



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 8. № 4
Vol. 8. № 4
Том 8. № 4

BAKİ – 2016

**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

REDAKSİYA HEYƏTİ:

akademik Ə.M. Abbasov, akademik R.İ. Abdullayev, akademik H.S. Bağırov,

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 H.F. Mirələmov, akademik İ.R. Sadıqov, müxbir üzv N.A. Əliyev

REDAKSİYA ŞURASI:

akademik B.V. Qusev (Rusiya), prof. N. Antoneski (Rumınıya), akademik Saqdeyev R.Z. (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 – Younq Son (Koreya),

akademik A.V. Kərimov (Özbəkistan), prof. D. Mavrakis (Yunanistan), akademik N.K. Mışkin (Belarusiya),

prof. Nejdet Sağlam (Türkiyə), akademik V.E. Panin ((Rusiya), prof. S. Pytko (Polşa),

akademik A.I. 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

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, H.F. Miralamov, 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), Jung – Young Son, professor (Korea), A.V. Karimov, academician (Uzbekistan), D. Mavrakis, professor (Greece), N.K. Mishkin, academician (Belarus), Nejdet Saglam, professor (Turkey), V.E. Panin, academician (Russia), S. Pytko, professor (Poland),
A.I. Vasilyev, academician (Ukraine)**

TƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birlüyü.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövriliyi ildə 4 dəfədir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyində qeydiyyata alınmışdır. Qeydiyyat № 2965, 23.06.2009-cu il.

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

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

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

Jurnalda abunə “Azərpocht” ASC-nin poçt bölmələrində yazılımaq olar. Abunə il boyu davam edir.

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvani: 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>

REKLAMALARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR REDAKSIYAYA
MÜRACİƏT 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 “Azerpochta” 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.

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

Журнал включен в перечень изда-
ний, рекомендованных для публика-
ции основных результатов канди-
датских и докторских диссер-
таций Высшей аттестационной ко-
миссии при Президенте Азербайд-
жанской Республики.

Журнал находится в процессе ре-
гistration in международной системе
научного цитирования SCOPUS и
Thomson Reuters.

Журнал включен в между-
народную англоязычную базу рефе-
ративных данных по техническим
наукам INSPEC.

Подписка на журнал осуществля-
ется в отделениях ОАО «Азерпоч-
та». Подписка продолжается в тече-
ние года.

Индекс подписки для юриди-
ческих 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

ISSN 2076-0515

© Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası, 2016

© Azerbaijan Engineering Academy, 2016

© Азербайджанская Инженерная Академия, 2016

M Ü N D Ə R İ C A T

M e x a n i k a və m a s i n q a y i r m a

Camalov Y.T., Əsgərov K.Ə.

Metroloji və kalibr'ləmə laboratoriyalarının işinin təkmilləşdirilməsi 7

Süleymanov P.Q.

Dozalaşdırılmış emal payı çıxaran sürtmə prosesinin parametrlərinin
detalların səth qatının keyfiyyət göstəricilərinə təsiri 17

Allahverdiyev Z.S.

Konstruktiv tədbirlərlə şanqlı quyu nasoslarının texniki təhlükəsizliyinin təminatı 27

N e f t və q a z

Kərimova A.Q., Məmmədova G.G.

İşlənmənin son mərhələsində neft yataqlarının səmərəliliyinin
aşağı düşməsinə qarşı tədbirlər 32

Qurbanov Ə.N.

Qaradağ yeraltı qazsaxlama anbarlarında istismar zamanı
effektivliyin artırılması texnologiyası 37

N e f t - k i m y a t e x n o l o g i y a s ı

Əliyev T.A., Rzayev A.H., Rəsulov S.R., Quluyev Q.A.

Zəlzələnin yaranmasına səbəb olan tektonik hərəkəti mexanizminin identifikasiyası 43

Məmmədova Y.V.

Neft hasilatı prosesində neft qeyri-nyuton reoloji xassələrin mühasibatı 53

Abbasov V.M., Əliyeva L.İ., Əfəndiyeva L.M., Vəliyeva F.M.,

Nuriyev L.H., Bağırov K.M., Quluzadə A.Q.

Neftin naften-parafin fraksiyاسının aerob oksidləşmə prosesinin
oksidləşməsinin optimallaşdırılması 59

I n f o r m a s i y a t e x n o l o g i y a l a r ı

Vəliyev R.G., Dışın O.A.

İkinci tip intervalllı qeyri-səlis çoxluqlar əsasında təhsil sistemində
qərarların qəbul olunmasının linqvistik modeli 68

Rzayev X.N., Həsənov R.A.

Perspektiv rabitə xidməti sistemlərində təhlükəsizlik və həqiqilik protokollarının analizi...83

Amooji Ş.

Vəziyyət məntiqinə əsaslanan ACH modelinin əsasında nevroloji xəstəliklərin
diaqnostikası üzrə ekspert sisteminin bilik əldəetmə prinsipləri 99

E k o l o g i y a

Ağayev A.T., İsmayılov A.İ., Süleymanov T.İ.

Daşqınların torpağın ekoloji vəziyyətinə təsirinin məsafədən zondlama və
coğrafi informasiya texnologiyaları əsasında tədqiqi 106

Əhmədov M.Q.

Cənub-şərqi Qobustanın çökmə qatının formallaşmasının geotektonik və
geodinamik şəraiti və neft qaz toplanma zonaları 116

K e n d t e s e r r ü f a t ı

Əliyev B.H.

Ozon texnologiyalarının Azərbaycanın kənd təsərrüfatında tətbiqi 128

8-ci cildin mündəricatı (yanvar – dekabr 2016-cı il) 137

C O N T E N T S

Mechanics and mechanical engineering

Jamalov Y.T., Asgarov K.A.

Inproving the work of metrology and calibration laboratories 7

Suleymanov P.G.

Influence of process parameters lapping with the dosed material removal surface on quality indicators of parts 17

Allahverdiyev Z.S.

Design safety measures for sucker rod pumps 27

Oil and gas

Kerimova A.Q., Mamedova G.G.

Measure against reduction of oil field development efficiency at its final stage 32

Gurbanov A.N.

Efficiency improvement of gas transportation from Karadagh underground gas storage facilities 37

Chemical technology

Aliyev T.A., Rzayev A.G., Rasulov S.R., Guliyev G.A.

Identification of the mechanism of tectonic movements causing earthquakes 43

Mammadova E.V.

An account of rheology properties of non-Newtonian oils is in technological processes of oil production 53

Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Afandiyeva L.M.,

Valiyeva F.M., Nuriyev L.H., Baghirov K.M., Quluzadeh A.G.

Optimization of aerobic oxidation of naphthene-paraffinic hydrocarbons separated from diesel fraction 59

Information technology

Veliyev R.G., Dyshin O.A.

Linguistic model of decision making process for education system based on interval fuzzy sets II 68

Rzaev X.N., Hasanov R.A.

Analysis of safety and reliability of protocols in the advanced systems of communication services 83

Amooji Sh.

Principles of expert system knowledge management for diagnosis of neurological diseases using the situation logic and ach modeling 99

Ecology

Aghayev A.T., Ismayilov A.I., Suleymanov T.I.

The effects of floods on the ecological state of soils based of remote sensing and geographical information systems 106

Akhmedov M.G.

Geotectonic and geodynamic conditions of formation sedimentary rocks and oil-gas traps in south-east Gobustan 116

Agriculture

Aliyev B.H.

The application of ozone technologies in the agriculture of Azerbaijan 128

Contents of volume 8 (January – December 2016) 137

СОДЕРЖАНИЕ

Механика и машиностроение

Джамалов Я.Т., Аскеров К.А.

Совершенствование работы метрологических и калибровочных лабораторий 7

Сулейманов П.Г.

Влияние параметров процесса притирки с дозированным съемом
материала поверхности на качественные показатели деталей 17

Аллахвердиев З.С.

Конструктивные методы обеспечения технической безопасности штанговых насосов ...27

Нефть и газ

Керимова А.Г., Мамедова Г.Г.

Мероприятия против снижения эффективности разработки нефтяных
месторождений в ее конечной стадии 32

Гурбанов А. Н.

Повышение эффективности технологий транспортировки газа с
Карадагских подземных газохранилищ 37

Нефтехимические технологии

Алиев Т.А., Рзаев Аб.Г., Расулов С.Р., Гулуве Г.А.

Идентификация механизма тектонических движений, приводящих к
возникновению землетрясения 43

Мамедова Е.В.

Учет реологических свойств неньютоновских нефей в технологических
процессах нефтедобычи 53

Аббасов В.М., Алиева Л.И., Эфендиева Л.М., Велиева Ф.М.,

Нуриев Л.Г., Багиров К.М., Гулузаде А.Г.

Оптимизация глубокого аэробного окисления нефтяной
нафтено-парафиновой фракции 59

Информационные технологии

Велиев Р.Г., Дышин О.А.

Лингвистическая модель принятия решений в системе образования на
основе интервальных нечетких множеств второго типа 68

Рзаев Х.Н., Гасанов Р.А.

Анализ протоколов безопасности и достоверности в перспективных
системах предоставления услуг связи 83

Амуджи А.Ш.

Принципы управления знаниями экспертной системы для диагностики невроло-
гических заболеваний на основе модели АСН, основанной на логике ситуации 99

Экология

Агаев А.Т., Исмаилов А.И., Сулейманов Т.И.

Исследование влияния наводнений на экологическое состояние почвы на
основе дистанционного зондирования и геоинформационных технологий 106

Ахмедов М.Г.

Геотектоническая и геодинамическая обстановка формирования осадочных
комплексов и зон нефтегазонакопления в юге-восточном Гобустане 116

Сельское хозяйство

Алиев Б.Г.

Применение озоновых технологий в сельском хозяйстве Азербайджана 128

Содержание 8 тома (январь – декабрь 2016 г.) 137

METROLOJİ VƏ KALİBRLƏMƏ LABORATORİYALARININ İŞİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

Y.T. CAMALOV*, K.Ə. ƏSGƏROV*

Məqalədə aparılan tədqiqat işləri nəticəsində müasir tələblərə cavab verən metrologiya və kalibrəmə laboratoriyalarının yaradılması və təkmilləşdirilməsi istiqamətində elmi araşdırırmalar aparılmışdır. Müəssisələrin metrologiya və kalibrəmə laboratoriyalarında yeni metod və cihazlarla keyfiyyətə nəzarət işlərinin elmi əsasları və nəticələri göstərilmişdir. Yaradılmış metod və cihazlarla beynəlxalq standartlara uyğun 22 fiziki prosesin ölçmə metodlarının tətbiqi göstərilmişdir. Nəticədə, müəssisələrdə yeni analoqu olmayan keyfiyyətə nəzarət stendləri, qurğu və metodları işlənib hazırlanmışdır. Yaradılmış metroloji təminat istiqamətləri məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına, istehsal prosesinin sabitləşdirilməsinə, müəssisələrdə texniki prosesin optimal idarə edilməsinin yüksək səviyyədə təmin edilməsinə zəmin yaratmışdır.

Açar sözlər: metrologiya, kalibrəmə laboratoriyası, ISO-standart, akkreditasiya, sensor, interferometr, avtocolimator, multimetrit, monoxromator, detektor.

Müasir inkişafın səviyyəsi bir çox sahələrdə metroloji təminat sistemlərinin yaradılmasını və inkişaf etdirilməsini vacib edir. Bu sahələr elm və yeni texnologiya, tibbi səhiyyə, ticarət, enerji təchizatı, sənaye, istehsal, kənd təsərrüfatı və s. kimi istiqamətlərdir. Göstərilən sahələri elm, sənaye və hüquqi metrologiyalar kimi üç sinfə bölmək olar.

İstehsal olunmuş məhsulun keyfiyyətinin, istehsal prosesinin stabillaşdırılmasının, müəssisələrdə texniki proseslərin optimal idarə edilməsinin yüksək səviyyədə təmin edilməsi istehsalın metroloji təminatından asılıdır. Müasir metroloji təminat programının yaradılması zamanı müəssisələrdə istehsalın metroloji təminatı, sınaq, nəzarət və ölçmə vəziyyətinin dəqiqləşdirilməsi zəruri faktordur. Ölçmənin metroloji təminatı elmi əsaslı metodları tətbiq etməklə, texniki vasitələrlə, qayda və normalar daxilində zəruri birliyə və tələb olunan dəqiqliyə nail olmaqdan ibarətdir. Bu istiqamətdə çoxlu sayda normativ sənədlərin və ədəbiyyatdan olan məlumatların olmasına baxmayaraq daima müasir tələblərə cavab verən metrologiya və kalibrəmə laboratoriyalarının yaradılmasına ehtiyac vardır [1-9]. Respublikamızda müdafiə sənayesi müəssisələrində metroloji və kalibrəmə laboratoriyalarının müasir tələblərə cavab verməsi üçün təkmilləşdirilmiş metodlar və yeni cihazlarla təmin

* Azərbaycan Müdafiə Sənayesi Nazirliyi

edilməsi sahəsində geniş işlər aparılmaqdadır. Məqalədə bu sahədə aparılmış elmi-tədqiqat və təkmilləşdirmə işləri haqqında məlumatlar öz əksini tapmışdır. Metroloji xarakteristik parametrlərin təyin edilməsi və dəqiqliyinin təsdiqlənməsi məqsədi ilə yerinə yetirilən əməliyyatlar ölçü alətlərinin kalibrəlməsi vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Ölçmənin metroloji təminati istiqamətləri:

- müəssisədə zəruri etalon, nümunələr və işçi ölçmə qurğularının yaradılması;
- düzgün metodlar seçimi və onların tətbiqi;
- metroloji metod və normaların yaradılması və tətbiqi;
- müəssisələrdə iş yerlərində zəruri ölçmələrin tələb olunan dəqiqliyinin təmin edilməsi üçün, digər metroloji işlərin yerinə yetirilməsi.

Ölçü alətlərinin kalibrəlməsi müəssisələrdə metroloji xidmətin təsdiqlənmiş işçiləri tərəfindən dövlət etalon vahidlərindən istifadə etməklə həyata keçirilir və alınmış nəticə kalibrəlmə işarəsi, sertifikat, istifadə sənədləri ilə təsdiqlənir. Kalibrəlmə əməliyyatları Dövlət Metroloji Xidməti tərəfindən akkreditasiya olunmuş hüquqi şəxslər vasitəsi ilə də aparla biler.

Müasir tələblərə cavab verən metroloji xidmətin müəssisələrdə yaradılmasının əsas məqsədi:

- vahid təminat, tələb olunan ölçü dəqiqliyi, istehsalın metroloji təminatının yüksəldilməsi; praktikada müasir metod və qurğuların tətbiqi ilə məhsulun keyfiyyətinin, texniki səviyyəsinin, istehsalın effektivliyinin, elmi tədqiqatların səviyyəsinin artırılmasına nail olmaq; ölçü alətlərinin təmiri və kalibrəlməsinin vaxtı-vaxtında yoxlanılmasının təşkil edilməsi; sınaq, nəzarət və ölçü metodlarının və qurğularının metroloji attestasiyasının keçirilməsi; texniki tapşırıq, texniki konstruktur və normativ sənədlərin ekspertizasının keçirilməsi; istehsalın metroloji təminatının aparılması işləri; sınaq sahələrinin, istehsal və keyfiyyət sisteminin attestasiya edilməsində iştirak etmək; müəssisələrdə qəbul edilmiş sənədlər əsasında vahid ölçmənin təmin edilməsinə istifadə edilən ölçü qurğularına attestasiya olunmuş metodlarla ölçmələrin yerinə yetirilməsinə, etalonlara və kalibrəlmə üçün istifadə edilən ölçü qurğularına metroloji nəzarətin həyata keçirilməsi.

Metroloji laboratoriyalarda iki fərqli yolla ölçmələrin qeyri-müəyyənliyi hesablanır. Birinci yol gözlənilən seriyalı nəticələr görə statistik analiz etməklə aparılan hesablamalardır. İkinci yol gözlənilən seriyalı nəticələrə görə statistik analizdən fərqli olaraq aparılan qeyri-müəyyənlik hesablamalarıdır. Birinci yolla hesablanan qeyri-müəyyənlik təkrarlanan ölçmələrin nəticələrinə əsaslanır. Ölçmə vasitələrinin metroloji etibarlılığının göstəriciləri təcrübə yolu ilə təyin olunur. Bu məqsədlə ölçmə vasitələrinin metroloji etibarlılığı sınağı aparılır. Sınaq üçün n sayda eyni tipli ölçmə vasitələrinin nümunələri götürülür. Hər bir nümunənin tədqiq edilən metroloji xarakteristikasının qiyməti x_i müəyyənləşdirilir. Sonra x_i -in ehtimal paylanması qanunu və bu qanunun ədədi xarakteristikaları təyin olunur. Əksər hallarda x_i -in ehtimal paylanması qanunu normal qanundur və o orta qiymətlə \bar{X} və dispersiya $u(x_i)$ xarakterizə edilir [8]:

$$x_i = \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{i,k}$$

$$u(x_i) = s(X_i) = \left(\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (X_{i,k} - \bar{X}_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

İkinci yolla hesablanan qeyri-müəyyənlik zamanı aşağıdakılardan nəzərə alınmalıdır:

- İlkin aparılan ölçmələrdə əldə etdiyimiz nəticələr; Ölçü alətləri və cihazlarla aparılan ölçmə nəticələri; İstehsalçı firmanın məlumatları; Kalibrəlmə və digər sertifikat göstəriciləri; Ədəbiyyatdan götürülmüş göstəricilər və s.

Hər iki yolla əldə edilmiş qeyri-müəyyənliyin nəticələri mürəkkəb qeyri-müəyyənlik kimi adlandırılır:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}$$

Mürəkkəb qeyri-müəyyənliyi əhatə əmsalına vurmaqla ümumiləşmiş qeyri-müəyyənliyi hesablamaq mümkündür.

$$U = ku_c(y)$$

Kalibrəlmə laboratoriyasının yaradılması üçün aşağıdakılardan nəzərə almaq zəruridir:

1. Kalibrəlmə TS EN ISO/IEC 17025-ə uyğun olması [5],
2. Kalibrəlmə xidmətinin keyfiyyətinin məhsulların keyfiyyətini azalda bilməyəcək səviyyədə olması,
3. Laboratoriya işçilərinin kifayət qədər təhsil alması, uyğun iş şərtlərinin yaradılması, vəzifəsini qərəzsiz və təsir altında qalmadan etməsi,
4. Laboratoriya işçilərinin keyfiyyət sənədləşdirməsində göstərilən siyaset və proseslərə uyğun işləməsi,
5. Kalibrəlmələrin təsdiqlənmiş proseslərə görə seçilməsinin təmin edilməsi.

Kalibrəlmə laboratoriyasında 1 böyük mütəxəssis mühəndis, 1 mütəxəssis mühəndis, 1 mühəndis, 1 idarəçi texnik, 3 mütəxəssis texnik işçi, 2 texnik işçi və 2 müvəqqəti texnik işçi olmaq üzrə 11 işçi işləyirlər. Laboratoriya, təmiz otaqdan və istehsal sahəsindən ibarət təqribən 150 m^2 -lik bir sahədə fəaliyyət göstərir. Təmiz bir otaqda elektrik və ölçü hissələri, istehsal sahəsində isə optik kalibrəlmələrinin edildiyi bir qaranlıq otağı və digər kalibrəlmələrin və inzibati işlərin icra edildiyi bir otaq vardır.

Laboratoriya eyni zamanda səyyar kalibrəlmə xidməti də həyata keçirir. Səyyar kalibrəlmələrdə ən azı iki laboratoriya işçisi işləyir. Səyyar kalibrəlməyə gedən işçi, kalibrəlmə xidmətinin iş planlanın verilməsindən, kalibrəlmədə istifadə olunacaq standartların etibarlı bir şəkildə nəqliyyatından, kalibrəlmə işinin başa çatmasından, qeydiyyatın aparılmışından və laboratoriyanın texnik idarəcisinin iş haqqında məlumatlandırmaq məsuliyyəti daşıyır.

Kalibrəlmə sistemimiz daxilində icra etdiyimiz kalibrəlmə programımız, MSN optika-mexanika istehsalat birliyinin laboratoriyasında olan ölçü və test cihazları ilə, köməkçi ölçü və yoxlama vəsaitlərinin və standartlarının əsasnaməsinə, texniki xüsusiyyətlərə və konstruktur sənədləri tələblərinə görə istənilən ölçünü istənilən dəqiqlikdə ölçülər aparılması təmin edilir.

Kalibrlemə programı:

– ISO-10012, AQAP-2110, AS-9100, ISO 9001:2008 Keyfiyyəti İdarəetmə Sistemi Tələbləri qanunlarına uyğun olaraq qurulmuşdur [5-9].

– Düzgünüç və həssaslıq səviyyələri bilinən, nizamlı və nəzərdə tutulan tələblərin doğru ölçülməsində əlverişli olan kalibrlemə standartlarının istifadə edilməsini nəzərdə tutur. MSN OMİB Metroloji şöbəsi standartları və cihazları milli və beynəlxalq kalibrlemə mərkəzləri tərəfindən nəzarətdə saxlanılır.

– İstehsal və sınaq sahələrində istifadə edilən köməkçi ölçü alətləri, yoxlama və sınaq qurğuları, məstərləri və digər yoxlama vasitələri program çərçivəsində təsdiq və qəbul edilir və bildiriş sisteminə daxil edilir.

MSN Optika-Mexanika İstehsalat Birliyində istifadə edilən ölçü və sınaq cihazları üçün cihazın adı, xarakteristika, kalibrlemə keçmiş və kalibrlemə vəziyyətini göstərən qeydiyyatlar aparılır. Bütün ölçü və test cihazları kalibrlemə vəziyyətini və etibarlılıq tarixlərini göstərməklə etiketlənir. Kalibrlemə etiketləri, ölçü və test cihazlarına, köməkçi ölçü vəsaitlərinə və standartlara səlahiyyətsiz müdaxilələrin qarşısını alacaq şəkildə tətbiq olunur və səlahiyyətli kalibrlemə işçisi tərəfindən möhürlənir.

MSN OMİB laboratoriyasına girən hər yeni sınaq və ölçü cihazlarının ilk kalibrleməsi edildikdən sonra cihazın xarakteristikaları, istehsalçı təklifləri və istifadə yeri nəzərə alınaraq kalibrlemə cədvəli təyin edilir. Kalibrlemə cədvəlləri cihaz təlimatlarında və nəzarət sənədlərində müəyyənləşdirilir. Kalibrlemə cədvəlləri cihazın göstərişinə görə yenidən müəyyənləşdirilə bilər.

Ölçü və sınaq cihazlarının kalibrleməsi istehsalçının tərtib etdiyi təlimatlara və ya müəssisə tərəfindən hazırlanmış kalibrlemə təlimatlarına görə edilir. Kalibrlemə, ixtisaslı işçi tərəfindən, müəyyən ətraf şərtləri nəzərə alaraq edilir. Ölçü və sınaq cihazları hər cür fiziki təsirdən və səlahiyyətsiz müdaxilələrdən qorunacaq şəkildə daşınmalı və qorunmalıdır.

İstehsal sahələrində istifadə olunan ölçü və sınaq cihazlarının qəbulu, kalibrlemə sistemi içində həyata keçirilir. Kalibrlemə əməliyyatları başa çatdırılan ölçü və sınaq cihazları uyğun şəkildə etiketlənərək istifadəçiyə təhvil verilir.

Kalibrlemə laboratoriyası ISO 17025 və ISO 9001 standartına görə MSN tərəfindən akkreditasiya edilmişdir. MSN tərəfindən edilən akkreditasiyamız əhatəsində 8 ölçü, 14 elektrik olmaq üzrə 22 prosesin ölçü metodları daxildir. Akkreditasiya hazırlandığı zaman laboratoriya işçiləri üçün Milli Standartlaşma və Metrologiya komitəsindən bir sıra təlimatlar alınmışdır. Bu təlimatlardan fərqli olaraq müxtəlif qurumlardan eyni zamanda ISO 17025 Təcrübə və Kalibrlemə laboratoriyanın yaradılması üçün ümumi şərtlər, ISO 17025 və ISO 9001 laboratoriya keyfiyyət İdarəetmə sistemi üçün təlimatlar alınmışdır [5,9].

Laboratoriya nəzarət Milli Standartlaşma və Metrologiya Komitəsi, respublikamızda akkreditasiya olan digər laboratoriyalar və laboratoriyaları akkreditasiya edən istehsalçı firmalar vasitəsi ilə təmin edilir.

Laboratoriyyada edilən kalibrlemə əməliyyatlarının ölçü nəticələrinin qeyri-müəyyənliliklərinin (xətalarının) hesablanması EA-4/02 Expression of the Uncertainty of

Measurement in Calibration və ISO Guide the Expression of Uncertainty in Measurement standartlarına uyğun olaraq aparılır [6,7].

ISO 17025 standartına görə laboratoriya, ətraf mühit təsirlərinin nəticələrinin nəzərə alınmasını və ya hər hansı bir ölçü üçün lazım olan keyfiyyəti kafi istiqamətə yönəldilməsini təmin etməlidir. Ətraf mühit təsirlərinin nəticələrin keyfiyyətinə təsir edə biləcəyi yerlərdə, ətraf mühitin təsirinin izlənməsi, nəzarət və qeydiyyat edilməsi vacibdir. Akkreditasiya çərçivəsində laboratoriymızda mövcud olan istilik və nəmlik şərtləri elektrik kalibrəmələr üçün uyğun olaraq $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ və $50\% \pm 10$, ölçü kalibrəmələr üçün $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ və minimum 40% səviyyəsində olmalıdır. İstilik dərəcəsi elektrik ölçmələrində $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, ölçüdə $\pm 0.125^{\circ}\text{C}$ dəqiqlikdəki cihazlar ilə nəzarət edilir, rütubət faizi elektrik ölçmələrində $\pm 2\%$, adı ölçüdə $\pm 1.5\%$ dəqiqlikdəki cihazlarla nəzarətdə saxlanılır.

Ətraf mühitin təsirinə nəzarətdə və qeydiyyatında istifadə etdiyimiz cihaz və sensorlarımız Milli Standartlaşma və Metrologiya komitəsində kalibrəmə olunaraq istifadə edilir.

ISO 17025 in texnik şərtlərində əsasən, laboratoriya rəhbərliyinin, xüsusi cihazları işlədən, kalibrəmələri edən, nəticələri dəyərləndirən və kalibrəmə sertifikatlarını imzalayan bütün işçilərin kifayət qədər məsuliyyətli olduqları bildirilir. Laboratoriyyada yeni bir işçinin kalibrəmə edə bilməsi üçün alması vacib olan biliklər verilir və bu biliklərdən əvvəl və ya sonra kalibrəmələrə nəzarət olunur. Mövcud işçilərimizin kifayət qədəri isə Milli Standartlaşma və Metrologiya komitəsi tərəfindən nəzarət edilən təcrübəli mütəxəssislərdir.

Laboratoriya tərəfindən edilən hər bir kalibrəmənin nəticələri, düzgün, açıq, qəti və qərəzsiz olaraq və kalibrəmə metodlarının bütün xüsusi təlimatlarına uyğun bir şəkildə hesabat halına gətirilməlidir. Nəticələr bir kalibrəmə sertifikatı şəklində verilir və müştəri tərəfindən tələb edilən və kalibrəmə nəticələrinin şərh edilməsi üçün lazım olan bütün məlumatları eks etdirməlidir.

Laboratoriyyada həyata keçirilən kalibrəmələr:

- Ölçü; Elektrik; Optik; İstilik və Rütubət (nəmlik); Təzyiq (vakuum); Fırlanma momenti gücü; Kütlə, çəki; Xüsusi sınaq avadanlıqları.

Kalibrəmə prosesi aşağıdakı şərtlər daxilində aparılır:

- Akkreditasiya əhatəsində edilən kalibrəmələr; Akkreditasiya əhatəsi xaricində edilən kalibrəmələr.

Akkreditasiya əhatəsinə daxil edilməsi planlanan kalibrəmələr sırasında yuxarıda göstərilən kalibrəmə əməliyyatlarının hər birinə ayrılıqda baxaqlı.

– Ölçü kalibrəmələr vasitəsi kimi qranit masadan istifadə edilir. Bunun üçün əvvəlcə maksimum $2 \times 3 \text{ m}^2$ ölçülərindəki qranit masaların kalibrəmələri edilməlidir. Bəzi qranit masalar daşına bilsə də ümumilikdə istifadə olunan masalar laboratoriyyada kalibrəlnir. Qranit masa kalibrəməsində əsas olaraq optik bucaq ölçən və lazer interferometrlər sistemlərindən istifadə edilərək qranit masaların səth müstəviləri müəyyənləşdirilir. İşə nəzarət istehsalçı firma tərəfindən lazer şüaları və sensorlar vasitəsi ilə təmin edilir.

– İstehsal olunmuş hissələrin mexaniki və fiziki xassələrini öyrənərək onların səth quruluşunun ölçülməsi çox vacib məsələlərdəndir. Sürtünmə, aşınma, sərtlik, metalin yorğunluğu, səth yapışqanlığı, elektrikkeçirmə, istilik kontaktları, optik parlaqlıq və s. kimi xassələr əsasən

səthin quruluşundan asılıdır. Səthin codluğu ölçü cihazları ilə ölçülə bilir və parametrləri təyin edilir.

– Ölçmə vasitəsi olan avtocollimator ± 1000 arcsec (tərs trigonometrik funksiya) aralığında həssas bucaq ölçülməsində istifadə edilən bir cihazdır. Akkreditasiya əhatəsində yer alan autocollimator kalibrəməsi standart avtocollimator ilə qarşılaşdırma metodundan istifadə olunaraq edilir. Avtocollimator kalibrəmələrində 0.20 arcsec həssaslığında ölçü aparıla bilir. Kalibrəmə əsas olaraq, qarşılıqlı qoyulan iki avtocollimator arasına fırlanan lövhə müstəvisi üzərinə yerləşdirilmiş həssas əks etdirici səth istifadə edilərək hər iki avtocollimatordan oxunan qiymətlərin bir biri ilə qarşılaşdırılması üsulu ilə edilir. Ümumi nəzarət müəssisənin metroloji və kalibrəmə şöbəsi tərəfindən edilir. Laboratoriya olaraq qeyri-müəyyənliyi aradan qaldırmaq üçün Sinus Bar sistemindən istifadə edilir.

– Ölçmə vasitəsi olan ştanger pərgar düz bir rels üzərində gedib gələn və üzərində bölmələri olan, xarici diametri və dərinlik ölçməyə yarayan vacib bir ölçü və nəzarət alətidir. Ştanger pərgarların həm rəqəmsal həm də analoq göstəricilərinə sahib növləri vardır. Akkreditasiya əhatəsində olan ştanger pərgar kalibrəmədə mexanik ölçmələrdə istifadə edilir və onlar, ölçüləri müəyyən olan standart məsələlərdən istifadə edərək kalibrənir. Ştanger pərgar kalibrəməsi standartlara uyğun olaraq həyata keçirir. Əsasən maksimum 750 mm xarici diametri, 600 mm daxili diametri və 150 mm dərinlik ölçülərində istifadə edilən ştanger pərgarların kalibrəmələri həyata keçirilir. Kalibrəmə 0.01 mm dəqiqliklə edilir.

– Micrometr, sabit bir modul içində fırlanan vint prinsinə görə çalışan, dəqiqliq ölçmə cihazıdır. Xarici diametr micrometrləri, daxili diametr micrometrləri, vint micrometrləri kimi növləri mövcuddur. Mexanik ölçmələrdə istifadə edilən bu micrometrlər, ölçüləri müəyyən olan standart məstərlərindən istifadə edilərək kalibrənir. Ştanger pərgarlara nisbətən daha dəqiqlirdə istifadə olunan cihazdır. Maksimum 25 mm qədər ölçmə edə bilən micrometrlərin kalibrənməsi 0.001 mm dəqiqliklə edilir.

– Ölçü saatları, ölçmə ucu aralığında, dişli sancaqlar və dişli çarxlar yardımı ilə böyündürək ölçülərin qarşılaşdırılaraq ölçülməsində, kiçik ölçü fərqlərinin oxunmasında və həndəsi forma dəyişmələrinin nəzarətində istifadə edilən ölçü və nəzarət alətləridir. Akkreditasiya əhatəmiz daxilində olan ölçü saatları mexanik parçaların səth xətalarının ölçülməsində istifadə edilir. Ölçü saatları kalibrələr ilə qarşılaşdırma üsulu ilə kalibrə edilir. Ölçü saatlarında indikator ölçüləri maksimum 3 mm-yə qədər, bəzi hallarda 25 mm-yə qədər edilir.

– Uzunluq ölçmələrində paralellilik ölçməsi kimi ölçmələrdə köməkçi olaraq istifadə edilən əksedici paralel qolların kalibrəmələri kvadrat lövhədən istifadə edilərək qarşılaşdırma üsulu ilə həyata keçirilir. Paralel qolların kalibrənməsi, bucaq kalibrəmələrinin akkreditasiyası üçün edilən bir hazırlanqdır. Göstərici ekran vasitəsi ilə də ilk olaraq bucaq kalibrəmələri aparılır.

– Su tərəziləri, içində maye və az miqdarda hava qabarcıqları olan vasitələrdir və üfüqi vəziyyətdə olan maillilik səviyyəsinin və kiçik bucaqların ölçülməsində və ya nəzarət edilməsində istifadə edilir. Boy uzunluğu 150 mm-yə qədər olan su tərəzilərinin kalibrənməsi standart avtocollimatorun köməyi ilə eyni şəkildə qarşılaşdırma üsulu tətbiq olunaraq həyata keçirilir.

– Xüsusi qrup ölçü vasitələri xüsusi məqsədlə istehsal olunmuş və İNS cihazlarının kalibrəlmələrində istifadə edilir. Bu vasitələrin iki vacib və nəzarət edilən parametrləri vardır: Müəyyən bir dayaq nöqtəsinə görə yerə paralel olması və müəyyən bir dayaq nöqtəsinə görə şimala paralel olması. Laboratoriya daxilində şimal bucağı müəyyən olan xətt götürülür və bu xətt üzərindən şimala paralellik təmin edilir. Xətt xüsusi olaraq kompas vasitəsi ilə təyin edilir. Bu silsilə ölçmə vasitələrinin kalibrəlməsi qranit masa üzərində avtocollimatordan istifadə edilərək həyata keçirilir.

– Formalı testerlər mexanik parçaların səthində yaranan xətaların ölçülməsində istifadə edilir. Dayanıqlı silindrin və dayanıqlı kürənin köməyi ilə kalibrəlmə həyata keçirilir. Bu vasitələrə Milli Standartlaşma və Metrologiya Komitəsi tərəfindən nəzarət edilir. Aparılan kalibrəlmələr ölçü nümunəsinin statik ölçmə dəqiqliyi nəzarəti, ölçü nümunəsinin dinamik ölçmə dəqiqliyi nəzarəti, dayanıqlı silindr ilə sütun nəzarəti, sfera formalı standartı ölçü nümunəsinin üfüqi mövqeyindəki ölçmə dəqiqliyi nəzarəti və optik şüşə ilə ölçü nümunəsinin şaquli mövqeyindəki ölçmə dəqiqliyi ilə nəzarət olunur.

– Standart ölçülərə sahib olan uzunluq çubuqları CMM cihazının kalibrəlməsində istifadə edilir. Standart çubuqlar Milli Standartlaşma və Metrologiya Komitəsindən alınır. Bunların ölçüləri CMM ilə ölçülərək xəta qiymətləri təyin edilir və vacib olan düzəlişlər CMM cihazının köməyi ilə aparılır. Laboratoriyyada mövcud uzunluq çubuqları 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm, və 750 mm uzunluqda olurlar.

– Elektrik ölçmələrində istifadə edilən osilloqrafların kalibrəlməsi akkreditasiya əhatəmizdə olan kalibrəlmə işlərimizdəndir. Laboratoriyyada elektron və analoq osilloqrafların kalibrəlmələri həyata keçirilir. Osilloqraflar AC/DC gərginlik, tezlik, dövrəyə qoşulma xarakteristikası, faza fərqi və histerizə əyrilərinin çıxarılması kimi ölçmələrdə istifadə edilən cihazlardır. Osilloqraf kalibrəlməsində, istehsalçı firmaların təkliflərinə əsasən ediləcək bəzi fərqli testlərin xaricində, ümumi olaraq hər osilloqraf üçün şaquli yayılma (amplitudu), üfüqi yayılma (zamanı), zərbə cavabı (qalxma və düşmə zamanı) spektr intervalı və işə düşmə funksiyalarının kalibrəlmələrinin edilməsi vacibdir. Şaquli yayılma və üfüqi yayılma kalibrəlmə işlərimiz $550\mu\text{V}$ - 200V və $0,5\text{ns}$ - 5s aralığındadır. Spektr intervalı kalibrəlmə işlərimizdə 6 GHz tezliyinə qədərdir.

– Multimetrlərin kalibrəlməsi də yenə akkreditasiya əhatəsində olan işlərimizdəndir. Multimetrlər DC və AC gərginliklərin, cərəyanların və müqavimətlərin qiymətlərini ölçü bilən cihazlardır. Kalibrəlmə edilməsi lazımlı olan parametrlər DC gərginlik, DC cərəyan, AC gərginlik, AC cərəyan və müqavimət ölçü funksiyalarıdır. Multimetrlərin kalibrəlmələrində də kalibratorlar olaraq FLUKE 5700A və FLUKE 5500A istifadə edilir. Laboratoriyyada görə biləcəyimiz işlərin intervalı aşağıda göstərilmişdir:

- DC gərginlik: $100\mu\text{V}$ - 1100 V ; DC cərəyan: 0 A - 11 A ; AC gərginlik: 1m V - 1100 V (10Hz - 1 MHz); AC cərəyan: $0,9\mu\text{A}$ - 11 A (10 Hz - 10 kHz); 4 kontaktlı müqavimət: 1Ω - $19\text{ M}\Omega$; 2 kontaktlı müqavimət: 1Ω - $100\text{ M}\Omega$.
- Akkreditasiya əhatəsində olan bir başqa kalibrəlmə işimiz güc mənbələrinin və elektrik yüklerinin kalibrəlməsidir. Cərəyan mənbələrinin və elektrik yüklerinin kalibrəlmələrində yoxlanılmış multimetr, cərəyan şuntu, osilloqraf kimi kalibrator standartlarımızdan

istifadə edilir. Cərəyan şuntu ilə güc mənbələrinin kalibrəlmələri 100 A və 1000 V-yə qədər edilir.

– Elektrik kalibrəlmə işləri daxilində akkreditasiya əhatəsində olan son işimiz DC müqavimətlərin kalibrəlməsidir. Müqavimətlər voltmetr-ampermetr, cərəyan mənbəyi və multimetr ilə standart müqavimət ilə müqayisə, birbaşa multimetr ilə ölçmə, DC müqavimət müqayisə sxemi və birbaşa ommetr ilə ölçmə kimi bir çox metodlar ilə kalibrə edilir. Laboratoriyyada ehtiyac olduqda dəqiqlik və qeyri-müəyyənlik səviyyələrinə görə üç fərqli metod tətbiq olunur:

– Multimetr ilə birbaşa ölçmə, cərəyan mənbəyi, multimetr və standart müqavimət ilə müqayisə etmə və Kelvin Varley ayırdediciisindən istifadə edərək DC müqavimətli müqayisə körpüsü yaratmaqla.

– Sıgnal mənbəyi kalibrəlməsi laboratoriyanın akkreditasiya əhatəsi xaricində həyata keçirdiyi kalibrəlmə işlərimizdəndir. Sadəcə tezlik kalibrəlməsi (zaman və tezlik) akkreditasiya əhatəsində olan işlərimizdir. Sıgnal mənbələrinin kalibrəlməsi ümumi olaraq laboratoriya standartları ilə ölçülməsi metodu ilə edilir.

– Optik kalibrəlmələrdə xüsusi cihazların köməyi ilə lazer şüalarının enerjisi 1 J/sm^2 -a qədər ölçülər edilir. Diopteriya ölçüləri ossilloqraf və 1 metrə fokuslanan linzaların köməyi ilə edilir. Monoxromatorun köməyi ilə isə UB (ultra-bənövşəyi) və İQ (infra-qırmızı) şüa filtrlərinin keçiricilik ölçüləri aparılır.

– Spektroradiometr sistemli ölçmələr əsasən monoxromator, detektor sistemi, spektral kalibrəlmə lampaları, standart lampa, işıq mənbələri, xüsusi filtrlər dəsti və digər cihazlarla program üzrə işçilər tərəfindən aparılır. Bu sistem ilə işıq və lazer şüa mənbələrinin dalğa uzunluğu xarakteristikaları çıxarılır. Eyni zamanda filtrlərdən istifadə edilərək ölçmələr aparılır.

– Optik laboratoriyyada 0-350 FL intervalında işıq şiddəti verən luminans standart cihaz vardır. Photometr kalibrəlməsində əsasən bu cihazdan istifadə edilir. Cihaza nəzarət istehsal edən firma tərəfindən təmin edilir. Bundan əlavə laboratoriyyada olan ANVİS və Photopic detectorlarının köməyi ilə 1800K-dən 3000K intervalında rəng istiliyi ölçmələri edilir.

– İşıq və şüa mənbələrinin və optik sistemli monoxromator və detektorlar köməyi ilə 350nm -15μm dalğa uzunluğu intervalında dalğa uzunluğu reaksiya ölçmələri aparılır. Bundan əlavə 0-200 mVt/ sm^2 intervalında lazer şüalarının gücü ölçülür. Eyni zamanda qara cisimlərin -40C-dən 1000C-dək istilik intervalında kalibrəlmə işləri aparılır. İşıq mənbələrinin işıq şiddəti (kandela), işıqlanma səviyyəsi(luks), parlaqlıq (cd/m^2) və işıq seli (lümen) fotometrlərlə və standart parlaqlıq mənbələrinin köməyi ilə ölçülə bilir.

– Laboratoriyyada istilik ölçmə cihazlarının kalibrəlməsində minus 30°C-dən müsbət 90°C intervalına qədər termometrlərin kalibrəlməsini həyata keçirə bilirik. Bunun üçün maye yəni spirt və su duşundan istifadə edərək əsas standart ilə müqayisə metodundan istifadə edilir. İstilik kalibrəlməsi, vacib olan dəyişikliklərin edilməsindən sonra akkreditasiya əhatəsinə daxil etməyi planlaşdırduğumuz kalibrəlmələrdəndir.

İstilik ölçmələrində istifadə edilən termometrlər əsasən aşağıdakılardan ibarətdir.

- Şüşə içərisində olan mayeli və qazlı termometrlər; Bimetal termometrlər; Elektrik müqavimətli termometrlər; Termoelektrik termometrlər (termocütlü); Radiasiya termometrlər;

Laboratoriyada olan rütubət otağından istifadə edilərək rütubət ölçənlərin kalibrəlmələri edilir. Ölçmələrin dəqiqliyi 0,5 % səviyyəsindədir.

Rütubəti ölçmək üçün istifadə edilən metod və cihazlar aşağıdakılardan ibarətdir:

- Şəh nöqtəsini ölçən; Müqavimət sensorlu rütubət ölçən; Mexaniki rütubəti ölçən; Aliminium və ya keramika oksid sensorlu rütubət ölçən; Yaş, quru kameralı rütubət ölçən.

– Yaşadığımız aləm atmosfer qatı ilə əhatə olunduğundan mütləq təzyiq, cihazla ölçülən təzyiqlə atmosfer təzyiqinin cəmindən ibarət olur. Standart olaraq atmosfer təzyiqi 101,325 kPa qəbul edilmişdir. Dəqiq olmayan ölçmələrdə bu rəqəm atmosfer təzyiqi adlandırılır. Atmosfer təzyiqini ölçüdükümüz cihaz barometr və atmosferə nisbətən ölçülən təzyiq manometr adlandırılır. Vakuum və Təzyiq ölçmə cihazlarının o cümlədən manometrlərin kalibrəlmələri istənilən intervalda əsas kalibrəlmə vasitələrinin köməyi ilə edilir.

– Fırlanma momenti gücü 0,1 ilə 50 Nm intervalında kalibrəlmələri edilir. Fırlanma momenti gücünün kalibrəlmələri standart çəki daşlarının köməyi ilə edilir. Bu istifadə edilən çəki daşları daim nəzarətdə saxlanılır.

– Kütlə və tərəzi kalibrəlmələri isə E2 ağırlıq sinfinə aid 0,1 mq-dan başlayan 10 kq-ya qədər ağırlıqlara sahib standart çəki daşlarının köməyi ilə edilir.

– Optik masa kalibrəlməsi xüsusi test qurğuları və optik cihazların köməyi ilə obyektiv olaraq həyata keçirilir.

– Laboratoriyada yaradılan xüsusi test qurğuları ilə gecə görmə sistemlərində istifadə edilən bütün cihazların kalibrəlməsi edilir. Bundan əlavə optik nişangahların və qırmızı nöqtəli kolimator nişangahlarının parametlərini ölçmək üçün istifadə edilən cihaz və qeyri-standart stentlərin kalibrəlməsi prosesi tam şəkildə laboratoriyada reallaşdırılır. Müəssisələrdə müasir tələblərə uyğun Metrologiya və kalibrəlmə laboratoriyalarının inkişafı konsepsiyası mühüm bir sahə kimi daima inkişaf etdirilməkdədir.

REFERENCE

1. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Metroglogiya. Osnovnye terminy i opredeleniya. - Minsk. Izd. oficial'noe 01/01/2001
Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. - Минск. Изд. официальное 01/01/2001
2. Sergeev A.G., Krohin V.V. Metrologiya. Uchebnik. - Moskva: Logos, 2002.
Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Учебник. - Москва: Логос, 2002.
3. Gvozdev V.D. Prikladnaja metrologija. Velichina i izmereniya. – M.:MIT, 2015.
Гвоздев В.Д. Прикладная метрология. Величина и измерения. – М.:МИТ, 2015.
4. Kaplan B.Ju. O rekomendaciyah po metrologii RMG 29-99. - Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya, 2008, №2, s.6-11.

Каплан Б.Ю. О рекомендациях по метрологии РМГ 29-99. - Законодательная и прикладная метрология, 2008, №2, с.6-11.

5. TŞ EN ISO / IEC 17025. Obshhie trebovaniya k kompetentnosti laboratoriya kalibrovochnogo standarta. Institut Tureckih standartov. TÜRKAK, 2000, 2005, 2010, 2012.
- TŞ EN ISO / IEC 17025. Общие требования к компетентности лабораторий калибровочного стандарта. Институт Турецких стандартов. TÜRKAK, 2000, 2005, 2010, 2012.
6. EA – 4/02. Expression of the Uncertainty of measurement in Calibration december, 1999, 79 p.
7. ISO / IEC Guide to the expression of uncertainty in measurement. 98 – 3: 2008.
8. **Shishkin N.F.** Prikladnaja metrologija: uchebnoe posobie, 2-e izd., dop. i ispr. - M. izd. VZPN, 1990.
- Шишкин Н.Ф.** Прикладная метрология: учебное пособие, 2-е изд., доп. и испр. - М. изд. ВЗПН, 1990.
9. ISO 9001: 2008 Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. 11-15-2008.
ISO 9001: 2008 Системы менеджмента качества. Требования. 11-15-2008.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ И КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Я.Т. ДЖАМАЛОВ, К.А. АСКЕРОВ

В статье представлены научные исследования по созданию новых направлений усовершенствования метрологических и калибровочных лабораторий, отвечающих современным требованиям. Показаны некоторые результаты и научные основы контроля качества новыми методами и с помощью новых приборов метрологических и калибровочных лабораторий предприятий. Также показано практическое применение измерений 22 физических процессов с помощью разработанных оборудований и методов, соответствующих международным стандартам. В результате проведенных работ на предприятиях были разработаны новые стенды, приборы и методы контроля качества. Созданные усовершенствованные метрологические меры обеспечения качества продукции привели к улучшению и стабилизации процесса производства, к оптимизации управления техническими процессами и повышению уровня производства.

Ключевые слова: метрология, калибровочная лаборатория, ISO-стандарт, аккредитация, сенсор, интерферометр, автоколлиматор, мультиметр, монохроматор, детектор.

INPROVING THE WORK OF METROLOGY AND CALIBRATION LABORATORIES

Y.T. JAMALOV, K.A. ASGAROV

The article reviews the new scientific approaches of research at the metrological and calibration laboratories to meet the modern requirements. It presents some results and the scientific basics of the quality control using new methods and devices in the metrological and calibration laboratories. Also it demonstrates the practical use of 22 physical processes by means of the designed devices and methods, which are in compliance with the relevant international standards. As a result, new equipment and devices for the purpose of quality control were developed. The designed improved methods of the metrological quality control lead to the better stabilization of the production process, the optimization of management technical processes and to the increase of production level.

Key words: metrology, calibration laboratories, ISO standards, accreditation, sensor, interferometer, autocollimator, multi-meter, mono-chromator, detector.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРИТИРКИ С ДОЗИРОВАННЫМ СЪЕМОМ МАТЕРИАЛА ПОВЕРХНОСТИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТАЛЕЙ

П.Г. СУЛЕЙМАНОВ*

В статье рассматриваются вопросы влияния параметров нового разработанного технологического процесса притирки с дозированным съемом материала поверхности на качественные показатели поверхностного слоя деталей машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Анализируются полученные закономерности.

Ключевые слова: притирка, дозирование, припуск, параметры, шероховатость, остаточное напряжение, микротвердость, планирование, эксперимент.

Совершенствование технологических операций финишной обработки, внедрение новых прогрессивных методов окончательных процессов позволяет обеспечить необходимую высокую точность и качество поверхностей деталей машин. Возрастающие требования к износостойчивости, усталостной прочности, антакоррозионной стойкости деталей, а также к повышению точности работы машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях, их надежности и долговечности, обусловливают применение прогрессивных методов обработки. Одним из таких методов является технологический процесс притирки. Притирка относится к процессам отделочной обработки со свободным абразивом. Изучение явлений, происходящих при тонкой абразивной обработке, которой является притирка, разработка прогрессивных технологий производства притиров, автоматизация их изготовления, освоение и широкое применение в промышленности алмазов и других сверхтвердых материалов, исследование влияния параметров процесса на формирование качества поверхности и на эксплуатационные свойства деталей, повышение их износостойчивости является актуальной задачей, стоящей перед машиностроением.

В результате комплексных исследований разработан принципиально новый производительный технологический процесс окончательной обработки – притирка с дози-

* Министерство Чрезвычайных Ситуаций Азербайджан

рованным съемом материала поверхностного слоя, обеспечивающая высокое качество поверхности и точность обработки [1].

Трудность решения задачи исследования процесса притирки с дозированным съемом материала поверхностного слоя заключается в том, что обработка поверхностей происходит со свободным абразивом и под действием большого числа факторов функционального и случайного характера. Одним из таких факторов является разнообразие геометрических форм режущих зерен, имеющих дополнительное свободное перемещение и изменяющие свое положение во время обработки, что усложняет изучение процесса взаимодействия режущих зерен с обрабатываемой поверхностью, а также влияние различных технологических параметров притирки на качество поверхности и точности обработки.

Исследования технологического метода притирки с дозированным съемом материала поверхностного слоя позволяет установить ее стабильную схему, которая служит основой для прогнозирования качества поверхности, точности обработки, производительности выбора оптимальных режимов процесса и др.

Большое преимущество притирки с дозированным съемом материала поверхностного слоя по сравнению с другими методами окончательной обработки позволяет этому прогрессивному процессу занять важное место при изготовлении высокоточных деталей машин. В связи с вышеизложенным и в силу новизны предлагаемого метода отдельные вопросы процесса требуют глубокой разработки и исследований.

Исследования проводились на деталях машин и механизмах, применяемых в системе Министерства чрезвычайных ситуаций Азербайджанской Республики, а также на деталях нефтепромыслового оборудования, которые широко используется в машиностроительном производстве из стали 45, 40Х, 3Х13, 38ХМЮА и др.

Испытания осуществлялись на модернизированном хонинговальном станке мод. 3М82 и вертикально-сверлильном станке мод. 2А135.

Для выполнения процесса притирки разработаны и изготовлены специальные конструкции эластичных притиров. Отличительной особенностью этих притиров является то, что по мере износа они постепенно разжимаются и компенсируют изношенный слой. При обработке деталей были использованы следующие марки притирочных паст: ДМ40-С, ДМ28-С, ДМ20-С, ДМ14-С, ДМ10-С, ДМ7-С, ДМ5-С, ДМ3-С, ДМ2С.

Шероховатость обработанной поверхности измерялась с помощью профилометра-профилографа мод.202 с записью профилограмм обработанной поверхности.

При определении остаточного напряжения применяли способ акад. Н.Н. Давиденкова.

При исследовании микротвердости поверхностных слоев использован метод «кокосого среза» под углом, равным $1,5^0$.

Круглограмма обработанных поверхностей снята на кругломере мод 290.

Изогнутость оси втулок измеряли специальным индикаторным прибором ПКВ-2, разработанным ОГН «Аз НИПИ нефть».

Диаметры отверстий деталей до и после обработки контролировались индикаторным нутромером.

Диаметры наружных поверхностей деталей определялись универсальным измерительным устройством, оснащенной индикаторной головкой.

Исследовано влияние различных параметров процесса притирки (возвратно-поступательное движение $V_{\text{вп}}$, окружной скорости $V_{\text{ок}}$, давления Р, зернистость абразивных паст З и время обработки Т) на шероховатость обработанной поверхности R_a , остаточное напряжение σ и микротвердость Н поверхностного слоя. Использовано многофакторное планирование экспериментов с применением метода ортогонального планирования второго порядка, согласно методике, изложенной в работе [2]. Для каждой точки плана опыты повторялись три раза.

Воспроизводимость опытов проверяли с помощью критерия Кохрена. Для каждого из коэффициентов уравнения регрессии вычислялось расчетное значение критерия Стьюдента, которое сравнивалось с табличными. Адекватность модели для уровня значимости $\alpha = 0,05$ проверена по критерию Фишера. В результате расчетов для кодированных и натуральных значений факторов процесса притирки с дозированным съемом материала получены модели, характеризующие влияние $V_{\text{вп}}$, $V_{\text{ок}}$, Р, З и Т на шероховатость поверхности R_a , остаточное напряжение σ и микротвердость поверхностного слоя Н.

Для сравнения результатов экспериментов и проверки надежности полученных математических моделей проведены дополнительные исследования с применением классических методов обработки статистических данных.

Согласно [3, 4] для определения надежности продукции при выборочном контроле качества можно использовать *гипергеометрическое распределение*. Вероятность числа годных изделий в выборке объема n из партии объемом N , содержащей M годных изделий, записывается формулой:

$$P_x = \frac{C_M^x C_{N-M}^{n-x}}{C_N^n}, \quad 1 \leq x \leq \min(n, m), \quad (1)$$

где функция распределения имеет вид:

$$F(x) = \sum_{i=0}^x \frac{C_M^i C_{N-M}^{n-i}}{C_N^n} \quad (2)$$

Характеристики гипергеометрического распределения записываются выражениями:

$$M(x) = \frac{nM}{N}, \quad D(x) = \frac{nm(N-M)(N-n)}{N^2(N-1)}, \quad V = \sqrt{\frac{(N-M)(N-n)}{nM(N-1)}} \quad (3)$$

При $n < 0,1N$ и $M < 0,1N$ распределение хорошо аппроксимируется распределением Пуассона с параметрами $\lambda = nM/N$, при $N \rightarrow \infty, n < 0,1N$ и $M/nP \rightarrow P$ – биномиальным.

миальным распределением с параметрами n и $P = \frac{M}{N}$, при $nM/N \rightarrow \infty$ – нормальным распределением с математическим ожиданием и дисперсией (3).

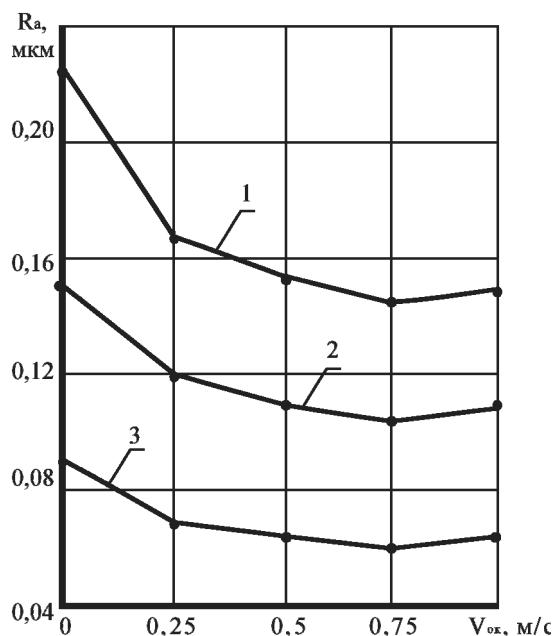


Рис. 1. Зависимость шероховатости поверхности R_a от вращательного движения $V_{\text{ок}}$. 1-3 партии деталей с различной исходной шероховатостью. $P=150 \text{ КПа}; Z=32 \mu\text{м} (\text{обрабатываемый материал Ст 40Х})$

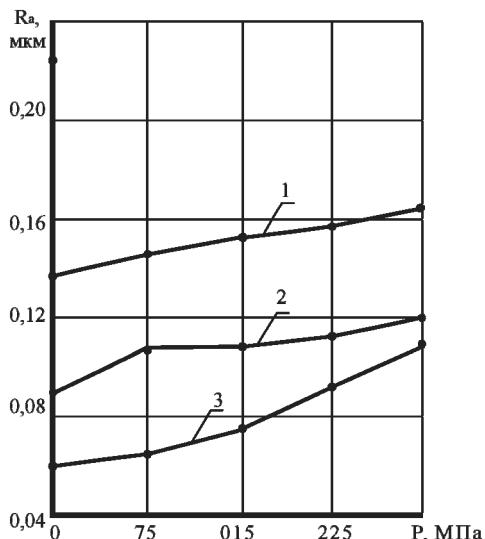


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от давления P . 1,2,3 партии деталей с различной исходной шероховатостью, $V_{\text{вп}}=0,24 \text{ м/с}; V_{\text{ок}}=0,75 \text{ м/с} (\text{обрабатываемый материал Ст 40Х})$

Характерной особенностью образования микронеровностей при притирке с дозированным съемом материала поверхностного слоя является одновременное воздействие на поверхность детали многочисленных режущих зерен.

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением скорости возвратно-поступательного движения $V_{\text{вп}}$ шероховатость поверхности R_a уменьшается. Указанная закономерность также характерна и для скорости вращательного движения $V_{\text{ок}}$ (рис. 1). Из экспериментальных исследований следует, что существенное уменьшение шероховатости происходит при работе на средних скоростях. Затем, с ростом скорости обработки, прекращается уменьшение шероховатости.

В исследованном диапазоне с увеличением давления P от 75 до 300 КПа шероховатость поверхности увеличивается до $R_a=0,20 \mu\text{м}$ (рис. 2). Повышение шероховатости поверхности с увеличением P происходит в результате большого вдавливания абразивных зерен в обрабатываемый материал поверхностного слоя.

Как известно [5], при внедрении в металл абразивных зерен, имеющих неблагоприятную для образования стружки геометрическую форму (отрицательные передние углы, значительные радиусы скругления вершин), происходит значительное пластическое деформирование металла. В этом случае только одна часть металла срезается зернами и удаляется с поверхности. Другая часть практически выдавливается в поверхность, образуя навалы на их краях и увеличивая, тем самым, высоту неровностей по-

верхности.

Увеличение шероховатости поверхности R_a с увеличением зернистости абразивных зерен Z связано с геометрическими факторами. При микрорезании абразивные зерна прорезают в металле царапины, сечения которых копируют форму и размеры абразивных зерен.

В процессе притирки рост продолжительности воздействия абразивных зерен на обрабатываемую поверхность T приводит к уменьшению шероховатости R_a , что непосредственно связано с измельчением и затуплением абразивных зерен. В этом случае процесс из микрорезания переходит в выглаживание поверхностного слоя.

По результатам исследований [6] установлено, что площадь притираемой поверхности оказывает существенное влияние на величину снимаемого слоя. При этом шероховатость поверхности не меняется при прочих равных условиях. Указанное объясняется интенсивностью съема в зависимости от размеров обрабатываемой поверхности различными удельными значениями сил, приходящихся на отдельные участки по отношению ко всей площади притирки. При изучении влияния продолжительности притирки на съем металла в работе автора [6] утверждается, что с увеличением времени обработки съем металла приближается к максимальной величине, так называемой полной абразивной способности.

Следует отметить, что продолжительность притирки зависит от многих технологических факторов: материала и зернистости абразива, давления, скорости притирки, концентрации пасты и т.д. В литературных источниках приводятся только ориентировочные их значения. Поэтому для каждого конкретного случая следует установить их значения опытным путем.

Для определения влияния $V_{\text{вп}}$, $V_{\text{ок}}$, P , Z и T на R_a получаем следующую модель процесса:

$$\hat{y} = 0,1144 - 0,0014x_1 - 0,0013x_2 + 0,0013x_3 + 0,0013x_4 - \\ - 0,025x_5 - 0,0001x_4x_5 + 0,0001x_1^2 + 0,0001x_2^2 + 0,0011x_3^2 + \\ + 0,0015x_5^2 + 3,95x_5^2 . \quad (4)$$

(4) для натуральных значений факторов имеет вид:

$$R_a = 0,1263 - 0,0329V_{\text{вп}} - 0,0258V_{\text{ок}} - 0,0002P + 0,0123Z - \\ - 0,0001T + 0,0022V_{\text{вп}}Z - 0,0001V_{\text{ок}}Z + 0,0194V_{\text{ок}}^2. \quad (5)$$

Исследуя уравнение (4), получаем следующие рациональные параметры притирки, обеспечивающие минимальную шероховатость поверхности R_a : $V_{\text{вп}}=0,26$ м/с; $V_{\text{ок}}=0,76$ м/с; $P = 150$ МПа; $Z = 32$ мкм; $T = 240$ с.

Сложившееся представление о механизме образования напряжений в поверх-

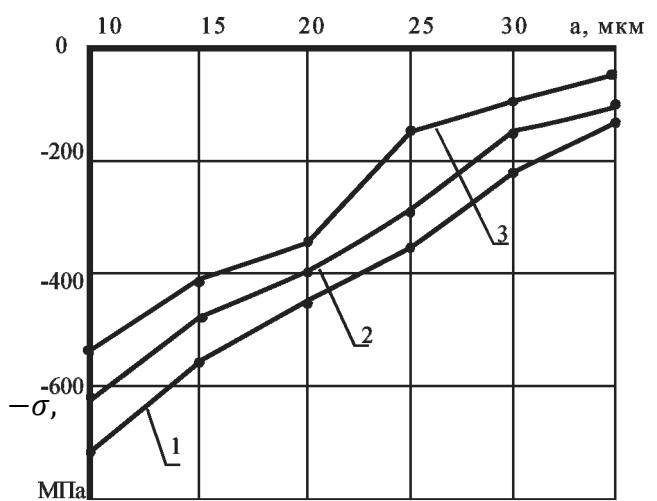


Рис. 3. Эпюры распределения остаточных напряжений σ по глубине поверхности слоя a при различной величине вращательного движения $V_{ок}$. 1- $V_{ок}=0,3 \text{ м/с}; 2- V_{ок}=0,7 \text{ м/с}; 3- V_{ок}=0,9 \text{ м/с}; P=150 \text{ КПа}; 3=32 \text{ мкм (обрабатываемый материал Ст 40Х)}$

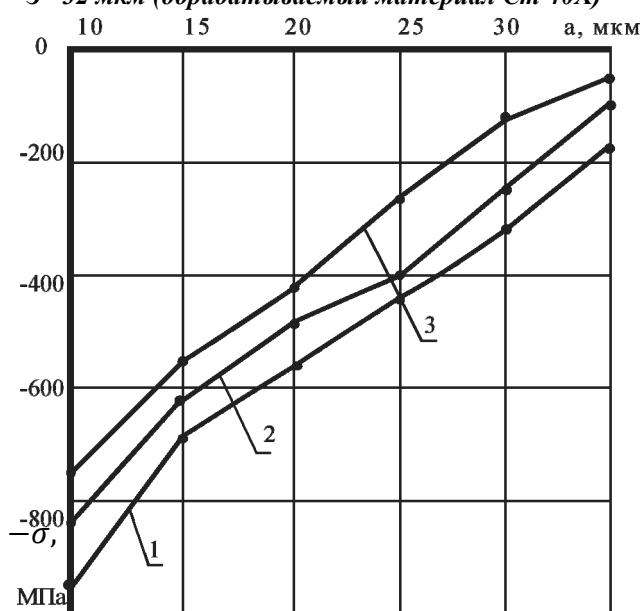


Рис. 4. Эпюры распределения остаточных напряжений σ по глубине поверхности слоя a при различном давлении P . 1- $P=76 \text{ кПа}; 2- P=158 \text{ кПа}; 3- P=225 \text{ кПа}; V_{an}=0,24 \text{ м/с}; V_{ок}=0,75 \text{ м/с (обрабатываемый материал Ст 40Х)}$

Увеличение величины остаточных напряжений σ с увеличением времени обработки T является результатом увеличения продолжительности воздействия зерен на обработанную поверхность, что и приводит к дополнительной деформации и упрочнению поверхностного слоя.

ностном слое при притирке весьма противоречиво. Мнения исследователей совпадают лишь в том, что в поверхностном слое обработанных поверхностей в основном возникает остаточное напряжение сжатия.

Результаты экспериментов показывают, что увеличение скоростей возвратно-поступательного $V_{\text{вп}}$ и окружного $V_{\text{ок}}$ движений приводит к некоторому уменьшению растягивающих остаточных напряжений поверхностного слоя σ (рис. 3).

С повышением возвратно-поступательной $V_{\text{вп}}$ и окружной $V_{\text{ок}}$ скоростей температура в зоне притирки возрастает, что непосредственно связано с увеличением пути трения абразивных зерен. Следует отметить, что при повышенных величинах $V_{\text{вп}}$ и $V_{\text{ок}}$ съем металла также возрастает.

Чем больше величина давления P , тем больше внедряются единичные зерна в обрабатываемый материал, что и приводит к уменьшению остаточного напряжения сжатия σ (рис. 4).

При увеличении зернистости Z объем металла, снимаемый каждым единичным зерном, возрастает, а частота силовых воздействий уменьшается. Поэтому чем больше зернистость Z , тем меньше величина сжимающих остаточных напряжений σ .

Влияние параметров процесса притирки на остаточное напряжение поверхностного слоя σ может быть записано полиномом второй степени

$$\hat{y}_\sigma = 108,54 - 10,15x_1 - 10,47x_2 - 11,08x_3 - 9,79x_4 + 16,19x_5 - 2,35x_5^2 \quad (6)$$

После соответствующих преобразований (6) для натуральных значений факторов имеет вид

$$\sigma = 695,18 - 202,99V_{\text{вп}} - 52,35V_{\text{ок}} + 0,22P - 1,63Z + 0,130T. \quad (7)$$

В результате расчетов определяем следующие оптимальные величины процесса притирки в отношении остаточного напряжения поверхностного слоя: $V_{\text{вп}}=0,22\text{ м/с}$; $V_{\text{ок}}=0,79\text{ м/с}$; $P=150\text{ МПа}$; $Z=32\text{ мкм}$; $T=240\text{ с}$.

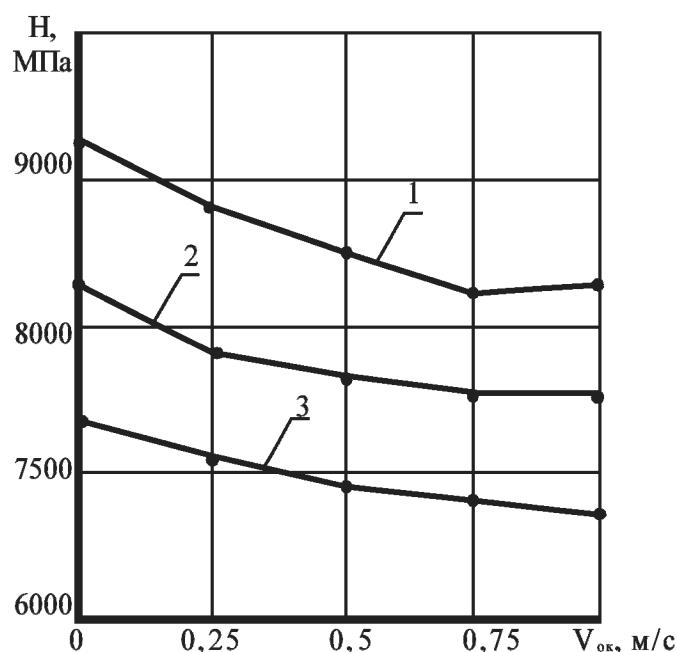


Рис. 5. Зависимость микротвердости поверхностного слоя H от скорости вращательного движения $V_{\text{ок}}$ при различной зернистости доводочных паст 3. 1-3=14 мкм; 2-3=28 мкм; 3-3=40 мкм; $P=150\text{ МПА}$; (обрабатываемый материал Ст 40Х)

Результаты экспериментов показывают, что с увеличением скорости возвратно-поступательного движения $V_{\text{вп}}$ при притирке микротвердость поверхности H снижается. Согласно [7], процесс упрочнения металла поверхностного слоя развивается под действием сил в зоне резания. Интенсивность и глубина распространения микротвердости H возрастают с увеличением сил, по мере продолжительности её воздействия и с повышением степени пластической деформации поверхностного слоя. Повышение скорости возвратно-поступательного движения $V_{\text{вп}}$ приводит к уменьшению составляющих сил резания и, тем самым, к снижению микротвердости поверхности слоя H . Указанная закономерность справедлива и для влияния скорости вращательного движения $V_{\text{ок}}$ (рис. 5).

В процессе обработки влияние давления P на микротвердость поверхностного слоя H связано с внедрением абразивных зерен под действием сил резания. Чем больше величина P , тем больше величина внедрения абразивных частиц в материал. С увеличением давления P съем материала поверхностного слоя значительно возрастает, что и приводит к уменьшению микротвердости поверхностного слоя H (рис. 6).

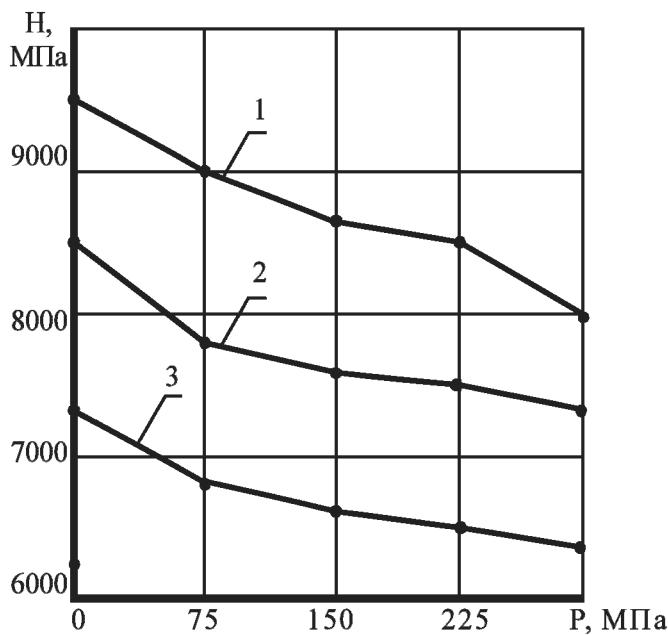


Рис. 6. Зависимость микротвердости поверхностного слоя H от давления P при различной скорости вращательного движения $V_{\text{ок}}$. 1- $V_{\text{ок}}=0,25 \text{ м/с}$; 2- $V_{\text{ок}}=0,50 \text{ м/с}$; 3- $V_{\text{ок}}=0,75 \text{ м/с}$; $V_{\text{вп}}=0,24 \text{ м/с}$ (обрабатываемый материал Ст 40Х)

Зависимость микротвердости H от параметров обработки при притирке можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 8867,18 - 59,29x_1 - 31,69x_2 - 38,46x_3 - 22,95x_4 + \\ & + 110,56x_5 - 1,04x_1x_2 - 1,04x_2x_4 - 1,88x_2x_5 - 1,25x_3x_4 - \\ & 1,18x_1^2 + 21,11x_2^2 + 15,88x_3^2 + 8,92x_4^2 - 8,85x_5^2 . \end{aligned} \quad (8)$$

После соответствующих преобразований (8) имеет вид:

$$\begin{aligned} H = & 9468,76 - 1185,86V_{\text{вп}} - 686,09V_{\text{ок}} - 3,31P - \\ & - 13,733 + 1,64T + 527V_{\text{ок}}^2 + 0,253^2 \end{aligned} \quad (9)$$

В результате расчетов определяем следующие рациональные величины процесса притирки по отношению к получению наибольшей микротвердости поверхностного слоя: $V_{\text{вп}}=0,22 \text{ м/с}$; $V_{\text{ок}}=0,80 \text{ м/с}$; $P=150 \text{ МПа}$; $z = 32 \text{ мкм}$; $T=240 \text{ с}$.

В результате проведенных исследований установлены зависимости шероховатости поверхности R_a , остаточного напряжения σ и наклена поверхностного слоя H от основных параметров притирки с дозированным съемом материала поверхностного слоя. По критериям оптимизации определены параметры процесса, обеспечивающие минимальные величины R_a и максимальные значения сжимающих σ и H .

Анализ разработанных математических моделей, позволяющих прогнозировать глубину распространения и знак остаточных напряжений в поверхностном слое в зави-

Притирка осуществляется при сравнительно низких скоростях и при относительно незначительных давлениях. Поэтому уменьшение микротвердости H при увеличении зернистости z абразивных материалов в первую очередь связано с изменением условий пластического деформирования поверхностного слоя.

При увеличении времени воздействия зерен T на обрабатываемую поверхность микротвердость поверхностного слоя увеличивается, так как затупленные режущие зерна переходят из состояния микрорезания в выглаживание, материал поверхности подвергается дополнительной деформации, что и приводит к увеличению микротвердости H .

симости от технологических параметров процесса притирки, показывает, что картина напряжений соответствует изменениям их величин. В слое, лежащим непосредственно у поверхности, суммарные напряжения являются сжимающими. В более глубоких слоях напряжения меняют знак и становятся растягивающими и постепенно уменьшаются до нуля.

Разработанный технологический процесс обработки высокоточных отверстий деталей машин с использованием рекомендуемых технологических параметров, конструкций притиров и различных паст обеспечивают устойчивое протекание процесса, снижают припуски и трудоемкость обработки в 1,4-1,6 раза.

Рациональные технологические параметры операции притирки с дозированным съемом материала поверхностного слоя следует определять, обеспечивая минимум себестоимости операции при одновременном обеспечении требуемых качественных показателей обработки.

Для достижения указанной цели необходимо разделить указанный процесс на два этапа: на первом этапе, в форсированных режимах, обеспечить требуемые точностные параметры; на втором, при умеренных режимах, - необходимые качественные показатели поверхностного слоя.

Комплекс выполненных исследований и проведенных конструкторских решений создали реальные условия для успешного внедрения этого прогрессивного технологического процесса в производство. Разработанные конструкции притиров для обработки высокоточных отверстий обеспечивают устойчивое протекание процесса и могут быть использованы в различных областях машиностроения.

REFERENCE

1. **Gafarov A.M., Aziz S.Sh.** Kinematicheskie osobennosti processa pritirki i opredelenie ego osnovnyh parametrov. // «Mexanika-maşınqayırma», №2, 2009, 3 s.
Гафаров А.М., Азиз С.Ш. Кинематические особенности процесса притирки и определение его основных параметров. «Mexanika-maşınqayırma», №2, 2009, 3 с.
2. **Gafarov A.M.** Rotacionnoe tochenie. – Baku: «Nauka», 2000. - 128 s.
Гафаров А.М. Ротационное точение. Баку: «Наука», 2000, 128 с.
3. **Gihman I.I., Skorohod A.V., Jadrenko M.I.** Teoriya verojatnostey i matematicheskaya statistika. – Kiev: «Vyssh. shkola», 1998. - 439 s.
Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. Теория вероятностей и математическая статистика. - Киев: «Высш. школа», 1998. - 439 с.
4. **Nevzorov V.N., Sugak E.V.** Nadezhnost mashin i oborudovaniya. Ch.2. Krasnojarsk, 1998, 264 s.
Невзоров В.Н., Сугак Е.В. Надежность машин и оборудования. Ч.2. Красноярск, 1998, 264 с.
5. **Matalin A.A.** Tehnologiya mehanicheskoy obrabotki. - L.: «Mashinostroenie», 1977. - 426 s.
Маталин А.А. Технология механической обработки. Л.: «Машиностроение», 1977. - 426 с.

6. **Gafarov A.M.** Tehnologicheskie sposoby povysheniya iznosostojkosti detaley mashin. - Baku: «Nauka», 1998. - 318 s.
Гафаров А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин. – Баку: «Наука», 1998. - 318 с.
7. **Gafarov A.M.** Progressivnye metody mehanicheskoy obrabotki. – Baku: «Nauka», 2001.
V 2-h tomah, t.1., 286 s, t. 2., 310 s.
Гафаров А.М. Прогрессивные методы механической обработки. – Баку: «Наука», 2001.
В 2-х томах, т.1., 286 с, т. 2., 310 с.

DOZALAŞDIRILMIŞ EMAL PAYI ÇIXARAN SÜRTMƏ PROSESİNİN PARAMETRLƏRİNİN DETALLARIN SƏTH QATININ KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİ

P.Q. SÜLEYMANOV

Məqalədə yeni işlənmiş dozalaşdırılmış emal payı çıxaran sürtmə prosesinin müxtəlif parametrlərinin ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının səth qatının keyfiyyət göstəricilərinə təsiri məsələlərinə baxılmışdır. Alınan qanuna uyğunluqlar analiz edilmişdir.

Açar sözlər: sürtmə, dozalaşdırma, emal payı, parametrlər, kələ-kötürlük, qalıq gərginliyi, mikrobərklik, planlaşdırma, eksperiment.

INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS LAPPING WITH THE DOSED MATERIAL REMOVAL SURFACE ON QUALITY INDICATORS OF PARTS

P.G. SULEYMANOV

The article deals with the influence of the parameters of the newly developed process of grinding in a metered removal of material on the surface of the qualitative indicators of the surface layer of machine parts and equipment, operating in extreme conditions. The received data was analyzed.

Key words: grinding, dosing, stock, options, roughness, residual stress, microhardness, planning, experiment.

KONSTRUKTİV TƏDBİRLƏRLƏ ŞTANQLI QUYU NASOSLARININ TEXNİKİ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİNATI

Z.S. ALLAHVERDİYEV*

Respublikamızda iqtisadiyyatın aparıcı sahəsinin-neft sənayesinin-texniki tərəqqisi yüksək keyfiyyətli və geniş çeşidli müasir neft mədən maşın və aqreqatlarının layihə və konstruksiya edilməsi və mövcud avadanlıqların günün tələblərinə uyğun təkmilləşdirilməsi ilə üzvü surətdə bağlıdır.

Aparılmış tədqiqat işlərinin təhlili göstərir ki, silindr və plunjərin yeyilməyə qarşı davamlığının artırılması ştanqlı quyu nasoslarının praktiki məhsuldarlığının və işləmə müddətinin yüksəldilməsində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözləri: nasos, ştanq, təhlükə, quyu, plunjər, silindr.

Giriş. Neft sənayesinin səmərəli işləməsinə təsir göstərən amillərdən biri istifadə olunan texniki vasitələrin texniki-iqtisadi göstəriciləridir. Bu baxımdan müasir texnika və texnologiyanın son nailiyyətlərinə əsasən istehsal olunan avadanlıqların yüksək etibarlılığı və istismar göstəricilərinə malik olmasını təmin etmək neftmaşınqayırma sənayesinin ən ümdə vəzifəsidir. Deyilənləri nəzərə alsaq ştanqlı quyu nasoslarının işgörmə qabiliyyətini yaxşılaşdırmaq və təmirarası müddəti artırmaq haqqında məsələlərin həlli neftçixartma sənayesi üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Ştanqlı quyu nasoslarının tez-tez işdən imtina etməsi və praktiki məhsuldarlığının aşağı olmasının xarakterik səbəblərindən aşağıdakılardır: plunjər-silindr cütünün və klapanların yeyilməsi; plunjərin silindr, klapanın isə gövdə və ya içlik içərisində pərçimlənmələri; mayenin plunjər-silindr cütü arasındaki boşluqdan və klapanlardan geriyə sizması nəticəsində həcm itkilərin son həddə çatması; nasos elementlərinin müəyyən səbəblərdən sınmasını və s. göstərmək olar.

Məsələnin aktuallığı. Ştanqlı quyu nasosları bütöv silindrli və silindri oymaqlı olmaqla iki quruluşda istehsal olunur [5]. Hər iki quruluşda olan ştanqlı quyu nasoslarında abraziv yeyilməni azaltmaq məqsədilə oxuna perpendikulyar müstəvilərdə xarici səthi həlqəvi qanovcuqlara malik plunjərlərdən istifadə olunur. Plunjerdəki qanovcuqlar arasındaki məsafə 150 mm olmaqla plunjərin uzunluğundan asılı olaraq onların sayı 5, 8 və 12 ədəd olur. Qanovcuğun plunjərin oxu istiqamətində hündürlüyü 5 mm dərinliyi isə 1,5 mm-dir (şək.1) [10].

Bələ plunjərlərin tətbiq edilməsində əsas məqsəd istismar şəraitində plunjə ilə silindrin təşkil etdiyi ara boşluğununa daxil olan mexaniki qarışıkları, başlıca olaraq qum dənələrini tutub

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

saxlamaqla onların hərəkətini məhdudlaşdırmaq, bununla da silindr-plunjər cütündə mexaniki yeyilmənin qarşısını almaqdan və eyni zamanda müəyyən dərəcədə hidravlikı effekt yaratmaqdan ibarətdir [1,6,7,8,9].

Təcrübə göstərir ki, qeyd edilən plunjərlə işləyən ştanqlı quyu nasoslarının qumlu quyularda yeyilməyə qarşı davamlığı xeyli yüksək olur. Qeyd edək ki, plunjər silindr daxilində irəliləmə hərəkəti etdiyindən plunjərdə olan qanovcuqlar silindr tərəfindən qapanır. Ora giriş və çıxış ancaq plunjərlə silindr arasındakı mikronlarla ölçülən ara boşluğu vasitəsilə olur. Sorma prosesində plunjərin üstündəki fəzadan mayedə olan qum dənələri ara boşluğunə daxil olur və aşağı hərəkət edərək plunjərdə olan qanovcuqlarda toplanır. Qanovcuqlara dolmuş qum dənəciklərinin oradan çıxma ehtimalı məhdud olduğundan müəyyən dövrdən sonra qanovcuqların qumla dolması nəticəsində onların fəaliyyəti məhdudlaşmış olur [2]. Bunun əsas səbəbi iş şəraitində qanovcuqların yuyularaq qumdan təmizlənmə prosesinin getməməsidir [11].

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, xarici səthi hamar və qanovcuğa malik plunjərlə təchiz olunmuş oymaqlı nasoslar bütöv silindrli nasoslara nisbətən yeyilməyə qarşı daha davamlı olurlar. Bu səbəbdən neft mədənlərində qumlu quyuların istismarında oymaqlı nasoslara daha çox üstünlük verilir. Oymaqlı nasoslarda yeyilmə intensivliyinin az olmasını aşağıdakı kimi izah etmək olar.

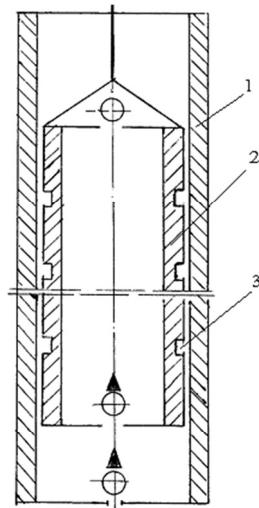
Oymaqlı nasoslarda oymaqların uc hissələri $1,6 \cdot 45^\circ$ -li $r = 0,3\text{mm}$ radiuslu daxili faskaya malikdirlər. Silindrin yiğilması zamanı faskalar hesabına oymaqların bir-birinə sıxılma sahələrində daxildən həlqəvi qanovcuq əmələ gəlir. Plunjərin irəliləmə hərəkəti zamanı silindrli plunjər arasına daxil olan və ya daxil olma ərəfəsində abraziv hissəciklərin qanovcuqlara sıxışdırması hesabına onların əzilməsi prosesi gedir ki, bu da iri qum dənələrinin silindr və plunjər arasındakı ara boşluğu ilə sərbəst hərəkət etməsi aradan qaldırılır və sürtünən səthlərdə yeyilmə prosesini nisbətən zəiflətmış olur.

Deyilənlərlə yanaq onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu növ ştanqlı quyu nasoslarında istismar zamanı oymaqların bir-birinə nisbətən eninə istiqamətdə yerdəyişməsi hallarına təsadüf edilir. Bu da plunjərin sərbəst hərəkətinə mane olur. Digər tərəfdən istismar prosesində oymaqların kontakt səthlərinə kipliyin pozulması hesabına qaldırılan mayenin həmin sahələrdən oymaq arxası fəzaya və oradan da plunjərin altına axması halları müşahidə olunur [11]. Bu nöqsanları nəzərə alaraq son illərdə bütöv silindrli nasosların istehsalı üstünlük təşkil edir. Qeyd edək ki, bütöv silindrin təmiri, yəni onun daxili səthinin yeyilməsinin bərpa edilməsi böyük çətinliklərlə bağlıdır.

Deyilənləri nəzərə alaraq bütöv silindrli ştanqlı quyu nasoslarında yeyilməni azaltmaq üçün silindrin daxili səthində qanovcuqların açılması məqsədə uyğun hesab olunur.

Silindrə qanovcuqların açılmış quyu nasosu şək. 2-də göstərilmişdir.

Qeyd edək ki, təklif olunan silindrə malik ştanqlı quyu nasosunda xarici səthində



*Şək.1. Bütöv silindrli
stanqlı quyu nasosu:
1 - silindr, 2 - plunjər,
3 - qanovcuq*

qanovcuqlar olan və ya bütöv səthli plunjərlərdən istifadə etmək olar.

Şəkildən göründüyü kimi plunjər silindr daxilində müvafiq olaraq yuxarı və aşağı hərəkət etdiyi vaxt silindrə qanovcuqların qarşısı açılmış olur və orada yığılmış qum dənələrinin silindrin daxilinə axması üçün şərait yaradılır. Sorma prosesində qanovcuqlar silindrə sorulan maye tərəfindən yuyulur.

Plunjər aşağı hərəkət etdiyi halda, yəni vurma prosesində plunjər tərəfindən sıxışdırılan maye vurucu klapanın pəncərələrindən maili istiqamətdə sürətlə çıxaraq qanovcuqları yuyur və bu proses plunjər son aşağı vəziyyəti tutanadək davam edir. Beləliklə plunjərin müvafiq hərəkətlərində qanovcuqlar sərbəst sürətdə silindrin daxili ilə əlaqələnir və onların qumdan təmizlənməsi üçün şərait yaranır.

Deyilənlər mövcud şanqlı quyu nasoslarında öz əksini tapmir. Təklif olunan silindrə yuxarıda qeyd olunan oymaqlı nasoslara məxsus qumun əzilməsi prosesi də təmin olunmuş olur [13].

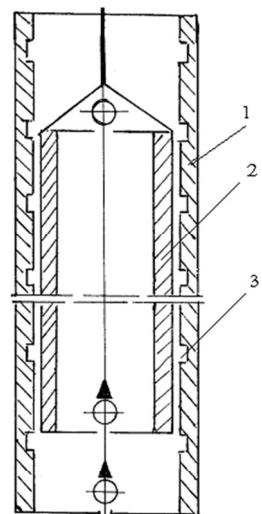
İstismar şəraitində quyu nasosunun plunjər və silindr cütü arasında yaranan sürtünmə qüvvəsi yeyilmə prosesini sürətləndirməklə yanaşı eyni zamanda nasos qurğusunun ümumi işinə mənfi təsir göstərir. Nasos qurğusunda dinamiki qüvvələrin yaranması, şanqların qırılması və ya açılması, plunjərin gedişinin itməsi nəticəsində məhsuldarlığın düşməsi və texniki təhlükəsizlikdə yolverilməz hallar silindrə plunjər arasında sürtünmə ilə əlaqədardır [14].

Digər tərəfdən plunjərin istər yuxarı istərsə də aşağı hərəkəti zamanı maye müvafiq qanovcuqlara böyük təzyiqlə sıxlıdır. Bu zaman həlqəvi qanovcuqlarda yaranan hidrodinamiki təzyiqin radial istiqamətdə olan toplananları plunjəri silindr daxilində mərkəzi vəziyyətdə olmağa vadər edir. Bu da plunjərin bir tərəfli yeyilməsini və sərbəst irəliləmə hərəkətlərini təmin edən əsas şərtlərdən biridir. Eyni zamanda həlqəvi sahələrdə olan maye plunjərlə silindrin sürtünən səthlərini daima isladaraq quru sürtünmə hallarını aradan qaldırır.

Qeyd etmək lazımdır ki, plunjərin silindr daxilində mərkəzləşməsi zamanı mayenin geriyə sızmasının kəskin azalması da istisna olunmur.

Qeyd edək ki, təklif olunan silindrə malik şanqlı quyu nasosundan istismarı zamai bir səra təhlükəli halların da sayını azaltmaq olar. Baş verə biləcək təhlükəli halların əksəriyyəti bir başa şanqlı quyu nasosunun sıradan çıxmazı ilə əlaqəlidir. Şanqlı quyu nasosunda plunjərin silindrin daxilində pərçimlənməsi bir təhlükələr, elektrik mühərrikinin sıradan çıxmazı, qayış ötürməsinin qırılması, şanqların qırılması və yer altı avadanlığının sıradan çıxmazı nəticəsində mancanaq dəzgahının çarxqolunun boş işləməsi zamanı təhlükəli hallar yarana bilir. Balansır başlığının, çarxqolu barmağının dəyişdirilməsi və mancanaq dəzgahının tarazlaşdırılması zamanı yaranan təhlükələr şanqlı quyu nasosunun təmir üçün quyudan çıxarılması ilə bilavasitə əlaqəlidir.

Şanqlı quyu nasosu qurğusunun yerüstü avadanlıqlarına xidmət göstəriləməsi və təmir işləri başqa istismar üsullarındakı əməliyyatlardan daha zəhmətli və daha təhlükəlidir.



Şək.2 Silindr qanovcuğa malik şanqlı quyu nasosu: 1- silindr, 2 - plunjər, 3 - qanovcuq

Xüsusən mancanaq dəzgahının kanat asqısının çıxarıılıb- taxılması, balansir başlığının yuxarı qaldırılması və aşağı salınması əlverişsiz vəziyyətdə və yüksəklikdə aparıldığı üçün təhlükəli anlar yaranır. Bu təhlükəli halların sayının azaldılması nasosun işləmə müddətinin uzadılması ilə düz mütənasibdir. Təklif olunan şanqlı quyu nasosundakı konstruktiv işləmə nasosun işləmə müddətinin artırılmasına hesablanmışdır.

Nəticə. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, müvafiq olaraq plunjər ilə silindr arasındaki sürtünmə qüvvəsini yaradan amilləri araşdırmaqla və müəyyən texniki və texnoloji tədbirlərdən istifadə etməklə nasos qurğusunun işini tənzimləmək və eyni zamanda quyu nasosunda yeyilmə prosesini idarə etmək kimi kompleks məsələləri həll etmək mümkündür. Qeyd edilmiş məsələnin praktiki əhəmiyyətini nəzərə alaraq aparılan konstruktiv işləmələr həmin məsələnin nəzəri və praktik cəhətdən həll olunması ilə yanaşı texniki təhlükəsizlik baxımından da əlverişlidir. Yuxarıda qeyd edilən məsələlərin həlli başlıca olaraq şanqlı quyu nasoslarının istismar göstəricilərini o, cümlədən praktiki məhsuldarlığını və işləmə müddətini artırmaqla təhlükəsiz istismara xidmət edir.

Statistik məlumatlara görə vahid quyuya düşən şanqlı quyu nasoslarının sərfinin həddən artıq çox olması, təmirarası müddətini və praktiki məhsuldarlığın kəskin aşağı düşməsi onların getdikcə pisləşən istismar şəraitinin tələblərinə cavab vermədiyini, göstərir. Buna görə də yuxarıda qeyd edilmiş çatışmamazlıqların aradan qaldırılması, şanqlı quyu nasoslarının əsaslı surətdə təkmilləşdirilməsi və daha etibarlı konstruksiyaların yaradılması texniki təhlükəsizlik baxımından da nasosqayırmaya sənayesinin qarşısında duran ən mühüm vəzifələrdən biri sayılmalıdır.

REFERENCE

1. **Canəhmədov Ə.X., Hümbətov H.H., Vahidov M.A., Eyvazova Z.E.** Quyu şanqlı nasos qurğusu. / Bakı: Çəşioğlu, 1999, 464 s.
2. **Vahidov M.A., Kərimov Ö.M., Eyvazov Z.E.** Neft-qaz istehsalı texnikası. Bakı: Azərnəşr, 2008, 440 s.
3. **Qurbanov R.S., Kərimov Ö.M., Allahverdiyev Z.S.** Oymaqları bir-biri ilə əlaqələndirilmiş şanqlı quyu nasosu // Ali məktəblərarası elmi-texniki jurnal «Sbornik nauchníx trudov po mexanike», 2002, №12, P.II, s.244-249
4. **Əliyev N.S., Mustafayev Ş.İ., Bayramov S.B.** Dərin neft quyularında istifadə edilən şanqlı quyu nasosunun konstruksiyasının təkmilləşdirilməsi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2008, №9, s.47-51.
5. **Məmmədov K.Ə.** Neftçixarmada quyuların istismar səmərələliyinin artırılması üçün bitki mənşəli inhibitorun tədqiqi və tətbiqi: Texnika elmləri. namizədlik dissertasiyasının avtoreferatı, Bakı: 2006, 22 s.
6. **Darihev V.İ., Neymişev N.İ., Kızəkin R.İ. i.dr.** Analiz raboti fonda skvajin, oborudovannix SŞNU na promislax MNQ. // Neftepromislovoe delo, 2002, №11, s.21-23.
7. **Janahmadov A.Kh.** Neftyanaya triboloqiya. Bakı: Elm, 2003, 326 s.
8. **Zaxarov B.S., Zelenin V.İ., Markelov A.Q. i.dr.** Razrabotka i ispitanie plunjernoqo nasosa dlya dlinoxodovoy nasosnoy ustanovki / Nauchn. tr. Orenburq. Neft aktsioner. komp. «ONAKO», 2001, №3, s. 239-242.
9. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu ekonomiceskoy effektivnosti novoy texniki, izobreteniy i ratsionalizatorskix predlojeniy v neftedobivayuschey promishlennosti. RD 39-01.47035-202-86. ONTİ VNII. 1986.

10. **Kərimov Ö.M., Allahverdiyev Z.S.** Ştanqlı quyu nasoslarının texniki göstəricilərinin yüksəldilməsi / Azərbaycanın faydalı qazıntıları, perspektiv sahələrin proqnozlaşdırılması və yeni tədqiqat üsulları» IV Respublika elmi konfransının materialları. Bakı: 2002, s.126-127
11. **Zaxarov B.S.** Primenenie mexanicheskix uplotneniy v styanqovix nasosax // Neftyanik, 1994, №2, s.18-20
12. **Kerimov O.M., Allaxverdiev Z.S., Kasimova S.K.** Issledovanie plasticheskoy deformatsii v pare sedlo-sharik skvajinoqo shtanqovoqo nasosa, «VNIIGNQ» Moskva, Stroitelstva neftyanix qazovix skvajin na sushe i na more, №3, 2010, s.32-34
13. **Allahverdiyev Z.S.** “Neft mədən avadanlıqları və onların texniki təhlükəsizliyi”. Bakı, “ADNA-nun nəşriyyatı”, 2015, 208. səh.
14. **Allahverdiyev Z.S.** Mədən məlumatları əsasında ştanqlı quyu nasoslarının işinin təhlili // Ali məktəblərarası elmi-texniki jurnal «Tətbiqi mexanika», Bakı, 2004, №1, s.231-236

КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ

З.С. АЛЛАХВЕРДИЕВ

Анализируя факторы, образующие силу трения между плунжером и цилиндром и используя некоторые технические и технологические меры, возможно решать комплексные вопросы, такие как регулирование работы насосной установки и процесса ее изнашивания. Решение поставленных вопросов служит безопасному использованию штанговых насосов, повышая их эксплуатационные показатели, а также практическую продуктивность и срок эксплуатации. Разрабатывая и применяя научно обоснованные конструктивные технологические меры, можно уменьшить интенсивность изнашивания плунжерно-цилиндровой пары штанговых насосов. В результате этого повышаются их эксплуатационные показатели: практическая продуктивность, срок эксплуатации и обеспечение технической безопасности.

Ключевые слова: насос, штанга, опасность, скважина, плунжер, цилиндр.

DESIGN SAFETY MEASURES FOR SUCKER ROD PUMPS

Z.S. ALLAHVERDIYEV

Analyzing the factors forming the friction force between plunger and cylinder and using some technical and technological measurements it is possible to solve complex problems such as the control of the pump work installation and wearing process. Solution of these problems improves the safety of sucker rod pumps application, boosts their exploitation parameters and also their practical productivity and maintenance. By developing the scientifically substantiated constructive-technological measurements it is possible to reduce the wearing intensity of plunger – cylinder pair of the sucker rod pumps. As a result, their exploitation parameters increases: practical productivity, exploitation period and technical safety.

Key words: *pump, sucker rod, danger, well, plunger, cylinder.*

İŞLƏNMƏNİN SON MƏRHƏLƏSİNDƏ NEFT YATAQLARININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN AŞAĞI DÜŞMƏSİNƏ QARŞI TƏDBİRLƏR

A.Q. KƏRIMOVA*, G.G. MƏMMƏDOVA**

Məqalədə, köhnə neft yataqlarının işlənməsi səmərəliliyinin aşağı düşməsi səbəbləri şərh edilib və qeyd edilmişdir ki, onların içərisində elələri vardır ki, onlar başlıca səbəblərdir, digərləri isə törəmə səbəblərdir. Hər bir başlıca səbəbdən də çox sayılı törəmə səbəblər doğur. Hər bir səbəbdən yaranan mürəkkəbləşmə və nasazlıq nəticəsində istismar olunan neft quyusunun optimal texnoloji rejimi pozulur və onun tənzimlənməsinə ehtiyac yaranır. Bu mürəkkəbləşmə və nasazlıqlar aradan qaldırıldıqdan sonra quyuda tədqiqat işləri aparılır.

Açar sözlər: işlənmənin son mərhələsi, yatağın tükənmə rejimi, optimal texnoloji rejim, mürəkkəbləşmə, başlıca səbəb, törəmə səbəblər, indikator diaqramı, tənzimləmə əyriləri

İşlənmənin son mərhələsində neft yataqları tükənmə rejimində istismar edilirlər. Bu rejimdə istismar edilən neft yataqları əsasən quru ərazilərdə yerləşmiş köhnə yataqlardır; onların hasiledici istismar quyularının əksəriyyəti şanqli plunjərli dərinlik nasos üsulu ilə istismar edilir. Bəzi hallarda, quyu məhsulunun su debiti çox yüksək və neft debiti çox kiçik olduqda, sürətli maye alma üsulunu tətbiq edərək mərkəzdənqəçmə elektrik dalma nasosu ilə də istismar edirlər.

Qeyd etmək lazımdır ki, bir çox illər ərzində istismar edilmiş belə köhnə yataqların geoloji-fiziki şəraiti, onların son tükənmə mərhələsində çox mürəkkəbləşdiyindən, hasiledici quyuların normal istismarını həyata keçirmək çox çətinləşir və işlənmənin səmərəliliyini çox aşağı salır.

Səmərəliliyin aşağı düşməsinin əsas səbəblərinə aşağıdakıları misal göstərmək olar: - istismar neft quyularının məhsulunun sulaşması; - qum təzahürlərinin intensivləşməsi; - parafin və duz çöküntülərinin baş verməsi; - işlənmə şəbəkəsinin seyrəlməsi; - işlək quyuların tez-tez sıradan çıxmazı; - fəaliyyətsiz quyuların işinin bərpa edilməsi; - istismar kəmərinin deformasiyalara uğraması; lay təzyiqinin çox aşağı düşməsi; - lay təzyiqinin neftin qazla doyma təzyiqindən aşağı düşməsi; - quylarda tədqiqatların zəif aparılması, yaxud heç aparılmaması; - quylarda optimal texnoloji rejimlərin düzgün qurulmaması; - laya süni təsir

* Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və Kimya Elmi Tədqiqat institutu

** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

proseslərinin zəif aparılması və ya heç aparılmaması; - quyularda nasosun asqı dərinliyinin və dinamiki maye səviyyəsinə dalma dərinliyinin düzgün seçiləməsi - qazlaşmış neft quyularından qazın hasil edilməsi; -çox sulaşmış neft quyularından sürətli maye almanın tətbiqi, belə quyularda qazlift istismar üsulunun tətbiqi, - özlü-plastik neftlərin mənfi təsiri; - istismar kəməri qırılmış quyularda pəncərənin açılması və II maili lülənin qazılması üsulunun tətbiq edilməməsi; quyularda təmir tezliyinin yüksək və təmirlər arası müddətin qısa olması; - hasil edilən neftin maya dəyərinin yüksək olması; - neftvermə əmsalının kiçik olması; -səmt sularının çoxalması və ekologiyanın korlanması; - quyularda dəyanətli (suyun neftdə) emulsiyaların əmələ gəlməsi; - yerüstü və yeraltı avadanlıqların korroziyaya uğraması; -quru sürtünmədən metal hissələrin yeyilməsi; - quyuların istismar parametrlərinə nəzarətin zəif aparılması, yaxud heç aparılmaması; - quyudibi zonaya təsir üsullarının az tətbiq edilməsi və ya heç edilməməsi; - istismar üsullarının az tətbiq edilməsi, yaxud heç edilməməsi; -qazın nasosun işinə mənfi təsirinin olması və s.

Yuxarıda şərh edənlərdən göründüyü kimi, neft yataqlarının işlənməsinin və istismarının səmərəliliyinin aşağı düşməsi səbəbləri çoxdur. Lakin onu qeyd etmək lazımdır ki, hər bir neft yatağının özünə məxsus xüsusiyyətləri olur və onlar müxtəlif konkret geoloji-fiziki şəraitlərə malik olurlar.

Elə ona görə də bir neft yatağında bu səbəblərin hamısı deyil, onlardan biri, yaxud bir neçəsi mövcud olur. Əsas məsələ ondan ibarətdir ki, yataqda mövcud olan səbəbləri düzgün müəyyən edə biləsən.

Quyulara optimal texnoloji rejimin qurulması yalnız o halda həyata keçirilməlidir ki, onlarda heç bir mürəkkəbləşmə mövcud olmasın, yaxud mümkün qədər minimal dərəcədə olsun.

Optimal texnoloji rejimin qurulmasına başlamazdan əvvəl, aşkar edilmiş səbəblər aradan qaldırılmalıdır, yaxud onları minimal dərəcəyədək aşağı salmaq lazımdır. Yuxarıda qeyd edilmiş səbəblərin bir çoxu həm də neft yataqlarının işlənməsinin digər mərhələlərdə də mövcud olur; lakin son mərhələlərdə, o səbəblərdən törənən əngəlliliklərin sayı daha da artır və daha da intensivləşir.

Elə səbəb vardır ki, ona əsas (başlıca) səbəb demək lazımdır ki, məsələn, neft quyuları məhsulunun sulaşması. Quyuların iki cür sulaşması olur: onların vaxtında sulaşması və vaxtından əvvəl sulaşması.

Quyuların vaxtında sulaşması neftlilik konturunun müntəzəm (normal tərzdə) irəliləməsi nəticəsində baş verir və o, birinci cərgə istismar neft quyularına çatan andan başlayır, məhsulun sulaşma dərəcəsi getdikcə artır və nəhayət onlar 100% sulaşırlar və istismardan çıxırlar. Vaxtında sulaşma qəza hesab edilmir. O, hətta arzu edilən hadisədir. Vaxtında sulaşan neft quyularında hasil edilən lay sularını təcrid etmək lazım deyildir.

Quyuların və layların vaxtından qabaq sulaşması isə arzu edilən hadisə deyildir və qəza sayılır; bəzən, yüksək debitli neft quyularının vaxtından qabaq sulaşması katastrof adlanır. Vaxtından əvvəl sulaşmış neft quyularında lay sularını təcrid etmək lazımdır. Neft quyularının sulaşması bir çox fəsadlar törədir, məsələn, qum təzahürlərini intensivləşdirir, duz çöküntüləri baş verir, lay təzyiqi yüksək templə aşağı düşür, layda iki-üç fazlı axınlar yaranır, çox sulaşmış

neft quyularında sürətli mayealma üsulu tətbiq edilir, istismar kəmərlərində deformasiyalar baş verir və s. Bu fəsadların hər biri ayrılıqda neft yataqlarının səmərəliliyinin aşağı düşməsinin səbəbi olur ki, bunlara da törəmə səbəbləri demək olar. Bu misaldan belə nəticə çıxır ki, səmərəliliyin aşağı düşməsinin qarşısını almaq üçün ən faydalı tədbirlər törəmə səbəblərin hamisini ayrı-ayrılıqda deyil, yalnız başlıca səbəbin aradan qaldırılması tədbirləri kimi tətbiq etmək lazımdır, yəni ən vacibi sulaşmış neft quyularında lay sularını tam yaxud qismən təcrid etməkdir.

Başlıca səbəblərə başqa misal da göstərmək olar, məsələn sulaşmamış neft quyularında qum təzahürlərinin artması. Burada törəmə səbəblər bunlardır: qum tixaclarının yaranması, quyularда yerüstü avadanlığın yeyilməsi, nasos-kompressor borularının yeyilməsi, dərinlik nasosları detallarının yeyilməsi, nasosun plunjərinin silindrində pərcimlənməsi, şanqların qırılması və s.

Mürəkkəbləşmələr tam yaxud qismən aradan qaldırıldıqdan sonra, quyulara optimal texnoloji rejim qurulmalıdır. Quyunun optimal texnoloji rejimi onun elə iş rejiminə deyilir ki, onun neft debiti mümkün qədər böyük olsun, qaz və su debitləri kiçik olsunlar, qum təzahürləri mümkün qədər az olsunlar. İstismar neft quyusuna optimal texnoloji rejimi qurmaq üçün həmin quyu qərarlaşmış iş rejimlərində tədqiq edilərək, birinci və ikinci indikator diaqramları və tənzimləmə əyirləri qurulmalıdır. Bu məqsədlə quyunun iş rejimi azı üç dəfə dəyişdirilməlidir. Quyunun iş rejiminin dəyişdirilməsi müxtəlif istismar üsullarında müxtəlif üsullarla həyata keçirilir. Hər bir qərarlaşmış rejimdə quyunun debitləri və dib təzyiqləri ölçülür və alınmış nəticələr cədvəldə yazılır, sonra indikator diaqramları və tənzimləmə əyirləri qurulur və bunlara əsasən də optimal texnoloji rejim seçilir.

Müxtəlif neft yataqlarının müxtəlif quyuları üçün indikator diaqramları müxtəlif formada alınırlar. Əgər neftin layda süzülmə qanunu Darsi qanunudursa, onda indikator diaqramları düz xətli olurlar. Əgər neftin süzülməsi ümumuləşdirilmiş Darsi qanununa tabe olursa, onda da indikator diaqramları düz xətli alınırlar, lakin ikinci indikator diaqramı koordinat başlanğıcından keçmir və depressiyalar oxundan hər hansı bir ΔP_0 parçasını ayırir ki, bu da başlanğıc təzyiq düşgüsü kimi alınır. Bunun qiymətinə əsasən başlanğıc təzyiq qradienti təyin edilir:

$$G = \frac{\Delta P_0}{R_k - r_q}$$

Burada G - başlanğıc təzyiq qradienti, MPa/m; R_k – qidalanma konturunun radiusu, m; r_q – quyunun radiusudur, m-lə.

Əgər $\Delta P_0 \neq 0$ olursa, onda neft lay şəraitində özlü-plastik maye olur.

Əgər indikator diaqramları əyri şəklində alınarsa, onda süzülmə prosesi qeyri-xətti qanunlardan birinə tabe olur və neft layda özünü qeyri-nyuton, yaxud diletant maye kimi aparır. Təzyiq qradientilə süzülmə sürəti arasındaki funksional asılılığın analitik ifadəsinə süzülmə qanunu deyilir. Quyunun birinci indikator diaqramı onun debiti ilə dib təzyiqi arasındaki asılılığın qrafikinə deyilir, ikinci indikator diaqramı isə onun debitilə depressiyası arasındaki asılılığın qrafikinə deyilir.

Sulaşmış neft quyularında dörd indikator diaqramları çıxarılır, bunlardan ikisi neft üçün çıxarılan birinci indikator diaqramlarıdır, ikisi də su üçün çıxarılan birinci və ikinci indikator diaqramlarıdır. Tədqiq edilən quyunun müxtəlif debitləri ölçü trapında yaxud ölçülü qrup qurğusunda ölçülərək, təyin edilirlər, dib təzyiqləri isə kvantor aparat - program kompleksi vasitəsilə dinamiki maye səviyyələrinin dərinlikləri ölçülür və sonra hesablanaraq təyin edilirlər.

[l-4] - da sulaşmamış və sulaşmış nyuton və özlü-plastik neftlər verən istismar quyularının indikator diaqramları təqdim edilmişdir və onların fərqli xüsusiyyətləri ətraflı şərh edilmişdir.

Nəticə.

1. neft yataqlarının işlənməsinin son mərhələsində ümumiyyətlə səmərəliliyin aşağı düşməsinin çoxlu sayıda səbəbləri mövcuddur;
2. müxtəlif neft yataqları müxtəlif geoloji-fiziki konkret şəraitlərə malik olduqları üçün, onlarda bu səbəblərin hamısı deyil, biri yaxud bir neçəsi mövcud olur;
3. həmin səbəblər quyularda baş vermiş mürəkkəbləşmələr və nasazlıqlardır;
4. bu mürəkkəbləşmələr və nasazlıqlar hər dəfə baş verdikdə, quyuların optimal iş rejimləri (texnoloji rejimləri) pozulurlar, odur ki, bu rejimlər vaxtı-vaxtında tənzimlənməlidirlər;
5. optimal texnoloji rejimlər quyularda baş vermiş mürəkkəbləşmələr və nasazlıqlar aradan qaldırıldıqdan sonra qurulmalıdır;
6. bu iş rejimlərinin qurulması, quyuların qərarlaşmış axınlarda hidrodinamiki tədqiqinin aparılması nəticəsində həyata keçirilir, yəni həm indikator diaqramları və həm də tənzimləmə əyriləri qurulur.

REFERENCE

1. **Mustafaev S.D.** Voprosy issledovaniya skvazhin, produciruyushhih nenyutonovskimi neftyami. Dissertaciya, predstavленная на соискание ученой степени кандидата технических наук. Baku, 1968, 125 s.
Мустафаев С.Д. Вопросы исследования скважин, производящих неьютоновскими нефтями. Диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук. Баку, 1968, 125 с.
2. **İsgəndərov D.Ə., Mustafayev S.D., Quliyev R.A.** Sulaşmış neft quyularının qərarlaşmış rejimlərdə hidrodinamiki tədqiqi. Eko-energetika jurnalı, №2, 2013, səh.73-84
3. **Quliyev R.A.** Sulaşmış neft quyularında süxurların neftə və suya görə faza keçiriciliklərinin təyini. ANT, №4, 2013, səh.52-55
4. **Quliyev R.A.** Kontur suyu ilə sulaşmış neft quyularında faza keçiriciliklərinin təyini. Eko-energetika jurnalı, №3, 2012, səh.63-67

**МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВ СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЕЕ КОНЕЧНОЙ СТАДИИ**

А.Г. КЕРИМОВА, Г.Г. МАМЕДОВА

В статье изложены причины снижения эффективности разработки старых нефтяных месторождений в их конечной стадии. Отмечено, что среди них имеются такие, которые являются главными причинами. Из каждой главной причины порождаются многочисленные причины, называемые производными. В результате осложнения и неполадок, возникающих от каждой причины, нарушается оптимальный технологический режим эксплуатационной нефтяной скважины, и он нуждается в регулировании. Однако эти исследовательские работы должны проводиться после предотвращения имеющихся осложнений и неполадок.

Ключевые слова: последняя стадия разработки, режим истощения месторождения, оптимальный технологический режим, осложнения, главная причина, производные причины, индикаторная диаграмма, кривые регулирования.

**MEASURE AGAINST REDUCTION OF OIL FIELD DEVELOPMENT
EFFICIENCY AT ITS FINAL STAGE**

A.Q. KERIMOVA, G.G. MAMEDOVA

The article studies the causes of oil reduction in the old field development at their final stage. It is noted that among them there are such ones which are classified as main causes. Each main cause can be a source of other cause, which are derivative causes. As a result of such complications and problems, imposed by each of those causes, the optimal technological regime becomes disruptive and requires some maintenance. However, the research should be carried out after preventing the existing complications and problems.

Key words: final stage of development, field exhaustion regime, optimal technological regime, complications, main causes, derivative causes, indicator diagram, regulation curves.

QARADAĞ YERALTı QAZSAXLAMA ANBARLARINDA İSTİSMAR ZAMANI EFFEKTİVLİYİN ARTIRILMASI TEXNOLOGİYASI

Ə. N. QURBANOV*

Qaradağ yeraltı qazsaxlama anbarının istismarı zamanı qazın keyfiyyət göstəricilərinin səmərəliliyini artırmaq məqsədilə qazların nəqlə hazırlanması prosesində istifadə edilən qurğuların texnoloji iş rejimləri araşdırılub və tədqiq edilmişdir.

Mövsümlə əlaqədar olaraq anbardan götürülən qazın keyfiyyət göstəricilərini tələbata uyğun hazırlamaq və istehlakçılara maneəsiz nəqlini təmin etmək məqsədilə kompleks qaz quruducu qurğusunun principial texnoloji sxemi seçilmişdir.

Bununla yanaşı anbarlarda istismar edilən qazın nəqlə hazırlanması qurğularının texnologiyasının təkmilləşdirilməsi üçün elmi-texniki təkliflər işlənib hazırlanmışdır. İşlənib hazırlanmış texnologiyanın YQA-da həyata keçirilməsi nəticəsində anbarda qazgötürmə və qazvurma prosesinin səmərələliliyinin artırılmasına nail olunacaqdır.

Acar sözlər: separator, YQA, qaz, texnologiya, qurğu.

“Azneft” İB-nin yeraltı qazsaxlama anbarlarından (YQA) mövsümlə əlaqədar olaraq götürülən qazın nəqlini maneəsiz təmin etmək məqsədilə istismar edilən qaz qurğularının təkmilləşdirilməsi və yeni texnoloji proseslərin işlənməsi və həyata keçirilməsi aktual problemlərdən biridir. Yeraltı qazsaxlama anbarları soyuq aylarda Respublikamızın mavi yanacaqla təmin olunmasının 15-20%-ni təşkil edir.

Qaradağ YQA-nın istismarı vaxtı qazın nəqlə hazırlanması texnologiyasının etibarlılığının və keyfiyyət göstəricilərinin tələbata uyğun təmin edilməsi böyük əhəmiyyətə malikdir. Texnologiyanın düzgün seçilməsi, avadanlıqlardan səmərəli istifadə edilməsi anbardan qazgötürmə prosesində qazın istehlakçıya maneəsiz nəqlini təmin edir [1,2].

Mövsümlə əlaqədar olaraq Qaradağ YQA-dan götürülən qazın keyfiyyət göstəricilərinin tələbata uyğun hazırlanmaması nəticəsində nəql kəmərlərinə maye fazasının düşməsi müşahidə olunur. Bu da öz növbəsində kəmərlərin en kəsiyini azaldır və məhsuldarlığını aşağı salır. Bundan əlavə qazın nəqli prosesinə çəkilən istismar xərclərini artırmaqla yanaşı, istehlakçıların mavi yanacaqla təmin edilməsinin etibarlılığını azaldır. Anbardan qaz əsasən qış aylarında götürüldüyü üçün onun keyfiyyət göstəriciləri tələbata uyğun hazırlanmalıdır. Anbardan

* “Neftqazelmitədqiqatlayihə” İnstitutu

qazgötürmə dövründə texnoloji sistemdə termodynamiki göstəricilərin dəyişməsi nəticəsində hidrat əmələgelməsi müşahidə olunur. Bunun nəticəsi olaraq quyuların, qurğuların və magistral qaz kəmərlərinin texnoloji iş rejimi pozulur, sistemdə külli miqdarda qaz itkilərinə və bir çox hallarda qəzaların baş verməsinə səbəb olur [3,4].

İttifaq dövründə ərazi bölgələrində iqlim şəraitini nəzərə alaraq təbii və səmt qazlarının çıxarılması, yiğilması və nəqlə hazırlanması prosesində qazın keyfiyyət göstəriciləri üçün sənaye standartları OCT 51.40.93 və texniki şərt işlənib hazırlanmışdır. Təbii qazların mədən şəraitində hazırlanıb nəqlə verilməsi iki dövrə bölünür: mülayim iqlim şəraiti - may ayının 01-dən sentyabr ayının 30-na qədər; soyuq iqlim şəraiti - oktyabr ayının 01-dən aprel ayının 30-na qədər; Bu dövr ərzində nəqlə hazırlanan qazın keyfiyyət göstəriciləri cədvəldə göstərilən şərtlərə cavab verməlidir:

Cədvəl

Qazın iqlim şəraitindən asılı olaraq keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	İqlim şəraiti			
	mülayim dövr	soyuq dövr		
Qazın nəmliyə görə şəh nöqtəsinin temperaturu, $^{\circ}\text{C}$ (5,5-6,0) MPa;	-3	-5	-10	-20
- karbohidrogenlərə görə şəh nöqtəsinin temperaturu, $^{\circ}\text{C}$	0	0	-5	-10
- hidrogen sulfid q/1000m ³ ; mexaniki qarışıqlar q/m ³ ;	0,007 (0,002)	0,007 (0,002)	0,007 (0,002)	0,007 (0,002)
mexaniki qarışıqlar q/m ³ ;	0,1	0,1	0,1	0,1
- merkaptan kükürdü q/1000 m ³ ;	0,016 (0,036)	0,016 (0,036)	0,016 (0,036)	0,016 (0,036)
- oksigenin həcmi, %	1,0	1,0	1,0	1,0
- yanma istiliyi, MC/m ³ , 20°C və 101,325 kPA	32,5	32,5	32,5	32,5

Mövsümlə əlaqədar olaraq YQA-dan götürülən qazın nəqlə hazırlanması texnologiyası elə seçilməlidir ki, onun keyfiyyət göstəriciləri qazgötürmənin sonuna qədər tələbata cavab versin. Hazırda Qaradağ YQA-da mövsümlə əlaqədar olaraq qazgötürmə prosesində qazların nəqlə hazırlanması zamanı tətbiq edilən aşağı temperaturlu (ATS) separasiya qurğusu istismar edilir.

Anbardan götürülən qazın keyfiyyət göstəricilərini tələbata uyğun hazırlamaq üçün separasiya qurğusunun düzgün termodynamiki parametrləri və optimal texnoloji iş rejimi seçilməlidir.

Qaradağ YQA-da nəqlə hazırlanan qazın keyfiyyət göstəricilərini tələbata uyğun hazırlamaq üçün geniş tətbiq olunan müxtəlif tipli qurğuların və üsulların texnologiyası araşdırılıb, təhlil edilmişdir.

Son illerdə mövsümlə əlaqədar olaraq Qaradağ YQA-dan qazgötürmə dövrlərində qazın nəqlə hazırlanması prosesində istismar edilən “Aşağı temperaturlu separasiya” qurğusunun texnologiyasının mövcud vəziyyətinin tədqiqinin nəticələri göstərdi ki, qurğuda bir çox texnoloji

avadanlıqların çatışmamazlıqları və texnoloji parametrlərinin düzgün seçilməməsi məlum olmuşdur. Bu çatışmamazlıqlar əsasən aşağıdakılardır:

- anbardan götürülən qaz axını ilə gələn qum təzahürlərini və digər mexaniki qarışıqları tutmaq üçün qurğu yoxdur. Bunun nəticəsi olaraq separatorların faydalı iş əmsali aşağı düşür, siyirtmələr, ştuserlər və digər avadanlıqlar tez sıradan çıxır və sistemdə digər təzadlar baş verir.

- qurğuya daxil olan qaz ardıcıl işləyən 1-ci və 2-ci separatorlara nisbətən aşağı təzyiqlə (5,5-7,5) MPa daxil olur, bu da imkan vermir ki, texnoloji sistemdə qazdan maye fazasının ayrılması üçün aşağı temperatur alınsın;

- separatorlardan maye fazasının çıxarılması mexaniki üsulla həyata keçirilir ki, bu da imkan vermir ki, separatorların texnoloji iş rejimi tənzimlənsin və nəticədə böyük həcmədə maye qarışığının magistral qaz kəmərinə düşməsinin ehtimalını artırır;

- aşağı temperaturlu separasiya qurğusunun texnologiyasında separatorlardan çıxan maye fazalarının ayrılması və stabilləşməsi üçün “ayırıcı qurğular” yoxdur. Bunun nəticəsi olaraq qazdan ayrılan su və kondensat qarışığı separatorlardan mexaniki üsulla birbaşa çənə yığılır. Qaradağ YQA-da qazgötürmə dövründə qazın nəqlə hazırlanması prosesində istismar edilən aşağı temperaturlu separasiya qurğusunun sxemi şəkildə verilmişdir. Qurğunun səmərəliliyini artırmaq və onun texnologiyasını təkmilləşdirmək məqsədilə qurğunun prinsipial sxemində göstərilmiş bəzi texnoloji avadanlıqların quraşdırılması nəticəsində anbardan götürülən qazın keyfiyyət göstəricilərinin tələbata uyğun hazırlanmasına nail olunacaqdır .

Texnologiyaya əsasən anbardan qazgötürmə dövründə qazın nəqlə hazırlanması qurğusu aşağıdakı texnoloji iş rejimi və göstəricilərlə istismar edilməsi təklif olunur: Quyulardan götürülən qaz 12-13 MPa təzyiq və $27-29^0$ C temperaturla qaz paylayıcı məntəqəsinə (QPM) daxil olur. Qazın QPM-də təzyiqi tənzimləndikdən sonra həmin təzyiq və temperaturla 1-ci pillə filtr separatoruna daxil olmalıdır. Burada qaz axını ilə gələn qarışığı ilkin olaraq tənzimlənməlidir.

Separatorlarda qazdan maye fazası maye xətti ilə çənə yığılır, qaz isə 2-ci pillə separatoruna verilir, 2-ci pillə separatorun girişində qazın təzyiqi $12,5$ MPa və $25-27^0$ C temperaturda ştuserin köməkliyi ilə $9,0$ MPa-ya qədər aşağı salınır.

Sistemdə təzyiqin aşağı düşmə nəticəsində temperatur $12-15^0$ C olur. Bunun nəticəsində qazdan əlavə olaraq maye ayrılır. Sonra qaz 3-cü pillə separatoruna daxil olur, separatorun girişində qazın təzyiqi $9,0$ MPa-dan $3,5-4,0$ MPa-ya qədər, yəni magistral qaz kəmərinin təzyiqinə uyğun olaraq aşağı salınır və bunun nəticəsində qazın temperaturu mənfi $8-12^0$ C qədər aşağı düşür və sonra 4-cü pillə separatorundan keçərək magistral qaz kəməri ilə istehlakçılara nəql edilməlidir.

Texnoloji sistemdə qazın bu termodinamiki parametrlərinin dəyişməsi nəticəsində hidrat əmələgəlməsi müşahidə olunur. Sistemdə əmələgələn hidrat birləşmələrinin qarşısını almaq üçün 2-ci və 3-cü pillə separatorunun girişində ştuserdən əvvəl qaz axınına inhibitor vurulması nəzərdə tutulmuşdur.

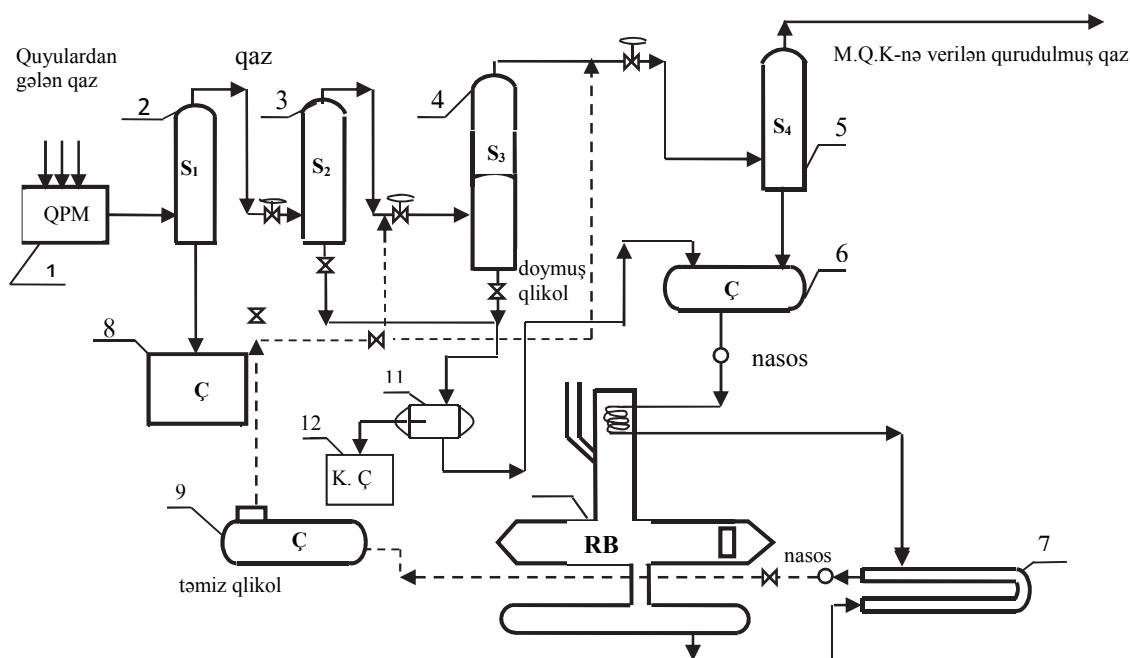
Separatorlarda ayrılan inhibitor + maye qarışığı “ayırıcı qurğuya” verilir və qurğuda inhibitorun su buxarları ilə doymuş məhlulu inhibitor çəninə yiğilir və sonra regenerasiya blokuna verilir, kondensat isə ayrı çənlərə yiğilir.

Hazırda Qaradağ YQA-da istismar edilən qurğunun texnoloji sxemində aşağıdakı dəyişikliklərin edilməsi təklif olunur:

- qaz paylayıcı məntəqədə qazın təzyiqinin tənzimlənməsi prosesində onun təzyiqinin minimum dərəcədə aşağı salınması;
- aşağı temperaturlu separasiya qurğusundan əvvəl qaz axını ilə gələn toz, qum və sairə mexaniki qarışıqları tutmaq üçün müasir tələblərə cavab verən və qurğunun gündəlik məhsuldarlığını nəzərə almaqla “toz tutucu qurğular” quraşdırılmalıdır;
- 2-ci və 3-cü pillə separatorlarında düşən maye fazasının ayrılması effektliyini artırmaq və magistral qaz kəmərlərinə düşməsinin qarşısını almaq məqsədilə qazdan ayrılan gündəlik miqdarına uyğun olaraq 2 ədəd “ayırıcı qurğunun” quraşdırılması tələb olunur;
- qurğuya daxil olan qazın (2, 3)-cü separatorların girişində drosel edilməsi;
- texnoloji sistemdə hidrat əmələgəlməsinin qarşısını almaq üçün “ 2-ci və 3-cü” pillə separatorlarının girişində qaz axınına qlikolun vurulması;
- texnologiyada istifadə olunan qlikolun su buxarları ilə doymuş məhlulunu regenerasiya etmək üçün YQA-da tikilmiş regenerasiya blokunun işə salınması.

Aparılan mədən tədqiqat işlərinin nəticələrinə görə YQA-da mövsümlə əlaqədar olaraq qazgötürmə prosesində qazların nəqlə hazırlanması üçün ATS qurğusunda nəzərdə tutulmuş təkmilləşdirilmə işləri yerinə yetirildikdən sonra texnoloji sistemdə istifadə ediləcək absorbent və qurğu üçün ilkin olaraq aşağıdakı texnoloji iş rejimi seçilmişdir:

Qurğunun qaza görə gündəlik məhsuldarlığı, mln.m ³	- 6- 20
1-ci pillə separatorun girişində qazın təzyiqi, MPa	- 12,0- 13,0
girişində qazın temperaturu, °C	- 26- 28
2-ci pillə separatorun girişində qazın təzyiqi, MPa	- 8,0- 9,0
girişində qazın temperaturu, °C	- 10- 13
3-cü pillə separatorun girişində qazın təzyiqi, MPa	- 3,5 -4,0
girişində qazın temperaturu, °C	mənfi 8- 10
Su buxarları ilə doymuş qlikolun qatılığı, % kütlə	- 90-95
Regenerasiya olunmuş qlikolun qatılığı, % kütlə	- 95- 96
Doymuş qlikolun regenerasiya temperaturu, °C	- 130 – 145
Qurudulan qazın su buxarlarına görə şəh nöqtəsinin temperaturu, °C	mənfi 5 - 13
Qlikolun sıxlığı, kq/m ³	- 1033-1035
Qaz axınına vurulan absorbentin miqdarı, (kq/1000m ³)	- 6,0-8,0



Səkil. Qaradağ YQA-da təklif olunan qazın nəqlə hazırlanması qurğusunun texnoloji sxemi

ATS qurğusunun və prosesdə istifadə olunacaq absorbentin optimal texnoloji parametrləri, sərf norması və itkisi anbarda qazın nəqlə hazırlanması prosesində faktiki göstəriciləri əsasında təyin ediləcəkdir.

YQA-nın istismarı vaxtı qazın nəqlə hazırlanması texnologiyasının etibarlığını və keyfiyyət göstəricilərinin tələbata uyğun təmin etmək, texnoloji sistemdə əmələgələn çətinliklərin qarşısını almaq və qazın su buxarlarından tələbata uyğun qurudulması məqsədilə işlənib hazırlanması, sınaqdan keçirilməsi və tətbiqi tələb olunur. Aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri göstərdi ki, yeni texnologiyanın işlənməsi vacib və aktualdır. Qaradağ YQA-da tikilib və istismara veriləcək kompleks qurğunun optimal texnoloji iş rejiminə çıxarılması nəticəsində anbarda aşağıdakılara nail olunacaqdır:

Nəticə. Magistral qaz kəmərlərinə maye fazasının düşməsinin qarşısı alınacaq, kəmərlər ritmik iş rejimində və stabil məhsuldarlıqla işləyəcəkdir;

Qazın nəqli sisteminə çəkilən xərclər azalacaq.

İstehlakçılarla verilən qazın keyfiyyət göstəriciləri tələbata uyğun olacaqdır.

Texnologiyaya əsasən anbardan götürülen qazın tərkibindən ayrılan karbohidrogenlərin miqdarı azalacaqdır.

Texnologiyanın həyata keçirilməsi anbara qazvurma prosesində layın, quydibi zonasının çirkənməsinin qarşısını alacaq və anbara vurulan aktiv qaz həcminin artmasına şərait yaradacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. **Aslanov V.D.** Geologicheskie osnovy sozdaniya podzemnyh hranilishh gaza v svjazi s resheniem problemy gazosnabzheniya. – Baku: «Nurlan», 2001. - 162 s.
Асланов В.Д. Геологические основы создания подземных хранилищ газа в связи с решением проблемы газоснабжения. – Баку: «Нурлан», 2001. - 162 с.
2. **Kərimov M.Z., Qurbanov Ə.N., Abbasov M.A., İskəndərov E.X.** Qaradağ yeraltı qazsaxlama anbarında qazın nəqlə hazırlanması səmərəli texnologiyasının işlənməsi. MAA Elmi məcmüələr. Bakı. № 2. 2011. səh. 27-34
3. **Mirələmov F.H., Qurbanov Ə.N., Məmmədov R.M.** Respublikamızda fəaliyyət döstərən yeraltı qazsaxlama anbarlarının və istismar edilən qurğularının işinin təhlili. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. №5. 2013. səh. 11-17.
4. **Qurbanov Ə.N.** Qaradağ yeraltı qazsaxlama anbarında qazın nəqlə hazırlanması texnologiyasının araşdırılması. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. №2. 2014. səh. 12-18.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА С КАРАДАГСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОХРАНИЛИЩ

А.Н. ГУРБАНОВ

В процессе эксплуатации Карадагского подземного газохранилища были исследованы и изучены пути повышения эффективности устройств, используемых при подготовке техники к транспортировке газа. В целях обеспечения бесперебойной транспортировки газа выбрана базовая технологическая схема комплексного устройства для осушки газа.

Разработаны научно-технические предложения для совершенствования технологии устройств по подготовке газа с подземных газовых хранилищ к транспортировке.

Ключевые слова: *сепаратор, ПХГ, газ, технология, установка.*

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF GAS TRANSPORTATION FROM KARADAGH UNDERGROUND GAS STORAGE FACILITIES

A.N. GURBANOV

As part of operation of the Karadagh underground storage facility author examined and studied the ways to improve the efficiency of devices required for the gas transportation. The basic technological scheme of the complex device for the gas dehydration is chosen to ensure a smooth gas transportation.

The scientific and technical proposals are developed to improve technology devices in order to prepare gas for transportation from the underground storage facilities.

Key word: *separator, UGS, gas, the technology, installation.*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМА ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ, ПРИВОДЯЩИХ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Т.А. АЛИЕВ*, А.Г. РЗАЕВ*, С.Р. РАСУЛОВ**, Г.А. ГУЛУЕВ*

В результате комплексного исследования и анализа современного состояния теории глобальной тектоники выявлено, что одним из главных факторов, определяющих механизм тектонических движений земной коры, является ускоренное орбитальное движение Земли вокруг нашей Галактики. Предложена идентификация (математическая модель) этого движения. Показано, что при этом происходит передача огромного количества движения в горизонтальном направлении, приводящая к деформации (растяжению и сжатию) земной коры и повышению вероятности возникновения землетрясений в сейсмоактивных зонах.

Ключевые слова: тектонические плиты, глобальная тектоника, землетрясение, ядро, мантия, астеносфера.

Введение. Разнообразные по направлению и интенсивности колебательные движения земной коры (ЗК), вызывающие ее деформацию или разрывы слоев, порождают сильные землетрясения. География сейсмической активности земного шара указывает на то, что подавляющее большинство землетрясений сгруппировано в относительно узких зонах, называемых «сейсмическими зонами». Сейсмическая и тектоническая активность в этих зонах приписывается, в основном, конвергентными и дивергентными взаимодействиями примыкающих друг к другу тектонических плит (ТП), которые подвержены относительным перемещениям вдоль своих контактирующих поверхностей. Таким образом, любую подобную зону можно считать гигантским макроскопическим разломом, или мегаразломом. Наше современное представление о тектонике земного шара основано на гипотезе о системе подвижных плит, которые покрывают земную поверхность и постоянно движутся в своей плоскости [1 – 4]. ТП представляют собой относительно жесткий слой (литосферу) толщиной примерно 100 км, который подстилается другим слоем (астеносферой) толщиной в несколько сотен километров. Астеносфера при достаточно продолжительном периоде не обладает

* Институт систем управления НАНА

** Азербайджанский университет нефти и промышленности

прочностью, что позволяет плитам двигаться, не испытывая значительных деформаций. Астеносфера есть более или менее низкоскоростной слой, для которого характерно сильное затухание проходящих сейсмических волн [3, 5]. Можно предположить, что наличие низкоскоростного слоя обусловлено критическим температурным состоянием внутри Земли, т.е. локальная температура на глубине 100-300 км от поверхности Земли оказывается близкой к локальной температуре плавления [3, 6]. Геологическое строение плиты является очень сложным. Однако для простоты ее представляют, как обычно, в виде отдельной жесткой в поперечном направлении плиты однородной толщины [7]. На рис.1. показаны различные конфигурации движущихся плит над астеносферой и мезосферой [8]. Согласно варианту новой глобальной тектоники, литосфера – слой, обладающий прочностью, – играет главную роль. Стрелки на литосфере указывают относительное движение примыкающих блоков. Стрелки на астеносфере указывают возможное компенсационное течение в ответ на опускание участков литосферы. В левой части рисунка показан один островодужный трансформный разлом между двумя противоположно направленными зонами субдукции. В центре – два рифтовых трансформных разлома, пересекающих срединно-океанический хребет. Справа – простая дуговая система.

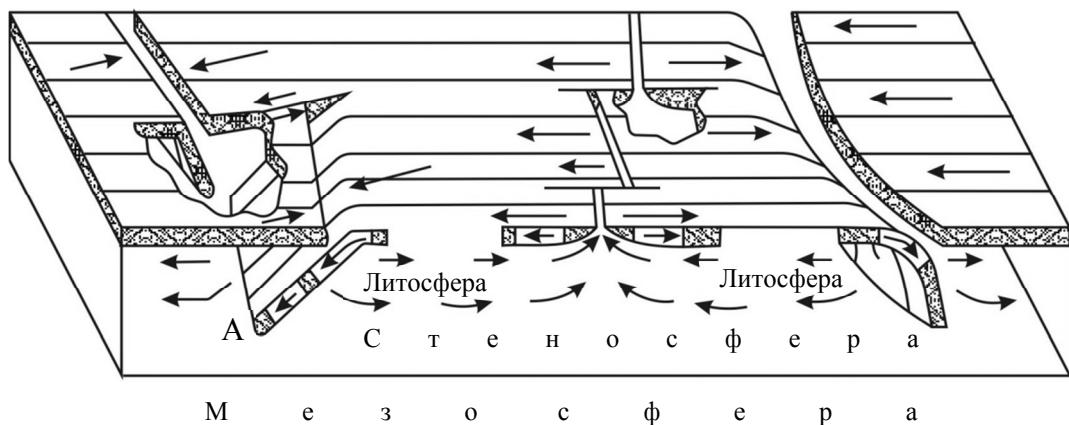


Рис.1. Схема взаимного расположения литосферы, астеносферы и мезосферы.

Теория тектоники плит позволила сделать огромный шаг вперед в понимании многих различных аспектов, из которых слагается изучение тектоники Земли. Таким образом, в рамках понятий об относительном движении и взаимодействии примыкающих друг к другу плит, появилась возможность решить основной вопрос о природе сил, вызывающих землетрясения. Чем же именно вызвано движение плит? В первые годы появления глобальной тектоники считалось, что наиболее вероятной причиной движения является процесс конвекции в мантии. Однако в последнее время ее сменили модели, основанные на гравитационной неустойчивости. Для разрешения этого узлового вопроса, как отмечено в работе [7], требуются дальнейшие исследования тектоники плит.

Постановка задачи. Для решения поставленной задачи нами проведено исследование наиболее вероятных экзогенных и эндогенных факторов, влияющих на движение тектонических плит. В результате комплексного подхода было выявлено, что одним из основных факторов, провоцирующих движения ТП, является ускоренное орбитальное (продольное) движение Земли (изменение абсолютной скорости по направлению и по значению) с годовым периодом. В связи с этим в данной статье рассматривается вопрос идентификации механизма тектонических движений земной коры, приводящих к возникновению землетрясений.

Решение задачи. Нахождаясь на некоторой глубине горная порода (ГП) должна выдерживать вес перекрывающих пород, т.е. твердого скелета пород и пластовых флюидов. Эффективный градиент напряжений, возникающий под действием этой нагрузки, определяется по формуле:

$$\sigma/H = (S - P_f)/H, P_f = \rho_f g H$$

где σ – межфазное напряжение; P_f – давление, создаваемое столбом флюида, находящегося в порах (пластовое давление); ρ_f – плотность флюида; g – ускорение свободного падения; H – глубина; S – геостатическое (горное) давление.

Поскольку ГП по своей природе вязкоупруги, вертикальные напряжения порождают горизонтальные составляющие.

Хабберт и Уиллис показали, что горизонтальные напряжения в ЗК видоизменяются под действием тектонических сил, которые действуют на протяжении всей геологической истории. Они сводят действительные напряжения в горных породах (ГП) к трем неравным основным составляющим, которые действуют под прямыми углами друг к другу. В таком случае σ_1 - наибольшее основное напряжение, σ_2 – промежуточное по амплитуде основное напряжение, а σ_3 - наименьшее основное напряжение. Три возможных схемы действия этих напряжений показаны на рис.2. Когда разность между σ_1 и σ_3 превышает прочность ГП, происходит сброс и напряжение снимается, но затем постепенно вновь возрастает.

Условия возникновения сброса могут быть выявлены путем построения диаграммы Мора, на основании результатов испытания образцов ГП в камере при трехмерных нагрузках. Рассмотрим рис.2., на котором значения продольного и поперечного напряжения (σ_1 и σ_3 соответственно) при максимальном напряжении сдвига на кривой «деформация-напряжение», отложены на оси абсцисс, а через отрезок, соответствующий их разности, проведена окружность с центром на этой оси.

Эта процедура повторяется для нескольких значений давления обжима. Площадь, ограниченная касательными к полученным окружностям, определяет условие устойчивости. Точка пересечения линии разрушения с осью ординат дает значение прочности сцеплений (τ_0) горной породы, а наклон (ϕ) этой линии определяет угол внутреннего трения, который является мерой прочности.

С учетом геометрических соотношений на диаграмме Мора можно показать, что σ_3 , σ_n , τ могут быть определены следующими выражениями:

$$\sigma_3 = \sigma_1(1 - \sin\varphi)/(1 + \sin\varphi) - (2c\cos\varphi)/(1 + \sin\varphi)$$

$$\sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\cos 2(90 - \alpha)$$

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) - \sin 2(90 - \alpha)$$

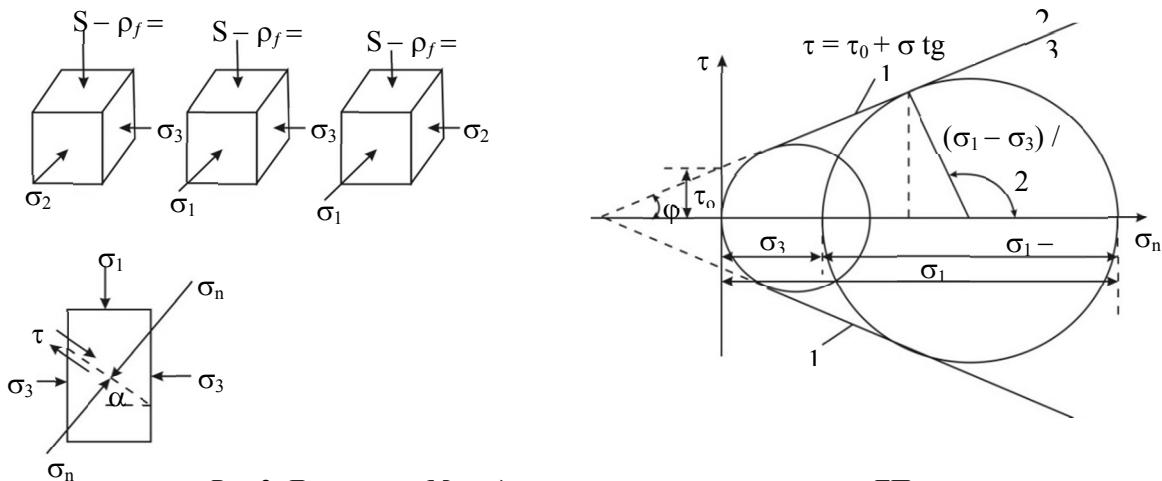


Рис.2. Диаграмма Мора для пластического разрушения ГП.
 σ_n , τ – нормальное и тангенциальное напряжение; 1 – линия разрушения;
 2 – зона неустойчивости; 3 – зона устойчивости

На рис.3. сравниваются два вида зависимостей «напряжение-деформация» при испытаниях ГП на разрушение. Кривая АВ линейна до некоторого уровня напряжений В (закон Гука), за которым наступает внезапное (хрупкое) разрушение.

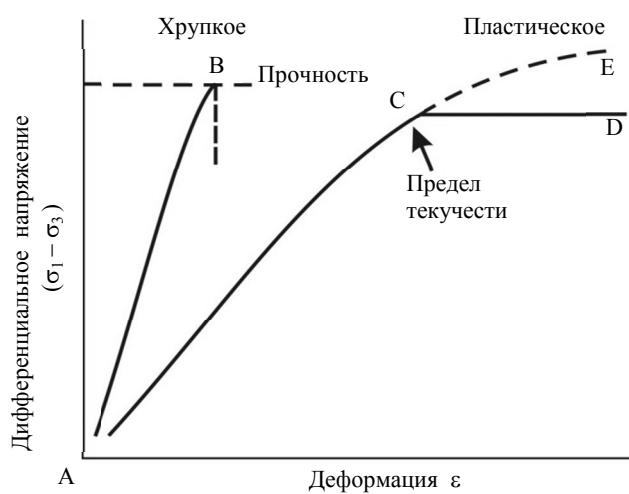


Рис.3. Хрупкое и пластическое поведение горных пород

Прочность образца определяется как критический уровень разности напряжений, при котором начинается разрушение. Кривая АСД соответствует пластическому поведению, когда в области нагрузений выше некоторого предельного уровня С (предела текучести) небольшое приращение напряжения вызывает значительное увеличение деформаций в образце. Разрушение в этом случае наступает не сразу после достижения предела plasticности.

Из вышеизложенного следует, что вертикальные напряжения в ГП порождают горизонтальные составляющие. Однако приведенные нами комплексные исследования показали, что на горизонтальные составляющие напряжения ГП, кроме геостатического давления, не менее существенно влияет также ускоренное орбитальное движение Земли. В результате этого движения в ГП в горизонтальном направлении передается огромное количество движений: $\Delta v_{ab} \cdot m_e$ (где Δv_{ab} , m_e – соответственно изменение абсолютной орбитальной скорости и масса Земли), приводящих к деформации ЗК (растяжению и сжатию). При совпадении частоты колебательных движений ЗК с частотой сейсмоактивной точки ГП возникает резонанс, способствующий сдвигу плит относительно друг друга и возникновению землетрясения. Ниже приводится предложенная нами идентификация (математическая модель) механизма тектонических движений ЗК, способствующих возникновению землетрясения.

Как известно, все планеты, в том числе Земля, врачаются вокруг Солнца и, как полагал Коперник, должны описывать окружности. Однако в ходе своей работы над орбитой Марса Кеплер заметил, что эта орбита не окружность, а имеет форму эллипса. В дальнейшем было выяснено, что все планеты, вращаясь вокруг Солнца, описывают эллипсы, в одном из фокусов которого находится Солнце. Возникает естественный вопрос: чем же вызвана деформация кругового движения (движение по эллипсу)? Сам Кеплер не знал причину деформации, т.к. он рассматривал изолированную солнечную систему, где Солнце покоится, а все планеты вращаются вокруг него. А в действительности солнечная система в целом движется вокруг центра нашей галактики со скоростью 250 км/с [9]. Следовательно, при этом абсолютная орбитальная скорость движения планет (v_{ab}) будет изменяться не только по направлению с ускорением v^2/r , а также по значению согласно предложенной нами модели [10]:

$$v_{ab} = v_s + A_v \sin \alpha \quad (1)$$

с ускорением

$$\frac{\Delta v_{ab}}{\Delta T} = \frac{2A_v(\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{T} \quad (2)$$

где v_s – продольная скорость Солнца; A_v - амплитуда изменения орбитальной скорости планет; T - период вращения планет.

Геометрическая интерпретация модели (1) на примере планеты Земля представлена на рис.4. Из рисунка видно, что при $\alpha = 0^\circ$ и 180° $v_{ab} = v_s = 250$ км/сек. А при значениях $\alpha = 90^\circ$ и 270° соответственно $v_{ab}(90^\circ) = v_s + A_v$ и $v_{ab}(270^\circ) = v_s - A_v$.

Проведенные нами расчеты показали адекватность математической модели (1) при описании движения планет группы Земли – Меркурия и Марса (табл.).

Таблица

Расчет погрешности модели (1)

По предложенной модели	По фактическим данным [2, 3, 5]	Погрешность модели
Для Меркурия		
<p>Изменение абсолютной скорости:</p> $\Delta v_{ab} = \frac{A_v(\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{v_s} =$ $= \frac{48 \cdot 2}{250} = 0,384$ <p>с ускорением по (2)</p> $\frac{\Delta v_{ab}}{\Delta T} = 2,5263 \text{ см/сек}^2$ <p>Ускорение, создаваемое Солнцем:</p> $a = G \frac{m_s}{r_m^2} = 3,99 \text{ см/сек}^2$ <p>где $48 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ - орбитальная скорость Меркурия</p>	$\Delta v_f = \frac{v_p - v_a}{v_m} =$ $= \frac{1,5 - 1}{1,25} = 0,4$ <p>где v_p, v_a – скорость планеты в перигелии и афелии ($v_a = 1,5v_p$)</p> $v_m = \frac{v_p + v_a}{2}$	$\Delta = \frac{\Delta v_f - \Delta v_{ab}}{\Delta v_f} \cdot 100\% = \frac{0,4 - 0,38}{0,4} \cdot 100\% = 4\%$
Для Марса		
<p>$\Delta v_{ab} = \frac{24,12}{250} = 0,1928$</p> <p>с ускорением по (2)</p> $\frac{\Delta v_{ab}}{\Delta T} = 0,1633 \text{ см/сек}^2$ <p>Ускорение, создаваемое Солнцем:</p> $a = G \frac{m_s}{r_m^2} = 0,2578$	$\Delta v_f = \frac{v_{max} - v_{min}}{v_m} =$ $= \frac{26,5 - 22}{24,1} = 0,1867$	$\Delta = \frac{\Delta v_f - \Delta v_{ab}}{v_m} \cdot 100\% = \frac{0,1928 - 0,1867}{0,1928} \cdot 100\% = 3,16\%$

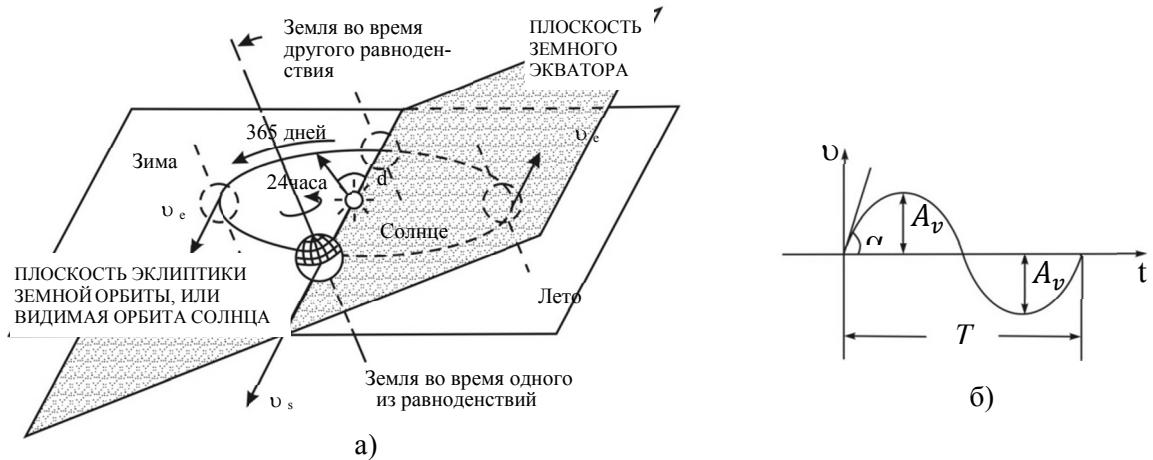
В случае Земли (рис.4) с фактическим диапазоном изменения орбитальной скорости от 29,3 км/сек в афелии до 30,3 км/сек в перигелии адекватность модели (1) не соблюдается. Это связано с объективными причинами: Земля по сравнению с планетами Меркурий и Марс, которые не имеют спутников, океанов, существенного магнитного поля (100 раз меньше МП Земли) и наклонения к эклиптике (рис.5), подвержена дополнительным ускорениям, которые можно определить следующим образом:

$$a_e = \frac{\Delta v_{ab}}{\Delta T} - \frac{1}{m_e} \sum_{i=1}^4 F_i = \frac{2A_4(\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{T} - \frac{1}{m} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) \quad (3)$$

где m_e – масса Земли; F_1 – приливная сила, созданная Луной; F_2 – сила, созданная магнитным полем Земли (МПЗ); F_3 – сила трения между дном океана и океанской водой; F_4 – сила Кориолиса.

Ньютона показал, что приливы и отливы обусловлены неравномерным притяжением воды в океане со стороны Луны (F_1). Луна и Земля вместе врачаются вокруг общего центра масс (r_G), который, согласно равенству $r_G m_e = r_m m_m$, на расстоянии примерно 4740 км от центра Земли, (т.к. $= \frac{m_m}{m_e} \cdot r_m = \frac{384400}{81} = 4740$ км, где m_m – масса Луны, r_m – расстояние от центра масс до центра Луны). Когда Земля притягивает Луну, Луна также притягивает Землю с равной и противоположно направленной силой (третий закон Ньютона), благодаря чему возникает сила Mv^2/r_G , вызывающая движение Земли вокруг

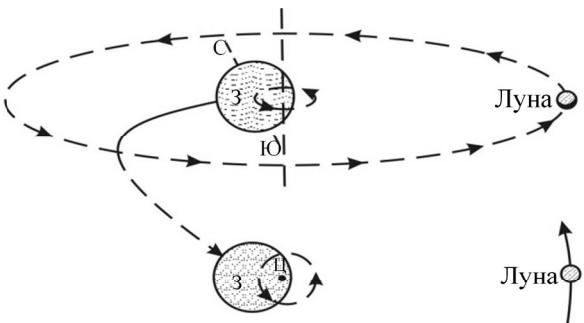
общего центра масс с периодом, равным одному месяцу. Луна движется по своей орбите вокруг общего центра, совершая полный оборот за месяц (рис.5).



Дополнительное ускорение Земли, создаваемой Луной, имеет следующее значение:

$$a = \frac{2GmR}{r} = 0,0001 \text{ см/сек}^2$$

где m_m – масса Луны; R – радиус Земли; r – расстояние от центра Луны до центра Земли. Этот, по сравнению с ускорением силы тяжести Земли (g) «ничтожный» эффект является причиной мощных приливных волн. Он ежесуточно создает 10^{15} Дж кинетической энергии, перемещая огромные массы воды. Следовательно, приливная сила Луны (F_m) создает дополнительное ускорение, противоположное абсолютному ускорению Земли, рассчитанное по формуле (2). Сила, создаваемая МПЗ (F_2), связана с магнитным полем, находящимся в ядре Земли, состоит из корпукул (протонов, электронов и некоторых тяжелых ядер, таких как кальций, железо и т.д.) и порождает высоко в земной атмосфере электрические токи. При этом заряженные частицы движутся к полюсам и врачаются там по окружности под действием сил Лоренца:



$$F_2 = F_l = qvB\sin \alpha \quad (4)$$

где q и v – соответственно заряд и скорость отдельных частиц; B – модуль магнитной индукции; α – угол между векторами v и B .

В результате взаимодействия этих токов с нормальным МПЗ возникает изменение геомагнитного поля, которое, в свою очередь, индуцирует электрические токи. А по закону Ленца, индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока, вызывающего этот ток. Т.е. F_2 имеет противоположное направление к изменению v_{ab} Земли (v_{ab}^e). Это и есть одна из причин, приводящих к неточности предложенной модели (1) при описании движения Земли.

Как известно, вращение Земли вокруг ее оси создало экваториальную выпуклость и заставило Землю принять форму, более близкую к сплюснутому сфероиду, чем к сфере. Гравитационное притяжение удаленным объектом и сплюснутым сфероидом несколько отличается от притяжения между таким объектом и сферой. Экваториальный выступ наклонен к эклиптике на 23,5 градуса (рис.2). Когда Луна притягивает к себе экваториальную выпуклость, между дном океана и океанской водой возникают силы трения:

$$F_3 = F_f = \mu S \partial v / \partial l \quad (5)$$

где μ – внутреннее трение; S – площадь соприкосновения слоев; $\Delta v / \Delta l$ градиент скорости, перпендикулярный к S направлению. Это приводит к торможению вращения Земли, и со временем сутки удлиняются. Было время, когда продолжение суток составляло всего 5-6 часов. Этот фактор также направлено противоположен абсолютному ускорению Земли, определяемому по формуле (2).

При вращении вокруг своей оси и орбитальном движении Земля подвергается силе Кориолиса (F_4):

$$F_4 = 4\pi n v_{\perp} m_e \quad (6)$$

где n - число оборотов, совершаемых системой (Землей) за единицу времени; v_{\perp} - подобно градиенту скорости ($\Delta v / \Delta l$) в формуле (5) скорость, перпендикулярная оси вращения. Сила Кориолиса всегда направлена против вращения и орбитального движения Земли и, следовательно, приводит к изменению скорости v_{ab} , определяемой по формуле (1).

Из вышеизложенного следует, что тектоническое движение ЗК (или плит) тесно связано с ускоренным движением Земли, определяемым по формулам (1)-(6). Поскольку, как видно из рис 4, от точки осеннего равноденствия до точки зимы движение Земли ускоряется и тектонические плиты и ядро Земли по инерции будут двигаться назад (против движения), а от точки зимы до точки весеннего равноденствия движение Земли замедляется, то, следовательно, происходит обратный процесс, плиты и ядро по инерции движутся вперед и, таким образом, происходит колебательное движение ЗК (или тектонических плит) и ядра с периодом 1 год (рис.4 б). Некоторые авторы [11-14] утверждают, что внутренне ядро никогда не бывает в геометрическом центре Земли и совершает пульсирующее движение вблизи него по некоторой замкнутой орбите. Данные по дви-

жению ядра [13] составлены наравне с известными фактами нестабильности вращения Земли. Показано, что эти факты не противоречат друг другу. Однако в перечисленных работах не указывается причина смещения ядра, а показывается только следствие такого смещения, т.е. влияние последнего на изменение давления и деформации ЗК, приводящее к возникновению землетрясения. Причем предложенная нами модель движения ядра подтверждается данными, приведенные в работе [13].

Заключение. В результате комплексного исследования выявлено, что одним из главных факторов, провоцирующих движение ТП и ядро Земли, является ускоренное орбитальное движение Земли относительно центра нашей Галактики. При этом происходит передача огромного количества движения в горизонтальном направлении, приводящая к деформации (растяжению и сжатию) земной коры и повышению вероятности возникновения землетрясений в сейсмоактивных (дислокационных) зонах. Предложена идентификация (математическая модель) тектонического движения земной коры. Показано, что предложенная модель адекватно описывает ускоренное орбитальное движение планет Меркурия и Марса. А при описании орбитального движения Земли учитываются дополнительные силы, такие как приливные силы, сила создаваемая магнитным полем Земли, сила трения между дном океана и океанской водой, сила Кориолиса. Полученные результаты подтверждены современными данными других авторов.

REFERENCE

1. **Hain V.E.** Sovremennaya geologiya: problemy i perspektivy. Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal, 1996, №1, s.66-72
Хайн В.Е. Современная геология: проблемы и перспективы. Соросовский образовательный журнал, 1996, №1, с.66-72
2. **Koronovskij N.V., Abramov V.A.** Zemletryaseniya: prichiny, posledstviya, prognoz. Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal, №2, 1998, s.71-78
Короновский Н.В., Абрамов В.А. Землетрясения: причины, последствия, прогноз. Соросовский образовательный журнал, №2, 1998, с.71-78
3. **Lobkovskij L.I., Nikishin A.M.** Sovremennye problemy geotektoniki i geodinamiki. M.: Nauchniy mir, 2004. 612 s.
Лобковский Л.И., Никишин А.М. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 612 с.
4. **Lomnitz C.** (1974) Global tectonics and earthquake risk, developments in solid earth geophysics series, Vol.5, Elsevier Sci., Amsterdam
5. **Utsu, T.** (1966) Regional differences in absorption of seismic waves in the upper mantle as inferred from abnormal distributions of seismic intensities. J.Fac.sci. Hokkaido University, Japon, series VII, 2 (4), 359-74
6. **Anderson D.L.** (1962) The plastic layer of the Earth's mantle. Scientific American, 2007, 52-9
7. **Kasahara K.** Mehanika zemletrjaseniy. Per. s angl. M.: Mir, 1985, 264 s.
Касахара К. Механика землетрясений. Пер. с англ. М.: Мир, 1985, 264 с.
8. **Isacks, B., Oliver J. and Sykes, L.R.** (1968) Seismology and the new global tectonics. J.Geophys.Res., 73, 5855-99
9. **Enohovich A.S.** Spravochnik po fizike i tehnike. M.: Prosvetshhenie, 1989, 224 s.

- Енохович А.С.** Справочник по физике и технике. М.: Просвещение, 1989, 224 с.
10. **Telman Aliyev, Gambar Guluyev, Abbas Rzayev, Farhad Pashayev.** Modeling of mechanisms of earth crust tectonic movements causing earthquakes. “Problems of cybernetics and informatics”, September 10-12, 2010, Baku, Azerbaijan, p.p
11. **Korovjakov N.I., Nikitin A.N.** Zakonomernost ekscentricheskogo vrashheniya jadra i obolochki Zemli v sutochnom i godovom periode. Soznanie i fizicheskaya realnost, 1988, t.3, №2, s.23-30
Коровяков Н.И., Никитин А.Н. Закономерность эксцентрического вращения ядра и оболочки Земли в суточном и годовом периоде. Сознание и физическая реальность, 1988, т.3, №2, с.23-30
12. **Avsjuk Ju.N., Adushkin V.V., Ovchinnikov V.M.** Kompleksnoe issledovanie podvizhnosti vnutrennego yadra Zemli. Fizika Zemli, 2001, №8, s.64-75
Авсюк Ю.Н., Адушкин В.В., Овчинников В.М. Комплексное исследование подвижности внутреннего ядра Земли. Физика Земли, 2001, №8, с.64-75
13. **Malyshkov J.P., Malyshkov S.J.** Periodicheskie variacii geofizicheskikh polej i seysmichnosti, ih vozmozhnaya svyaz s dvizheniem yadra Zemli. Geologiya i geofizika, 2009, t.50, №2, s.152-172
Малышков Ю.П., Малышков С.Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли. Геология и геофизика, 2009, т.50, №2, с.152-172
14. **Antonov V.A., Kondratev V.P.** K voprosu o velichine smeshhenija vnutrennego yadra Zemli. Fizika Zemli, 2004, №4, s.63-66
Антонов В.А., Кондратьев В.П. К вопросу о величине смещения внутреннего ядра Земли. Физика Земли, 2004, №4, с.63-66

ZƏLZƏLNİN YARANMASINA SƏBƏB OLAN TEKTONİK HƏRƏKƏTİ MEXANİZMINİN İDENTİFİKASIYASI

T.A. ƏLİYEV, A.H. RZAYEV, S.R. RƏSULOV, Q.A. QULUYEV

Kompleks tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Yer kürəsinin tektonik plitələrin və nüvəsinin hərəkətinə səbəb olan əsas fakturlardan biri onun bizim Qalaktikanın mərkəzinə nisbətən sürətli orbital hərəkətidir. Bu zaman yerin deformasiyasına (genişlənməsinə və sixilmasına) görətib çıxaran böyük miqyasda hərəkətin üfüqi istiqamətdə ötürülməsi və seismoaktiv zonalarda zəlzələlərin yaranması ehtimalının artması baş verir. Yer kürəsinin tektonik hərəkətinin identifikasiyası (riyazi modeli) təklif edilmişdir. Göstərilmişdir ki, təklif olunan model Merkuri və Mars planetlərinin sürətli orbital hərəkətinə adekvat yazılmışdır. Yerin orbital hərəkətinin modelini işləyərkən əlavə qüvvələr nəzərə alınır. Bu qüvvələrə yağıntı qüvvələri, yerin maqnit sahəsi ilə yaranan qüvvə, okeanın dibi ilə onun sularının arasındaki sürtünmə qüvvəsi, Koriolis qüvvəsi aid edilir.

Açar sözlər: tektonik plitələr, qlobal tektonika, zəlzələ, nüvə, mantı, astenosfera.

IDENTIFICATION OF THE MECHANISM OF TECTONIC MOVEMENTS CAUSING EARTHQUAKES

T.A. ALIYEV, A.G. RZAYEV, S.R. RASULOV, G.A. GULIYEV

As a result of the complex analyses, it has been found out that one of the main factors provoking the movement of tectonic movements (TM) in the Earth nucleus is the accelerated orbit movement of the Earth relatively to the centre of our Galaxy. In this case the transfer of a big quantity of movement takes place in the horizontal direction causing the deformation (tension and pressing) of the Earth crust and the increase in probability of earthquake origin in the seismic active (dislocation) zones. The identification (mathematical model) of tectonic movement of the Earth crust has been offered. It is shown that the offered model adequately describes the accelerated orbit movement of planets Mercury and Mars. While describing the orbit movement of the Earth, the additional forces, such as the tidal forces, the force created by the magnetic field of the Earth, the friction force between the ocean bottom and water, the Koriolis force, are considered.

Key words: tectonic plates, global tectonics, earthquake, core, mantle, asthenosphere.

УЧЕТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕНЬЮТОНОВСКИХ НЕФТЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ НЕФТЕДОБЫЧИ

Е.В. МАМЕДОВА*

В работе приведены результаты экспериментального исследования динамики структурообразования неньютоновской нефти. Графический анализ напряжения сдвига от скорости сдвига показал наличие у тиксотропных нефтей «петли гистерезиса», которая характеризует величину энергии, необходимой для разрушения тиксотропных связей.

Учет реологических свойств неньютоновских нефтей позволит выработать средства и методы регулирования релаксационных свойств и тем самым обеспечить движение аномальной жидкости, как в призабойной зоне скважины, так и в стволе подъемника.

Ключевые слова: *аномальная нефть, вязкость пластовой нефти, структурные свойства, скорость сдвига.*

Введение. В последнее время одной из актуальных проблем нефтяной промышленности является разработка месторождений высоковязких нефтей, запасы которых существенны. В Азербайджане это такие месторождения, как «Грязевая Сопка» и «Нефт Дашлары». Месторождения находятся в поздней стадии разработки, с трудноизвлекаемыми запасами, которые характеризуются увеличением доли малодебитных скважин, ростом числа скважин с высоковязкой продукцией. Следует отметить, что помимо высоких значений вязкости, этим нефтям присущи свойства аномальной (неньютоновской) нефти. К высоковязким принято относить нефти, вязкость которых превышает 30 МПа/с. Вязкость нефти зависит от содержания газообразных, жидких и твердых веществ и степени их дисперсности.

Вязкоупругие свойства нефтей были обнаружены еще в 1970-х годах академиком А.Х. Мирзаджанзаде. Было доказано, что компоненты вязкости оказывают существенное влияние на фильтрацию неньютоновской нефти в пласте-коллекторе, а также в процессе ее механизированной добычи и транспортировки.

* Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Постановка задачи. Большие запасы аномальных нефей, сложность, возникающая при их добыче, явились причиной для изучения реологии нефти, т.е. связи между величинами напряжения сдвига, деформации и изменениями их во времени. Известно, что содержание в углеводородной жидкости относительно большого количества высокомолекулярных соединений таких как парафины, смолы, асфальтены, приводят к образованию пространственных структурных сеток [1,2].

Известно, что основные причины, затрудняющие добычу тяжелой высоковязкой нефти, являются ее аномальные реологические свойства, низкие пластовые температуры и давления. Поэтому, для повышения нефтеотдачи пластов, содержащих аномальные нефти необходимы исследования реологии этих нефтей.

Широкий спектр размеров частиц в структурообразовании и их взаимодействие способствуют наличию многообразных реологических свойств нефти. Особые реологические свойства неньютоновских нефтей (вязкоупругие и тиксотропные) существенно влияют на процесс разработки [3].

Тиксотропными называют жидкости, у которых (при постоянной скорости вращения ротационного вискозиметра) напряжение сдвига и эффективная вязкость уменьшаются с течением времени. Разрушение внутренней пространственной структуры этих жидкостей может восстановиться через определенный отрезок времени (время релаксации).

Разрушение таких пространственных структур позволит положительно повлиять на движение высоковязкой нефти в продуктивных пластах.

Для описания свойств неньютоновских нефтей, как системы с переменной вязкостью, обычно используют такой динамический параметр, как эффективная или кажущаяся вязкость μ_e .

$$\mu_e = \frac{\tau}{\gamma}$$

где τ – мгновенное значение напряжения сдвига, Па; γ – мгновенное значение скорости сдвига, 1/с.

Эта зависимость вязкости от скорости сдвига называется аномальной вязкостью, а жидкости, обладающие переменной вязкостью - аномально вязкими (аномальными) жидкостями.

Структурообразование – наиболее существенный фактор, определяющий аномалию вязкости нефти. Известно, что вязкость нефти, обладающая структурно-механическими свойствами, меняется в широких пределах. Для неньютоновской жидкости, вязкость, в отличие от ньютоновской, зависит от напряжения сдвига, и эта величина не постоянная. Поэтому, для таких нефтей вводится понятие «кажущаяся вязкость». Система, в которой жидкая фаза пронизана сплошной структурной сеткой, неподвижна. Только после разрушения этой сетки начинается движение, то есть нефть приобретает то состояние, в котором она может начать «течь». В основном, это тяжелые вязкопластич-

ные нефти, содержащие парафины или асфальтены. Движение вязко-пластичной жидкости описывается по закону Шведова - Бингама.

$$\tau = \tau_0 (\mu^*)^* du/d\tau$$

τ_0 – предельное напряжение сдвига.

Только после того, как напряжение сдвига превысит некоторый предел τ_0 , происходит начало течения. Работами многих исследователей [4,5] показано, что асфальтены в нефти имеют очень высокую степень дисперсности.

Установлено, что наличие в нефтях высокомолекулярных систем (ВМС - парафины, асфальтены и смолы) придают нефтям пластические и упругие свойства. Такие нефти, как правило, проявляют свойства неравновесных систем. Скорость изменения их внутренней структуры значительно ниже, чем скорость изменения внешних условий.

Методика исследований. В вязкоупругих жидкостях при движении (после преодоления напряжения сдвига) упругие элементы деформируются и остаются в таком состоянии, пока продолжается течение жидкости. Однако, после приложенной нагрузки немедленное разрушение структуры не происходит. Необходимо определенное время воздействия нагрузки на элементы структуры. После снятия напряжений, деформация, постепенно замедляясь, может еще продолжаться некоторое время. Накопленная энергия при этом частично выделяется, а частично диспергируется, преодолевая сопротивление на внутреннее трение.

При определенных условиях упругая энергия способна производить активную работу над жидкостью.

При завершении действия внешних сил, происходит частичная релаксация деформации, и упругие элементы возвращаются к своему первоначальному равновесному состоянию. После снятия нагрузки прочность структуры восстанавливается полностью. Тиксотропные структуры способны самопроизвольно восстанавливаться после разрушения.

Тиксотропные свойства нефти зависят от химического состава, дисперсного состояния высокомолекулярных парафинов нефти, содержания и адсорбционного действия на процессы кристаллизации парафина смолисто-асфальтеновых веществ, температурного воздействия на нефть и др.

Интерес представляет и течение реопектических жидкостей. Анализ экспериментальных данных показал, что реопектические жидкости являются нелинейными вязко-пластичными средами. Предельное напряжение сдвига в этих жидкостях имеют переменные значения

Так, при увеличении градиента давления структура движения флюида вначале упорядочивается, а затем принимает нестабильный хаотичный вид. Такое течение реопектических жидкостей объясняется несогласованием двух противоположных процессов. При наличии малых скоростях сдвига происходит структурообразование потока, но после увеличения скорости на определенную величину структура разрушается и наблюдается хаос в движении. Уравнение движения здесь может быть принято в виде:

$$\tau = \tau_0 + f(\varepsilon)$$

$f(\varepsilon)$ – некоторая функция, определяющая структурную вязкость;

τ_0 – предельное напряжение сдвига, зависящее от концентрации структурных связей, образующихся при течении флюида.

Для исследования тиксотропных свойств высоковязких нефти (вязкость 80МПа°с), была использована экспериментальная установка Rheotest RN 4.1.

За первые 300 секунд скорость сдвига постепенно увеличивалась до 300 с⁻¹, следующие 300 секунд скорость сдвига не изменялась, затем за тот же период скорость уменьшилась до полной остановки. По результатам исследований построена графическая зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига. На графике (рис.) выделяется область увеличения скорости сдвига, что соответствует прямому ходу линии, затем идет область ожидания полного разрушения внутренней структуры, обратный ход кривой показывает период уменьшения скорости до нуля. Таким образом, выделяется характерная петля гистерезиса.

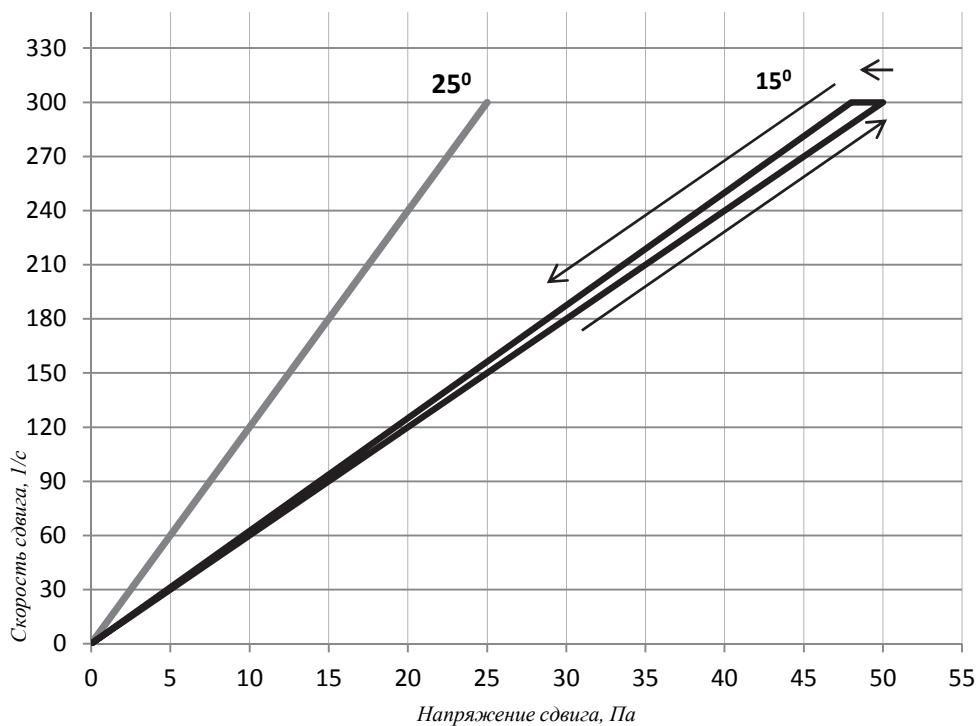


Рис. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига
(при температуре 15°C и 25°C)

Результаты исследований. О тиксотропной структуре исследуемой нефти, свидетельствует то, что линии прямого хода и обратного хода не совпадают. Площадь полученной петли гистерезиса будет характеризовать величину энергии, необходимой для

разрушения тиксотропных связей. Причем, при большей площади «петли гистерезиса», исследуемая нефть более склонна к структурообразованию при определенных температурах.

Фазовое пространство системы может иметь несколько устойчивых точек равновесия, а так же притягивающие множества в виде предельных циклов и аттракторов. Столь сложная фазовая структура и ее поведение позволяют «вывести» движение реопективской жидкости на заданный режим.

Исследование динамики структурообразования неильтоновской нефти позволит выработать средства и методы регулирования релаксационных свойств, и тем самым обеспечить движение аномальной жидкости, как в призабойной зоне скважины, так и в стволе подъемника.

Заключение. В процессе освоения скважин и добычи высоковязких нефти существенное значение имеют их вязкость и подвижность. Значительные запасы аномальных нефти, залегающие на территории Азербайджана, осложнения, возникающие при их добыче, явились причиной для изучения реологии нефти, т.е. связи между величинами напряжения сдвига, деформации и изменениями их во времени. Аномальная вязкость добываемой нефти оказывает влияние как на ее движение в пласте-коллекторе, так и на ее подъем по стволу скважины. Снижение вязкости добываемой нефти различными способами (прогрев, использование химических реагентов, различных комплексных технологий и т.д.) позволяет существенно повысить эффективность разработки залежей, запасы которых приурочены к трудноизвлекаемым.

В работе приведен анализ тиксотропных (вязкоупругих) структур, способных самопроизвольно восстанавливаться после разрушения. Применение методики исследования динамики структурообразования высоковязких нефти позволит более обосновано принимать решение по выбору методов регулирования релаксационных свойств, и тем самым обеспечить движение аномальной жидкости, как в призабойной зоне скважины, так и в стволе подъемника.

REFERENCE

1. **Mirzadzhanzade A.H., Filippov V.P., Ametov I.A.** Sistemnye metody v neftedobyche. M., 2002, - 163 s.
Мирзаджанзаде А.Х., Филиппов В.П., Аметов И.А. Системные методы в нефтедобыче. М., 2002, - 163с.
2. **Mirzadzhanzade A.H., Kovalev A.G., Zajcev Ju.V.** Osobennosti jekspluatacii mestorozhdeniy anomal'nyh neftey. M.: Nedra, 1972. – 200 s.
Мирзаджанзаде А.Х., Ковалев А.Г., Зайцев Ю.В. Особенности эксплуатации месторождений аномальных нефти. М.: Недра, 1972. – 200 с.
3. **Salavatov T.Sh., Dadashzade M.A., Mamedova E.V.** Reodinamicheskie osobennosti dvuhfaznogo techeniya. // Azerbajdzhanskoe neftyanyoe hozyaystvo - №4, 2012, s.30-32.

- Салаватов Т.Ш., Дадашзаде М.А., Мамедова Е.В.** Реодинамические особенности двухфазного течения. // Азербайджанское нефтяное хозяйство - №4, 2012, с.30-32.
4. **Gorbunov A.T.** Razrabotka anomalnyh neftyanyh mestorozhdeniy. – M.: Nedra. 1981. – 237 s.
- Горбунов А.Т.** Разработка аномальных нефтяных месторождений. – М.: Недра. 1981. – 237 с.
5. **Roshhin P.V., Petuhov A.V., Nazarov A.D.** Issledovanie reologicheskikh svojstv vsokovyazkikh i vsokoparafinistyh nestey mestorozhdeniy Samarskoy oblasti. // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. – 2013. – T. 8, №1. – http://www.ngtp.ru/rub/9/12_2013.pdf.
- Рощин П.В., Петухов А.В., Назаров А.Д.** Исследование реологических свойств высоковязких и высокопарафинистых нефтей месторождений Самарской области. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т. 8, №1. – http://www.ngtp.ru/rub/9/12_2013.pdf.

NEFT HASILATI PROSESİNDƏ NEFT QEYRİ-NYUTON REOLOJİ XASSƏLƏRİN MÜHASİBATI

Y.V. MƏMMƏDOVA

İşdə qeyri-nyuton neftlərinin strukturəmələqətirməsinin dinamikasının eksperimental tədqiqatlarının nəticələri verilmişdir. Sürüşmə gərginliyinin sürüşmə sürətindən asılılığının qrafiki analizi, tiksotrop əlaqələrin dağılıması üçün enerji kəmiyyətini xarakterizə edən kəmiyyət kimi, tiksotrop neftlərin "histerezis dütünü" olduğunu göstərmişdir.

Qeyri-nyuton neftlərin reoloji xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması, relaksasiya xüsusiyyətlərinin tənzimlənmə üsulları və vəsait əldə edilməsinə imkan yaradır ki, bununla da anomal mayelərin həm quydibi zonada, həm də qaldırıcıının lüləsində hərəkətini təmin edir.

Açar sözlər: *anomal neft, lay neftinin özlüülüyü, struktur xassələri, itələmə gərginliyi.*

AN ACCOUNT OF RHEOLOGY PROPERTIES OF NON-NEWTONIAN OILS IS IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF OIL PRODUCTION

E.V. MAMMADOVA

The article demonstrates the results of an experimental study on the kinetics of structural formation of a non-Newtonian oil. The graphical analysis of the shear stress against the shear rate proves the presence of oil thixotropic “hysteresis loop” that characterizes the amount of energy required to break the thixotropic bonds. Accounting of the rheological properties of non-Newtonian oils allows to develop means and methods to regulate the relaxation properties, and to ensure a movement of the abnormal fluid in the well bottom zone, as well as along the lift shaft.

Key words: *abnormal oil, viscosity of bedded oil, structural properties, shift rate.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУБОКОГО АЭРОБНОГО ОКИСЛЕНИЯ НЕФТЯНОЙ НАФТЕНО-ПАРАФИНОВОЙ ФРАКЦИИ

В.М. АББАСОВ*, Л.И. АЛИЕВА*, Л.М. ЭФЕНДИЕВА*,
Ф.М. ВЕЛИЕВА*, Л.Г. НУРИЕВ*, К.М. БАГИРОВ*, А.Г. ГУЛУЗАДЕ*

Приведены результаты жидкофазного аэробного окисления нафтено-парафиновых углеводородов, выделенных из фракции 217-349°C азербайджанских нефтей в присутствии смеси Cr и Mn солей природных нефтяных кислот. Изучены зависимости выхода синтетических нефтяных кислот и оксикислот от концентрации катализатора и решена задача оптимизации получения нефтяных кислот и оксикислот. Найдены оптимальные условия проведения процесса.

Ключевые слова: дизельная фракция, жидкофазное окисление, синтетические нефтяные кислоты, синтетические оксинафтяные кислоты, процесс оптимизации.

Введение. Перспективность процессов аэробного жидкофазного окисления углеводородов определяется значительно большей экономичностью синтеза продуктов с высокой селективностью и сравнительно легкой управляемостью [1-3]. Поскольку молекулярный кислород является доступным и экологически чистым окислителем, реакции парциального окисления с его участием представляют наибольший интерес. Практическое использование реакций жидкофазного окисления кислородом воздуха углеводородов, выделенных из нефтей или нефтяных фракций в присутствии специальных катализаторов, способных активировать как молекулу O₂, так и окисляемый субстрат, направляет реакцию на образование целевого продукта. При окислении нефтяных углеводородов получается широкая гамма кислот, которые находят разнообразное применение. Синтетические нефтяные кислоты (СНК) используют при синтезе различных химических продуктов, в том числе синквативов, гомогенных катализаторов, ингибиторов коррозии, моющих синтетических средств с активной поверхностью, бактерицидов и т.д. [4-6]. Однако в процессе жидкофазного окисления нефтяных углеводородов наряду с СНК образуются в значительном количестве оксикислоты (ОСНК), которые также находят широкое применение в промышленности [7, 8].

* Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана

В связи с этим процесс получения смеси СНК и ОСНК может быть рекомендован к промышленному внедрению, что делает необходимым оптимизацию процесса с использованием современных компьютерных программ.

Таким образом, целью настоящей работы являлось изучение жидкофазного окисления нафтено-парафиновых углеводородов в присутствии солей хрома и марганца с помощью методов статистической обработки экспериментальных данных и решения задачи оптимизации процесса совместного получения СНК и ОСНК.

Экспериментальная часть. В качестве объекта исследования была взята дизельная фракция смеси азербайджанских нефтей. Фракция была деароматизирована. Все характеристические показатели исходной дизельной, а также нафтено-парафиновой фракции, выделенной из нее, приведены в работе (табл.1, рис.1 и рис.2) [8, 9].

Таблица 1.

Физико-химические характеристики дизельной фракции до и после деароматизации

Показатели	Дизельная фракция	
	До деароматизации	После деароматизации
Мол. масса	225	200
Плотность ρ_4^{20} , кг/м ³	842	835.9
Коэф. рефракции, n_D^{20}	1.4677	1.4638
Кинематическая вязкость, при 20°C	5.71	5.52
Температура замерзания, °C	minus 41.4	minus 51
Температура кипения, °C	217-349	220-340
Кислотное число (К.ч.), мгКОН/г	1.73	-
Содержание серы, %	0.0936	0.03
Содерж. ароматических угл.-ов, %	~17-18	1

На рис.1 и 2 представлены ИК-спектры исходной и деароматизированной фракций, снятые на приборе ALPHA Figye-спектрометр (фирма BRUKER, Германия).

Как видно из рис.1, на ИК-спектре исходной фракции присутствуют полосы поглощения (п.п.) при 722 и 742 см⁻¹, относящиеся к маятниковым колебаниям С-Н связи в CH₂-группе; п.п. при 1376 и 1458 см⁻¹ соответствуют деформационным колебаниям С-Н связи в CH₃ и CH₂-группах; п.п. при 2853, 2922 и 2953 см⁻¹-валентные колебания С-Н связи CH₃- и CH₂-групп; п.п. при 1604 и 3046 см⁻¹-валентные колебания связей С-Н и C=C бензольного кольца. На рис.2 п.п., относящиеся к ароматическим углеводородам, отсутствуют.

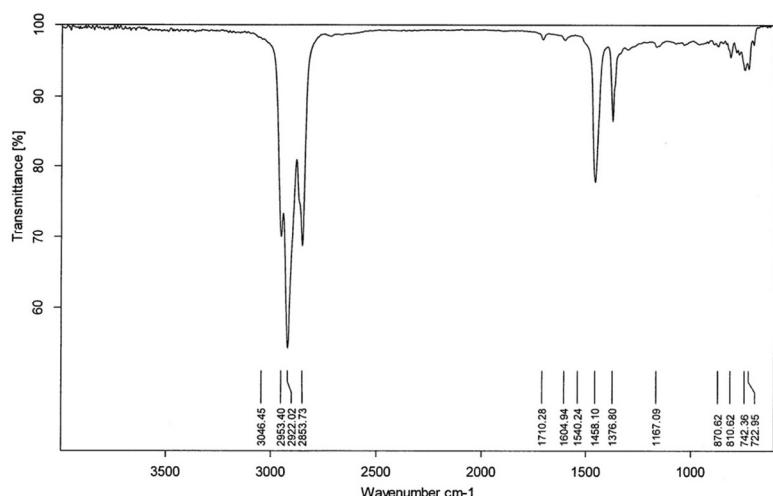


Рис.1.. ИК-спектр дизельной фракции

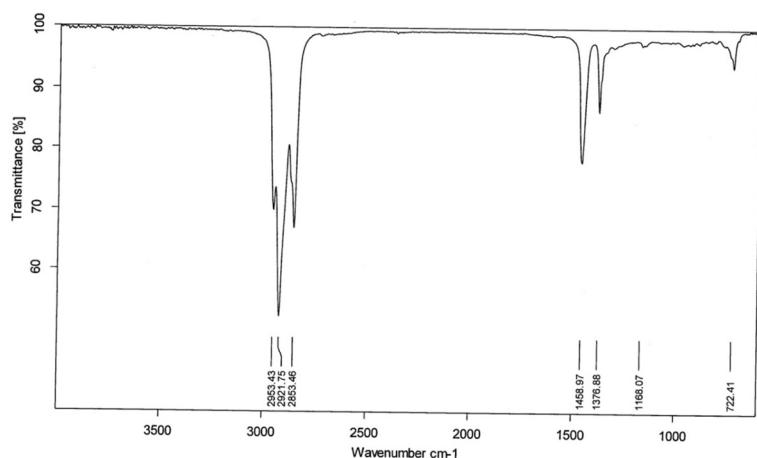


Рис. 2. ИК-спектр деароматизированной дизельной фракции

Кatalитический процесс окисления проводился в реакторе барботажного типа со скоростью подачи воздуха 300 л/кг·ч при температуре 135-140°C в течение 5-6 ч в присутствии различных количеств катализатора. В качестве катализаторов применялись смеси обезвоженных нафтенатов Cr и Mn (соотношение 3:1), взятых в количестве 0,2-0,5%-м. После окисления целевые продукты (СНК и ОНК) отделяли от окисленной массы (оксидата) по известной методике путем осаждения легким бензином или петролейным эфиром [10]. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты окисления нафтено-парафиновых углеводородов в присутствии обезвоженных Cr и Mn солей ПНК (природные нефтяные кислоты).

(Температура 135-140°C, скорость подачи воздуха 300 л/кг·ч, количество катализатора на сырье 0,2 мас.%)

Содержание катализатора, % мас.	Оксидат		СНК		ОСНК		СНК+ОСНК
	К.Ч., мгКОН/г	Выход, %	К.Ч., мгКОН/г	Выход %	К.Ч., мгКОН/г	Выход %	Выход ,%
После 5 часов							
0,2	67,8	96,5	138,8	14,8	109,2	11,2	26
0,3	72	96	140,2	19,5	110,5	18,7	38,2
0,4	70,4	96,6	140,9	18,5	112,6	20,4	38,9
0,5	74,8	96,2	142,5	19,5	115,8	19,7	39,2

После 6 часов							
0,3	80	96,8	145,2	19,6	116,2	20,6	40,2
0,5	75	96,2	144,5	17	115,7	33,2	50,2

Как видно из табл.1, потери сырья в процессе окисления незначительны: выход оксидата составляет $\approx 96\text{-}97\%$. С увеличением содержания катализатора от 0,2 до 0,5 к сырью выход СНК+ОСНК возрастает от 26 до 39,2% (после 5 часов). А после 6 часов с увеличением содержания от 0,3 до 0,5% выход смеси кислот возрастает от 40,2% до 50,2%.

Результаты и их обсуждение. Построение математической модели и оптимизации процесса проведено на основе обработки экспериментальных данных, состоящей из следующих этапов:

- установление линейной зависимости между факторами, влияющими на процесс в виде уравнения регрессии и выявление основных входящих факторов;
- нахождение корреляционной зависимости между входящими факторами;
- оценка значимости коэффициентов полученной модели;
- анализ чувствительности модели на возмущение;
- разработка нелинейной математической модели и решение задачи оптимизации.

Первый этап в указанном статистическом анализе касался выявления так называемой корреляции, которая характеризует силу взаимосвязи в данных. Выявлена вероятная связь одной измеренной величины x_i с другой x_j , где X_1 - содержание катализатора %, X_2 – кислотное число оксидата; X_3 - кислотное число СНК, X_4 – продолжительность реакции в час, Y_1 – выход оксидата, %, Y_2 – выход СНК %, Y_3 – выход оксикислоты, %, Y_4 - выход СНК+ОСНК (Таблица 3).

Таблица 3.

Экспериментальные и расчетные значения входных и выходных параметров процесса

X₁	X₂	X₃	X₄	Y₁	Y_{1h}	Y₂	Y_{2h}	Y₃	Y_{3h}	Y₄	Y_{4h}
0,2	67,8	138,8	5	96,5	96,041	14,8	15,2	11,2	13,688	26	28,92
0,3	72	140,2	5	96	95,51	19,5	18,17	18,7	15,43	38,2	33,3
0,4	70,4	140,9	5	96,6	96,102	18,5	16,856	20,4	20,432	38,9	37,55
0,5	74,8	142,5	5	96,2	95,731	19,5	19,827	19,7	22,045	39,2	41,9
0,3	80	145,2	6	96,8	96,305	19,6	18,88	20,6	21,78	40	40,61
0,5	75	144,5	6	96,2	95,71	17	16,499	33,2	32,979	50,2	49,36

Расчет коэффициентов парной корреляции производился согласно формуле:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (1)$$

Линейный коэффициент корреляции r характеризует степень тесноты только линейной зависимости. Коэффициент корреляции принимает значения на отрезке $[-1; 1]$, т.е. $-1 \leq r \leq 1$. В зависимости от того, насколько $|r|$ приближается к 1, различают слабую ($0...0,3$); умеренную ($0,3...0,5$); заметную ($0,5...0,7$); достаточно тесную ($0,7...0,9$); весьма тесную ($0,9...0,99$) связь, т.е. чем ближе $|r|$ к 1, тем сильнее связь.

Для нашего случая: $r(x_1, x_2) = 0.34$ $r(x_2, x_3) = 0.93$ $r(x_3, x_4) = 0.87$ $r(x_1, x_4) = 0.2$ $r(x_2, x_4) = 0.759$ $r(x_1, x_3) = 0.5$

Результаты расчета показали, что найденные коэффициенты корреляции находятся в пределах от 0,3-0,8 по шкале Чеддока, теснота связи слабая. Наиболее сильная связь между второй и третьей входной переменной процесса (дис. 3).

Для анализа чувствительности входных параметров к выходным, т.е. для определения основных факторов влияющих на выход продуктов реакции, была разработана линейная модель процесса, имеющая вид:

$$Y_1 = -25,9 - 7,27 * X_1 - 0,33 * X_2 + 1,13 * X_3 - 2,215 * X_4$$

$$Y_2 = 82,43 + 6,16 * X_1 + 0,84 * X_2 - 0,838 * X_3 - 1,82 * X_4$$

$$Y_3 = 44,25 * X_1 + 0,041 * X_2 - 0,155 * X_3 + 7,76 * X_4$$

$$Y_4 = 44,25 * X_1 + 0,041 * X_2 - 0,155 * X_3 + 7,76 * X_4$$

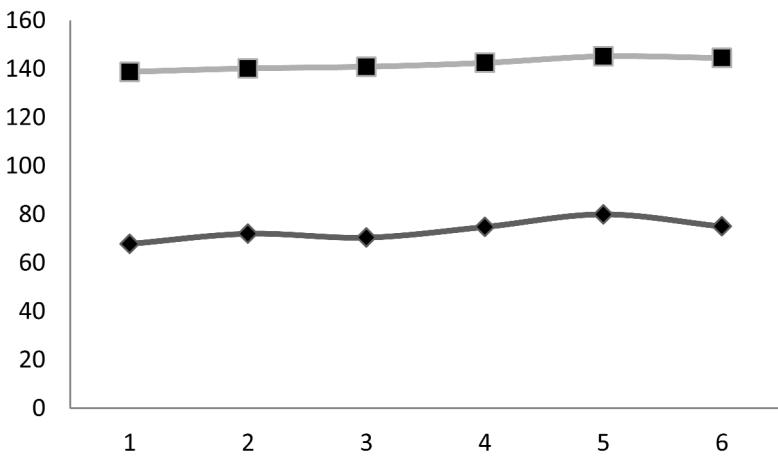


Рис. 3. График корреляционной связи между x_1 и x_2

Изменение параметра X_1 от 0,2 до 0,25 при фиксированных параметрах других входных данных приводило к увеличению выхода СНК от 15,2 до 15,508, т.е. на 0.3%,

незначительное изменение X_2 к увеличению выход СНК на 0,84%, а другие факторы наоборот увеличение их приводило к уменьшению выходов СНК соответственно на 0,838 и на 0,18%.

Для решения задачи оптимизации была разработана нелинейная статистическая модель процесса, которая позволила определить оптимальные условия процесса, при котором выход СНК достигает наибольшего значения.

Таблица 4.

Экспериментальные значения входных и выходных параметров, для построения нелинейной модели процесса.

X₁	X₂	X₃	X₄	X₁X₂	X₁X₄	X₁²	Y₁	Y₂	Y₃	Y₄
0,2	67,8	138,8	5	13,56	1	0,04	96,5	14,8	11,2	26
0,3	72	140,2	5	21,6	1,5	0,09	96	19,5	18,7	38,2
0,4	70,4	140,9	5	28,16	2	0,16	96,6	18,5	20,4	38,9
0,5	74,8	142,5	5	37,4	2,5	0,25	96,2	19,5	19,7	39,2
0,3	80	145,2	6	24	1,8	0,09	96,8	19,6	20,6	40
0,5	75	144,5	6	37,5	3	0,25	96,2	17	33,2	50,2

Современные компьютерные средства представляют большую возможность обработки информации и выбора вида уравнения регрессии экспериментальным методом.

Учитывая, что количество опытов $m = 6$ и факторов $n = 4$, выходную функцию можно представить в виде линейного полинома:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^6 a_{ij} X_j X_i \cdots j = 1,4$$

Коэффициенты a_i определяли по формуле:

$$a_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij} Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2}$$

где X_{ij} - нормированное значение i -го фактора в плановой матрице.

Для получения оценок a_k коэффициентов регрессионной модели, была минимизирована сумма квадратов ошибок регрессии:

$$\sum_i (y_i - a_1 - a_2 x_1 - a_3 x_2 - \dots - a_4 x_4)^2 \rightarrow \min$$

Решение задачи сводится к решению системы линейных уравнений относительно a_k . О качестве полученного уравнения регрессии можно судить, исследовав $\varepsilon_i = \bar{y}_i - y_i$ - оценку случайных ошибок опыта. Оценка дисперсии проводится по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{(N - P - 1)}$$

Величина S называется стандартной ошибкой регрессии. Чем меньше величина S , тем лучше уравнение регрессии описывает независимую переменную Y . Для определения коэффициентов уравнения была использована программа S-plus 2000 professional, разработанная компанией Mathworks для автоматизированной математической обработки экспериментально полученных данных, т.е. для статистического анализа данных, расчета коэффициентов регрессии и коэффициентов парной корреляции для указанных выборок. В таблице 5 представлены экспериментальные и расчетные значения выходных параметров и ошибка опыта:

Таблица 5.

Сравнение экспериментальных и расчетных значений выходных параметров

Y₁	Y_{1h}	Y₂	Y_{2h}	Y₃	Y_{3h}	Y₄	Y_{4h}
96,5	97,143	14,8	15,39	11,2	10,88	26	25,98282
96	96,969	19,5	20,09	18,7	18,37	38,2	38,24863
96,6	97,892	18,5	19,09	20,4	20,09	38,9	39,01394
96,2	97,82	19,5	20,1	19,7	19,38	39,2	39,39995
96,8	97,967	19,6	20,22	20,6	20,23	40	40,06263
96,2	98,142	17	17,61	33,2	32,88	50,2	50,40355

Оценка значимости коэффициентов регрессии была подтверждена значимым коэффициентом множественной корреляции, критерием Стьюдента, а также ошибкой аппроксимации опыта, который имеет вид:

$$t_1 = \frac{|a_1|}{\sqrt{S_b^2}},$$

где S_b^2 - ошибка опыта.

Критические значения коэффициентов:

$$b_i^{0.05} = 0.457, \quad b_{ii}^{0.05} = 0.523, \quad b_{ij}^{0.05} = 0.640;$$

Коэффициенты, меньшие по абсолютной величине соответствующих критическим значениям являются незначительными по уровню значения 0,05, т.е. нет основания считать эти коэффициенты отличными от 0.

Таблица 6.

Расчетные значения уравнений регрессии

Y _i	Коэффициенты уравнения регрессии							
	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
Y ₁	-18,4	0,00012	-0,305	1,043	-1,66	-0,0399	0,078	0,00012
Y ₂	0	0,00013	0,628	0,067	-9,23	0,0447	12,95	-97,29
Y ₃	0	0,000113	1,86	-0,00294	-26,053	-4,47	79,26	-80,148
Y ₄	0	0,000124	2,538	0,063	-35,95	-4,55	93,55	-173,5

Для решения задачи оптимизации была применена программа Matlab-6, содержащая современные алгоритмы решения задачи линейного программирования [11].

В качестве критерия оптимизации был взят максимум функционала

$$F_{\max} = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$$

при следующих ограничениях на показатели процесса:

$$0,2 \leq X_1 \leq 0,5; \quad 67 \leq X_2 \leq 80; \quad 138 \leq X_3 \leq 146; \quad 5 \leq X_4 \leq 6;$$

Решение задачи оптимизации показало, что наибольший выход СНК $Y_{2\text{опт}} = 23,65\%$ можно получить при $X_1 = 0,2$ масс%, $X_2 = 67,8$ мгКОН/г, $X_3 = 145,2$ мгКОН/г, $X_4 = 5$ ч.

REFERENCE

1. Feizabadi H.S. Oxidation of Petroleum Hydrocarbon in Liquid Phase. // 15th Word Petroleum Conqress. Beijinq. China. 1997.Paper 29260
2. Abbasov V.M., Afandiyeva L.M., Nuriyev L.H. et all. Liquid-Phase Aerobic Oxidation of Petroleum Hydrocarbons in the Catalytic Presence of Nanosized Complexes // Journal of Biological and Chemical Research, Volume 2014, p. 90-96
3. I. Hermans, E.S. Spier, U. Neuenschwander et al. Selective Oxidation Catalysis: Opportunities and Challenges // Topics in Catalysis, 2009, v.52, issue 9, p. 1162-1174
4. Zeynalov E.B., Nuriev L.Q., Aqaev B.K. и др. Oblasti primeneniya neftyanix kislot, ix soley i efirov. Neftpererabotka, nefteximiya, kataliz (Sbornik trudov INXP NANA), Baku: Elm, 2010, str. 92-106.
5. Зейналов Э.Б., Нуриев Л.Г., Агаев Б.К. и др. Области применения нефтяных кислот, их солей и эфиров. Нефтепереработка, нефтехимия, катализ (Сборник трудов ИНХП НАНА), Баку: Элм, 2010, стр. 92-106
6. Afandiyeva L.M.. The kinetic effect of CO₂ corrosion by imidazoline derivatives based on synthetic oxy- and petroleum acids // Journal of Advances in chemistry, 2015, Vol.12, № 1, p. 3944-3949
7. L.L. Carmine, Ryntz R.A. The use of naphthenic acid ester as a dispersing agent in aqueous conductive primers // Journ. Of coatings technology, 1994, 66 (836), p. 93-98
7. Abbasov V.M., Afandiyeva L.M., Aliyeva L.I. et all. Investigation of Liquid-Phase Oxidation of

Naphthene-Paraffinic Hydrocarbons of Azerbaijan Oils / 1st International Turkish World Conference on Chemical Sciences and Technologies, Bosnia-Herzegovina, Sarajevo, 27 October-01 November, 2015, p. 288

8. Aliyeva L.I., Afandiyeva L.M., Nuriyev L.H., Valiyeva F.M. Determination of optimal parameters for obtaining synthetic oil acids and oxyacids mixture from the catalytic oxidation of naphthene-paraffinic hydrocarbons of diesel distillation // International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS), 2016, Vol.-2, Issue-3, p. 232-239
9. Abbasov V.M., Alieva L.I., Afandiyeva L.M. et all. Investigation of Liquid-Phase Oxidation of Naphthene-Paraffinic Hydrocarbons of Balakhany Oil // Journal of Advances in Chemistry, 2015, Volume 11, №5, p.3540-3546
10. Zeynalov B.K. Sinteticheskie naftenovye kisloti. - Baku: Elm, 1996. – 254 s.
Зейналов Б.К. Синтетические нафтеновые кислоты. - Баку: Элм, 1996. – 254 с.
11. Matlab-7. The Math works. Inc. All Right Reserved USA, 2007

NEFTİN NAFTEN-PARAFİN FRAKSİYASININ AEROB OKSİDLƏŞMƏ PROSESİNİN OKSİDLƏŞMƏSİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

V.M. ABBASOV, L.I. ƏLİYEVA, L.M. ƏFƏNDİYEVA, F.M. VƏLİYEVA,
L.H. NURİYEV, K.M. BAĞIROV, A.Q. QULUZADƏ

Azərbaycan neftləri qarışığının 217-349°C fraksiyasından ayrılmış naften-parafin karbohidrogenlarının təbii neft turşularının Cr və Mn duzları iştirakında maye fazada aerob oksidləşmə prosesinin nəticələri təqdim edilmişdir. Sintetik neft və oksitürşular qarışığının çıxımının katalizatorun qatılığından asılılığı öyrənilmişdir. Sintetik neft turşularının və oksitürşuların alınmasının optimal parametrləri müəyyən edilmiş və optimal rejim seçilmişdir.

Açar sözlər: dizel fraksiyası, maye fazada oksidləşmə, sintetik neft turşuları, sintetik oksineft turşuları, optimizasiya prosesi.

OPTIMIZATION OF AEROBIC OXIDATION OF NAPHTHENE-PARAFFINIC HYDROCARBONS SEPARATED FROM DIESEL FRACTION

V.M. ABBASOV, L.I. ALIYEVA, L.M. AFANDIYEVA, F.M. VALIYEVA,
L.H. NURIYEV, K.M. BAGHIROV, A.G. QULUZADEH

The article presents the results of liquid-phase aerobic oxidation of naphthene-paraffin hydrocarbons, separated from 217-349°C fractions of the Azerbaijan oils in the presence of Cr and Mn salts mixtures in the natural oil acids. The yields of synthetic oil acids and oxyacids on the catalyst concentration, and the solved optimization problem of obtaining oil acids and oxyacids were studied. The optimal operational conditions to carry out the process were found.

Key words: diesel fraction, liquid phase oxidation, synthetic petroleum acids, synthetic oxypetroleum acids, optimization process.

ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ВТОРОГО ТИПА

Р.Г. ВЕЛИЕВ*, О.А. ДЫШИН**

С использованием правил нечеткого вывода с антецедентами и консеквентами, задаваемыми интервальными непрерывными нечеткими множествами второго типа (ИНМТ2), разработана лингвистическая модель выбора наилучшей кандидатуры на замещение вакантной должности на факультете института. Использование ИНМТ2 позволяет учесть пессимистические и оптимистические оценки экспертов, с помощью которых строятся «нижняя» и «верхняя» оценки функции принадлежности (ФП) результирующего ИНМТ2, не прибегая к усредненным экспертным оценкам на основе нечетких множеств первого типа (НМТ1), являющихся нечеткими множествами с однозначной ФП.

Ключевые слова: лингвистическая модель, система образования, нечеткая логика, нечеткое множество, функция принадлежности.

Введение. Исследование последних лет в области построения автоматизированных систем организационного управления, искусственного интеллекта и роботов привели к осознанию того факта, что человеку в процессе управления сложными объектами свойственно оперировать понятиями и отношениями с расплывчатыми (нестрогими) границами, а также высказываниями с многозначной шкалой истинности. При этом источником расплывчатости является существование классов объектов, степень принадлежности к которым - величина, непрерывно изменяющаяся от полной принадлежности к классу до полной непринадлежности к нему. Автоматизация управления системами, имеющими нечеткое словесное описание, до недавнего времени была невозможной, поскольку обычное математическое понятие множества, основанное на бинарной характеристической функции, не позволяло формализовать такое описание.

Введение видным американским кибернетиком Л. Заде (родившимся в Азербайджане) двух основных исходных понятий – нечеткого множества и лингвистической переменной [1,2] – существенно расширило возможности формализации описаний

* Азербайджанская Инженерная Академия

** Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

сложных систем, использующих нечеткие словесные значения параметров и нечеткие отношения между объектами.

Под принятием решений понимается выбор одной альтернативы из полученного или заданного множества альтернатив. Реализация любой альтернативы предполагает наступление некоторых последствий, анализ и оценка которых по векторному критерию эффективности полностью характеризуют альтернативу. Решение задачи сводится к выявлению и исследованию предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР), а также к построению на этой основе адекватной модели выбора наилучшей в некотором конкретном смысле альтернативы. Важной особенностью задач принятия решения является необходимость учета субъективных суждений ЛПР при формализации предпочтений и выборе наилучшей альтернативы. Эта особенность означает, что различные ЛПР в одной и той же ситуации принятия решений, на основе одной и той же модели могут получить различный результат.

Сложность связей ситуации принятия решений, отсутствие точного прогноза последствий приводят к тому, что при оценке и выборе альтернатив возможно, а зачастую и необходимо использовать и обрабатывать качественные нечеткие оценки.

Будем полагать, что в ситуациях принятия решений, когда хотя бы один из элементов (исходы, критерии, предпочтения и т.д.) описываются качественно, нечетко, имеют место задачи многокритериального принятия решений при нечеткой исходной информации [3,4].

Перспективным направлением разработки методов принятия решений при нечеткой исходной информации является лингвистический подход на базе теории нечетких множеств и лингвистической переменной. К настоящему времени в этом направлении получены конкретные практические и теоретические результаты. Их анализ позволяет сформулировать основные вопросы, возникающие при разработке и реализации методов и моделей принятия решений при нечеткой исходной информации [5,8]. Модели, формализующие описания сложных систем с использованием нечетких словесных значений параметров и нечеткие отношения между объектами, называют лингвистическими моделями [5].

Проблема поддержки принятия решений в условиях неопределенности относится к классу слабо структурированных задач, и их решение зависит от типа объекта, характера неопределенностей и возможностей моделирования объекта. Характерной особенностью таких объектов являются невозможность (или крайне ограниченная возможность) моделирования в реальном времени и необходимость выработки решения на основе моделирования.

Для представления термов входных и выходных лингвистических переменных (ЛП) в моделях принятия решений могут использоваться нечеткие множества первого типа (НМТ1) \tilde{A} , определяемые с помощью одной функции принадлежности (ФП) $\mu_{\tilde{A}}(x)$, и интервальные нечеткие множества второго типа (ИНМТ2) $\tilde{\tilde{A}}$, определяемые с помощью «отпечатка неопределенности» (footprint of uncertainty), который характеризуется

«верхней» $\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ и нижней $\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ функциями принадлежности [9,10]. По существу, множеству \tilde{A} типа ИНМТ2 можно поставить в соответствие два нечетких множества первого типа \bar{A} и \underline{A} с ФП $\mu_{\bar{A}}(x)$ и $\mu_{\underline{A}}(x)$ соответственно. При дискретном универсуме мы получаем интервальное дискретное нечеткое множество второго типа ИДНМТ2, которому соответствуют два дискретных нечетких множеств первого типа (ДНМТ1)

В настоящей работе исследуются лингвистическая модель принятия решения задачи о выборе наилучшего кандидата на замещение вакантной должности на факультете института. Для решения задачи используется метод многокритериального выбора альтернатив на основе композиционного правила агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях лица, принимающего решения (ЛПР), заданных в виде нечетких суждений [11,12]. В отличие от работы [8], в которой такая задача рассматривается в случае правил нечетких продукции (ПНП) с антецедентами (посылками) и консеквентами (следствиями), задаваемыми в виде нечетких множеств первого типа (НМТ1), нами рассматривается более общая система поддержки принятия решений на основе интервальных нечетких множеств второго типа (ИНМТ2) с использованием алгоритма нечеткого вывода Мамдани.

Постановка задачи и метод решения. Пусть руководство института рассматривает кандидатов на замещение вакантной должности на факультете. Задача заключается в выборе наилучшего из них.

Предположим, что обсуждение среди членов привело к следующим правилам нечетких продукции:

d_1 : «Если кандидат – опытный исследователь, имеет некоторый производственный стаж и опыт преподавания технических дисциплин, то он – удовлетворяющий (отвечающий требованиям)»;

d_2 : «Если он вдобавок к вышеописанным требованиям может преподавать теорию информационных систем, от он – более чем удовлетворяющий»;

d_3 : «Если он вдобавок к условиям d_2 имеет способность найти заказчика научно-емкой продукции, то он – безупречный»;

d_4 : «Если он имеет все, оговоренное в d_3 , кроме способности преподавать теорию информационных систем, то он – очень удовлетворяющий»;

d_5 : «Если кандидат – очень опытный исследователь, имеет способность найти заказчика и хороший преподаватель, но не имеет производственного стажа, он все же будет удовлетворяющим;

d_6 : «Если он не имеет квалификации исследователя или не имеет проверенной способности к преподаванию, он – неудовлетворяющий».

Анализ шести вышеприведенных информационных фрагментов дает пять критериев, используемых в принятии решения: X_1 – преподавательские способности; X_2 - производственный стаж; X_3 - опыт преподавания технических дисциплин; X_4 - опыт пре-

подавания теории информационных систем; X_5 - способность найти заказчика для получения внешнего фонда.

Будем измерять переменные $X_i (i = 1, \dots, 5)$ на базовом множестве U кандидатов. Запишем d_1, \dots, d_6 в виде:

d_1 : ЕСЛИ (X_1 = ОБРАЗОВАННЫЙ и X_2 = НЕКОТОРЫЙ ОПЫТ и X_3 = ХОРОШИЙ), ТО (Y = УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ);

d_2 : ЕСЛИ (X_1 = ОБРАЗОВАННЫЙ и X_2 = НЕКОТОРЫЙ ОПЫТ и X_3 = ХОРОШИЙ и X_4 = СПОСОБНЫЙ), ТО (Y = БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ);

d_3 : ЕСЛИ (X_1 = ОБРАЗОВАННЫЙ и X_2 = НЕКОТОРЫЙ ОПЫТ и X_3 = ХОРОШИЙ и X_4 = СПОСОБНЫЙ и X_5 = СПОСОБНЫЙ), ТО (Y = БЕЗУПРЕЧНЫЙ);

d_4 : ЕСЛИ (X_1 = ОБРАЗОВАННЫЙ и X_2 = НЕКОТОРЫЙ ОПЫТ и X_3 = ХОРОШИЙ и X_4 = СПОСОБНЫЙ), ТО (Y = УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ);

d_5 : ЕСЛИ (X_1 = ОЧЕНЬ ОБРАЗОВАННЫЙ и X_2 = НЕ ИМЕЕТ ОПЫТА и X_3 = ХОРОШИЙ и X_4 = СПОСОБНЫЙ), ТО (Y = УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ);

d_6 : ЕСЛИ (X_1 = НЕОБРАЗОВАННЫЙ или X_3 = НЕ СПОСОБНЫЙ К ПРЕПОДАВАНИЮ), ТО (Y = НЕ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ).

Лингвистическую переменную Y с термами НЕ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ (US), УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ (S), БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ (MS), ОЧЕНЬ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЙ (VS), БЕЗУПРЕЧНЫЙ (P) определим на дискретном множестве $\mathcal{I} = \{0; 0,1; 0,2; \dots, 1\}$. Каждый из термов ЛП Y определим в виде ИНМТ2, при этом будем полагать:

$$\underline{\mu}_{\tilde{s}}(x) = x\sqrt{x}, \quad \bar{\mu}_{\tilde{s}}(x) = x\sqrt{x}, \quad x \in \mathcal{I};$$

$$\underline{\mu}_{\widetilde{US}}(x) = 1 - \bar{\mu}_{\tilde{s}}(x) = 1 - x, \quad \bar{\mu}_{\widetilde{US}}(x) = 1 - x\sqrt{x}, \quad x \in \mathcal{I};$$

$$\underline{\mu}_{\widetilde{MS}}(x) = x^2, \quad \bar{\mu}_{\widetilde{MS}}(x) = x\sqrt{x}, \quad x \in \mathcal{I}; \quad \underline{\mu}_{\widetilde{VS}}(x) = x^3, \quad \bar{\mu}_{\widetilde{VS}}(x) = x^2, \quad x \in \mathcal{I};$$

$$\underline{\mu}_{\tilde{p}}(x) = \bar{\mu}_{\tilde{p}}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = 1; \\ 0, & \text{если } x \neq 1, \end{cases} \quad x \in \mathcal{I}.$$

Отметим, что для ЛП «очень А» (VA) $\mu_{VA}(x) = \mu_A^2(x)$, а для нечеткого множества (UA) (не А) $\mu_{UA}(x) = 1 - \mu_A(x)$. Если \tilde{A} есть ИНМТ2, то $U\tilde{A}$ также есть ИНМТ2, при этом $\underline{\mu}_{U\tilde{A}}(x) = 1 - \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ и $\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x) = 1 - \underline{\mu}_{U\tilde{A}}(x)$.

Пусть выбор производится из пяти кандидатов: $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$. Имеются следующие экспертные оценки каждого кандидата:

$$\tilde{A} = \text{ОБРАЗОВАННЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ} = \left\{ \frac{0,8}{0,6}/u_1; \frac{0,6}{0,5}/u_2; \frac{0,5}{0,3}/u_3; \frac{0,1}{0,05}/u_4; \frac{0,3}{0,2}/u_5 \right\};$$

$$\tilde{B} = \text{НЕКОТОРЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ} = \left\{ \frac{0,5}{0,3}/u_1; \frac{1}{0,9}/u_2; \frac{0}{0}/u_3; \frac{0,5}{0,3}/u_4; \frac{1}{0,9}/u_5 \right\};$$

$$\tilde{C} = \text{ХОРОШАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ} = \left\{ \frac{0,6}{0,4}/u_1; \frac{0,9}{0,8}/u_2; \frac{1}{0,9}/u_3; \frac{0,7}{0,5}/u_4; \frac{1}{0,9}/u_5 \right\};$$

$$\tilde{D} = \text{СПОСОБНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕОРИИ}$$

$$\text{ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ} = \left\{ \frac{1}{0,9}/u_1; \frac{0,3}{0,2}/u_2; \frac{1}{0,9}/u_3; \frac{0}{0}/u_4; \frac{0}{0}/u_5 \right\};$$

$$\tilde{E} = \text{СПОСОБНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ВНЕШНЕГО ФОНДА} = \left\{ \frac{0}{0}/u_1; \frac{0,5}{0,3}/u_2; \frac{1}{0,9}/u_3; \frac{0,8}{0,6}/u_4; \frac{0,1}{0,05}/u_5 \right\}.$$

Здесь числитель и знаменатель дробей означают верхнюю (оптимистическую) и нижнюю (пессимистическую) групповую экспертную оценку степени обладания кандидатом данным свойством, т.е. $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \tilde{D}, \tilde{E}$ можно интерпретировать как ИНМТ2 с «верхней» и «нижней» ФП, определенных на дискретном базовом множестве $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$.

Так, для величины $\tilde{A} \underline{\mu}_{\tilde{A}}(u)$ принимает в точках u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 значения 0,6; 0,5; 0,3; 0,05; 0,2, а $\bar{\mu}_A(u)$ – значения 0,8; 0,6; 0,5; 0,1; 0,3, соответственно.

Таким образом, фрагменты знаний d_1, \dots, d_6 принимают вид:

- d_1 : Если ($X=A$ и B и C) то ($Y=S$);
- d_2 : Если ($X=A$ и B и C и D) то ($Y=MS$);
- d_3 : Если ($X=A$ и B и C и E) то ($Y=P$);
- d_4 : Если ($X=A$ и B и C и E) то ($Y=VS$);
- d_5 : Если ($X=$ очень A и не B и C и E) то ($Y=S$);
- d_6 : Если ($X=$ не A или не C) то ($Y=US$).

где как A, B, C, D, E , так и S, US, MS, VS, P в общем случае представляются интервальными нечеткими множествами второго типа (ИНМТ2).

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом многокритериального выбора альтернатив на основе композиционного правила агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях ЛПР, заданных в виде нечетких суждений [11,12]. Суть метода заключается в следующем.

Пусть U – множество элементов, A - его нечеткое подмножество, степень принадлежности которого есть число из единичного интервала $[0,1]$. Подмножества A являются значениями лингвистической переменной X .

Пусть множество решений характеризуется набором критериев X_1, X_2, \dots, X_q , т.е. лингвистических переменных на базовых множествах U_1, U_2, \dots, U_q соответственно. Набор из нескольких критериев с соответствующими значениями характеризует представления ЛПР об удовлетворительности (приемлемости) решения. Переменная Y «Удовлетворительность» также является лингвистической.

В общем случае высказывание d_k (правило нечетких продукции (ПНП)) имеет вид

$$d_k: \text{ЕСЛИ } (X_1 = A_{k,1} \text{ и } X_2 = A_{k,2} \text{ и } \dots \text{ и } X_q = A_{k,q}), \text{ ТО } (Y = D_k). \quad (1)$$

Обозначим пересечение $(X_1 = A_{k,1} \cap X_2 = A_{k,2} \cap \dots \cap X_q = A_{k,q})$ через $X = A_k$.

Каждое правило d_k состоит из части ЕСЛИ (IF), называемое посылкой (antecedent – антецедент), и части ТО (THEN), называемое следствием (consequent – консеквент). Переменные X_1, \dots, X_q и Y могут принимать как лингвистические (например, «малый», «средний», «большой»), так и числовые значения. Базу правил, представляющую собой множество нечетких правил d_k ($k = 1, \dots, N$) вида (1) называют *лингвистической моделью*.

Операции пересечения нечетких множеств соответствует нахождение минимума их функций принадлежности

$$\mu_{A_k}(v) = \min \left(\mu_{A_{k1}}(u_1), \mu_{A_{k2}}(u_2), \dots, \mu_{A_{kq}}(u_q) \right), \quad (2)$$

где $V = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_q$; $v = (u_1, u_2, \dots, u_q)$; $\mu_{A_{kj}}(u_j)$ значение принадлежности элемента u_j нечеткому множеству A_{kj} . Тогда правило (1) можно записать в виде нечеткой импликации:

$$d_k: \text{ЕСЛИ } (X = A_k), \text{ТО } (Y = B_k). \quad (3)$$

где $A_k = A_{k,1} \cap \dots \cap A_{k,q}$, $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_q$.

Обозначим базовое множество U и V через W . Тогда A_k – нечеткое подмножество W , в то время как B_k – нечеткое подмножество единичного интервала $I = [0,1]$.

Импликация нечетких множеств (3) выражается следующим образом [8]:

$$\mu_H(w, i) = \min(1, (1 - \mu_A(w)) + \mu_B(i)), \quad (4)$$

где H – нечеткое подмножество из $W \times I$, $w \in W$, $i \in I$.

Аналогичным образом высказывания d_1, d_2, \dots, d_N преобразуются в множества H_1, H_2, \dots, H_N . Их объединением является множество

$$D = H_1 \cap H_2 \cap \dots \cap H_N \quad (5)$$

и для каждого $(w, i) \in W \times I$

$$\mu_D(w, i) = \min_{w \in W} (\mu_{H_k}(w, i)). \quad (6)$$

Опишем способ выбора альтернатив j , каждая из которых описывается нечетким подмножеством G_j из W .

Удовлетворительность альтернативы j находится на основе композиционного правила нечеткого вывода

$$E_j = G_j \circ D, \quad (7)$$

где E_j – нечеткое подмножество интервала I . Тогда

$$\mu_{E_j}(i) = \max_{w \in W} \left(\min \left(\mu_{G_j}(w), \mu_D(w, i) \right) \right) \quad (8)$$

Сопоставление альтернатив происходит на основе точечных оценок. Для нечеткого множества A определяется α – уровневое множество ($\alpha \in [0,1]$).

$$A_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha, x \in I\} \quad (9)$$

Для каждого A_α можно вычислить среднее число элементов – $M(A_\alpha)$. Для множества из n элементов

$$M(A_\alpha) = \sum_{x_i \in A_\alpha} x_i / n. \quad (10)$$

Тогда точечное значение для множества \tilde{A}

$$F(\tilde{A}) = \frac{1}{\alpha_{max}} \int_0^{\alpha_{max}} M(A_\alpha) d\alpha, \quad (11)$$

где α_{max} – значение, при котором A имеет максимум.

При выборе альтернатив для каждой из них находится удовлетворительность и вычисляется соответствующая точечная оценка. Лучшей считается альтернатива с наибольшим ее значением.

Изложенный выше метод основан на нечетких множествах первого типа. Более общая система поддержки принятия решений на основе ИНМТ2 с использованием алгоритма нечеткого вывода Мамдани [13] рассмотрена в [9,10].

Для системы, содержащей q входов и один выход, т.е. системы с MISO – структурной (Multi Inputs – Single Output; «много входов – один выход») этот алгоритм описывается в следующем виде.

Пусть k -е правило ($k = \overline{1, N}$) использует в качестве антецедентов ИНМТ2: $\tilde{A}_{k,i}$ ($i = \overline{1, q}$) с «верхними» и «нижними» функциями принадлежности $\bar{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(x_i) \in [0,1]$ и $\underline{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(x_i) \in [0,1]$ и в качестве консеквентов ИНМТ2: \tilde{D}_k с «верхними» и «нижними» функциями принадлежности $\bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \in [0,1]$ и $\underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \in [0,1]$.

Пусть кроме того, значения входных ЛП (факты) представлены с помощью ИНМТ2 \tilde{A}'_i ($i = \overline{1, q}$).

В этом случае формально нечеткий логический вывод может быть записан в виде:

R_k : ЕСЛИ (x_1 есть $\tilde{A}_{k,1}$ и … и x_q есть $\tilde{A}_{k,q}$) то (y есть \tilde{D}_k)

F : ЕСЛИ (x_1 есть \tilde{A}'_1 и … и x_q есть \tilde{A}'_q)

C : y есть \tilde{D}' ,

где R_k – правила нечеткого вывода на основе ИНМТ2:

$\tilde{A}_{k,i}, \tilde{A}'_i, \tilde{D}_k$ и \tilde{D}' ($k = \overline{1, N}$, $i = \overline{1, q}$); F - фактические значения входных ЛП; C – следствие (результат) нечеткого вывода.

Тогда для k –го правила могут быть записаны следующие формулы:

$$\tilde{R}_k = \tilde{A}_{k,1} \times \dots \times \tilde{A}_{k,q} = (\tilde{A}_{k,1} \rightarrow \tilde{D}_k) \times \dots \times (\tilde{A}_{k,q} \rightarrow \tilde{D}_k), \quad (12)$$

$$\tilde{F} = \tilde{A}'_1 \times \dots \times \tilde{A}'_q, \quad (13)$$

$$\tilde{D}''_k = \tilde{F} \circ \tilde{R}_k = \prod_{i=1}^q [\tilde{A}'_i \circ (\tilde{A}_{k,i} \rightarrow \tilde{D}_k)], \quad (14)$$

где "Π" – операция пересечения ИНМТ2.

Результирующее ИНМТ2 \tilde{D}' представляется в виде:

$$\tilde{D}' = \prod_{k=1}^N \tilde{D}''_k = \prod_{k=1}^N \left[\prod_{i=1}^q [\tilde{A}'_i \circ (\tilde{A}_{k,i} \rightarrow \tilde{D}_k)] \right] \quad (15)$$

с «нижней» и «верхней» функциями принадлежности:

$$\underline{\mu}_{\tilde{D}'}(y) = \bigvee_{k=1}^N \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) = \bigvee_{k=1}^N \left(\left[\bigwedge_{i=1}^q \left(\underline{\mu}_{\tilde{A}'_i}(x_i) \tilde{*} \underline{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(x_i) \right) \right] \tilde{*} \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) =$$

$$= \max_k \left(\min \left(\left[\min_i \left(\underline{\mu}_{\tilde{A}'_i}(x_i), \underline{\mu}_{\tilde{A}'_{k,i}}(x_i) \right) \right], \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) \right), \quad (16)$$

$$\bar{\mu}_{\tilde{D}'}(y) = \bigvee_{k=1}^N \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) = \bigvee_{k=1}^N \left(\left[\bigwedge_{i=1}^q \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}_i}(x_i) \tilde{*} \bar{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(x_i) \right) \right] \tilde{*} \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) = \\ = \max_k \left(\min \left(\left[\min_i \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}'_i}(x_i), \bar{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(x_i) \right) \right], \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) \right), \quad (17)$$

" Π " – операция объединения ИНМТ2, " \vee " – операция взятая максимума для ФП, " $\tilde{*}$ " – операция взятия минимума для ФП.

Если каждое \tilde{A}'_i является синглетоном (singleton), т.е. нечетким множеством с функцией принадлежности

$$\mu_{\tilde{A}'_i}(x) = \delta(x, x_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = x_i; \\ 0, & \text{если } x \neq x_i, \end{cases}$$

то для результирующего ИНМТ2 \tilde{D}' «нижняя» и «верхняя» функции принадлежности запишутся в виде:

$$\underline{\mu}_{\tilde{D}'}(y) = \bigvee_{k=1}^N \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) = \bigvee_{k=1}^N \left(\left[\bigwedge_{i=1}^q \underline{\mu}_{\tilde{A}'_i}(\hat{x}_i) \right] * \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) = \\ = \max_k \left(\min \left(\left[\min_i \underline{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(\hat{x}_i) \right], \underline{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) \right), \quad (18)$$

$$\bar{\mu}_{\tilde{D}'}(y) = \bigvee_{k=1}^N \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) = \bigvee_{k=1}^N \left(\left[\bigwedge_{i=1}^q \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(\hat{x}_i) \right) \right] \tilde{*} \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) = \\ = \max_k \left(\min \left(\left[\min_i \bar{\mu}_{\tilde{A}_{k,i}}(\hat{x}_i) \right], \bar{\mu}_{\tilde{D}_k}(y) \right) \right), \quad (19)$$

Численное решение задачи. Сформулированная в начале раздела 1 задача о выборе кандидата на замещение вакантной должности на факультете вуза является системой поддержки принятия решений сMISO – структурой, содержащей $q=5$ входов и один выход и $N=6$ правил нечетких продукций (ПНП), в которой в качестве антецедентов и консеквентов используются ИНМТ2 и фактические значения входных ЛП задаются ИНМТ2 $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \tilde{D}, \tilde{E}$.

Проведем сначала вычисление «верхней» ФП для результирующего ИНМТ2, помечая все выкладки чертой сверху, поскольку будут использованы только «верхние» ФП входных и выходной ЛП.

Используя правило (2), получим

$$\text{для } d_1: \mu_{\tilde{M}_1}(u) = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u) \right);$$

$$\tilde{M}_1 = \{0,5/u_1; 0,6/u_2; 0/u_3; 0,1/u_4; 0,3/u_5\};$$

$$\text{для } d_2: \mu_{\tilde{M}_2}(u) = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{D}}(u) \right);$$

$$\tilde{M}_2 = \{0,5/u_1; 0,3/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\};$$

$$\text{для } d_3: \mu_{\tilde{M}_3}(u) = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{D}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u) \right);$$

$$\tilde{M}_3 = \{0/u_1; 0,3/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\};$$

$$\begin{aligned}
 & \text{для } d_4: \mu_{\bar{M}_4}(u) = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u) \right); \\
 & \bar{M}_4 = \{0/u_1; 0,5/u_2; 0/u_3; 0,1/u_4; 0,1/u_5\}; \\
 & \text{для } d_5: \mu_{\bar{M}_5}(u) = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}^2(u), \bar{\mu}_{U\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u) \right) = \\
 & = \min \left(\bar{\mu}_{\tilde{A}}^2(u), 1 - \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u) \right) \\
 & \bar{M}_5 = \{0/u_1; 0,1/u_2; 0,25/u_3; 0,01/u_4; 0,09/u_5\}; \\
 & \text{для } d_6: \mu_{\bar{M}_6}(u) = \max \left(\bar{\mu}_{U\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{U\tilde{C}}(u) \right) = \\
 & = \max \left(1 - \underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), 1 - \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u) \right) \\
 & \bar{M}_6 = \{0,6/u_1; 0,5/u_2; 0,7/u_3; 0,95/u_4; 0,09/u_5\}.
 \end{aligned} \tag{20}$$

Таким образом:

$$\begin{aligned}
 d_1: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_1) \text{ ТО } (Y = \bar{S}); \\
 d_2: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_2) \text{ ТО } (Y = \bar{MS}); \\
 d_3: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_3) \text{ ТО } (Y = \bar{P}); \\
 d_4: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_4) \text{ ТО } (Y = \bar{VS}); \\
 d_5: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_5) \text{ ТО } (Y = \bar{S}); \\
 d_6: & \text{ ЕСЛИ } (X = \bar{M}_6) \text{ ТО } (Y = \bar{US}).
 \end{aligned} \tag{21}$$

Здесь и далее для любого ИНМТ2 \tilde{A} через \bar{A} и \underline{A} обозначаются соответствующие ИМТ1, для которых $\mu_{\bar{A}}(x) = \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ и $\mu_{\underline{A}}(x) = \underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$.

Используя правило (4) преобразования импликации

"ЕСЛИ $(X = \bar{M}_j)$ ТО $(Y = \bar{Q})$ " в выражение $\mu_{\bar{D}_j}(u, i) = \min(1, 1 - \mu_{\bar{B}_j}(u) + \mu_{\bar{Q}_j}(i))$, для каждой пары $(u, i) \in U \times I$ получаем следующие нечеткие подмножества из $U \times I$:

	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
=	u_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	
	u_3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_5	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		0,7	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
=	u_2	0,5	0,53	0,59	0,66	0,75	0,85	0,96	1	1	1	1	
	u_3	0,7	0,73	0,79	0,86	0,95	1	1	1	1	1	1	
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		1	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
=	u_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	u_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

$$\begin{array}{c}
 u_1 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 0,51 & 0,54 & 0,59 & 0,66 & 0,75 & 0,86 & 0,99 & 1 & 1 & 1 \end{array} \parallel \\ = u_2 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \parallel \\ u_3 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \parallel \\ u_4 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \parallel \\ u_5 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \parallel
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 u_1 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \end{array} \parallel \\ = u_2 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,75 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,99 \end{array} \parallel \\ u_3 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,99 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \end{array} \parallel \\ u_4 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,75 \end{array} \parallel \\ u_5 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \end{array} \parallel
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 u_1 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,94 & 0,82 & 0,79 & 0,55 & 0,4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,92 & 0,79 & 0,65 & 0,5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ 1 & 1 & 1 & 0,89 & 0,8 & 0,70 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \end{array} \parallel \\ = u_2 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,92 & 0,79 & 0,65 & 0,5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,84 & 0,72 & 0,59 \end{array} \parallel \\ u_3 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel \\ u_4 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel \\ u_5 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel
 \end{array} \quad (22)$$

Здесь учтено, что $\mu_{\bar{D}_6}(u, i) = \min(1,1 - \mu_{\bar{M}_6}(u) + \mu_{\bar{Q}_6}(i)) = \min(1,2 - \mu_{\bar{M}_6}(u) + i\sqrt{i})$, поскольку $\mu_{\bar{Q}_6}(i) = \mu_{\bar{U}\bar{S}}(i) = 1 - i\sqrt{i}$.

В результате получим общее функциональное решение

$$\bar{D} = \bar{D}_1 \cap \bar{D}_2 \cap \bar{D}_3 \cap \bar{D}_4 \cap \bar{D}_5 \cap \bar{D}_6, \text{ т. е. } \mu_{\bar{D}}(u, i) = \min_{j=1,6} \mu_{\bar{D}_j}(u, i):$$

$$\begin{array}{c}
 u_1 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 0,5 & 0,53 & 0,59 & 0,66 & 0,75 & 0,85 & 0,9 & 0,82 & 0,79 & 0,55 & 0,4 \\ 0,4 & 0,56 & 0,54 & 0,59 & 0,66 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,65 & 0,5 \end{array} \parallel \\ = u_2 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,45 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,89 & 0,8 & 0,7 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ 0,7 & 0,8 & 0,94 & 0,99 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel \\ u_3 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,45 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,89 & 0,8 & 0,7 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ 0,7 & 0,8 & 0,94 & 0,99 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel \\ u_4 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,45 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,89 & 0,8 & 0,7 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ 0,7 & 0,8 & 0,94 & 0,99 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel \\ u_5 \parallel \begin{array}{cccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,45 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,89 & 0,8 & 0,7 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ 0,7 & 0,8 & 0,94 & 0,99 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \parallel
 \end{array} \quad (23)$$

Для вычисления удовлетворительности каждой из альтернатив применим правило композиционного вывода (7) в нечеткой среде: $E_j = G_j \circ D$, где E_j - степень удовлетворения альтернативы j ; G_j - изображение алльтернативы j в виде нечеткого подмножества $U = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$, где G_j является синглетоном: $\mu_{G_j}(u) = 0$, $u \neq u_j$, $\mu_{G_j}(u) = 1$, $u = u_j$; D - функциональное решение. Тогда

$$\mu_{\bar{E}_j}(i) = \max_{u \in U} \left(\min \left(\mu_{G_j}(u), \mu_{\bar{D}}(u, i) \right) \right) \quad (24)$$

Другими словами \bar{E}_j есть -я строка в матрице \bar{D} .

Теперь применим процедуру для сравнения нечетких подмножеств $\bar{E}_1, \bar{E}_2, \bar{E}_3, \bar{E}_4, \bar{E}_5$ в единичном интервале, используя уровняные множества.

Для первой альтернативы ($j = 1$)

$$\bar{\bar{E}}_1 = \{0,5/0; 0,53/0,1; 0,59/0,2; 0,66/0,3; 0,75/0,4; 0,85/0,5; 0,94/0,6; 0,82/0,7; 0,79/0,8; 0,55/0,9; 0,4/1\}$$

Вычисляем уровневые множества $\bar{\bar{E}}_{j\alpha}$. Их мощность $M(\bar{\bar{E}}_{j\alpha})$ находится по формуле

$$M(\bar{\bar{E}}_{j\alpha}) = \sum_{x_i \in \bar{\bar{E}}_{j\alpha}} \frac{x_i}{n}, \quad (25)$$

где n - число точек в $\bar{\bar{E}}_{j\alpha}$.

Уровневые множества:

$$0 \leq \alpha \leq 0,4; d_\alpha = 0,4$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,5;$$

$$0,4 < \alpha \leq 0,5; d_\alpha = 0,5$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,45;$$

$$0,5 < \alpha \leq 0,6; d_\alpha = 0,1$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,5;$$

$$0,6 < \alpha \leq 0,7; d_\alpha = 0,1$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,55;$$

$$0,7 < \alpha \leq 0,85; d_\alpha = 0,15$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,4;$$

$$0,85 < \alpha \leq 0,94; d_\alpha = 0,09$$

$$\bar{\bar{E}}_{1\alpha} = \{0,6\}; M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = 0,6.$$

$$F(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = \frac{1}{\alpha_{max}} \int_0^{\alpha_{max}} M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) d\alpha = \frac{1}{0,94} \int_0^{0,94} M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) d\alpha =$$

$$= 1/0,94 (0,5 \cdot 0,4 + (0,45 + 0,5 + 0,55) \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,15 + 0,6 \cdot 0,09) = 0,49$$

Для второй альтернативы ($j=2$):

$$\bar{\bar{E}}_2 = \{0,4/0; 0,5/0,1; 0,54/0,2; 0,59/0,3; 0,66/0,4; 0,7/0,5; 0,7/0,6; 0,7/0,7; 0,7/0,8; 0,65/0,9; 0,5/1\}, F(\bar{\bar{E}}_2) = 0,54.$$

Для третьей альтернативы ($j=3$):

$$\bar{\bar{E}}_3 = \{1/0; 1/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 0,95/0,5; 0,84/0,6; 0,72/0,7; 0,59/0,8; 0,45/0,9; 0,3/1\}, F(\bar{\bar{E}}_3) = 0,47.$$

Для четвертой альтернативы ($j=4$):

$$\bar{\bar{E}}_4 = \{0,9/0; 0,91/0,1; 0,94/0,2; 0,89/0,3; 0,8/0,4; 0,7/0,5; 0,59/0,6; 0,47/0,7; 0,34/0,8; 0,2/0,9; 0,05/1\}, F(\bar{\bar{E}}_4) = 0,32.$$

Для пятой альтернативы ($j=5$):

$$\bar{\bar{E}}_5 = \{0,7/0; 0,8/0,1; 0,94/0,2; 0,99/0,3; 0,95/0,4; 0,85/0,5; 0,74/0,6; 0,62/0,7; 0,49/0,8; 0,35/0,9; 0,2/1\}, F(\bar{\bar{E}}_5) = 0,41.$$

Аналогичным образом производится вычисление «нижней» ФЛ для результирующего ИНМТ2

$$\text{для } d_1: \underline{\mu}_{\tilde{M}_1}(u) = \min \left(\underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u) \right);$$

$$\tilde{M}_1 = \{0,3/u_1; 0,5/u_2; 0/u_3; 0,05/u_4; 0,2/u_5\}$$

$$\text{для } d_2: \mu_{\tilde{M}_2}(u) = \min(\underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{D}}(u));$$

$$\tilde{M}_2 = \{0,3/u_1; 0,2/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\}$$

$$\text{для } d_3: \mu_{\tilde{M}_3}(u) = \min(\underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{D}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{E}}(u));$$

$$\tilde{M}_3 = \{0/u_1; 0,2/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\}$$

$$\text{для } d_4: \mu_{\tilde{M}_4}(u) = \min(\underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{E}}(u));$$

$$\tilde{M}_4 = \{0/u_1; 0,3/u_2; 0/u_3; 0,05/u_4; 0,05/u_5\}$$

$$\text{для } d_5: \mu_{\tilde{M}_5}(u) = \min(\underline{\mu}_{\tilde{A}}^2(u), 1 - \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u), \underline{\mu}_{\tilde{E}}(u));$$

$$\tilde{M}_5 = \{0/u_1; 0/u_2; 0,09/u_3; 0,025/u_4; 0/u_5\}$$

$$\text{для } d_6: \mu_{\tilde{M}_6}(u) = \max(\underline{\mu}_{U\tilde{A}}(u), \underline{\mu}_{U\tilde{C}}(u)) = \max(1 - \bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), 1 - \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u))$$

$$\tilde{M}_6 = \{0,4/u_1; 0,4/u_2; 0,5/u_3; 0,9/u_4; 0,7/u_5\}$$

Построим множества \tilde{D}_j ($j = \overline{1,6}$) по правилу $\mu_{\tilde{D}_j}(u, i) = \min(1, 1 - \mu_{\tilde{M}_j}(u) + \underline{\mu}_{\tilde{Q}_j})$

	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	u_2	0,7	0,73	0,78	0,86	0,95	1	1	1	1	1	1
=	u_3	0,5	0,53	0,58	0,66	0,75	0,85	0,96	1	1	1	1
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	u_5	0,95	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		0,8	0,83	0,88	0,96	1	1	1	1	1	1	1

	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	u_2	0,7	0,73	0,78	0,86	0,95	1	1	1	1	1	1
=	u_3	0,8	0,83	0,88	0,96	1	1	1	1	1	1	1
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	u_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	u_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
=	u_3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	u_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	u_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
=	u_3	0,7	0,7	0,71	0,73	0,76	0,82	0,92	1	1	1	1
	u_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	u_5	0,95	0,95	0,96	0,98	1	1	1	1	1	1	1
		0,95	0,95	0,96	0,98	1	1	1	1	1	1	1

u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
u_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
u_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
u_4	0,91	0,94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
u_5	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
u_2	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
u_3	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
u_4	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
u_5	1	1	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
u_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
u_2	0,7	0,73	0,78	0,86	0,95	1	1	1	1	1	1
u_3	0,5	0,53	0,58	0,66	0,75	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
u_4	0,91	0,94	1	1	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
u_5	0,95	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
	0,8	0,83	0,88	0,96	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

$$\tilde{E}_1 = \{0,7/0; 0,73/0,1; 0,78/0,2; 0,86/0,3; 0,95/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 1/0,9; 1/1\}, \quad F(\tilde{E}_1) = 0,55$$

$$\tilde{E}_2 = \{0,5/0; 0,53/0,1; 0,58/0,2; 0,66/0,3; 0,75/0,4; 0,8/0,5; 0,8/0,6; 0,8/0,7; 0,8/0,8; 0,7/0,9; 0,6/1\}, \quad F(\tilde{E}_2) = 0,53$$

$$\tilde{E}_3 = \{0,91/0; 0,94/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 1/0,9; 1/1\}, \quad F(\tilde{E}_3) = 0,51$$

$$\tilde{E}_4 = \{0,95/0; 0,95/0,1; 0,9/0,2; 0,8/0,3; 0,7/0,4; 0,6/0,5; 0,5/0,6; 0,4/0,7; 0,3/0,8; 0,2/0,9; 0,1/1\}, \quad F(\tilde{E}_4) = 0,31$$

$$\tilde{E}_5 = \{0,8/0; 0,83/0,1; 0,88/0,2; 0,96/0,3; 0,9/0,4; 0,8/0,5; 0,7/0,6; 0,6/0,7; 0,5/0,8; 0,4/0,9; 0,3/1\}, \quad F(\tilde{E}_5) = 0,38.$$

За наилучшую примем альтернативу u_{ij} , для которой средняя точечная оценка удовлетворительности $F(\tilde{E}_j) = \frac{1}{2}(F(\bar{\tilde{E}}_j) + F(\underline{\tilde{E}}_j))$ будет наибольшей. Средние оценки альтернатив u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 равны 0,52; 0,535; 0,49; 0,315; 0,395 соответственно. Наибольшая средняя оценка удовлетворительности оказалось у альтернативы u_2 , которую выбираем наилучшей.

Заключение. При оценивании нескольких объектов по ряду критериев группой экспертов (особенно, когда число экспертов велико) объекты могут иметь одинаковые оценки, полученные на основе дефазификации непрерывных нечетких множеств первого типа (НМТ1), соответствующих средним нечетким числам.

Однако эти же объекты могут иметь разные «отпечатки неопределенности», полученные на основе применения правил нечетких производств, посылки и следствия которых представлены интервальными нечеткими множествами второго типа (ИНМТ2), порождаемыми пессимистическими и оптимистическими экспертными оценками. При-

менение ИНМТ2 позволяет более полно учесть всю экспертную информацию, не прибегая к усредненным экспертным оценкам на основе НМТ1.

Использование ИНМТ2 целесообразно, если ожидается существенное улучшение результатов (например, выбор более полезной альтернативы, повышение точности прогнозирования, улучшение качества кластеризации).

REFERENCE

1. **Zadeh L.A.** Fuzzy sets. - Inform. Control, 1965, vol. 8, №3, Pp.338-353.
2. **Zadeh L.A.** Ponjatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenie k ponjatiyu priblizhennyh resheniy. Per. s angl. – M.: Mir, 1976. - 165 s.
Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к понятию приближенных решений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. - 165 с.
3. **Zadeh L.A.** Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes – IEEE Trans. Systems., Man., Cybern., vol. SMC -3, 1973, Jan., pp.28-44 [Русский перевод: Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. – В кн.: Математика сегодня (сборник переводных статей). – М.: Изд-во «Знания», 1974, с. 5-48]
4. **Zhukovin V.E.** Nechetkie mnogokriterialnye modeli prinjatija reshenij. – Tbilisi: Mecniereba. 1988. - 70 s.
Жуковин В.Е. Нечеткие многокритериальные модели принятия решений. – Тбилиси: Мецниереба. 1988. - 70 с.
5. Modeli prinyatiya resheniy na osnove lingvisticheskoy peremennoy / Borisov A.N., Alekseev A.V., Krumberg O.A. i dr. – Riga, Zinatne, 1982. - 256 s.
Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А. и др. – Рига, Зинатне, 1982. -256 с.
6. Obrabotka nechetkoj informacii v sistemah prinjatija reshenij / Borisov A.N., Alekseev A.V., Merkureva G.V. i dr. – M.: Radio i svjaz, 1989. - 350 s.
Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. – М.: Радио и связь, 1989. -350 с.
7. Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya i iskusstvennogo intellekta / Pod red. D.A. Pospelova. – M.: Nauka, 1986. – 312 s. (Problemy iskusstvennogo intellekta).
Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Пospelова. – М.: Наука, 1986. – 312 с. (Проблемы искусственного интеллекта).
8. **Borisov A.I., Krumberg O.A., Fedorov I.P.** Prinyatie resheniy na osnove nechetkih modeley: Primery ispol'zovaniya. – Riga: Zinatne, 1990.- 184 s.
Борисов А.И., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990.- 184 с.
9. **Castillo O., Melin P.** A new hybrid approach for plant monitoring and diagnostics using type-2 fuzzy logic and fractal theory // Proceedings of the International Conference FUZZY' 2003 . P.102-107.
10. **Castillo O., Mellin P., Kacprzyk J., Pedrycz W.** Type-2 fuzzy logic: theory and applications / IEEE International Conference on Granular Computing, 2007. P. 145-150.

11. **Yager R.R.** Multiple – objective decision – making using fuzzy sets // Intern. J. Man-Machine Studies – 1977. – vol.9, №4/ - p.375-382.
12. **Yager R.R.** Multicriteria decisions with soft information: an applications of fuzzy set and possibility theory // Fuzzy Mathematics, - Pt1. - vol.2, №2 – P.21-28, Pt2. - vol.2, №3, -P.7-16.
13. **Mamdani E.H.** Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems //IEEE Transactions on Computer C-26, 1977, Pp. 1182-1191.

İKİNCİ TİP İNTERVALLI QEYRİ-SƏLİS ÇOXLUQLAR ƏSASINDA TƏHSİL SİSTEMİNDE QƏRARLARIN QƏBUL OLUNMASININ LINGVİSTİK MODELİ

R.H. VƏLİYEV, O.A. DİŞİN

Antesedentlərlə və konsekventlərlə qeyri-səlis çıxarışının qaydalarının istifadəsi ilə, intervallı fasiləsiz qeyri - səlis bir çox ikinci tip tərəfindən (İNMT2) verilən institut fakültəsində boş vəzifənin əvəzlənməsinə ən yaxşı namizədlərin seçiminin lingvistik modeli işlənmişdir. Birmənalı məxsusluq funksiyası (FP) ilə qeyri-səlis çoxluğu olan birinci tipli (NMT1) qeyri-səlis çoxluqlar əsasında orta ekspert qiymətlərindən istifadə etmədən INMT2-nin istifadəsi ekspertlərin pessimist və optimist qiymətləndirilmələrini nəzərə almağa imkan verir və bu qiymətləndirilmələrinin köməyi ilə INMT2 yekunlaşdırıcının (FP) məxsusluq funksiyasını "aşağı" və "yuxarı" qiymətləri qurulur.

Açar sözlər: *lingvistik model, təhsil sistemi, qeyri-səlis məntiq, qeyri-səlis çoxluq, məxsusluq funksiyası.*

LINGUISTIC MODEL OF DECISION MAKING PROCESS FOR EDUCATION SYSTEM BASED ON INTERVAL FUZZY SETS II

R.G. VELIYEV, O.A. DYSHIN

By using the rules of fuzzy inference with the antecedents and consequent, definable interval continuous fuzzy sets of the second type (INMT2), we developed a linguistic model to choose the best candidate for the vacant position in the institute faculty. INMT2 allows to consider the pessimistic and optimistic estimates of experts, through which we built the "lower" and "upper" assessments of the membership function (AF) of resulting INMT2, without resorting to the average expert estimates based on the fuzzy sets I (NMT1) – the fuzzy sets with unique AF.

Key words: *linguistic model, education system, fuzzy logic, fuzzy set, membership function.*

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ СВЯЗИ

Х.Н. РЗАЕВ^{*}, Р.А. ГАСАНОВ^{**}

Проводится анализ основных угроз безопасности информации в современных телекоммуникационных системах и сетях. Анализируются перспективные направления развития цифровых информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Рассматриваются основные протоколы обеспечения достоверности и безопасности в перспективных системах предоставления услуг связи – сетях NGN.

Ключевые слова: протоколы IP-сетей, безопасность, достоверность, NGN-сети.

Важнейшей задачей оператора сети связи является управление информационной безопасностью, хотя данная область не относится непосредственно к области предоставления услуг. Процесс управления информационной безопасностью предназначен для защиты сетевой инфраструктуры от несанкционированного использования, оценку рисков возникновения подобного события, управления рисками и противодействия им, а также способам реагирования на инциденты, связанные с нарушением безопасности.

Не секрет, что безопасность сегодня становится одной из главных проблем управления услугами в сетях связи. С одной стороны, большинство компаний уже обладает немалым количеством накопленных данных, являющихся весьма ценным активом. С другой стороны, активное применение Интернета практически во всех сферах бизнеса делает сетевую структуру многих компаний до определенной степени доступной извне, а, следовательно, потенциально уязвимой. Это означает, что в любой компании связи существуют определенные риски, связанные с несанкционированным использованием сетевых ресурсов и нарушением сохранности информации, и их следует анализировать с тем, чтобы принимать меры по их контролю и устраниению наиболее существенных из них.

Поскольку информационная безопасность не является самоцелью, а предназначена для обслуживания интересов компании связи, ее следует планировать с соблюдением разумного баланса между мерами безопасности, ценностью информации и существую-

* Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

** Азербайджанская Национальная Академия Авиации

щими угрозами. Кроме того, деятельность, ведущаяся в рамках управления безопасностью, должна постоянно пересматриваться в силу того, что изменяются характер и вероятность возможных угроз, технические средства их реализации и защиты от них, а также значимость различных угроз. Поэтому управление безопасностью реально сводится к никогда не прекращающемуся циклу планов, действий, проверок [1].

Целью статьи является анализ основных угроз безопасности информации в современных телекоммуникационных системах и сетях, перспективных направлений развития цифровых информационно-телекоммуникационных систем и сетей, основных протоколов обеспечения достоверности и безопасности в сетях NGN.

1. Анализ угроз безопасности информации в современных телекоммуникационных системах и сетях

Современные телекоммуникационные системы и сети, в том числе специального назначения, к которым можно отнести систему управления бурением морских нефтегазовых сооружений, состоят из следующих основных структурно-функциональных элементов (см. рис. 1) [2]:

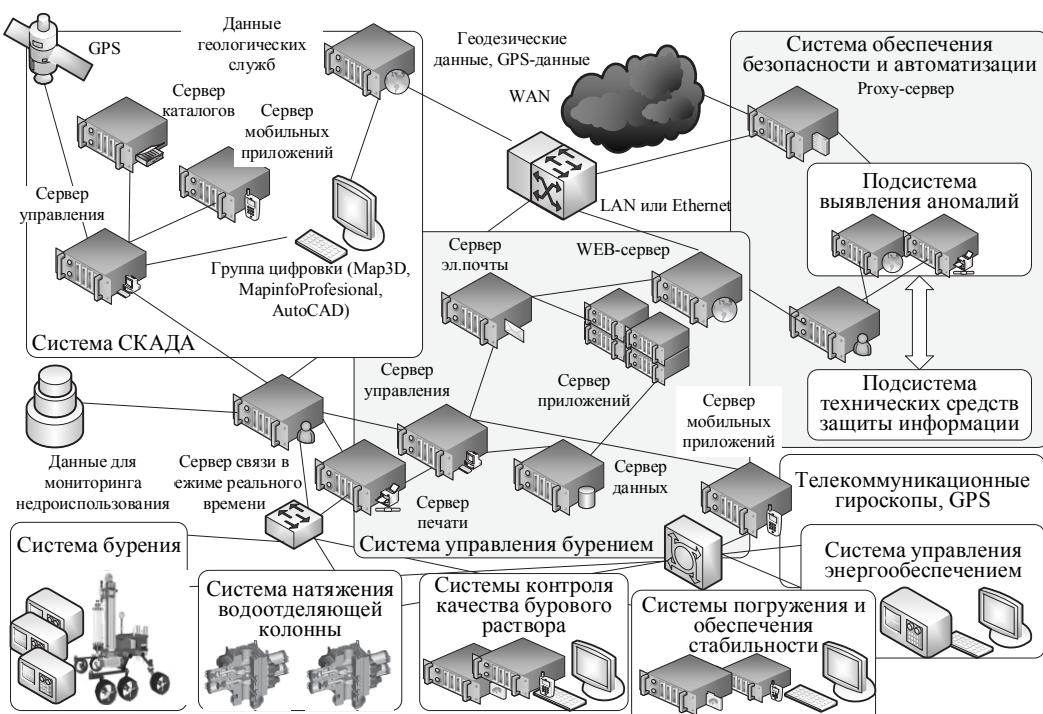


Рис. 1. Структурная схема сети управления бурением

- каналов и АПД (локальных, телефонных, с узлами коммутации и т.д.);
- межсетевых коммутаторов второго или третьего уровня (шлюзов, центров коммутации пакетов, коммуникационных рабочих станций) – элементов, обеспечивающих соединение нескольких сетей передачи данных, либо нескольких сегментов одной и той же сети, имеющих различные протоколы взаимодействия;

- серверов или Host-машин (служб файлов, печати, баз данных и т.п.) не выделенных (или выделенных, то есть не совмещенных с рабочими станциями) высокопроизводительных рабочих станций, предназначенных для реализации функций хранения, печати данных, обслуживания рабочих станций сети и т.п. действий;
- системы управления БД (СУБД) СКАДА, обеспечивающих непосредственный мониторинг и контроль нескольких тысяч датчиков объекта управления;
- оконечного оборудования, рабочих станций – отдельных рабочих станций (ПК) или удаленных терминалов сети, на которых реализуются автоматизированные рабочие места пользователей (абонентов, операторов и т.д.).

Каналы и средства связи в силу своей большой пространственной протяженности (через неконтролируемую или слабо контролируемую территорию) практически всегда подвержены угрозам подключения к ним, либо вмешательства в процесс передачи данных.

В особой защите нуждаются коммутационные элементы телекоммуникационных сетей и серверы БД, обеспечивающие передачу информационных потоков данных о состоянии объекта в режиме реального времени, хранение информации мониторинга, СУБД, системы принятия решений. Рабочие станции являются наиболее доступными компонентами телекоммуникационных сетей и именно с них могут быть предприняты наиболее многочисленные попытки совершения несанкционированных действий.

С рабочих станций осуществляется управление процессами обработки данных, запуск программ, ввод и корректировка данных, на дисках рабочих станций могут размещаться важные данные и программы обработки. На видеомониторы и печатающие устройства рабочих станций выводится информация при работе пользователей (операторов), выполняющих различные функции и имеющих разные полномочия по доступу к данным и другим ресурсам системы [3].

На рис. 2 представлена классификация основных угроз информационной безопасности в телекоммуникационных системах и сетях.

В случае атак на систему управления бурением морских нефтегазовых сооружений будут направлены на сбор сведений в обход многоуровневых систем защиты от вторжений, а также угрозы информационным ресурсам, которые подразделяются на внешние (технические) и внутренние (неправомерные действия сотрудников).

Классификационные признаки потенциально-опасных событий (ПОС) при функционировании программного обеспечения и характерные последствия при их реализации в ИС приведены на рис. 3.

Нарушение конфиденциальности информации напрямую связано с реализацией угрозы несанкционированного доступа к ИС и является следствием нарушения системы защиты информации.

Угрозы нарушения конфиденциальности, как правило, выступают в форме несанкционированного обращения.

Термин “несанкционированное обращение” означает активные действия, направленные на сбор или хищение ценной информации, закрытой для доступа посторонних лиц.

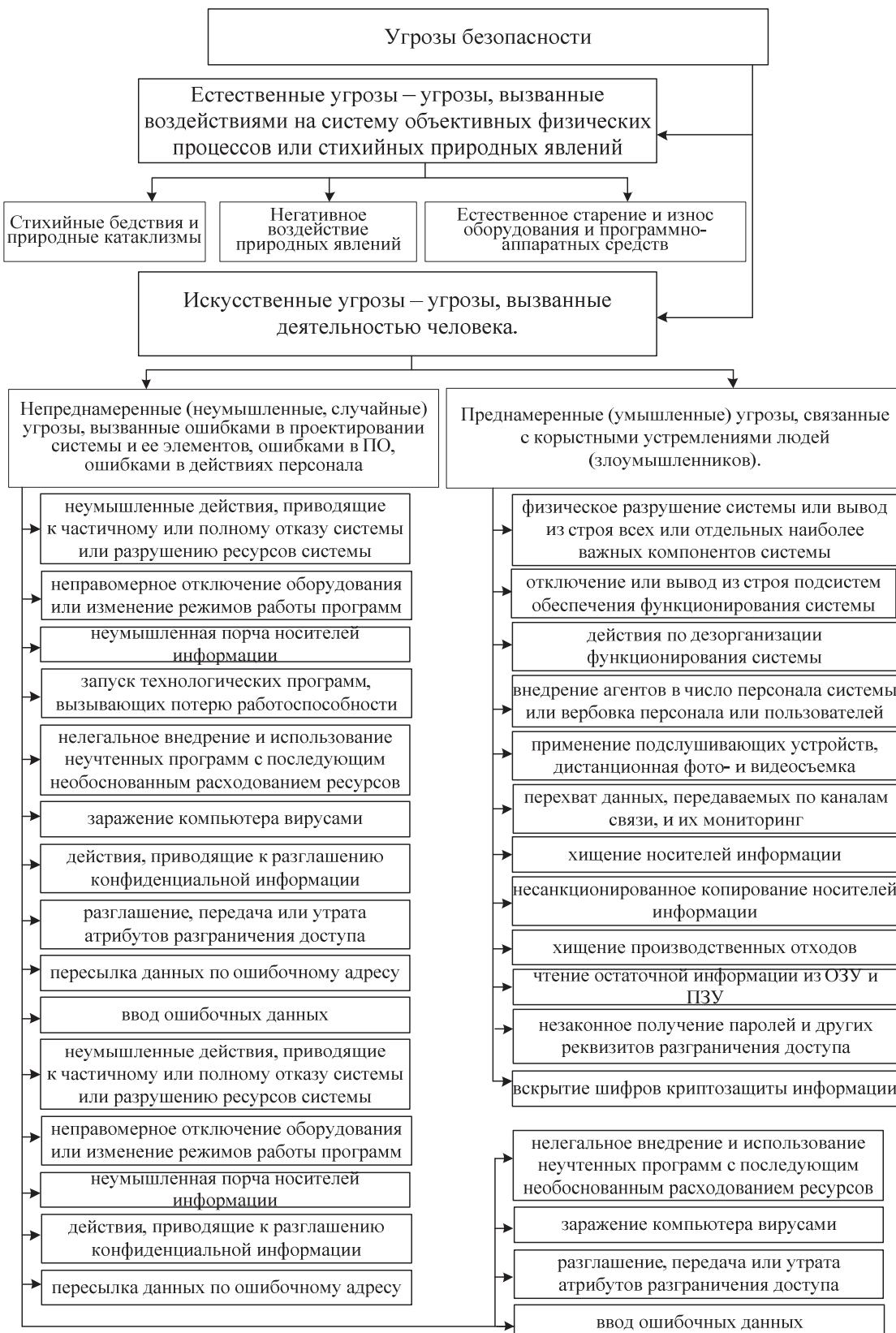


Рис. 2. Основные угрозы безопасности в телекоммуникационных системах и сетях

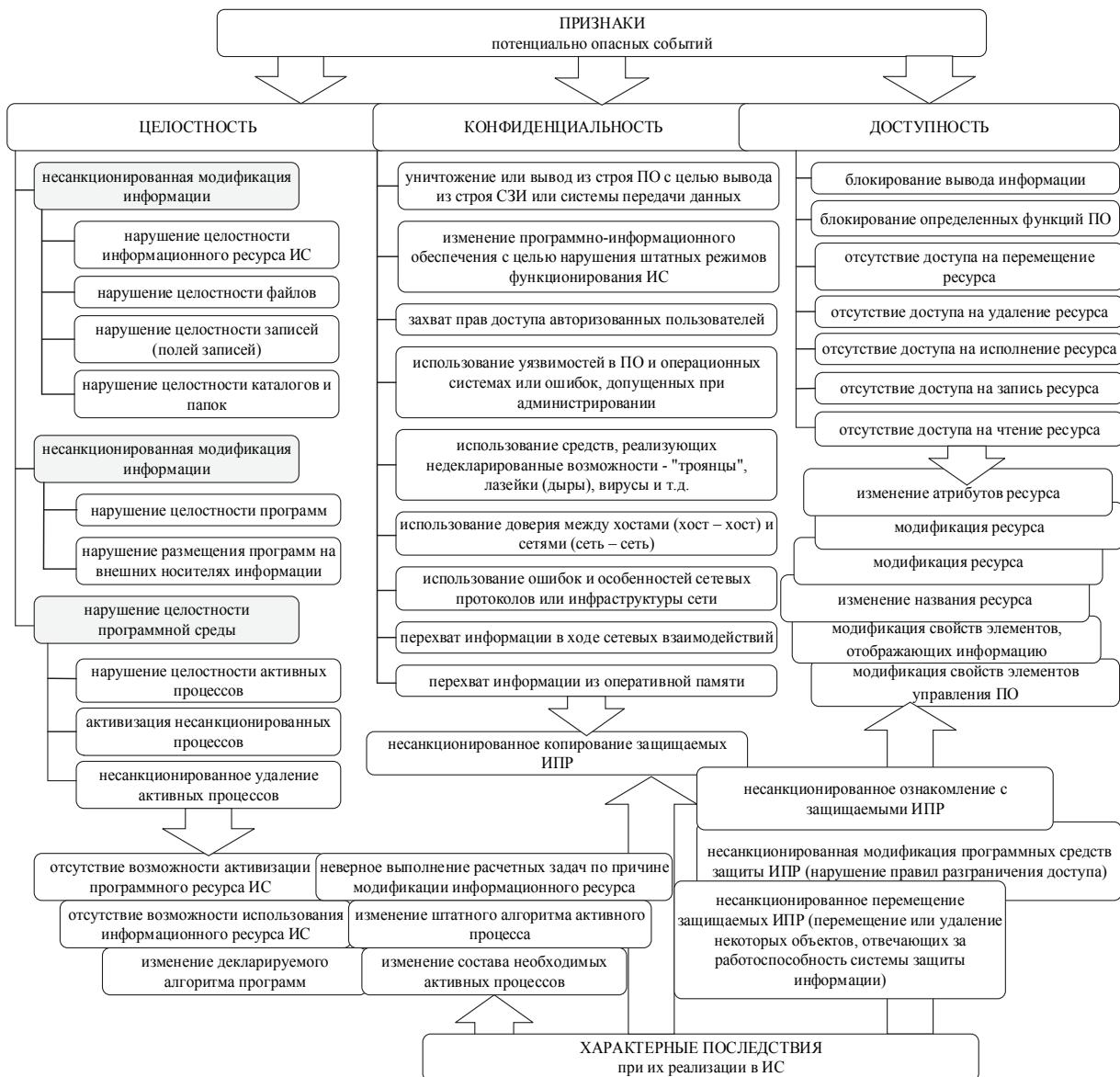


Рис. 3. Классификационные ПОС при функционировании ПО и характерные последствия при их реализации в ИС

Опыт эксплуатации показывает, что около 80% попыток НСД к конкретной ИС осуществляют лица, работающие или работавшие с данной системой. Поэтому будем считать, что потенциальный нарушитель имеет достаточно высокую квалификацию и ему известны принципы функционирования ИС [4, 5].

На сегодняшний день многие злоумышленники пользуются инструментами для автоматизации проведения стандартных атак. За последние несколько лет эти методы усовершенствовались, в них появились интеллектуальные алгоритмы, служащие для создания действительно комплексных смешанных угроз, которые распространяются автоматизированным путем с высокой степенью резервирования [6].

Проведенный анализ основных угроз показал, что дальнейшее развитие вычислительных возможностей и ИТ-технологий позволяет “модернизировать” виды угроз, расширять и совершенствовать технологии их реализации, создавать новые современные технологии взлома систем безопасности в телекоммуникационных системах и сетях, а в случае специфики нефтедобывающей отрасли (нефтяные войны) атаки могут нести и техногенный характер, ликвидацию системы автоматизации и защиты с последующей угрозой техногенной катастрофы.

Лидирующую позицию по реализации угроз сетевой безопасности занимают нарушения, приводящие как к утечке закрытой информации, так и к навязыванию ложной информации или неправильной работе компонентов телекоммуникационной системы – атаки на нарушение услуг целостности и конфиденциальности.

2. Анализ протоколов обеспечения достоверности и безопасности данных в современных телекоммуникационных системах

Для обеспечения достоверности данных в протоколах телекоммуникационных систем используются методы и процедуры помехоустойчивого кодирования (использование канального контроля ошибок обеспечивает надежную доставку кадров и реализуется канальным уровнем модели ISO/OSI (эталонной модели взаимодействия открытых сетей) и повторной передачи данных (использование сквозного контроля в промежуточных узлах позволяет удалять некорректные кадры, следовательно, некоторые кадры могут не прибыть к получателю. Тот обращается к отправителю с просьбой повторить передачу потерянных и неверных кадров. Таким образом, повторная передача кадров осуществляется снова через всю сеть. По терминологии ISO/OSI сквозной контроль ошибок реализует транспортный уровень).

Одним из основных признаков обеспечения безопасности информации в ИС является сохранение ее целостности, конфиденциальности и доступности.

В ГОСТ Р В 51987-2002 “Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Типовые требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения” введены следующие определения [7]:

целостность информации – состояние информации, при котором обеспечивается достижение целей ее функционального применения;

конфиденциальность информации – свойство используемой информации быть сохраненной в течение заданного объективного периода конфиденциальности от ознакомления лицами, к ней не допущенными, и/или от несанкционированного считывания техническими средствами;

доступность информации – это состояние информации, ее носителей и технологий обработки, при котором обеспечиваетсясанкционированный доступ к ней и надежность представления требуемой информации.

Для обеспечения безопасности в proxy-серверах, а также в протоколах транспортного уровня ISO/OSI глобальных вычислительных систем используются криптографические алгоритмы, общая классификация представлена на рис. 4.



Рис. 4. Общая классификация криптографических методов защиты

На прикладном уровне модели ISO/OSI используются программные средства защиты и выявления аномалий: брандмауэры, firewall-ы, антивирусные программы, NAT-ы, алгоритмы шифрования полей БД.

Для минимизации риска и сохранения функциональности dns- и web- серверов используют их “логическое размещение” за основным шлюзом сети, но перед межсетевым экраном, который обеспечивает защиту внутренних рабочих станций в хостах сети. Логическую область их размещения называют демилитаризованной зоной.

Основные протоколы обеспечения достоверности и безопасности в IP-сетях представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные протоколы обеспечения достоверности и безопасности в IP-сетях

Приложение	Протоколы обеспечения достоверности	Протоколы обеспечения безопасности
Факсимильная связь	T.38 (на транспортном уровне используется TCP/IP и UDP)	
Передача голосовых сообщений	H. 323, RTP/RTCP, UDP, TCP/IP	
Высококачественное потоковое аудио	UDP (RTP/RTCP)	IPSec
Видеотелефония	UDP (RTP/RTCP)	IPSec
Передача видео	UDP (RTP/RTCP)	IPSec
Web-навигация	≈ 80 кбит/с	IPSec, SSL (TLS)
Передача массивов данных	SMTP, TCP/IP, FTP	IPSec, SSL (TLS)
Команды (управление)	TCP	IPSec, SSL (TLS)
Неподвижное изображение	UDP (RTP/RTCP)	IPSec
Электронная почта (доступ к серверу)	TCP/IP, FTP	IPSec, SSL (TLS)
Электронная почта (сервер-сервер)	TCP/IP, FTP	IPSec, SSL (TLS)

Проведенный анализ табл. 1 показал, что для обеспечения контроля достоверности передаваемых пакетов (кадров) в IP-сетях на канальном уровне используется подмножество протокола HDLC (High-level Data Link Control – высокоуровневая процедура управления каналом), обеспечивающее возможность автоматической передачи в случае возникновения ошибок в линии связи, либо на транспортном уровне используются протоколы TCP (Transmission Control Protocol, протокол управления передачей), а при передачи видеоданных используется протокол UDP (User Datagram Protocol, протокол пользовательскихдейтаграмм). Данные протоколы обеспечивают контроль достоверности передаваемых данных и при возникновении ошибок в пакете (кадре) обеспечивают повторную передачу соответствующих пакетов, что при реализации атаки с увеличением уровня вероятности ошибки в канале связи значительно снижают скорость передачи данных.

Наиболее компромиссным вариантом реализации функций безопасности в телекоммуникационных системах и сетях являются протоколы сетевой безопасности IPSec, функционирующие на сетевом уровне [4]. С одной стороны, они прозрачны для приложений, а с другой – могут работать практически во всех сетях, так как основаны на широко распространенном протоколе IP [4].

Протоколы сетевой безопасности IPSec (Internet Protocol Security (IPSec) – это согласованный набор открытых стандартов, имеющий на сегодняшний день конкретную спецификацию, который, в то же время, может быть дополнен новыми протоколами, алгоритмами и функциями сетевой безопасности [8].

Основное назначение протоколов IPSec – обеспечение безопасной передачи данных по IP-сетям. Их применение обеспечивает [8]:

целостность – способность телекоммуникационной сети обеспечивать передачу данных без искажения, потери или дублирования;

аутентичность – способность телекоммуникационной сети обеспечивать передачу данных с возможностью доказательства их подлинности (т.е. того, что данные переданы именно тем отправителем, за кого он себя выдает);

конфиденциальность – способность телекоммуникационной сети обеспечивать передачу данных в форме, предотвращающей их несанкционированный просмотр.

Основными компонентами IPsec являются:

RFC2402 “IP Authentication Header” (AH), предназначенный для контроля целостности и аутентичности пакетов данных в IP-сетях;

RFC2406 “IP Encapsulation Security Payload” (ESP), предназначенный для обеспечения конфиденциальности, контроля целостности и аутентичности пакетов данных в IP-сетях;

RFC2408 “Internet Security Association and Key Management Protocol” (ISAKMP), предназначенный для обеспечения согласования параметров, создания, изменения, уничтожения контекстов защищенных соединений (Security Association, SA) и управления ключами в IP-сетях;

RFC2409 “The Internet Key Exchange” (IKE), являющийся дальнейшим развитием и адаптацией ISAKMP, предназначенный для работы с протоколами IPsec. Ядро IPsec составляют три протокола: протокол аутентификации (Authentication Header, AH), протокол шифрования (Encapsulation Security Payload, ESP) и протокол обмена ключами (Internet Key Exchange, IKE). Функции по поддержанию защищенного канала распределяются между этими протоколами следующим образом:

протокол AH обеспечивает целостность и аутентичность данных;

протокол ESP шифрует передаваемые данные, гарантируя конфиденциальность, но он может также поддерживать аутентификацию и целостность данных;

протокол IKE решает вспомогательную задачу автоматического предоставления секретных ключей, необходимых для работы протоколов аутентификации и шифрования данных.

Протокол ESP реализует: шифрование данных IP-пакетов для обеспечения конфиденциальности информации; дополнительно (аналогично протоколу AH) аутентификацию источника каждого пакета, целостность данных каждого пакета, защиту от повторной передачи пакетов. Для обеспечения конфиденциальности данных IP-пакетов предусмотрено использование криптографических алгоритмов шифрования, среди которых предусмотрены обязательные алгоритмы (для обеспечения совместимости программных продуктов различных производителей), такие, например, как DES-CBC (описанный в стандарте RFC 2405), NULL (описанный в стандарте RFC 2410). Кроме того, предусмотрены некоторые другие (дополнительные) алгоритмы шифрования, например, CAST-128, IDEA, 3DES (описанные в стандарте RFC 2451), а также национальный стандарт шифрования США AES-128, 192, 256 (FIPS-197) и отечественный стандарт ГОСТ-28147-89. Протоколы ESP и AH могут использоваться как в туннельном, так и в транспортном режиме, как самостоятельно, так и в комбинации.

Для обеспечения конфиденциальности и целостности данных между сервисными протоколами (такими как HTTP, NNTP, FTP и т.д.) и транспортными протоколами (TCP/IP) используются протоколы SSL (Secure Socket Layer) и его новая версия TLS (Transport Layer Security). Часто для него используется аббревиатура HTTPS. Для обеспечения безопасности протокол формирует “безопасный канал” в котором шифруются на основе алгоритмов симметричной криптографии все сообщения, при этом обеспечивается проверка на целостность передаваемых данных на основе MAC-кодов. Модульная структура протоколов SSL и TLS позволяет менять алгоритмы шифрования данных.

3. Анализ перспективных направлений развития цифровых информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Проведенный в работе [9] анализ тенденций в развитии информационно-телекоммуникационных сетей (ИТКС) показал, что цифровые каналы имеют значительно меньшую вероятность ошибки (10^{-6}) по сравнению с аналоговыми каналами (10^{-4}) и их производительность в 5 – 7 раз выше аналоговых. В

конце 90-х годов прошлого столетия международным союзом электросвязи (МСЭ) была предложена концепция мультисервисных сетей следующего поколения NGN (Next Generation Network). Сравнительная характеристика возможностей обеспечения различных информационно-телекоммуникационных услуг цифровыми сетями представлена в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика возможностей обеспечения различных информационно-телекоммуникационных услуг

Информационно- телекоммуникационные услуги	Вид информационно-телекоммуникационной сети				
	PDH	IDN	N-ISDN	B-ISDN	NGN
Телефония	+	+	+	+	+
IP-телефония	-	-	-	+	+
Видеоконференцсвязь, видеона- блюдение	-	-	-	+	+
Передача служебной информации	-	+	+	+	+
Высокоскоростная передача массивов данных	-	-	-	+	+
Краткосрочный обмен данными (БД, дистанционное обучение и т.д.)	-	-	+	+	+
Информационный поиск	-	-	+	+	+

Анализ табл. 2 показывает, что для обеспечения возросших потребностей необходим комплексный (интегрированный) подход к обеспечению качества обслуживания и эффективности функционирования ИТКС в соответствии с международными рекомендациями (ITU-T, ETSI, IETF, TL 9000, E.800).

Концепция NGN, в первую очередь, характеризуется четким разделением трех уровней соединения – доступа, транспорта и услуг (рис. 5) в соответствии с их функциональными задачами (для маршрутизации, коммутации и передачи данных используется транспортный функциональный уровень, для передачи информации сигнализации – уровень доступа, а за управление логикой услуг и приложений, создание, внедрение и взаимодействие различных услуг отвечает уровень услуг).

Особенностью технологии NGN являются открытые интерфейсы между транспортным уровнем и уровнем управления коммутацией.

Основными используемыми технологиями являются ATM и IP.

Как правило, в основу транспортного уровня мультисервисной сети ложатся существующие сети ATM или IP, т.е. сеть NGN может создаваться как наложенная на существующие транспортные пакетные сети. Сети, базирующиеся на технологии ATM, имеющей встроенные средства обеспечения качества обслуживания, могут использоваться при создании NGN практически без изменений.

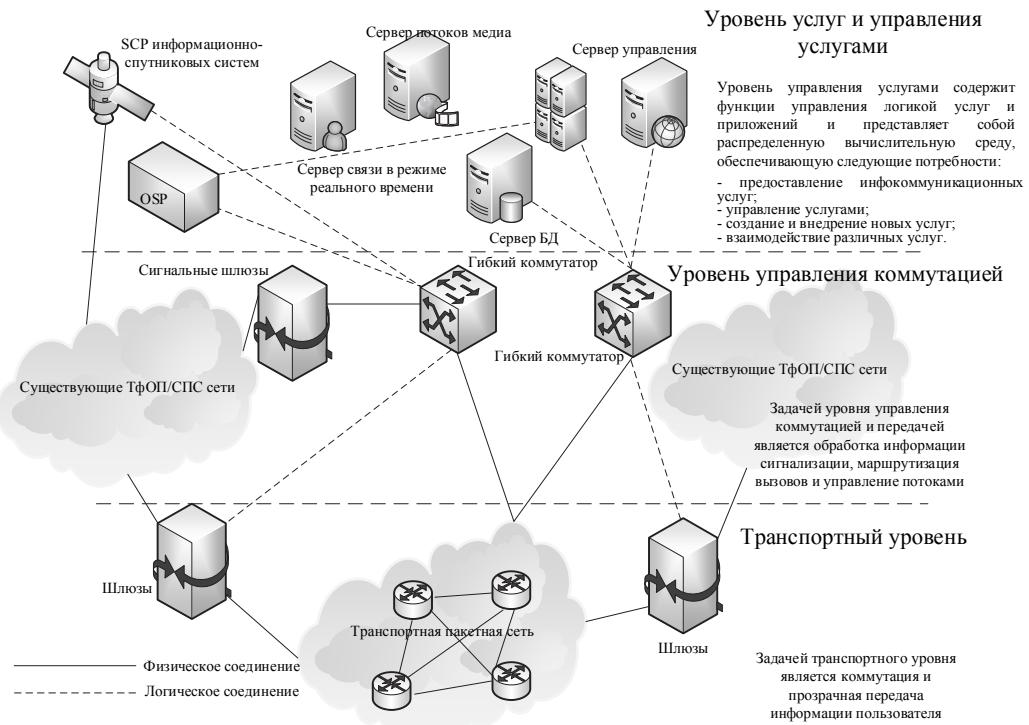


Рис. 5. Обобщенная схема построения сети NGN

Использование в качестве транспортного уровня NGN существующих сетей IP потребует реализации в них дополнительной функции обеспечения качества обслуживания, структурная схема сети NGN приведена на рис. 6.

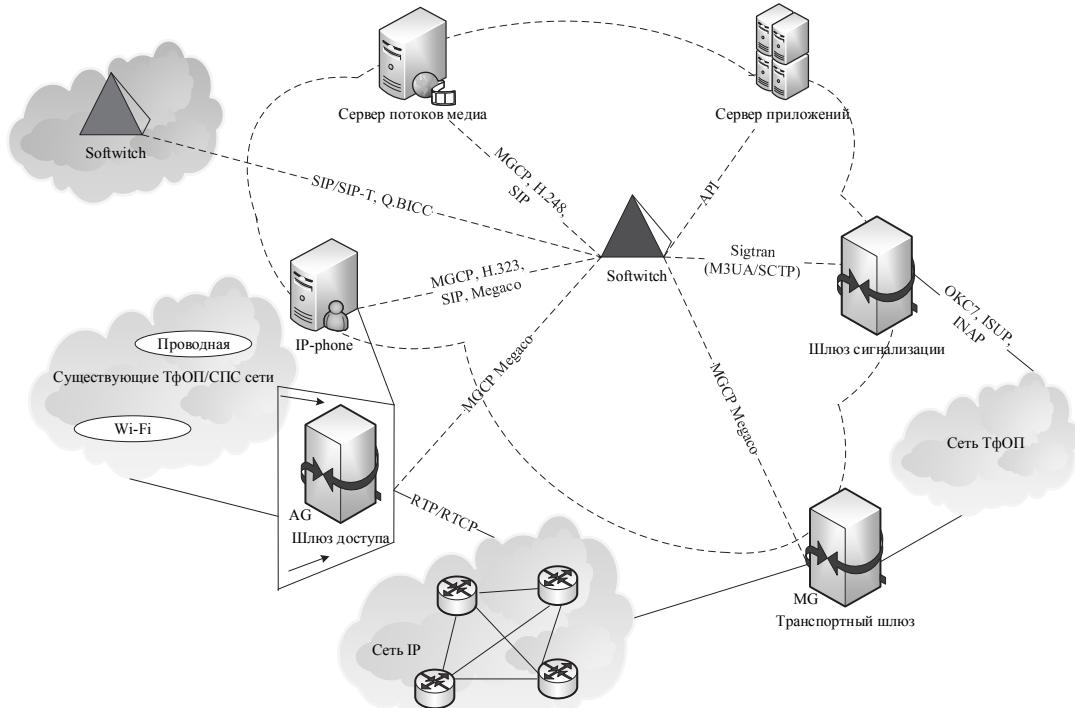


Рис. 6. Структурная схема сети NGN

В случае, если на маршрутизаторе/коммутаторе ATM/IP реализуется функция коммутации под внешним управлением, то в них должна быть реализована функция управления со стороны гибкого коммутатора с реализацией протоколов H.248/MGCP (для IP) или BICC (для ATM). Для передачи информации сигнализации сети ТфОП через пакетную сеть используются специальные протоколы. Так, для передачи информации сигнализации ОКС7, поступающей через сигнальные шлюзы от ТфОП к оборудованию гибкого коммутатора, используется протокол MxUA технологии SIGTRAN (в то же время в ряде реализаций гибкого коммутатора предусмотрен непосредственный ввод сигнализации ОКС7).

Проведенный анализ рис. 6 показал, что сети следующего поколения имеют две парадигмы построения: с использованием либо программных коммутаторов (Softswitch, оборудование конвергентных сетей) и медиашлюзов (MGW), либо программно-аппаратного комплекса – IMS (IP Multimedia Subsystem) – мультимедийная IP-подсистема). Основная задача Softswitch – согласовывать разные протоколы сигнализации как сетей одного типа, например, при сопряжении сетей H.323 и SIP, так и при взаимодействии сетей коммутации каналов с IP-сетями.

Основная задача IMS передавать сигнальный трафик и трафик в канале через IP-уровень, а также выполнять функции маршрутизатора или механизма управления сессиями абонентов с использованием информации об их состоянии.

Базовыми элементами опорной сети архитектуры IMS являются:

– CSCF (Call Session Control Function) – элемент с функциями управления сеансами и маршрутизацией, состоит из трех функциональных блоков:

oP-CSCF (Proxy CSCF) – посредник для взаимодействия с абонентскими терминалами. Основные задачи – аутентификация абонента и формирование учётной записи;

oI-CSCF (Interrogating CSCF) – посредник для взаимодействия с внешними сетями. Основные задачи – определение привилегий внешнего абонента по доступу к услугам, выбор соответствующего сервера приложений и обеспечение доступа к нему;

oS-CSCF (Serving CSCF) – центральный узел сети IMS, обрабатывает все SIP-сообщения, которыми обмениваются оконечные устройства.

– HSS (Home Subscriber Server) – сервер домашних абонентов, является базой пользовательских данных и обеспечивает доступ к индивидуальным данным пользователя, связанными с услугами. В случае если в сети IMS используется несколько серверов HSS, необходимо добавление SLF (Subscriber Locator Function) который занимается поиском HSS с данными конкретного пользователя.

– BGF – элемент, управляющий пересылкой вызовов между доменом коммутации каналов и сетью IMS. Осуществляет маршрутизацию на основе телефонных номеров и выбирает шлюз в домене коммутации каналов, через который сеть IMS будет взаимодействовать с ТфОП или GSM.

– MGCF – управляет транспортными шлюзами.

– MRFC – управляет процессором мультимедиа ресурсов, обеспечивая реализацию таких услуг, как конференцсвязь, оповещение, перекодирование передаваемого сигнала.

5. Основные протоколы обеспечения достоверности и безопасности в сетях NGN. Протоколы, используемые в сетях NGN, можно разделить на несколько классов (рис. 7):

- протоколы передачи пользовательской (мультимедийной) информации – пакетные протоколы стека TCP/IP;
- протоколы сигнализации, используемые для управления и взаимодействия различных узлов сети NGN в процессе обслуживания вызовов;
- служебные протоколы, используемые для различных вспомогательных целей (автентификации и авторизации пользователей, технического обслуживания и др.).

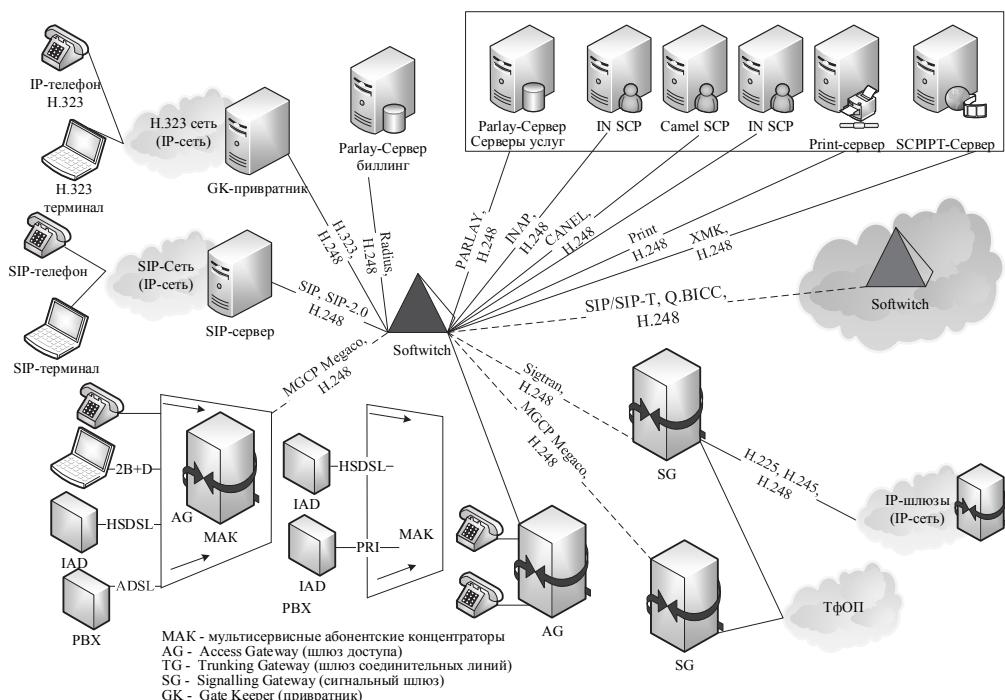


Рис. 7. Основные протоколы, используемые в сетях NGN

Проведенный анализ протоколов сети NGN показал, что для обеспечения достоверности и безопасности данных будут использоваться процедуры протоколов IP-сетей. Для обеспечения безопасности в перспективных сетях предлагается использовать комплексный подход к решению задач обеспечения информационной безопасности, в основе которого лежит необходимость согласования методов обеспечения информационной безопасности для разных компонентов сети NGN, включая данные, услуги и телекоммуникационные протоколы [1]. Специалисты компании Cisco рассматривают безопасность как основной опорный элемент архитектуры IP NGN и одно из наиболее важных требований для надежного предоставления сервисов и обеспечения непрерывности деловой активности [6]. В маршрутизаторах и коммутаторах Cisco предусмотрены встроенные средства обеспечения безопасности, позволяющие защитить и обеспечить надежное функционирование сети провайдера услуг на сетевом уровне. Эти средства – Cisco NetFlow и система обеспечения безопасности

сети Cisco Network Foundation Protection – работают совместно с целью нейтрализации самых распространенных угроз, отражения распространенных атак и обеспечения основных функций безопасности (рис.8).



Рис. 8. Принципы работы Cisco NetFlow

Система Cisco Network Foundation Protection (NFP) входящая в состав программного обеспечения Cisco IOS, обеспечивает защиту сетевых устройств, механизмов маршрутизации и передачи управляющей информации, а также управление трафиком, поступающим на сетевые устройства [6].

Выводы. Проведенный анализ IP-сетей и перспективных сетей нового поколения NGN, показали, что они являются открытыми системами и для обеспечения достоверности, как правило, используются протоколы HDLC, обеспечивающие повторную передачу пакетов (кадров) с ошибками. Для обеспечения безопасности используются криптографические процедуры протоколов IPSec, либо протоколов транспортного уровня SSL (TLS). По мнению специалистов Cisco для обеспечения информационной безопасности при работе в сетевой среде, в которой присутствуют разнотиповые и смешанные угрозы безопасности, необходимо использовать комплексный подход для согласования методов обеспечения информационной безопасности для разных компонентов сети NGN, включая данные, услуги и телекоммуникационные протоколы. Однако применение криптографических средств защиты данных могут приводить к снижению уровня оперативности, что снижает обобщенный показатель качества обслуживания.

Таким образом, перспективным направлением дальнейших исследований является разработка интегрированных механизмов, одновременно обеспечивающих требуемые показатели достоверности и безопасности данных в системах управления бурением морских нефтегазодобывающих сооружений.

REFERENCE

1. Zashhita v setyah NGN. [Elektronny resurs]: – Rezhim dostupa: <https://www.eureca.ru>.
Защита в сетях NGN. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.eureca.ru>.
2. Rzaev H.N. Kompleksna sistema kontrolyu morskikh naftogazovidobuvnih sporud / H. N. Rzaev // Sistemi obrobki informacii. – 2015. – № 4(129). – с. 59 – 63.
Рзаев Х.Н. Комплексна система контролю морських нафтогазовидобувних споруд / Х. Н. Рзаев // Системи обробки інформації. – 2015. – № 4(129). – с. 59 – 63.
3. Korol O.G. Protokoly bezopasnosti telekommunikacionnyh setey / O. G. Korol // Sistemi obrobki informacii. – 2012. – № 6 (104). – с. 113 – 120.
Король О.Г. Протоколы безопасности телекоммуникационных сетей / О. Г. Король // Системи обробки інформації. – 2012. – № 6 (104). – с. 113 – 120.
4. Zhidkov I.V., Kadushkin I.V. O priznakah potencialno opasnyh sobytij v informacionnyh sistemah [Elektronnyj resurs]: – Rezhim dostupa: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-priznakah-potentsialno-opasnyh-sobytiy-v-informatsionnyh>.
Жидков И.В., Кадушкин И.В. О признаках потенциально опасных событий в информационных системах [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-priznakah-potentsialno-opasnyh-sobytiy-v-informatsionnyh>.
5. Prohorov S.A., Fedoseev A.A., Denisov V.F., Ivashhenko A.V. Metody i sredstva proektirovaniya profiley integrirovannyh sistem obespecheniya kompleksnoy bezopasnosti predpriyatiy naukoemkogo mashinostroeniya [Elektronnyj resurs]: – Rezhim dostupa: http://www.ssau.ru/files/resources/sotrudniki/prohorov/13_isokbp.pdf.
Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий научоемкого машиностроения [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://www.ssau.ru/files/resources/sotrudniki/prohorov/13_isokbp.pdf.
6. Bezopasnost IP-setey novogo pokoleniya dlya provayderov uslug [Elektronnyj resurs]: – Rezhim dostupa: http://www.eureca.ru/edu/study/cisco/pdf&att=IP_NGN.pdf.
Безопасность IP-сетей нового поколения для провайдеров услуг [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://www.eureca.ru/edu/study/cisco/pdf&att=IP_NGN.pdf.
7. Standart GOST RV 51987 «Informacionnaya tehnologiya, kompleks standartov na AS. Trebovaniya i pokazateli kachestva funkcionirovaniya informacionnyh sistem» [Elektronnyy resurs]: – Rezhim dostupa: <http://gearletitbit.weebly.com/blog/gost-rv-51987-2002>.
Стандарт ГОСТ РВ 51987 «Информационная технология, комплекс стандартов на АС. Требования и показатели качества функционирования информационных систем» [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://gearletitbit.weebly.com/blog/gost-rv-51987-2002>.
8. Stollings V. Kriptografija i zashhita setej: principy i praktika: per. s angl. / V. Stollings. – 2-e izd. – M.: Izdatelskij dom «Viljams», 2001. – 672 s.

- Столлингс В.** Криптография и защита сетей: принципы и практика: пер. с англ. / В. Столлингс. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 672 с.
9. **Semenov S.G.** Modeli i metody upravlenija setevymi resursami v informacionno-telekommunikacionnyh sistemah: monografiya / S.G. Semenov, A.A. Smirnov, E.V. Meleshko – Harkov: NTU "HPI", 2011. – 212 s.
- Семенов С.Г.** Модели и методы управления сетевыми ресурсами в информационно-телекоммуникационных системах: монография / С.Г. Семенов, А.А. Смирнов, Е.В. Мелешко – Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. – 212 с.

PERSPEKTİV RABİTƏ XİDMƏTİ SİSTEMLƏRİNĐƏ TƏHLÜKƏSİZLİK VƏ HƏQİQİLİK PROTOKOLLARININ ANALİZİ

X.N. RZAYEV, R.A. HƏSƏNOV

Müasir telekommunikasiya sistem və şəbəkələrində informasiya təhlükəsizliyinə əsas təhdidlərin analizi aparılır. Rəqəmli informasiya-telekommunikasiya sistem və şəbəkələrinin inkişafının perspektiv istiqamətləri analiz olunur. Perspektivli rabitə sistemi olan NGN şəbəkələrdə həqiqilik və təhlükəsizliyin təmin olunmasının əsas protokolları araşdırılır.

Açar sözlər: IP-şəbəkə protokolları, təhlükəsizlik, etibarlılıq, NGN-şəbəkə.

ANALYSIS OF SAFETY AND RELIABILITY OF PROTOCOLS IN THE ADVANCED SYSTEMS OF COMMUNICATION SERVICES

X.N. RZAEV, R.A. HASANOV

This article details the key information security threats in the modern telecommunication systems and networks. The prospects for development of the digital information-telecommunication systems and networks analyzed. It considers the basic protocols to ensure the reliability and security of the advanced systems of communications services - NGN networks.

Key words: IP-based network protocols, security, reliability, NGN-network.

VƏZİYYƏT MƏNTİQİNƏ ƏSASLANAN ACH MODELİNİN ƏSASINDA NEVROLOJİ XƏSTƏLİKLƏRİN DİAQNOSTİKASI ÜZRƏ EKSPERT SİSTEMİNİN BİLİK ƏLDƏETMƏ PRİNSİPLƏRİ

A.Ş. AMOOJİ*

İndiyə qədər verilən və istifadə edilən müxtəlif və çeşidli bilik əldəetmə üsulları şəxsi yararlılığı əsasən hazırlanğından bilik əldə etmək üçün bəlli bir üsul mövcud deyildir. Əldə edilmiş bilik üsulu sistemli şəkildə bilik əldə edilməsi sahəsində istifadə edilən digər üsullarla müqayisə edilərək, bu şəkildə onlardan istifadə edilmənin etibarlılığı və onun imkanları dəyərləndirməlidir. İnfomasiya sistemlərinin analitik prosesində belə bir nəticə əldə edilmişdir ki, fərziyyələrin yaradılmasında və qiymətləndirilməsində üç əsas strategiya mövcuddur: birincisi vəziyyət məntiqi, ikincisi isə nəzəriyyənin tətbiqi və üçüncü strategiya da tarixi nümunələrlə müqayisə. Baxılan tədqiqat işində bu üç strategiya açıqlandırılmış, bunların üstünlükleri və zəif nüqtələri qeyd olunmuşdur. Sonda isə vəziyyət məntiqinə əsaslanan ACH modeli vəsítəsilə nevroloji xəstəliklərin diaqnostikası üzrə ekspert sisteminin biliklər bazası təşkil edilir.

Açar sözlər: ekspert sistemləri, bilik əldəetmə, vəziyyət məntiqi, tarixi nümunələrlə müqayisə, fərziyyələrin seçimi.

Giriş. Süni intellekt alımlarının Ekspert Sistemləri adlandırdıqları bu biliyə əsaslanan sistemlər hazırda süni intellektin çox faydalı və tətbiqi bir sahəsi olub, mütəxəssislərə arxalanır və onların ixtisasını kompüterin diqqəti ilə birləşdirərək qərarların dəqiqliyini yüksəldir [10]. Ötən 25 ildə bilik əldə etmək üçün müxtəlif üsullar yaradılmışdır ki, bunlara misal olaraq müsahibə, təfsir, hekayə danışmaq (story telling), müşahidə, prosesin izlənməsi, protokolların təhlili, konseptual xəritə (concept Mapping), tapşırıq domainının analizi (Task Domain Analysis), kritiki qərar qəbuletmə üsulu (critical Decision Method), ssenari və s. adını çəkmək olar [6].

Məsələnin qoyuluşu. “Bilik əldəetmə” termini ekspert sistem ekspertləri tərəfindən yaradılmışdır. Bilik əldəetmə xüsusi bir sahədə mövcud olan problemlərin həlli üçün həmin sahə üzrə biliyin əldə edilməsidir. Yeni ekspert sistemlərinin bütünlükdə bilik əldə edilməsi sistemin genişlənməsi, xüsusilə də mürəkkəblik və qeyri-müəyyənliklə mübarizə üçün, ən mühüm mərhələlərdən biridir [1]. Bilik əldə edilməsində biliyin köşf edilib çıxarılması baş verir. Bilik mühəndisi bilməlidir ki, bilik harada və hansı mütəxəssisin zehnindədir? yaxud nəzərdə tutulan mütəxəssis hansı biliklərə malikdir? sonra isə biliyi mütəxəssisin zehnindən necə çıxarmaq olar? [3]. Nəzərdə tutulan məsələsi ilə bağlı nevrologiya tibb cəmiyyəti mütəxəssislərinin çoxşaxəli olması ilə bağlı ən böyük problemlə qarşı-qarşıyayıq və xəstəliyin sürətli müyyənləşdirilməsi üçün nadir hallarda sübutlar və simptomlar alınır və adətən, iki və ya bir neçə xəstəlik müəyyən əlamətlər və simptomlar üçün təqdim edilir ki, bilik mühəndisi onlardan

* Peyamenur mianeh universiteti, Təbriz, İran

birini digərlərinə nisbətən tərcih etməli və seçməlidir. Bu problem xüsusiilə nevroloji xəstəliklər bir-birinə hədsiz yaxın olduğundan və tibb cəmiyyəti bununla bağlı konsensusa malik olmadığından bir neçə qat çətinləşir. Əlbəttə, haqqında bəhs edilən üsullardan heç biri ayrı-ayrılıqlıda qeyd edilən xüsusiyyətləri əhatə edə bilmədiyindən qarışq (sintetik) üsul müvəffəqiyyətli bir bilik əldəetmə üçün yaxşı bir təklif ola bilər [10].

Bütövlükdə yaxşı bilik əldə etmənin xüsusiyyətləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- 1 – ekspert olmayan fərdlər də əldə edilmiş biliyi qavraya bilər;
- 2 – əldə edilmiş bilik ekspertin ekspertlik informasiya üzərində mərkəzləşmişdir;
- 3 – ekspertin gizli və dərin biliyini alır;
- 4 – bir neçə ekspertdən çıxarılmış biliyi bəlli bir sahədə tətbiq edə bilər;
- 5 – çıxarılmış biliyin etibarlığını qiymətləndirə və saxlaya bilər [5].

Məqsədəuyğun fərziyyənin seçim strategiyaları. Hökmverməyə əsasən, belə tərif verilir: “Aşkar reallığın əlcətanlığına imkan olmadığı halda, nişanələr və ehtimallar əsasında qərar qəbuletmə, yaxud nəticə çıxartma”. İformasiya sistemlərində fərz edilir ki, qərar qəbuletmə fəzəsi (domain) mübhəm və qeyri-müəyyən olub, aydın və kifayət qədər informasiya yoxdur [2]. Fərziyyələrin yaradılmasında və qiymətləndirməsində üç əsas strategiya vardır ki, biz burada bunları açıqlandırmalıyıq: vəziyyət məntiqi, nəzəriyyələrinin tətbiqi və tarixi nümunələrlə müqayisə.

Vəziyyət məntiqi. Vəziyyət məntiqi təzyiq və stress şəraitində və etibarlı informasiya olmadıqda qərar qəbuletmə və hökmvermə məqsədilə istifadə edilir. Bu məntiqə əsaslanan bir hökmvermə və qərar qəbuletmədə ilkin vəziyyət intellektdə yer aldıqdan sonra haqqında bəhs etdiyimiz vəziyyətlə ziddiyət təşkil edən sübutlar və baxışlar (onları təsdiq edənlər) axtarılır, belə ziddiyətli baxışlar tapıldığı halda seçilmiş vəziyyətin göstərilməsi o deməkdir ki, haqqında bəhs etdiyimiz vəziyyət nəzərdə tutulmuş sübutlar əsasında qeyd edilən hadisələrin bəraət qazancı üçün bərpa olunur. Vəziyyət məntiqinə əsaslanan üsulun seçilməsinə baxma-yaraq, nəzəriyyə və müqayisəyə əsaslanan üsullar da bütövlükdə inkar edilmir[7]. Əvvəlcə zehndəki inkar edən hadisə sübutlarını kəşf edən namızəd, yaxud təyin olunmuş vəziyyət onun ardınca baş verir. Bu bəyanetmədən sonra bu sübut bir vəziyyətin bərpası demək olan bir vəziyyətdə (bu hadisə, ya sübut əsasında vəziyyətin düzəlişi) baş verir.

Bu elmi Barvais və Peri öz məqalələrində 1981-ci ildə keşf etmiş və dünya ictimaiyyətinə tanıtmış, sonra Dolin öz kitabında onu təkmilləşdirmişdir. Əvvəlcə onlar insan vasitəsilə vəziyyət məlumatlandırmasından bəhs edirdilər, lakin tədricən Kokar və b. kimi fərdlər tərəfindən bu elm kibernetika elmlərindən birinə çevrilmişdir. Belə ki, Kokar özünün məqalələrində birində kompyuter vasitəsilə Situation Awardness-dən istifadə modelini vermişdir. Məsələ, Amerika-Koreya müharibəsinə qayıdır ki, orada amerika təyyarəçiləri müharibə üçün düşmən sahəsi haqqında informasiyaya malik olmalı idi. Hər bir təyyarəçi düşmənə zərbə endirmək üçün onun hüdudlarına daxil olmalı idi və bunun üçün də mövcud vəziyyət və düşmənlə bağlı informasiyaya malik olmaq zəruri idi. Bəzi vaxtlar təyyarəçi öz mövqeyi ilə bağlı məlumatı əldən verirdi ki, bu da “Awareness Situation” (vəziyyət məlumatlandırılması) adlı yeni bir elmin əsasının qoyulmasına səbəb oldu [8].

İformasiya analitiklərinin informasiya sistemlərindəki ən işlek üsulu sayılan bu strategiya fərziyyələrin yaradılması və analizi gedişində bir neçə oxşar halları əhatə edən ümumi hökmlərdən başlamaq yerinə, əvvəlcə mövcud vəziyyətdəki obyektiv və maddi ele-

mentlərə müraciət edirlər. Mövcud vəziyyət misilsiz və özünəməxsus sayıldığından onun identifikasiyası üçün onu oxşar hadisələrin nümunələri hesab etmək yerinə, onun özünəməxsus məntiqindən istifadə etmək lazımdır[9]. Analitik o halda keçmişə müraciət etməklə mövcud vəziyyətin səbəbləri və əslərləri, yaxud irəliyə doğru hərəkət etməklə gələcək nəticələr haqqında fikir söyləyə bilər. Vəziyyət məntiqi adətən, əlaqələri, nöqsanlı səbəblərin, yaxud məqsədöyünlü davranışların araşdırılması zamanı, vasitələr və hədəflər arasındaki əlaqəni kəşf etməyə çalışır. Vəziyyət məntiqinin əsas üstünlüklerindən biri mövzuya aid olan xirdalıqların hədsiz böyük bir həcmnin koordinasiyası və vəhdətindəki fövqəladə qabiliyyəti və imkanlarıdır. Hər bir vəziyyəti, hər nə qədər özünəməxsus olmasına baxmayaraq, bu yolla analiz etmək mümkündür. Vəziyyət məntiqindən istifadə etmənin ən mühüm üstünlüklerindən biri də müxtəlif fizika, informasiya və koqnitiv səviyyələrini əhatə edən kütləvi bir hesablamadan verilməsidir [7]. Çoxsaylı qərar qəbuletmə və hökmvermə üsullarının olmasına baxmayaraq, vəziyyət məntiqi təyinə, bərpaya və vəziyyət proqnoza əsaslanan təbii qərar qəbuletmə üsulunda əsas alqoritmdir.

Vəziyyət məntiqi bir analitik strategiya məqamında iki zəif nöqtəyə də malikdir. Bunlardan biri müdirlərin zehni proseslərinin koqnitivliyinin olduqca çətin olmasına, ikinci zəif nöqtə ondan ibarətdir ki, vəziyyət məntiqi oxşar hadisələrin araşdırılmasından əldə edilən nəzəri bilikləri digər xarakteristikalarla bağlı (heç olmasa hökmvermə və qərar qəbuletmə prosesinin başlangıcında, yaxud digər zaman mərhələlərində) informasiya sistemlərində istifadə etməyə qadir deyildir. İformasiya sistemləri analitiki tərəfindən vəziyyət məntiqinin belə məsələlərə tətbiq edilməsi onu müxtəlif siyasi, ictimai və iqtisadi qrupların araşdırılmasına doğru yönəldəcəkdir ki, bu sıradə mənafeləri təhlükə qarşısındadır [10].

Nəzəriyyələrin tətbiqi. “Nəzəriyyə” universitet termini olub, informasiya cəmiyyətində o qədər də geniş yayılmamasına baxmayaraq, analiz hökmündən bəhs edilən bütün mövzularda ondan istifadə etməmək qeyri-mümkündür. “Nəzəri” elə bir termindir ki, onun geniş yayılmış mənalarından biri “qeyri-elmi” və “qeyri-obyektiv” deməkdir, lakin hazırda müxtəlif domainlar və sahələrdə tamamilə fərqli bir mənada istifadə edildiyi aydın görünür. Elmi cəhətdən nəzəriyyə ümumi bir hökm olub, bir fenomenin müxtəlif nümunələrinin araşdırılması əsasında verilir [7]. Nəzəriyyələrin tətbiqi informasiyanın analizində üstünlükərə və mənfi cəhətlərə malikdir. Onun üstün cəhətlərindən biri budur ki, daha az fikirləşməyə səbəb olur və nəzəriyyə bir məsələnin əsas elementlərini müəyyən etməklə, analitikə çoxsaylı dəyişikliklərin o tərəfini görməyə və səthi tendensiyaları əhəmiyyətli tendensiyalardan fərqləndirməyə imkan verir və hazırlı əldə kifayət qədər obyektiv və maddi sübutları olmayan gələcək dəyişiklikləri proqnozlaşdırır. Buna görə də hamının qəbul etdiyi bir nəzəri teoremi istifadə etmək analitikə hələlik əsaslı sübutların əldə olmadığı nəticələri proqnozlaşdırmağa kömək edir. Bu nəzəri analiz real dünya məsələləri ilə bağlı mühüm üstünlüklerindən biridir. Bunlarla yanaşı bu strategiyanın mənfi cəhəti budur ki, nəzəri teoremlər əksər hallarda dəyişikliklərin proqnozlaşdırılmasına imkan verən bir zaman çərçivəsinin müəyyən edilməsində gücsüzdür [5].

Tarixi nümunələrlə müqayisə. İformasiya sistemlərində mövcud olan informasiya hüdudlarını keçmək üçün mövcud olan üçüncü üsul müqayisədir. Bu üsulda analitik mövcud hadisələri onların tarixi nümunələri və ya digər sahələrdəki oxşar hadisərlər müqayisə etməklə bu hadisələrin koqnitivliyinə çatmağa səy göstərilir. Ontologiya müqayisənin formalarından

biridir. Bir tarixi vəziyyət hazırlı şəraitlə müqayisə edilərkən, analitik özünün koqnitivliyindəki mövcud boşluğu doldurmaq üçün şəbəkənin hazırlı vəziyyətini tarixi nümunələrə nisbətdəki koqnitivliyindən istifadə etməklə doldurur və indiki zamanın qeyri-koqnitiv elementlərini məntiqin tarixi nümunələrinin koqnitiv olmuş elementləri ilə müqayisə edir. Beləliklə, analitiklərin arqumentləri belə olacaqdır ki, hazırda da bu güclər fəaliyyət göstərir, hazırlı vəziyyətin nəticəsi böyük ehtimalla, həmin tarixi vəziyyətə oxşar olacaqdır və keçmişdə alınmış nəticələrin yenidən aşkar çıxmışının qarşısını almaq üçün xüsusi siyasetin seçilməsi zəruridir. Onun nəzəri analizdən fərqi bundan ibarətdir ki, bu konseptual model çoxsaylı hallar yerinə bir vahid hala, yaxud barmaqla sayila bilən bir neçə hala əsaslanır. Əlbəttə, nəzəriyyədən nəzəriyyə yaradılmasında da istifadə etmək mümkün olsa da bu növ nəzəriyyə yaratmaq digər növlərə nisbətən daha çox məhdudiyyətlərə malikdir [2]. Tanış olmayan hadisələrin tanış olan hadisələrlə müqayisəsi koqnitivliyin əlcətanlığını asanlaşdırır. Mövcud vəziyyətin koqnitivliyi üçün lazımlı olan verilənlər olmadiqda müqayisə vasitəsilə arqument yeganə həll yolu olsa da bu üsulu seçən hər kəs mühüm bir məsələ ilə bağlı biliyə də malik olmalıdır ki, bu da bu üsulun xəta imkanlarındanandır. Problem iki vəziyyətin yüz faiz bir-biri ilə müqayisə edilə biləcəyini düşünməklə başlayır və təsəvvür etmək olar ki, bu ikisi bəzi cəhətlərdən bir-biri ilə eyni olduğundan digər bütün cəhətlərdən də eyni olacaq və mövcud vəziyyət də eyni nəticəyə, yaxud tarixi vəziyyətin nəticəsinə oxşar olacaqdır. Bütün bunlarla birlikdə hətta ən yaxşı şəraitdə belə vahid analoq bir vəziyyətə əsaslanan nəticələrin xəta ehtimalı nəticələrin digər növlərindən daha çoxdur. Müqayisəli analizin ən effektiv təyinatı fərziyyə səviyyəsində və fərqlərin qabarıqlaşdırılmasındadır, nəticələr alınmasında deyil [5].

Biliyin düzgün əldə edilməsi üçün alternativ fərziyyələrin analizi. Əsasən, alternativ fərziyyələrin analizi yaxud (ACH-Analysis of Competing Hypotheses) modeli və ya hər hansı başqa üsulun mütləq düzgün cavaba gətirib çıxaracağına heç bir qarantiya yoxdur, işin nəticəsi hələ də hökmvermədən asılıdır və onda xəta ehtimalı vardır. Bu üsul tədqiqatçıları bəzi ümumi analiz problemlərindən uzaq olan məntiqi və sistemli bir prosesin gedişinə gətirib çıxarıır. Bu üsul düzgün bir cavab əldə etmək ehtimalını artırmaqla yanaşı, bir yoxlama da yaradır və bu da məsələnin analiz və diaqnostikasında istifadə edilən sübutları və onların şərhinin necəliyini göstərir [4]. ACH modeli proqnozlaşdırma prosesində istifadə edilən informasiya analizinin yolu üstündəki mövcud koqnitiv məhdudiyyətlərə qələbə çalaraq, istifadəçiyə kritik hallarda ən yaxşı qərar qəbuletməyə kömək edir. Səkkiz əsas mərhələdən ibarət olan bu üsulun əsasında qərar qəbuletmənin analizi, koqnitiv psixologiya prinsipi və ən optimal qərar qəbuletmələrin diaqnostikasındaki fantastik nəticələr durur və analitikləri geniş yayılmış mürəkkəb elmi təhlillərin tələsindən xilas edir. Bu üsulda analitik məsələnin həlli istiqamətindəki bütün mümkün fərziyyələri identifikasiya edərək, onları bir-biri ilə rəqabətə məcbur edir. Son olaraq analitikin nəzərdə tutduğu və ehtimalı nəticə əldə ediləcəkdir. Əlbəttə, bu arada təəssüf ki, bəzən analitikləri o qədər də düzgün olmayan qərar qəbuletməyə gətirib çıxaran bir nöqtə də mövcuddur. Bu da ondan ibarətdir ki, bəzən mövcud sübutlar başqa fərziyyələrin isbatı üçün də uyğun gəlir və konsistent olur. Tədqiqatçıların fikrincə insanların zehni eyni zamanda hər birinin çoxsaylı isbatedici sübutlara da malik olduğu ancaq 3-5, maksimum 7 fərziyyəni özünün aktiv yaddaşında saxlayıb, onları analiz edə bilir [6]. Alternativ fərziyyələrin analizinin səkkiz mərhələləri aşağıda göstərilir ki, ardıcılıqla icra olunmalıdır:

- 1 – Mümkün fərziyyələrin identifikasiyası. Belə ki, heç bir fərziyyə diqqət mərkəzindən kənarda qalmasın.
- 2 – Hər bir fərziyyənin müvafiq və müxalif sübutlarının hazırlanması.
- 3 – Sübutların (xəstəliyin əlamət və simptomlarının) bir fərziyyənin isbatına təsir etmə dərəcəsinin qimətləndirməsi.
- 4 – Sübutların normallaşdırılması və dəyəri olmayan sübutların ləğv edilməsi.
- 5 – Hər fərziyyənin nisbi ehtimalının hesablanması və müvəqqəti qiymətləndirilməsi.
- 6 – Fərziyyələrdən yüksək effektivliyi olanı seçib, onun dəyərinin müəyyən edilməsi.
- 7 – Nəticələrin hesabatının verilməsi. Hesabatda bütün mövcud fərziyyələrin nisbi ehtimalı verilməlidir.
- 8 – Gələcək işlərdə istifadə etmək üçün analizin dönüş nöqtəsinin identifikasiyası [9].

ACH modelinin əsasında nevroloji xəstəliklərin diaqnostikası üzrə ekspert sisteminin biliklər bazasının təşkil edilməsi. Baxılan biliklər bazasının etibarlılığının artmasına görə ACH modelinin bütün səkkiz mərhələsini ardıcılıqla keçiririk.

Birinci mərhələ: təklif olunan ekspert sistemində xəstəlik və onun əlamətləri haqqında informasiya toplamaq üçün müxtəlif mütəxəssislərin fikirlərindən istifadə olunmuşdur. Bu məsələ fərziyyələrin zənginliyinə, müxtəlifliyinə və çoxçəşidliliyinə imkan verir. Bir mütəxəssisin zehnindən əldə edilmiş fərziyyələrin doğruluğunun məhdudluğunu diaqnostikada səhv'lərə səbəb ola bilər, əksinə müxtəlif mütəxəssislərin zehninin nəticələri ekspert sisteminin etibarlı biliklər bazasının yaradılmasını qaranti edir. Fərziyyələrin sayısının (xəstəliklərin növlərinin) çox olduğundan onlardan bəzilərini bir-biri ilə birləşdirmişik. Məsələn, 14 növ epilepsiya xəstəliyi 3 növə azalmışdır.

İkinci mərhələ: bu mərhələdə fərziyyə (müəyyən xəstəlik) ilə bağlı sübutlar, əlamətlər və arqumentlərin siyahısı hazırlanır. Bu əlamət və sübutlar düzgün bir hökmverməyə (xəstəliyin diaqnostikasına) bizi kifayət qədər qane etməlidir. Əvvəlcə ümumi sübutların və əlamətlərin, sonra isə daha cüzi sübutların siyahısı hazırlanmalıdır. Bu əlamətlərin toplanılması üçün zəngin təcrübələr (mütəxəssis nevropatoloq mütəxəssislər), nevroloji tədqiqat mərkəzlərinin kitabları və etibarlı saytlardan istifadə edilmişdir.

Üçüncü mərhələ: sübutlar və əlamətlərin diaqnostika tutumunun dəyərləndirmə mərhələsi. Xəstəliklərin hər bir sübut və əlamətləri bu sübut və əlamətlərin nəzərdə tutulan fərziyyənin (bir xəstəliyin başvermə ehtimalı) isbatına təsir səviyyəsini göstərən xüsusi bir impakt faktora malikdir. Bu koefisientlərin müəyyən edilməsi ekspertlərin və digər orijinal mənbələrin təcrübələrindən istifadə etməklə əldə edilmişdir. Bu mərhələ alternativ fərziyyələrin analizinin ən mühüm hissəsindən biri olub, ona diqqət edilməməsi, yaxud yalnız olması ehtimalı vardır. Əsasən, hökmvermə yüksək diaqnostik dəyərə malik olan sübutlar əsasında aparılır və sonrakı mərhələlərdə normallaşdırılmalar həmin diaqnostika tutumu əsasında aparılacaqdır.

Dördüncü mərhələ: xəstəlik növlərinin yenidən araşdırılması, xəstəliklərin yenidən dəyərləndirilməsi və diaqnostik tutuma malik olmayan sübutlar və əlamətlərin ləğv edilməsi. Bu mərhələyə qədər biz hər bir xəstəlik üçün əlamət kateqoriyalarının şahidi olmuşuq. Bu mərhələdə diaqnostik dəyəri, sıfır yaxın olan bu əlamətlərdən bəzilərini ləğv edib, normallaşdırma aparır, digər tərəfdən fərziyyələrin siyahısını (xəstəliklərin adlarını) yenidən nəzərdən keçirməklə mümkün qədər onlardan daha az fərqə malik olanları, bir xəstəlik növündə birləşdirib,

sintez edirik ki, bu da xəstəliklərin əlamət və sübutları üzərində yenidən araşdırılmasına səbəb olur.

Beşinci mərhələ: müvəqqəti nəticələrin seçilməsi və xəstəliklərin müvəqqəti sübutları və əlamətlərinin qeydə alınması. Burada sübutları isbat etmək yerinə onları ləğv etməyə səy göstərilir. Üçüncü mərhələdə bizim matrisada hərəkətimiz eninə doğru idi və orada bir sübut, yaxud fərdi mühakimə diqqət mərkəzində idi və onun xəstəliyinin diaqnostikası əlaqəsinin necəliyi diqqətə alınmışdır. Lakin bu mərhələdə növbə uzununa hərəkət etməyə və hər bir xəstəliyi ümumi ölçülərdə nəzərdə tutmağa çatmışdır. Belə ki, bütün fərziyyələri bir-biri ilə müqayisə etmək və onları bir-biri ilə rəqabətə məcbur etmək, eləcə də əmələ gəlmış bu rəqabətdən müvəqqəti nəticələr almaq üçün yararlanmaq olar.

Altıncı mərhələ: alınmış nəticələrin dəyərləndirilməsi və hər hansı şübhə və qeyri-müəyyənlikdən qaçmaq üçün xəstəliklərin hər bir növünün əlamətlərinin yenidən araşdırılması. Üçüncü mərhələdə yüksək diaqnostika dəyərinə malik olan sübut və arqumentləri identifikasiya etdi. Beşinci mərhələdə isə əldə edilənlərdən müvəqqəti hökmvermələr üçün istifadə etdi. Bu mərhələdə xəstəlik növünün analizinin nəticəsində mühüm rolu olan aparıcı sübutları yenidən gözdən keçirməklə onları sual altına alırıq.

Yeddinci mərhələ: alınmış nəticələrin hesabatı və xəstəliklərin bütün sübut və əlamətlərinin araşdırılması. Belə ki, analiz hökmvermələri heç vaxt qəti olmadığından və həmişə onlarda səhv ehtimalı olduğundan yüksək və aşağı diaqnostik tutuma malik bütün sübutlar yenidən nəzərdən keçirilsin. Əlbəttə, bu mərhələdə bütün seçimlər, əlamətlər və sübutların araşdırılması seçimlərin həcmiin artırması və hökmvermənin əsası olan arqument gücünü azaltması kimi bir nöqsan da vardır.

Səkkizinci mərhələ: sonrakı tədqiqat işləri üçün qalmış dönüş nöqtəsi və potensialların identifikasiyası. Əsasən hər hansı analitik nəticəalma müvəqqəti olub, dəyişə bilər, yaxud yeni alınmış informasiyaların dəyərləndirməsini dəyişdirə bilər.

Nəticə. Hazırkı layihədə fərziyyələrin analizi üçün informasiyanın qeyri-müəyyənliyi və onun tam olmaması səbəbilə nəzəriyyələrin tətbiqi, tarixi nümunələrlə müqayisə və vəziyyət məntiqinə əsaslanan üç strategiya arasında üçüncü üslul olduqca effektivdir, həmçinin informasiya cəmiyyəti də vəziyyət məntiqini digər nəzəriyyələrdən daha çox qiymətləndirir. Nevroloji xəstəliklərinin diaqnostikası üzrə ekspert sisteminin biliklərinin düzgün əldəetməsi üçün vəziyyət məntiqi strategiyası ən məsləhətli görülmüşdür. Bu istiqamətdə vəziyyət məntiqinin realizə edilməsi ACH modelinin vasitəsilə əlverişli görünmüş, işə çəkilmişdir. ACH modelinin əsasında əldə edilmiş biliklər belə göstərdi ki, nevroloji sahəsində 34 xəstəlik mövcuddur ki, 5 qrupda yerləşirlər və bu qrupların hər birisi 2-dən 7-yə qədər xəstəlikləri öz alt çoxluğunda yerləşdirir. Bu xəstəliklərin hər birinin 10-a yaxın əlamətləri vardır ki, bu əlamətlərin bir neçəsi 2,3, xəstəliklərdə eynidir. Amma burada xəstəliyin özinəməxsus bir sıra əlamətləri də varıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu tədqiqatda əldə edilmiş biliklər bu ana qədər ən ehtimalı seçimdir. Lakin hər an fərziyyələrdən bəziləri (xəstəliklərin növləri) yeni sübutlarla (xəstəliklərin əlamətlərilə) rədd edilə bilər, yaxud yeni fərziyyələr (yeni xəstəlik növləri) sübut oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. **Bruce P.** Car Wars: The birth of Expert System // AI Expert, 2008, v.12, No 4, pp.60-64
2. **Donald A.** A guide to Expert system. Boston: Addison Wesley, 1996, 242p
3. **Kərimov S.Q.** Ekspert sistemləri. Bakı: Çəşioğlu, 2004, 175s.
4. **Quillian M.** Semantic Memory in Semantic Information Processing // The MIT Press, 1998, v.22, No 12, pp.227-270
5. **Manuela M., Tavares A., Simoes R.** Development in E-health and Telemedicine. London: PLT pub, 2008, 275p.
6. **Marcus S.** Automatic Knowledge Acquisition for Expert Systems. Alphen den Rijn: kluwer, 1998, 212p.
7. **Meyer M., Booker J.** Eliciting and Analyzing Expert judgment. San Diego: Academic Press, 2009, 425p.
8. **Patrick H.** Artificial Intelligence. Boston: Addison-Wesley, 2008, 214p.
9. **Polat K., Yosunkaya S., Gunes S.** Pairwise anfis approach to determining the disorder degree of obstructive sleep apnea syndrome // Journal of Med System, 2008, v.32, No 5, pp. 379-384
10. **Reggia J.** Adjuctive inference in Proc of Expert System in Government Symposium // IEEE Press, 2005, v.27, No 4, pp.484-489

PRINCIPLES OF EXPERT SYSTEM KNOWLEDGE MANAGEMENT FOR DIAGNOSIS OF NEUROLOGICAL DISEASES USING THE SITUATION LOGIC AND ACH MODELING

A. Sh. AMOOJI

Since the various applied knowledge management methods are developed on the concept of personal benefit, there is no a specific method to obtain knowledge. The proposed method of the knowledge acquisition requires a systematic comparison with other existing methods, as their reliabilities and capabilities can only be assessed in such manner. The conclusion is formed through the analysis of information systems, that there are three main strategies in the creation and evaluation of hypothesis: the logics behind any situation, the application of theory and the comparison with existing historical strategy patterns. The research paper examines all three strategies by indicating their priorities and limitations. Based on the logics of situation, the ACH models creates the knowledge database for the expert systems to diagnose neurological diseases.

Key words: *expert systems, knowledge acquisition, situation logics, comparison with historical instances, choice of hypothesis.*

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ АЧ, ОСНОВАННОЙ НА ЛОГИКЕ СИТУАЦИИ

А.Ш. АМУДЖИ

Так как используемые различные методы управления знаниями подготовлены на основе личных выгод, определенного метода для приобретения знаний не существует. Предлагаемый метод приобретения знаний нуждается в систематическом сравнении с другими существующими методами в области приобретения знаний, так как их надежность в использовании и их возможности должны оцениваться лишь таким образом. В аналитическом процессе информационных систем получен вывод, что при создании и оценке гипотезы существуют три основных стратегии: логика ситуации, применение теории и сравнение с историческими образцами в стратегии. В рассматриваемой исследовательской работе разъясняются все три стратегии, указываются их приоритеты и недостатки. С помощью модели АЧ, основанной на логике ситуации, создается база знаний экспертных систем для диагностики неврологических заболеваний.

Ключевые слова: *экспертные системы, приобретение знаний, логика ситуации, сравнение с историческими образцами, выбор гипотез.*

THE EFFECTS OF FLOODS ON THE ECOLOGICAL STATE OF SOILS BASED OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

A.T. AGHAYEV*, A.I. ISMAYILOV*, T.I. SULEYMANOV*

When talking about environmental the impact of floods, ecological state of soils are considered as one of the main problems. As we know, unlike other factors, a long time and large amounts of funding are required to remove the harmful effects on soil. For that reason, studying the flood impacts on the ecological state of soil and predicting future effects remain one of the most urgent problems. One of the most modern methods to implement such studies are Remote Sensing (RS) and Geographical Information Systems (GIS) techniques, which are examined in this article. The Azerbaijan soil affected by the Kura River flooding in 2010 was selected as the study object and the flood environmental impact on soil was investigated through RS and GIS methods. Changes in the fertility indicators and the physical properties of the affected soils were identified. The applied modern technologies allowed not only to determine the changes in soil indicators by soil profiles, but also to map the soil-environmental conditions through GIS technologies. As it can be seen from the study results, the suggested approach is valuable not only in finding out the damages to the soil-eco environment, but also has scientific and practical significance in predicting and planning.

Key words: *soil-environment condition, floods, Geographical Information Systems (GIS),
Remote Sensing (RS), the Kura River.*

Introduction. As we know from scientific publications, since the beginning of XIX century, drastic changes occurred in the water modes of many rivers in connection with climate changes, especially global warming (according to the records from 1860th till nowadays, global warming has increased between 0,5÷0,8 degree), and now this process is ongoing. According to water discharges, basically two rivers-the Kura and Aras rivers play main role in the territory of Azerbaijan. Both rivers create flood threat during the shallow period. Flood disaster and flood events in Azerbaijan occur mainly in rainy season, i.e, spring (April and May) and autumn (September and October) months. Floods mostly occur in the downstream of the Kura river, because those areas consist of plains, locate below the sea level and have little slope degree. When the slope is less, there is often sediment transport within the water flow which is deposited downstream [1]. In these cases, the flood-deposited sediment provides an incoming source of both mineral and organic material, each containing nutrients, and of course plant propagules, i.e. seeds and vegetative fragments [2].

When flooding occurs there is a large flow of water, usually resulting from heavy rain within the upstream catchment, and the effects can be severe, changing the river topography [3,

* National Aviation Academy

4, 5, 6]. We witnessed this result in 2010 flooding. Heavy rains and increasing water level in the Kura-Aras rivers were the reason of 2010 flooding. It should be considered that, increasing of water level was not only the reason for the flooding [7, 8, 9]. Location of Kura-Aras lowlands considerably below the sea level, especially, the lack of slope in necessary extent for the flow in the mouth of the Kura river creates certain stagnation, which ultimately leads to silt up and weakening of the water flow capacity of the river course. In this case, increasing of water discharge in the river during spring and autumn seasons causes flooding. Environmentally, the most damage falls to soil in flooded areas. Studying conditions pre and post flooding, then comparison of obtained results are required for the finding out changes in the ecological state of soils. Though conducting of this work with traditional methods is time consuming and labor-intensive, but it does not always lead to the correct results. Therefore, for this purpose, up-to-date methods and approaches are used in leading countries during last decades and the most widespread of them are GIS and RS techniques. Such approach is very relevant in terms of ensuring efficiency and accuracy by saving time and money (materials). Though a lot of studies were conducted in flooded zone of the Kura river [10], none one them were used the capabilities of modern information technologies so far.

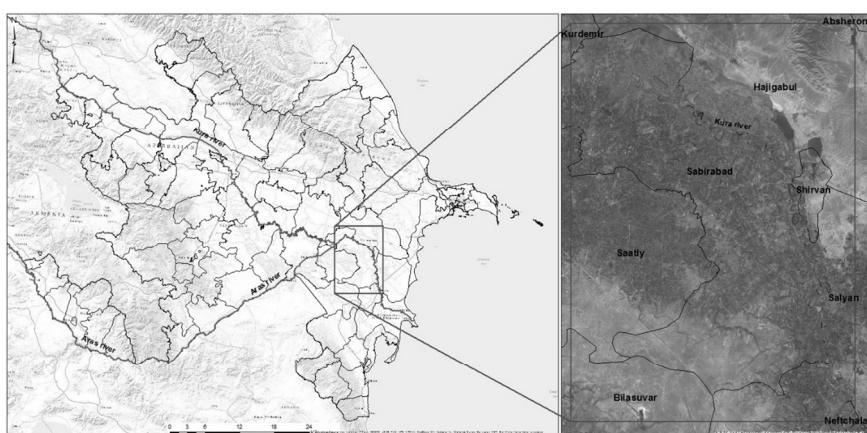


Figure 1. The study site

abovementioned region as study area can be considered typical for the purpose of the study. The main objective of the study was determining of changes in the soil of this territory after the flooding with the use of RS and GIS technologies.

Sabirabad region is bordered by Hajigabul region in the north, Salyan and Bilasuvar regions in the east and south, Saatly region in the west, Kurdamir and Imishli regions in the north-west. The total area of the region is 146940 ha. The population of the region is engaged in agricultural products: fruits, pomegranates, vegetables, wheat, and livestock farming. Processing of agricultural products and production of construction materials are also exist in the region. The land spread in region was distributed among state, municipal and private property. The landscape of the region is mainly consists of plains. The total slope of the plain is in direction of the south-east and too slight to be observed. The impacts of the Kura and Aras rivers in the formation of the modern relief are clearly visible. Thus the Kura joins to the Aras

The objective of the study. Flooded areas in 2010 were selected for the study site (*Fig. 1*). As known, at that time territories of some regions of Azerbaijan were subject to the flooding and Sabirabad region was almost the center of the flooding. In this point of view, selection of the soil of

river in the territory of the region. The climate of the region belongs to moderate arid summer, semi arid and dry steppe climate type. This climate type is characterized by very little and weak humidity, mild winter and dry hot summer. The most the coldest months are January and February, and the hottest months are July and August for this region. The summer in the region pasts hot and dry, which affect badly to vegetation cover and soil formation process. Annual temperature of the region varies between 18,0÷26,5°C. Hallofit, xerophytes, ephemeral and hydrophilic plants are widespread in the region.

Materials and methods. Freely-avialable internet resources of USGS were used for the purpose of study and Landsat 5 satellite images from open resources were used for the objective of the study (*Table 1, Fig. 2*). In order to provide the integrity of comparative analysis and proceeding accuracy of study in future, soil samples taken a year after the flooding were geographically linked. GEOMAX Global Position Systems (GPS) was used for the identification of geographical coordinates of the soil profiles.

Table 1.
Parameters of acquired satellite images

Data Set Attribute	Attribute Value					
	1	2	3	4	5	6
Spacecraft Identifier	LANDSAT_5					
WRS Path	167					
WRS Row	032					
Date Acquired	2009/09/26	2010/05/24	2010/06/09	2010/07/11	2010/07/27	2010/08/28
Quality Band 1-7	9					
Output Format	GEOTIFF					
Grid Cell Size Reflective	30					
Grid Cell Size Thermal	30					

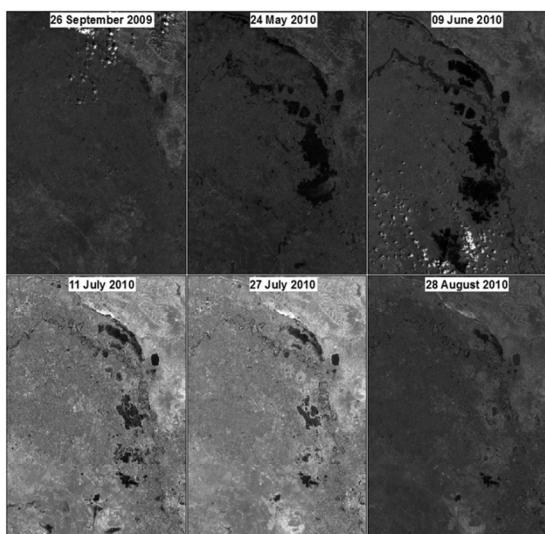


Figure 2. Captured and acquired images from Landsat 5 satellite at different dates

Automatic vectorization was implemented through Image Classification module of ArcGIS software by using obtained satellite images of the study site. For that reason, satellite images that captured some months before and after the flooding were vectorized.

After implementing of delineation with the use of satellite images and determining of flooded areas generally, adequate locations were selected for taking soil samples from these territories. After selection of suitable areas, field studies were organized, soil cuts were put to take soil samples, and measurements were carried out (geographical coordinates of these territories were determined with the GPS).

Firstly considered areas were selected for the taking soil samples. After putting cuts, the description of the profile was recorded (soil color, structure, density, new derivatives and inclusions, humidity, clarity of crossings, boiling, groundwater level, erosion rate and etc.) (Fig. 3). Soil samples were taken from top (cropping



Figure 3. Process of taking Soil samples (soil profiles)

layer) and bottom layers in two administrative districts in the territory of Sabirabad region. The samples were taken from flood affected areas a year after flooding-in 2011 May. The soil samples (soil profiles) were taken at 5 different locations in different directions from the flooded areas (*Table 2*). Coordinates of the soil profiles points geo-referenced (were taken) through GEOMAX GPS and they were located in the database with proper tools of ArcGIS software.

Table 2.
Geographical parameters of the soil profiles

Soil profile ID	Region	Municipality	Coordinates	Date
Profile-1	Sabirabad	Garaguney	x= 315852.7679 y= 4422750.9489	15.05.2011
Profile-2		Minbashi	x= 315795.1774 y= 4421864.363	15.05.2011
Profile-3		Minbashi	x= 317220.6554 y= 4421723.5143	16.05.2011
Profile-4		Garaguney	x= 317639.8227 y= 4422163.3379	16.05.2011
Profile-5		Garaguney	x= 313880.9118 y= 4425279.6007	17.06.2011

Total humus (with Tyurin method), total nitrogen, pH and other indicators based on the calculation of total humus were determined in the soils taken from the different locations.

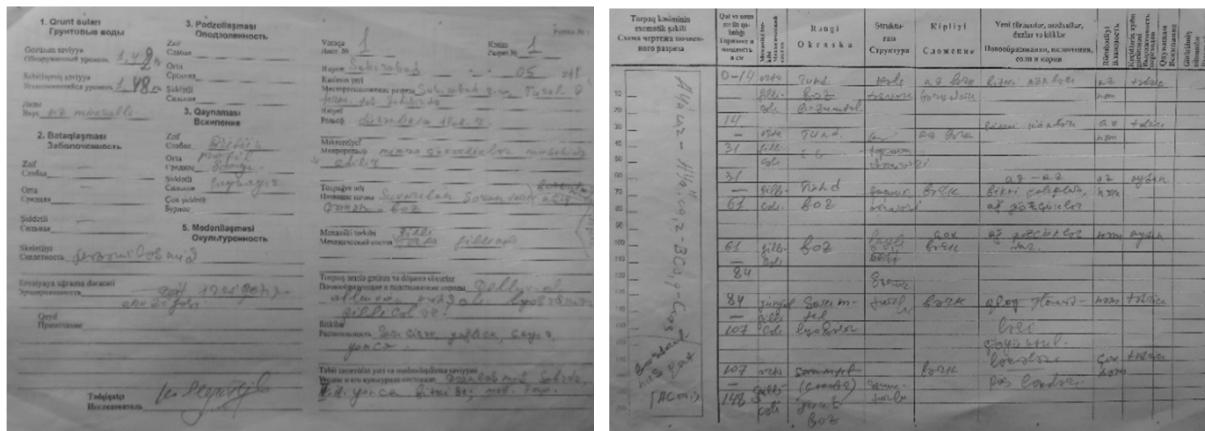


Figure 4. Filled form during taking the soil samples (profiles)

Result. Flooded areas were vectorised, inundated areas were identified and database was created on the base of indicators of soil samples of the flooded areas through acquired satellite images and adequate tools of the ArcGIS software (Fig. 5, 6).

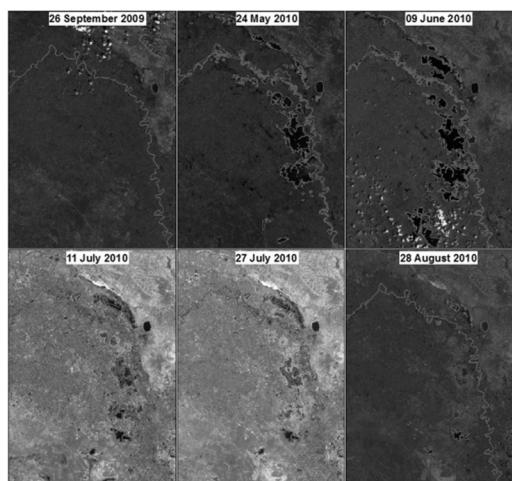


Figure 5. Results acquired from RS images

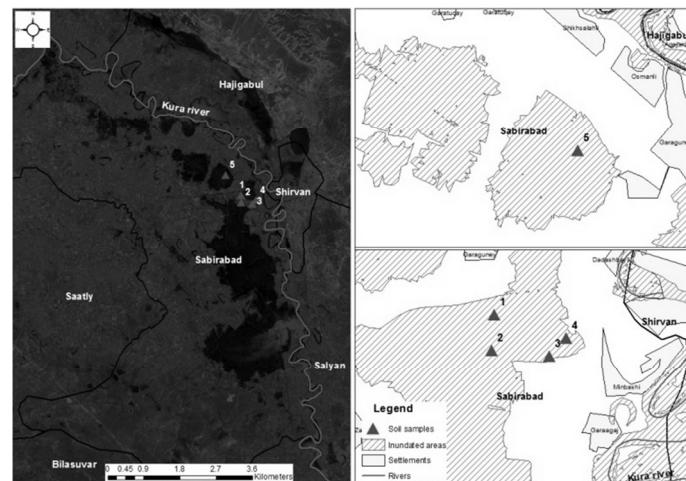


Figure 6. Flooded area and the location of soil samples

As can be seen from the table above (Table 3) humus, which is one of the main indicator of soil fertility ranges between 1,10-2,92, pH varies between 7,0-8,0 and total nitrogen changes between 0,12-0,22 % in 0-30 cm top layer. If look at the indicators on the Profile-4, then it should be visible that, humus layer is 0-19 and 19-31 cm 1,31 and 1,65% respectively, while it decreases by 0,74% in the next 31-52 cm layer and in 51-72 cm layer rises up to 1,45% again. Similar situation was observed in the Profile-5. So, in this profile the percentage of humus changed as the following way: 1,57% in 0-16 cm layer; it decreased by 1,10% in 16-31 cm layer; it rised up 2,71% in 31-58 cm; then it decreased by 1,15% in 58-92 cm; it increased up to 2,59% again in 92-105 cm and at last it decreased in 105-125 cm layer

and was 1,31%. At first glance, it is credible evidence that this soil belonged to buried soil. Detailed information about buried soil was provided in the scientific publications of I.N. Stepanov, N.G. Minashina, M.P. Babayev and other soil scientists. Buried soil was observed in the Kura-Aras lowland and this soil usually locates in 70-80 cm depth [11].

Soil pH is a major factor influencing the availability of elements in the soil for plant uptake [12]. According to the laboratory analysis, the amount of pH in water suspension is equal to 7,5-8,0, which indicated that this soil was in slightly alkaline and alkaline condition.

However, consistent floods reduce pH of the arable land soil, which creates problems in agriculture by increasing the acidity. Soil acidity is one of the major problems for agricultural production in many parts of the world [13].

High humidity in study field soil leaded to the much higher coherence and moisture capacity in this soil. It was due to the flood deposited clay and silt with high capacity of water. They were better provided with nutrients and rich with humus. However, the excess moisture content is undesirable because it reduces the amount of available oxygen for anaerobic respiration.

Laboratory analysis revealed that granulometric composition of the surveyed field soil was light clay, heavy and light clayey. To this point, the amount of physical clay in the upper layer and along the profile changes between 32,98-52,65% and 28,16-52,65 % respectively (*Table 4*).

Table 3.

The core diagnostic indicators of soil of experimental section

Soil Profile ID	Depth, cm	Humus, %	Total nitrogen, %	pH
Profile-1	0-14	2,86	0,21	7,73
	14-31	2,38	0,18	7,65
	31-61	1,32	0,12	7,67
	61-84	1,16	0,11	7,73
	84-107	0,57	0,07	7,91
	107-141	0,21	0,05	7,85
Profile -2	0-16	2,92	0,22	7,74
	16-29	2,27	0,18	7,84
	29-51	0,67	0,08	7,95
	51-79	0,57	0,07	7,91
	79-102	0,52	0,07	7,72
	102-144	0,41	0,06	7,68
Profile -3	0-13	2,45	0,19	7,75
	13-29	1,67	0,14	7,80
	29-48	1,10	0,10	7,94
	48-67	0,64	0,07	7,89
	67-108	0,69	0,09	8,01
	108-161	0,53	0,07	8,00
Profile -4	0-19	1,31	0,12	7,54
	19-31	1,65	0,14	7,66
	31-52	0,74	0,08	7,61
	52-89	1,45	0,12	7,63
	89-112	0,77	0,08	7,86
	112-171	0,41	0,06	7,65
Profile -5	0-16	1,57	0,13	7,15
	16-31	1,10	0,10	7,44
	31-58	2,71	0,20	7,93
	58-92	1,15	0,11	7,19
	92-105	2,59	0,16	7,08
	105-125	1,31	0,12	7,32

Table 4.**Granulometric composition of the study field soils**

Profile ID	Depth, cm	The diameter of the particles, in mm							
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	Silt rate, %
Profile-1 (Alfalfa)	0-14	0,07	5,77	15,76	7,04	30,08	41,28	78,40	52,65
	14-31	0,08	1,52	9,72	16,00	32,28	40,40	88,68	45,56
	31-61	0,05	1,95	9,96	22,04	29,80	36,20	88,04	41,12
	61-84	0,04	1,52	9,04	16,16	34,76	38,48	89,40	43,04
	84-107	0,05	12,94	12,36	14,08	32,44	28,08	74,60	37,64
	107-141	0,13	4,63	14,04	11,60	37,0	32,60	81,20	40,15
Profile-2 (Fallow)	0-16	0,02	2,82	15,92	17,48	25,96	37,80	81,24	46,52
	16-29	0,01	5,91	12,92	16,00	31,24	33,92	87,16	38,92
	29-51	0,02	5,22	6,96	15,08	33,72	39,0	87,80	44,42
	51-79	0,07	1,93	7,60	16,08	41,12	33,20	90,40	36,73
	79-102	0,10	6,14	6,76	18,80	38,80	29,40	87,0	33,79
	102-144	N.G	6,16	5,84	11,36	38,60	38,04	88,0	43,23
Profile-3 (Grain)	0-13	0,04	12,10	15,46	10,24	25,00	37,16	72,40	51,33
	13-29	0,06	2,68	24,60	10,06	33,28	29,32	72,66	40,35
	29-48	0,06	25,82	28,40	12,00	20,20	13,52	45,72	29,57
	48-67	0,34	9,54	8,72	10,92	33,28	37,20	81,40	45,70
	67-108	0,09	8,91	14,40	15,28	32,84	28,68	76,60	37,44
	108-161	N.G	6,40	18,20	16,48	34,48	24,44	75,40	32,41
Profile-4 (Cotton)	0-19	0,01	13,07	12,20	21,04	29,04	24,64	74,72	32,98
	19-31	0,02	12,70	25,28	16,32	18,86	26,80	62,0	43,23
	31-52	N.G	8,04	29,44	17,40	22,60	22,52	62,52	36,02
	52-89	N.G	11,68	33,72	12,08	22,64	19,88	54,60	36,41
	89-112	N.G	15,84	22,80	13,88	30,20	17,28	61,36	28,16
	112-171	0,01	10,53	26,46	15,60	28,20	19,20	63,0	30,48
Profile-5 (Grain)	0-16	0,02	6,18	31,60	14,20	20,68	27,32	62,20	43,92
	16-31	N.G	2,24	30,80	15,60	20,68	30,68	66,96	45,82
	31-58	N.G	8,76	23,64	14,00	28,60	25,00	67,60	36,98
	58-92	N.G	19,36	9,84	14,40	29,68	26,72	70,80	37,74
	92-105	N.G	3,72	11,92	16,64	31,52	36,20	84,36	42,91
	105-125	N.G	5,92	16,44	16,28	27,36	34,00	77,64	43,79

Cultivation of this soil requires large energy and this soil is called heavy soil. Heavy unstructured soils have adverse physical and physical-mechanical properties. They have low water conductivity, swell easily, form crust, and usually are distinguished by high density, sticky condition and unfavorable weather mode. In this case, it reduces O₂ level of the soil even more. It opens the way to the emergence of anaerobic processes in the soil and causes the formation of toxic substances in the soil. Therefore, Oxygen deficiency is likely the most important environmental factor that triggers growth inhibition and injury in flooded plants [14].

Like sandy and sandy-loamy soil, this soil is unsuitable for agriculture. Glancing at the soil density, it was less solid in top layers, but down to the lower layers it increasingly hardened. Roots and rootlets, root residue, salt and rust spots from the new reproductions and inclusions are found. Soil section boils from the impact of HCl along the soil profile. Humidity is little moisture and moisture. Transition to genetic layers is clearly and gradually.

Along with the negative impact of the flood to the soil, it has a direct adverse effect on the plants. As the foliage and plant leaves remain under flood water, it leads to desorption of carbon dioxide gas in the air and lack of light limits dramatically the process of photosynthesis. Furthermore, total submergence can interfere with flowering and pollination essential for completion of the reproductive cycle [15].

It is also known that, a large amount of highly nutritional alluvial sediments deposit in the soil during flooding. These deposits are a crucial external factor for organic matter and soil productivity [16, 17]. Also, an overly high flood frequency can create conditions which are unfavourable to soil development, in particular by stripping the litter and remobilizing the organic particles and nutrients further downstream, which contributes to progressive soil depletion [18, 19, 20, 21, 22].

Despite the significant environmental consequences of floods, they play an important role in maintaining main ecosystem function and biodiversity in various natural systems. Flooding deposits organic matters, minerals, essential nutrients to the soils from rivers and oceans, that makes the soil more abundant and fertile.

Conclusion. Using Remote Sensing and Geographical Information Systems techniques in determining of the flood extent was very useful for this study. However, processing of Landsat satellite data through different modules of the ArcGIS software played a key role during the study. The method used in the article is widespread in a lot of developed countries.

The flood extent areas and changes in the flooded soil after the flooding was determined in the article. It was determined that a certain part of the flooded land belonged to buried soil. Furthermore, clay and silt particles with high capacity of nutrients and water deposited in the area. It could positively affect formation of structural soil and developing and nutrition of vegetation in coming years.

The results of the study revealed that, using RS and GIS techniques make possible to determine flood extent, to create and manage database of collected soil samples before and after the flooding from inundated areas, to identify environmental damage, especially damage to soil, to give reports, and to prepare diagrams (charts) compliance with demand in a short period. However, used methodology could be improved in future and be even more useful in development of a lot of specialized (related) fields.

The results of this study could be substantial in preparing an action plan to protect soil not be exposed degradation and destruction from flooding, for the responsible agencies and institutions.

Acknowledgements. PhD student of ANAS Soil Science and Agrochemistry, Nuriyev Bahruz

REFERENCE

1. **Hayashi, H., Shimatani, Y., Shigematsu, K., Nishihiro, J., Ikematsu, S., Kawaguchi, Y.** A study of seed dispersal by flood flow in an artificially restored floodplain. *Landscape Ecol. Eng.* (2012) 8, 129-143.
2. **Cockel, C., Gurnell, A.** An investigation of the composition of the urban riparian soil propagule bank along the River Brent, Greater London, UK, in comparison with previous propagule bank studies in rural areas. *Urban Ecosyst.* (2012). 15, 367-387.
3. **Alves Pagotto, M., de Moraes Lima Silveira, R., Nunesda Cunha, C., Fantin-Cruz, I.** Distribution of herbaceous species in the soil seed bank of a flood seasonality area, Northern Pantanal. *Braz. Int. Rev. Hydrobiol.* (2011). 96, 149-163.
4. **Schmidt, J.C., Parnell, R.A., Grams, P.E., Hazel, J.E., Kaplinski, M.A., Stevens, L.E., Hoffnagle, T.L.** The 1996 controlled flood in Grand Canyon: flow, sediment transport, and geomorphic change. *Ecol. Appl.* (2001). 11, 657-671.
5. **Stromberg, J., Butler, L., Hazelton, A., Boudell, J.** Seed size, sediment, and spatial heterogeneity: post-flood species coexistence in dryland riparian ecosystems. *Wetlands* (2011). 31, 1187-1197.
6. **Yarie, J., Viereck, L., van Cleve, K., Adams, P.** Flooding and ecosystem dynamics along the Tanana River. *BioScience* (1998). 48, 690-695.
7. **Aslanov, H.Q.** Ecogeographical problems of the downstream of the Kura river. - Baku, 2013.
8. Eco-migration in Azerbaijan-Tendency, dynamics and problems. Baku, 2013.
9. **Musayeva M.R.** Economical-geographical study of the impact of flooding in the development of agriculture and regional organization in Azerbaijan Republic. Dissertation, Bakı, 2012).
10. **Babayev M., Orujova N., Mustafayev M., Gocayev U., Qurbanov E., Isgandarov S., Mammadov G., Mammadov M.** Restoration of soil fertility in flooded areas, Baku, 2013.
11. **Babayev M.P.** Irrigated soil of the Kura-Aras lowland and their productive capacity, Baku: Elm, 1984, p. 176.
12. **Marschner H.** "Mineral Nutrition of Higher Plants", 2-nd Edition, Academic Press, New York, 1995, p. 889.
13. **Kamprath E. J.** "Crop Response to Lime on Soils in the Tropics", In: F. Adams, Ed., Soil Acidity and Liming, Agron. Monogr. 12, 2nd Edition, ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1984, pp. 349-368.
14. **E. J. W. Visser, L. A. C. J. Voesenek, B. B. Vartapetian, and M. B. Jackson.** "Flooding and Plant Growth", Annals of Botany, Vol. 91, No. 2, (2003), pp. 107-110. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcg014>
15. **Jackson MB, Ram PC.** Physiological and molecular basis of susceptibility and tolerance of rice plants to complete submergence. *Annals of Botany* 2003. 91: 227-241.
16. **Brovelli, A., Batlle-Aguilar, J., Barry, D.A.** Analysis of carbon and nitrogen dynamics in riparian soils: model development. *Sci. Total Environ.* (2012). 429, 231-245.
17. **Dent, D., Bagchi, R., Robinson, D., Majalap-Lee, N., Burslem, D.** Nutrient fluxes via litterfall and leaf litter decomposition vary across a gradient of soil nutrient supply in a lowland tropical rain forest. *Plant Soil* (2006). 288, 197-215.
18. **Bailey, S.E., Guimond, J.K.** Aboveground biomass and nutrient limitation in relation to river connectivity in Montane Floodplain Marshes. *Wetlands* (2009). 29, 1243-1254.
19. **Drouin, A., Saint-Laurent, D., Lavoie, L., Ouellet, C.** High-precision digital elevation model to evaluate the spatial distribution of soil organic carbon in active floodplains. *Wetlands* (2011). 31, 1151-1164.

20. Hamdan, M.A., Asada, T., Hassan, F.M., Warner, B.G., Douabul, A.A., Al-Hilli, M.R.A., Alwan, A.A. Vegetation response to Re-flooding in the Mesopotamian Wetlands, South Irak. Wetlands (2010). 30, 177-188.
21. Saint-Laurent, D., St-Laurent, J., Lavoie, L., Ghaleb, B. Use geopedological methods for the evaluation of sedimentation rates on river floodplains. Catena (2008). 73, 321-337.
22. Saint-Laurent, D., St-Laurent, J., Lavoie, L., Drouin, A., Ghaleb, B. Floodplain sedimentation rates, soil properties and recent flood history in Southern Québec. Glob. Planet. Chang. (2010). 70, 76-91.

DAŞQINLARIN TORPAĞIN EKOLOJİ VƏZİYYƏTİNƏ TƏSİRİNİN MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA VƏ COĞRAFI İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI ƏSASINDA TƏDQİQİ

A.T. AĞAYEV, A.İ. İSMAYILOV, T. İ. SÜLEYMANOV

Çay daşqınlarının ətraf mühitə təsirindən bəhs edərkən, əsas problemlərdən biri kimi, bu prosesə məruz qalmış ərazi torpaqlarının ekoloji vəziyyəti nəzərdə tutulur. Bildiyimiz kimi, digər faktorlardan fərqli olaraq, torpaqlara vurulmuş ziyanlı təsirlərin ardan qaldırılması üçün uzun müddət və böyük həcmdə maliyyə vəsaiti tələb olunur. Ona görə də, daşqın prosesinin torpaqların ekoloji durumuna təsirinin öyrənilməsi və gələcəkdə baş verə biləcək proseslərin proqnozlaşdırılması ən aktual problemlərdən biri olaraq qalmaqdadır. Məqalədə, bu cür tədqiqatların həyata keçirilməsində ən müasir metodlarından olan məsaфədən zondlama və coğrafi informasiya sistemlərindən istifadə edilir. Azərbaycanda 2010-cu ildə Kür çayının daşması nəticəsində daşqına məruz qalmış ərazi torpaqları tədqiqat obyekti kimi seçilmiş, daşqının torpaq-ekoloji mühitə təsiri məsaфədən zondlama (MZ) və coğrafi informasiya sistemləri (CİS) vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Daşqın nəticəsində torpaqların münbitlik göstəricilərində, fiziki xassələrində baş verən dəyişikliklər müəyyən edilmişdir. Tətbiq olunmuş müasir texnologiyalar, torpaqların münbitlik göstəricilərinin təkcə torpaq kəsimləri üzrə dəyişməsini müəyyən etməyə deyil, həmçinin torpaq-ekoloji vəziyyətin CİS texnologiyası əsasında xəritələşdirilməsinə imkan vermişdir. Tədqiqat nəticələrində göründüyü kimi, təklif olunan yanaşma, təkcə daşqın nəticəsində torpaq-ekoloji mühitə vurulmuş ziyanı öyrənmək baxımından deyil, həmçinin də, proqnozlaşdırma və planlaşdırma baxımından elmi və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Açar sözlər: torpaq-ekoloji vəziyyət, daşqınlar, Coğrafi İnformasiya Sistemləri (CİS), Məsaфədən Zondlama (MZ), Kür çayı.

ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЙ НА ЭКОСОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Т. АГАЕВ, А.И. ИСМАИЛОВ, Т.И. СУЛЕЙМАНОВ

В статье используются системы дистанционного зондирования и геоинформации. В качестве объекта исследования выбраны территориальные почвы, подверженные наводнению в результате разлива в Азербайджане реки Куры в 2010 г. С помощью систем дистанционного зондирования и геоинформационных технологий исследовано влияние наводнения на почвенно-экологическую среду. Выявлены изменения, происходящие в показателях плодородия и физических процессов в результате наводнения. Применяемые современные технологии позволили определить изменения показателей плодородия почв в почвенных разрезах и картировать почвенно-экологическое состояние на основе ГИС-технологий. Как видно из результатов исследования, предложенный подход имеет научное и практическое значение, как с точки зрения изучение ущерба, нанесенного почвенно-экологической среде в результате наводнения, так и прогнозирования и планирования.

Ключевые слова: почвенно-экологическое состояние, наводнения, Географические Информационные Системы (ГИС), Дистанционное Зондирование (ДЗЗ), река Куря.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ЗОН НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ В ЮГЕ-ВОСТОЧНОМ ГОБУСТАНЕ

М.Г. АХМЕДОВ

На основе геотектонического и геодинамического анализа палеоген-миоценовых отложений депрессионных зон юго-восточной части Гобустана определены условия нефтегазонакопления и выделены перспективные зоны нефтегазоносности промышленного значения на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: палеоген-миоценовые отложения, периклиналь, син-клиналь, олигоцен-миоценовые структуры, нефтегазоносность, продуктивная толща, антиклинальная зона.

Введение. Поиск и разведка крупных нефтегазовых залежей в Азербайджане – одна из важнейших задач, стоящих перед учеными и всеми нефтяниками республики. Для решения этой задачи исключительное значение имеет детальное изучение характера и закономерности распространения отдельных нефтегазоносных и, возможно, нефтегазоносных свит мезо-кайнозойского комплекса отложений для выбора высокоперспективных зон и областей.

Территория Азербайджана характеризуется широким распространением нефтегазопроявлений, стратиграфический диапазон которых охватывает большой интервал сводного геологического разреза, от байосского яруса средней юры до апшеронского яруса неогена. Однако в настоящее время установлено, что промышленная нефтегазоносность приурочена к сравнительно небольшому числу стратиграфических единиц (свит, ярусов, горизонтов), представленных глинисто-песчаным чередованием или глинисто-известняковыми пачками. Свиты или ярусы, состоящие исключительно из глин или глинистых сланцев и мергелей без прослоев пород-коллекторов, обычно лишены заметных признаков нефти и газа, хотя почти всюду содержат достаточное количество битумондов и органических углеродов. Поэтому к нефтегазоносным свитам Азербайджана принято относить те стратиграфические интервалы геологического разреза мезозойских и третичных отложений, в которых установлено наличие пород-коллекторов, содержащих залежи нефти и газа.

Шемахино-Кобыстанская область представляет собой обширную территорию развития мезозойских и третичных отложений и занимает значительную восточную часть южного склона Юго-Восточного (ЮВ) Кавказа. Тектоническая схема, освещающая особенности геологического строения отдельных частей этой области, была составлена В.В.Вебером [3], М.Ф.Мирчинком [4] и др. Наиболее полную характеристику основных структурных элементов Кобыстана дает схема Г.А.Ахмедова [5,6]. На этой схеме в пределах Кобыстана выделяются зоны, характеризующиеся своеобразным геологическим развитием, литофаunalьными особенностями отложений и тектоникой.

Геологическое строение структур Юго-Востока Кавказа и их нефтегазоносность

Палеоген-миоценовые отложения на ЮВ Кавказа характеризуются региональным распространением. Они обнажаются на поверхности на обширной территории Шемахинского района, Центрального и Юго-Западного (ЮЗ) Гобустана (Гобустан – принятое в настоящее время название Кобыстана), в западной части Апшеронского перикменального прогиба и вдоль борта Кубинского прогиба (рис.1) [7].

По данным бурения, эти отложения развиты под плиоцен-антропогеновыми отложениями в Джейранкечмесской депрессии, в зоне Алятской гряды, на Апшеронском полуострове и в пределах Кусаро-Дивичинской наложенной мульды [8]. Общая площадь территории их распространения на ЮВ Кавказа в пределах суши Азербайджана составляет около 8 тыс. км². Если принять мощность палеоген-миоценовых отложений в среднем за 3 тыс.м., то общий объем их на ЮВ Кавказе составляет около 25 тыс. км³. Такой значительный объем этих отложений выдвигает их в число важных объектов для поиска нефтегазовых скоплений.

Проведенными поисково-разведочными работами на отдельных площадях в толще палеоген-миоценовых отложений выявлены [7] залежи нефти и газа промышленного значения; некоторые из них введены в разработку (Умбаки, Сиазанская моноклиналь). Промышленная нефтегазоносность в палеоген-миоценовых отложениях связана с терригенными коллекторами сумгaitской, коунской, майкопской свит, чекракского горизонта и сарматского яруса.

Одним из важных факторов, свидетельствующих о предохранении нефтегазовых скоплений от разрушения, является наличие на значительной территории их распространения достаточно мощных и непроницаемых покрышек, представленных глинистыми толщами нижнего плиоцена.

Важным показателем обильной нефтегазоносности палеоген-миоценовых отложений ЮВ Кавказа является интенсивная грязевулканическая деятельность. Как показали исследования грязевых вулканов Южно-Каспийской мегавпадины [9], грязевулканическая деятельность обусловлена в основном миграцией углеводородных газов, генерируемых в толще палеоген-миоценовых отложений. Это свидетельствует о высокой газонасыщенности палеоген-миоценовых отложений, так как даже при длительном выделении из них газов в результате грязевулканической деятельности они по-прежнему обес-

печивают многие действующие грязевые вулканы. Высокая насыщенность палеоген-миоценовых отложений углеводородами нашла подтверждение при оценке нефтегазовых ресурсов.

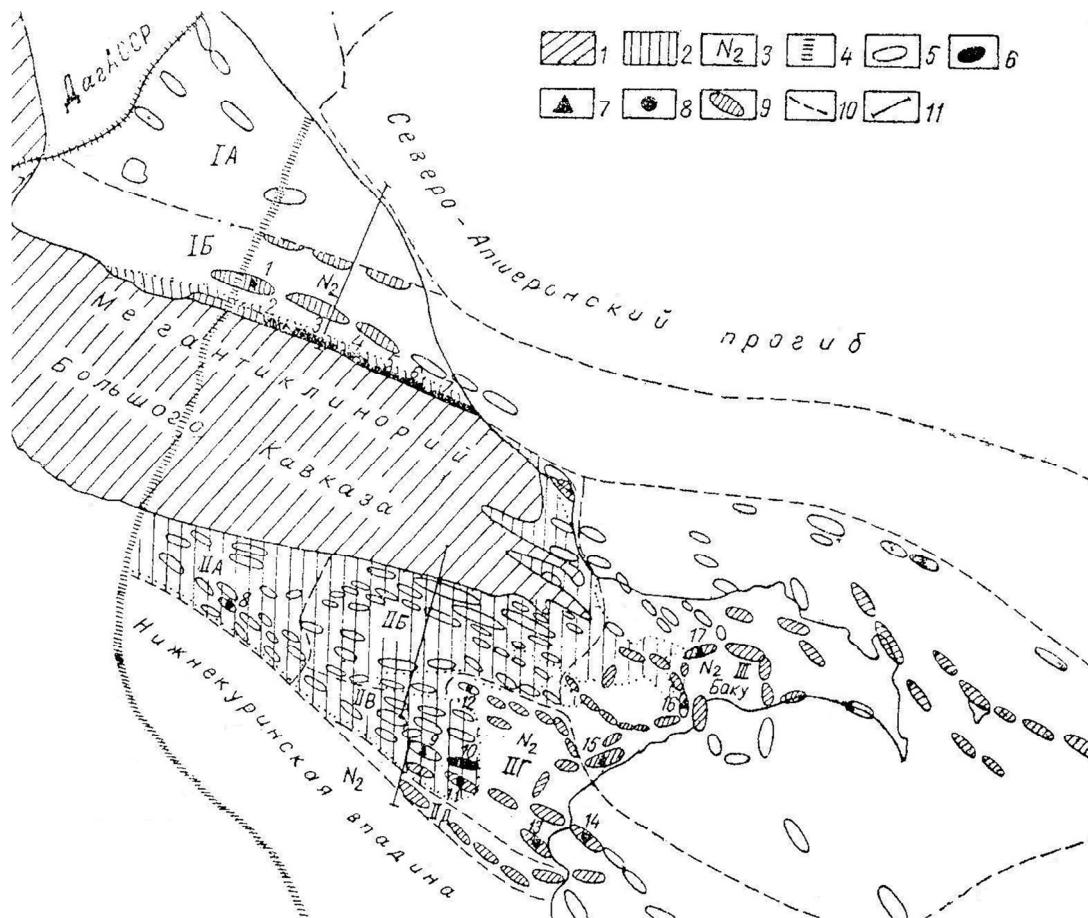


Рис.1. Карта перспективы нефтегазоносности палеоген-миоценовых отложений ЮВ Кавказа

Условные обозначения: 1, 2 – выходы мезозойских и палеоген-миоценовых отложений; 3 – плиоценовые отложения; 4 – Западно-Каспийский разлом; 5 – локальные структуры; 6 – нефтегазовые месторождения; 7 – локальные нефтегазовые залежи; 8 – промышленные нефтегазопроявления из палеоген-миоценовых отложений; 9 – площади, рекомендуемые как первоочередные для проведения поисково-разведочных работ; 10 – границы тектонических зон; 11 – линии геологических профилей.

Кусаро-Дивичинская наложенная мульда:

А – Присамурская тектоническая зона; Б – Кубинский прогиб; Шемахино-Гобустанский прогиб; ПА – Шемахинский район; ПБ – Центральный Гобустан; ПВ – Юго-Западный Гобустан; ПГ – Джейранкечмесская депрессия; ПД – Алятская гряда; III – Апшеронский периклинальный прогиб.

Площади: 1 – Талаби; 2 – Зейва; 3 – Заглы; 4 – Амирханлы; 5 – Саадан; 6 – Сиазань-Нардаран; 7 – Чандагар-Зорат; 8 – Матраса; 9 – Восточный Адживели; 10 – Умбаки; 11 – Арзани-Клыч; 12 – Донгудзык; 13 – Дуванный; 14 – Сангачалы-море; 15 – Карадаг; 16 – Шубаны; 17 – Бинагади.

Несмотря на высокие показатели перспектив нефтегазоносности, на толще палеоген-миоценовых отложений приходится незначительная доля в общем объеме нефтегазодобычи ЮВ Кавказа. И хотя в данном районе проведен значительный объем поисково-разведочного бурения, в толще палеоген-миоценовых отложений ЮВ Кавказа до сих пор, к сожалению, выявлены лишь единичные залежи нефти и газа промышленного значения: в Прикаспийско-Кубинском районе – в зоне Сиязанской моноклинами, в Шема-

хино-Гобустанском районе – на площадях Умбаки и Восточный Адживели. На Апшеронском полуострове выявлены только мелкие скопления на площадях Карадаг, Шубаны и Бинагади.

Несомненно, что при богатых нефтегазовых ресурсах и большом объеме проведенного поисково-разведочного бурения полученные результаты являются явно не эффективными.

Отличительной особенностью толщи палеоген-миоценовых отложений является ее преимущественно глинистый состав. Содержание глинистого материала в ней местами превышает 95%. На большой территории в разрезе толщи отсутствуют достаточно протяженные и выдержаные по мощности песчано-алевритовые прослои. Как правило, песчано-алевритовые прослои на разных площадях приурочиваются к различным частям разреза. Так, в майкопской свите горизонты песчано-алевритовых прослоев в зоне Сиазанской моноклинали находятся в нижней, а в районе нефтяного месторождения Умбаки – в верхней части разреза.

В целом палеоген-миоценовые отложения ЮВ Кавказа представляют собой относительно однородную толщу преимущественно глинистых пород, резко отличающуюся по своим литолого-фациальным особенностям от подстилающих мезозойских и покрывающих плиоценовых отложений. Характерной особенностью ее является незначительное содержание песчано-алевритовых и карбонатного материала и высокая пластичность глинистых пород. Принимая во внимание, что песчано-алевритовые прослои составляют незначительную долю в разрезе и не имеют региональной протяженности, палеоген-миоценовые отложения характеризуются как мощная толща пластичных глинистых пород.

Для толщи пластичных глинистых пород палеоген-миоценена характерны специфические условия миграции и аккумуляции углеводородов, обусловленные низкими коллекторскими свойствами пород. Из-за отсутствия хороших каналов для внутриформационной миграции и емких ловушек для аккумуляции углеводороды в этой толще не имеют возможности концентрироваться в крупные пластовые залежи и образуют многочисленные локальные скопления.

Наряду с локальными скоплениями в толще пластичных глинистых пород палеоген-миоценена имеются и относительно крупные пластовые залежи промышленного значения. Такие залежи связаны с горизонтами, обогащенными на ограниченной территории песчано-алевритовым материалом и обладающими сравнительно неплохими коллекторскими свойствами, благоприятствующими развитию миграционных процессов и аккумуляции нефти и газа в промышленных количествах. Однако наличие таких залежей в мощной толще пластичных глинистых пород палеоген-миоценена скорее исключение, чем закономерность, так как песчано-алевритовые горизонты, могущие служить коллекторами нефти и газа, составляют зачастую менее 5% от общей мощности глинистой толщи и не имеют регионального площадного распространения. Кроме того, они сконцентрированы лишь в небольшом интервале разреза мощностью всего около 500-600 м, тогда как

остальная часть толщи, составляющая 2000-3000 м, а местами и 4000-5000 м, почти не содержит песчано-алевритовых прослоев.

Таким образом, для толщи пластичных глинистых пород палеоген- миоценена в целом наличие крупных залежей нефти и газа не является характерным. Основная часть содержащихся в ней углеводородов не сконцентрирована в крупные залежи, а рассеяна по всей толще в виде локальных нефтегазовых скоплений.

Подтверждением регионального распространения локальных скоплений углеводородов в толще пластичных глинистых пород палеоген-миоценена служат многочисленные газовые выбросы из бурящихся на палеоген-миоценовых отложениях скважин.

Образование локальных скоплений нефти и газа может происходить также в зонах тектонического дробления и вдоль отдельных разрывных нарушений, где глинистые породы разуплотняются, рассланцевываются и перебиваются трещиноватостью. В этих участках углеводороды в основном газообразные, находящиеся под высоким пластовым давлением, заполняют межслойное и трещинное пространство. На отдельных площадях в зонах интенсивного тектонического дробления возможно образование скоплений с запасами промышленного значения.

Имея региональное распространение, локальные скопления углеводородов в целом содержат значительные запасы нефти и газа, составляющие основную часть нефтегазовых ресурсов палеоген- миоценовых отложений.

Как показала практика поисково-разведочных работ [7], наиболее интенсивные нефтегазовые проявления отличаются в зонах развития разрывных нарушений. Поэтому наиболее перспективными в толще глинистых пород следует считать участки, в пределах которых по геолого-геофизическим данным предполагается раздробленность разрывными нарушениями.

Важным показателем высокой перспективности глинистой толщи является грязевулканическая деятельность. Как показали данные бурения, на участках, осложненных грязевым вулканализмом или расположенных вблизи от грязевулканических очагов, отмечаются наиболее интенсивные газопроявления при бурении скважин. Поэтому признаки грязевулканической длительности следует считать одним из важных критериев перспектив нефтегазоносности глинистой толщи.

Геологические условия формирования нефтяных и газовых залежей Гобустана

В результате проводившихся на протяжении ряда лет геологических исследований на обширной территории Гобустана выявлено большое количество участков, в геологическом разрезе которых, по прямым или косвенным данным, имеются нефтесодержащие породы-коллекторы, собранные в благоприятные для скопления нефти и газа структурные формы (антиклинали, моноклинали и т.д.) [5].

Обращаясь к карте распространения нефтегазоносности ЮВ Кавказа (рис.1), легко подметить сгруппированность их на локальных участках, которые в подавляющем большинстве случаев совпадают с повышенными частями антиклинальных поднятий. В

целом ряде случаев проявления нефти и газа (как на поверхности, так и в скважинах) тесно связаны с тектоническими разрывами, которые имеют относительно большее развитие в приподнятых частях антиклиналей. Отсюда вытекает тесная связь между нефтегазоносностью отдельных свит и горизонтов с тектоникой. Однако, говоря об этой последней связи, следует оговориться, что если пликативная дислокация почти во всех случаях играла положительную роль в скоплении нефти и газа в отдельных пластах-коллекторах, то дизъюнктивная дислокация в большинстве случаев служила отрицательным фактором, приведшим к разрушению залежей. Но наряду с последним имеются факты, свидетельствующие о положительной роли дизъюнктивной дислокации, заключающейся в сохранении залежей от денудации и истощения (подобные залежи установлены на площадях Умбаки, Адживели, Клыч, Донгуздык и др.).

Учитывая, что в Гобустане, как и в других частях ЮВ погружения Большого Кавказа, процесс складкообразования был длительным и протекал одновременно с осадконакоплением, можно ожидать выклинивания отдельных пластов, в том числе пластов-коллекторов нефти и газа в разрезе меловой и третичной систем во всех частях Гобустана. Наиболее благоприятной в этом отношении является Джейранкечмесская депрессия, где накопление одного из основных нефтегазоносных объектов – продуктивной толщи – протекало параллельно с относительно активными тектоническими подвижками не только в краевых частях бассейна, но и внутренней.

Неравномерный характер распространения нефтегазоносности в Гобустане, как в вертикальном разрезе мезокайнозойских отложений, так и в пространстве, в конечном счете обуславливается двумя основными факторами – литофазией и тектоникой, благоприятствующее сочетание которых обеспечивает необходимые условия для скопления нефти и газа в виде промышленных залежей различной величины и формы, независимо от стратиграфического возраста нефtesодержащих свит и горизонтов. Таковы те основные геологические предпосылки, которые должны быть учтены при изучении условий формирования залежей нефти и газа в отдельных свитах и горизонтах, участвующих в геологическом строении Гобустана.

Сравнительно перспективными в плане нефтегазоносности являются площади, расположенные в зоне максимальных мощностей продуктивной толщи (юго-восточная полоса Джейранкечмесской тектонической депрессии и широтная часть Алятской гряды), причем среди них считается целесообразным и геологически обоснованным выделить Дашильскую, Кянизадагскую, Кырдагскую структуры и примыкающие к ним морские площади [5].

Нефтегазонакопление в олигоцен-миоценовых отложениях в Юго-Востоке Гобустана

ЮВ Гобустана является наиболее благоприятным районом для поисков нефтегазовых залежей в майкопских отложениях Гобустана. Эта подзона охватывает Джейранкечмесскую депрессию, заполненную плиоценовыми отложениями. Реконструкция палеогеографической обстановки олигоцен-миоценового бассейна показывает, что в Джей-

ранкечмесском прогибе все стратиграфические единицы олигоцена и миоцена (за исключением меотиса) выражены в песчано-глинистой литофации, о чем свидетельствует наличие среди сопочной брекчии грязевых вулканов М.Кянизадаг, Б.Кягизадаг, Чухурглыбозы, Отманбоздаг, Булла и других, пропитанных нефтью кварцевых песков и песчаников майкопской свиты и чокракского горизонта. С другой стороны, западный борт Джейранкечмесского прогиба не является границей распространения на восток олигоцен-миоценовых антиклинальных зон юго-западного Гобустана.

Учитывая выдержанность направления простирания этих зон с запада на восток, четкообразный характер расположения поднятий на отдельных антиклинальных зонах, можно предполагать наличие в Джейранкечмесском прогибе погребенных антиклинальных складок, заслуживающих внимание в смысле перспектив нефтегазоносности.

Для выяснения перспектив нефтегазоносности олигоцен-миоценовых отложений, залегающих под плиоценовыми слоями, на небольшой глубине более благоприятным участком можно считать западный борт Джейранкечмесской депрессии (полоса Чеил-Ахтарма-Клыч), восточнее периклинали Чеилдагской, Рагимской и Клычской структур, где обнажаются низы продуктивной толщи. Предельная глубина залегания майкопской свиты, по приблизительным расчетам, не должна превышать 4000 м. Большой интерес для выявления залежей нефти и газа в разрезе олигоцен-миоценовых отложений представляют Шихикаинская, Анартская, Чеил-Ахтарминская, Утальгинская, Тоурагайская, Кянизадагская, Дуваннинская и другие структуры Джейранкечмесской депрессии.

В разрезе средне-верхнемиоценовых отложений юго-восточного Кавказа, особенно Апшероно-Гобустанской области, значительное место занимают тонколистственные «книжные» сланцы, а также трещиноватые плотные сланцевые глины. Следует напомнить, что с трещиноватыми сланцами связаны довольно крупные нефтегазовые месторождения в отдельных районах США (Калифорния, Западный Техас и др.).

В пределах Апшероно-Гобустанской области ряд газопроявлений был связан с тонкослоистыми сланцами и трещиноватыми сланцеватыми глинами. Подобные породы при прочих благоприятных геологических условиях могут оказаться коллекторами для промышленного скопления газа. В этом отношении наиболее благоприятным регионом может считаться Джейранкечмесская депрессия, где олигоцен-миоценовые структуры являются погребенными и защищенными от значительной денудации. В пределах этих структур миоценовые «книжные» сланцы и трещиноватые плотные сланцевые глины, залегающие на глубинах 3000-4500 м, могут оказаться промышленно газоносными.

В общем тектоническом плане ЮВ Гобустана и Бакинского архипелага особое место занимает подзона Утальги–Кянизадаг–Сангачалы–море–о.Булла. В этой зоне уже открыты крупные нефтяные и газовые месторождения: о.Дуванный, Сангачалы-море, о.Булла, Кянизадаг, Дуванный и отмечены интенсивные нефтегазопроявления в скважинах на поднятиях Тоурагай, Утальги и Мягчик.

Основные перспективы нефтегазоносности в этой подзоне связаны с южной морской ее частью, а также с прибрежной материковой частью Джейранкечмесской депрессии, где предполагаются накопления VII-х горизонтов в той же литофации, что и на юж-

ном крыле Карадага и на северо-восточном крыле антиклинальной зоны Кянизадаг–о.Дуванный. В северных структурах (северо-западные переклинали Кянизадаг и Дуванный, Тоурагай, Утальги, Мягчик) этой зоны залежи нефти и газа могли образоваться в верхних горизонтах продуктивной толщи.

Подзона Утальги–Кянизадаг–Сангачалы–море–о.Булла полностью расположена внутри Джейранкечмесской депрессии и является более молодым формированием, чем Алятская гряда и Шорбулаг-Карадагская зона. Несмотря на то, что в целом Джейранкечмесская депрессия погружается на юго-восток, среднее звено антиклинальной зоны (поднятия Дуванный-море и Сангачалы-море) значительно приподнято тектонически по отношению к соседним структурам, расположенным в той же зоне. На юго-востоке поднятие о.Дуванный отделяется от поднятия о.Булла крупным поперечным разрывом с амплитудой порядка 600 м, а на северо-западе свод поднятия Сангачалы-море размыт на 500-500 м больше, чем свод соседнего материкового поднятия Кянизадаг. Северо-восточные крылья этих поднятий обращены к наиболее погруженной осевой зоне Джейранкечмесской депрессии, которая, раскрываясь на юго-восток, сливается с Южно-Каспийской впадиной.

Продуктивная толща, широко развитая в ЮВ Гобустана, содержит многочисленные признаки, могущие быть признаны благоприятными для скопления нефти и газа. Эти признаки следующие: наличие антиклинальных поднятий, сложенных продуктивной толщей; наличие пластов-коллекторов; наличие многочисленных нефте- и газопроявлений как в естественных обнажениях, так и в скважинах, а на ряде площадей отмечались промышленные притоки (кратковременные) нефти и газа (Тоурагай, Рагим, Чеилдаг, Шихикая, Анаарт).

Несмотря на это, в северной части ЮВ Гобустана с продуктивной толщей не могут быть связаны большие перспективы, так как мощности и литологический состав разреза в этой части Гобустана не являются благоприятными для скопления в них крупных залежей нефти и газа. Как известно, в этой зоне продуктивная толща накапливалась сокращенной мощностью; здесь полностью отсутствует нижний отдел. Разрез продуктивной толщи этого района формировался за счет местных источников терригенного питания, главным образом за счет размыва молодых горных сооружений Большого Кавказа, сложенных преимущественно глинистыми осадками миоцен-палеогеновых и верхнемеловых флишевых образований. На значительной части территории ЮВ Гобустана продуктивная толща выражена в грубо обломочной прибрежной фации, лишенной коллекторов. Только с перемещением на юг и юго-восток в разрезе появляются новые горизонты снизу, часто выраженные песчано-алевритовыми образованиями, в которых в ряде случаев встречаются скопления газа и нефти. С приближением к берегу моря эти признаки все улучшаются и в прибрежных структурах как суши, так и моря открыты крупные залежи нефти и газа.

Таким образом, перспективы нефтегазоносности продуктивной толщи ЮВ Гобустана связаны, главным образом, с прибрежной зоной и с бортовыми частями Джейран-

кечмесской депрессии. Во всех случаях залежи нефти и газа могут быть приурочены преимущественно к зонам выклинивания песчаных горизонтов.

Все известные в ЮВ Гобустане в продуктивной толще структуры перебывали в разведке, а на некоторых пробурено более десятка поисковых скважин, но крупные залежи нефти или газа не были обнаружены. Однако исключить район из возможно перспективных не следует, так как небольшие залежи нефти и газа в продуктивной толще здесь, по-видимому, имеются.

Восточное продолжение широтных антиклинальных поднятий ЮВ Гобустана, сложенных олигоцен-миоценовыми отложениями, перекрыто крупной Джейранкечмесской депрессией, представляющей собой наложенную на широтные миоцен-олигоценовые поднятия структуру. О размахе прогибания этой депрессии можно судить не только потому, что она выполнена плиоценовыми осадками, тогда как прилегающий с запада к Джейранкечмесской депрессии участок сложен миоцен-олигоценовыми отложениями, с отдельными пятнами плиоценовых отложений сильно сокращенной мощности. Мощность среднеплиоценовых осадков в Джейранкечмесской депрессии достигает величины больше 2000м, а на западном участке мощность ее всего око 400м.

Между тем Джейранкечмесская депрессия расположена между нефтегазоносными по олигоцен-миоцену участками: на западе Умбаки-Чеилдаг, на востоке – западный Апшерон.

Все эти данные показывают, что участок широтных антиклинальных поднятий, сложенный олигоцен-миоценовыми нефтегазоносными отложениями и перекрытый плиоценовыми осадками Джейранкечмесского прогиба, представляет большой интерес для поисков крупных залежей нефти и газа.

Обширная зона развития песчано-глинистой лиофации олигоцен-миоценовых отложений вдоль южного берега ЮВ Гобустана и Апшеронского полуострова, включающая как материковые, так и морские поднятия, представляют безусловный интерес с точки зрения поисков залежей нефти и газа.

Учитывая непрерывное увеличение песчанистости олигоцен-миоценовых отложений на юго-восток, наиболее благоприятным районом для поиска нефтегазовых залежей в пластах-коллекторах этих отложений является Джейранкечмесская депрессия, где миоценовые структуры закрыты трансгрессирующими глинисто-песчаными образованиями плиоцена [5, 6, 8].

Одним из основных затруднений при проведении поисково-разведочных работ на олигоцен-миоценовых отложениях в пределах Джейранкечмесской депрессии является несоответствие структурных этажей олигоцен-миоценового и плиоценового комплексов отложений. На территории Джейранкечмесской депрессии отложениями плиоценового комплекса сложен ряд брахианти-клинальных поднятий различного простирания, от меридионального до широтного, отделенных друг от друга широкими и пологими синклинальными прогибами. Анализ материалов структурного бурения, проведенного на площадях северного борта Джейранкечмесской депрессии (Донгуздык, Каргабазар, Кафтаран и др.), показывает, что относительно пологие плиоценовые структуры оказываются

как бы прислоненными к более крупным, несколько сложно построенным и размытым олигоцен-миоценовым поднятиям. Нет основания полагать, что такая картина имеет место в средней и южной частях Джейранкечмесской депрессии. Поэтому необходимо осуществить поиски залежей газа и нефти в олигоцен-миоценовых отложениях с целью выявления их поперечного и продольного профиля. Для форсирования поискового бурения наиболее благоприятным представляется западный борт Джейранкечмесской депрессии (полоса Чеил-Ахтарма-Клыч).

Для выявления погребенных олигоцен-миоценовых структур в пределах Джейранкечмесской депрессии, кроме использования результатов региональных геологических исследований в поисково-разведочных и промысловово-геофизических работах, необходимо широко применять комплексные геофизические (гравиметрические и сейсмические) исследования.

Особое значение приобретает выяснение генетической природы тех грязевых вулканов депрессионных зон, которые располагаются в синклинальных прогибах по молодым плиоценовым отложениям. Выбросы грязевых вулканов в депрессионных зонах могут послужить исходным материалом для литофацальной характеристики нефтегазоносных свит, а также для палеогеографических построений.

Как показывает анализ лиофаций и мощностей олигоцен-миоценовых комплексов Южного Гобустана [10], накопление данных комплексов происходило в геодинамическом режиме, обусловленном литофацальными изменениями и увеличением песчанистости в северном и южном направлениях. Песчаные и известковые материалы в майкопе накапливались за счет морских остатков Закавказской плиты. Поэтому песчано-глинистая лиофация, начиная с источников песчаника и известняка, уменьшается в северном направлении. К концу миоцена песчано-глинистая лиофация существенно уменьшается как по площади, так и по разрезу.

Результаты исследований палеотектонических и палеогеографических условий осадконакопления кайнозойского комплекса отложений Юго-Восточного Гобустана и Западного Абшерона показали [11], что, начиная с плиоцена в Джейранкечмесской депрессии и по соседству с ней зоны Западного Абшерона, накопление нефтегазоносных комплексов кайнозоя происходило и развивалось на унаследованной более широкой территории палеоген-миоценового бассейна. В конце миоцена бассейн осадконакопления претерпел интенсивную дислокацию и это привело к частичному размыву отложений. Такая картина ясно наблюдается в бортах Джейранкечмесской депрессии, где разные стратиграфические миоценовые комплексы трансгрессивно перекрываются более молодыми плиоцен-антропогеновыми отложениями. Изучение истории развития исследуемых районов показывает, что в бассейнах осадконакопления неогена-палеогена существовали благоприятные геолого-геохимические условия для генерации, аккумуляции и консервации углеводородов.

Комплексные исследования [12] показывают, что в Западном Абшероне и юго-восточной части Гобустана – Джейранкечмесской депрессии перспектива нефтегазоносности отложений связана в основном с песчано-алевритовыми горизонтами и пластами

верхней части майкопской свиты, чокракского горизонта, диатомовой свиты и нижнего плиоцена (продуктивной толщи) палеоген-неогенового комплекса. Это позволило на рассматриваемой территории по указанным комплексам отложений выделить перспективные, малоперспективные и бесперспективные зоны в смысле нефтегазоносности.

В перспективной зоне Джейранкечмесской депрессии – площади Дуванный, Турагай, Утальги, Шихигая, Анарт и Западного Абшерона – Гарадаг, Локбатан, Пута, Коргёз-Гушхана и Гюздек рекомендуются как первоочередные объекты для приращения углеводородных ресурсов промышленного значения по миоценовым отложениям. Такими же объектами в нижнем горизонте (VII) верхнего отдела и пластах нижнего отдела (НКП, ПК свиты) продуктивной толщи могут быть южные крылья поднятий (Гарадаг, Локбатан) и далекие юго-восточные периклинальные части поднятий (Дуванный, Кян-издаг, Биби-Эйбат и др.), расположенных в прибрежной полосе.

REFERENCE

1. **Alizade A.A., Putkaridze A.L., Salaev S.G., Aliev A.I.** Zony neftegazonakopleniya v kajnozoyskih otlozheniyah Azerbaydzhana. – Baku, Izd-vo AN Azerb.SSR, 1968. – 179 s.
Ализаде А.А., Путкаридзе А.Л., Салаев С.Г., Алиев А.И. Зоны нефтегазонакопления в кайнозойских отложениях Азербайджана. – Баку, Изд-во АН Азерб.ССР, 1968. – 179 с.
2. **Bagir-zade F.M., Kerimov K.M., Salaev S.G.** Glubinnoe stroenie i neftegazonosnost Juzhno-Kaspinskoy vpadiny. – Baku: Azerneshr, 1988. – 304 s.
Багир-заде Ф.М., Керимов К.М., Салаев С.Г. Глубинное строение и нефтегазоносность Южно-Каспийской впадины. – Баку: Азернешр, 1988. – 304 с.
3. **Veber V.V.** Geologicheskaja karta Kabristana, planshet II-3 (Bojanata). Trudy NGRI, ser.A; vyp.62, 1935.
Вебер В.В. Геологическая карта Кабристана, планшет II-3 (Бояната). Труды НГРИ, сер.А; вып.62, 1935.
4. **Mirchink M.F.** Tektonicheskie problemy JuV Kavkaza. - Aznefteizdat, 1935.
Мирчинк М.Ф. Тектонические проблемы ЮВ Кавказа. - Азнефтеиздат, 1935.
5. **Ahmedov G.A.** Geologija i neftenosnost Kobystana. - Aznefteizdat, 1957.
Ахмедов Г.А. Геология и нефтеносность Кобыстана. - Азнефтеиздат, 1957.
6. **Ahmedov G.A., Salaev S.G., Dadashov F.G. i dr.** Nauchnye osnovy poiskov gazovyh zalezhey v paleogen-miocenovyh otlozhenijah depressionnyh zon Azerbajdzhana. – Baku: Elm, 1970. – 145 s.
Ахмедов Г.А., Салаев С.Г., Дадашев Ф.Г. и др. Научные основы поисков газовых залежей в палеоген-миоценовых отложениях депрессионных зон Азербайджана. – Баку: Элм, 1970. – 145 с.
7. **Salaev S.G., Kastrjulin N.S., Rizaev N.K.** Perspektivy poiskov lokalnyh skoplenij nefti i gaza v paleogen-miocenovyh otlozhenijah JuV Kavkaza //Azerbaydzhanskoe neftyanoe hozyaystvo, 1985, №4, s.1-6.
Салаев С.Г., Кастрюлин Н.С., Ризаев Н.К. Перспективы поисков локальных скоплений нефти и газа в палеоген-миоценовых отложениях ЮВ Кавказа //Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1985, №4, с.1-6.

8. **Salaev S.G.** Oliogen-miocenovye otlozhenija Jugo-Vostochnogo Kavkaza i ih neftegazonosnost. – Baku: Izd-vo AN Azerb.SSR, 1961. – 256 s.
Салаев С.Г. Олиоцен-миоценовые отложения Юго-Восточного Кавказа и их нефтегазоносность. – Баку: Изд-во АН Азерб.ССР, 1961. – 256 с.
9. **Kastrjulin N.S.** Geologicheskie uslovija razvitiya gryazevulkanicheskikh processov v Juzhno-Kaspiskoy neftegazonosnoj provincii. – V sb.: materialy nauchnoy konferencii, posvyashchennoy 40-letiyu Instituta geologii AN Azerb.SSR, Baku, 1982, s. 24-32. Dep. v VINITI 10 avg.1982, № 4432-82 Dep.
Кастриюлин Н.С. Геологические условия развития грязевулканических процессов в Южно-Каспийской нефтегазоносной провинции. – В сб.: материалы научной конференции, посвященной 40-летию Института геологии АН Азерб.ССР, Баку, 1982, с. 24-32. Деп. в ВИНИТИ 10 авг.1982, № 4432-82 Деп.
10. **Hüseynov H.M., Nəsibova G.C., Əliyeva T.A.** Cənubi Qobustan və Ceyrankeçməz çökəkliyinin oliqosen-miosen çöküntülərinin litofasial xüsusiyyətlərinin tədqiqi. //Azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri 2012. Cild 14. №2, səh.13-18.
11. **Yusifov X.M., Rzayev A.Ə., Rəhmanov R.R.** Cənub-Şərqi Qobustan və Qərbi Abşeronun Kaynozoy çöküntü komplekslərinin paleotektonik toplanma şəraitləri //Научные труды Института «Научных исследований» ГНКАР. 2008. №11. С.12-19.
12. **Mehdiyev Ü.Ş., Yusifov X.M., Rəhmanov R.R.** Qərbi Abşeron və Cənub-Şərqi Qobustanın neftli-qazlı çöküntü kompleksləri və onların perspektivliliyi //Научные труды Института «Научных исследований» ГНКАР. 2008. №11. С.3-11.

CƏNUB-ŞƏRQİ QOBUSTANIN ÇÖKMƏ QATININ FORMALAŞMASININ GEOTEKTONİK VƏ GEODİNAMİK ŞƏRAİTİ VƏ NEFT QAZ TOPLANMA ZONALARI

M.G. ƏHMƏDOV

Qobustanın cənub-şərq depressiya zonasında Paleogen-Miosen çöküntülərinin geotektonik, geodinamik analizi əsasında neft-qaz toplanma şəraiti müəyyən olunmuş və tədqiqat sahəsinin sənaye əhəmiyyətli perspektivli neftli qazlı zonaları ayrılmışdır.

Açar sözlər: Paleogen-Miosen çöküntüsü, periklinal, sinklinal, oliqosen- miosen quruluşu, neft-qazlılıq, məhsuldar qat, antiklinal zona.

GEOTECTONIC AND GEODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION SEDIMENTARY ROCKS AND OIL-GAS TRAPS IN SOUTH-EAST GOBUSTAN

M.G. AKHMEDOV

The paper defines the conditions of oil and gas entrapment on the basis of geotectonic and geodynamic analysis of the Paleogene-Miocene depression zones in the south-eastern part of Gobustan defined, and it also highlights the areas of potential oil and gas reserves within the examined territory.

Key words: Paleogene-Miocene deposits, periclinale, synclinale, Oligocene-Miocene structure, petroleum reserves, productive stratum, anticlinal zone.

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Б.Г. АЛИЕВ*

Статья на основе обобщения методов применения озоновых технологий в сельском хозяйстве и анализа имеющихся результатов в Азербайджане показывает хозяйственную эффективность и экологические преимущества предпосевной озоновой обработки семян выращиваемых культур, а также мелиоративный эффект озонированной воды.

Ключевые слова: озоновые технологии, озоновая предпосевная обработка семян, полив озонированной водой.

Введение. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства и урожайности сельскохозяйственных культур является стратегически важным для Азербайджана. Экологическая сохранность растений и окружающей природной среды всегда была и будет первостепенным элементом развития производства. Задача обеспечения продовольственной безопасности на фоне ограниченных земельных и водных ресурсов актуализирует вопросы применения инновационных по характеру и экологичных по сущности технологий в сельском хозяйстве страны.

Постановка задачи. На сегодняшний день потенциальные потери урожая зерновых культур во всем мире составляют около 20 % валового сбора зерна [1]. Для предпосевной обработки семян с целью уничтожения внешней и внутренней фитопатогенной микрофлоры, активизации процессов жизнедеятельности семян и защиты растений во время их вегетации широко используются химические средства. Однако химические средства наряду с положительным действием имеют и негативные последствия: загрязнение окружающей среды ядохимикатами и накопление их в грунте и в самой продукции растениеводства.

Чтобы решить проблемы растениеводства с точки зрения экологической стабильности, крайне необходимо разработать новые перспективные, конкурентоспособные технологии с целью обеззараживания семенного материала и улучшения посевых качеств культур при сохранении растением биологической ценности и нативных свойств.

* Азербайджанский университет архитектуры и строительства

Одним из перспективных и экологически чистых направлений решения этих проблем являются озоновые технологии, то есть обработка семян озоном и озонированной водой.

Анализируя различные альтернативные разработки технологий предпосевной обработки семян, можно сделать вывод о том, что озоновые технологии являются наиболее привлекательными для этой цели. Это обусловлено тем, что озон проявляет комплексное действие на семена как активирующий и дезодорирующий агент, а технологии применения озона достаточно просты и экологически безопасны. Механизм действия озона на семена заключается в интенсификации обмена веществ во время прорастания и активизации биохимических процессов в зародыше под действием атомарного кислорода, который является продуктом распада озона.

Актуальным остается повышение эффективности сельскохозяйственного производства и урожайности с/х культур, в том числе пшеницы как важной зерновой культуры. Она дает 30 % мирового производства зерна и снабжает продовольствием более половины населения земного шара. Популярность пшеницы объясняется целым рядом причин, и прежде всего – высокой питательной ценностью и усвояемостью. Продукты из зерна пшеницы являются неотъемлемым источником многих биологически активных веществ, в том числе витаминов: Е, В1, В2, В3, В5, В6, Н и другие. Улучшение технологической и пищевой ценности зерна – одна из важнейших проблем растениеводства.

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от качества посевного материала и его подготовки к севу. Научный и практический интерес представляет поиск эффективных, экологически безопасных методов воздействия на семена для повышения их урожайных качеств.

Технологии, связанные с применением озона, являются привлекательными для предпосевной обработки семян. Озонирование – один из методов электрофизического воздействия, повышающий семенные и технологические достоинства сельскохозяйственной продукции.

Решение задачи. С целью изучения влияния предпосевного озонирования семян на содержание витаминов в зерне пшеницы проводились исследования в степной природно-климатической зоне юго-востока Западной Сибири в 2003-2011 гг. В итоге исследований получены положительные результаты. Объектом исследований был сорт яровой мягкой пшеницы среднеспелой группы маринка. На фоне контроля (без озонирования) изучали четыре варианта опыта с различной обработкой семян: 1-й вариант – 85 мг/м³ 15 минут; 2-й вариант - 170 мг/м³ 15 минут; 3-й вариант – 85 мг/м³ 45 минут; 4-й вариант – 170 мг/м³ 45 минут.

Посев проводили через семь дней после озонирования. Витамины в зерне пшеницы определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе ИК-4500. Для математической обработки первичных данных использовали элементы дисперсионного анализа, изменчивость показателей оценивали по величине размаха варьирования (V, %). Анализ полученных данных показал, что предпосевное озонирование семян оказалось существенное влияние на содержание в зерне пшеницы витамина В3 (V = 37 %), витамина В2 (= 30 %), витамина В5 (= 24 %) и витамина В1 (=15 %) (табл. 1).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: предпосевная обработка семян озоном в большей степени повлияла на содержание в зерне пшеницы витамина В3 (V= 37 %), витамина В2 (V=30 %), витамина В5 (V= 24 %) и витамина В1 (V=15 %) ; в меньшей степени на количество витаминов Е (V= 13 %).

Повышенное содержание витаминов В1 и В2 отмечено во втором-четвертом вариантах. Таким образом, накопление данных витаминов обусловлено как воздействием повышенной дозы озона ($170 \text{ мг}/\text{м}^3$), так и удлинением времени обработки семян более слабой дозой озона ($85 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Содержание витаминов В3 и В5 определялось как дозой озона, так и временем его воздействия. Увеличение количества данных витаминов наблюдалось при меньшем времени обработки более высокой дозой озона (второй вариант опыта), при уменьшенной дозе озона необходимо удлинять время предпосевного озонирования (третий вариант опыта). Увеличение количества в зерне витаминов Е связано с обработкой повышенной дозой озона $170 \text{ мг}/\text{м}^3$ при отличающихся временных показателях. Следовательно, его содержание определяется дозой озона.

В этом направлении изучением озоновой технологии предпосевной обработки семян занимались Национальная Академия Наук Украины, Национальный Научный Центр и Харьковский физико-технический институт, Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева Украинской Академии аграрных наук. На протяжении 10 лет эти структуры разрабатывали новую перспективную технологию предпосевной обработки семян с помощью экологически чистой озONO-воздушной смеси, от лабораторных до производственных испытаний.

В первоначальных исследованиях были проведены лабораторные опыты по определению энергии прорастания и всхожести семян различных зерновых культур при воздействии озONO-воздушной смеси с разной концентрацией озона и различной дозой воздействия. В качестве контроля были взяты семена без какой-либо обработки, а в качестве эталона – обработанные фунгицидом Витавекс 200 с производственной нормой (2,5 л/т). Результаты данных лабораторных исследований 2002 года энергии прорастания и лабораторной всхожести семян различных озимых зерновых культур и сравнение с контролльным вариантом приведены в таблице 2.

Во всех вариантах опыта энергия прорастания увеличивалась на 1-3 %. Одновременно с лабораторными исследованиями были заложены полевые опыты на тех же зерновых культурах. На примере ячменя ярового сорта «Зверщення» (полевые опыты ИР

Табл. 1.
Содержание витаминов в зерне пшеницы в зависимости от экспозиции предпосевного озонирования семян (сорт маринка, 2009-2011 гг.)

Показатель	Вариант опыта				V, %
	контроль	1	2	3	
Витамин Е, мг/кг	8,24	7,82	9,02	7,97	8,90 13
Витамин В1, мг/кг	4,92	4,67	5,14	5,22	5,52 15
Витамин В2, мг/кг	0,93	0,91	1,16	1,05	1,30 30
Витамин В3, мг/кг	5,27	6,97	7,41	8,36	6,77 37
Витамин В5, мг/кг	36,25	37,01	43,49	43,73	33,43 24

им. В.Я. Юрьева, 2000-2003 гг.) предоставлено сравнение урожая из семян, обработанных различными методами.

Контроль над состоянием посевов показал, что после предпосевной обработки семян зерновых культур озона-воздушной смесью наблюдается стабильный эффект активизации всходов и дальнейшее ускорение развития растений по сравнению с другими методами предпосевной обработки семян. Многолетние испытания показали, что предпосевная обработка семян озона-воздушной смесью оказывает содействие существенному увеличению урожая на 15-20 %.

В период 2000-2004 гг. проведены производственные испытания озоновой предпосевной обработки семян зерновых культур на нескольких сельскохозяйственных предприятиях Харьковской области. В производственных условиях озоновую предпосевную обработку семян осуществляли в буртах, закромах, бункерах непосредственно на месте их хранения, за 5-15 суток перед высевом.

Сравнение результатов апробирования предпосевной обработки семян пр озимого тритикале сорта Амфидиплоид 52 суперэлита (ОАО «Новопокровка» Чугаевского района Харьковской области, 2004 г.) и пшеницы яровой твердой сорта Харьковская 27 производилось различными методами (обычное протравление - производственная технология, озоновая технология и комбинированная технология). Результаты приведены в таблице 4.

Стоимость 1 га семян элиты тритикале озимого составляет 300 USD.

При высеве в сухую почву, без выпадения осадков длительный период, в варианте обычного протравливания была низкая полевая всхожесть. Всходы появились через 25-30 дней. В период вегетации, созревания и уборки урожая, при проведении производственных испытаний озоновой предпосевной обработки семян проводили постоянный

Таблица 2.
Энергия прорастания и лабораторная всхожесть сортов озимых культур до и после обработки (ОЗ - 1 г/м³, 30 минут)

N	Сорт	Категория	Энергия прорастания		Лабораторная всхожесть	
			Начальная	После обработки	Начальная	После обработки
1	Хагус	Супер Элита	95,0	96,0	98,0	98,0
2	Харьковская 105		87,0	90,0	92,0	93,0
3	ТУР		88,0	90,0	92,0	93,0
4	ГАРНЭ		89,0	90,0	93,0	93,0

Таблица 3.
Влияние различных методов предпосевной обработки семян на урожай зерна ячменя ярового сорта «Звершения»

Варианты	Урожай, т/га				Средний т/га	\pm к контролю	
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.		т/га	%
Контроль (без обработки)	2,54	2,27	3,23	3,49	2,9	± 0	± 0
Эталон (Витавекс-200-ФФ)	2,62	2,55	3,23	3,64	3,01	+,11	+ 3,8
Озон	3,36	2,60	3,60	4,02	3,40	+ 0,5	+ 17,2

HCP, 005 = 0,26

контроль над состоянием посевов, развитием растений и структурой урожая озимого тритикале.

Таблица 4.

Производственные испытания озоновой технологии предпосевной обработки семян озимого тритикале сорта Амфидиплоид 52, суперэлита

Варианты предпосевной обработки	Площадь, га	Валовой сбор, т	Урожай		Дополнительная прибыль, US \$.	
			т/га	%	со всей площади	с 1 га
«Гранивит» норма (эталон)	8,5	28,48	3,35	100	0	0
Озон	8,5	48,2	5,67	169	5808,9	683,4

Производственные испытания озоновой технологии предпосевной обработки семян пшеницы ярового сорта Харьковская 27 приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Озоновая технология предпосевной обработки семян пшеницы

Варианты предпосевной обработки	Валовой сбор, т	Урожай зерна, т/га	Разница в урожае		Затраты на обработку семян USD	Стоимость урожая USD	Дополнительная прибыль USD	
			т/га	% к эталону			К эталону	На 1 га
«Витавакс-200-ФФ» норма эталон	8,3	2,36	0,0	0	53	3210,4	0	0
Озон	9,2	2,63	0,27	11,4	3	3558,5	398	113,8
Озон + ½ нормы «Витавакс- 200-ФФ»	9,3	2,66	0,30	12,7	30	3567,7		117,2

Стоимость 1 т семян элиты пшеницы твердой яровой сорта Харьковская 27 составляет 390 USD. Из приведенных в таблицах данных видно, что предпосевная обработка семян озона-воздушной смесью оказывает содействие существенному увеличению урожая. При этом следует отметить, что озона-воздушную смесь получают непосредственно на месте обработки с энергозатратами около 5 квт/час на тонну обрабатываемых семян. Для варианта протравливания семян фунгицидом (эталон) необходимые затраты препарата составляют 2,5-3,0 кг на тонну семян (1 кг фунгицида стоит 15-25 долларов США, без учета затрат на обработку). Таким образом, следует отметить, что, помимо снижения экологической нагрузки на окружающую среду, озоновая технология предпосевной обработки семян имеет значительные экономические преимущества. По сравнению с традиционными технологиями предпосевной обработки семян, эта технология более простая в применении и дает возможность получать экологически чистую продукцию.

В этом направлении имеется большой опыт работы и у других стран, которые однозначно подтверждают преимущества озоновых технологий. Необходимо отметить, что

этот вопрос очень мало изучен для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

Озонирование воды является наиболее эффективным, здоровым способом водо-подготовки и комплексной очистки воды, но не влечущим никаких вредоносных или побочных эффектов в сельском хозяйстве. Использование озонированной воды в сельском хозяйстве, особенно при выращивании продукции растениеводства, имеет большое народно-хозяйственное значение для получения экологической чистой продукции. При этом в воде не образуются вредные примеси, сохраняется уровень РН и минеральный состав. Словом, озонированная вода является абсолютно безопасной с позиции экологической безопасности, и в этом ее большое преимущество перед другими способами полива ведении сельского хозяйства [2]. Сочетание этих преимуществ и стало причиной того, что для системы полива преимущественно выбирают именно озонированную воду. Секрет в том, что озон оказывает значительное влияние на рост растений.

В растениеводстве в настоящее время озон применяется в следующих направлениях:

- стимуляция выращивания растений в результате снижения микробной обсемененности самих растений, почвы и воздуха, а также усиления синтеза и накопления питательных веществ;
- предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур с целью повышения их посевных качеств и урожайных свойств а также устойчивости к неблагоприятным воздействиям;
- борьба с вредителями и болезнями растений и сокращение применения гербицидов и пестицидов;
- использование озоно-воздушной смеси в качестве сушильного агента;
- консервирование и обеспечение сохранности сельскохозяйственных продуктов, в том числе во влажном состоянии, уменьшение расхода энергии при их высушивании и потерь при хранении;
- снижение токсичности вредных веществ, содержащихся в продуктах сельского хозяйства.

Озон имеет следующие свойства: уничтожает все известные микроорганизмы: вирусы, бактерии, грибы, водоросли, их споры, цисты и т.д.; озон действует очень быстро – в течение нескольких минут; удаляет неприятные запахи; не образует токсичных побочных продуктов; остаточный озон быстро превращается в кислород; озон вырабатывается на месте, не требует хранения и перевозки; озон уничтожает микроорганизмы в 300-3000 раз быстрее, чем любые другие дезинфекторы. Еще одним немаловажным преимуществом является экологическая совместимость озона с окружающей средой.

Надо отметить, что озон в 15 раз лучше растворяется в воде, чем кислород. Проникая вглубь почвы, озон распадается до кислорода и высвобождается из воды. Корням растений нужен воздух, чтобы дышать. Без этого в почве будут развиваться анаэробные бактерии, что подавляет рост растений и уменьшает урожайность. Использование озонированной воды позволяет увеличить урожайность от 13 % до 15 % благодаря улучше-

нию качества почвы и здоровья растений. С агрономической точки зрения, основные преимущества применения озона связаны с увеличением концентрации растворенного кислорода в воде, используемой для системы орошения растений. Системы озонирования обычно увеличивают содержание растворенного кислорода на 30-45 %.

Многолетние исследования, проведенные в бывшем Советском Союзе по поливу озонированной водой, еще раз доказали выводы о его преимуществе при ирригации.

Озонированная вода увеличивает урожайность, корневую массу, содержание сахара, размер и плотность плодов, позволяет ускорить созревание культур. Увеличивает проникновение воды и кислорода в почву, что улучшает дыхание и повышает доступность питательных веществ. Увеличение корневой массы приводит к повышению поглощения питательных веществ и снижению нормы применения удобрений. Сокращает количество корневых патогенов и повышает устойчивость корней к этим заболеваниям. Повышает эффективность использования воды, позволяет сократить ее расход. Идеально подходит для всех типов почвы, в том числе соленных. Уменьшает отложение извести в системах полива.

На сегодняшний день многочисленные ученые смело утверждают, что озонирование воды не только обеспечивает здоровый рост культур (в особенности тепличных), но и позволяет добиться значительного развития и повышения урожайности, что, в свою очередь, превращает озонную водоочистку не просто в способ получения безопасной воды, но и в вариант эффективного инвестирования в фермерское хозяйство [3-11].

Проведенные обобщения и анализ данных комплексных работ в области сельского хозяйства, полученных с разных стран мира, позволили нам обосновать большую важность использования технологий озонирования. Однако необходимо отметить, что разработка и внедрение методов исследований и конструкций озонирования в сельском хозяйстве Азербайджана не изучены. С целью изучения повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также для решения продовольственной безопасности страны впервые после 2010 года сделана попытка создания совершенно новой конструкции и методов исследования озонирования Национальной академией авиации под руководством академика А.М. Пашаева. Необходимо отметить, что Национальная академия авиации совместно с Инженерной академией Азербайджана осуществляют руководство Программой продовольственной безопасности страны.

Исследования и разработка конструкций для озонирования проводились на двух культурах – пшенице и кукурузе, на участках принадлежащих «Азерсунхолдинг» в Бейлаганском и Кюрдамирском районах Азербайджана в 2013-2015 годах. При этом у пшеницы прибавка урожая составила 9-12 %, а у кукурузы 15 %. При исследовании и изучении технологий озонирования привлечен Институт генетических ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана. Необходимо отметить, что пшеница и кукуруза являются одними из основных важных сельскохозяйственных культур в мире. Химический состав пшеницы и кукурузы имеет большое практическое значение, так как количество и свойства веществ, из которых состоит зерновка, являются основой для определения и качества пищевой ценности и потребительских достоинств продуктов, получен-

ных из зерна. Большое значение в интенсивной системе ведения растениеводства имеет предпосевная обработка семенного материала.

Заключение. Сегодня основным технологическим процессом предпосевной обработки семян остается протравливание. Но использование химических препаратов связано с опасностью для человека и загрязнением окружающей среды. В отличие от традиционных методов в предпосевной обработке семян химикатами, электрофизические методы являются экологически чистыми и не оказывают отрицательного побочного действия на растения. Поэтому одной из перспективных с инновационно-экологической точки зрения технологий является озонирование.

Следует отметить, что для изучения всего комплекса технологического процесса требуется совершенно новый подход разработки и внедрения водосберегающей техники и технологии полива с использованием озонированной воды. Эти вопросы в Азербайджане не изучены. С целью повышения урожайности и экологической стабильности в сельском хозяйстве Азербайджана считаем необходимым разработать и внедрить совершенно новую технику и технологию полива с использованием озонированной воды. В дальнейшем внедрение комплекса технологических процессов с использованием озонированных вод будет способствовать решению проблемы продовольственной безопасности нашей страны.

REFERENCE

1. **Kondratenko E.P.** Biologicheskie osnovy polucheniya vysokokachestvennogo zerna prodrovolstvennoj pshenicy v Kemerovskoj oblasti /E.P.Kondratenko, Pinchuk, Kemerovo, 2000. - 80 s.
Кондратенко Е.П. Биологические основы получения высококачественного зерна продовольственной пшеницы в Кемеровской области /Е.П.Кондратенко, Пинчук, Кемерово. 2000. - 80 с.
2. **Avdeeva V.N., Molchanova N.G., Bezgina Ju.A.** Jekologicheskij metod obrabotki semjan pshenicy s celyu povyshenija ih posevnyh kachestv // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012, № 2. - s.21-23.
Авдеева В.Н., Молчанова Н.Г., Безгина Ю.А. Экологический метод обработки семян пшеницы с целью повышения их посевных качеств // Современные проблемы науки и образования. 2012, № 2. - с.21-23.
3. **Gerasimova D., Maruhino O.V., Lipchik A.G.** Izmenchivost otdelnyh elementov struktury urozhajnosti pshenicy pod vlijaniem predposevnogo ozonirovaniya semjan. // Statya, Ministerstvo selskogo hozjajstva RF, 2004 g. - s. 20-23.
Герасимова Д., Марухино О.В., Липчик А.Г. Изменчивость отдельных элементов структуры урожайности пшеницы под влиянием предпосевного озонирования семян. // Статья, Министерство сельского хозяйства РФ, 2004 г, - с. 20-23.
4. **Avdeeva V.** Predposevnaya obrabotka semyan ozimoj pshenicy. V. Avdeeva, G.Starodubceva, s. Ljubas // Glavnuy agronom. – 2009, № 5. – s. 22-24.
Авдеева В. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы. В. Авдеева, Г.Стародубцева, с. Любас // Главный агроном. – 2009, № 5. – с. 22-24.
5. **Lentochkin A.M.** Urozhaynost jarovoj pshenicy Irgina i ee slagaemye // Zernovoe hozyaystvo. – 2003. - № 3. – s. 10.

- Ленточкин А.М.** Урожайность яровой пшеницы Иргина и ее слагаемые // Зерновое хозяйство. – 2003. - № 3. – с. 10.
6. **Konovalov Ju.B.** Ocenka stabilnosti urozhaynosti i formirujushhih ee pokazateley sortov jarovoy pshenicy v usloviyah Centralnogo rajona. Ju.B. Konovalov, N.A.Suleyman, M.N. Skorljanov. // Izvestija TSHA- 2005, № 2. - s. 29-40.
- Коновалов Ю.Б.** Оценка стабильности урожайности и формирующих ее показателей сортов яровой пшеницы в условиях Центрального района. Ю.Б. Коновалов, Н.А.Сулейман, М.Н. Скорлянов. // Известия ТСХА- 2005, № 2. - с. 29-40.
7. Praktikum po rastenievodstvu: Uchebnoe posobie, - M.: Kolos, 2003. – 279 s.
Практикум по растениеводству: Учебное пособие, - М.: Колос, 2003. – 279 с.
8. Teoriya i praktika predposevnoy obrabotki semyan. // Juzhnoe otdelenie VASHNIL, 1984. – 133 s.
Ст. Теория и практика предпосевной обработки семян. // Южное отделение ВАСХНИЛ, 1984. – 133 с.
9. **Dindorogo V., Kirichenko V., Pugach S. i dr.** // Zerno i hleb, № 3, 2004, s. 40-41.
Диндорого В., Кириченко В., Пугач С. и др. // Зерно и хлеб, № 3, 2004, с. 40-41.
10. Spravochnik po zashhite rasteniy. Kiev: «Urozhay». - 1993 – 743 s.
Справочник по защите растений. Киев: «Урожай». - 1993 – 743 с.
11. **Kormov D., Shevchenko A., Fedorenko E.** Ozonirovanie povyshaet posevnye kachestva semjan. // Selskiy mehanizator. – 2009, № 1. - s. 14-15.
Кормов Д., Шевченко А., Федоренко Е. Озонирование повышает посевные качества семян. // Сельский механизатор. - 2009, № 1. - с. 14-15.

OZON TEKNOLOGİYALARININ AZƏRBAYCANIN KƏND TƏSƏRRÜFATINDA TƏTBİQİ

B.H. ƏLİYEV

Məqalədə kənd təsərrüfatında ozon texnologiyalarının istifadəsi istiqamətlərinin ümumiləşdirilmiş xülasəsi və Azərbaycanda alınan nəticələr əsasında ozonlaşdırılmış suyun meliorativ təsiri ilə yanaşı becərilən bitki toxumlarının səpin qabağı ozonlaşdırılmasının təsərrüfat səmərəliliyi və ekoloji üstünlüyü göstərilir.

Açar sözlər: kənd təsərrüfatında ozon texnologiyaları, toxumların səpindən əvvəl ozonlaşdırılması, ozonlaşdırılmış su ilə suvarma.

THE APPLICATION OF OZONE TECHNOLOGIES IN THE AGRICULTURE OF AZERBAIJAN

B.H. ALIYEV

The article examines the economic efficiency and the environmental benefits of the pre-sowing ozone treatment of cultivated crop seeds, as well as the ameliorative effect of ozonized water based on the generalized observations and analysis of agricultural results obtained in Azerbaijan.

Key words: ozone technologies, ozone treatment of pre-sowing seeds, ozonized water irrigation.

Содержание 8-го тома (январь – декабрь 2016)

Том 8. № 1

Авиация

Пашаев А.М., Джадарзаде Р.М., Искандеров И.А., Керимов С.М.	7
Практический метод определения расстояния на основе анализа изображений	7
Абдуллаев П.Ш., Велиев Д.В.	
Рентгенофлуоресцентный анализатор металлов и его аналитическое применение в маслосистеме самолета во время полета	19

Механика и машиностроение

Джанахмедов А.Х., Пирвердиев Э.С., Копей Б.В., Замиховский Л.М., Вольченко Н.А., Журавлев Д.Ю., Возный А.В.	
Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть III)	27

Приборостроение

Цхадаев Н.Д., Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З., Дементьев И.А.	
Частотные свойства вариационных структур измерения крутящего момента	52
Джамалов Я.Т., Аскеров К.А.	
Усовершенствование производственного процесса приборов ночного видения	63

Нефть и газ

Иссаильев Г.Г., Сафаров Н.М., Джалалов Г.И.	
О перспективности создания и применения реотехнологических методов в нефтедобыче на основе водонефтяных систем	74

Нефтехимические технологии

Нуруллаев В.Х., Сейфен Ф.Г.	
Анализ смешения нефтепродуктов и эффективные экономические пути повышения топливных ресурсов	85
Гаджиева С.Р., Рамазанова Н.К., Джадарзов Я.Д., Алиев С.М., Гулиева Р.Т.	
Воздействие концентрации раствора на радиационно-химический выход молекулярного водорода, образующегося во время радиолиза водного раствора NaOH	97
Усубалиев Б.Т., Мурзатов Ф.Т., Алиева Ф.Б.	
Применение координационных полимеров для увеличения нефтеотдачи пластов	102

Энергетика

Гурбанов Э.Д.	
Разработка основных узлов высоковольтных высокочастотных импульсных установок	110

Строительство

Шарифов З.З., Алиев Ч.М.	
Оценка массовой потери гильз цилиндров во время эксплуатации	122
Гезалова С.Ш.	
Анализ соответствий судов, плавающих в Каспийском море, требованиям Международной Конвенции	126

К дню рождения Арифа Пашаева

Том 8. № 2

Физика прочности

Велиев Р.Г., Джавадов Н.Г., Дышин О.А.	
Контролирование критических состояний твердого тела при пластической деформации с использованием обобщенных золотых отношений	7

Механика и машиностроение

Джанахмедов А.Х., Пирвердиев Э.С., Скрыпник В.С., Журавлев Д.Ю., Витвицкий В.С.	
Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть 4)	18
Мирзоев О.Г.	
Исследование степени герметизации фланцевых соединений фонтанной арматуры	34
Керимов О.М., Аббасов Э.И.	
Исследование влияния занимаемого положения плунжера внутри цилиндра на работу насоса	42

Нефть и газ

Самедзаде А.Т.	
Моделирование задач разработки газоконденсатных месторождений в режиме истощения	48
Мурзатов Ф.Т.	
Определение объектов в зависимости от условий с целью применения методов повышения дебита нефти скважин (на примере Сиязанской моноклинали)	60
Вольченко Д.А., Мирамалов Г.Ф., Возный В.Р.	
Потенциал повышения нефтеизвлечения с применением заводнения	65

Нефтехимические технологии

Зейналов Э.Т., Гусейнова Э.А., Багирова Н.Н., Аджамов К.Ю.	
Влияние метода активации на активность никелевого катализатора	72

Информационные технологии

Гасанов М.Г., Искендерзаде Ш.Г.	
Автоматизированное компьютерное исследование тракта звуковоизлучения и акустических характеристик помещения	79
Дышин О.А., Яхъяева А.Н.	
Выбор наилучшей альтернативы на основе нечеткого логического вывода с применением интервальных нечетких множеств второго типа	87

Энергетика

Юсифбейли Н.А., Гулиев Г.Б., Гасымов Р.А.	
Методика повышения эффективности нечеткого управления потоком реактивной мощности в распределительных электрических сетях	96

Строительство

Нагрузова Л.П., Ерцкина Е.Б.	
Инженерно-геометрическое моделирование при проектировании архитектурных объектов	106

Экология

Келбалиев Г.И., Мустафаева Г.Р., Сулейманов Г.З., Расулов С.Р.	
Экологические аспекты процесса экстракции органических растворов из сточных вод рециркуляцией	111
Аманова Ш.С.	
Антropогенные трансформации аридно-лесных ландшафтов	121

Сельское хозяйство

Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р.	
Оценка уровня продовольственной безопасности и особенности стратегии самообеспечения в Азербайджане	126
К 80-летию академика Б.В. Гусева	136
Хроника	138

Том 8. № 3

Приборостроение

Пашаев А.М., Абдуллаев Х.И., Мухтаров Р.М.

Применение формулы Миллера для определения параметров микропиксельных лавинных фотодиодов 7

Авиация

Каримли Т.И.

Современные гиростабилизаторы и области их применения 14

Механика и машиностроение

Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Джавадов М.Я., Возный А.В.,

Курыляк Я.В., Стадник О.Б.

Нанотрибологические процессы при электрическом разряде в дискретных омических контактах металлополимерных пар трибосистем 24

Асланов З.Ю.

Влияние эксплуатационных факторов на работоспособность редуктора 35

Ширзадов Ф.М., Садыхов А.Х.

Нанесение износостойких покрытий методом электродуговой наплавки 45

Физика прочности

Бадалов А.З., Сардарлы Р.М., Везирова Т.Н., Юсифов М.Ю., Оруджева А.А.

Определение коэффициентов поглощения и предломления кристаллов $TlInS_2$ и $TlInS_2$ с 0.3% примесями <Co, Fe, Mn и Cr> 56

Нефть и газ

Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З.

Соотношение энергетических показателей в системе «бурильная колонна – привод» 63

Нуруллаев В.Х.

Транспортировка мазута кавитационными технологиями 74

Мурватов Ф.Т., Керимова А.Г., Мамедова Г.Г.

Об осложнениях в процессе эксплуатации моноклинальных нефтяных месторождений 85

Рагимова М.С.

Расчет подъемника с учетом эксплуатационных свойств фонтанных скважин 89

Алиева О.А.

Классификация подземных газохранилищ 94

Нефтехимические технологии

Расулов С.Р., Рзаев А.Г., Оруджев В.В., Мустафаева Г.Р.

Математическое моделирование процесса структурообразования нефти в пласте – коллекторе нефтяных месторождений 98

Энергетика

Мамедов Ф.Ф.

Анализ экспериментальных результатов аккумулирующих систем солнечного теплообменника – гелиореактора на основе материала фазового перехода 102

Информационные технологии

Рзаев Р.Р., Алиев Э.Т., Гасанов В.И., Джамалов З.Р.

Нечёткая когнитивная модель для комплексной оценки продовольственной безопасности 109

Гасанов Дж.Г.

Разработка моделей транспортно-логистических кластеров с учетом особенностей страны 124

Водное хозяйство

Агарзаев Т.М.

Исследование потери воды при использовании счетчика 132

К 70-летию академика А.Х. Джанахмедова 137

Том 8. № 4

Механика и машиностроение

Джамалов Я.Т., Аскеров К.А.

Совершенствование работы метрологических и калибровочных лабораторий 7

Сулейманов П.Г.

Влияние параметров процесса притирки с дозированным съемом материала поверхности на качественные показатели деталей 17

Аллахвердиев З.С.

Конструктивные методы обеспечения технической безопасности штанговых насосов 27

Нефть и газ

Керимова А.Г., Мамедова Г.Г.

Мероприятия против снижения эффективности разработки нефтяных месторождений в ее конечной стадии 32

Гурбанов А. Н.

Повышение эффективности технологий транспортировки газа с Карадагских подземных газохранилищ 37

Нефтехимические технологии

Алиев Т.А., Рзаев А.Б., Расулов С.Р., Гулусев Г.А.

Идентификация механизма тектонических движений, приводящих к возникновению землетрясения 43

Мамедова Е.В.

Учет реологических свойств неильтоновских нефтей в технологических процессах нефтедобычи 53

Аббасов В.М., Алиева Л.И., Эфендиева Л.М., Велиева Ф.М., Нуриев Л.Г., Багиров К.М., Гулузаде А.Г.

Оптимизация глубокого азрбоного окисления нефтяной нафто-парафиновой фракции 59

Информационные технологии

Велиев Р.Г., Дашибян О.А.

Лингвистическая модель принятия решений в системе образования на основе интервальных нечетких множеств второго типа 68

Рзаев Х.Н., Гасанов Р.А.

Анализ протоколов безопасности и достоверности в перспективных системах предоставления услуг связи 83

Амуджи А.Ш.

Принципы управления знаниями экспертной системы для диагностики неврологических заболеваний на основе модели АСН, основанной на логике ситуации 99

Экология

Агаев А.Т., Исмагилов А.И., Сулейманов Т.И.

Исследование влияния наводнений на экологическое состояние почвы на основе дистанционного зондирования и геоинформационных технологий 106

Ахмедов М.Г.

Геотектоническая и геодинамическая обстановка формирования осадочных комплексов и зон нефтегазонакопления в юго-восточном Гобустане 116

Сельское хозяйство

Алиев Б.Г.

Применение озоновых технологий в сельском хозяйстве Азербайджана 128

Содержание 8 тома (январь – декабрь 2016 г.) 137

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

Jurnalın redaksiya heyəti jurnalın elmi istiqamətinə uyğun gələn, heç bir yerdə nəşr olunmayan, digər jurnallara verilməyən məqalələrin əlyazmalarına baxır.

Məqalə azərbaycan, rus və ya ingilis dillərində yazılı bilər və onun bir nüsxəsi redaksiyaya təqdim olunmaqla, aşağıdakıları özündə əks etdirməlidir:

1. Məqalənin adı, müəlliflərin adı (3 dildə tərcüməsi), işin yerinə yetirildiyi müəssisənin ünvanı;
2. UDK kodu;
3. Annotasiya, 5 cümlədən çox olmayıraq (3 dildə tərcüməsi);
4. Açıar sözlər, 10 sözdən çox olmayıraq (3 dildə tərcüməsi);
5. Məqalənin mətni;
6. Ədəbiyyat siyahısı (mənbə haqqında tam məlumat);

7. Şəkilaltı yazılar və cədvəllər;

8. Müəlliflər haqqında məlumatlar (adi, soyadı, atasının adı, elmi dərəcəsi, elmi rütbəsi, vəzifəsi, telefon nömrəsi, e-mail adresi), hansı müəlliflə yazışma aparılmalı olunduğu qeyd edilməli;

Məqalənin əlyazmasına müəssisə rəhbərinin imzası ilə razılıq məktubu əlavə olunmalıdır.

Mətnin yenidən yiğilması zamanı yarana biləcək nöqsanları aradan qaldırmaq məqsədi ilə məqalə mətni Word for Windows formatında, Times New Roman şrifti ilə elektron şəklində də redaksiyaya təqdim edilməlidir.

Əlyazmanın nəşri üçün müəlliflərdən ödəniş alınmir.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Редколлегия журнала рассматривает рукописи статей, которые соответствуют научному профилю журнала, нигде не опубликованы и не переданы в редакции других журналов.

В редакцию следует представить 1 экземпляр статьи на азербайджанском, русском или английском языке, который включает:

1. Название статьи, имена авторов (с переводом на три языка), адреса учреждений, где была выполнена работа;
2. Коды UDK;
3. Аннотацию, до 5 предложений (с переводом на три языка);
4. Ключевые слова, до 10 слов (с переводом на три языка);
5. Текст статьи;

6. Список литературы (с указанием полных сведений об источнике);

7. Подрисуночные подписи и надписи к таблицам.

8. Сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, e-mail) с указанием автора для переписки.

К рукописи необходимо приложить сопроводительное письмо с подписью руководителя учреждения.

С целью исключения опечатки при верстке статьи просьба прислать текст и рисунки в электронном виде в формате Word for Windows, шрифт Times New Roman.

Плата с авторов за публикацию рукописи не взымается.

ARTICLE FORMATTING RULES

The Editorial Board reviews manuscripts of potential articles matching the profile of scientific journal, never were published or submitted for review to other publications.

The Author/s should submit one copy of article in Azerbaijani, Russian or English, including next:

1. Title, authors' names (translated into three languages), address where the actual research was conducted;
2. UDK codes;
3. Annotations up to 5 sentences (translated into three languages);
4. Keywords, up to 10 words (translated into three languages);

5. Article full text;

6. References (with full information about sources);

7. Captions to figures and tables;

8. Informations about authors (surname, first name, academic degree, academic rank, position, phone, e-mail) with correspondence detail.

It is necessary to include a cover letter with a signature of head of institution.

In order to avoid typographical errors in a layout article, please send text and pictures electronical Word format, and Times New Roman font.

No fees charged for the manuscript publication.

**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 8. № 4
Vol. 8. № 4
Том 8. № 4

BAKİ – 2016

İnformasiya şöbəsinin müdürü

N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdürü

A.M. Dənziyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və
“**A P O S T R O F F**” mətbəəsində
offset üsulu ilə çap olunmuşdur.
(akif0706@mail.ru)

*Çapa imzalanmış 15.12.2016,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli, f.ç.v. 17,5
Tirajı 1310 əd.*