlüyü R_{zk} olar.

Nahamarlığın formalaşma mexanizmindən və həndəsi qurmadan aydın olur ki, nahamarlıq çökəklikləri arasındakı məsafə kələ - kötürlüyün addımı $\sim(S_x - S_c)$ olur. S_c –

qövsünün uzunluğu çevrəvi verişə bərabər və buna görə də çox kiçik olduğundan, o, vətərin uzunluğuna bərabər qəbul edilir.

Sxemə əsasən nahamarlığın kinematik hündürlüyü (şək. 1):

$$R_{zk}=AC-BC \quad (1)$$

$$AC=0,5d \quad (2)$$

olar. Burada d - novun kəsmə müstəvisi üzrə diametridir (şək. 2).

BC parçasının uzunluğunu ΔCBO_2 - dən təyin edirik. $\angle BCO_2=90^\circ$ olduğundan:

$$BC = \sqrt{BO_2^2 - CO_2^2}; \quad (3)$$

$$BO_2=AC=0,5d.$$

Nahamarlığın zirvəsinin (təpəsinin) alətin pəstahda cızdığı izlərə nəzərən simmetrik yerləşdiyini nəzərə alaraq xətti və çevrəvi verişlərin formalaşdırdığı ölçü zəncirindən CO_2 - ni təyin edək:

$$CO_2 = 0,5 OO_2 = 0,5(S_x - S_\zeta) \quad (4)$$

alarlıq. Məlumdur ki, xətti və çevrəvi verişlər arasındakı funksional əlaqə

$$S_\zeta = \frac{\pi D S_x \cdot \arcsin \frac{d}{D}}{180 \cdot d} \quad (5)$$

ilə ifadə olunur [1]. Burada D – novun yerləşdiyi fırlanma səthinin diametridir. (4) və (5) ifadələrini (3) də nəzərə alsaq:

$$BC = 0,5 \sqrt{d^2 - \left(S_x - \frac{\pi D S_x \cdot \arcsin \frac{d}{D}}{180 \cdot d} \right)^2} = 0,5 \sqrt{d^2 - S_x^2 \left(1 - \frac{\pi D \cdot \arcsin \frac{d}{D}}{180 \cdot d} \right)^2} \quad (6)$$

alarlıq. (6) və (2) ifadələrini (1) –də nəzərə almaqla novun xarici səthində nahamarlığın hündürlüyünün kinematiki toplananının riyazi modelini alarıq:

$$R_{zk} = 0,5 \left[d - \sqrt{d^2 - S_x^2 \left(1 - \frac{\pi D \cdot \arcsin \frac{d}{D}}{180 \cdot d} \right)^2} \right]. \quad (7)$$

Sonuncu ifadə novun iki alətlə, burulğan üsulu ilə kəsilməsində xarici yan səth nahamarlığının kinematiki hissəsinin riyazi modelini ifadə edir.

Novun iç yan səthinin nahamarlığının kinematik toplananı onun xarici səthinin nahamarlığı ilə eyni zamanda, eni $B = b$ (burada b novun enidir) olan alətin eyni gedişlərində formalaşır. Fərq yalnız xarici və iç yan səthlərin mövqelərində - onların diametr ölçülərindədir. Sonuncu ifadənin çıxarılış metodikasını tətbiq etməklə iç yan səth üçün nahamarlığın kinematik toplananının riyazi modelini alarıq:

$$R_{zkd} = 0,5 \left[(d - 2b) - \sqrt{(d - 2b)^2 - S_x^2 \left(1 - \frac{\pi D \cdot \arcsin \frac{d}{D}}{180 \cdot d} \right)^2} \right]. \quad (8)$$

(7) və (8) ifadələrinin araşdırılması göstərir ki, novun xarici və iç səthlərində formalşan nahamarlıqların kinematiki toplananları novun ölçülərindən, onun yerləşdiyi fırlanma səthinin diametrindən və xətti verişdən asılıdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, xətti veriş həm alətin fırlanma tezliyi və həm də çevrəvi veriş ilə funksional əlaqəyə malikdir. Ona görə də nahamarlığın hündürlüyü həmçinin, alətin fırlanma tezliyi və çevrəvi verişdən asılıdır. Deməli başlıqdakı alətlərin sayını artırmaq və xətti verişi azaltmaqla nahamarlığın hündürlüyünü azaltmaq mümkündür.

Novalrın iki alətlə, yeni konstruksiyalı texnoloji təchizat vasitəsindən istifadə etməklə kəsmə prosesi B. Sərdarov adına maşınqayırma zavodunda, 500 ədəd SK 50x70 markalı kranların istehsalında, onların 1000 ədəd içliklərinin hazırlanmasında istifadə edilmişdir. Kəsici alətin materialı və onun həndəsi parametrləri kəsmə sxeminə və pəstahın materialına əsasən seçilmişdir. Pəstahın materialı BЧ 45-yüksək möhkəmlikli çuqundur. Ona görə də kəsici lövhənin materialı BK8 markalı bərk xəlitə götürülmüşdür. Alətin həndəsi parametrləri isə: qabaq bucaq $\gamma = 0^\circ$; dal bucaq-profil boyunca $\alpha = 6^\circ$; baş plan bucağı $\varphi_1 = 4^\circ$; köməkçi plan bucağı $\varphi_2 = 2^\circ$ qəbul edilmişdir [3,4]. Kəsmə rejimi elementləri: alət başlığının fırlanma tezliyi $n=315 \text{ dəq}^{-1}$, xətti veriş $S_x=0,18 \text{ mm/dövr}$, şaquli veriş isə $S_y = 0,08 \text{ mm/dövr}$ qəbul edilmişdir. İstehsal olunmuş bütün kranların içlikləri fərdi qaydada nəzarətdən keçmiş, onların novlarının nahamarlıqları standart nümunələrlə müqayisə edilmiş, bütün kranlara onların texniki şərtlərində nəzərdə tutulmuş qaydada kiplik sınaqları aparılmışdır. Nəzarət və sınağın nəticələri içliklərin və kranların onlara qoyulan keyfiyyət tələblərini ödədiklərini göstərmişdir.

Nəticələr:

- Burulğan üsulu ilə kəsilmiş novların xarici və iç çevrələri üzrə səthlərinin nahamarlıqlarının kinematik toplananlarının riyazi modelləri uyğun olaraq (3) və (4) asılılıqları ilə ifadə olunurlar.

- Novun yan səthlərinin nahamarlıqlarının ən böyük hündürlükləri onun yerləşmə çevrəsinin diametrindən, alətin fırlanma tezliyindən, başlıqdakı alətlərin sayından və xətti verişin qiymətindən asılıdır.

- Xətti veriş və başlıqdakı alətlərin sayını idarə etməklə novun yan səthlərinin nahamarlıqlarının hündürlüyünü idarə etmək mümkündür.

Şərti işarələr

R_{zd} - nahamarlıq profilinin hündürlüyünün dəyişən - dinamiki hissəsi;

R_{zk} - nahamarlıq profilinin hündürlüyünün sabit - kinematiki hissəsi;

d - novun profilinin simmetriya oxu üzrə əhatə çevrəsinin diametri;

S_x - xətti veriş;

S_y - çevrəvi veriş;

D - novun yerləşdiyi fırlanma səthinin hesabət diametri;

b - novun enidir.

REFERENCE

- 1. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Mamedov K.S.** Razrabotka vihrevogo metoda obrabotki profilej, predusmotrennyh na bokovyh poverhnostah vrashhenija. Vestnik Azerbajdzhanskoj Inzhenernoj Akademii, mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal, Baku, 2013, Tom 5. № 3, 50-56. ISSN 2076-0515.
Расулов Н.М., Надиров У.М., Мамедов К.С. Разработка вихревого метода обработки профилей, предусмотренных на боковых поверхностях вращения. Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, международный научно-технический журнал, Баку, 2013, Том 5. № 3, 50-56. ISSN 2076-0515.
- 2. Nadirov U.M., Məmmədov K.S., Rəsulov N.M.** Fırlanma yan səthlərində yerləşən novların burulğan üsulu ilə emal keyfiyyətinin əsasları. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, 2014, Cild 6, №3 – s. 41-48.
- 3. Spravochnik instrumental'shhika / I.A. Ordinarcev, G.V. Filippov, A.N. Shevchenko i dr.;** Pod obshh. red. I.A. Ordinarceva.- Leningrad. Mashinostroenie. 1987.-846 s.
Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева.- Ленинград. Машиностроение. 1987.-846 с.
- 4. Feldshtejn E.Je., Kornievich M.A.** Metallorezhushhie instrumenty. Spravochnik konstruktora. – Minsk: Novoe znanie, 2009. – 1039 s.
Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Металлорежущие инструменты. Справочник конструктора. – Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с.
- 5. Rasulov N.M.** Tehnologija mashinostroenija (Povyshenie effektivnosti obrabotki slozhnyh poverhnostej vrashhenija). Uchebn. pos. dla vuzov. Baku: Elm, 1997.- 134 s.
Расулов Н.М. Технология машиностроения (Повышение эффективности обработки сложных поверхностей вращения). Учебн. пос. для вузов. Баку: Элм, 1997.- 134 с.
- 6. Rasulov N.M., Mamedov K.S., Eljazov I.Sh.** Kachestvo formirovanija kanavok, narezannyh na bokovoj poverhnosti vrashhenija. Materialy 44-j nauchno-tehnicheskoy i metodicheskoy konferencii, Baku: AzTU, 1996. s.79-81
Расулов Н.М., Мамедов К.С., Элязов И.Ш. Качество формирования канавок, нарезанных на боковой поверхности вращения. Материалы 44-й научно-технической и методической конференции, Баку: АзТУ, 1996. с.79-81
- 7. Rasulov N.M.** Upravlenie tehnologicheskimi razmernymi svyazjami i effektivnost obrabotki detalej mashin. M.: Tehnika mashinostroenie, 2003, №3 – s. 18-22.
Расулов Н.М. Управление технологическими размерными связями и эффективность обработки деталей машин. М.: Техника машиностроение, 2003, №3 – с. 18-22.
- 8. Bazrov B.M.** Osnovy tehnologii mashinostroenija / B.M. Bazrov - M.:Mashinostroenie, 2005,- 736 s. ISBN: 5-217-03255-3
Базров Б.М. Основы технологии машиностроения / Б.М. Базров - М.:Машиностроение, 2005,- 736 с. ISBN: 5-217-03255-3
- 9. Spravochnik tehnologa mashinostroitela. V 2-h tomah. /Pod red. A.M. Dalskogo, A.G. Kosilovoj, R.K. Meshherjakova i dr., M.: Mashinostroenie, 2003, 912 s., 944 s. ISBN: 5-217-03083-5.**

Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. /Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др., М.: Машиностроение, 2003, 912 с., 944 с. ISBN: 5-217-03083-5.

10. **Rasulov N.M.** Upravljenje kachestvom izdelija v processe ego izgotovljenija. Vestnik mashinostroenija, 2013, № 2, s. 83-86. ISSN 0042-4633.

Расулов Н.М. Управление качеством изделия в процессе его изготовления. Вестник машиностроения, 2013, № 2, с. 83-86. ISSN 0042-4633.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НЕРОВНОСТЕЙ КАНАВОК, НАРЕЗАННЫХ ВИХРЕВЫМ МЕТОДОМ НА БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ

У.М. НАДИРОВ

Для оценки качества сформированных вихревым методом канавок на боковых поверхностях вращения исследуется выходной параметр технологического процесса - неравномерность обработанной поверхности. Выводятся аналитические зависимости между кинематическими составляющими неровностей сформированных внешних и внутренних поверхностей канавки с его конструктивными параметрами и технологическими факторами. Приведен анализ полученных математических моделей и выявлены факторы, влияющие на качество поверхности. Показаны направления повышения качества поверхностей канавки, управления которыми являются технологичными.

Ключевые слова: канавка, инструмент, неровность, подача, линейная, окружная, кинематическая, боковая, внутренняя, дно.

MATHEMATICAL MODELS OF THE KINEMATIC COMPOSITES OF ROUGHNESS GROOVES CUT BY THE VORTEX METHOD ON THE SIDE SURFACES OF REVOLUTION

U.M. NADIROV

The external parameter of the technological process, the roughness of treated surface, is investigated to assess the qualities of grooves formed by the vortex method of side facets of rotation. The analytical dependencies are derived between the kinematic composites of roughness formed by the external and internal groove surfaces with their constructive parameters, and technological factors. The mathematical model analysis demonstrates the factors affecting the surface quality. The article also provides with the directions on the groove surface quality improvement, and the technological management.

Key words: groove, tool, roughness, flow, linear, circle, kinematic, side, internal, bottom.

“28 MAY” NQÇI-NİN “GÜNƏŞLİ” YATAĞINDA TEXNOLOJİ AVADANLIQLAR VƏ NƏQL XƏTLƏRİNDƏ YARANAN KONDENSLƏŞMƏNİN SƏBƏBLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI

A.S. QULİYEV, Ə.N. QURBANOV

“Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı platformalarda qazların yığılması və hazırlanması qurğularının texnoloji sxemləri araşdırılmış və onların iş rejimləri təhlil edilmişdir. Aparılmış araşdırmalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, qaz kondensat quyularının çıxış xətlərində quraşdırılmış ştuserlərdən sonra yüksək təzyiqli boru kəmərlərinin xarici səthlərində şəh damcıları əmələ gəlir. Bu vəziyyət təzyiqlər fərqi çox olan xətlərdə daha intensiv şəkildə baş verir.

Hesabatda həmçinin boruların səthində yaranan tərləmələrin qarşısını almaq üçün izolyasiyaedici örtük təklif olunmuşdur. Bu örtüyün laboratoriya şəraitində təcrübələrinin aparılması üçün laboratoriya qurğusunun sxemi və aparılan ilkin təcrübələrin nəticələri də verilmişdir.

Acar sözlər: platforma, qazın yığılması, boru kəmərləri, drosselləşmə, kondensləşmə.

“28 May” NQÇI-nin “Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı platformalarda qazın hazırlanması sxemlərinə uyğun olaraq bütün özüllərdə quyulardan hasil olan qazın təzyiqi quyuların ağzında quraşdırılmış ştuserlər vasitəsi ilə separasiya təzyiqinə qədər azaldılır. “Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı platformalarda qazların yığılması və hazırlanması qurğularının texnoloji sxemləri araşdırılmış və onların iş rejimləri təhlil edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, qaz kondensat quyularının çıxış xətlərində quraşdırılmış ştuserlərdən sonra yüksək təzyiqli boru kəmərlərinin xarici səthlərində şəh damcıları əmələ gəlir. Bu vəziyyət təzyiqlər fərqi çox olan xətlərdə daha intensiv şəkildə baş verir. Bu halın yaranmasına səbəb təzyiqlər fərqi hesabına Coul-Tomson effektinə uyğun olaraq temperaturun kəskin azaldılması və beləliklə, borunun temperaturu ilə ətraf mühitin temperaturu arasındakı fərqi hesabına havanın tərkibində olan su buxarlarının kondensləşməsidir [1-2].

Aparılan termodinamiki hesabatlar göstərmişdir ki, müxtəlif quyuların xətlərində müxtəlif miqdarda soyuqluq alınır. Ona görə qazın yığılması, hazırlanması və nəqli sistemlərində qazın temperaturu ilə ətraf mühitin temperaturu arasında kəskin fərq yaranır. Yaranan bu temperatur fərqinə görə boruların ətrafında havanın tərkibində olan nəmliyin kondensləşməsi baş verir və beləliklə, boruların və avadanlıqların metal səthlərində şəh damcılar yaranır. Bu proses ətraf mühitin temperaturundan və nəmliyindən asılı olduğu üçün mövsümdən asılı olaraq özünü müxtəlif dərəcədə göstərir.

Kondensləşmə prosesi zamanı boruların, avadanlıqların xarici səthlərində həddən artıq kondensləşmiş su axınları müşahidə alınır. Həmin su axınları ətraf mühitin təsiri altında avadanlıqlarda əsasən elektrokimyəvi korroziyanın getməsinə şərait yaradır. Özüllərdə kondensləşmə nəticəsində yaranan su təbəqəsi təkcə boru kəmərlərinin, texnoloji avadanlıqların deyil, ümumiyyətlə özüllərin bütün metal konstruksiyalarının korroziyaya uğramasına səbəb olur. Eyni zamanda kondensləşmə nəticəsində metal səthlərindən axan su özüllərdə normal iş şəraitini və texniki təhlükəsizlik qaydalarını pozur [3].

Ona görə Dərin Dəniz özüllərində qaz xətlərinin və avadanlıqların xarici səthlərində yaranan kondensləşmə qarşısının alınması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

“28 May” NQÇİ-nin “Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı platformaların bir neçəsində qazın yığılması və hazırlanması qurğularının texnoloji sxemləri araşdırılmış, onların iş rejimləri təhlil edilmişdir.

“Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı 13 ədəd dərin dəniz özülləri istismar edilir. Boruların və texnoloji avadanlıqların xarici səthlərində kondensləşmə prosesi əsas etibarlı ilə bu özüllərdə baş verir.

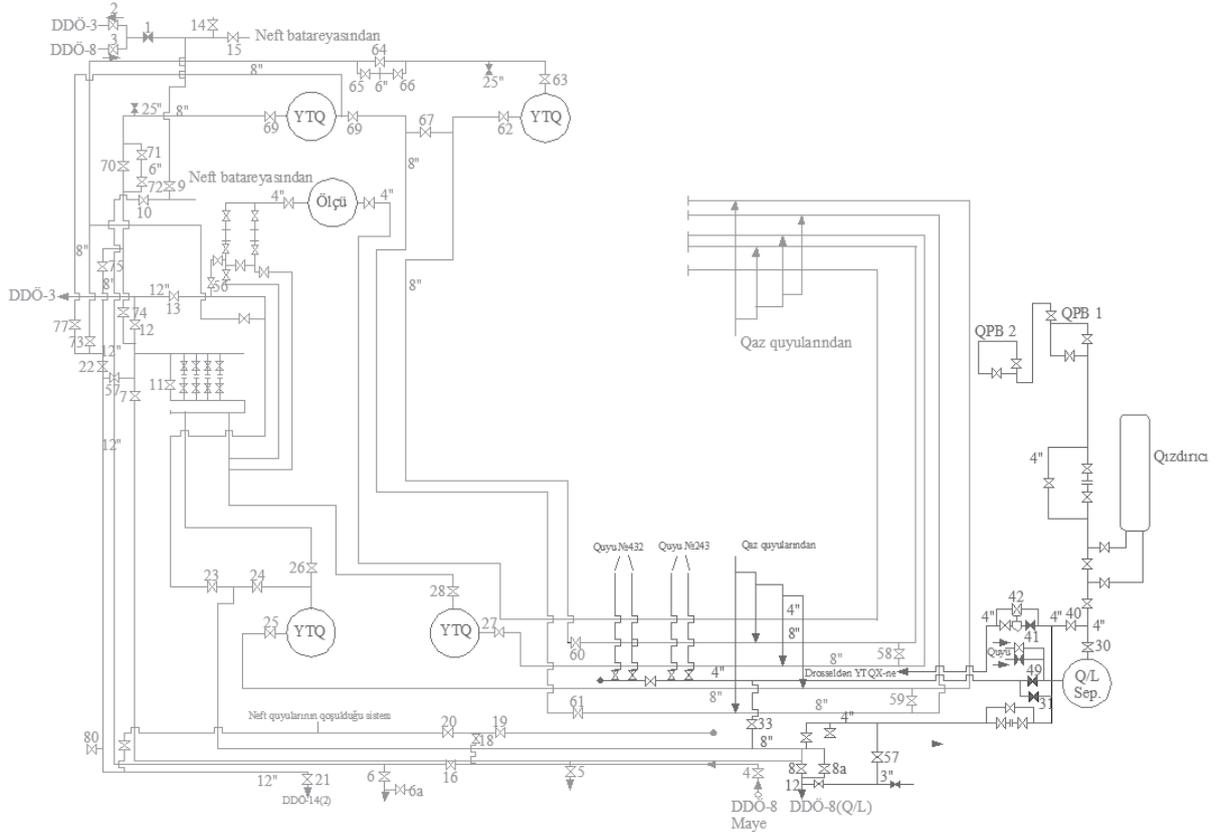
Yüksək təzyiqli qazların yığıldığı özüllərdə avadanlıqların xarici səthlərində kondensləşmənin səbəblərini müəyyən etmək üçün həmin özüllərin bir neçəsində qazın yığılması və hazırlanması qurğularının texnoloji sxemləri tərəfimizdən araşdırılmışdır [4-5].

13 sayılı özüldə 10 ədəd qaz quyusu istismar olunur. Bu quyularda quyuağzı təzyiq $8,0 \div 15,5$ MPa təşkil edir. Qeyd etmək lazımdır ki, quyuya məhsullarının temperaturunu ölçmək üçün “quyu-kollektor” sistemində heç bir yerdə imkan və şərait yoxdur. Ona görə həmin sistemdə qazın temperaturu haqqında məlumat yoxdur.

Bu özüldə qazın yığılması və hazırlanması prosesinin prinsipial texnoloji sxemi şəkil 1-də göstərilib.

Şəkildən göründüyü kimi, quyulardan hasil olan qaz, quyuağzında ardıcıl olaraq birləşdirilmiş üç ədəd ştuserlərdən keçir. Bu ştuserlərdə pilləli drosselləşdirmə əməliyyatı nəticəsində qazın təzyiqi tədricən 6,0 MPa-ya qədər azaldılır. Ştuserlərdən keçən qaz, separatorlara daxil olur. 13 sayılı özüldə ardıcıl olaraq birləşdirilmiş 4 ədəd

separator istismar olunur. Separatorlardan çıxan qaz ümumi kollektora yığılır, oradan isə 12" boru kəməri ilə 14 saylı özülə ötürülür. Sistemdə hidrat əmələ gəlmənin qarşısını almaq üçün birinci pillə ştuserdən sonra qaz xəttinə metanol vurulur.



Şək. 1. 13 saylı özüldə qazın yığılması, hazırlanması və nəqlinin texnoloji sxemi

Bu özüldə iki pilləli separasiya sistemi fəaliyyət göstərir. Birinci pillədə 4, ikinci pillədə isə 5 ədəd separator quraşdırılmışdır.

Separatorlarda maye fazadan azad olunan qaz, nəql sistemində ötürülür. Özüldə proseslərə avtomatlaşdırılmış kompyuter sistemi vasitəsi ilə nəzarət edilir.

11 saylı özüldə 4 yüksək təzyiqli qaz quyusu istismar olunur. Bu quyularda quyuağzı təzyiq maksimum 15,6 MPa təşkil edir.

Quyulardan hasil olan qaz quyusu ağzında ardıcıl olaraq quraşdırılmış ştuserdən keçərək təzyiqi 6,0 ÷ 6,5 MPa-ya qədər azaldılır və separasiya sistemində daxil olur. Separatorlar ardıcıl olaraq birləşdirilmişdir. Sistemdə hidrat əmələ gəlmənin qarşısını almaq üçün birinci pillə ştuserdən sonra qaz xəttinə metanol vurulur. Separatorlarda maye fazadan ayrılmış qaz, nəql sistemində ötürülür.

Qazın yığılması və hazırlanması sxemlərindən görüldüyü kimi, bütün özüllərdə quyulardan hasil olan qazın təzyiqi quyusu ağzında quraşdırılmış ştuserlər vasitəsi ilə separasiya təzyiqinə qədər azaldılır. Yəni, qazın droselləşməsi prosesi gedir. Bu vaxt

yaranan təzyiqlər fərqi hesabına qazın temperaturu azalır. Qaz kəmərləri üçün xarakterik olan təzyiq və temperaturda droselləşmə bir qayda olaraq qazın soyuması ilə müşahidə olunur. Qazın boru kəmərinə hərəkəti zamanı Coul-Tomson effekti hesabına temperaturun aşağı düşməsi maddələrin quruluşlarının molekulyar-kinetik nəzəriyyəsi ilə izah olunur. Bu nəzəriyyəyə görə Coul-Tomson effekti qazda molekullararası qarşılıqlı təsir qüvvələrinin mövcudluğun sübut edir. Droselləşmə prosesi energetik baxımdan təcrid olunmuş (adiabatik) hesab olunduğu üçün qazın daxili enerjisi dəyişməz qalır. Qazın daxili enerjisi molekulların kinetik hərəkət enerjisi və onların qarşılıqlı təsirini müəyyən edən potensial enerjiden ibarətdir. Boru kəmərinə hərəkət edən qaz, təzyiq düşdüyü üçün genişləndiyindən qaz molekulları arasında məsafə çoxalır və nəticədə onlar arasında qarşılıqlı cəzb etmənin potensial enerjisi artır. Bu zaman daxili enerji sabit qaldığından potensial enerjinin artması kinetik enerjinin, yəni qazın temperaturunun azalması ilə müşahidə olunur. Droselləşmə zamanı qazın temperaturunun azalması effekti Coul-Tomson əmsalı, $\mu_i = \frac{\Delta T}{\Delta P}$ ilə xarakterizə edilir. Bu proses kənardan istilik mübadiləsi olmadan daimi təzyiq düşgüsünün təsiri altında baş verir.

Əgər $\frac{\Delta T}{\Delta P} > 0$ olarsa, onda droseldən sonra qazın temperaturu (T_2) droseldən əvvəlki temperaturdan (T_1) kiçik olacaq $T_2 < T_1$, yəni qazın soyuması baş verəcək.

Əgər $\frac{\Delta T}{\Delta P} < 0$

olarsa, onda $T_2 > T_1$ olar, yəni, qazın qızması baş verəcək.

Əgər $\frac{\Delta T}{\Delta P} > 0$ olarsa, onda droseldən sonra qazın temperaturu (T_2) droseldən əvvəlki temperaturdan (T_1) kiçik olacaq $T_2 < T_1$, yəni qazın soyuması baş verəcək.

Əgər $\frac{\Delta T}{\Delta P} < 0$ olarsa, onda $T_2 > T_1$ olar, yəni, qazın qızması baş verəcək.

Ştuserlərdə droselləşmə vaxtı alınan soyuqluğun miqdarı aşağıdakı formula ilə hesablanır:

$$Q_{\text{soy.}} = Q_q \cdot c_q \cdot \mu_i \cdot \Delta P = Q_q \cdot c_q (T_1 - T_2)$$

Burada; Q_q – qazın miqdarı, c_q – qazın istilik tutumu, μ_i – Coul-Tomson effekti, ΔP – təzyiq düşgüsü.

Aparılan hesabatlar və təcrübə sınaq işlərinin nəticələri göstərmişdir ki, təbii qazlar üçün droseldə təzyiqin 0,1 MPa azaldılması hesabına qazın temperaturu $0,28 \div 0,3$ °C azalır. Bu göstəricini nəzərə alaraq “Günəşli” qazkondensat yatağının Dərin Dəniz Özüllərində istismar edilən yüksək təzyiqli quyuların ştuserlərində yaranan təzyiqlər düşgüsü hesabına qazın temperaturunun dəyişməsi (Δt) və bu prosədə alınan soyuqluğun miqdarı tərəfimizdən hesablanmışdır.

Əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi, özüllərdə qazın temperaturunu ölçmək üçün “quyu – kollektor” sistemində imkan və şərait yoxdur və buna görə qazın temperaturu (T_1)

haqqında məlumat da yoxdur. Lakin sistemdə yaranan təzyiqlər fərfinə uyğun olaraq temperatur düşgüsünü və droselləşmə vaxtı alınan soyuqluğun miqdarını hesablamaq üçün ştuserdən əvvəl qazın temperaturu məlum olmalıdır. Ona görə hesabatda müxtəlif özüllərdə ştuserlərdən əvvəl qazın temperaturunu təxminən $t_1=25\div 40$ °C qəbul etmişik.

Hesablamaların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

DDÖ-lərdə ştuserlərdə qazın droselləşməsi vaxtı alınan soyuqluğun miqdarı

DDÖ-nin nömrəsi	Quyunun nömrəsi	Qqaz		ΔP	Temperatur, °C		ΔT	Soyuqluğun miqdarı, Q_s , min kJ saat
		min m ³ gün	min kmol gün		Ştuserdən əvvəl	Ştuserdən sonra		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	112	625	27573,53	84	25	-0,2	25,2	1739581,71
	113	580	25588,24	86		-0,8	25,8	1652768,30
	115	178	7852,94	100		-5	30	589801,04
	116	170	7500,00	77		1,9	23,1	433735,71
	118	37,2	1641,18	80	25	1	24	98609,43
	119	114	5029,41	-22		31,6	-6,6	-83102,30
4	23	125	5514,71	55	25	8,5	16,5	227802,37
5	84	125	5514,71	50	25	10	15	207093,06
	100	202	8911,76	21		18,7	6,3	140558,20
	286	155	6838,24	51		9,7	15,3	261931,30
	295	163	7191,18	27		16,9	8,1	145826,65
6	70	205	9044,12	42	40	27,4	12,6	285291,40
7	155	125	5514,71	35		29,5	10,5	144965,14
8	162	590	26029,41	89	25	-1,7	26,7	1739913,06
9	88	112	4941,18	-7	25	27,1	-2,1	-25977,75
10	61	105	4632,35	-4	25	26,2	-1,2	-13916,65
	184	215	9485,29	54		8,8	16,2	384696,07
	191	258	11382,35	57		7,9	17,1	487281,69
	197	260	11470,59	55		8,5	16,5	473828,92
	200	62	2735,29	32		15,4	9,6	65739,62
11	56	255	11250,00	96	25	-3,8	28,8	811142,10
	58	288	12705,88	62		6,4	18,6	591656,59
12	59	290	12794,12	45		11,5	13,5	432410,31
	78	230	10147,06	20		19	6	152420,49

13	80	115	5073,53	31	25	15,7	9,3	118125,88
	243	486	21441,18	95		-3,5	28,5	1529837,86
	249	370	16323,53	39		13,3	11,7	478136,46
	311	238	10500,00	27		16,9	8,1	212924,80
	312	150	6617,65	52		9,4	15,6	258452,14
	313	222	9794,12	31		15,7	9,3	228034,31
	428	440	19411,76	49		10,3	14,7	714388,22
	430	380	16764,71	87		-1,1	26,1	1095439,45
	432	395	17426,47	47		10,9	14,1	615149,23
	435	225	9926,47	18		19,6	5,4	134196,30
14	22	335	14779,41	95	40	11,5	28,5	1054517,86
	74	435	19191,18	38		28,6	11,4	547719,73
	76	425	18750,00	40		28	12	563293,13
	77	345	15220,59	70		19	21	800207,59
	229	255	11250,00	79		16,3	23,7	667502,35
	252	588	25941,18	94		11,8	28,2	1831431,62
	253	590	26029,41	101		9,7	30,3	1974508,08
	260	99	4367,65	70		19	21	229624,79
	262	233	10279,41	102		9,4	30,6	787483,79
15	265	202	8911,76	63	40	21,1	18,9	421674,61
16	411	170	7500,00	26		32,2	7,8	146456,21
17	412	215	9485,29	38		28,6	11,4	270712,05
18	236	260	11470,59	25	30	22,5	7,5	215376,78
	237	275	12132,35	23		23,1	6,9	209578,18
19	75	495	21838,24	54	25	8,8	16,2	885695,60

Cədvəldən görüldüyü kimi 3 sayılı özüldə 119 sayılı, 9 sayılı özüldə 88 sayılı, 10 sayılı özüldə 61 sayılı quyular istisna olmaqla bütün quyularda ştuserlərdə qazın droselləşməsi zamanı Coul-Tomson effekti yaranır və bunun nəticəsində müxtəlif quyuların xətlərində müxtəlif miqdarda soyuqluq alınır. Ona görə qazın yığılması, hazırlanması və nəqli sistemlərində qazın temperaturu ilə ətraf mühitin temperaturu arasında kəskin fərq yaranır. Yaranan bu temperaturlar fərqi görə boruların ətrafında havanın tərkibində olan nəmliyin kondensləşməsi baş verir və beləliklə, boruların və avadanlıqların metal səthlərində şəh damcıları yaranır. Bu proses ətraf mühitin temperaturundan və nəmliyindən asılı olduğu üçün mövsümdən asılı olaraq özünü müxtəlif dərəcədə göstərir. Məsələn, yaz-yay mövsümündə bu problem özünü daha qabarıq şəkildə göstərir. Payız-qış mövsümündə isə kondensləşmə nisbətən azalır. Kondensləşmə prosesi zamanı boruların, avadanlıqların xarici səthlərində həddən artıq kondensləşmiş su axınları müşahidə olunur. Həmin su axınları ətraf

mühitin təsiri ilə avadanlıqlarda əsasən elektrokimyəvi korroziyanın getməsinə şərait yaradır. Hətta qalınlığı bir neçə milli mikron olan su təbəqəsi də korroziya törədir.

Özüllərdə kondensləşmə nəticəsində yaranan su təbəqəsi təkcə boru kəmərlərinin, texnoloji avadanlıqların deyil, ümumiyyətlə özüllərin bütün metal konstruksiyalarının korroziyaya uğramasına səbəb olur. Eyni zamanda kondensləşmə nəticəsində metal səthlərindən axan su özüllərdə normal iş şəraitini və texniki təhlükəsizlik qaydalarını pozur.

Əgər nəzərə alsaq ki, dərin dəniz özüllərində minlərlə metr boru kəmərləri istismar olunur, onda bu problemin miqyasını və onun yaratdığı çətinlikləri təsəvvür etmək olar.

Minlərlə metr boru kəmərlərinin xarici səthində yaranan şəh damcıları sonda dəniz özüllərinin istismarında böyük problemlər yaradır. Ona görə bu problemin aradan qaldırılması həm iqtisadi, həm də təhlükəsizlik nöqtəyi-nəzərdən böyük əhəmiyyət kəsb edir. Göstərilən problemin aradan qaldırılmasının həlli yollarından iqtisadi cəhətdən səmərəli olan iri metal səthlərin istilik izolyasiya materialları ilə örtülməsidir. Bu məqsədlə laboratoriya şəraitində bir neçə tərkibdə istilik izolyasiya materialları ilə ilkin təcrübələr aparılmışdır.

Təcrübələr aparılarkən 2 əsas variant nəzərə alınmışdır.

I variantda borunu izolyasiya etməzdən əvvəl onun səthi qum şırnağı və ya metal qırmalarla təmizlənir, həlledici ilə silinir və quru səthə izolyasiya materialları çəkilir. Bu məqsədlə aşağıdakı tərkibdə nümunələr hazırlanmışdır:

Tərkib 1.

Epoksid qətranı;
Şüşə parça + epoksid;
Araqatı -1 + epoksid;
Şüşə parça + epoksid.

Tərkib 2.

Epoksid qətranı;
Araqatı -1 + epoksid;
Şüşə parça + epoksid.

Tərkib 3.

Epoksid qətranı;
Şüşə parça + epoksid;

Tərkib 4.

Epoksid qətranı;
Bir tərəfli aliminium
folqalı araqatı.

Bir tərəfli aliminium folqalı araqatı.

II variantda borunun səthində qum şırnağı ilə təmizləmə aparılmır, yalnız mexaniki üsulla borunun səthində olan korroziya məhsulları və boya qalıqları metal fırça ilə təmizlənir və izolyasiya örtüyü yaş səthə çəkilir. Bu halda aşağıdakı tərkibli örtüklər təcrübə sınağından keçirilmişdir:

Tərkib 1.

Plastik kompozisiya;
Şüşə parça + epoksid qətranı;
Plastik kompozisiya;
Araqatı -1 + epoksid qətranı;
Şüşə parça + epoksid qətranı.

Tərkib 3.

Plastik kompozisiya;
Şüşə parça + epoksid qətranı;
araqatı.

Bir tərəfli aliminium folqalı araqatı.

Təcrübələrin aparılması üçün laboratoriya şəraitində təcrübə qurğusu hazırlanmışdır.

Tərkib 2.

Plastik kompozisiya;
Araqatı -1 + epoksid qətranı +
Şüşə parça + epoksid qətranı.

Tərkib 4.

Plastik kompozisiya;
Bir tərəfli aliminium folqalı

Qurğunun sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir.

Təcrübə işləri aşağıdakı metodika ilə aparılmışdır.

Qaz mənbəyindən (1) verilən təbii qaz, sayğac (2) vasitəsi ilə miqdarı qeyd olunduqdan sonra soyudulmaq üçün istilikdəyişdiriciyə (3) verilir. Qazın temperaturun azaltmaq və təcrübə işlərinin mənfəi temperaturlarda aparılması üçün istilikdəyişdirici içərisində “quru” buz olan Düar qabının içərisində yerləşdirilmişdir.

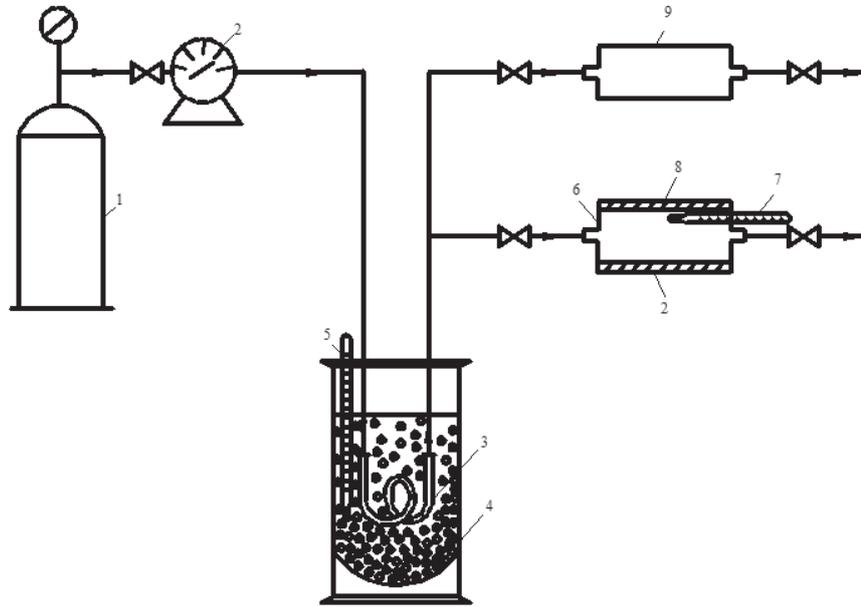
Düar qabında mühitin temperaturun dəyişməklə qazın temperaturu getdikcə azaldılmışdır. Mühitin temperaturu 5 termometri ilə, qazın temperaturu isə 7 termometri vasitəsilə ölçülür.

Təcrübələr əvvəlcə metal borunun (6) üzərinə izolyasiya örtüyü çəkmədən aparılmışdır. Belə ki, metal borunun daxilində qazın temperaturu 25°C-dən tədricən azaldılmağa başlanılmışdır. Qazın temperaturu borunun daxilində 6÷8 °C təşkil etdikdə borunun səthində şəh təbəqəsi əmələ gəlməyə başlamışdır.

Sonra təcrübələr borunun xarici səthinə izolyasiya nümunələri çəkməklə davam etdirilmişdir. Belə ki, əvvəlcə I variant üzrə təklif olunan örtüklər növbə ilə borunun səthinə çəkilmişdir və borunun daxilində qazın temperaturu tədricən mənfə 2÷3 °C-yə qədər azaldılmışdır. Daha sonra II variant üzrə eyni qayda ilə eyni rejimdə təklif olunan nümunələr yoxlanılmışdır. Təcrübələr zamanı boruların səthinə vizual nəzarət edilmişdir, sonra II variant üzrə eyni qayda ilə eyni rejimdə təklif olunan nümunələr yoxlanılmışdır. Təcrübələr zamanı boruların səthinə vizual nəzarət edilmişdir.

Hər iki variantda təklif olunan birinci 3 tərkib (tərkib 1, 2 və 3) üzrə müsbət nəticələr alınmışdır, yəni izolyasiya örtüklərinin üzərində şəh təbəqəsi müşahidə edilməmişdir. Kondensləşmə nəticəsində metal səthlərindən axan su özüllərdə normal iş şəraitini və texniki təhlükəsizlik qaydalarını pozur. Aparılan tədqiqat işlərinin

nəticələri göstərdi ki, qazkondensatın çıxarılması, nəqlə hazırlanması prosesində sistemində çətinliklər yaranır. Bununla yanaşı, yarana biləcək texnoloji risklərin vaxtında qarşısını almaq məqsədilə aşağıdakı tədbirlərin həyata keçirilməsi təklif olunmuşdur.



Şəkil 2. İstilik izolyasiya örtüklərinin sınaqdan keçirilməsi üçün laboratoriya qurğusunun sxemi.

1 – qaz mənbəyi, 2 – qaz sayğacı, 3 – istilik dəyişdirici, 4 – düar qabı, 5, 7 – termometr, 6 – izolyasiya edilmiş metal boru nümunəsi, 8 – izolyasiya örtüyü, 9 – izolyasiya edilməmiş metal boru

Nəticə.. “28 May” NQCI-nin “Günəşli” yatağında yüksək təzyiqli qazların yığıldığı platformalarda qazın yığılması və hazırlanması qurğularında quyru ağzında quraşdırılmış ştuserlərdə qazın təzyiqinin azaldılması hesabına Coul-Tomson effektinə uyğun olaraq qazın temperaturu aşağı düşür.

Qazın boru kəməri ilə hərəkəti zamanı Coul-Tomson effekti hesabına temperaturun aşağı düşməsi maddələrin quruluşlarının molekulyar-kinetik nəzəriyyəsi ilə izah olunur.

Qazın temperaturu ilə ətraf mühitin temperaturu arasında kəskin fərq yaranır və bu fərqə görə boruların ətrafında havanın tərkibində olan nəmliyin kondensləşməsi baş verir və boruların, avadanlıqların xarici səthlərində şəh damcıları yaranır və bu zaman boruların, avadanlıqların xarici səthlərində kondensləşmiş su axınları müşahidə olunur.

Metal səthlərdə yaranan su axınları boru kəmərlərinin, avadanlıqların, ümumiyyətlə özüllərin bütün metal konstruksiyalarının korroziyaya uğramasına səbəb olur.

REFERENCE

1. **Delman O.A.** Teoreticheskie i metodicheskie osnovy issledovaniya innovacionnyh processov v neftepererabatyvajushhem komplekse regionalnoj ekonomicheskoy sistemy. M., izd-vo «Paleotip», 2008, 128 s.
Дельман О.А. Теоретические и методические основы исследования инновационных процессов в нефтеперерабатывающем комплексе региональной экономической системы. М., изд-во «Палеотип», 2008, 128 с.
2. **Mirzəcanzadə A.X., Qurbanov R.S., Əhmədov Z.M.** “Hidravlika”. Maarif, Bakı, 1990, 276 s.
3. **Qurbanov Ə.N., Məmmədov T.M., İskəndərov E.X., Kazımov F.K.** Qazın çıxarılması və nəqlində avadanlıqların eroziyasına nanohissəciklərin təsiri. Azərbaycan Texniki Universiteti Elmi əsərlər №4. 2011. s.53-57.
4. **Qurbanov Ə.N.** Neft qaz yataqlarının təsiri və səmt qazlarının nəqli prosesində texnologiyanın araşdırılması. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. №3. 2012. s.21-27.
5. **Qurbanov Ə.N., İsgəndərov E.X.** Kəmərlərin İstismar etibarlılığına nəql olunan məhsulun təsiri və onun araşdırılması. MAA. Elmi Əsərləri Bakı №1. 2014. s. 98-107.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН КОНДЕНСАЦИИ В ГАЗОВЫХ ЛИНИЯХ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ И В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБОРУДОВАНИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ “ГЮНЯШЛИ” НГДУ “28 МАЯ”

A.S. ГУЛИЕВ, А.Н. ГУРБАНОВ

Проанализирован принцип работы установок на платформах месторождения “Гюнешли” по сбору и подготовке газа с высоким давлением и исследованы их технологические схемы. В результате исследований выявлено, что после штуцеров, смонтированных на выходных линиях газоконденсатных скважин, на наружных поверхностях трубопроводов с высоким давлением образуется роса. В линиях с большим перепадом давления это состояние происходит более интенсивно.

Предложено изолирующее покрытие для предотвращения конденсации поверхностей труб. Для проведения опытов с этим покрытием в лабораторных условиях дана схема лабораторной установки и результаты проведенных первоначальных опытов.

Ключевые слова: платформа, сбор газа, трубопровод, дросселирование, конденсирование.

INVESTIGATION OF CONDENSATION IN THE GAS TRANSPORTATION PIPELINES AND THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AT “GUNESHLI” DEPOSIT (“28 MAY” OGEM)

A.S. QULIYEV, A.N. QURBANOV

The article analysis the operation principles on the gas collection and preparation of gas under the high pressure at “Guneshli” deposit, and their technological schemes. As a result of the studies, it is found that condensation forms in the outer surface of the high-pressure pipelines, right after throttles mounted on the outlets of the gas condensate wells. In the section with the large pressure drop, the condensation is more intense.

As part of research the insulation coating is proposed to prevent further condensation on the external wall of pipeline. The laboratory setup and the initial experimental results are provided as guidance to independently carry out the experiment on coating in the laboratory conditions.

Key words: platform, gas gathering, pipeline, throttle, condensation.

YÜKSƏK AYIRDEDİCİ FOTOÇƏKİLİŞLƏR VASİTƏSİLƏ MƏŞƏLLƏRDƏ YANDIRILAN QAZIN HƏCMİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODU

A.H. ƏLİYEV, Ə.M. HƏSƏNOV, E.Ə. SƏMƏDOV, M.Q. MEHTİYEV

Məqalədə, keçirilmiş analiz və eksperimental tədqiqatların nəticələri əsasında yüksək ayırddedici fotoqrafik təsvirlərin köməyi ilə məşəllərdə yandırılan səmt qazının həcmnin qiymətləndirilməsi üzrə yeni – məsafədən zondlama metodu təklif edilmişdir.

Göstərilmişdir ki, alovun laminar yayılması zamanı qazın həcm sərfiyyatı kiçik xətlərlə alov cəbhəsinin sahəsi, qazın yüksək axın sürətlərində $[(V/U_n)^2 \gg I]$ isə - qaz alovunun uzunluğu ilə xətti asılılıqdadır.

Ekoloji ekspress-monitorinqdə qaz yandırılmalarının həcmələrinin qiymətləndirilməsi üçün kalibrasiya qrafiki və xətti əmsallar təqdim edilmişdir.

Açar sözlər: *neft-qaz sənayesi, səmt qazı, məsafədən zondlama ekoloji monitorinq, təsvirlərin rəqəmsal emalı, məşəldə yandırılma, laminar alov, alov cəbhəsi, alovun yayılma sürəti.*

Giriş. Səmt qazlarının yandırılması neftçıxarma və neft emalı sənayesində infrastrukturun zəif olduğu yerlərdə geniş tətbiq edilir.

Son illər ərzində səmt qazının yandırılma səviyyəsi dünya üzrə stabil olaraq qalır və bəzi qiymətləndirmələrə görə 170 mlrd m³/il təşkil edir.

ABŞ-ın Geodeziya məlumatları üzrə Milli Mərkəzinin (NOAA) qiymətləndirməsinə görə 2008-ci ildə atmosfərə atılmalar 278 mln t CO₂ ekvivalent təşkil etmişdir. Məlum olduğu kimi karbon oksidinin atılmasına nəzarət qlobal iqlim istiləşməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər.

Həmçinin, qeyd etmək lazımdır ki, səmt qazının səmərəli istifadəsi və atılmaların inventarlaşdırılması təbii yanacaq resurslarının qənaətinə və ümumiyyətlə iqlim dəyişmələrinin yumşaldılmasına xidmət edə bilər.

Bununla əlaqədar, son vaxtlarda səmt qazlarının effektiv istifadəsi və qazların atılmalarının qiymətləndirilməsi sahəsində geniş elmi və praktiki işlər aparılır [1].

Əvvəlki tədqiqatlarda [2] gecə məşəllərinin peyk təsvirlərinin səmt qazların yandırılma həcmələrinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə imkanları araşdırılmışdır. Bu məqsədlə ABŞ-ın DMSP yüksək həssaslığa malik olan meteoroloji peyklərdən alınan təsvirlər istifadə edilmişdir. Şəkillərdə məşəllərin identifikasiyası üçün dairələr üzrə Xaf çevirmələri istifadə edilmişdir. Bu zaman məşəllərin işıqsaçma qabiliyyətinin intensivliyi ilə yandırılan qazın həcmi arasında xətti asılılıq aşkar olunmuşdur.

Bəzi hallarda yandırılan qazın həcmının qiymətləndirilməsi üçün yerüstü məsafədən zondlama metodları olduqca faydalı ola bilər. Belə metodlar məşəllərin əlçatmaz yerlərdə yerləşməsi və ya fəvqəladə hallar zamanı ekoloji monitorinqin ekspress-diaqnostikası üçün istifadə edilə bilər.

Təqdim edilmiş məqalədə qaz məşəllərinin yayılma qanunauyğunluqları nəzərdən keçirilib və yüksək ayırdetmə qabiliyyəti olan rəqəmsal çəkilişlərin istifadəsi ilə səmt qazlarının yandırılma həcmələrinin qiymətləndirilməsi üzrə yeni - məsafədən zondlama üsulu təklif edilmişdir.

Yandırılan qazların fotoüsul ilə qiymətləndirilməsi üçün neft emalı zavodlarının, "Azərikimya" İB-nin və Türkmənistanın neft-qaz sənayesinin mövcud məşəllərinin rəqəmsal təsvirləri istifadə edilmişdir.

Qazların yanma prosesinin nəzəri əsasları. Yanma – intensiv enerji ayrılması və ətraf mühitlə istilik-kütlə mübadiləsinin müşayiəti ilə baş verən fiziki-kimyəvi bir prosesdir. Yüksək aktivasiya enerjisinə və istilik effektivinə malik olan hər bir kimyəvi reaksiya yanma rejimində keçə bilər.

Alovun yayılması iki mexanizm ilə həyata keçirilir ki, bunlar da - istilik keçirmə və zəncirvari mexanizmlərdir.

Alovun yayılması üzrə istilik mexanizmi istilik keçirmə hadisəsinə əsaslanır. Belə ki, yanmanın nəticəsində yanma zonasında ayrılan istilik, soyuq maddəyə ötürülür və onun alovlanma temperaturuna yüksəlməsindən sonra o alovlanır və növbəti qaz təbəqəsini yandırır.

Zəncirvari mexanizm zamanı aktiv mərkəzlər reaksiya zonasından yenidən daxil olan maddənin tərkibinə diffuziya edir. Belə ki, alovun ön cəbhəsində aktiv mərkəzlərin (OH, O, H və s. radikalların) konsentrasiyası 10^{15} - 10^{16} cm^{-3} qiymətlərinə çatır ki, bu da cəbhənin temperaturunda olan tarazlıq qiymətlərindən qat-qat yüksəkdir. Bu zaman sərbəst radikallar yenidən daxil olan yanacağın daxilində zəncirvari reaksiyalara üstünlük verir, sərbəst radikalların konsentrasiyası artır və kritik qiymətlərə çatanda daxil olan qaz alovlanır [3,4].

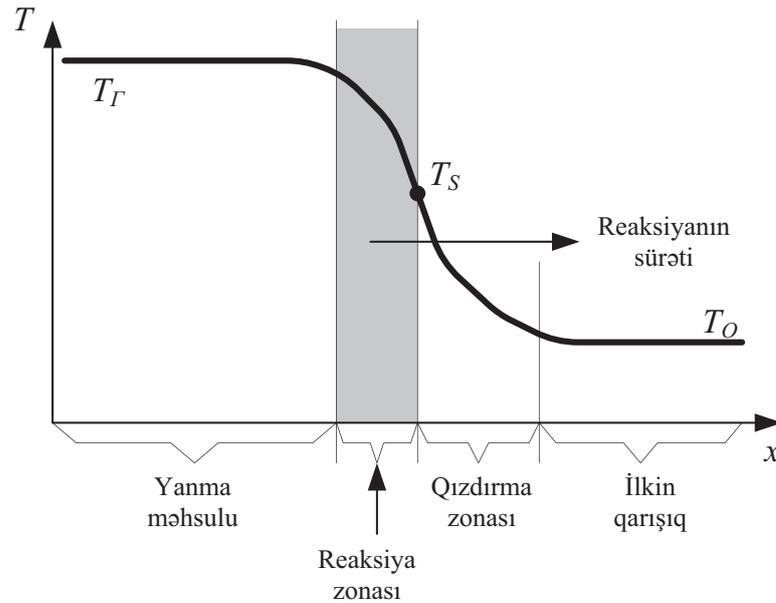
Alovun yayılması üzrə nəzəriyyə Y.B. Zeldoviç və D.A.Frank-Kamenetski [5] tərəfindən istilik ötürmə, diffuziya və kimyəvi kinetika düsturlarının əsasında verilmişdir.

Alovun laminar yayılması zamanı, alov tarazlıq vəziyyətində qalır və konusabənzər təsvir yaradır. Bu zaman aşağıdan yuxarı gedən qaz axını yuxarıdan aşağı hərəkət edən alov cəbhəsinin yayılma sürəti ilə tarazlaşır.

Alov cəbhəsi, qalınlığı 10^{-4} – 10^{-6} m olan nazik qaz təbəqəsindən ibarətdir. Bu təbəqədə kimyəvi yanma reaksiyaları baş verir və bu zonada qazın temperaturu, qazın tərkibindən asılı olaraq 1 500 – 3 000 K intervalında dəyişir. Hesablamalar göstərir ki, yanma cəbhəsində

maddələrin yaşama müddəti olduqca kiçikdir (metan-hava qatışıqı üçün $t = 10^{-3}$ s, oksigen və hidrogen üçün $t = 10^{-7}$ s).

Alov cəbhəsində baş verən kimyəvi reaksiyaların istiliyi həm daxil olan yeni yanacağı qızdırılması üçün alovun yayılma istiqamətində, həm də, eyni vaxtda yandırılan maddələrin tərəfinə ötürülür. Ayrılan yanma istiliyinin bir hissəsi yeni daxil olan yanacağı qızdırılmasında istifadə edilir, bir hissəsi isə istilik ötürmə və şüalanma yolu ilə ətrafa yayılır və məşəl elementlərinin qızdırılmasına sərf olunur.



Şəkil 1. Alov cəbhəsinin sxemi

Alov cəbhəsi daxil olan qaza yaxınlaşdıqca qazın temperaturu T_0 dərəcəsindən alovlanma T_s dərəcəsinə qədər yüksəlir. Qızdırılma zonasının ölçüləri – yandırılan qazın istilik keçirmə qabiliyyətindən və alovun yayılma sürətindən asılıdır. Belə ki, istilik keçirmə əmsalının artması qızdırılma zonasının genişlənməsinə, alovun yayılma sürətinin artması – onun azalmasına gətirib çıxarır.

Reaksiya zonasında yanma temperaturu T_s temperaturundan T_r temperaturuna qədər artır. İstilik keçirmə hadisəsindən başqa reaksiya zonasında reaksiyaya daxil olan maddələrin parsial təzyiqlərinin fərqi ilə əlaqədar diffuziya prosesi baş verir.

Alovun mühüm xarakteristikası – alovun yayılma rejimidir. Əgər alovun cəbhəsi fəzada hərəkət və alov stabildirsə, onda alovun yayılması laminar qaz axını ilə realizə edilir [6].

Qaz tərkibi dəyişməyən laminar axın üçün alov cəbhəsinin vahid səthində zaman keçdikcə maddə kütləsinin eyni miqdarda yanması baş verir və bu proses yanmanın kütlə sürəti ilə (u_m) xarakterizə edilir.

Yanma prosesinin dinamikası alovun normal yayılma sürəti ilə xarakterizə edilir. Belə ki, yanma cəbhəsinin hər bir dS elementi verilən nöqtədə daxil olan yanacağı nisbətən alovun cəbhəsinə görə normal istiqamətdə hərəkət edir:

$$U_n = u_m/\rho \quad (1)$$

Alovun yayılmasının normal sürəti qazın yanma prosesi üçün sabit kəmiyyətdir və prosesin hidrodinamik xarakteristikalarından asılı deyil. Eyni vaxtda laminar alovun yayılma sürəti hər yanan maddə üçün qazın tərkibindən, temperaturundan, nəmliyindən asılıdır.

Birölçülü sistemdə laminar yayılan stasionar alovun normal sürəti istilikkeçirmə və diffuziya üzrə differensial tənlik sisteminin həll edilməsi ilə təyin edilə bilər.

İlk dəfə məşəldə qazların yanma prosesinin kompleks tədqiqi [7]-də verilmişdir. Burada, alovun yayılma sürətinin təyini üzrə dinamik metodun nəzəri əsasları işlənmişdir. Tədqiqatlar nəticəsində kimyəvi kinetika (alovun yayılma sürəti - U_n) ilə hidrodinamik kinetika (yandırılan qazın axın sürəti - V) arasında asılılıq aşağıdakı düstur ilə təyin edilmişdir:

$$L/D = 0,5 \sqrt{[(V/U_n)^2 - 1]}, \quad (2)$$

burada L - kinetik məşəlin uzunluğu, D – isə, odluğun diametridir (şək. 2 a). Düsturdan görüldüyü kimi, $(V/U_n)^2 \gg 1$ olduğu halda:

$$L/D = 0,5 V/U_n, \quad (3)$$

həmçinin, alovun yayılma sürəti eyni olduqda ($U_n = \text{const}$):

$$V = \text{const } L \quad (4)$$

Alovun hərəkətsiz vəziyyəti üçün seçilən koordinat sistemində bu tənliklər aşağıda göstərilmişdir:

1) kəsilməzlik tənliyi

$$\rho U = \rho_a U_n = \text{const} \quad (5)$$

2) hərəkətin miqdarı tənliyi (Eyler tənliyi)

$$u \, dU/dx + (1/\rho) \, dp/dx = 0 \quad (6)$$

3) enerjinin saxlanması tənliyi

$$d/dx[\rho U (U^2/2 + i)] = d/dx(\lambda \, dT/dx) + W, \quad (7)$$

burada λ - istilikkeçirmə əmsalı, W - enerji mənbəyindən zaman vahidi ərzində həcm vahidinə düşən istilik selinin sıxlığı, ρ – yandırılan qazın sıxlığıdır.

Alovun yanma cəbhəsinin sahəsinin daxil olan qazın həcmindən asılılığını laminar alovun normal sürətinin təyindən almaq mümkündür [8]. Bu üsul kütlənin saxlanması qanununa əsaslanır: məşələ verilən qazın kütləsi məşəldə yandırılan qazın kütləsinə bərabər olmalıdır (əgər oksidləşdirici əmsal bir vahidinə bərabər, və ya 1-dən çoxdursa məşələ verilən havanın miqdarını nəzərə almamaq olar):

$$\rho V = \rho U_n F, \quad (8)$$

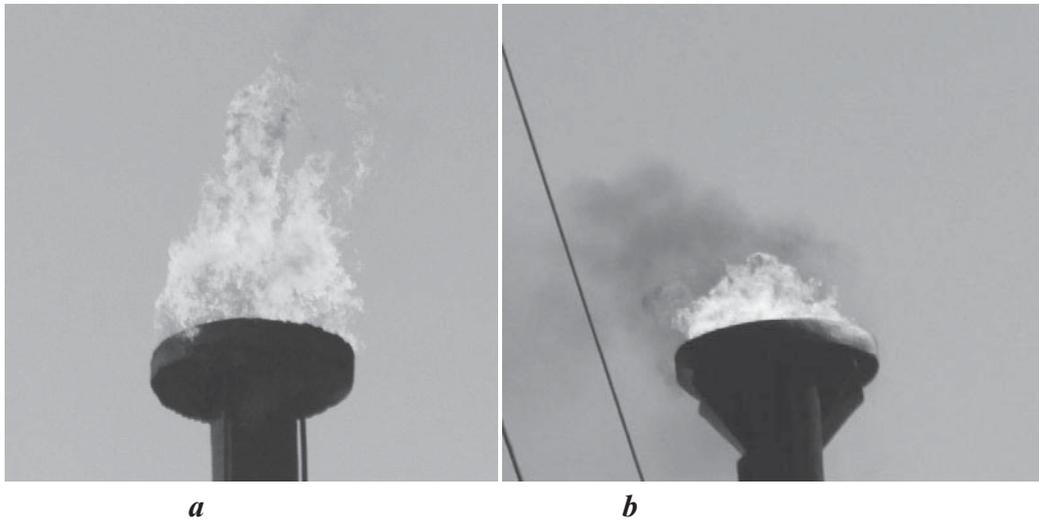
burada V – yandırılan qaz həcmi, F - alov cəbhəsinin sahəsi, U_n – laminar alovun normal sürətidir.

Eksperimental nəticələr. Alovun yayılma sürəti ilə məşəlin xarakteristikalarının arasında olan asılılığı təyin etmək üçün neft emalı zavodlarının, qaz emalı zavodunun və “Azərikimya” İB-nin etilen-propilen zavodunun ərazilərində yerləşən məşəllər tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə məşəllərin yanma rejimləri, yandırılan qazın sərfiyyatı, daxil olan qazın temperaturu, yanma zonasında yanma temperaturu və yandırılan qazın kimyəvi tərkibi təyin edilmişdir.

Məşəllərin vizual xarakteristikalarını təyin etmək üçün məşəllərin “Canon 500D” rəqəmsal kamera ilə çəkilişləri həyata keçirilmişdir. Məşəldə alovun cəbhə sahəsini hesablamaq üçün alovun bir neçə şəkillərindən istifadə edilmiş və kompyuter proqramları ilə emal olunmuşdur [9].

Yanma zonasında olan temperatur “İnfaPro-5” məsafədən ölçən infraqırmızı cihaz ilə ölçülmüşdür. Ölçmə zamanı məşəldə temperatur 600 – 700 °C-yə bərabər idi.



**Şəkil 2. H.Əliyev ad.NEZ-də müxtəlif rejimdə yanan məşəllərin təsvirləri:
a – $V = 140 \text{ m}^3/\text{saat}$, b - $34 \text{ m}^3/\text{saat}$**

Yuxarıda göstərilən (8)-ci düstura əsasən qazın tərkibində oksidləşdiricinin artıq olduğu halda məşəldə yandırılan qazın həcmi alov cəbhəsinin sahəsi ilə düz mütənəsbdir:

$$V = U_n F \quad (9)$$

Yandırılan qazın tərkibi eyni olduğu halda (cədvəl 1), alovun normal yayılma sürəti sabit olaraq qalır. Bununla əlaqədar belə bir asılılığı (9) kiçik xətalara məşəllərdə yandırılan qazın həcmnin qiymətləndirilməsi üçün istifadə etmək olar.

Cədvəl 1-də “Azneft” İB-də olan səmt qazının xarakterik kimyəvi tərkibi göstərilmişdir:

Cədvəl 1.

Səmt qazlarının xarakterik kimyəvi tərkibi

№	Tərkib komponentləri		Həcmi, %-lə
1	Metan	CH ₄	92,74
2	Etan	CH ₆	2,83
3	Propan	CH ₈	1,63
4	İ-Butan	CH ₁₀	0,31
5	N-Butan	CH ₁₀	0,27
6	İ-Pentan	CH ₁₂	0,28
7	N-Pentan	CH ₁₂	0,24
8	C ₆₊	C ₆ H ₁₄	0,27
9	Karbon qazı	CO ₂	1,02
10	Azot	N ₂	0,27
11	Oksigen	O ₂	0,14

Aşağıdakı cədvəldə məşəllərdə yandırılan qazın həcmi ilə məşəllərin cəbhə sahələri arasında olan qanunauyğunluq təqdim edilmişdir:

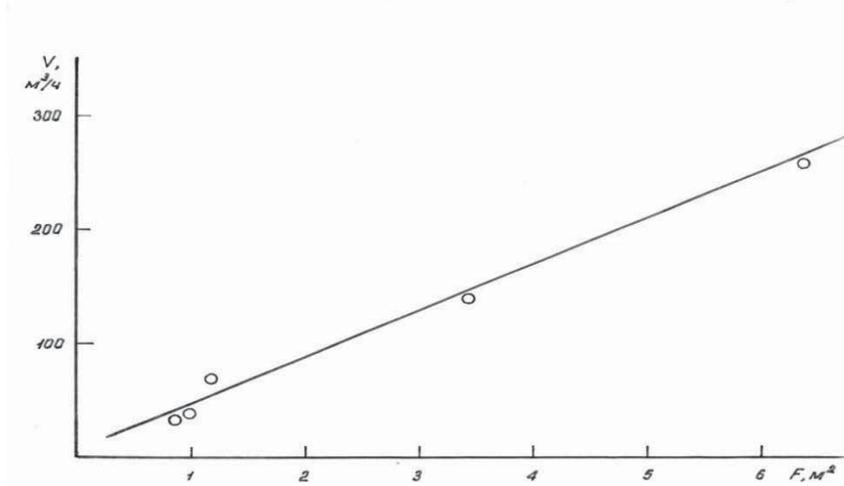
Cədvəl 2.

Məşəldə yandırılan qazın və alovun kinetik parametrləri

№	Məşəlin yerləşməsi	Yandırılan qazın həcmi, V (m³/saat)	Alov cəbhəsinin sahəsi, F (m²)	Yanma zonasında olan temperatur, °C
1	Qaz emalı zavodu	41,2	0,956	600
2	“Azərikimya” İB	260	6,373	650
3	H.Əliyev ad.NEZ (1)	34	0,832	620
4	H.Əliyev ad.NEZ (2)	140	3,416	680
5	“Neftyağ” NEZ	70	1,194	700

Bu məlumatları istifadə etməklə məşəldə yandırılan qazın həcmi və məşəlin alov cəbhəsinin sahəsi arasında olan asılılıq qrafiki qurmaq olar (şəkl.3).

Beləliklə, əldə edilmiş kalibrasiya asılığını bəzi yanaşmaları nəzərə almaqla yüksək ayırıcı fotosəkillərin köməyi ilə neft hasilatı və neft emalı müəssisələrində yandırılan qazların həcmələrinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə etmək olar.

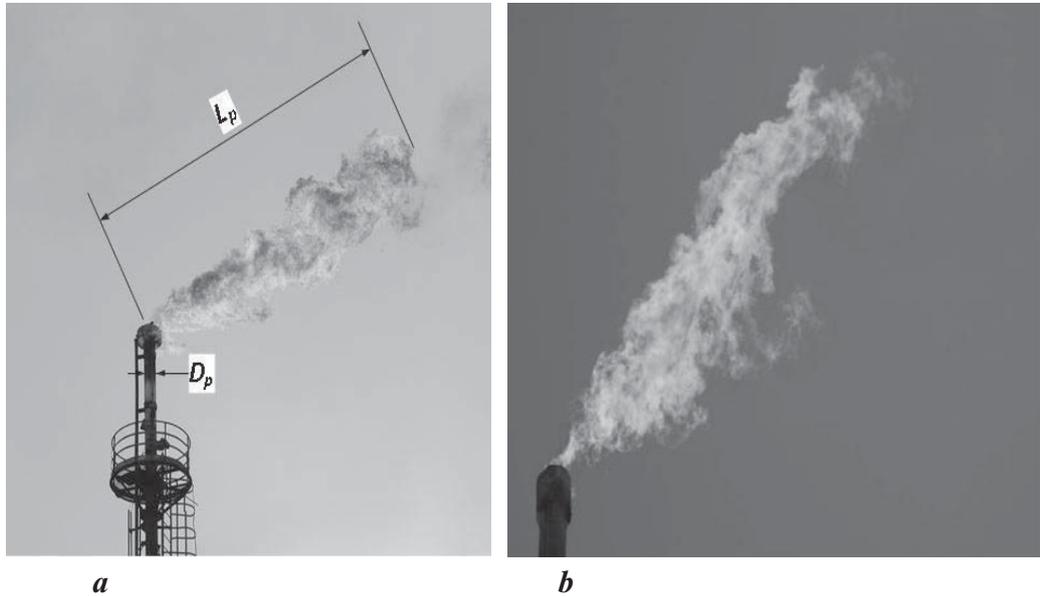


Şəkil 3. Məşəldə yandırılan qazın həcmnin məşəlin alov cəbhəsinin sahəsi arasında eksperimental asılılıq qrafiki

Digər tərəfdən, qazın yüksək axın sürətləri üçün $(V/U_n)^2 \gg 1$, laminar alov halında, məşəldə qaz sərfini bilərək yuxarıda göstərilən düsturun (4) köməyi ilə yandırılan səmt qazının həcmnin hesablanması aparmaq mümkündür.

Bunun üçün Türkmənistanın neft-qaz hasilatı üzrə müəssisələrdə olan yüksək yandırılma həcmli ilə məşəllər tədqiq edilmişdir.

Şəkil 4-də səmt qazının yüksək yandırılma həcmli və laminar alov tipli məşəllərin təsvirləri göstərilmişdir.



Şək. 4. Səmt qazının yüksək yandırılma həcmli, laminar alov tipli məşəllərin təsvirləri:
a – $V=6500 \text{ m}^3/\text{saat}$; b - $8800 \text{ m}^3/\text{saat}$

Tədqiqatlar nəticəsində məşəllərdə yandırılan qazın axın sürəti ilə alovun uzunluğu arasında xətti asılılıq aşkar edilmişdir. Bu zaman orta mütənasiblik əmsalı

$$c = 435 \quad (10)$$

qəbul edilmişdir.

Cədvəl 3.

Məşəldə qaz sərfiyyatı və alovun parametrləri arasında olan mütənasiblik əmsalları

№	Məşəldə yandırılan qazın sərfi, V (m³/saat)	Alovun uzunluğu, L (m)	Mütənasiblik əmsalı, c
1	8800	20	440
2	7100	16	443,8
3	4200	10	420
4	7900	18	438,9
5	6500	15	433

Nəticə. Qazların yanmasının nəzəri analizi və məşəllərdə alovun rəqəmsal təsvirlərinin tədqiqatı nəticəsində, məşəllərdə səmt qazlarının yandırılmasının qiymətləndirilməsi üçün yeni fotoqrafik metodika işlənmişdir. Təklif edilən metodikada yandırılan qazların həcmələrini qiymətləndirmək üçün məşəllərdə alov cəbhəsinin sahəsini təyin etməklə eksperimental qrafik asılılıqdan, yüksək həcmli yandırılma hallarında isə laminar alovun uzunluğu ilə qaz sərfiyyatının arasında olan xətti mütənasiblik əmsalından istifadə edilmişdir.

REFERENCE

1. **Gasanov A.M., Samedov E.A.** Resorption of hydrogen from passing oil gases and its safe accumulation in metallhydride systems // XI International Conference “Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials”, ICHMS, 2009, Yalta-Crimea-Ukraine, August 25-31. P. 942-943.
2. **Elvidge C., Ziskin D.** A fifteen year record of global natural gas flaring derived from satellite data // Energies, 2009. 2. P. 595-622.
3. **Shhetinkov E.S.** Fizika gorenija gazov. M. Nauka, 1965.
Щетинков Е.С. Физика горения газов. М. Наука, 1965.
4. **Ljuis B., Jelbe G.** Gorenje, plama i vzryvy v gazah. Mir, 1968.
Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Мир, 1968.
5. **Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.Н., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М.** Математическая теория горения и взрыва. Наука, 1980.
Zeldovich Ja.B., Barenblatt G.N., Librovich V.B., Mahviladze G.M. Matematicheskaja teorija gorenija i vzryva. Nauka, 1980.

6. **Gernshtejn M.** Struktura laminarnogo plameni // Voprosy gorenija i detonacionnyh voln: Chetvertyj Simpozium po voprosam gorenija i detonacionnyh voln. M. 1958.
Гернштейн М. Структура ламинарного пламени // Вопросы горения и детонационных волн: Четвертый Симпозиум по вопросам горения и детонационных волн. М. 1958.
7. **Mihelson V.F.** Sobranie sochinenij, t.1, 1930.
Михельсон В.Ф. Собрание сочинений, т.1, 1930.
8. **Fristrom R.M., Vestenberg A.A.** Struktura plameni. M., 1069.
Фристром Р.М., Вестенберг А.А. Структура пламени. М., 1069.
9. **Gonsales R., Vuds R.** Cifrovaja obrabotka izobrazhenij // M.: Tehnosfera, 2006.
Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений // М.: Техносфера, 2006.

МЕТОД ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ СЖИГАЕМОГО НА ФАКЕЛАХ ПОПУТНОГО ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.Г. АЛИЕВ, А.М. ГАСАНОВ, Э.А. САМЕДОВ, М.Г. МЕХТИЕВ

В статье на основе проведенных анализов и экспериментальных исследований предложен новый дистанционный метод для оценки объемов сжигаемого на факелах попутного газа по фотографическим изображениям высокого разрешения.

Показано, что при ламинарном распространении пламени объемный расход горючей смеси с некоторым приближением линейно связан с площадью фронта, при больших скоростях истечения $[(V/U_n)^2 \gg 1]$ – с длиной газового пламени.

Представлены калибровочный график и линейные коэффициенты, позволяющие оценить объемы сжигания при экологическом экспресс-мониторинге.

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, попутный газ, дистанционный экологический мониторинг, цифровая обработка изображений, факельное сжигание, ламинарное пламя, фронт пламени, скорость распространения пламени.

ESTIMATION OF FLARED GAS VOLUME USING HIGH RESOLUTION DIGITAL PHOTOS

A.H. ALIYEV, A.M. HASANOV, E.A. SAMADOV, M.Q. MENTIEV

The article, based on the theoretical analyses and experimental data, offers the method to estimate the volume of flared gas by means of the high resolution digital photographing.

At the laminar velocities of the flare flow, the volumetric volume of the flare is linearly linked to the flare frontal area, and at the greater flow velocities $[(V/U_m) \gg 1]$ – to the flare length.

The calibration diagram and the linear coefficients provide for evaluation of the burning volume at the ecological express-monitoring.

Key words: oil and gas industry, associated gas, the remote sensing ecological monitoring, digital image processing, flaring, laminar flame, the flame front, flame propagation speed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРОВОДКИ БОКОВЫХ СТВОЛОВ ИЗ БЕЗДЕЙСТВУЮЩИХ СКВАЖИН

Е.Е. ШМОНЧЕВА, А. Г. АБИШЕВ

Рассматриваются проблемы, возникающие при бурении горизонтальных боковых и наклонных стволов по пласту месторождения. Так, проблемы, возникающие при бурении боковых стволов по профилю с коротким радиусом, должны решаться с учетом ограничений, предъявляемых к ориентации бокового ствола в месте его «зарезания» и на горизонтальном или условно-горизонтальном участке в нефтенасыщенной мощности пласта. Проблемы недоведения колонн до проектных глубин обусловили необходимость детального изучения причин аварий и определения проходимости обсадных колонн на строящихся и проектируемых скважинах. Решением данной проблемы может стать спуск в боковой ствол расширяемой колонны малого диаметра с последующим ее расширением до проектного диаметра, т.е. применение технологии монодиаметра. Для уменьшения сил сопротивления при строительстве боковых наклонных и горизонтальных стволов представляется целесообразным применять поплавокую КНБК.

Ключевые слова: *боковой ствол, профиль, технология монодиаметра, бездействующая скважина.*

Бурение боковых стволов в настоящее время является одним из основных способов восстановления бездействующих и увеличения производительности малодебитных скважин.

Возвращение к старым скважинам для получения дополнительной добычи не является новым методом. Начиная с середины 50-х годов, нефтяные компании возвращались к старым скважинам и бурили боковые стволы, чтобы обойти зоны загрязнения коллектора или механические препятствия в скважине, экономя таким образом средства в сравнении с бурением новых скважин [1].

При бурении куста морских скважин ко дну моря крепится донная плита с индивидуальными сквозными ячейками для размещения устьев скважин. После установки плиты число ячеек увеличить невозможно. Если скважина обводнилась или не дала притока, то ячейка оказывается бездействующей. Бурение боковых стволов дает новую жизнь ячейкам, так как позволяет обойти непродуктивные зоны.

Бурение горизонтальных боковых и наклонных стволов по пласту снижает стоимость строительства скважин. Кроме увеличения производительности скважин, бурение боковых стволов позволяет отбирать углеводороды из коллекторов, ранее не охваченных разработкой. Многоствольные разветвления из существующих скважин улучшают условия вскрытия продуктивного пласта. Небольшие изолированные залежи нефти или газа могут быть вскрыты боковыми стволами с большими отходами от вертикали, в том числе и многоствольными. Обычно горизонтальные скважины по производительности превосходят вертикальные скважины в 3-4 раза, а в некоторых случаях наблюдалось увеличение производительности в 17 и более раз. Кроме того, при наличии газовой шапки или подстилающей воды (или того и другого вместе) горизонтальные скважины дают значительный прирост извлекаемых запасов [2].

В отложениях, склонных к выносу песка, бурение боковых стволов может исключить необходимость спуска дорогостоящих гравийных фильтров, используемых для борьбы с песком. В отличие от вертикальных, горизонтальные скважины позволяют отбирать столько же или больше продукции при значительно меньших депрессиях на пласт.

Существует три основных способа заканчивания многоствольных скважин (рис. 1-3). Ответвления можно оставить необсаженными, как в известняках, их можно обсадить колоннами труб и перфорировать, или можно закончить скважину с использованием забойных фильтров различных типов [3].



Рис.1. Вариант заканчивания бокового ствола скважины открытым стволом в устойчивых породах типа известняков



Рис.2. Вариант заканчивания бокового ствола скважины колонной с цементированием и последующей перфорацией



Рис.3. Вариант заканчивания бокового ствола скважины с гравийной набивкой

Анализ и обобщение опыта строительства скважин с боковыми стволами в нефтедобывающих регионах с различными геолого-техническими условиями бурения выявил ряд проблем методического и технологического характера, возникающих при бурении боковых стволов, которые требуют дальнейших исследований.

Проведенный детальный анализ показал, что профиль бокового ствола скважины может иметь сложную пространственную конфигурацию, что является основной причиной недоведения обсадной колонны до забоя скважины.

Кроме стандартного искривления по среднему радиусу, бурение боковых стволов часто проводят по профилю с коротким радиусом, что может создавать ряд дополнительных проблем как при бурении, так и при заканчивании скважин. Эти проблемы должны решаться с учетом ограничений, предъявляемых к ориентации бокового ствола в месте его «зарезания» и на горизонтальном или условно-горизонтальном участке в нефтенасыщенной мощности пласта, что определяет повышенную для таких условий сложность проектирования профиля бокового ствола.

При бурении наклонных и горизонтальных стволов скважин силы сопротивления оказывают отрицательное влияние на технологические процессы, так как снижают осевые нагрузки на долото, увеличивают необходимую мощность для вращения колонны при роторном бурении, вызывают образование продольных выработок (желобов) на стенках скважины.

Проблемы недоведения колонн до проектных глубин обусловили необходимость детального изучения причин аварий и определения проходимости обсадных колонн на строящихся и проектируемых скважинах.

Перед спуском колонны-хвостовика должен проводиться детальный анализ фактических данных бурения боковых горизонтальных и условно-горизонтальных стволов скважин с целью выявления интервалов затяжек и посадок бурильной колонны, величин пространственного искривления ствола скважины и наличия резких перегибов и мест сужений. Только тогда составляется план проработки и шаблонирования ствола скважины. Проработке подлежат все интервалы, в которых происходили затяжки и посадки колонны бурильных труб в процессе бурения, а также интервалы с наличием сужений ствола. Особенно тщательно следует прорабатывать интервалы со значительным изменением углов искривления и азимута.

Другим решением данной проблемы может стать спуск в боковой ствол расширяемой колонны малого диаметра с последующим ее расширением до проектного диаметра, т.е. применение технологии монодиаметра [4].

Создание скважины одного проходного диаметра включает в себя несколько этапов.

1. Бурится участок ствола для установки расширяемого хвостовика.
2. В скважину вместе с расширяемым хвостовиком спускается расширяющее устройство.

3. Закачивается расчетное количество цемента для цементирования расширяемого хвостовика. Если позволяют геологические условия, то можно обойтись и без цементирования.

4. Производится непосредственное расширение тела хвостовика, установленного в открытом стволе.

5. Заканчивается процесс расширения хвостовика расширением верхней части хвостовика, при этом помещаемый между трубами эластомер выполняет функции подвешенного устройства и уплотнителя.

Это позволит исключить недоведение колонн до проектной глубины, оперативно перекрывать зоны с различными осложнениями, что даст возможность вести дальнейшее безаварийное бурение, не изменяя внутреннего диаметра скважины.

Расширяемые трубные изделия постепенно внедряются во всем мире [5]. В настоящее время насчитываются десятки новых компаний, использующих такие изделия в бурении и заканчивании скважин, и уже успешно завершено несколько сотен операций с ними. Расширяемые трубные изделия могут быть использованы в скважинах глубиной более 8500 м и с забойной температурой до 204° С. В настоящее время практический предел пластической деформации расширяемых труб без риска растрескивания допускает степень расширения до 30% .

Использование гибких труб является одной из технологий, применяемых при бурении боковых стволов. Этот способ особенно привлекателен при высокой стоимости буровой установки. Гибкие трубы позволяют более оперативно контролировать состояние скважин с низкими пластовыми давлениями. Отпадает необходимость подъема труб и глушения скважины, что повышает привлекательность данной технологии [6].

Компоновки для бурения гибкими трубами улучшают качество контроля над траекторией скважины и повышают эффективность работ. Они имеют кабельный канал связи с поверхностью для передачи электроэнергии и информации и включают в себя телесистему для угловых измерений и устройство для поворота компоновки низа бурильной колонны (КНБК) [6]. Управляющие электросигналы передаются с поверхности по кабелю. При бурении с депрессией на пласт, когда промывка осуществляется раствором, вспененным воздухом или азотом, невозможно передать информацию по гидравлическому каналу, и его заменяет кабельный канал. В сравнении с гидравлическим каналом кабельный канал увеличивает скорость передачи информации на несколько порядков и позволяет управлять всеми датчиками с поверхности.

Для уменьшения сил сопротивления при строительстве боковых наклонных и горизонтальных стволов представляется целесообразным применять поплавковую КНБК.

Принцип действия поплавковой самоориентируемой КНБК заключается в том, что за счет воздушной камеры поплавок создается выталкивающая (архимедова) сила, приложенная в его центре тяжести, которая преодолевая собственный вес поплавок, прижимает долото к верхней стенке скважины в направлении, заданном искривленной водоизолирующей колонной. Тем самым создается возможность с помощью данной КНБК произвести планируемый набор зенитного угла ствола скважины в проектном азимуте в

условиях уширения ствола, неустойчивости стенок скважины и наличии рыхлых пород в разрезе, сопутствующих бурению [7].

Данная КНБК применялась для первоначальной разводки стволов куста наклонных скважин в направлении проектных азимутов. Однако возможность ее применения при бурении боковых стволов с целью уменьшения сил сопротивлений представляется весьма перспективной и требует дальнейших исследований.

Обобщая эти сведения, можно сделать вывод о том, что необходимо повышать качество строительства боковых стволов за счет оптимизации профиля по критериям координат точки зарезки бокового ствола и координат точки входа в продуктивный пласт, совершенствования выбора оптимальной КНБК и конструкции забоя, обеспечения качества заканчивания и крепления колонн-хвостовиков.

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. Разработать методические основы проектирования профиля по критериям координат точки зарезки бокового ствола и координат точки входа в продуктивный пласт при бурении боковых стволов в реконструируемых скважинах, включая программы их расчета на компьютере.

2. Разработать компоновки низа бурильной колонны, позволяющие поддерживать заданные осевые нагрузки на долото, уменьшить необходимую мощность для вращения колонны при роторном бурении и способствующие предотвращению образования желобов на стенках скважины.

3. Разработать рекомендации по совершенствованию способов и обеспечению качества крепления реконструируемых скважин.

REFERENCE

1. **Maurer W.C.** Recent Advances in Horizontal Drilling. The Journal of Canadian Petroleum Technology 34. №. 9 (November 1995): 25-33.
2. **Ehlig-Economides C.A. Chan K.S. and Spath J.B.** Production Enhancement Strategies for Strong Bottom Water Drive Reservoirs. Paper SPE 36613. Presented at the 1996 SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Denver. Colorado. USA. October 6-9.1996.
3. **Devid Hill, Erik Nim, Kristin Elig, Shugar Lend, Migel Mollinedo.** Burenije bokovyh stvolov iz sushhestvujushhijh skvazhin daet novuju zhizn starym mestorozhdenijam. / Neftegazovoe obozrenie. Osen 1997, s. 22-37.

Дэвид Хилл, Эрик Ним, Кристин Элиг, Шугар Лэнд, Мигель Моллинедо. Бурение боковых стволов из существующих скважин дает новую жизнь старым месторождениям. / Нefтегазовое обозрение. Осень 1997 г., с. 22-37.

4. **Mamedtagizade A.M., Shmoncheva E.E., Babaev E.F.** Issledovanie sovremennoj tehnologii i tehniki krepnenija skvazhin na osnove tehnologii monodiametra. / Vestnik Azerbajdzhanskoj Inzhenernoj Akademii, tom 4, Baku, №2, 2012, s. 43-49.

Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Бабаев Э.Ф. Исследование современной технологии и техники крепления скважин на основе технологии монодиаметра. / Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, том 4, Баку, №2, 2012, с. 43-49.

5. **Djupel Kennet K., Kampo Donald B., Loftpron Dzhon E., Vejzinger Don, Kuk R. Lens, Bullok Mishel D., Grant Tomas P., Iork Patrik L.** Opyt promyshlennogo primenenija tehnologii ras-shirenija trubnyh izdelij v skvazhine / Neftgaz. tehnol. 2002, № 2, s. 59-63
Дьюпел Кеннет К., Кампо Дональд Б., Лофтпрон Джон Э., Вейзингер Дон, Кук Р. Лэнс, Буллок Мишель Д., Грант Томас П., Иорк Патрик Л. Опыт промышленного применения технологии расширения трубных изделий в скважине/ Нефтегаз. технол. 2002, № 2, с. 59-63
6. **Bigio D., Rike A., Christian A., Collins J., Hardman D., Doremus D., Tracy P., Glass G., Joergensen N.B. and Stephens D.** Подробнее о бурении гибкими трубами: "Coiled Tubing Takes Center Stage." Oilfield Review 6. №. 4 (October 1994): 9-23.
7. **Mamedtagizade A.M., Shmoncheva E.E., Jabbarova G.V.** Raschet poplavkovoј KNBK dla bezorientirovannogo nabora zenitnogo ugla // «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ. Elmi əsərlər XIII cild, Bakı, 2012, s.14-24.
Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В. Расчет поплавковой КНБК для безориентированного набора зенитного угла// «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ. Elmi əsərlər XIII cild, Bakı, 2012, s.14-24.

FƏALİYYƏTDƏ OLMAYAN QUYULARDAN YAN LÜLƏLƏRİN KEÇİRİLMƏSİNİN TEKNOLOJİ PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİ

Y.Y. ŞMONÇEVA, A.Q. ABİŞEV

Məqalədə üfqi yan lülələrin və yatağın layı üzrə maili lülələrin qazılması zamanı meydana gələn problemlərə baxılır. Beləliklə, yan lülələrin qısa radiuslu profil üzrə qazılması zamanı meydana gələn problemlər onun "kəsilmə" yerində və layın neftlə doymuş qalınlığında üfqi yaxud şərti-üfqi sahədə yan lülənin yönəldilməsinə qoyulan məhdudiyyətləri nəzərə almaqla həll edilməlidir. Kəmərlərin layihə dərinliklərinə çatdırılmaması qəzaların səbəblərinin ətraflı öyrənilməsi və tikilməkdə olan və layihələndirilən quyularda qoruyucu kəmərlərin keçə bilməsinin təyin edilməsi zərurətini şərtləndirdi. Verilən problemin həlli, kiçik diametrlili genişləndirilən kəmərin, onun layihə diametrinə qədər sonrakı genişləndirilməsi ilə, yan lüləyə buraxılması, yəni monodiametr texnologiyasının tətbiq edilməsi ola bilər. Yan maili və üfqi lülələrin tikintisi zamanı müqavimət qüvvələrinin azaldılması üçün üzgəclik QKAH-ın tətbiq edilməsi məqsədəuyğun hesab edilir.

Açar sözlər: yan lülə, profil, monodiametr texnologiyası, fəaliyyətdə olmayan qurğu.

THE TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF DIRECTIONAL DRILLING IN INACTIVE WELLS

E.E. SHMONCHEVA, A.G. ABISHEV

The article deals with problems that arise while directional drilling through the deposit formation. Thus, the problems associated with the directional drilling of the small radius wells must be resolved by imposing the restrictions with the respect to its orientation in the spot of "cutting in" and on the horizontal or quasi-horizontal section of oil saturated layer. The problems with non-bringing columns to the designated depths determine the necessity to study accidents and define the accessibility of casing on the constructed and planned wells. The solution to this problem can be the descending of expansion casing into the column of small diameter with subsequent extension o desired diameter, i.e., the monobore technology. To reduce the resistance forces in the construction of directional wells it seems appropriate to use the floating BHA.

Key words: directional well, profile, monobore, inactive wells.

УПЛОТНЕНИЕ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕФОРМАЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ

С.Р. РАСУЛОВ, Г.И. КЕЛБАЛИЕВ, АБ. Г. РЗАЕВ,
Г.Р. МУСТАФАЕВА, В.В. ОРУДЖЕВ

В данном исследовании рассматриваются вопросы описания процессов уплотнения нефтяного пласта, связанных с осаждением различных примесей и асфальтосмолистых веществ на внутренней поверхности пор. Уравнение изменения пористости построено на основе явлений массопереноса в ламинарном и турбулентном режимах. Затухание процесса фильтрации описано в виде модели, связанной с изменением коэффициента проницаемости и пористости слоя во времени. Приведенные сравнения расчетных значений изменения дебита с практическими данными дали удовлетворительное соответствие и показали пульсационный затухающий характер зависимости скорости фильтрации от времени.

Ключевые слова: *фильтрация, пористость, нефтяной пласт, уплотнение, диффузия.*

Введение. На закономерности фильтрации жидкостей и газов в пористой среде влияют не только границы раздела между нефтью, газом и водой, но и поверхностные явления, происходящие на границах твёрдое тело-жидкость. Структурные изменения в нефтяном пласте, сопровождающиеся уменьшением пористости и постепенным затуханием продуктивности, определяются множеством факторов, среди которых важно выделить: а) изменение скелета пористой структуры пласта и ее естественное уплотнение в результате ее сжатия и деформации под действием внешних деформирующих напряжений, как например, массовых сил вышележащих слоев и т.д.; б) уплотнение и закупорка пор за счет отложения различных асфальтосмолистых веществ и мелкодисперсной твердой фазы на внутренней поверхности пор.

Осаждение асфальтенов является серьезной и сложной проблемой во всех областях нефтяной промышленности: добыче, транспортировке, подготовке и переработке нефти [1]. Структура, состав и физико-химические свойства асфальтенов, представляющие собой очень сложные соединения, приведены в работах [2–5]. В процессах фильтрации нефти в пористом пласте может наблюдаться непрерывное замедление и затухание

фильтрации со временем до полной закупорки поровых каналов вследствие возрастания толщины адсорбированных и отложившихся пленок асфальтосмолистых веществ.

Целью данного исследования является математическое описание пористого нефтяного пласта с учетом ее уплотнения различными примесями и асфальтосмолистыми веществами, содержащимися в нефти.

1. Уплотнение пористой структуры пласта

Пористые среды, даже при несжимаемости твердой фазы, в целом сжимаемы, на что существенное влияние оказывает удаление нефти из пор, а также глубина залегания пласта. Деформации, сопровождающиеся изменением температуры тела, зависят от внешних условий теплообмена и внутренних, обусловленных изменением внутренней энергии в результате деформации и диссипации энергии вязкостных напряжений. В качестве эффективной характеристики вязкостных свойств пористой среды можно рассматривать сдвиговую вязкость ν_s . В общем случае тензор давления, действующей на пористую среду, является суммой тензора механического давления (внешнее гидродинамическое давление) и тензора вязкого давления. В результате естественного уплотнения структуры пористой среды, изменение ее объема за определенное время под действием деформирующих напряжений согласно гидродинамической аналогии теории упругости описывается уравнением изменения пористости в виде [6]

$$\frac{1}{1-\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{dt} = -\frac{\sigma_D}{\eta_s} \quad (1)$$

где ε – пористость слоя пласта, σ_D – деформирующее напряжение, η_s – объемная вязкость пористой структуры, ν_s – сдвиговая вязкость пористой среды, t – время. Решением уравнения (1) с учетом выражения для объемной вязкости $\eta_s = \frac{4}{3} \nu_s \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}$ является приближенная функция вида [6]

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \exp \left[-\left(\frac{3}{4} \int_0^z \nu_s^{-1} \sigma_D t(z) dz \right) \right] \quad (2)$$

где ε_0 – начальная пористость слоя, z – координата по толщине вышележащих слоев, направленная с поверхности слоя вглубь или глубина залегания нефтяного пласта. Важно отметить, что для песчаников и глинистых пород величина сдвиговой вязкости в зависимости от глубины залегания и структуры пласта колеблется в пределах $\nu_s \approx (0.5 - 3.4) \times 10^{23} \text{ Па с}$, [6]. Деформирующее напряжение в слое определяется как

$$\sigma_D = P_0 - P_{kp} + \Delta \rho z \quad (3)$$

где P_{kp} – капиллярное давление жидкости в порах, P_0 – внешнее давление на поверхность слоя, $\Delta \rho$ – разность плотностей твердой фазы скелета пористой среды и жидкой

фазы в порах. Последний член в уравнении (3) определяет влияние веса вышележащих слоев на уплотнение структуры слоя. Процесс изменения пористости слоя в результате ее деформации под действием вышележащих слоев и глубины залегания пласта существенно заметно при длительной эксплуатации нефтяной скважины. Некоторые исследования по уплотнению слоя и учета скин-эффекта в процессах фильтрации нефти приведены в работах [7,8].

В результате действия внешних сил в объеме пласта происходит деформации сжатия и растяжения формы за счет передислокации упругосвязанных частиц пласта. Причем, перемещение одной частицы в слое способствует передислокации частиц всего звена (рис.1). Нефтяной пласт можно рассматривать как цепочку упругосвязанных частиц, которые контактируют с множеством других, причем в непосредственной близости между сферическими частицами образуется круговая щель, где фильтруется нефть.

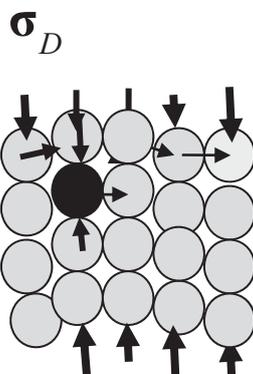


Рис. 1. Взаимодействие частиц в слое пласта в результате действия внешней силы

Каждое устойчивое равновесие частиц в пласте характеризуется минимальным значением потенциальной энергии, отклонение от которой под действием внешних сил приводит к передислокации частиц и возникновению силы взаимодействия частиц, стремящейся вернуть систему к равновесному состоянию. Величину этой силы можно приближенно оценить в виде

$$F_{n,n-1} = -k_p (\xi_n - \xi_{n-1})$$

где $F_{n,n-1}$ – сила, действующая на n -ную частицу со стороны $(n-1)$ -ой, k_p – коэффициент, зависящий от характера внешней силы, ξ_n – перемещение n -ой частицы. Рассматривая слой частиц пласта в виде цепочки упругосвязанных частиц, и учитывая силу трения, равную $F_{nT} = \beta_T \xi_n$, уравнение перемещения n -ой частицы представится в виде [9]

$$\frac{d^2 \xi_n}{dt^2} + \lambda \frac{d \xi_n}{dt} + \gamma (-\xi_{n-1} + 2\xi_n - \xi_{n+1}) = 0 \quad (4)$$

где $\lambda = \beta_T/m$, β_T – коэффициент трения, m – масса частицы, $\gamma = k_p/m$. Частным решением этого уравнения является функция

$$\xi_n = \exp(-\lambda t/2) \sin(\omega t - \varphi_k) \quad (5)$$

где $\omega \approx 2\sqrt{k_p/m}$ – частота колебаний, φ_k – сдвиг фазы колебаний. Очевидно, что уплотнение пласта в результате перемещения ее частиц под действием внешних деформирующих напряжений пропорционально меняет пористость слоя, т.е. в первом приближении можно принять $\varepsilon \sim \gamma \xi_s$ (где ξ_s – среднее перемещение частиц в слое, γ – коэффициент пропорциональности). В целом, затухание скорости фильтрации следует рассматривать как аддитивную сумму изменения пористости пласта за счет естественного уплотнения и закупорки пор в результате адсорбции и отложения асфальтосмолистых веществ.

2. Изменение пористости слоя с учетом осаждения в порах

Основным фактором изменения пористости, влияющим на уменьшение пористости, является уплотнение пористой структуры закупоркой и отложением различных примесей, содержащихся в нефти (асфальтены, смолы, твердая фаза). В литературе [7,8] закупорка и загрязнение пор, в результате осаждения и прилипания различных примесей к стенке, учитывается введением различных эмпирических факторов загрязнений. Разработка и конструирование детерминированных моделей нестационарных явлений в пористых средах с более сложной внутренней геометрией пор и каналов ограничивается существенными математическими трудностями, связанными со сложной структурой и строением пористой среды, характеризующейся анизотропией структуры, пространственной неоднородностью. Вместе с тем, существует много возможностей описания стохастической пористой структуры детерминированными моделями, используя средне-статистические значения соответствующих параметров. Рассмотрим проблему уплотнения пористой среды асфальтосмолистыми примесями, содержащимися в нефти, как диффузионный процесс массопереноса от объема жидкости к поверхности твердой фазы, предполагая, что частицы асфальтенов и смол, достигшие поверхности, с наибольшей вероятностью осаждаются, благодаря высокой степени адгезии между ними и шероховатой внутренней поверхностью поры. Масса отложившихся продуктов уплотнения в единичной цилиндрической поре определяется диффузионным переносом к поверхности пор частиц примеси

$$\frac{dm_y}{dt} = J = S_p D \left. \frac{\partial C_y}{\partial r} \right|_{r=r_p} \quad (6)$$

где m_y – масса образовавшихся продуктов уплотнения на поверхности, J – полный диффузионный поток к поверхности стенки поры из объема, D – эффективный коэффи-

коэффициент молекулярной и турбулентной диффузии, C_y – концентрация продуктов уплотнения, S_p – площадь поверхности пор, r_p – средний радиус пор. Положив, что масса отложившегося слоя равна $m_y = \rho_y v_y$, уравнение (6) преобразуется к виду

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{S_p D}{\rho_y} \frac{\partial C_y}{\partial r} \Big|_{r=r_p}, \quad v_y(t=0) = 0 \quad (7)$$

где v_y – объем продуктов уплотнения, ρ_y – плотность продуктов уплотнения.

В работе [10,11] показано, что величина диффузионного потока при изотропном турбулентном течении в цилиндрических каналах с осаждением частиц, без учета гравитационной составляющей, равна

$$D \frac{\partial C_y}{\partial r} \Big|_{r=r_p} = C_{y0} \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right)^{1/2} r_p \exp \left[-\alpha \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right)^{1/2} t \right] \quad (8)$$

где α – коэффициент, определяемый из экспериментальных данных, $\varepsilon_R \sim V^3 / 2r_p$ – удельная диссипация энергии в единице массы жидкости, V – скорость течения жидкости в порах, C_{y0} – начальная концентрация продуктов уплотнения в потоке. Учитывая (8), решение (7), после несложных преобразований, представится в виде

$$v_y = \frac{\sqrt{\pi}}{2\alpha} S_p r_p \frac{C_{y0}}{\rho_y} \operatorname{erf} \left[\alpha \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right) t^2 \right] \quad (9)$$

Для среднестатистического ансамбля пор обобщим это уравнение к виду ($v_p = S_p l_p$)

$$\frac{\bar{v}_y}{v_p} = k_0 \frac{C_{y0}}{\rho_y} \operatorname{erf} \left[\alpha \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right) t^2 \right] \quad (10)$$

Здесь $k_0 = \frac{\sqrt{\pi}}{2\alpha} \frac{r_p}{l_p} \zeta$, ζ – фактор, учитывающий извилистость пор и фактор формы, l_p –

средняя длина пор. Положив, что $\varepsilon = \frac{v_p - \bar{v}_y}{v_{ob}} = \varepsilon_0 - \frac{\bar{v}_y}{v_{ob}}$ (v_{ob} – объем образца), определим изменение пористости слоя в виде

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \operatorname{erf} \left[\alpha \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right) t^2 \right] \quad (11)$$

Аналогично, при ламинарном течении жидкости в порах изменение пористости слоя определим в виде

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\alpha_1 \frac{r_p}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \operatorname{erfc} \left(\alpha_1 \frac{r_p}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad (12)$$

Здесь φ_0 – объемная доля частиц загрязнений (в том числе асфальтенов и смол) в потоке, D – суммарный коэффициент молекулярной и кнудсеновской диффузии; коэффициент молекулярной диффузии жидкости в порах пласта порядка $D \sim 10^{-9} - 10^{-12} \text{ м}^2 / \text{с}$, α, α_1 – коэффициенты, определяемые экспериментальным путем. Кроме того отметим, что коэффициент молекулярной диффузии для вязких жидкостей (для нефти с содержанием асфальтенов и смол) обратно пропорционален вязкости среды, т.е. $D = \text{const} / \nu_c$.

Как следует из уравнений (11) и (12), изменение пористости пласта определяется содержанием примеси в объеме нефти. Используя формулу, выведенную нами

$$\text{erf}(x) = 1 - \exp\left(-x - \frac{\sqrt{\pi}}{2} x^2\right)$$

выражение (11) при ламинарном течении в порах, можно записать в более простой форме

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \exp\left(-\frac{\alpha_1 r_p}{2\sqrt{Dt}} - \frac{\sqrt{\pi}}{8} \frac{\alpha_1^2 r_p^2}{Dt}\right) \quad (13)$$

Для турбулентного течения в порах изменение пористости пласта выразится уравнением

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \left[1 - \exp\left(-\beta t^2 - \frac{\sqrt{\pi}}{2} \beta^2 t^4\right) \right] \quad (14)$$

где $\beta = \alpha \left(\frac{\varepsilon_R}{\nu_c} \right)$.

Таким образом, загрязнение нефтяного пласта в основном отражается на изменении ее пористости, от которой зависят все гидродинамические свойства и дебит скважины.

3. Затухание скорости фильтрации нефтей в пористых средах.

Многочисленные исследования показали что, адсорбционные процессы на границе нефть – порода, сопровождающиеся образованием плотного слоя на поверхности стенки пор с дальнейшим сужением и закупоркой каналов и общим объемным изменением (уменьшением) пористости пласта, оказывают существенное влияние на течение нефти и приводят к затуханию процессов фильтрации. Теоретическому и экспериментальному исследованию проблем затухания фильтрации и уменьшения дебита скважины по вышеуказанным причинам посвящены множество работ [12–14], где приводятся эмпирические соотношения зависимости дебита скважины от времени фильтрации в пласте. Очевидно, следует выделить основные параметры, влияющие на затухание процессов фильтрации из-за уменьшения пористости слоя: размеры пор, коэффициент поперечной диффузии асфальтосмолистых веществ, состояние поверхности пор (шероховатость),

степень адгезии с поверхностью и т.д. В работе [15] для вычисления дебита скважины числа приводится следующая формула

$$q = 2\pi h R_k V = \frac{2\pi h k(\varepsilon)}{\eta_c} \frac{P_k - P_c}{\ln\left(\frac{R_k}{R_c}\right)} \quad (15)$$

Где q – дебит скважины, h – толщина пласта, R_k, R_c – радиусы контура пласта и забоя, V – скорость стекания жидкости (нефти), $k(\varepsilon)$ коэффициент проницаемости, зависящая от пористости пласта, P_k, P_c – контурное и забойное давление, η_c – динамическая вязкость жидкости, χ – коэффициент пьезопроводности. Зависимость коэффициента проницаемости от пористости слоя носит весьма сложный характер и является неоднозначной функцией. Для пористых сред проницаемость для единицы объема можно определить из выражения Козени–Кармана [16]

$$k(\varepsilon) = \frac{\varepsilon^3}{s^2 \gamma_R} \quad (16)$$

где s – площадь поверхности, γ_R – постоянная, включающая коэффициент извилистости пор и фактор формы ($\gamma_R \approx 5$). Как отмечено в работе [15], уравнение (16) дает очень хорошее соответствие с экспериментальным данным для частиц песка, кварцевого песка и известняка с размерами частиц 0.25–1 мм.

Используя уравнения (15) и (16) для начальной ε_0 и текущей пористостей ε при постоянстве прочих параметров определим, что изменение дебита скважины в зависимости от коэффициента проницаемости или же пористости выразится следующей формулой

$$q = q_0 \frac{k(\varepsilon)}{k(\varepsilon_0)} = q_0 \frac{\varepsilon^3}{\varepsilon_0^3} \quad (17)$$

Таким образом, на практике зависимость изменения дебита скважины от пористости или от времени, исходя из выражения (17), можно вычислить приблизительно по формуле

$$\frac{q}{q_0} \approx \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^n \quad (18)$$

где q, q_0 – текущий и начальный дебит скважины, n – показатель степени.

Отметим, что показатель степени в уравнении (18) зависит от структуры и свойств пласта и колеблется в пределах $n=2-4$ в зависимости от экспериментальных данных. На рис. 2 приведена интерпретация изменения относительного дебита при турбулентном течении от времени и показателя степени n , с увеличением которой скорость затухания фильтрации растет.

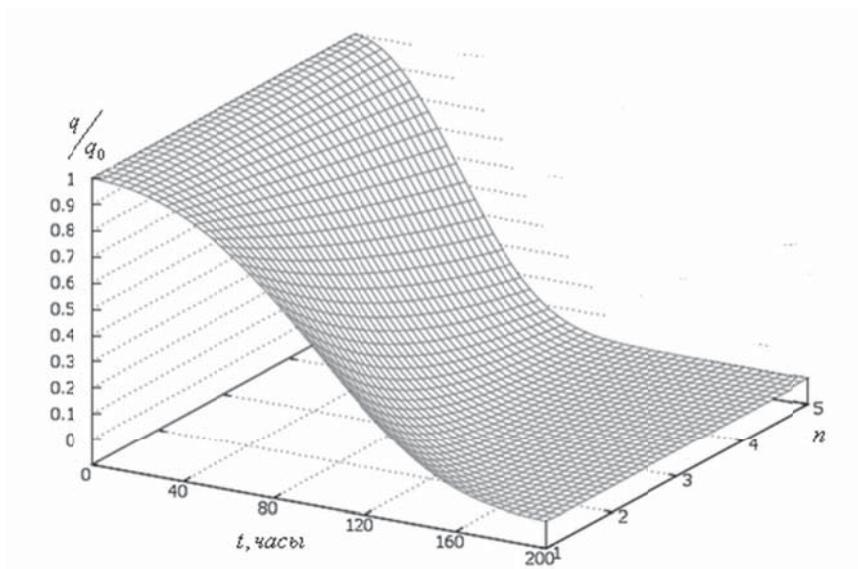


Рис.2. Зависимость степени затухания фильтрации для турбулентного течения жидкости в порах от показателя n .

На рис. 2 приведены расчетные зависимости степени затухания процесса фильтрации от времени при ламинарном и турбулентном течении жидкости в порах пласта с учетом формул (13), (14) и (18) при $n = 2$. Как следует из выражений (11), (12) и (15), при прочих равных условиях, затухание скорости фильтрации будет тем больше, чем меньше радиус поровых каналов. С ростом коэффициента диффузии и содержания асфальтосмолистых веществ, скорость затухания фильтрации увеличивается. При турбулентном режиме течения жидкости в порах скорость затухания скорости фильтрации происходит намного интенсивнее, чем при ламинарном течении в порах, поскольку при турбулентном течении в порах увеличивается диффузионный поток асфальтенов к поверхности пор.

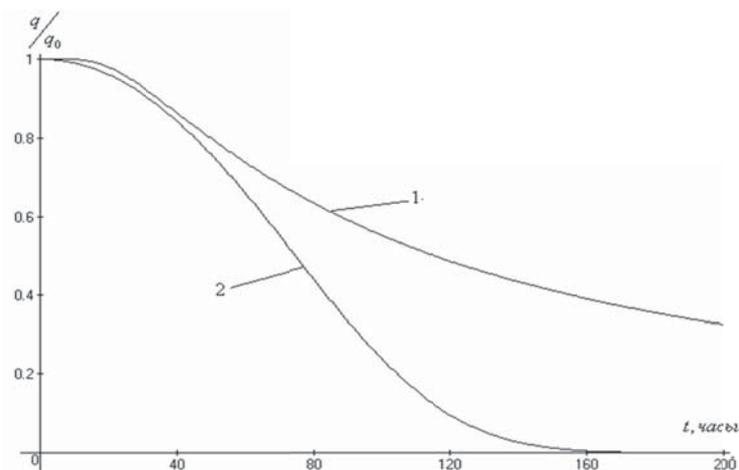


Рис. 3. Затухание скорости фильтрации при ламинарном (1) и турбулентном режимах (2) течения жидкости в порах пласта.

Как следует из рис. 2 и 3, кривая затухания при малых значениях времени имеет небольшой стабильный участок

Общее изменение скорости фильтрации можно рассматривать как аддитивную сумму уплотнения пласта за счет уплотнения асфальтосмолистыми веществами (13), (14), (18) и естественного уплотнения пласта под действием внешних деформирующих напряжений (5).

На рис.4 приведена зависимость изменения дебита скважины для добычи азербайджанских нефтей в течении трех лет в результате уплотнения пористой среды.

Сплошная кривая 1 на рис. 3 соответствует уравнению (17), которое с учетом выражения (14) и практических среднестатистических данных, соответствующих работе реальной скважины, преобразуется к виду

$$\frac{q}{q_0} = \left[1 - 0.2 \exp\left(-\frac{16}{\sqrt{t}} - \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{256}{t}\right) \right]^3 \quad (19)$$

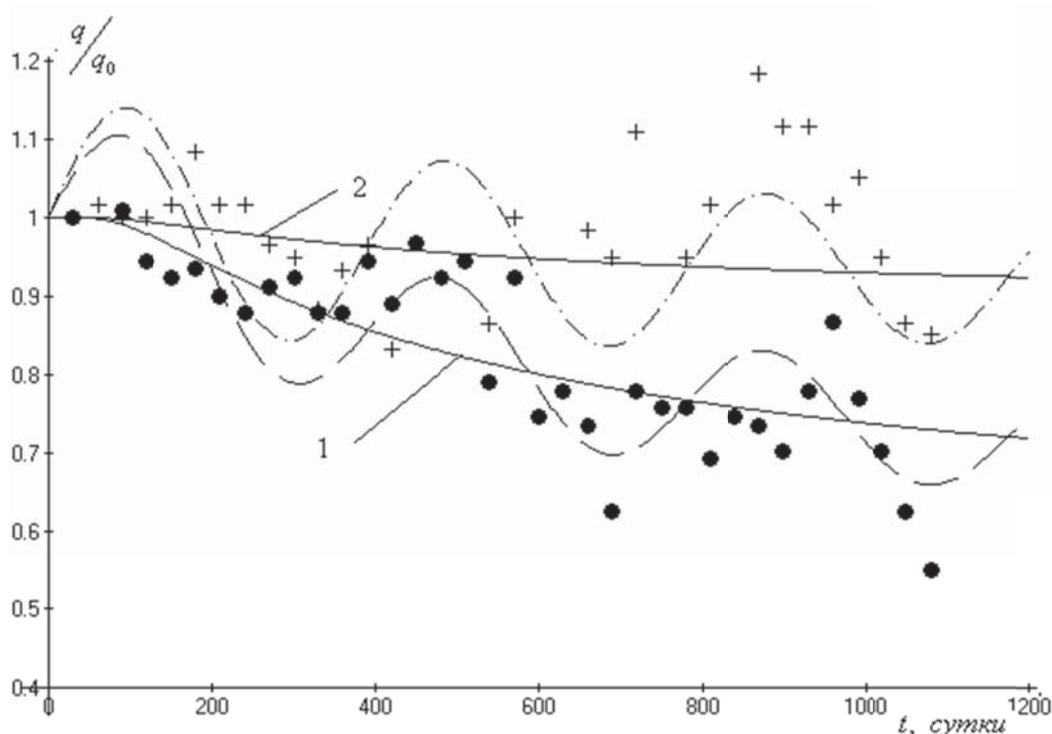


Рис.4. Зависимость безразмерного дебита скважины от времени:
 (точки – практические данные, снятые с действующей скважины,
 1- № скважины 927, $q_0=9.1$ т/сутки; 2- № скважины 1355, $q_0=6.0$ т/сутки

Многочисленные исследования [8] и экспериментальные данные соответствующие работе реальной скважины для добычи азербайджанских нефтей, приведенные на рис.3, показали, что изменения дебита скважины по времени может носить пульсаци-

онный затухающий по времени характер, что соответствует пунктирной линии на графике и полуэмпирическому выражению, полученной на основе выражений (5) и (19)

$$\frac{q}{q_0} = \left[1 - 0.2 \exp\left(-\frac{16}{\sqrt{t}} - \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{256}{t}\right) \right]^3 + A_0 \exp(-k_3 t) \sin\left(0.00028 \frac{180t}{\pi}\right) \quad (20)$$

Здесь $A_0 = \gamma A = 0.12(1)$, $A_0 = 0.15(2)$, $\varphi_k = 0$, $k_3 = \lambda/2 = 0.0005$ – коэффициент затухания, определяемый из экспериментальных данных для кривой 1, и характеризующий силы трения между частицами пласта в результате их перемещения. Как отмечено в работе [12], дебит скважины в первоначальный момент даже несколько возрастает, что связан с ростом скорости фильтрации в пласте. Колебательный характер практических данных соответствует уплотнению и формированию нефтяного пласта под действием внешних деформирующих напряжений.

Заключение. Важно отметить, что многие макроскопические параметры нефтяного пласта зависят от ее пористости, изменение которой определяется естественным уплотнением и закупоркой пор различными примесями и асфальтосмолистыми соединениями. В данном исследовании моделируется затухание процесса фильтрации в результате изменения пористости пласта во времени в виде уравнений (13)–(17) для ламинарного и турбулентного течения жидкости в порах. Отмечено, что при турбулентном течении жидкости в порах затухание процесса фильтрации в пористой среде происходит быстрее, чем при ламинарном течении. Предложено уравнение для оценки затухания скорости фильтрации в пласте, носящем пульсационный характер. Отмечено, что пульсационный характер затухания фильтрации нефти в пласте связано с ее естественным уплотнением под действием веса вышележащих слоев. Приведенные сравнения расчетных и практических данных по затуханию скорости фильтрации в течении трех лет работы скважины дали удовлетворительные результаты.

REFERENCE

1. **Noemi Araujo Esquvel da Silva, Victor Roriques da Rocha Oliviera, Gloria Meyberg Nunes Gosta** Modeling and simulation of asphaltene precipitation by normal pressure depletion // Journal of Petroleum Science and Engineering, 2013, v.109, p. 123–132
2. **Hirschberg A., DeJong N.L., Schipper B.A., Meijer J.G.**, Influence of Temperature and Pressure on Asphaltene flocculation.// Society of Petroleum Engineers, 1984, 24 (3), p.283-293
3. **Laux H., Rahiman I., Browarzik D.**, Flocculation of asphaltenes at high pressure. I. Experimental determination of the on set of flocculation.// Petroleum Science and Technology, 2001, 19, N9/10, p.1155-1156.
4. **Mulhins O.C., Shey E.Y.**, Structures and dynamics of Asphaltenes, 1998, Plenum Press, New York.

5. **McLean J., Kilpatrick P.K.**, Effects of asphaltene solvency on stability of water crude oil emulsions // J. of Colloid and Interface Science, 1997, 189, (2), p.242- 253.
6. **Karachinskij V.E.** Metody geotermodinamiki zalezhej gaza i nefti. M.: Nedra, 1975. 7s.
Карачинский В.Е. Методы геотермодинамики залежей газа и нефти. М.: Недра, 1975. 7с.
7. **Robert Jerlager.** Hidrodinamicheskie metody issledovanija skvazhin. Moskva–Izhevsk, Institut kompjuternyh issledovanij, 2006, 512s.
Роберт Эрлагер. Гидродинамические методы исследования скважин. Москва–Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2006, 512с.
8. **Ponamareva I.N., Savchik M.B., Erofeev A.A.** Uslovija primeneniya skin–faktora dlja ocenki sostojanija priskvazhinnyh zon produktivnyh plastov. // Neftjanoe hozjajstvo, 2011, №7, s.114–115
Понамарева И.Н., Савчик М.Б., Ерофеев А.А. Условия применения скин–фактора для оценки состояния прискважинных зон продуктивных пластов. // Нефтяное хозяйство, 2011, №7, с.114–115
9. **Kelbaliev G.I.** Mehanizm uplotnenija uprugosvjazannyh chastic v processe granulirovanija poroshkoobraznyh materialov // Teor. Osn. Him. Tehn., 1992, t. 26, №6, s.749–754.
Келбалиев Г.И. Механизм уплотнения упругосвязанных частиц в процессе гранулирования порошкообразных материалов // Теор. Осн. Хим. Техн., 1992, т. 26, №6, с.749–754.
10. **Sarimeseli A., Kelbaliyev G.** Deposition of dispersed particles in isotropic turbulent flow // Journal of Dispersion Science and Technology, 2008, № 29, p.307-312
11. **Kelbaliev G.I., Ibragimov Z.I., Kasimova R.K.** Osazhdenie ajerozol'nyh chastic v vertikal'nyh kanalakh iz izotropnogo turbulentnogo potoka // Inzh- fiz. zhurnal, 2010, t.83, № 5, s. 853-860
Келбалиев Г.И., Ибрагимов З.И., Касимова Р.К. Осаждение аэрозольных частиц в вертикальных каналах из изотропного турбулентного потока // Инж- физ. журнал, 2010, т.83, № 5, с. 853-860
12. **Marshall T.J.** Proceedings of Symposium on Interaction between Fluids and Particles// Inst. of Chem. Eng., London, 1962, p.299.
13. **Marsahin I.L.** Fiziko-himicheskaja mehanika neftjanogo plasta. M.: Nedra, 1977, 212s.
Марсахин И.Л. Физико-химическая механика нефтяного пласта. М.: Недра, 1977, 212с.
14. **Trebin G.F.** Filtracija zhidkостей i gazov v poristyh sredah. M.-L: Gostoptehizdat,1959, 156 s.
Требин Г.Ф. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах. М.-Л: Гостоптехиздат,1959, 156с.
15. **Rzaev A.G., Rasulov S.R., Kelbaliev G.I.** Analiz i issledovanie neftjanogo plasta po krivoj vosstanovlenija davlenija // Neftpromyslovoe delo, 2014, №4, s. 37-41
Рзаев А.Г., Расулов С.Р., Келбалиев Г.И. Анализ и исследование нефтяного пласта по кривой восстановления давления // Нефтепромысловое дело, 2014, №4, с. 37-41
16. **Sou S.** Hidrodinamika mnogofaznyh sistem. M.: Mir, 1971, 536s.
Соу С. Гидродинамика многофазных систем. М.: Мир, 1971, 536с.

**MÜXTƏLİF QARIŞIQLARIN DEFORMASIYASI VƏ ÇÖKDÜRÜLMƏSİ
NƏTİCƏSİNDƏ NEFT LAYININ SIXILMASI**

S.R. RƏSULOV, Q.İ. KƏLBƏLİYEV, Ab.H. RZAYEV,
G.R. MUSTAFAYEVA, V.V. ORUCOV

Neft layının çoxlu sayda makroskopik parametrləri onun məsaməliliyindən asılıdır. Məsaməliliyin dəyişilməsi təbii sıxılma, həmçinin məsamələrin müxtəlif qarışıqlarla və asfalt-qətran birləşmələri ilə izah olunur.

Bu tədqiqatda məsamələrdə mayenin laminar və turbulent axını üçün layın məsaməliliyinin vaxtdan asılı olaraq dəyişilməsi nəticəsində filtrləmə prosesinin sönməsi modelləşdirilir. Qeyd edilmişdir ki, məsamələrdə mayenin turbulent axını zamanı filtrləmə prosesinin sönməsi laminar axınla müqayisədə daha tez baş verir. Layda filtrləmə sürətinin puls xarakterli sönməsini qiymətləndirmək üçün tənlik təklif olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, layda neftin filtrasiyasının sönməsinin puls xarakterli olmasının yuxarı qatlarının çəkisinin təsiri altında təbii sıxılması ilə izah olunur.

Açar sözlər: süzülmə, məsaməlik, neft layı, kipləndirmə, diffuziya.

**SEALING OF OIL RESERVOIR AS A RESULT OF DEFORMATION
AND SEDIMENTATION OF VARIOUS ADDITIVES**

S.R. RASULOV, G.İ. KELBALIYEV, Ab.H. RZAYEV,
G.R. MUSTAFAYEVA, V.V. ORUCOV

The article investigates the processes of reservoir sealing as a result of deposition of various impurities and asphaltene substances in the inner surface of pores. The porosity rate equation is built on the phenomena of mass transfer in the laminar and turbulent flows. The dampening of filtration process is modeled as a change of the permeability coefficient and the layer porosity through time. The calculated debit rate satisfactorily matched the actual data, and it also demonstrated the pulsating and dampening character of the filtration velocity-to-time ratio.

Key words: filtration, porosity, oil layer, sealing, diffusion.

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОГО АНАЛИЗА ЕГО КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

М.Дж. МАРДАНОВ, Р.Р. РЗАЕВ, З.Р. ДЖАМАЛОВ, А.К. ХУДАДОВА

Разработаны модели для оценок маркетингового пространства образовательных услуг и конкурентной позиции высшего учебного заведения на рынке труда, основанные на применении метода нечёткого логического вывода. В контексте данного исследования предложен нечёткий подход к формированию гибкой и универсальной системы оценки конкурентоспособности высшего учебного заведения.

Ключевые слова: конкурентоспособность вуза, ключевые компетенции вуза, маркетинговое пространство, стратегия вуза, нечеткое множество, импликативное правило

Введение. Конкурентоспособность – это способность определённого объекта или субъекта превзойти конкурентов в существующих условиях. Мы привыкли к тому, что обычно этот термин выражает свойство субъекта, определяющее его способность выдерживать конкуренцию с себе подобными, т.е. способность совершать конкурентные действия [1, 2]. Термин «конкурентоспособность» широко применяется в случаях, когда говорят о товарах, предприятиях (как производителей товаров и услуг), отраслях (как совокупности предприятий, предлагающих товары или услуги) и регионах в целом (районах страны или их групп). При этом в качестве субъектов, оценивающих конкурентоспособность тех или иных объектов, выступают потребители, производители, инвесторы и, собственно, само государство. Тем не менее, при оценке деятельности высших учебных заведений (вузов) на постсоветском пространстве этот термин применяется достаточно редко по целому ряду следующих причин [3–6]:

- особенность услуг, оказываемых вузами, обусловлены широкой социальной направленностью;
- вуз, как носитель всего нового и передового, имеет консервативную при-

роду, то есть, осуществляя постоянный отбор, бережно хранит лучшие национальные и зарубежные традиции в образовании;

- многие вузы имеют уникальные истории, сложившиеся за долгие годы образовательные и научные традиции. Как правило, такие вузы, тщательно оберегая свой имидж, не нуждаются в рекламе и находятся под пристальным вниманием общественности;

- все ещё сохраняется инерция, оставшаяся в наследство от плановой экономики, когда отсутствовала объективная потребность в проведении текущей оценки деятельности вуза из-за запланированных его роли и места в общей системе образования страны.

Если воспользоваться терминологией специалистов из области менеджмента, то можно утверждать, что высокая компетентность руководства вуза заключается в том, что вуз поддерживает образовательный процесс лучше, чем другие вузы, то есть сохраняет свою *конкурентоспособность*, позволяющую привлекать и сохранять учащихся. Другими словами, конкурентоспособность вуза в образовательном пространстве подразумевает периодическое выявление нужд и потребностей целевых рынков труда и обеспечение желаемой удовлетворенности более эффективными и более качественными, чем у других профильных вузов – конкурентов, способами.

Любой вуз – это, прежде всего, сложная, открытая и динамически развивающаяся система. Причем отличительной особенностью вуза является способность к своевременной адаптации к условиям окружающей среды, которая выражается системой показателей, характеризующей состояние его конкурентоспособности. То есть, говоря языком экономистов, конкурентоспособность вуза представляет собой совокупную характеристику процесса обучения и отражает уровень его соответствия конкретной общественной полезности. Поэтому для достижения требуемого уровня конкурентоспособности в образовательном пространстве вузу необходимо обладать:

- превосходством по качеству предоставляемых образовательных услуг,
- способностью успешно реализовывать существующие и внедрять новые инновационные образовательные программы, использовать современные информационно-коммуникационные технологии и своевременно реагировать на изменяющиеся условия внешней среды.

Таким образом под конкурентным преимуществом (*competitive advantage*) вуза будем понимать то, каким образом университет может получить преимущества на рынке образовательных услуг путём консолидации и эффективной организации имеющихся у него всех ресурсов.

Постановка задачи. Существующие тенденции глобализации образования (например, в рамках Болонской Системы Образования) диктуют насущную и актуальную проблему для любого высшего учебного заведения, связанную с его выживанием и перспективами на рынке образовательных услуг. На передний план встаёт задача, как достичь конкурентного преимущества и удержать его в быстро меняющихся условиях

конкурентной среды? К сожалению, большинство учебных заведений республики, предлагающих свои образовательные услуги потребителям в сегменте высшего образования, не обладают необходимыми конкурентными преимуществами, чтобы соревноваться не только с ведущими, но и даже с «средняками» из мирового рейтингового списка вузов.

Болонская Система образования, в которой Азербайджан принимает самое активное участие, совершенно по-иному поставила вопрос об улучшении качества образования и процесса его оценки [7]. Сейчас, несмотря на то, что государственные органы власти (прежде всего в лице Министерства Образования Азербайджанской Республики) являются гарантом качественной системы образования, нормы качества образования по Болонской системе зависят от компетенции властей и высших образовательных институтов в последнюю очередь [8]. Эти нормы находятся в прямой зависимости от других активных участников процесса. Поэтому была признана необходимость в выработке национальных и, даже в большем масштабе, международных норм оценки качества образования.

Таким образом, очевидно, что приобретение конкурентных преимуществ вуза лежит в рамках решения вопроса его всеобъемлющей оценки и эффективного управления. Исходя из выше обозначенных позиций, на начальном этапе необходима адаптированная методика оценки конкурентоспособности национального вуза, которая наряду с перечисленными свойствами его, как системы, подразумевала и/или интерпретировала бы вуз и как гуманистическую систему, где человеческий фактор играет далеко не последнюю роль.

Проблемы конкурентоспособности вузов в условиях социально-экономической активности. В настоящее время наблюдается существенная социально-экономическая активность в обществе, для которой характерна тенденция дальнейшего усиления. Очевидно, что глобальные тенденции в мировой экономике напрямую воздействуют и на образовательные процессы в различных странах. Дело дошло до того, что многие современные политологи, экономисты и аналитики уже рассматривают вопрос о непосредственной связи уровня образования в стране с её конкурентоспособностью на мировом рынке, причем трактуют образование значительно шире, чем принято полагать его как просто процесс приобретения знаний и навыков.

С начала XXI века глобальная политическая и экономическая ситуация в мире изменилась настолько существенно, что это не могло не отразиться и на сфере образования. В результате образовательные заведения всех уровней оказались невольными участниками глобальной конкуренции – явления, не свойственного для многих высших учебных заведений из разных стран. Сегодня конкуренция между вузами проявляется в борьбе за абитуриентов, учёных, преподавателей, бизнес-спонсоров, за потребителей своих выпускников. Причем конкуренция между вузами ведется на всех уровнях: между научными школами, между центрами профессиональной карьеры, переподготовки и переквалификации кадров.

В постиндустриальных странах период понимания и осознания требований и по-

следствий глобальной конкуренции в сфере высшего образования продлился недолго. Там давно уже проводятся активные действия в этом направлении. В частности, разрабатываются долгосрочные стратегии развития образования, позволяющие обозначить миссии университетов, благодаря которым общество чётко понимает их предназначения.

Исследования, проведенные международными институтами и рейтинговыми агентствами, выявили два основных класса высших учебных заведений, отличающихся по своим целевым установкам. Это университеты, имеющие высокие мировые образовательные рейтинги и отличающиеся, прежде всего, тем, что видят себя соучастниками в будущей профессиональной карьере своих выпускников, и, соответственно, университеты, которые просто осуществляют традиционную профессиональную подготовку специалистов. Принципиальным отличием является то, что, если руководства университетов-лидеров мыслят категориями глобального экономического сообщества, то руководства остальных университетов – категориями общества. Поэтому для мотивированных потребителей образования, а таких с каждым годом становится всё больше, наличие чёткой перспективы получения качественного образования становится доминирующим фактором при выборе вуза.

В современном обществе основным стандартом образования в «продвинутом» вузе, предоставляющем своим выпускникам возможность быть конкурентоспособными в динамически развивающейся глобальной рыночной экономике, является комплексный образовательный продукт, который складывается из трёх компонент: *теоретических знаний*, *практики* и *карьеры* выпускников. Поэтому, для того чтобы найти своё достойное место в современной индустрии образования, основным и, пожалуй, самым главным требованием является наличие в университете развитых систем деловых связей, профессиональных ориентаций, организации и проведения производственных практик с последующим распределением студентов. Очевидно, что в современных условиях это требование должно подкрепляться возможностями вуза в использовании информационно-коммуникационных технологий для поддержки образовательного процесса, включая online технологий в обучении, позволяющих существенно оптимизировать расходы на студента.

В настоящее время многие вузы-средняки активно внедряют новые образовательные технологии для обозначения своих конкурентных преимуществ на рынке образовательных услуг. При этом, некоторые из них акцентируют своё внимание на качестве и стратегии непрерывного совершенствования образовательного процесса, остальные – на стратегию концентрации ресурсов для интеграции новых образовательных и информационных технологий. Несмотря на различие в подходах, большинство стратегий, в конечном итоге, сходны.

В 80-х годах прошлого столетия профессор Гарвардской школы бизнеса Майкл Портер, признанный специалист в области изучения экономической конкуренции, в том числе конкуренции на международных рынках, между странами и регионами, разработал теорию конкурентных преимуществ (*competitive forces approach*) стран. Согласно этой теории «действия любой компании должны быть сконцентрированы на создании

внешних компетенций через захват выгодных рыночных позиций, при котором её конкурентоспособность, в большинстве случаев, определяется конкурентоспособностью её экономического окружения, зависящей от базовых условий и конкуренции внутри кластера». При этом к внешним компетенциям, как правило, относят, диверсификацию предложения товаров и услуг как следствие масштабности предложений компании. Именно этот подход и был взят за основу лидирующими на мировом образовательном пространстве университетов, являющимися со-творцами карьеры своих выпускников.

Второй подход [9], взятый на вооружение университетами, мыслящими категориями общества, фокусируется на создании конкурентного преимущества, приобретаемого благодаря внутренней эффективности деятельности (*resource-based view*). В данном случае долговременное конкурентное преимущество вуза может достигаться через развитие внутренних компетенций и повышение эффективности образования, а сама концепция *resource-based view* будет способствовать развитию организационных изменений применительно к вопросам стратегии. Именно этот подход, учитывающий специфические возможности и существующие учебные активы, может стать основой для построения модели университета, позволяющая повысить конкурентоспособность национальных вузов на любых рынках образовательных услуг, особенно для тех, которые достигли высокой зрелости. Здесь следует учитывать, что ключевые компетенции вуза влияют не только на успех целого ряда его услуг, но и для увеличения потенциала собственного роста. (Под ключевыми компетенциями (*core competencies*) на рынке образовательных услуг будем понимать то, что вуз умеет делать лучше, чем другие вузы – его конкуренты). Поэтому национальному вузу необходимо *перейти от представления о самом себе как о наборе конечных образовательных услуг к осознанию себя как центра создания ключевых компетенций и их последующего использования*. Таким образом, конкуренция на национальном рынке образовательных услуг смещается от противопоставления «специалист против специалиста» к противопоставлению «университет против университета».

Итак, ключевые компетенции вуза является основными парадигмами в его достижении конкурентных позиций на рынке образовательных услуг. Ключевые компетенции не могут быть созданы путем простой реорганизации имеющихся в наличии и имплементации новых элементов в процесс обучения. Их достижение лежит далеко не в плоскости рассмотрения статей баланса и финансовых ресурсов вуза. Именно совершенствование организационной структуры и процесса управления в наибольшей степени поддерживают ключевые компетенции вуза, формируя его новые возможности. Причём здоровая конкурентная среда на рынке образовательных услуг не должна позволить вузу достичь своего конкурентного преимущества через административно-монопольное положение. Здесь необходимо особо выделить значение системы корпоративных ценностей, корпоративной этики и организационных норм, разделяемых всеми профессорско-преподавательским и вспомогательным коллективами национального вуза.

Теперь, наконец, определим: какую систему (субъект) образования можно считать конкурентоспособной? В контексте вышеприведенных обсуждений сформулируем сле-

дующий консолидированный вывод: для повышения конкурентоспособности вуза необходимо привести поддерживаемый им образовательный процесс в соответствие к требованиям ускоренно меняющегося мира профессиональной деятельности. Более конкретно, вузам необходимо совершенствовать стандарты образования и методы, с помощью которых они поддерживают процесс обучения и его результаты, с тем, чтобы приобретаемые знания и развиваемые профессиональные навыки выпускников можно было чётко сопоставить с потребностями рынка труда.

Анализ национального рынка образовательных услуг на протяжении последних лет показал, что далеко не все вузы готовы и, самое главное, могут работать в конкурентной среде. Возможность осуществления конкурентоспособных образовательных услуг (что само по себе очень важно) не позволяет многим из них эффективно обозначить и реализовывать своё преимущество из-за неумения пользоваться средствами образовательного маркетинга, в частности:

- средствами адаптивного формирования списка специальностей, по которым ведётся подготовка;
- гибкой ценовой политикой;
- созданием и углублением тесных, устойчивых связей с предприятиями и организациями, предоставляющими рабочие места выпускникам;
- эффективными методами организации учебного процесса;
- поддержание преемственности до вузовского и вузовского образования и т.д.

Таким образом, каждому национальному вузу необходимо правильно оценить создавшуюся конъюнктуру национального рынка образовательных услуг (и не только), с тем, чтобы предложить адекватные средства конкуренции с учетом своих собственных особенностей.

Первой и, пожалуй, наиболее сложной фазой данной работы является исследование причинно-следственных связей на пути достижения собственных конкурентных преимуществ. Конечным результатом такого осмысления должен стать выбор стратегии вуза на рынке образовательных услуг, которая формируется на основе исследования маркетинговой среды вуза, оценки конкурентной позиции образовательных услуг на рынке труда и оценки конкурентоспособности образовательной услуги вуза, в частности. (рис. 1) [9].

Отправляясь от общей схемы выработки стратегии вуза, представленной на рис.1, рассмотрим причинно-следственные связи, характеризующие текущую рыночную обстановку, с тем, чтобы определить эффективные средства конкуренции и выбор соответствующей стратегии.

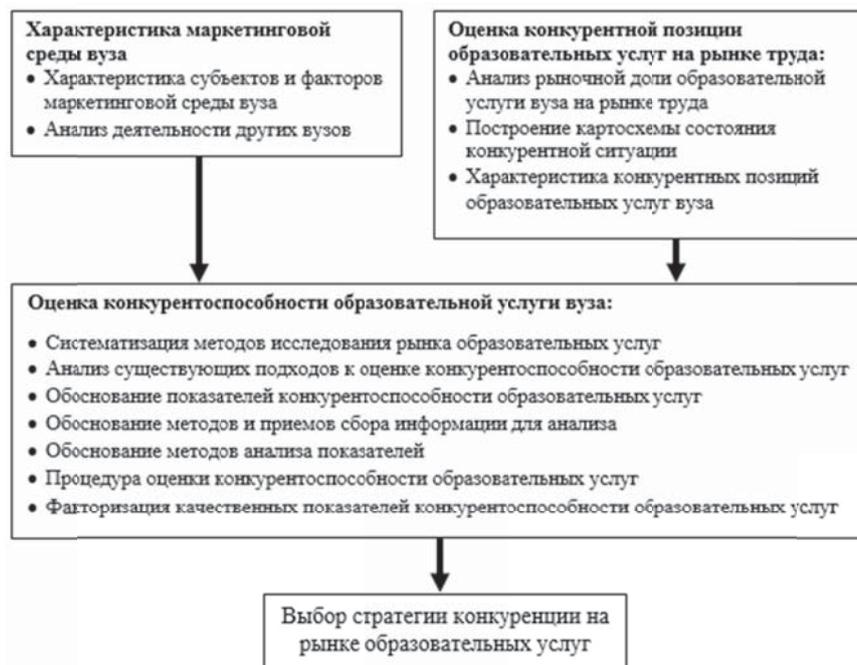


Рис.1. Выбор стратегии вуза на рынке образовательных услуг

Оценка маркетинговой среды вуза. Характеристики маркетинговой среды вуза – необходимы, чтобы проанализировать весь комплекс субъектов и факторов, образующих микро- и макросреду вуза. Поэтому рассмотрим каждый из видов характеристик отдельно.

1. Характеристика субъектов и факторов маркетинговой среды вуза.

Здесь необходимо уточнить общие понятия маркетинговых микро- и макросред, а также внешней и внутренней среды вуза. Существуют различные описания этим средам [9, стр.56]. Тем не менее, руководствуясь мнением большинства учёных-экономистов о маркетинговой среде компании, будем считать, что микросреда вуза включает внешнее его окружение, с которыми вуз осуществляет непосредственное взаимодействие. Под макросредой будем понимать систему глобальных факторов, в условиях которых вынужден функционировать вуз и на которые он не в состоянии оказывать влияние, но которые он обязан учитывать в своей маркетинговой деятельности.

Анализ маркетинговой среды функционирования вуза позволяет выявить целый ряд экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) факторов воздействия на конкурентоспособность вуза.

❖ Экзогенные факторы прямого воздействия, в том числе:

- государство, включая надзорные и фискальные структуры;
- абитуриенты;
- средние учебные заведения;
- медийные структуры;
- природно-климатические факторы.

- ❖ Экзогенные факторы косвенного воздействия, в том числе:
 - состояние национальной экономики;
 - социально-демографические;
 - социально-культурные;
 - политико-правовые.
- ❖ Эндогенные факторы, в том числе:
 - преследуемая вузом цель;
 - применяемая технология обучения,
 - организационная структура вуза,
 - профессорско-преподавательский и вспомогательный персонал.

2. Анализ деятельности других вузов.

Анализ поведения других вузов следует рассматривать в контексте общего исследования рынка предоставления образовательных услуг, направленного на обеспечение конкурентных преимуществ. Как показывает практика, исследования такого рода являются обязательным условием успеха обучающих технологий и услуг, предлагаемых на рынке труда. Исследования эффективны в том случае, когда они индуцируют не просто информацию, а необходимые знания, обеспечивающие руководство вуза дополнительными средствами для улучшения системы управления образовательными бизнес-процессами.

Для достижения конкурентных преимуществ относительно других вузов главным является правильная маркетинговая ориентация вуза, которая, несомненно, должна учитывать его учебно-воспитательный и научно-исследовательский потенциалы, а также сложившуюся конъюнктуру рынка. Доминирующими здесь должны стать уточнённые приоритеты вуза в его маркетинговой кампании, которые подразумевали бы основные ориентиры учебно-воспитательной, научно-исследовательской и хозяйственно-экономической деятельности вуза в создавшихся рыночных условиях.

3. Многокритериальная оценка маркетинговой среды с применением метода нечёткого логического вывода.

Обзор приведённых характеристик позволяет выявить следующие 13 критериев, используемых для оценки маркетинговой среды с учётом деятельности других вузов: x_1 – поддержка государства; x_2 – конкурс абитуриентов; x_3 – связи с средними школами; x_4 – популяризация медийными структурами; x_5 – состояние национальной экономики; x_6 – социально-демографические условия; x_7 – социально-культурное положение общества; x_8 – политико-правовое обеспечение общества; x_9 – целевое ориентирование; x_{10} – применяемая технология обучения; x_{11} – организационная структура вуза; x_{12} – уровень профессорско-преподавательского состава и подготовки вспомогательного персонала; x_{13} – число вузов-конкурентов. Очевидно, что для проведения аналитических исследований необходим статистический анализ маркетинговой среды по каждому из этих критериев, что само по себе является достаточно трудоёмким процессом, требующим достоверность в полученной информации.

Мы исходим из того, что статистический анализ – это предмет отдельного рас-

смотрения. Нашей же целью является построения причинно-следственных связей, для реализации которых мы будем использовать механизм нечёткого логического вывода. Выбор данного механизма обосновывается прежде всего тем, что перечисленные критерии оценки маркетинговой среды вуза лучше всего отражаются в виде лингвистических переменных, значениями которых являются термы, например, слабо структурированные значения вида: «ДОСТАТОЧНЫЙ», «ВЫСОКИЙ», «ПРИЕМЛЕМОЕ» и т.д. На сегодняшний день наиболее адекватным средством описания таких слабо структурированных термов являются нечёткие множества [10], которые успешно применяются для принятия решений в условиях неопределенности.

Итак, полагая перечисленные выше критерии x_k лингвистическими переменными, построим причинно-следственные связи в виде следующих импликативных рассуждений:

d_1 : «Если осуществляемая государством поддержка является достаточной, текущее состояние национальной экономики является устойчивым, в социально-демографической динамике наблюдается рост, целевое ориентирование вуза обоснованное и уровень профессорско-преподавательского состава и подготовки вспомогательного персонала высокая, тогда маркетинговая среда вуза является благоприятной»;

d_2 : «Если вдобавок к вышеописанным требованиям конкурс абитуриентов в вуз высокий, текущее социально-культурное положение общества является высоким, организационная структура вуза сбалансированная и число вузов-конкурентов высокое, тогда маркетинговая среда вуза является более чем благоприятная»;

d_3 : «Если дополнительно к оговоренным в d_2 условиям вуз поддерживает с средними школами тесные связи, популяризация вуза в медийных структурах непрерывная, политико-правовое обеспечение общества подходящее, применяет современные технологии обучения, тогда маркетинговая среда вуза является безупречной»;

d_4 : «Если маркетинговая среда характеризуется всем оговоренным в d_3 , кроме информации о популяризации медийными структурами и целевом ориентировании вуза, тогда его маркетинговая среда является очень благоприятной»;

d_5 : «Если осуществляемая государством поддержка является достаточной, конкурс абитуриентов высокий, текущее состояние национальной экономики является устойчивым, в социально-демографической динамике наблюдается рост, текущее социально-культурное положение общества является высоким, политико-правовое обеспечение общества подходящее, целевое ориентирование вуза обоснованное, вуз применяет современные технологии обучения, уровни профессорско-преподавательского состава и подготовки вспомогательного персонала высокие и число вузов-конкурентов высокое, но при этом вуз не поддерживает тесных связей с средними школами, не популяризуется в средствах массовой информации, и его организационная структура несбалансированная, тогда маркетинговая среда вуза все же является благоприятной»;

d_6 : «Если конкурс абитуриентов в вуз невысокий, вуз не применяет современные технологии в обучении, его организационная структура несбалансированная, а уровни профессорско-преподавательского состава и подготовки вспомогательного персонала

невысокие, тогда маркетинговая среда вуза является неблагоприятной».

Анализ приведённых высказываний позволяет выявить 13 входных (x_k – характеристики маркетинговой среды вуза) и одну выходную (y – *благоприятствование* маркетинговой среды вуза) характеристики. Принимая их в виде лингвистических переменных в приведённых причинно-следственных связях, модель для оценки маркетинговой среды вуза построим в виде следующих нечётких логических правил:

d_1 : «Если x_1 =ДОСТАТОЧНАЯ и x_5 =УСТОЙЧИВОЕ и x_6 =ДИНАМИЧНО ВОЗРАСТАЮЩАЯ и x_9 =ОБОСНОВАННОЕ и x_{12} =ВЫСОКИЙ, тогда y =БЛАГОПРИЯТНАЯ»;

d_2 : «Если x_1 =ДОСТАТОЧНАЯ и x_2 =ВЫСОКИЙ и x_5 =УСТОЙЧИВОЕ и x_6 =ДИНАМИЧНО ВОЗРАСТАЮЩАЯ и x_7 =ВЫСОКОЕ и x_9 =ОБОСНОВАННОЕ и x_{11} =СБАЛАНСИРОВАННАЯ и x_{12} =ВЫСОКИЙ и x_{13} =БОЛЬШОЕ, тогда y =БОЛЕЕ ЧЕМ БЛАГОПРИЯТНАЯ»;

d_3 : «Если x_1 =ДОСТАТОЧНАЯ и x_2 =ВЫСОКИЙ и x_3 =ТЕСНЫЕ и x_4 =НЕПРЕРЫВНАЯ и x_5 =УСТОЙЧИВОЕ и x_6 =ДИНАМИЧНО ВОЗРАСТАЮЩАЯ и x_7 =ВЫСОКОЕ и x_8 =ПОХОДЯЩЕЕ и x_9 =ОБОСНОВАННОЕ и x_{10} =СОВРЕМЕННАЯ и x_{11} =СБАЛАНСИРОВАННАЯ и x_{12} =ВЫСОКИЙ и x_{13} =БОЛЬШОЕ, тогда y =БЕЗУПРЕЧНАЯ»;

d_4 : «Если x_1 =ДОСТАТОЧНАЯ и x_2 =ВЫСОКИЙ и x_3 =ТЕСНЫЕ и x_5 =УСТОЙЧИВОЕ и x_6 =ДИНАМИЧНО ВОЗРАСТАЮЩАЯ и x_7 =ВЫСОКОЕ и x_8 =ПОХОДЯЩЕЕ и x_{10} =СОВРЕМЕННАЯ и x_{11} =СБАЛАНСИРОВАННАЯ и x_{12} =ВЫСОКИЙ и x_{13} =БОЛЬШОЕ, тогда y =ОЧЕНЬ БЛАГОПРИЯТНАЯ»;

d_5 : «Если x_1 =ДОСТАТОЧНАЯ и x_2 =ВЫСОКИЙ и x_3 =НЕ ТЕСНЫЕ и x_4 =ПОПЕРЕМЕННАЯ и x_5 =УСТОЙЧИВОЕ и x_6 =ДИНАМИЧНО ВОЗРАСТАЮЩАЯ и x_7 =ВЫСОКОЕ и x_8 =ПОХОДЯЩЕЕ и x_9 =ОБОСНОВАННОЕ и x_{10} =СОВРЕМЕННАЯ и x_{11} =НЕСБАЛАНСИРОВАННАЯ и x_{12} =ВЫСОКИЙ и x_{13} =БОЛЬШОЕ, тогда y =БЛАГОПРИЯТНАЯ»;

d_6 : «Если x_2 =НЕВЫСОКИЙ и x_{10} =НЕСОВРЕМЕННАЯ и x_{11} =НЕСБАЛАНСИРОВАННАЯ и x_{12} =НЕВЫСОКИЙ, тогда y =НЕБЛАГОПРИЯТНАЯ».

В данном случае множество решений характеризуется набором критериев x_k ($k=1\div 13$), то есть лингвистических переменных, заданных на универсумах U_k соответственно. Используемые в правилах d_1 – d_6 термы этих лингвистических переменных, например, таких как терм ДОСТАТОЧНАЯ переменной x_1 , описываются нечёткими множествами \tilde{A}_k ($k=1\div 13$) с соответствующими функциями принадлежности $\mu_{\tilde{A}_k}(u_k)$, где $u_k \in U_k$. Для построения функций принадлежности $\mu_{\tilde{A}_k}(u_k)$ и, соответственно, для реализации правил d_1 – d_6 необходим статистический набор по каждой их рассматриваемых характеристик маркетинговой среды. Но это уже предмет следующего исследования.

Касательно термов выходной лингвистической переменной y , в качестве универсума выберем дискретное множество $J=\{0; 0.1; 0.2; \dots; 1\}$. Тогда используемые в правых частях импликативных правил термы можно описать следующими нечёткими множествами с соответствующими функциями принадлежности [12]:

- \tilde{F} =БЛАГОПРИЯТНАЯ, $\mu_{\tilde{F}}(j) = j, j \in J$;
- $M\tilde{F}$ =БОЛЕЕ ЧЕМ БЛАГОПРИЯТНАЯ, $\mu_{M\tilde{F}}(j) = \sqrt{j}, j \in J$;

- \tilde{P} = БЕЗУПРЕЧНАЯ, $\mu_{\tilde{P}}(j) = \begin{cases} 1, & j=1, \\ 0, & j < 1, \end{cases} \quad j \in J;$
- \tilde{VF} = ОЧЕНЬ БЛАГОПРИЯТНАЯ, $\mu_{\tilde{VF}}(j) = j^2, \quad j \in J;$
- \tilde{UF} = НЕБЛАГОПРИЯТНАЯ, $\mu_{\tilde{UF}}(j) = 1 - j, \quad j \in J.$

Оценка конкурентной позиции образовательных услуг на рынке труда. Как показано на рис. 1, оценка конкурентной позиции образовательных услуг вузов складывается из совокупности следующих трёх действий.

1. Анализ рыночной доли образовательных услуг вуза на рынке труда. Прежде всего уточним суть понятия «образовательная услуга», которое в разных научных изданиях имеет различные толкования. В контексте нашего исследования, в котором образовательная услуга трактуется нами как процесс, наиболее подходящим ее определением будет: «целенаправленный, логически последовательный процесс передачи конечным и промежуточным потребителям определенной совокупности знаний, умений и практических навыков общеобразовательного и специального характера по установленной программе» [11].

Очевидно, что любая образовательная услуга является консолидированным благом, отвечающим, во-первых, личным потребностям конкретного индивидуума (т.е. конечного потребителя), во-вторых, корпоративным интересам предприятия-работодателя и, в-третьих, социально-общественным интересам государства. Поэтому имеют место и следующие три частных определения [9].

❖ *С позиции частного (физического) лица*, образовательная услуга – это процесс передачи ему совокупности знаний и навыков общеобразовательного и специального характера, необходимых для удовлетворения его потребностей в приобретении профессии, саморазвитии и самоутверждении, который осуществляется в тесном контакте с потребителем по установленной учебной программе и форме.

❖ *С позиции предприятия-работодателя*, образовательная услуга – это процесс подготовки (в т.ч. повышения квалификации, переподготовки) профессиональных кадров предприятия, необходимых для обеспечения его работоспособности, поддержания конкурентоспособности и развития в постоянно изменяющихся рыночных условиях.

❖ *С позиции государства*, образовательная услуга – это процесс, обеспечивающий расширенное воспроизводство совокупного личностного и интеллектуального потенциала общества.

Но нас больше интересует первое определение, которое с содержательной точки зрения позволяет интерпретировать образовательную услугу, как набор специальностей, характеризующихся глубиной и объёмом передаваемых знаний и навыков. Поэтому в дальнейшем под образовательной услугой будем понимать *специальность* вуза.

Теперь введём понятие рыночной доли специальности вуза на рынке труда, которая, собственно, и определяет степень конкурентоспособности специальности вуза, т.е. отражает удельный вес его образовательных услуг на рынке труда. Очевидно, что доми-

нирование образовательных услуг вуза на рынке труда позволяет его руководству управлять уровнями спроса и предложения по рассматриваемой группе специальностей. Само значение рыночной доли i -го вуза по j -ой специальности ($РДС_{ij}$) для конкретного региона рассчитывается следующим тривиальным образом:

$$РДС_{ij} = \frac{КВ_{ij}}{\sum_{i=1}^n КВ_{ij}} \quad (j = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

где $КВ_{ij}$ – количество выпускников i -го вуза, трудоустроенных по j -ой специальности; $\sum_{i=1}^n КВ_{ij}$ – количество выпускников всех n вузов, трудоустроенных по j -ой специальности.

Для статической оценки $РДС_{ij}$ необходимо иметь в виду, что показатель $КВ_{ij}$ для i -го вуза должен рассчитываться с учётом действующей классификации специальностей, в рамках единой границы рынка труда и для фиксированного интервала времени. Более того, конъюнктура рынка образовательных услуг, как, собственно, и любого другого рынка, достаточно переменчива, т.к. в условиях совершенной конкуренции равновесное состояние рынка длится не долго. В этом случае следует проводить маржинальный анализ показателя $РДС_{ij}$, устанавливая тенденцию его изменения ($\Delta РДС_{ij}$) и связанное с ней изменение конкурентной позиции образовательной услуги.

2. Построение картосхемы состояния конкурентной ситуации.

По завершении анализа деятельности вуза необходимо построить так называемую картосхему конкурентной ситуации, т.е. провести классификацию специальностей вуза по занимаемой ими позиции на рынке труда. Картосхема, как графическое изображение конкурентных позиций вуза по показателям $РДС_{ij}$ и $\Delta РДС_{ij}$, обеспечивает наглядность в проведении анализа рыночной доли образовательной услуги вуза. При этом, каждая специальность интерпретируется в виде точки в двумерной декартовой системе координат с осями $РДС_{ij}$ и $\Delta РДС_{ij}$.

3. Характеристика конкурентных позиций образовательных услуг вуза.

В [9] представлена классификация конкурентных позиций специальности вуза на рынке образовательных услуг. В табл. 1 приведены 5 классов конкурентных позиций специальности с соответствующими признаками классификации.

Вполне очевидно, что в простейшем случае существующую причинно-следственную связь между представленными в табл. 1 характеристиками конкурентной позиции специальности, с одной стороны, и, собственно, самой позицией, с другой, можно построить с применением, например, двухфакторной регрессионной модели или статистического метода двумерной корреляции. Однако для описания всего многообразия возможных состояний анализируемых специальностей вуза на рынке образовательных услуг этого совершенно недостаточно. Как отмечено в [9], мотивация спроса образовательных услуг и конкурентного взаимодействия между вузами является достаточно сложным многофакторным процессом и для его описания необходимо применять современные методы многомерного статистического анализа.

Табл. 1

Классификация конкурентных позиций специальностей на рынке образовательных услуг

№№	Наименование класса	Признак классификации ($\text{РДС}_{ij} + \Delta\text{РДС}_{ij}$)
1	Лидеры рынка образовательных услуг	Специальность с сильной и улучшающейся конкурентной позицией
2	Претенденты на лидерство	Специальность с сильной и не изменяющейся конкурентной позицией Специальность со средней и улучшающейся конкурентной позицией
3	Норма	Специальность со средней и не изменяющейся конкурентной позицией
4	«Окопавшиеся» в рыночных нишах	Специальность со слабой и не изменяющейся конкурентной позицией Специальность со средней и ухудшающейся конкурентной позицией
5	Аутсайдеры рынка образовательных услуг	Специальность со слабой и ухудшающейся конкурентной позицией

Со своей стороны, мы предлагаем использовать метод нечёткого логического вывода, который, как известно, позволяет аппроксимировать искомую многомерную функциональную зависимость [13]. С этой целью за основу выберем следующие информационные фрагменты:

e_1 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности большая и наблюдается устойчивая тенденция к ее увеличению, тогда данный вуз является лидером на рынке образовательных услуг»;

e_2 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности большая и наблюдается устойчивая тенденция к ее сохранению, тогда данный вуз является претендентом на лидерство на рынке образовательных услуг»;

e_3 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности средняя и наблюдается устойчивая тенденция к ее увеличению, тогда данный вуз также является претендентом на лидерство на рынке образовательных услуг»;

e_4 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности средняя и наблюдается устойчивая тенденция к ее сохранению, тогда данный вуз является «средняком» на рынке образовательных услуг»;

e_5 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности низкая и наблюдается устойчивая тенденция к ее сохранению, тогда данный вуз позиционируется на «низких» нишах рынка образовательных услуг»;

e_6 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности средняя и наблюдается устойчивая тенденция к ее уменьшению, тогда данный вуз также позиционируется на «низких» нишах рынка образовательных услуг»;

e_7 : «Если рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности низкая и наблюдается устойчивая тенденция к ее уменьшению, тогда данный вуз является аутсайдером на рынке образовательных услуг».

Анализ приведенных высказываний позволяет выявить три критерия, используемых для оценки позиции j -ой специальности i -го вуза на рынке образовательных услуг: x_1 – рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности; x_2 – тенденция изменения; y – наименование позиции. Полагая x_1 и x_2 входными лингвистическими характеристиками, а y – выходной лингвистической характеристикой искомой модели (см. табл. 2), запишем приведенные высказывания в нотации следующих нечётких импликативных правил:

Табл. 2

Переменные системы нечёткого логического вывода

Входные лингвистические переменные	x_1	Имя переменной	Рыночная доля i -го вуза по j -ой специальности ($РДС_{ij}$)
		Терм-множества	МАЛАЯ, СРЕДНЯЯ, БОЛЬШАЯ
		Диапазон значений	[0, 1]
	x_2	Имя переменной	Тенденция изменения $РДС_{ij}$
		Терм-множества	УМЕНЬШАЕТСЯ, НЕИЗМЕННАЯ, УВЕЛИЧИВАЕТСЯ
		Диапазон значений	$[-90^\circ, 90^\circ]$
Выходная лингвистическая переменная	y	Имя переменной	Занимаемая позиция (на рынке образовательных услуг)
		Терм-множества	АУТСАЙДЕР, ПОЗИЦИОНИРУЕТСЯ НА НИЗКИХ НИШАХ (рынка образовательных услуг), СЕРЕДНЯК, ПРЕТЕНДЕНТ НА ЛИДЕРСТВО, ЛИДЕР
		Диапазон значений	[0, 1]

e_1 : «Если x_1 =БОЛЬШАЯ и x_2 =УВЕЛИЧИВАЕТСЯ, тогда y =ЛИДЕР»;

e_2 : «Если x_1 =БОЛЬШАЯ и x_2 =НЕИЗМЕННАЯ, тогда y =ПРЕТЕНДЕНТ НА ЛИДЕРСТВО»;

e_3 : «Если x_1 =СРЕДНЯЯ и x_2 =УВЕЛИЧИВАЕТСЯ, тогда y =ПРЕТЕНДЕНТ НА ЛИДЕРСТВО»;

e_4 : «Если x_1 =СРЕДНЯЯ и x_2 =НЕИЗМЕННАЯ, тогда y =СЕРЕДНЯК»;

e_5 : «Если x_1 =МАЛАЯ и x_2 =НЕИЗМЕННАЯ, тогда y =ПОЗИЦИОНИРУЕТСЯ НА НИЗКИХ НИШАХ»;

e_6 : «Если x_1 =СРЕДНЯЯ и x_2 =УМЕНЬШАЕТСЯ, тогда y =ПОЗИЦИОНИРУЕТСЯ НА НИЗКИХ НИШАХ»;

e_7 : «Если x_1 =МАЛАЯ и x_2 =УМЕНЬШАЕТСЯ, тогда y =АУТСАЙДЕР».

Приведенные правила являются базовыми для установления позиции специальности вуза на рынке образовательных услуг. Их можно достаточно легко и быстро реализовать в нотации пакета MATLAB после проведения статистического анализа рыночных долей специальностей вузов региона и изучения картосхемы состояния конкурентной ситуации на рынке образовательных услуг.

Для разработки всеобъемлющей системы оценки конкурентоспособности образо-

вательных услуг необходимо также определить и вовлечь в вычислительный процесс данные о показателях, применяемых ведущими международными рейтинговыми агентствами [18]. Таковыми являются показатели:

- академического авторитета вуза;
- количества научных ссылок, приходящихся в среднем на одного члена академического сообщества вуза;
- соотношения числа преподавателей и студентов;
- компетенций работодателей с точки зрения их возможностей нанимать выпускников вузов;
- о количестве зарубежных преподавателей, приглашенных для чтения лекций и проведения тренингов;
- о количестве обучающихся зарубежных студентов;
- о полном составе обслуживаемых специальностей;
- о направлении проводимых в вузе научно-методических исследований;
- об объеме спроса на предоставляемые услуги на рынке труда;
- составе потенциальных потребителей предоставляемых услуг;
- о распределении средств по направлениям деятельности и между подразделениями вуза;
- о принципах поддержки и наращивания квалификационного уровня преподавателей и сотрудников;
- о принципах проводимой ценовой политики на выполняемые государственные и хозрасчетные услуги;
- показателей предпочтительности образовательных и смежных услуг вуза по сравнению с конкурентами и научными организациями;
- о структуре источников финансирования;
- о соотношении между текущим потреблением и инвестициями в развитие.

В результате мы имеем дело с очень большим числом факторов, влияющих на интегральную оценку конкурентоспособности вуза. Поэтому консолидацию этой оценки в дальнейшем целесообразно проводить по группам показателей, предложенных в [9], которые мы упорядочили в виде следующей табл. 3.

Заключение. Предлагаемые в статье модели, основанные на применении метода нечёткого вывода – это только первый шаг на пути создания гибкой и универсальной методики оценки конкурентоспособности вузов, которая могла бы в будущем конкурировать с известными методиками оценки конкурентоспособности образовательных услуг, например, с методикой рейтинговых оценок британских и немецких университетов [14]; компьютерной программой «Рейтинг вузов России», разработанной лабораторией Уральского лесотехнического института [15]; методикой, используемой для составления рейтинг-листа ведущих американских бизнес-школ журнала «L.S.News and World Report» [16]; методикой А.П. Панкрухина [17] и пр.

Табл. 3

Показатели деятельности вуза

№№	Название группы	Характеристика
1	Показатели экономичности	Отражают соотношение достигаемых вузом результатов и затрачиваемых ресурсов
2	Показатели качества обучения	Отражают степень соответствия образовательной услуги требованиями и ожиданиям работодателей, а также государственным стандартам
3	Показатели условий обучения	Характеризуют обеспеченность вуза современным учебным оборудованием, доступность и качество учебной и научной литературы, уровень применения ИКТ, а также степень соответствия принятых условий учебы и труда требованиям санитарии, экологии и безопасности
4	Показатели результативности	Оценивают востребованность выпускников вуза по конкретной специальности на рынке труда
5	Показатели потенциала	Отражают возможности вуза в учебно-методической, научно-педагогической, хозяйственно-экономической деятельности
6	Показатели адаптивности	Отражают оперативность реагирования вуза на изменяющиеся потребности общества

Причинно-следственные связи для оценок маркетинговой среды и конкурентоспособности образовательных услуг реализованы на основе базовых нечётких лингвистических правил, которые хоть и не оптимизированы (с параметрической и структурной точек зрения), но все же отличаются непротиворечивостью и достаточно высокой степенью объективности. Среди рассмотренных характеристик, влияющих на маркетинговую среду вузов и конкурентоспособность образовательных услуг на рынке труда, многие являются слабо структурированными и/или неструктурированными, *т.е. такими, о которых известна их принадлежность к определенному типу. Для получения более адекватных результатов лучше всего их представлять интервально, например, как $x \in [x_{min}, x_{max}]$, или, ещё лучше, в виде утверждений типа «БОЛЬШОЕ», т.е. в виде термов (значений) лингвистических переменных, описываемых нечёткими множествами.*

REFERENCE

1. **Rubin Ju.B.** Diskussionnye voprosy sovremennoj teorii konkurencii // *Sovremennaja konkurencija*. 2010. № 3(21). S. 38-67.
Рубин Ю.Б. Дискуссионные вопросы современной теории конкуренции // *Современная конкуренция*. 2010. № 3(21). С. 38-67.
2. **Kovalenko A.I.** Teoreticheskie i metodologicheskie aspekty ispolzovanija koncepcii «konkurentosposobnosti» v nauchnyh issledovanijah // *Sovremennaja konkurencija*. 2013. № 6 (42). S. 65-79.
Коваленко А.И. Теоретические и методологические аспекты использования концепции «конкурентоспособности» в научных исследованиях // *Современная конкуренция*. 2013. № 6 (42). С. 65-79.

3. **Zavgorodnjaja A.V., Mierin L.A.** Transfer tehnologij i jeffektivnaja realizacija innovacij v vysshej shkole // Izvestija Sankt-Peterburgskogo universiteta ekonomiki i finansov. – 2000. – № 1. – S. 63–75.
Завгородняя А.В., Миэринь Л.А. Трансфер технологий и эффективная реализация инноваций в высшей школе // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2000. – № 1. – С. 63–75.
4. **Ivanov V.S., Gagarina A.V.** Organizacija sistemy podgotovki kadrov dla ekonomiki regiona. – Jaroslavl, RF, 2005
Иванов В.С., Гагарина А.В. Организация системы подготовки кадров для экономики региона. – Ярославль, РФ, 2005
5. **Koksharov V.A.** Obzor socialno-ekonomicheskikh problem professionalnogo obrazovanija // Socialno-ekonomicheskie problemy professional'nogo obrazovanija: sb. nauch. tr. – Ekaterinburg, RF, 1995.
Кокшаров В.А. Обзор социально-экономических проблем профессионального образования // Социально-экономические проблемы профессионального образования: сб. науч. тр. – Екатеринбург, РФ, 1995.
6. **Korzhuev A.V., Popov V.A.** Vuzovskoe i poslevuzovskoe professionalnoe obrazovanie: kriticheskoe osmyslenie problem, poisk reshenij. – M. «Znanie», 2002.
Коржуев А.В., Попов В.А. Вузовское и послевузовское профессиональное образование: критическое осмысление проблем, поиск решений. – М. «Знание», 2002.
7. **Mardanov M.J.** Rol vysshego obrazovanija v formirovanii obshhestva // Vysshee Obrazovanie i Obshhestvo. Nauchno-metodicheskij zhurnal. 2012. № 1. – S. 7–10. (na azerb.)
Марданов М.Дж. Роль высшего образования в формировании общества // Высшее Образование и Общество. Научно-методический журнал. 2012. № 1. – С. 7–10. (на азерб.)
8. **Dihl E., Hershgen H.** Prakticheskij marketing: uchebnoe posobie. – M., 1996.
Дихтль Е., Хершген Х. Практический маркетинг: учебное пособие. – М., 1996.
9. **Asaul A.N., Kaparov B.M.** Upravlenie vysshim uchebnym zavedeniem v uslovijah nacionalnoj ekonomiki / Pod red. d.je.n., prof. A.N. Asaula – SPb.: «Gumanistika», 2007. – 280 s.
Асаул А.Н., Капаров Б.М. Управление высшим учебным заведением в условиях национальной экономики / Под ред. д.э.н., проф. А.Н. Асаула – СПб.: «Гуманистика», 2007. – 280 с.
10. **Zade L.** Ponjatje lingvisticheskoj peremenoj i ego primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij. Matematika. Novoe v zarubezhnoj nauke: Per. s angl.:/ Pod red. N.N. Moiseeva i S.A. Orlovskogo – M.: «Mir», 1976, 166 s.
Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Математика. Новое в зарубежной науке: Пер. с англ.:/ Под ред. Н.Н. Моисеева и С.А. Орловского – М.: «Мир», 1976, 166 с.
11. **Kuznecova S.P.** Issledovanie i razrabotka metodov stoimostnoj ocenki obrazovatel'nyh uslug vysshih uchebnyh zavedenij: avtoref. dis. na soisk. uch. step. dokt. ekon. nauk. – SPb., 1998.
Кузнецова С.П. Исследование и разработка методов стоимостной оценки образовательных услуг высших учебных заведений: автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. экон. наук. – СПб., 1998.
12. **Rzaev R.R.** Intellektualnyj analiz dannyh v sistemah podderzhki prinjatija reshenij. – M.: Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. – 130 s.
Рзаев Р.Р. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. – М.: Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. – 130 с.

13. **Kruglov V.V.** Srovnienie algoritmov Mamdani i Sugeno v zadache approksimacii funkicii // Nejrokompjutery: razrabotka, primenenie. – 2003. – № 5. – s. 70–82.
Круглов В.В. Сравнение алгоритмов Мамдани и Сугено в задаче аппроксимации функции // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2003. – № 5. – с. 70–82.
14. **Vasiljev Ju.S. i dr.** Ekonomika i organizacija upravljenja vuzom: uchebnoe posobie / – SPb., 2001. – s. 159-161.
Васильев Ю.С. и др. Экономика и организация управления вузом: учебное пособие / – СПб., 2001. – с. 159-161.
15. **Banslova V.B.** Issledovanie rynka uslug v oblasti biznes-obrazovanija i razrabotka instrumentov ih prodvizhenija : dis. na sois. uch. st. kand. jekon. nauk. – SPb., 1999. – s. 71.
Банслова В.Б. Исследование рынка услуг в области бизнес-образования и разработка инструментов их продвижения: дис. на соис. уч. ст. канд. экон. наук. – СПб., 1999. – с. 71.
16. Рейтинг экономических вузов // Экономическая школа. – 1992. – № 2. – с. 337–338.
Rejting jekonomicheskikh vuzov // Jekonomicheskaja shkola. – 1992. – № 2. – s. 337–338.
17. **Pankruhin A.P.** Marketing obrazovatel'nyh uslug // Marketing v Rossii i za rubezhom. – 1997. – ijul-avgust. – s. 79–85.
Панкрухин А.П. Маркетинг образовательных услуг // Маркетинг в России и за рубежом. – 1997. – июль-август. – С. 79–85.
18. Top Universities Guide 2013//Published by QS Quacquarelli Symonds Limited 7th revised and updated edition? January 2013, www.qs.com.

KEYFIYYƏT XASSƏLƏRİNİN QEYRİ-SƏLİS TƏHLİLİ ƏSASINDA ALİ TƏHSİL MƏKTƏBİNİN RƏQABƏTLİLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

M.C. MƏRDANOV, R.R. RZAYEV, Z.R. CAMALOV, A.K. XUDADOVA

Təhsil xidmətlərinin marketing fəzasının və əmək bazarında ali məktəbin rəqabət mövqeyinin qiymətləndirilməsi məqsədilə qeyri-səlis məntiqi çıxarılış üsuluna əsaslanan modellər işlənmişdir. Mövcud tədqiqatlar çərçivəsində ali təhsil məktəbinin rəqabətliliyinin qiymətləndirilməsi üzrə çevik və universal sisteminin işlənməsinə dair qeyri-səlis yanaşma təklif edilmişdir.

Açar sözlər: ali təhsil məktəbinin rəqabətliliyi, ali təhsil məktəbinin əsas kompetensiyaları, marketing fəzası, ali məktəbin strategiyası, qeyri-səlis çoxluq, implikativ qayda

THE COMPETITIVENESS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION BASED ON THE FUZZY ANALYSIS OF ITS QUALITY CHARACTERISTICS

M.D. MARDANOV, R.R. RZAEV, Z.R. JAMALOV, A.K. KHUDADOVA

The model uses the fuzzy inference to estimate the marketing space of educational services and the competitiveness of high educational institution on the labor market. In the context of presented study, the more flexible and universal system to evaluate the competitiveness of higher education institution is provided on the basis of fuzzy logic.

Key words: university competitiveness, key university competencies, marketing space, university strategy, fuzzy set, implicative rule.

Содержание 7 тома (январь – декабрь 2015)

Том 7. № 1

Физика прочности

Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х. Современные проблемы физики прочности и деформации твердых тел	7
Курбанов Р.А., Дышин О.А., Панахова Н.Д. Колебания на фрактальной дефектной структуре упругого твердого тела	17

Авиация

Пашаев А.М., Гурбанов Т.Б., Каримли Т.И. Двухканальный пьезоэлектрический акселерометр	29
---	----

Механика и машиностроение

Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Журавлев Д.Ю., Возный А.В., Красин П.С. Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть I)	36
Джавадов Н.Г., Кулиев Ф.Ф., Гумбатов М.Ш., Мехтиев А.М. Исследования опор турбинного счетчика на износостойкость	57
Джагангиров А.А. Несущая способность трехслойной волокнистой композитной кольцевой пластинки, защемленной по внутренней и свободно опертой по внешней кромкам	61

Нефтехимические технологии

Гасанов А.А. Массопередача при противоточной экстракционной очистке сточных вод в распылительной колонне и моделирование аппарата	71
--	----

Энергетика

Гулиев Г.Б. Метод интеллектуального управления потоком реактивной мощности в узлах нагрузки энергосистемы на основе fuzzy-логик	85
Мамедов Ф.Ф. Экологическая и экономическая оценка использования альтернативных энергетических установок в технологических процессах нефтедобычи ..	95

Экономика

Джавадова С.М. Расчет цены акций на основе стохастических моделей финансовых данных	102
Рзаев Аб.Г., Расулов С.Р. Информационная основа биологического нейрона	121

К дню рождения Арифа Пашаева	131
------------------------------------	-----

Том 7. № 2

Авиация

Пашаев А.М., Искендеров И.А., Агаев Е.А. Метод определения загруженности и центровки воздушных судов и оценка точности измерения	7
Джафарзаде Т.И. Анализ модели массового обслуживания с зависящими от состояний системы скачкообразными приоритетами	14

Механика и машиностроение

Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х., Джавадов М.Я., Дышин О.А. Диагностирование контактного взаимодействия твердых тел при трении с применением методов фрактального анализа	22
Гусейнов А.Г., Астанова Э.Р., Солдатов А.А. Принципы косвенного прогнозирования надежности топливной аппаратуры после ремонта	40
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Журавлев Д.Ю., Возный А.В., Красин П.С. Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть вторая)	44
Адыгезалов Ш.Ю. О разработке нормативно-технической базы по техническому регулированию производства	65

Нефтехимические технологии

Расулов С.Р., Салимова Н.А., Мустафаева Г.Р., Гусейнова Л.В. Исследование и разработка высокоэффективных катализаторов переработки углеводородов C ₃ -C ₄	71
Алиева Ф.Б., Усубалиев Б.Т., Муншиева М.К., Мурватов Ф.Т., Джалалудинов Ф.Ф., Мамедова З.А., Сафарова П.С. Синтез и физико-химические исследования комплексного соединения моноаква-трибензоато-монокислота (III)	82

Нефть и газ

Гурбанов А.Н. Исследование технологии компрессоров и газовых установок в процессе газоподдачи	90
Нуруллаев В.Х., Гахраманов Ф.С., Алиев С.Т. Теоретический анализ кавитационных технологий и изучение физико-химических свойств транспортируемой нефти в процессе кавитации	96
Гаджиев Г.К. Исследование влияния профиля ствола на работу установки скважинного штангового насоса	104
Ширали И.Я. Опыт крепления бокового ствола морской скважины «Умид 12» хвостовиком большого диаметра в осложненных горно-геологических условиях	111

Строительные материалы

Нагрузова Л.П., Попов Р.В. Использование отходов ферросплавных заводов при производстве бетонов заводского и монолитного изготовления	117
--	-----

Экология

Мамедов А.А., Ибадуллаев Ф.Ю. Реализация технологий биохимической очистки сточных вод в Азербайджане	123
Джахангир Джалал оглы Аскеров – 65 лет	131
Хроника	132

Прикладная физика	
Бадалов А.З., Зейналова Ш.Г. Релаксация неравновесного эффекта поля в $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Si-SiO}_2\text{-Al}$ структурах в режиме неравновесного обеднения	7
Авиация	
Мамедов А.З. Расчет параметров переходного процесса измерителя вертикальной скорости с системой магнитной левитации по условию обеспечения технического оптимума	18
Механика и машиностроение	
Киндрачук М.В., Вольченко Д.А., Крыштопа С.И., Журавлев Д.Ю. Оценка энергетических уровней различных типов контактов микровыступов пар трения трибосистемы	26
Халилов И.А. Экспериментальное исследование демпфирующей способности двухмассовой колебательной системы с фрикционной муфтой автомобиля	38
Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. Исследование качества поверхности деталей машин и оборудования эксплуатируемых в экстремальных условиях в зависимости от времени приработки	46
Шарифов З.З., Аббасов Э.О. Определение критической толщины диффузионного слоя, образуемого на рабочих поверхностях плунжерных пар	56
Джавадов Н.Г., Мамедов А.С., Мехтиев А.М. Исследование влияния геометрических параметров лабиринтного насоса на напор жидкости	61
Амиров Ф.Г. Классификация деталей, обрабатываемых на перенастраиваемых автоматических линиях из станков с числовым программным управлением	66
Гезалов С.К. Генетические алгоритмы решения многокритериальных задач транспортной логистики в условиях нечеткой неопределенности	76
Нефть и газ	
Исмаилов Г.Г., Нуруллаев В.Х., Зейналов Е.А. Графоаналитический метод для определения самотечных участков в нефтепроводах при установившемся режиме	91
Рзаев Х.Н. Зарубежный опыт строительства морских стационарных платформ	104
Нефтехимические технологии	
Мамедов Ч.И., Акперова К.Г. Синтез и применение бис-четвертичных аммониевых соединений в борьбе с ассоциатами и супрамолекулярными наноструктурами нефти	112
Амиров Ф.А., Наибова Т.М., Абдуллаева И.Г., Кулуева П.Х. Композиция на основе олигомеро-эластомерной смеси	116
Сельское хозяйство	
Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р. Основные направления развития и пути внедрения водосберегающей техники и технологии орошения в условиях Азербайджана	122
Строительная механика	
Салахов М.А. Проектирование организационно-технологических процессов возведения многоэтажных каркасных зданий	130
Рецензия	136
Хроника	138

Пашаев А.М. Азербайджанская инженерная академия – 10 лет	7
Поздравления	13
Физика прочности	
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Криштопа С.И., Стадник О.Б. Энергонагруженность фрикционных узлов тормозных устройств при различных режимах их нагружения	18
Авиация	
Абдуллаев Х.И. Разработка новой матрицы сцинтилляционных детекторов для устройств радиационной колориметрии	36
Механика и машиностроение	
Садыгов И.Р. Нелинейно-упругие деформации прямоугольных сетчатых пластинок переменной толщины при изгибе	41
Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А., Калбиев Ф.М. Определение рациональных параметров технологических операций при обработке высокоточных деталей машин, работающих в экстремальных условиях	50
Мамедов Э.Д. Результаты эксплуатационных испытаний опытных втулок на судовых двигателях внутреннего сгорания	59
Надиров У.М. Математические модели кинематических составляющих неровностей канавок, нарезанных вихревым методом на боковых поверхностях вращения	67
Нефть и газ	
Гулиев А.С., Гурбанов А.Н. Исследование причин конденсации в газовых линиях при транспортировке и в технологических оборудованных месторождения “Гюняшли” НГДУ “28 Мая”	75
Алиев А.Г., Гасанов А.М., Самедов Э.А., Мехтиев М.Г. Метод оценки объемов сжигаемого на факелах попутного газа с использованием фотоснимков высокого разрешения	85
Шмончева Е.Е., Абишев А. Г. Исследование технологических проблем проводки боковых стволов из бездействующих скважин	94
Нефтехимические технологии	
Расулов С.Р., Келбалиев Г.И., Рзаев Аб. Г., Мустафаева Г.Р., Оруджев В.В. Уплотнение нефтяного пласта в результате деформации и осаждения различных примесей	111
Информационные технологии	
Марданов М.Дж., Рзаев Р.Р., Джамалов З.Р., Худайова А.К. Оценка конкурентоспособности высшего учебного заведения на основе нечёткого анализа его качественных характеристик	113
Содержание 7 тома (январь – декабрь 2015)	131

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” jurnalının redaksiyasına göndərilən məqalələr aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir:

1. Məqalənin mövzusu və məzmunu jurnalın profilinə uyğun olmalı və fikirlər çox aydın yazılmalıdır.

2. Məqalə Azərbaycan, rus və ingilis dillərində yazıla bilər. Ciddi redaktə olunmalı və A4 formatda ağ kağızda çap olunmalı, səhifələnməli və bir nüsxədə təqdim edilməlidir. Eyni zamanda, məqalə elektron variantda CD diskində, Word for Windows mətn redaktoru formatında təqdim edilə, elektron poçtla göndərilə bilər.

3. Məqalənin birinci səhifəsinin yuxarı sol küncündə YDK indeksi olmalı, məqalənin adı, müəllifin (müəlliflərin) adı, soyadı və iş yerinin, çalışdığı təşkilatın tam ünvanı olmalıdır. Sonrakı səhifədə 0,5 səhifəlik həcmdə makina yazısı ilə rus dilində referat və əsas sözlük, məqalənin mətni, qeydlərin, ədəbiyyatın siyahısı; ingilis dilində müəllifin adı və soyadı, məqalənin adı, referatı əks olunmalıdır. Referat tədqiqatın mövzusu əldə edilən nəticələr haqqında dolğun məlumat verməlidir. (“Nəticə” bölməsini təkrar etməməlidir.) Məqalə bölmələrdən ibarət olmalıdır, məsələn: “Giriş”, “Məsələnin qoyuluşu”, “Sınaq üsulları”, “Sınağın nəticələri və onların müzakirəsi”, “Nəticə”.

4. Şəkillər və qrafiklər ayrıca vərəqlərdə təqdim edilib, aşağıdakı kimi tərtib olunmalıdır; ya ağ kağızda qara tuşla (6x9 sm ölçüsündən kiçik və 10x15 sm – dən böyük olmamaqla) və ya “Excel” cədvəl prosessorunun köməyi ilə.

Yarımtən fotosəkillər (orijinalar mütləq) parlaq kağızda təqdim olunur və kontrast əksi olmalıdır. Fotosəklin ölçüsü 6x6 sm-dən kiçik, 10x15 sm-dən böyük olmamalıdır.

5. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir. Hər cədvəlin öz başlığı olmalıdır. Cədvəllərdə mütləq ölçü vahidi göstərilməlidir.

Əlyazma mətnində şəkillər və cədvəllərin yeri göstərilir. Eyni bir məlumatı mətnə, cədvəldə və əlyazmada təkrarlamaq yolverilməzdir.

6. Məqalədə istifadə olunan işarələr bilavasitə mətnə açıqlanır.

7. Mətnə xarici soyadlar qeyd olunduqda, onların rus dilində yazılışından sonra mötərəzədə orijinalda olduğu dildə vermək lazımdır (ensiklopediyada olan məşhur soyadlar və ədəbiyyat siyahısında qeyd olunan soyadlar istisna olmaqla). Xarici müəssisələrin, firmaların, firma məhsullarının və s. adlarının rus dilində transliteriyası zamanı mötərəzədə onların adları orijinalda yazıldığı kimi verilməlidir.

8. Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri beynəlxalq ölçü vahidləri sistemində uyğun olmalıdır. Qəbul olunmuş sözlərdən başqa və s, və i.a., qısaldılmış sözlərdən istifadə etmək olmaz.

9. Ümumi ədəbiyyat siyahısı məqalənin sonunda ayrıca bir səhifədə göstərməli və tam bibliografik məlumatları əhatə etməlidir.

10. Məqalə bütün müəlliflər tərəfindən imzalanmalıdır. Müəlliflər özləri haqqında ayrıca səhifədə aşağıdakı məlumatları göstərməlidirlər: soyadı, adı, atasının adı, yazışmaq üçün poçt indeksi və dəqiq ünvan, iş yeri və tutduğu vəzifə, elmi dərəcəsi, hansı sahə üzrə mütəxəssisdir, həmçinin telefon (ev, xidməti) nömrələri, faksimel rabitə və elektron poçt ünvanı.

11. Müəssisədə yerinə yetirilən tədqiqatın nəticələrini açıqlayan məqalənin çap edilməsi üçün müvafiq yazılı razılıq olmalıdır.

12. Redaksiya məqalənin əsas məzmununa xələl gətirməyən redaktə dəyişiklikləri və ixtisarlara etmək hüququnu özündə saxlayır.

13. Məqalə çapa verilmədikdə redaksiya heyətinin qərarı barədə müəllifə məlumat verilir və əlyazma müəllifə qaytarılır. Redaksiyanın məqaləni yenidən işləmək haqqında müraciəti, onun çapa veriləcəyini ehtiva etmir, belə ki, ona əvvəl resenziyaçıları sonra isə redaksiya heyəti yenidən baxır. Çap üçün məqbul sayılmayan məqalə müəllifinin məqalənin çapına yenidən baxılması xahişi ilə redaksiya heyətinə müraciət etmək hüququ var.

14. Məqalənin korrekturası müəllifə göndərilir. Məqalə çap olunandan sonra redaksiya jurnalı göstərilən ünvana göndərir.

15. Məqalə sadalanan tələblərə cavab verməzsə baxılmaq üçün qəbul edilmir. Əlyazmanın daxil olduğu vaxt redaksiyanın mətnin son variantının redaksiyaya daxil olduğu gündən sayılır..

GUIDE FOR AUTHORS

Papers should meet the following requirements.

1. Contents of a paper should be written in line with the scope of the journal and clearly expressed.

2. The paper may be written in Azeri, Russian and English edited thoroughly and submitted in one copy to the Editorial Office. The manuscript should be printed on A4 white paper with all pages numbered. In addition, the authors must submit the electronic version of their manuscript either on a floppy (CD) or by e-mail in Word for Windows format.

3. The paper title printed in capitals on the first page is followed by the name(s) of the author(s), authors' affiliations and full postal addresses next to which are an abstract of no more than a half-page, keywords, the text itself, nomenclature, and references. At the end of the manuscript give, please, authors' names, the paper title, and the abstract in English. The abstract should outline the subject of the study and results obtained (please, do not duplicate the Conclusions). The text should be divided into sections, e.g. Introduction, Problem Formulation, Experimental Methods, Results and Discussion, Conclusions.

4. Each figure should be presented on a separate page as a drawing 6x9 to 10x15 cm in size or a printout made in the Excel, Quattro Pro or MS Graph processors.

Halftone photographs (only originals) should be glossy and contrast (6x6 to 10x15 cm in size).

Illustrations should be necessarily presented in electronic form as separate files of tif, pcx, bmp, psc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, and wmf formats.

5. Tables should be inserted into the text and have titles. Units are required to be indicated in tables.

The authors should mark in margins the location of illustrations and tables in the text. Please, do not duplicate data in the text, tables, and figures.

6. Notations should be explained when mentioned first in the text.

7. When citing foreign names in the text the authors should print them in the original in parenthesis after Russian transliteration except for generally known names included in encyclopedia and names cited in references. If names of foreign institutions, companies, products etc. are given in Russian their original spelling should be printed in parenthesis.

8. All measurements and data should be given in SI units, or if SI units do not exist, in an international accepted unit. The authors are advised to avoid abbreviations except for generally accepted ones.

9. Publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. References should be given in their original spelling, numbered in the order they appear in the text and contain full bibliography. Please, do not cite unpublished papers.

10. The manuscript should be signed by all authors. They should provide the following information on a separate sheet; name, surname, zip code and correct postal address for correspondence, organization or company name and position, title, research field, home and office phone numbers, fax number, and e-mail address.

11. The Editorial Board has the right to edit the manuscript and abridge it without misrepresenting the paper contents.

12. The Editorial Office informs the authors of paper denial and the reviewer's conclusion without returning the manuscript. A request to revise the manuscript does not imply that the paper is accepted for publication since it will be re-reviewed and considered by the Editorial Board. The authors of the rejected paper have the right to apply for its reconsideration.

13. Proofs are not sent to the authors. Three offprints of each paper will be supplied free of charge to the corresponding author.

14. Papers not meeting the above requirements are denied. The date of receipt of the final version by the Editorial Office is considered as the submission date.

15. In case of questions relating to paper submission and acceptance and the status of accepted papers, please, contact the Editorial Office.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Статьи, направляемые в редакцию журнала "Вестник Азербайджанской Инженерной Академии", должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Материал статьи должен соответствовать профилю журнала и излагаться предельно ясно.
2. Статья может быть написана на азербайджанском, русском и английском языках, тщательно отредактирована и представлена в одном экземпляре, распечатанном на белой бумаге формата А4 с пронумерованными страницами. Одновременно электронный вариант статьи представляется на CD, либо по электронной почте в формате текстового редактора Word for Windows.
3. В левом верхнем углу первой станицы статьи должен стоять индекс УДК, ниже располагаются название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов) и полный адрес организации, в которой он работает. Далее следуют на русском языке реферат статьи объемом до 0,5 стр. машинописного текста и ключевые слова, текст статьи, список обозначений, литература; на английском языке фамилия и инициалы авторов, название, реферат статьи и ключевые слова. Реферат должен давать представление о предмете исследования и полученных результатах (не дублировать с разделом "Заключение"). Статья должна содержать разделы, например; "Введение", "Постановка задачи", "Методы испытаний", "Результаты эксперимента и их обсуждение", "Заключение".
4. Рисунки и графики представляются на отдельных листах и должны быть выполнены: либо черной тушью на белой бумаге (размер не менее 6х9 и не более 10х15 см), либо при помощи табличных процессоров "Excel" и др. Полутонные фотографии (обязательно оригиналы) представляются на глянцевого бумаги и должны иметь контрастное изображение. Минимальный размер фотографий – 6х6, максимальный -10х15 см.
Обязательно представление иллюстративного материала в электронном виде (формат tif, psx, bmp, rcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf) на диске.
5. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. В таблицах обязательно указываются единицы измерения величин. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо. К статье прилагается список подрисованных подписей.
6. Обозначения, принятые в статье, расшифровываются непосредственно в тексте.
7. При упоминании иностранных фамилий в тексте необходимо давать их на языке оригинала в скобках после русского написания (за исключением общеизвестных фамилий, встречающихся в энциклопедии, и фамилий, на которые даются ссылки в списке литературы). При упоминании иностранных учреждений, фирм, фирменных продуктов и т. д. в русской транслитерации в скобках должно быть дано их оригинальное написание.
8. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т. е., и т. д., и т. п.).
9. Литература должна быть приведена в конце статьи в виде списка на отдельной странице и содержать полные библиографические данные. Ссылки даются в оригинальной транслитерации. Список литературы должен быть составлен в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
10. Статья должна быть подписана всеми авторами. Авторам необходимо на отдельной странице сообщить о себе следующие сведения: фамилия, имя, отчество, почтовый индекс и точный адрес для переписки, место работы и занимаемая должность, ученая степень, специалистом в какой области является автор, а также номера телефонов (домашний, служебный), факсимильной связи и адрес электронной почты.
11. Статьи, излагающие результаты исследований, выполненных в учреждениях, должны иметь соответствующее разрешение на опубликование.
12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения, не искажающие основное содержание статьи.
13. В случае отклонения статьи редакция сообщает автору решение редколлегии и заключение рецензента, рукопись автору не возвращается. Просьба редакции о доработке статьи не означает, что статья принята к печати, так как она вновь рассматривается рецензентами, а затем редакционной коллегией. Автор отклоненной статьи имеет право обратиться к редколлегии с просьбой повторно рассмотреть вопрос о возможности опубликования статьи.
14. Корректурa авторам не высылается. После опубликования статьи редакция рассылает журналы по адресатам.
15. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ

HERALD
of the Azerbaijan Engineering Academy

ВЕСТНИК
Азербайджанской Инженерной Академии

Beynəlxalq elmi-texniki jurnal
The international science-technical journal
Международный научно-технический журнал

Cild 7. № 4
Vol. 7. № 4
Том 7. № 4

BAKİ – 2015

İnformasiya şöbəsinin müdiri
N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdiri
A.M. Dənziyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və
“**A P O S T R O F F**” mətbəəsində
ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.
(akif0706@mail.ru / 050-313-07-06)

Çapa imzalanmış 08.12.2015,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli, f.ç.v. 17.
Tirajı 1450 əd.
Qiyməti müqavilə ilə.