



**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 9. № 4
Vol. 9. № 4
Том 9. № 4

BAKİ – 2017

**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ**

Beynəlxalq elmi-texniki jurnal

BAŞ REDAKTOR – AKADEMİK A.M. PAŞAYEV
Baş redaktorun müavini – akademik Ə.X. Cənəhmədov

REDAKSIYA HEYƏTİ:

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

REDAKSIYA ŞURASI:

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

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

CHIEF EDITOR – A.M. PASHAYEV, ACADEMICIAN
Deputy editor – A.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. Mamadov, academician, G.H. Mamadova, academician,
H.F. Miralamov, academician, I.R. Sadigov, academician

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

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

TƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birliyi.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövriliyi ildə 4 dəfədir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyində qeydiyyatda alınmışdır.

Qeydiyyat № 2965, 23.06.2009-cu il.

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

Jurnal “Rusiyanın elmi sitat indeksləşməsi” (RESİ) layihəsinə daxil edilib.

Jurnalın tam mətn elektron versiyası Rusiya Universal Elmi Elektron kitabxanasının bazasında mövcuddur (<http://www.elibrary.ru>).

Jurnal Beynəlxalq elmi sitat sistemi SCOPUS və Clarivate Analytics (*keçmiş adı: Thomson Reuters*) qeydiyyatı prosesindədir.

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

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

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvanı: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,

Bakı şəhəri, K.Səfəraliyeva 22.

Tel/Faks: (+99412) 598 24 52

(dax. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

<http://ama.com.az>

REKLAMLARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR 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 part of the project “Russian Science Citation Index” (RSCI).

The full text of journal is available electronically through Russian Universal Scientific Electronic Library database (<http://www.elibrary.ru>).

The journal is in the process of registration in the international system of scientific citing SCOPUS and Clarivate Analytics (*formerly known as Thomson Reuters*).

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

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

For juristic and for natural persons – 1156

Address of editorial offices:

Azerbaijan Republic, AZ 1010,

Baku, K.Safaraliyeva 22.

Tel/Fax: (+99412) 598 24 52

(inter. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

<http://ama.com.az>

CONCERNING ADVERTISING
PLACING TO ADDRESS
IN EDITION

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Общественное объединение «Азербайджанская Инженерная Академия».

Журнал издается с ноября 2009 года.

Выходит 4 раза в год.

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

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

Журнал представлен в проекте «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

Полнотекстовая электронная версия журнала размещена в базе данных Российской универсальной научной электронной библиотеки (<http://www.elibrary.ru>).

Журнал находится в процессе регистрации в международной системе научного цитирования SCOPUS и Clarivate Analytics (*прежнее название: Thomson Reuters*).

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

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

Индекс подписки для юридических и физических лиц: 1156.

Адрес редакции: Азербайджан,

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

Тел./Факс: : (+99412) 598 24 52

(внутр. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com

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

ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ
РЕКЛАМЫ ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ

M Ü N D Ə R İ C A T

Mexanika və maşınqayırma

Canəhmədov Ə.X., Volçenko A.İ., Pirverdiyev E.S.,

Volçenko D.A., Skripnik V.S., Çufus V.M.

Qazıma bucurğadın lentli-kündəli əyləcinin tribosisteminin məcburi soyudulması (II hissə) 7

Qafarov A.M., Rəhimova M.S.

Qeyri-stasionar gərginliklərdə yorğunluq zədələnmələrinin tədqiqi 19

Xəlilov İ.Ə., Kərimov S.K., İmanov Ə.S.

Diyircəkli itələyicili yumruqlu mexanizmin yumruğunun profilinin əyrilik radiusunun analitik təyini 25

Skripnik V.S.

Endirmə-qaldırma avadanlıqlarında baraban çəlləyinə dolanan kanatın elastik enerjisinin ötürülməsi və yenidən paylanması (I hissə) 30

Məmmədov V.T., Süleymanova A.C.

Quyu pakərləyici elementlərin xassələrinin eninə zərbədə tədqiqi 45

Neft və qaz

Mirələmov H.F., İskəndərov E.X.

Enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqi ilə qaz nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi 50

Ağammədova S.Ə.

Birmənalı olmayan ekspert rəyi üzrə qaz kəməri sahələrində korroziyadan dağılmanın çoxmeyarlı qiymətləndirmə dərəcəsi 55

İbrahimov N.Y., İbrahimova E.N.

Boruların silikat-emal örtüklərində yaranan çatların diaqnostikası 65

İsmayılov Q.Q., Yespolov İ.T., Əkbərova K.H.

Anomal neftlərin nəqli zamanı struktur dayanıqlığının pozulmasının diaqnozlaşdırılması 69

Neft-kimya texnologiyası

İsmayılov Q.Q., Nurullayev V.X., Adıgözəlova M.B.

Neft qarışıqlarının reo-nano-kimyəvi xüsusiyyətləri haqqında 75

Cihazqayırma

Camalov Y.T., Əsgərov K.Ə.

Optik-elektron cihazların inkişafı konsepsiyası 86

Dəmirova S.Z., Zeynalov S.Ə., Tahirov B.A.

$In_{1-x}Ga_xSb$ əsasında termostabil Holl sensorları 93

İqtisadiyyat

Markova O.N., Hüseynov R.A.

Birbaşa xarici investisiyaların iqtisadiyyata təsiri 97

Energetika

Həsənov M.H.

Adaptiv optik şəbəkələrin çoxkanallı pyezoelektrik kommutatorları 107

İnformasiya texnologiyaları

Salmanov S.Y.

Çoxmeyarlı yanaşma əsasında kadr seçimi 113

Ekologiya

Əhmədov Ş.Ə., Əhmədova M.Ş.

Karbon qazının iqlim dəyişmələrinə təsiri 119

Hüseynov N.Ş., Kərimova A.V., Ağayeva A.A.

Abşeron yarımadasında güclü konvektiv proseslərin kompleks təhlili 127

9-cu cildin mündəricatı (yanvar – dekabr 2017-ci il) 133

CONTENTS

Mechanics and Mechanical Engineering

- Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiyev E.S.,
Volchenko D.A., Skrypnyk V.S., Chufus V.M.**
Forced cooling of the shoe-band brake tribo-systems of drilling draw-works (Part II) 7
- Gafarov A.M., Ragimova M.S.**
Study of accumulation of fatigue damage in no stationary tension 19
- Khalilov I.A., Kerimov S.K., Imanov A.S.**
Analytical definition of curvature radius of cam profile of the cam mechanism
with the roller pusher 25
- Skrypnyk V.S.**
Transmission and redistribution of the elastic energy of wrapping cable on the
barrel drum of the pulling-up equipment (Part I)..... 30
- Mammadov V.T., Suleymanova A.J.**
Investigation of the properties of well packing elements during the transverse impact 45

Oil and Gas

- Miralamov H.F., Iskenderov E.Kh.**
Improvement of gas measuring and control systems using energy efficient technology 50
- Aghammadova S.A.**
Multi-criterial estimation of the corrosive damage of the gas-pipelines
sections at ambiguous expert opinions 55
- Ibragimov N.Y., Ibragimova E.N.**
Diagnostics of cracks in silicate coated pipes 65
- Ismayilov Q.Q., Yespolov I.T., Akbarova K.Q.**
Diagnosis of loss of transported abnormal oils' structural stability 69

Chemical Technology

- Ismayilov Q.Q., Nurullayev V.H., Adigozalova M.B.**
About rheo-nano-chemical specifics of the oil mixtures 75

Instrumentation

- Jamalov Y.T., Asgarov K.A.**
Concepts of development of optic-electronic devices 86
- Damirova S.Z., Zeynalov S.A., Tahirov B.A.**
Thermostable hall sensors based on $IN_{1-x}GA_xSB$ 93

Economy

- Markova O.N., Guseynov R.A.**
Influence of direct foreign investments on the national economy 97

Energetics

- Hasanov M.H.**
Multi-channel piezoelectric switch of adaptive optical networks 107

Information Technology

- Salmanov S.Ya.**
Multicriterion approach in staff recruitment 113

Ecology

- Ahmedov Sh., Ahmedova M.Sh.**
The carbon dioxide impact on climate change 119
- Huseynov N.Sh., Kerimova A.V., Agayeva A.A.**
The comprehensive analysis of the strong convective processes in the Absheron peninsula 127

- Contents of Volume 9** (january – december 2017)..... 133

СОДЕРЖАНИЕ

Механика и машиностроение

- Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С.,
Вольченко Д.А., Скрыпник В.С., Чуфус В.М.**
Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного
тормоза буровой лебедки (часть 2) 7
- Гафаров А.М., Рагимова М.С.**
Исследование накопления усталостного повреждения при нестационарном напряжении 19
- Халилов И.А., Керимов С.Х., Иманов А.С.**
Аналитическое определение радиуса кривизны профиля кулачка
кулачкового механизма с роликовым толкателем 25
- Скрыпник В.С.**
Передача и перераспределение упругой энергии навиваемого каната
на бочку барабана в спуско-подъемном оборудовании (часть I) 30
- Мамедов В.Т., Сулейманова А.Д.**
Исследование свойств скважинных пакерующих элементов при поперечном ударе 45

Нефть и газ

- Мираламов Г.Ф., Искендеров Э.Х.**
Об усовершенствовании контрольно-измерительной системы газа
с применением энергосберегающей технологии 50
- Агаммедова С.А.**
Многокритериальная оценка степени коррозионного повреждения
участков газопровода при неоднозначных экспертных мнениях 55
- Ибрагимов Н.Ю., Ибрагимова Э.Н.**
Диагностика образования трещин в силикатных покрытиях труб 65
- Исмайылов Г.Г., Есполов И.Т., Акперова К.Г.**
Диагностирование потери структурной устойчивости транспортируемых
аномальных нефтей 69

Нефтехимические технологии

- Исмайылов Г.Г., Нуруллаев В. Х., Адыгезалова М.Б.**
О рео-нано-химических особенностях нефтяных смесей 75

Приборостроение

- Джамалов Я.Т., Аскеров К.А.**
Концепция развития оптико-электронных приборов 86
- Дамирова С.З., Зейналов С.А., Таиров Б.А.**
Термостабильные датчики Холла на основе $In_{1-x}Ga_xSb$ 93

Экономика

- Маркова О.Н., Гусейнов Р.А.**
Влияние прямых иностранных инвестиций на экономику 97

Энергетика

- Гасанов М.Г.**
Многоканальный пьезоэлектрический коммутатор адаптивных оптических сетей 107

Информационные технологии

- Салманов С.Я.** Подбор кадров на основе многокритериального подхода 113

Экология

- Ахмедов Ш.А., Ахмедова М.Ш.**
О влиянии углекислого газа на изменение климата 119
- Гусейнов Н.Ш., Керимова А.В., Агаева А.А.**
Комплексный анализ сильных конвективных процессов на Апшеронском полуострове 127

- Содержание 9-го тома (январь – декабрь 2017 г.)** 133

УДК 622.24

ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ТРИБОСИСТЕМЫ ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ (часть 2)

А.Х. ДЖАНАХМЕДОВ*, А.И. ВОЛЬЧЕНКО**, Э.С. ПИРВЕРДИЕВ*,
Д.А. ВОЛЬЧЕНКО**, В.С. СКРЫПНИК**, В.М. ЧУФУС**

В материалах статьи приведены теплообменные процессы при омывании жидкостью поверхностей стенок камер составного тормозного шкива в ленточно-колодочном тормозе и потери теплоты в окружающую среду поверхностями составных тормозных шкивов в промышленных условиях при естественном и вынужденном охлаждении воздухом.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, трибосистема, пары трения, обод шкива, камера с жидкостью, конвективный, кондуктивный, радиационный теплообмен, этапы теплового баланса.

Введение. В первой части материалов статьи рассмотрены особенности конструкции воздушно-жидкостной системы охлаждения трибосопряжений ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки и тепловой баланс трибосистемы с охлаждением и его условия теплообмена; градиентная теория охлаждения трибосистемы ленточно-колодочного тормоза.

Состояние проблемы. Наличие двух ленточно-колодочных тормозов по торцам буровой лебедки позволяет температурным методом оценивать эффективность естественного, вынужденного и принудительного охлаждения различными типами теплоносителей полированной и матовых поверхностей составных тормозных шкивов [1, 2].

Метод определения теплового баланса фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки при их принудительном воздушно-жидкостном охлаждении базируется на способах нагревания циклическими торможениями, естественного снижения энергонагруженности и принудительного охлаждения различными теплоносителями составного тормозного шкива. При этом определяются потери теплоты в теле и при ее передаче кондуктивным теплообменом от крепежного выступа тормозного шкива к фланцу барабана, и от участков наружной поверхности нижней части обода шкива к каркасу камеры с жидкостью, а также от матовых и полированных поверхностей составного тормозного шкива и стенок камеры. Во всех случаях нагревания, естественного и принудительного охлаждения матовых и полированных поверхностей составных тормозных шкивов имеют место следующие виды тепло-

* Азербайджанская Инженерная академия

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

обмена: конвективный, радиационный и их комбинации в зависимости от степени нагретости поверхностей шкивов.

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

– теплообменные процессы при омывании жидкостью поверхностей стенок камер составного тормозного шкива в ленточно-колодочном тормозе;

– потери теплоты в окружающую среду поверхностями составных тормозных шкивов в промышленных условиях при охлаждении естественно и вынужденно воздухом.

Цель работы. Разработка конструкции принудительного охлаждения трибосистемы ленточно-колодочного тормоза с последующей оценкой ее энергонагруженности и напряженно деформированного состояния.

Теплообменные процессы при омывании жидкостью поверхностей стенок камер составного тормозного шкива в ленточно-колодочном тормозе. Теплообменные процессы, происходящие с теплоносителями

(воздухом, жидкостью, находящуюся в трех термодинамических состояниях) и с телом камеры, и с матовыми и полированными поверхностями частей тормозного шкива и камеры имеют сложную систему. Тепловая модель трибосистемы с воздушно-жидкостным охлаждением пар трения ленточно-колодочного тормоза приведена на рис. 1.

На части нижней нерабочей полированной поверхности A_n по образующей обода тормозного шкива, находящейся над камерой с жидкостью происходит лучистый теплообмен: подводится кондуктивным теплообменом от полированной рабочей поверхности обода шкива тепловой поток q_k и в соответствии с законом Стефана-Больцмана отводится поток собственного излучения плотностью $\varepsilon C_\lambda T_n^4$, где ε - коэффициент черноты или излучения (для абсолютно черного тела $\varepsilon = 1,0$), T_n - температура полированной поверхности обода шкива, а постоянная $C_\lambda = 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}^4)$. Таким образом, граничное условие для потока теплоты с учетом лучистого теплообмена между частью нерабочей полированной поверхностью обода шкива и охватывающей ее жидкостью, находящейся в камере и имеющей абсолютно черную поверхность, принимает вид:



Рис. 1. Тепловая модель трибосистемы с воздушно-жидкостным охлаждением фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{A_n} = -q_k + \varepsilon C_l T_n^4 \Big|_{A_n} \quad (1)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{A_n} = \varepsilon C_l (T_n^4 - T_\infty^4), \quad (2)$$

где T_∞^4 - температура жидкости на достаточном удалении от полированной нерабочей поверхности обода тормозного шкива.

Исследуем в аналитическом виде установившееся распределение температур, возникающих в теле камеры в ее верхней части при постоянном уровне находящейся в ней жидкости вследствие совместного воздействия конвективного и лучистого теплообмена [3].

Считаем, что температура по верхнему цилиндрическому кольцу камеры (обод шкива) по толщине h изменяется незначительно по сравнению с перепадом по горизонтальной образующей. Тогда граничные условия, заданные по радиальному направлению, объединяются с дифференциальным уравнение теплопроводности путем интегрирования по этой координате.

Пусть температура омывающего воздуха T_c (рис. 2 и 3), коэффициент теплоотдачи от жидкости к внутренней поверхности нижнего цилиндрического кольца $\sigma_{ж}$ и от наружной ее поверхности к омываемому воздуху $\sigma_{в}$, коэффициент теплопроводности материала стенки камеры λ , степень черноты поверхности жидкости ε не зависят от координат и температуры. Камера с кольцевым диаметром D считается бесконечной в направлении оси Z , жидкость – абсолютно черной и имеет температуру $T_{жс}$.

Начало координат расположено на уровне жидкости (T_1 и T_2 - температуры: сухой части камеры и смоченной жидкостью).

В силу осевой симметрии задачи уравнения стационарной теплопроводности для элементарного кольца высотой dz запишется в виде

$$\begin{aligned} \lambda h \frac{d^2 T_1}{dz^2} + \alpha (T_c - T_1) - \alpha_c (T_1^4 - T_\infty^4) - q_l &= 0 \quad (z > 0); \\ \lambda h \frac{d^2 T_2}{dz^2} + \alpha (T_c - T_2) - \alpha_{жс} (T_2 - T_{жс}) - \alpha_c (T_2^4 - T_{жс}^4) &= 0 \quad (z < 0), \end{aligned} \quad (3)$$

причем результирующий лучистый тепловой поток от нерабочей поверхности сухой части обода шкива в точке M равен

$$q_l(M) = \varepsilon \left\{ \alpha_c T_1^4 - \alpha_c \int_F T_1^4 d\psi_{NM} - \sigma_{жс} T_{жс}^4 \int_{F_{жс}} d\psi_{NM} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \int_F q_l d\psi_{NM} \right\}, \quad (4)$$

где первый член определяет плотность собственного излучения, второй и третий – приобретенного потоком теплоты от излучения других точек полированной нерабочей поверхности нижней части обода шкива и поверхности жидкости, последний – отраженного потока теплоты. Элементарный коэффициент облучения $d\psi_{NM}$ площадки dF_M площадкой dF_N в общем случае вычисляется по формуле

$$d\psi_{NM} = \frac{\cos\psi_M \cos\psi_N}{\pi r^2} dF_M, \quad (5)$$

где ψ_N и ψ_M – углы между нормальными к элементарным площадкам dF_N и dF_M цилиндрической оболочки и прямой, соединяющей точки N и M , принадлежащие этим площадкам; r – расстояние между точками N и M , имеющими осевые координаты z_N и z_M .

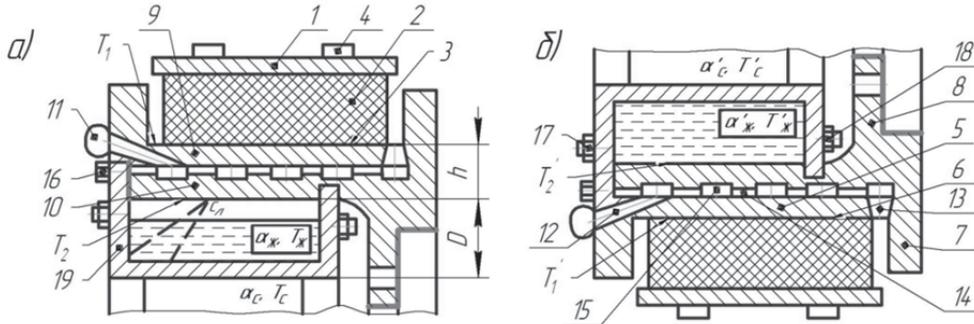


Рис. 2 а, б. Фрикционный узел ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки с омытием жидкостью поверхностей стенок камеры:

а – матовых; *б* – полированной и матовых; 1 – тормозная лента;

2, 3, 4 – фрикционная накладка с рабочей поверхностью и с крепежной планкой; 5, 6, 7, 8 – тормозной шкив с рабочей поверхностью, ребрами и крепежным выступом; 9, 10 – верхняя и нижняя части обода;

11 – воздухозаборники; 12, 13, 14 – отверстия: диффузоры, конфузторы, цилиндрические; 15 – кольцевые объемы;

16 – крепежный болт; 17, 18 – клапаны: впускной; выпускной; 19 – кольцевая камера; 20 – жидкость;

21 – полированная поверхность нижней части обода шкива.

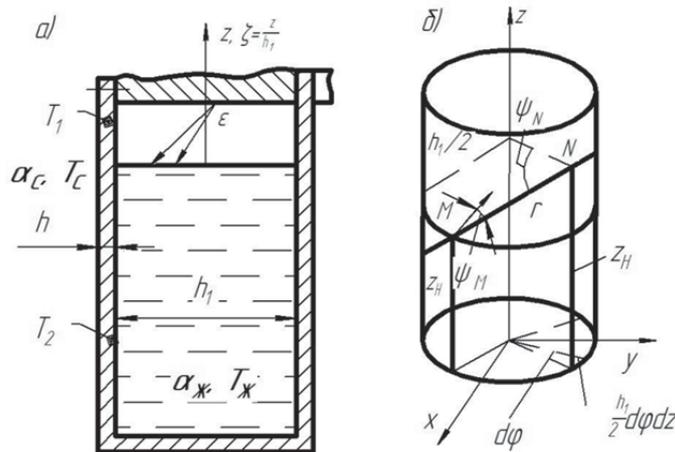


Рис. 3 а, б. Жидкостная камера, вмонтированная в нижнюю часть обода шкива (а) и ее расчетная схема (б):

ϵ – коэффициент черноты или излучения (для абсолютно черного тела $\epsilon = 1,0$); $T_{П2}$ – температура полированной не-рабочей поверхности нижней части обода шкива; $T_{ж}$, T_c – температуры: жидкости и омывающей воздушной среды; $\alpha_{ж}$, α_c – коэффициенты теплоотдачи от: жидкости к стенке камеры; стенки камеры к окружающему воздуху

Если φ - полярный угол цилиндра, то, вводя обозначения

$$\zeta = \frac{z_M}{D}; \quad \eta = \frac{z_N}{D}, \quad (6)$$

нетрудно получить

$$\cos\psi_M = \cos\psi_N = \frac{1 - \cos\varphi}{\sqrt{2}\sqrt{1 + 2(\zeta - \eta)^2 - \cos\varphi}}, \quad r^2 = \frac{D^2}{2} [1 + 2(\zeta - \eta)^2 - \cos\varphi]; \quad (7)$$

$$dF_N = \frac{D^2}{d} d\varphi d\eta.$$

На основе (5) ... (7) находим

$$\int_F d\psi_{NM} = \int_0^\infty d\eta \int_0^\pi \frac{(1 - \cos\varphi) d\varphi}{[1 - \cos\varphi + 2(\zeta - \eta)^2]^2} = \int_0^\infty K(\zeta, \eta) d\eta; \quad (8)$$

$$K(\zeta, \eta) = \int_0^\pi \frac{(1 - \cos\varphi) d\varphi}{[1 - \cos\varphi + 2(\zeta - \eta)^2]^2} = 1 - \frac{[(\zeta - \eta)^2 + 3/2]|\zeta - \eta|}{[1 + (\zeta - \eta)^2]^{3/2}},$$

где $K(\zeta, \eta)$ - ядро функции, зависящие от осевых координат z_N и z_M по отношению к кольцевому диаметру D .

Рассматривая луч, испускаемый абсолютно черной поверхностью жидкости, в качестве которого выступает точка полированной нерабочей поверхности обода шкива, находящейся на его проекции, имеем интегральное соотношение по всей площади кругового зеркала жидкости $T_{ж}$:

$$\int_{F_{ж}} d\psi_{NM} = \int_{-\infty}^0 K(\zeta, \eta) d\eta, \quad (9)$$

при условии, что температура камеры равна температуре жидкости.

Имея в виду (8) и (9), получаем

$$q_n(M) = e \left\{ \alpha_c T_1^4 - \alpha_c \int_0^\infty T_1^4 K(\zeta, \eta) d\eta - \alpha_c T_{ж}^4 \int_{-\infty}^0 K(\zeta, \eta) d\eta + \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \int_0^\infty q_n(\eta) K(\zeta, \eta) d\eta \right\} \quad (10)$$

Вводя безмерные переменные

$$\mathcal{G}_i = \frac{T_i}{T_c}; \quad i=1, 2, \infty, ж; \quad q = \frac{q_n}{e \alpha_c T_c^4}; \quad m = \frac{\alpha_{ж}}{\alpha}; \quad Bi = \frac{\alpha h}{\lambda}; \quad v = \frac{e \alpha_c T_c^3}{\alpha}; \quad \xi = \frac{h}{D}, \quad (11)$$

где Bi - критерий Био, перепишем уравнения (3) и (10) в виде

$$\frac{\xi^2}{Bi} \frac{d^2 \mathcal{G}_1}{d\zeta^2} + 1 - \mathcal{G}_1 - v(\mathcal{G}_1^4 - \mathcal{G}_\infty^4) - vq = 0, \quad (\zeta > 0); \quad (12)$$

$$\frac{\xi^2}{Bi} \frac{d^2 \mathcal{G}_2}{d\zeta^2} + 1 - \mathcal{G}_2 - m(\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_{ж}) - v(\mathcal{G}_2^4 - \mathcal{G}_\infty^4) = 0, \quad (\zeta < 0); \quad (13)$$

В то же время уравнение (12) с учетом зависимости (8) принимает вид

$$q(\zeta) = \mathcal{G}_1^4 - \int_0^\infty \mathcal{G}_1^4(\eta) K(\zeta, \eta) d\eta - \mathcal{G}_{ж}^4 \int_{-\infty}^0 K(\zeta, \eta) d\eta + (1 - \varepsilon) \int_0^\infty K(\zeta, \eta) q(\eta) d\eta \quad (\zeta < 0), \quad (14)$$

при следующих граничных условиях:

$$\frac{d\mathcal{G}_1}{d\zeta}(\infty) = \infty; \quad \frac{d\mathcal{G}_2}{d\zeta}(-\infty) = 0; \quad \mathcal{G}_1(0) = \mathcal{G}_2(0); \quad \frac{d\mathcal{G}_1}{d\zeta}(0) = \frac{d\mathcal{G}_2}{d\zeta}(0) \quad (15)$$

Аппроксимируем ядро функции $K(\zeta, \eta)$ экспоненциальной функцией

$$K(\zeta, \eta) \cong e^{-2|\zeta - \eta|}.$$

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\eta} K(\zeta, \eta) d\eta \approx \int_{-\infty}^{\eta} e^{2(\zeta-\eta)} d\eta = \frac{1}{2} e^{-2(\zeta-\eta)} (\zeta > \eta), \quad (16)$$

на основании чего находим для (14)

$$q(\zeta) = \mathcal{G}_1^4(\zeta) = \int_0^{\zeta} e^{-2(\zeta-\eta)} \mathcal{G}_1^4(\eta) d\eta - \int_{\zeta}^{\infty} \mathcal{G}_1^4(\eta) e^{-2(\eta-\zeta)} d\eta - \frac{\mathcal{G}_{жс}^4}{2} e^{-2\zeta} + \\ + (1-\varepsilon) \int_0^{\zeta} q(\eta) e^{-2(\eta-\zeta)} d\eta + (1-\varepsilon) \int_{\zeta}^{\infty} q(\eta) e^{-2(\eta-\zeta)} d\eta. \quad (17)$$

Дифференцируя выражение (17) дважды и вычитая из него учетверенное (17), имеем

$$\frac{d^2 q}{d\zeta^2} - 4\varepsilon q = \frac{d^2 \mathcal{G}_1^4}{d\zeta^2}. \quad (18)$$

В связи с тем, что лучистый поток на бесконечности должен равняться нулю, а в начале координат справедливо соотношение (17), граничные условия для (18) записываются в следующем виде

$$q(\infty) = 0; \quad q(0) = \mathcal{G}_1^4(0) - \int_0^{\infty} \mathcal{G}_1^4(\eta) e^{-2\eta} d\eta - \frac{\mathcal{G}_{жс}^4}{2} + (1-\varepsilon) \int_0^{\infty} q(\eta) e^{-2\eta} d\eta. \quad (19)$$

Нетрудно проверить, что при $\mathcal{G}_1 = \mathcal{G} = const$ система уравнений (18), (19) имеет решение

$$q(\zeta) = \frac{\mathcal{G}^4 - \mathcal{G}_{жс}^4}{1 + \sqrt{\varepsilon}} e^{-2\sqrt{\varepsilon}\zeta}. \quad (20)$$

Решение (20) при $\mathcal{G}_{жс} = 0$ соответствует излучению полубесконечной равномерно нагретой камеры в пространство, а при $\mathcal{G}_{жс} \neq 0$ - на абсолютно черное днище камеры. Лучистый поток затухает на расстоянии $l = 3D / (2\sqrt{\varepsilon})$, а его максимальная интенсивность

$$q_l(0) = \frac{\varepsilon \sigma}{1 + \sqrt{\varepsilon}} (T^4 - T_{жс}^4).$$

Рассмотрим теперь решение уравнений (13), (14), (18) при граничных условиях (13) и (20).

В случае отсутствия излучения ($\nu = 0$) решение уравнений (13), (14) и (16) имеет вид

$$\mathcal{G}_1 = k_1 - \beta_1 e^{-\gamma_1 \zeta} \quad (\zeta > 0); \quad \mathcal{G}_2 = k_2 - \beta_2 e^{-\gamma_2 \zeta} \quad (\zeta < 0), \quad (21)$$

где

$$k_1 = 1; \quad \beta_1 = \frac{\sqrt{1+m}}{1 + \sqrt{1+m}} (k_1 - k_2); \quad \gamma_1 = \frac{\sqrt{Bi}}{\xi}; \quad k_2 = \frac{1 + m \mathcal{G}_{жс}}{1 + m}; \\ \beta_2 = \frac{k_1 - k_2}{1 + \sqrt{1+m}}; \quad \gamma_2 = \frac{\sqrt{Bi(1+m)}}{\xi}, \quad (22)$$

причем k_1 и k_2 можно трактовать как равновесные температуры камеры на бесконечности.

При $v \neq 0$ решение системы уравнений также будем искать в форме (21), понимая под k_1 и k_2 равновесные температуры в условиях лучистого теплообмена, связанные следующими соотношениями:

$$1 - k_1 v (k_1^4 - \mathcal{G}_\infty^4) = 0; \quad 1 - k_2 m (k_2 - \mathcal{G}_{жс}) - v (k_2^4 - \mathcal{G}_\infty^4) = 0. \quad (23)$$

Подставим (23) в виде, удобном для нахождения k_1 и k_2 методом последовательных приближений:

$$k_1 = \sqrt[4]{\frac{1 - k_2}{v} + \mathcal{G}_\infty^4}; \quad k_2 = \sqrt[4]{\frac{1 - m \mathcal{G}_{жс} - (1 + m) k_1}{v} + \mathcal{G}_\infty^4}. \quad (24)$$

Параметры $\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$ находятся из условий сопряжения, следующих из (16)

$$\beta_1 + \beta_2 = k_1 - k_2; \quad \gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2, \quad (25)$$

а также их уравнений (13) и (14) при $\zeta = 0$.

Поскольку в уравнение (13) входит q , предварительно необходимо определить его из (17). При φ_j , заданном соотношением (21), с учетом первого условия из (18) получаем

$$q(\zeta) = C \varepsilon^{-2\sqrt{\varepsilon}\zeta} - 4\gamma_1^2 \beta_1 \times \left[\frac{k_1^3}{\gamma_1^2 - 4\varepsilon} e^{-\gamma_1 \zeta} - \frac{6k_1^2 \beta_1}{4\gamma_1^2 - 4\varepsilon} e^{-2\gamma_1 \zeta} + \frac{9k_1 \beta_1^2}{9\gamma_1^2 - 4\varepsilon} e^{-3\gamma_1 \zeta} - \frac{4\beta_1^3}{16\gamma_1^2 - 4\varepsilon} e^{-4\gamma_1 \zeta} \right], \quad (26)$$

причем считается, что $n^2 \gamma_1^2 - 4\varepsilon \neq 0$ ($n=1, 2, 3, 4$).

Используя второе условие из (18), находим

$$C = \frac{1}{1 + \sqrt{\varepsilon}} (k_1^4 - \mathcal{G}_\infty^4) + \frac{2\varepsilon \beta_1}{1 + \sqrt{\varepsilon}} \times \left[\frac{4(2 + \gamma_1)}{\gamma_1^2 - 4\varepsilon} k_1^3 - \frac{6(2 + 2\gamma_1)}{4\gamma_1^2 - 4\varepsilon} k_1^2 \beta_1 + \frac{4(2 + 3\gamma_1)}{9\gamma_1^2 - 4\varepsilon} k_1 \beta_1^2 - \frac{2 + 4\gamma_1}{16\gamma_1^2 - 4\varepsilon} \beta_1^3 \right]. \quad (27)$$

Полагая $\zeta = 0$ в уравнениях (13) и (14), после подстановки в них (21) и (26) приходим к следующим нелинейным алгебраическим уравнениям:

$$\begin{aligned} & 2\beta_1^4 v \left[1 - \frac{\varepsilon}{1 + \sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{1}{4\gamma_1 + 2\sqrt{\varepsilon}} \right] - 8\beta_1^3 k_1 v \left[1 - \frac{\varepsilon}{1 + \sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{1}{3\gamma_1 + 2\sqrt{\varepsilon}} \right] + \\ & + 12\beta_1^2 k_1^2 v \left[1 - \frac{\varepsilon}{1 + \sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{1}{2\gamma_1 + 2\sqrt{\varepsilon}} \right] - \mathcal{G}_1 \left[8vk_1^3 \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + \sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{1}{\gamma_1 + 2\sqrt{\varepsilon}} \right) + 1 - \frac{\varepsilon^2 \gamma_1^2}{Bi} \right] + \\ & + \frac{v}{1 + \sqrt{\varepsilon}} [k_1^4 - \mathcal{G}_\infty^4] = 0; \\ & v\beta_2^4 + 4v\beta_2^3 k_2 + 6v\beta_2^2 k_2^2 + \beta_2 \left[4vk_2^3 + 1 + m - \frac{\varepsilon^2 \gamma_2^2}{Bi} \right] = 0. \end{aligned} \quad (28)$$

Уравнения (25) и (28) образуют полную систему уравнений для определения $\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$. В общем виде решение ее можно строить на основе метода последовательных приближений, в результате чего распределение температур представляется в форме (26).

Рассмотрим три частных случая.

1. При $v=0$ из (28) и (25) следует решение

$$\gamma_1 = \frac{\sqrt{Bi}}{\xi}; \quad \gamma_2 = \frac{\sqrt{Bi(1+m)}}{\xi}; \quad \beta_1 = \frac{\gamma_2(k_1 - k_2)}{\gamma_1 + \gamma_2}; \quad \beta_2 = \frac{\gamma_1(k_1 - k_2)}{\gamma_1 + \gamma_2}, \quad (29)$$

совпадающее с точным (28) в случае отсутствия излучения.

2. В наиболее интересном для практики варианте при $\gamma_1 \gg 1$, $\gamma_2 \gg 1$ из (28) следует

$$\gamma_1^2 = \frac{Bi}{\xi^2} \left[1 + 2v \frac{k_1^4 - (k_1 - \beta_1)^4 - \frac{1}{2(1+\sqrt{\varepsilon})(k_1^4 - k_{ж}^4)}}{\beta_1} \right] = f_1(\beta_1);$$

$$\gamma_2^2 = \frac{Bi}{\xi^2} \left[1 + m + v \frac{(k_2 + \beta_2)^4 - k_2^4}{\beta_2} \right] = f_2(\beta_2). \quad (30)$$

Так как в соответствии с (25)

$$\beta_2 = k_1 - k_2 - \beta_1; \quad \gamma_2 = \frac{\gamma_1 \beta_1}{k_1 - k_2 - \beta_1}, \quad (31)$$

второе соотношение принимает вид

$$\gamma_1^2 = \left(\frac{k_1 - k_2 - \beta_1}{\beta_1} \right)^2 f_2(k_1 - k_2 - \beta_1) = g(\beta_1).$$

Значения γ_1 и β_1 определяются из условия пересечения кривых $\gamma^2 = f_1(\beta_1)$ и $\gamma^2 = g(\beta_1)$ при $0 < \beta_1 < k_1 - k_2$, с помощью которых на основании (31) ищутся β_2 и γ_2 .

3. В случае интенсивного теплоотвода в жидкость $m \gg 1$.

Тогда из (38), (31) и (24) получаем

$$k_2 = \mathcal{G}_{ж}; \quad \beta_2 = 0; \quad \beta_1 = k_1 - \mathcal{G}_{ж};$$

$$\gamma_1^2 = \frac{Bi}{\xi^2} \left\{ 1 + 2v \left[1 - \frac{1}{2(1+\sqrt{\varepsilon})} \right] (k_1^2 + \mathcal{G}_{ж}^2)(k_1 + \mathcal{G}_{ж}) \right\}. \quad (32)$$

Таким образом, распределение температур в камере имеет вид

$$\mathcal{G}_1 = k_2 - (k_1 - \mathcal{G}_{ж}) e^{-\gamma_1 \zeta} \quad (\zeta > 0), \quad \mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_{ж} \quad (\zeta < 0), \quad (33)$$

где $k_1 = \sqrt[4]{\frac{1-k_2}{v} + \mathcal{G}_{ж}^4}$.

Однако более простым методом является оценка тепловых потерь от поверхностей составных шкивов – температурный метод, реализуемый в промышленных условиях на двух ленточно-колодочных тормозах буровой лебедки [4-6].

Потеря теплоты в окружающую среду поверхностями составных тормозных шкивов в промышленных условиях при охлаждении естественно и вынужденно воздухом.

Для измерения поверхностных температур пар трения замкнутого и разомкнутого состояния тормоза использовался эффект скользящей термопары, а также для галетного датчика теплового потока для исследуемых поверхностей составного тормозного шкива.

Перейдем к рассмотрению семи этапов (I-VII) оценки теплового баланса внутренних и наружных поверхностей первого (а) и второго (б) составных тормозных шкивов буровой лебедки при их нагревании, естественном и принудительном воздушном охлаждении (см. рис. 4).

Первый этап (II). В промышленных условиях определяются потери теплоты конвективно-радиационным теплообменом при работе принудительной воздушной системы охлаждения, омывающей внутренние поверхности нижней и верхней части составного обода тормозного шкива. Этап осуществляется без жидкостных камер.

В первом составном тормозном шкиве отключают систему принудительного охлаждения циркулирующего воздуха, а во втором – оставляют ее открытой. При этом наружные матовые и полированные (кроме рабочих) поверхности составных шкивов теплоизолируют от окружающей среды.

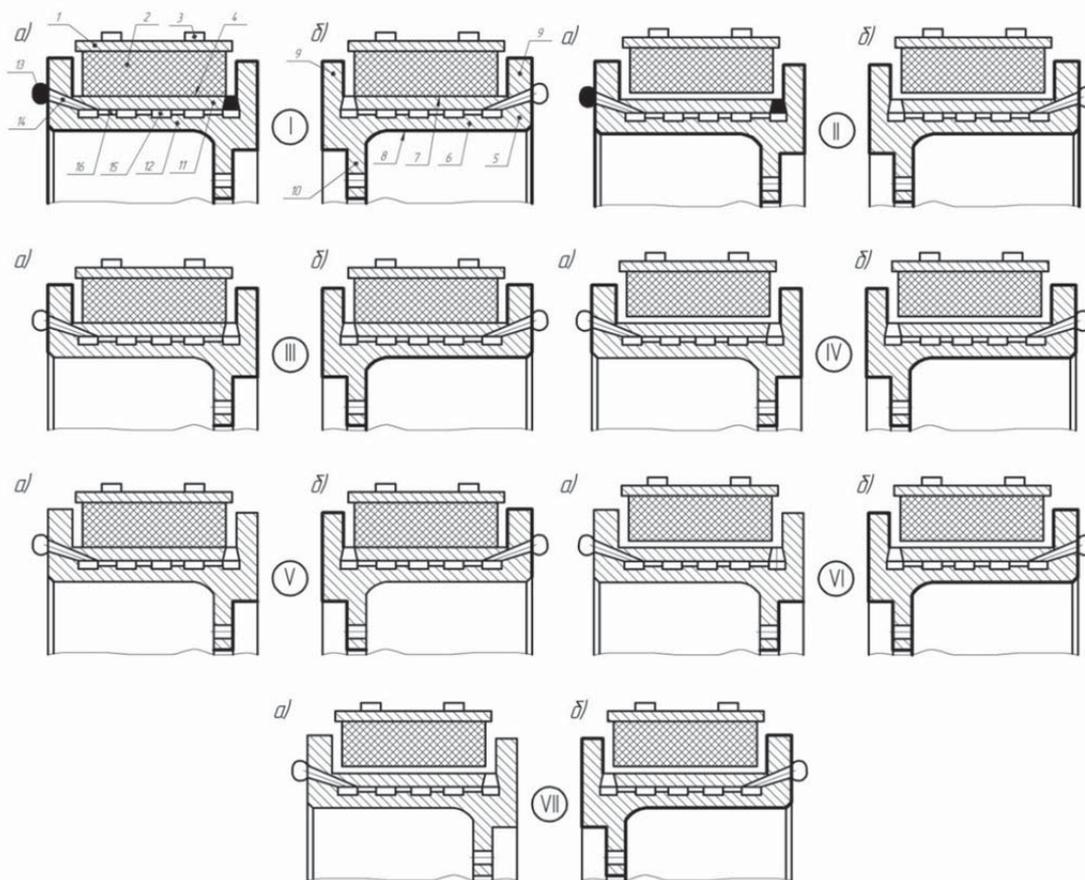


Рис. 4 а, б – Этапы от I-го до VII-го определения тепловых потерь элементами составного тормозного шкива при радиационном и сложном теплообмене:

- 1 – тормозная лента; 2, 3, 4 – фрикционная накладка с усиками и рабочей поверхностью; 5, 6 – тормозной шкив и его обод; 7, 8 – полированная рабочая и нерабочая поверхности обода; 9 – реборды шкива; 10 – крепежный выступ шкива; 11, 12 – нижняя и верхняя часть шкива; 13 – воздухозаборники; 14 – сопловые каналы; 15 – кольцевые камеры; 16 – соединительные отверстия

Циклическими торможениями доводят температуру поверхности трения первого составного тормозного шкива от минимальной t_1 до t_2 (выше допустимой для материалов фрикционной накладки), фиксируя при этом температуры t_1 и t_2 с помощью термомпар, а также время нагревания τ рабочей поверхности первого тормозного шкива. При этом фиксируют температуру t_3 с помощью термомпар второго тормозного шкива. В дальнейшем путем усреднения замеренных температур на рабочих поверхностях ободов первого и второго составных шкивов устанавливают их соотношение. Последнее характеризует отношение второго $(t_3 - t_1)$ к первому $(t_2 - t_1)$ составному шкиву, которое и определяет долю теплоты, рассеиваемой в окружающую среду конвективно-радиационным теплообменом. Так, например, при соотношении указанных температур $\frac{480 - 100}{500 - 100} = 0,95$ доля теплоты, которая рассеивается в окружающую среду конвективно-радиационным теплообменом от внутренних поверхностей обода составного тормозного шкива, составляет 5,0%.

Второй этап (II). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом от внутренних поверхностей ободов шкивов и их полированной рабочей поверхности при нахождении шкивов в статике. При этом засекают время τ естественного охлаждения указанных поверхностей составного тормозного шкива.

Буровую лебедку останавливают с нагретыми парами трения ленточно-колодочных тормозов, что позволяет затянуть тормозные ленты и посадить фрикционные накладки на полированную (рабочую) поверхность обода составного тормозного шкива, и с помощью галетных датчиков измеряют тепловые потоки q и их усредняют и по зависимости вида $t_2 - t_1 = q\delta / \lambda$ (где λ – приведенный коэффициент теплопроводности материалов проволочных галетных датчиков; δ – толщина поверхностного и приповерхностного слоя рабочей поверхности обода шкива) и по соотношению рассчитанных поверхностных температур $(t'_1 - t_0) / (t'_2 - t_0)$ первого и второго составных тормозных шкивов оценивают в статике интенсивность радиационно-конвективного теплообмена их внутренних поверхностей и полированной рабочей поверхности до температуры окружающей среды.

Третий этап (III). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом при вынужденном омывании воздухом полированной наружной поверхности нижней части составного тормозного шкива. В первом составном тормозном шкиве на указанной поверхности теплоизоляция отсутствует. Принудительные воздушные системы в обоих составных тормозных шкивах работают. Поступают аналогичным образом, как и на первом этапе, и получают отношение поверхностных температур первого $(t_4 - t_1)$ ко второму $(t_3 - t_1)$ шкиву, которое определяет долю теплоты, рассеиваемой в окружающую среду радиационно-конвективным теплообменом. Так, например, при соотношении указанных температур $\frac{460 - 100}{480 - 100} = 0,947$ доля теплоты, которая рассеивается в окружающую среду радиационно-конвективным теплообменом от наружной полированной поверхности нижней части обода тормозного шкива, составляет 5,3 %.

Четвертый этап (IV). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом от их полированных рабочих и нерабочих поверхностей при нахождении шкивов в статике.

Замеренные тепловые потоки q от полированных рабочих и нерабочих поверхностей с помощью галетных датчиков сначала усредняют, а потом по зависимости вида $t_3 - t_0 = q\delta / \lambda$ определяют энергонагруженность полированных рабочих и нерабочих противоположных поверхностей составного обода тормозного шкива. При этом представляется возможным определить градиенты температуры по толщине верхней и нижней части обода тормозного шкива.

Пятый этап (V). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом при вынужденном омывании воздухом наружных матовых поверхностей составного обода шкива, а также его внутренних матовых поверхностей. В первом шкиве наружные матовые поверхности теплоизолируют. Поступают аналогичным образом, как на втором этапе, и получают отношение энергонагруженности первого $(t_5 - t_1)$ ко второму $(t_3 - t_1)$ шкиву, которые и определяют долю теплоты, рассеиваемой в окружающую среду радиационно-конвективным теплообменом. Так, например, при соотношении указанных температур $\frac{480 - 100}{500 - 100} = 0,95$ доля теплоты, рассеиваемой в окружающую среду радиационно-конвективным теплообменом от наружных матовых поверхностей шкива, составляет 5,0 %.

Шестой этап (VI). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективном теплообмене матовых и полированных рабочих и нерабочих поверхностей шкивов, при нахождении их в статике.

Останавливают буровую лебедку с нагретыми парами трения ленточно-колодочных тормозов и затягивают тормозные ленты с накладками и с помощью галетных датчиков определяют тепловые потоки, излучаемые полированной (рабочей) поверхностью обода шкива, затем их усредняют, после чего рассчитывают поверхностные температуры, из которых формируют соотношение $(t'_5 - t_0) / (t'_6 - t_0)$ первого и второго шкивов. При этом определяется время естественного охлаждения и объемной температуры матовых поверхностей обода шкива при их радиационно-конвективном теплообмене.

Седьмой этап (VI). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом от крепежных выступов тормозных шкивов в тело фланца барабана лебедки.

Для реализации данного этапа снимают теплоизоляцию с крепежного выступа первого шкива. Режим торможения и время фрикционного взаимодействия пар трения соблюдают те же, что и на рабочих поверхностях ободов первого и второго шкивов, а затем устанавливают их соотношение. Последнее характеризует отношение энергонагруженности первого $(t_7 - t_1)$ ко второму $(t_8 - t_1)$ шкиву, которое и определяет долю теплоты, которая отводится кондуктивным теплообменом от крепежных выступов шкивов в тело фланца барабана лебедки. Так, например, при соотношении указанных температур $\frac{480 - 100}{500 - 100} = 0,95$ доля теплоты составляет 5,0 %. Данный этап всегда осуществляется после оценки энергонагруженности принудительного воздушного охлаждения тормозных шкивов.

Выводы. Таким образом, проиллюстрирован расчетно-экспериментальный метод определения потерь в окружающую среду поверхностями составных тормозных шкивов в промышленных условиях при естественном и вынужденном охлаждении воздухом.

REFERENCES

1. **Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiev E.S., Volchenko N.A., Vitvickiy V.S., Chufus V.M.** Prinuditelnoe ohlazhdenie tribosistemy lentочно-kolodochnogo tormoza burovoy lebedki (chast 1). // Vestnik Azerbaydzhanskoй inzhenernoy akademii, 2017, T.9, №3, s.18-30.
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Вольченко Н.А., Витвицкий В.С., Чуфус В.М. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть 1). // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Т.9, №3, с.18-30.
2. **Tribologiya / A.I. Volchenko, M.V. Kindrachuk, D.A. Volchenko** [i dr.] // Kiev-Krasnodar: «Play», 2015. – 371 s.
Трибология / А.И. Вольченко, М.В. Киндрачук, Д.А. Вольченко [и др.] // Киев-Краснодар: «Плай», 2015. – 371 с.
3. Proektnyy i proverochnyy raschet frikcionnyh uzlov lentочно-kolodochnyyh tormozov burovyyh lebedok / A.Kh. Janahmadov, D.A. Volchenko, D.Yu. Zhuravlev [i dr.]; pod obshh. redakciey akademika A.Kh. Janahmadova. Standart. – Baku: «Aprostroff», 2016. – 312 s.
Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок / А.Х. Джанахмедов, Д.А. Вольченко, Д.Ю. Журавлев [и др.]; под общ. редакцией академика А.Х. Джанахмедова. Стандарт. – Баку: «Апострофф», 2016. – 312 с.
4. Prochnost, ustoychivost i kolebaniya tazhelonagruzhennyh obolochecnyh konstrukciy / V.F. Gribanov, I.A. Krohin, N.G. Pinichkin [i dr.]. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 368 s.
Прочность, устойчивость и колебания тяжело нагруженных оболочечных конструкций / В.Ф. Грибанов, И.А. Крохин, Н.Г. Пиничкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.
5. **Janahmadov A.Kh.** Fiziko-stohasticheskoe tribomodelirovaniye / A.Kh. Janahmadov. – Baku: Elm, 1988. – 152 s.
Джанахмедов А.Х. Физико-стохастическое трибомоделирование / А.Х. Джанахмедов. – Баку: Элм, 1988. – 152 с.
6. Vliyaniye vodoroda na iznosostoykost materialov v parah treniya tormoznyh ustroystv / M.V. Kindrachuk, D.A. Volchenko, N.A. Volchenko [i dr.] // Fiz.-him. mehanika materialiv. – 2017. – № 2. – с. 135–141.
Влияние водорода на износостойкость материалов в парах трения тормозных устройств / М.В. Киндрачук, Д.А. Вольченко, Н.А. Вольченко [и др.] // Физ.-хим. механика материалов. – 2017. – № 2. – с. 135–141.

QAZIMA BUCURĞADIN LENTLİ-KÜNDƏLİ ƏYLƏCİNİN TRIBOSİSTEMİNİN MƏCBURİ SOYUDULMASI (II hissə)

Ə.X. CANƏHMƏDOV, A.İ. VOLÇENKO, E.S. PİRVERDİYEV,
D.A. VOLÇENKO, V.S. SKRIPNIK, V.M. ÇUFUS

Məqalədə lentli-kündəli əyləcdə bütöv əyləc qasnağının kamera divarlarının səthlərinin maye ilə yuma vaxtı hərərət mübadilə prosesləri; təbii və məcburi hava ilə soyuma vaxtı sənaye şəraitində bütöv əyləc qasnaqlarının səthləri ilə ətraf mühitə istiliyin itməsi məsələlərinə baxılıb.

Açar sözlər: *lentli-kündəli əyləc, tribosistem, sürünmə ciütləri, qasnağın çənbəri, maye ilə kamera, konveksiyalı, konduktiv, radiasiya istilik mübadiləsi, istilik balansı mərhələləri.*

FORCED COOLING OF THE SHOE-BAND BRAKE TRIBO-SYSTEMS OF DRILLING DRAW-WORKS (Part II)

A.Kh. JANAHMADOV, A.I. VOLCHENKO, E.S. PIRVERDIYEV,
D.A. VOLCHENKO, V.S. SKRYPNYK, V.M. CHUFUS

The article provides details on following: the heat exchange processes during the liquid washing of the inside surfaces of the shoe-band brake pulley chamber; the heat loss into the medium by the brake pulley surface in the industrial conditions with natural and forces cooling of air.

Key words: *shoe-band brake, tribo-system, frictional pairs, pulley rim, fluid chamber, convective, conductive, radiation heat exchange, heat balance stages.*

UOT: 622.62

QEYRİ-STASİONAR GƏRGİNLİKLƏRDƏ YORĞUNLUQ ZƏDƏLƏNMƏLƏRİNİN TƏDQIQI

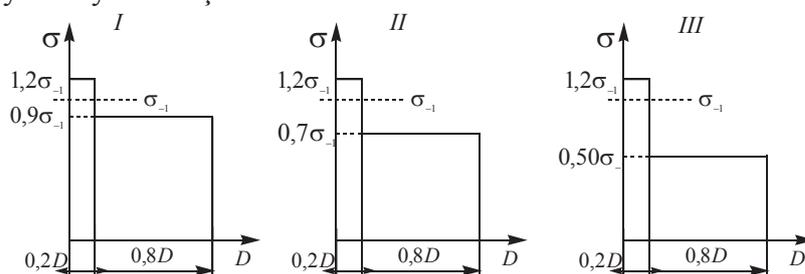
A.M. QAFAROV*, M.S. RƏHİMOVA**

Düzümlülük həddindən aşağıda yerləşən gərginliklərin zədələnmələrin toplanmasına təsiri təcrübə vasitəsilə öyrənilmişdir. Təcrübə vasitəsilə müəyyən olunmuşdur ki, $0,5\sigma_{-1}$ səviyyəsindən aşağı gərginliklərin zədələnmələrin toplanmasına təsiri müəyyən edilməmişdir.

Açar sözlər: düzümlülük həddi, yük, zədələnmə dərəcəsi, gərginliklər, dispersiya, ehtimal, yorğunluq.

Məlum olduğu kimi qeyri-stasionar yükləmələr zamanı yorğunluğa görə hesablamalarda zədələnmələrin toplanması gərginliklərin maksimal qiymətindən düzümlülük həddinə qədər olan intervalı əhatə edir. Beləliklə, düzümlülük həddindən aşağı gərginliklərin möhkəmliyə təsiri nəzərə alınmır. Bununla bərabər aparılan təcrübələrdə zədələnmə dərəcəsinin artması ilə yanaşı düzümlülük həddinin tədricən aşağı düşdüyü qəbul edilir. Ona görə də düzümlülük həddindən aşağı gərginliklərin zədələnmələrin toplanmasına təsirini xarakterizə etmək lazım gəlir [1–5]. Bu sahədə əldə olan təcrübələrin nəticələri çox məhduddur və belə yükləmələr zamanı zədələnmələrin toplanması şəraiti barədə ardıcıl məlumat verilmir.

Düzümlülük həddindən aşağı gərginliklərin rolunu aydınlaşdırmaq üçün ikipilləli blok yükləmələrindən istifadə edilmişdir (şək.1). Sınaqdan keçirilən nümunələr standartı uyğun götürülmüşdür. Nümunələr 20N2M markalı poladdan hazırlanmışdır. Nümunələrin sınağı UKİ-10M tipli qurğuda yerinə yetirilmişdir.



Şək.1 İki pilləli blok yükləmələri

* Fövqəladə Hallar Nazirliyi

** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitet

$N = N(\sigma)$ korelyasiya asılılığını qurmaq üçün təcrübələrin nəticələri [2] sayılı ədəbiyyatda qəbul edilmiş metodika üzrə yerinə yetirilmişdir.

Həmin metodikaya görə müxtəlif dağılma ehtimalına malik yorğunluq əyrilərinin riyazi ifadələri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\lg N_i = -\left[|m_{50\%}| + K_b S_m \right] (\lg \sigma_i - \overline{\lg \sigma}) + \overline{\lg N} + K_b S_{N_r}, \quad (1)$$

Burada $m_{50\%}$ – yekun korelyasiya tənliyinin maillik dərəcəsi göstəricisinin mütləq qiymətidir və $P = 50\%$ dağılma ehtimalına uyğun gəlir; K_b – dağılmamaq ehtimalı əmsalidir [2]; S_m – maillik dərəcəsi göstəricisinin əsas meyliyi; $\lg \sigma_i$ – amplituda gərginliklərin loqarifması; $\lg \bar{\sigma}_i$ – gərginlik loqarifmasının orta qiyməti; $\lg N_i$ – uzunömürlülükərin loqarifması; $\lg \bar{N}$ – uzunömürlülük loqarifmasının orta qiyməti; S_{N_r} – paylanma ölçüsüdür.

Uzunömürlülüğün loqarifmasının orta qiyməti

$$\lg \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg N_i}{n} \quad (2)$$

Gərginlik loqarifmasının orta qiyməti

$$\overline{\lg \sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \sigma_i}{n} \quad (3)$$

Seçmə qarışıq mərkəzi moment isə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\mu_{1/1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg \sigma_i - \overline{\lg \sigma})(\lg N_i - \overline{\lg N}) \quad (4)$$

Uzunömürlülük və gərginlik loqarifmasının əsas meylikləri

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg N_i - \overline{\lg N})^2} \quad (5)$$

$$S_\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg \sigma_i - \overline{\lg \sigma})^2} \quad (6)$$

Seçmə korelyasiya əmsalı

$$r = \frac{\mu_{1/1}}{S_N \cdot S_\sigma} \quad (7)$$

Yekun korelyasiya tənliyinin maillik dərəcəsi göstəricisinin mütləq qiyməti belə təyin olunur:

$$m_{50\%} = r \cdot \frac{S_N}{S_\sigma} \quad (8)$$

Maillik dərəcəsi göstəricisinin əsas meyliyi

$$S_m = \frac{S_N}{S_\sigma} \sqrt{1-r^2} \quad (9)$$

Paylanma ölçüsü

$$S_{N_r} = S_N \sqrt{1-r^2} \quad (10)$$

$S_N = 0,48256$ və $S_\sigma = 0,05069$ qiymətində $r = 0,9983, m = 9,503$ alırıq. Korelyasiya əmsalının sıfıra bərabər olması haqqında sıfır hipotezini yoxlamaq üçün Fişer çevrilməsindən istifadə edirik. Bu çevrilməyə görə təsadüfi qiymətin paylanması aşağıdakı kimi hesablanır:

$$u = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+0,9983}{1-0,9983} = 3,5347$$

Orta kvadratik meyli hesablayaq:

$$\sigma_u = \frac{1}{\sqrt{n-3}} = \frac{1}{\sqrt{10-3}} = 0,3780$$

$\alpha = 0,05$ qiymətində cədvəl 3-dən [2] $P = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975$ ehtimalı üçün $z_{0,975} = 1,96$ tapırıq:

$$z_{0,975} \cdot \sigma_u = 1,96 \cdot 0,3780 = 0,7409$$

Baxılan misal şəraitində

$$|u| \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_u$$

bərabərsizliyi ödənmir, yəni

$$u = 3,5347 \geq z_{0,975} \cdot \sigma_u = 0,7409$$

Alınan nəticələr sıfır hipotezinin qəbul edilməsini rədd edir və tsikllər sayı ilə gərginliklər arasında sıx korelyasiya əlaqəsinin olduğunu göstərir.

Təcrübənin nəticələrinin statistik emalı cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

**20N2M markalı poladdan hazırlanmış nümunələrin yorğunluq təcrübələrinin
regressiya analizinin nəticələri**

| No | σ_a | x_i | $N_i \cdot 10^{-6}$ | y_i | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(y_i - \bar{y})$ | $(y_i - \bar{y})^2$ | $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ |
|------|------------|---------|---------------------|---------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|
| 1 | 465,60 | 2,66801 | 0,0701 | 4,8457 | +0,08985 | 0,00807 | -0,8605 | 0,7404 | -0,0773 |
| 2 | 441,35 | 2,64478 | 0,1073 | 5,0306 | +0,06662 | 0,00443 | -0,6756 | 0,4564 | -0,0450 |
| 3 | 417,10 | 2,62024 | 0,2212 | 5,3447 | +0,04208 | 0,00177 | -0,3615 | 0,1306 | -0,0152 |
| 4 | 392,85 | 2,59422 | 0,3934 | 5,5934 | +0,01606 | 0,00025 | -0,1114 | 0,0124 | -0,0017 |
| 5 | 368,60 | 2,56655 | 0,6611 | 5,8202 | -0,01161 | 0,00013 | +0,1140 | 0,0129 | -0,0013 |
| 6 | 354,00 | 2,54900 | 0,9270 | 5,9670 | -0,02916 | 0,00085 | +0,2608 | 0,0680 | -0,0076 |
| 7 | 394,20 | 2,54307 | 1,1413 | 6,0574 | -0,03509 | 0,00123 | +0,3512 | 0,1233 | -0,0123 |
| 8 | 344,30 | 2,53693 | 1,2553 | 6,0987 | -0,04123 | 0,00169 | +0,3925 | 0,1540 | -0,0161 |
| 9 | 339,50 | 2,53084 | 1,3608 | 6,1337 | -0,04732 | 0,00223 | +0,4275 | 0,1827 | -0,0202 |
| 10 | 337,56 | 2,52835 | 1,4793 | 6,1700 | -0,04981 | 0,00248 | +0,4636 | 0,2151 | -0,0231 |
| Cəmi | | 25,7816 | | 57,0628 | | 0,02313 | | 2,0958 | -0,2198 |

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 0,006095$$

Statistik emalın nəticəsində σ və N parametrləri arasında korrelyasiya tənliyi əldə edilmiş və bu tənlik dağılma ehtimalı $P = 50\%$ olan yorğunluq əyrisinin maili hissəsi ifadə edir:

$$\lg N_i = 30,207 - 9,503 \lg \sigma_i \tag{11}$$

Şək.2-də göstərilən regressiya xətti alınmış (11) tənliyinə uyğundur.

Regressiyanın nəzəri xətti üçün etibarlılıq sahəsini qurmaq məqsədi ilə təcrübi reqresiya xətti ətrafında dispersiya qiymətini təyin edirik:

$$S^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 = \frac{1}{10-2} \cdot 0,006095 = 0,00076$$

Onda regressiyanın empirik xəttinin tənliyinin parametrlərinin dispersiya qiymətləndirilməsi ($\omega_i n_i = 1$ üçün)

$$S_a = \frac{S^2}{n} = \frac{0,00076}{10} = 0,000076;$$

$$S_b = \frac{S^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{0,00076}{0,023130} = 0,03286.$$

Dispersiyanın riyazi gözləmə qiymətini aşağıdakı düstur ilə təyin edirik:

$$S_y^2 = 0,000076 + 0,03286(x - 2,57816)^2.$$

Regressiya xəttinin etibarlılıq sahəsi sərhədi belə hesablanır:

$$Y - t_{\alpha,R} \cdot S_y < \eta < y + t_{\alpha,R} \cdot S_y \quad (12)$$

$P = 0,95\%$ etibarlılıq ehtimalı üçün ardıcıl uyğun hesablamalar cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

$t_{\alpha,R} = 2,306$ və $\alpha = 0,05$, $R = 8$ qiymətlərində **95%-li etibarlılıq sahəsinin yorğunluq əyrisinin hesablama nəticələri**

| № | σ_a , MPa | x_i | y_i | $S_{y_i}^2$ | S_{y_i} | $t_{\alpha,R} \cdot S_{y_i}$ | $y_i - t_{\alpha,R} \cdot S_{y_i}$ | $y_i + t_{\alpha,R} \cdot S_{y_i}$ |
|----|------------------|--------|--------|-------------|-----------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 465,60 | 2,6680 | 4,8529 | 0,000340 | 0,0185 | 0,0427 | 4,8102 | 4,8956 |
| 2 | 441,35 | 2,6447 | 5,0737 | 0,000220 | 0,0149 | 0,0344 | 5,0393 | 5,1081 |
| 3 | 417,10 | 2,6202 | 5,3069 | 0,000130 | 0,0116 | 0,0267 | 5,2802 | 5,3336 |
| 4 | 392,85 | 2,5942 | 5,5540 | 0,000084 | 0,0092 | 0,0212 | 5,5328 | 5,5752 |
| 5 | 368,60 | 2,5666 | 5,8170 | 0,000080 | 0,0089 | 0,0205 | 5,7965 | 5,8375 |
| 6 | 354,00 | 2,5490 | 5,9839 | 0,000104 | 0,0102 | 0,0235 | 5,9604 | 6,0074 |
| 7 | 349,20 | 2,5431 | 6,0402 | 0,000116 | 0,0108 | 0,0249 | 6,0153 | 6,0651 |
| 8 | 344,30 | 2,5369 | 6,0984 | 0,000132 | 0,0115 | 0,0265 | 6,0719 | 6,1249 |
| 9 | 339,50 | 2,5308 | 6,1564 | 0,000150 | 0,0122 | 0,0281 | 6,1283 | 6,1845 |
| 10 | 337,56 | 2,5284 | 6,1800 | 0,000157 | 0,0125 | 0,0288 | 6,1512 | 6,2088 |

$N = N(\sigma)$ asılılığını təyin etdikdən sonra təcrübələr iki pilləli blok yükləmələri ilə davam etdirilmişdir (şək.1). $N = N(\sigma)$ asılılığını təyin edərkən dözümlülük həddinin $\sigma_{-1} = 336,9 \text{ MPa}$ olduğu müəyyən edilmişdir.

Dözümlülük həddindən aşağı olan gərginliklərin uzunömürlülüyə təsirini öyrənmək üçün təcrübələr aşağıdakı kimi aparılmışdır. Əvvəlcə təcrübə I saylı ikipilləli blok (şək.1) üzrə yerinə yetirilmişdir. Blokdakı maksimal gərginliyin qiyməti $1,2\sigma_{-1}$ səviyyəsinə, minimal gərginliyin qiyməti isə $0,9\sigma_{-1}$ səviyyəsinə uyğun götürülmüşdür. Blokdakı maksimal amplitudaya uyğun tsikllər sayı $n_1 = 1 \cdot 10^4$, minimal amplitudaya uyğun tsikllər $n_2 = 4 \cdot 10^4 - \infty$ bərabər qəbul edilmişdir. Yəni blokdakı ümumi tsikllər sayı $n = 5 \cdot 10^4$ kimi götürülmüşdür.

(maksimal amplitudaya uyğun nisbi tsikllər sayı-0,2Ø, minimal amplitudaya uyğun nisbi tsikllər sayı isə – 0,8 Ø). Təcrübələr nümunələrin dağılmasına qədər aparılmış və I saylı ikipilləli blok yükləmələrində nümunələrin orta dağılma tsikllərinin sayı $N_I = 685160$ qəbul edilmişdir (cədvəl 3).

Cədvəl 3

İkipilləli blok yükləmələrində nümunələrin dağılma tsiklləri

| № | I blok | II blok | III blok |
|---|--------|---------|----------|
| 1 | 834200 | 1154200 | 4405100 |
| 2 | 512500 | 1102900 | 4405900 |
| 3 | 708800 | 1245300 | 4800000 |
| 4 | 754300 | 1107400 | 4200000 |
| 5 | 616000 | 1005900 | 4600000 |
| Dağılmaya uyğun tsikllər sayının orta qiyməti | 685160 | 1123100 | 4482200 |

Növbəti II saylı ikipilləli blokdakı maksimal gərginliyin qiyməti sabit olaraq $1,2\sigma_{-1}$ səviyyəsində saxlanılmış minimal gərginliyin qiyməti isə $0,7\sigma_{-1}$ səviyyəsində qədər aşağı salınmışdır. Blokdakı maksimal və minimal amplitudaya uyğun nisbi tsikllər sayı sabit qalmış və II blok üzrə orta dağılma tsikllərinin sayı $\bar{N}_{II} = 1123100$ qəbul edilmişdir.

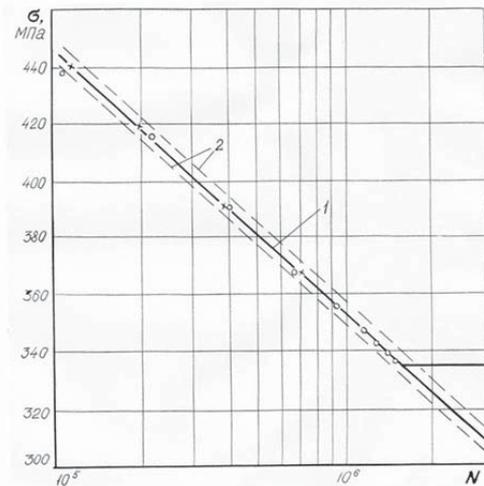
Daha sonra III saylı ikipilləli blokdakı maksimal gərginliyin qiyməti yenə sabit olaraq saxlanılmış ($1,2\sigma_{-1}$ səviyyəsində), minimal gərginliyin qiyməti $0,5\sigma_{-1}$ səviyyəsində bərabər qəbul edilmişdir. Blokdakı maksimal və minimal amplitudaya uyğun nisbi tsikllər sayı da sabit saxlanılmış və III blok üzrə orta dağılma tsikllərinin sayı $\bar{N}_{III} = 4482200$ qəbul edilmişdir.

Dözümlülük həddindən aşağı gərginliklərin bu gərginlikdən yuxarı gərginliklərlə birgə təsirini aşağıdakı kimi izah etmək olar:

1) I, II və III blok yükləmələrində blokdakı birinci yükləmənin səviyyəsini sabit saxlayıb, ikinci yükləmənin səviyyəsini dözümlülük həddindən aşağı səviyyələrlə ardıcıl olaraq azaldılması nümunələrin uzunömürlülüyünün artırılması ilə nəticələnir. Bu da dözümlülük həddindən yuxarı gərginliklərin təsirdən yaranan yorğunluq çatlarının əmələgəlmə sürətinin azalmasına gətirib çıxardır. Beləliklə, sınaqdan keçirilən nümunələrin dağılma tsikllərinin artmasına kömək etmiş olur;

2) Blok daxilindəki yükləmələrin nisbi uzunömürlülüyünün dəyişməsi nümunələrin dağılma müddətinə təsir edir;

3) Blok daxilindəki dözümlülük həddindən



Şək.2. 20N2M markalı poladdan hazırlanmış nümunələrin yorğunluq əyrisi - təcrübi reqresiya xətti; 2 - etibarlılıq sahəsinin 95%-ə uyğun sərhədləri.

yuxarı gərginliklərin səviyyəsini dəyişməklə də nümunənin dağılma müddətinə təsir etməklər;

4) Dözümlülük həddindən aşağı $\sigma_{-1} \geq \sigma_a \geq 0,5\sigma_{-1}$ gərginliklərinin yorğunluq çatlarının əmələgəlməsində iştirakı qəbul edilir. $0,5\sigma_{-1}$ səviyyəsindən aşağı gərginliklərin zədələnmələrin toplanmasında iştirakı nəzərə alınmır.

REFERENCES

1. **Санəhmədov Ə.Х., Vəliyev N.A., Əliyev Ə.М.** Neft avadanlıqlarının dinamikası və möhkəmliyi. Bakı, 2016, 423 s.
2. **Stepnov M.N.** Statisticheskaja obrabotka rezul'tatov mehanicheskikh ispytaniy. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 232 s.
Степнов М.Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний. - М.: Машиностроение, 1972. - 232 с.
3. **Redkovec N.F.** Vlijanie naprjazhenij nizhe predela ustalosti na dolgovechnost detalej, rabotajushih pri peremennyh nagruzkah. // Vestnik mashinostroenija. 1964, №6, s.26-29
Редковец Н.Ф. Влияние напряжений ниже предела усталости на долговечность деталей, работающих при переменных нагрузках. // Вестник машиностроения. 1964, №6, с.26-29
4. **Birger I.A., Shorr B.F., Iosilevich G.B.** Raschet na prochnost detalej mashin. Spravochnik, 3-e izd. Pererabot. i dop. - M.: Mashinostroenie, 1979. – 702 s.
Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Справочник, 3-е изд. Переработ. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
5. **Qafarov A.M., Sharifov Z.Z., Aliev Ch.M., Kuliev A.M.** Vlijanie ostatechnyx naprjazhenij na iznos vtulok cepnyh zvezdochek brashpilej sudov razlichnogo naznachenija. // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii, 2017, T.9, №1, s.32-40.
Гафаров А.М., Шарифов З.З., Алиев Ч.М., Кулиев А.М. Влияние остаточных напряжений на износ втулок цепных звездочек брашпильей судов различного назначения. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Т.9, №1, с.32-40.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ УСТАЛОСТНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ НАПРЯЖЕНИИ

A.M. GAFAROV, M.S. RAGIMOVA

При помощи эксперимента изучены действия напряжений ниже предела выносливости суммирования повреждений. Доказано, что нижняя граница повреждающих напряжений близка к $0,5\sigma_{-1}$. Спектры напряжений ниже не участвуют в накоплениях усталостного повреждения.

Ключевые слова: предел выносливости, нагрузка, степень повреждения, напряжение, дисперсия, вероятность, усталость.

STUDY OF ACCUMULATION OF FATIGUE DAMAGE IN NO STATIONARY TENSION

A.M. GAFAROV, M.S. RAGIMOVA

An influence of tensions below the limit of the total fatigue damage has been experimentally studied. It has been proven that the influence below the level of damaging tensions is near to $0,5\sigma_{-1}$. The tensions specters are not included into the fatigue damages accumulation.

Key words: durability limit, loading, damage degree, tensions, dispersion, probability, fatigue.

УДК 621.01

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА КРИВИЗНЫ ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С РОЛИКОВЫМ ТОЛКАТЕЛЕМ

И.А. ХАЛИЛОВ*, С.Х. КЕРИМОВ*, А.С. ИМАНОВ*

В статье аналитически определен радиус кривизны профиля кулачка в полярной координатной системе при синусоидальном законе движения толкателя. Для проверки достоверности аналитических решений проведен численный эксперимент и построены диаграммы перемещения, скорости, ускорения движения толкателя, диаграмма радиуса кривизны и профиль кулачка. Предложенным методом радиус кривизны профиля определяется не только для определенных положений механизма, но и для целого цикла движения кулачка. Это, в свою очередь, устраняет надобность дополнительных графических построений при вычерчивании профиля кулачка и позволяет прогнозировать надежности кулачкового механизма.

Ключевые слова: радиус кривизны, кулачковый механизм, ход толкателя, полярная координатная система, фаза удаления, угол поворота.

Введение. Кулачковые механизмы широко используются во многих современных технологических, транспортных и др. машинах-автоматах. Наряду с простотой и компактностью эти механизмы обладают и некоторыми другими преимуществами. Состоящий из двух подвижных звеньев (кулачок и толкатель) механизм с высокой точностью воспроизводит движение рабочего органа машины. Помимо этого, эти механизмы могут превращать непрерывное вращение кулачка к прерывистому движению выходного звена.

В настоящее время достаточно широко и всесторонне исследован структурный, кинематический и динамический анализ, а также синтез различных широко распространённых в технике кулачковых механизмов [1,2]. Несмотря на углубленное исследование этих механизмов, радиус кривизны профиля кулачка до сих пор недостаточно изучен. Надежность и долговечность кулачкового механизма в первую очередь зависит от контактной прочности между кулачком и толкателем. В свою очередь, контактная прочность напрямую зависит от радиуса кривизны профиля кулачка. Во время работы кулачкового механизма в фазах удаления и приближения толкателя радиус кривизны кулачка меняется в зависимости от угла поворота кулачка. С учетом изменения рабочих нагрузок на толкатель решение контактной задачи еще больше усложняется. Определение радиуса ролика толкателя тоже тесно связано с радиусом кривизны кулачка. Поэтому исследование радиуса кривизны кулачка в зависимости от угла поворота кулачка является актуальной задачей.

* Азербайджанский Технический Университет

При произвольных законах движения толкателя некоторые авторы [1,2] для определения радиуса кривизны кулачка пользовались кинематическим анализом механизма. При синтезе механизмов закон движения толкателя задается, поэтому для определения радиуса кривизны необходимо пользоваться законом движения выходного звена. Проведенный литературный анализ показывает, что при кинематическом анализе кулачковых механизмов определение радиуса кривизны кулачка недостаточно рассмотрено. Радиус кривизны рассмотрен только для определенных положений механизма, так как закон движения толкателя аналитически не определен при целом цикле движения кулачка. Такая постановка задачи не отображает общую картину зависимости радиуса кривизны от угла поворота.

Математическая модель: На рис. 1 представлена кинематическая схема центрального кулачкового механизма с роликовым толкателем. Здесь r_0 - минимальный радиус практического профиля кулачка, R - текущий радиус-вектор, φ_i - угол поворота кулачка, S_i - текущий ход толкателя.

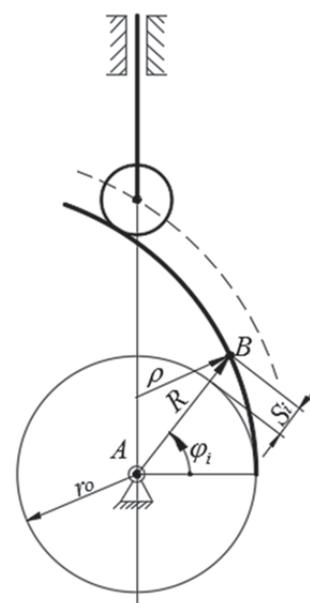


Рис. 1. Кинематическая схема фазы удаления роликового толкателя центрального кулачкового механизма

Обозначая полярные координаты точки B профиля кулачка через φ_i и R , кривизну профиля можно представить следующим образом [3]:

$$K = \frac{R^2 + 2(R')^2 - R \cdot R''}{(R^2 + (R')^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

где R' и R'' - производные первого и второго порядка радиус-вектора относительно полярного угла.

Согласно рис. 1 напишем:

$$R = r_0 + S_i \quad (2)$$

Минимальный радиус кулачка r_0 определяется из условия передачи сил при синтезе рассматриваемого кулачкового механизма. В данной работе этот вопрос нами не рассматривается.

В быстроходных машинах широко применяются кулачковые механизмы с безударными законами движения толкателя. В таких механизмах закон движения (перемещения, скорости и ускорения) толкателя имеет плавный (без скачков) характер. В качестве примера можно привести синусоидальный закон движения, который широко распространен в различных областях техники [3-6]:

$$S'' = \frac{2\pi h}{\Phi_y^2} \cdot \sin \frac{2\pi}{\Phi_y} \cdot \varphi_i \quad (3)$$

Здесь h - полный ход толкателя, S'' - закон аналога ускорения толкателя, φ_y - угол фазы удаления толкателя.

Для простоты примем закон движения толкателя в фазе приближения идентичным к фазе удаления. При начальных $\varphi_i = 0$ условиях $S = 0$ и $S' = 0$, после двукратного интегрирования S'' относительно φ_i получим следующие выражения для скорости и перемещения:

$$S' = \frac{h}{\varphi_y} \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\varphi_y} \cdot \varphi_i \right) \right) \quad (4)$$

$$S = h \cdot \left(\frac{\varphi_i}{\varphi_y} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\varphi_y} \cdot \varphi_i \right) \right) \quad (5)$$

Так как r_0 постоянное, то, согласно уравнению (2), получим:

$$R = r_0 + S_i, \quad R' = S', \quad R'' = S''$$

После определения R' и R'' можно вычислить кривизну K профиля кулачка, согласно (2). Так как радиус кривизны равен обратному значению кривизны K , то текущий радиус кривизны будет определяться следующим образом:

$$\rho_i = \frac{1}{K} = \frac{\left(R_i^2 + (R')^2 \right)^{\frac{3}{2}}}{R_i^2 + 2 \cdot (R')^2 - R_i \cdot R''} \quad (6)$$

Результаты исследования: Согласно (6), проведем численный эксперимент и определим радиус кривизны при следующих входных данных: минимальный радиус кулачка $r_0 = 60$ мм, фаза удаления $\varphi_y = 60^\circ$, фаза верхнего выстоя $\varphi_{вв} = 40^\circ$, фаза приближения $\varphi_n = 60^\circ$, полный ход толкателя $h = 20$ мм. Построим графики зависимостей перемещения (рис.2), скорости (рис.3) и ускорения (рис.4) толкателя от угла поворота кулачка.

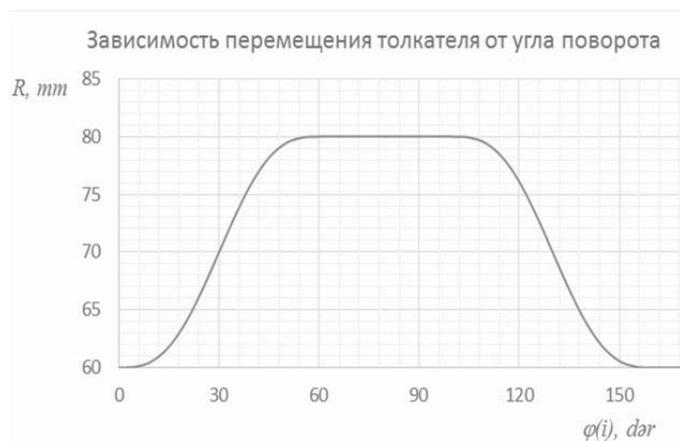


Рис.2. Зависимость перемещения толкателя от угла поворота кулачка



Рис.3. Зависимость скорости толкателя от угла поворота кулачка

Полученные диаграммы подтверждают достоверность аналитических выкладок. Согласно уравнению (6) построим график зависимости радиуса кривизны от угла поворота кулачка для фазы удаления толкателя (рис.5):



Рис.4. Зависимость ускорения толкателя от угла поворота кулачка

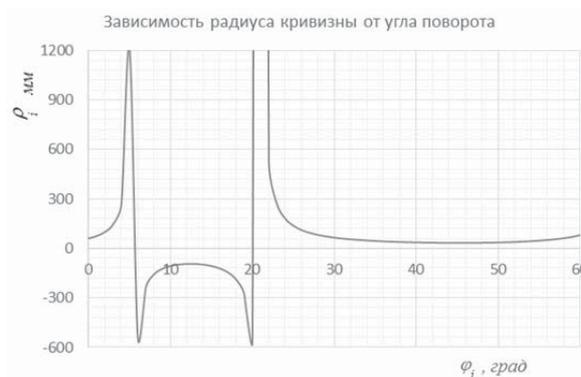


Рис.5. Зависимость радиуса кривизны кулачка от угла поворота

Скачкообразная форма этой диаграммы в районе $\sim 5^0$ и $\sim 20^0$ угла поворота φ_i говорит о том, что при этих значениях кривизна кулачка приближается к прямой линии. При положительных значениях ρ_i кривизна кулачка выпуклая, а при отрицательных значениях ρ_i кривизна кулачка вогнутая.

Таким образом, мы можем определить кривизну кулачка не только для определенного положения механизма, но и в зависимости от угла поворота при полном обороте кулачка ($0 \leq \varphi_i \leq 2\pi$). Это дает нам возможности построить профиль кулачка (рис.6) без дополнительных графических построений.

Выводы. Аналитически определена кривизна кулачка не только для определенного положения механизма, но и в зависимости от угла поворота при целом цикле движения кулачка. Предложенный метод дает нам возможность построить профиль кулачка без дополнительных графических построений. Зная радиус-кривизну кулачка, можно определить контактную прочность пары «ролик-кулачок» по всей длине профиля кулачка и тем самым прогнозировать долговечность кулачкового механизма.

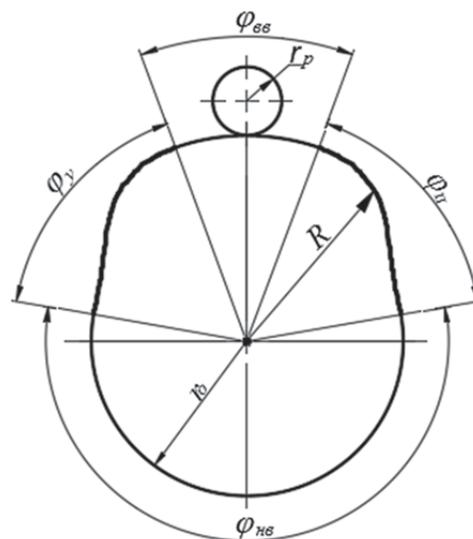


Рис.6. Профиль кулачка, построенный в полярной координатной системе

REFERENCES

1. **Kəngərli A.M.** Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi. – Bakı: “Müəllim”, 2004. – 674 s.
2. **Judin V.A., Petrokas L.V.** Teorija mashin i mehanizmov. – M.: «Vysshaja shkola», 1977.
Юдин В.А., Петрокас Л.В. Теория машин и механизмов. – М.: «Высшая школа», 1977.
3. **Цуйн В.А., Позняк Е.Г.** Osnovy matematicheskogo analiza. Chast II. – M.: «Fizmatlit», 7-e izd., 2005. - 648s.
Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Часть II. – М.: «Физматлит», 7-е изд., 2005. - 648с.
4. **Xəlilov İ.Ə.** İntiqal muftalarının seçilməsinin nəzəri əsasları. Monoqrafiya. – Bakı: Elm, 2011. – 302 s.
5. **Xəlilov İ.A.** Faktory, vlijajushhie na nagrev uprugogo elementa soedinitelnyh muft. // Vestnik Azerbajdzhanskoj Inzhenernoj Akademii. Baku, 2014, T6, №4, s. 34-42.
Халилов И.А. Факторы, влияющие на нагрев упругого элемента соединительных муфт. // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. Баку, 2014, Т6, №4, с. 34-42.
6. **Xəlilov İ.A.** Eksperimentalnoe issledovanie dempfirujushhej sposobnosti dvuhmassovoj kolebatel'noj sistemy s frikcionnoj muftoj avtomobilja. // Vestnik Azerbajdzhanskoj Inzhenernoj Akademii, Baku, 2015, T7, №3, s.38-45.
Халилов И.А. Экспериментальное исследование демпфирующей способности двухмассовой колебательной системы с фрикционной муфтой автомобиля. // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, Баку, 2015, Т7, №3, с.38-45.

DİYİRCƏKLİ İTƏLƏYİCİLİ YUMRUQLU MEXANİZMİN YUMRUĞUNUN PROFİLİNİN ƏYRİLİK RADIUSUNUN ANALİTİK TƏYİNİ

İ.Ə. XƏLİLOV, S.K. KƏRİMOV, Ə.S. İMANOV

Təqdim olunan məqalədə itələyicinin hərəkətinin sinus qanununa tabe olduğu hal üçün polyar koordinat sistemində yumruğun profilinin əyrilik radiusu analitik təyin edilmişdir. Analitik həllin düzgünlüyünü yoxlamaq məqsədi ilə ədəbi eksperiment aparılaraq itələyicinin hərəkətinin yol, sürət, təcil, yumruğun əyrilik radiusu diaqramları və yumruğun profili qurulmuşdur. Təklif olunan üsulla yumruğun əyrilik radiusu yalnız ayrı-ayrı vəziyyətlər üçün deyil, yumruğun tam fırlanma tsikli üçün müəyyən edilir. Bu da öz növbəsində yumruğun profilinin çəkilməsi zamanı əlavə qrafiki qurmaların vacibliyini aradan qaldırır və yumruqlu mexanizmin etibarlılığını proqnoz etməyə imkan verir.

Açar sözlər: *Əyrilik radiusu, yumruqlu mexanizm, itələyicinin yolu, polyar koordinat sistemi, uzaqlaşma fazası, dönmə bucağı.*

ANALYTICAL DEFINITION OF CURVATURE RADIUS OF CAM PROFILE OF THE CAM MECHANISM WITH THE ROLLER PUSHER

I.A. KHALILOV, S.K. KERİMOV, A.S. IMANOV

In the presented article, the curvature radius of the cam profile in the polar coordinate system at the sinusoidal law of pusher movement has been defined analytically. In order to check the reliability of analytical decisions, the numerical experiment has been made and the diagrams of moving, speed, acceleration of the pusher movement, the diagrams of curvature radius and the cam profile have been constructed. The radius of the curvature profile is defined by the offered method not only for certain positions of the mechanism, but also for the whole motion cycle of the cam. In turn, it eliminates need for the additional graphical constructions in drawing of the cam profile and allows to predict reliability of the cam mechanism.

Key words: *curvature radius, cam mechanism, push-rod movement, polar coordinate system, removal phase, rotation angle.*

УДК 621-86

ПЕРЕДАЧА И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ НАВИВАЕМОГО КАНАТА НА БОЧКУ БАРАБАНА В СПУСКОПОДЪЕМНОМ ОБОРУДОВАНИИ (часть I)

В. С. СКРЫПНИК*

В материалах статьи проиллюстрировано формирование гармонических волн упругой энергии в парах «бочка барабана – витки каната» и «витки каната – витки каната» при ее передаче в продольно-поперечном и поперечном направлениях. Произведена оценка нагруженности витков каната при их фрикционном взаимодействии.

Ключевые слова: канатный барабан лебедки, бочка барабана, канат, передача и перераспределение упругой энергии, гармонические волны, продольно-поперечное и поперечное направление.

Введение. Уровень механизации технологического процесса определяет степень совершенства современного производства, его производительность. Автоматизация производственных процессов невозможна без применения современных механизмов спускоподъемного оборудования, надежность которых обеспечивается бесперебойной работой пар трения «бочка барабана – канат» и «канат – канат» при его многослойной навивке. Решаемая проблема требует концептуального подхода с точки зрения передачи и перераспределения упругой энергии навиваемого каната на бочку барабана на кранах, в лифтах, в шахтных подъемных машинах, в лебедках буровых установках и т.д.

Состояние проблемы. Навивка каната на бочку барабана в любом спускоподъемном механизме производится качественно только в том случае, если будет выдержано условие, что $S_H - S_C > 0$, то есть натяжение набегающего конца каната (S_H) всегда больше натяжения сбегающего конца каната (S_C). Выходит, что градиент натяжения каната является положительной величиной. В таком случае приходится рассматривать эффект «шпиля» [1].

Шпили применяют при производстве маневровых работ на железнодорожных путях, в портах и доках, для подъема якорей на судах, подтаскивания различных грузов и т.п. Эффект «шпиля» реализуется при намотке каната на бочку барабана при положительной величине $S_H - S_C = F_T$ и обеспечивается его посадка с нтягом на поверхности бочки. Шпиль – это лебедка с фрикционным барабаном, с горизонтальной или вертикальной осью его

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

вращения. Канат, соединенный с грузом, не закрепляется на бочке барабана и фрикционно взаимодействует с ним своими несколькими витками, намотанными на него, и удерживается часть каната от проскальзывания относительно небольшой силой S_C , прикладываемой к сбегающей его ветви. Это позволяет работать с канатом большой длины при малых размерах диаметра бочки барабана. Тогда натяжение набегающей ветви каната, соединенной с грузом, составит

$$S_H = S_C e^{f\alpha},$$

где f – динамический коэффициент трения между канатом и бочкой барабана; $f = 0,12 \dots 0,15$ – при гладкой бочке барабана и $f = 0,15 \dots 0,2$ – при бочке барабана, имеющей на своей поверхности невысокие продольные ребра; α – угол обхвата бочки барабана канатом, рад.

Конструкция крепления каната на барабане должна быть надежной, доступной для осмотра, удобной для замены каната и достаточно простой в изготовлении. Канат в месте крепления не должен подвергаться резкому изгибу. Существует много разнообразных конструкций крепления каната на барабане; примеры некоторых из них приведены на рис. 1 а, б. Правилами Украины и Азербайджана обусловлено крепление каната на барабане или прижимными планками или клиновыми зажимами, обеспечивающими надежность крепления.

Остановимся на расчете крепления каната планкой с двумя винтами к телу бочки литого барабана (табл. 1).

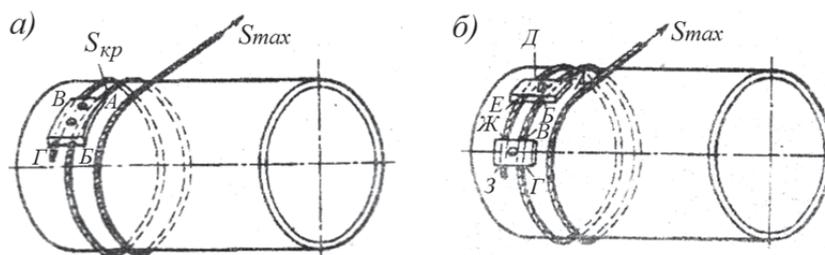


Рис. 1 а, б. Схемы закрепления каната на бочке барабана накладками:
а, б – одной и двумя; 1 – канат; 2 – бочка барабана; 3 – накладки; 4 – болты;
 $S_{кр}$, S_{max} – натяжение канатов: перед прижимной накладкой и в процессе подъема груза

В приведенных зависимостях (1) – (11) использованы следующие условные обозначения: $f = 0,16$ – минимальный динамический коэффициент трения между канатом и поверхностью бочки барабана; $\alpha_1 = 3\pi$ – минимальный угол обхвата бочки барабана неприкосновенными витками каната; V_n – скорость подъема груза, м/с; $E_K = 1,2 \cdot 10^{11}$ – модуль упругости стального каната, Па; A_K – площадь металлического поперечного сечения каната, м²; H – номинальная высота подъема груза, м; $\alpha_{ДР}$ – коэффициент, зависящий от типа двигателя, принимаемый $\alpha_{ДР} = 1,0$ – для двигателей с короткозамкнутым ротором без регулирования пускового момента, $\alpha_{ДР} = 0,8$ – для двигателя с фазным ротором при управлении силовыми контроллерами и $\alpha_{ДР} = 0,6$ – для двигателей с фазным ротором при управлении с помощью магнитных контроллеров; f – приведенный динамический коэффициент трения между канатом и планкой, имеющей трапецеидальное сечение канавки; β – угол наклона боковой грани зажимной канавки на планке, обычно принимаемый равным

40,0°; полукруглыми канавками $f_1 = f$ и $F_1 = 2fN$; $\alpha = 2\pi$ – угол обхвата бочки барабана витком каната от точки Б до точки В.

Таблица 1

Расчет крепления каната планкой и двумя винтами к телу бочки литого барабана (рис. 1 а, б) [1]

| Наименование | Расчетные зависимости |
|---|---|
| Натяжение каната перед прижимной планкой в т. А | $S_{кр} = S_{max} / e^{f\alpha_1};$ (1) |
| Максимальное рабочее натяжение в канате при подъеме груза | $S_{max} = S_{ном} \cdot K_{\delta};$ (2) |
| Коэффициент динамических нагрузок | $K_{\delta} = 1 + V_n \alpha_{np} \sqrt{E_k A_k / (9,8 S_{ном} H)};$ (3) |
| Натяжение каната в месте его крепления | $S_{кр} = 0,4 S_{max}.$ (4) |
| Случай крепления планкой с двумя винтами каната на бочке барабана | |
| Силы трения: | |
| – между канатом и планкой, и канатом и барабаном на участке АВ | $F_1 = (f + f_1)N;$ (5) |
| | $f_1 = f / \sin \beta;$ (6) |
| – между канатом и барабаном на участке БВ | $F_2 = S_B - S_{кр} = \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha}} [S_{кр} - (f + f_1)N];$ (7) |
| – под прижимной планкой на участке ВГ | $F_3 = F_1 = (f + f_1)N;$ (8) |
| Удержание каната на барабане соблюдается когда: | $S_{кр} = F_1 + F_2 + F_3;$ (9) |
| сила затяжки одного винта на планке составит | $N = S_{кр} / [(f + f_1)(e^{f\alpha} + 1)];$ (10) |
| силы трения, воспринимаемые каждым винтом крепления планки | $F_T = f_1 N.$ (11) |

Из приведенного расчета следует, что важная роль отводится в креплении каната к телу бочки барабана силам трения между элементами неподвижного соединения.

Постановка задачи. В данной публикации рассмотрены следующие задачи применительно к данной проблеме:

- при формировании гармонических волн упругой энергии в парах «барабан - витки каната» при ее передаче в различных направлениях:
 - продольно-поперечном;
 - поперечном;
 - оценке нагруженности витков каната при их фрикционном взаимодействии.

Цель работы – обоснование передачи и перераспределения упругой энергии навиваемого каната на бочку барабана в спускоподъемном оборудовании.

Формирование гармонических волн упругой энергии в парах «барабан - витки каната» при ее передаче в различных направлениях:

Продольно-поперечном. Современное представление о реальном строении твердых тел, которыми являются канат и барабан, достаточно убедительно раскрывается дислокаци-

ей. Все так называемые «структурно-чувствительные» свойства материалов каната и барабана связаны с возникновением, размножением, движением и взаимодействием дислокаций. В основе всех представлений о прочности и пластичности металлических материалов лежат данные об их дислокационном строении. Объяснение резкого различия между прочностью полученного и эксплуатируемого металла в узле трения основывается также на наличии дислокаций. Дислокационная структура в объеме элементов каната и стенки бочки барабана, имеющих кристаллические решетки, реализуется на их поверхностях в виде тонкой системы ступенек, впадин и выступов, т.е. микрорельефом [2].

Условия для преобладающего развития тех или иных процессов, эффектов и явлений в поверхностных слоях металлов каната и барабана определяются внешними механическими воздействиями импульсного характера, средой, материалами дискретно трущихся пар, относительными их размерами и формой (масштабный фактор) и напряженно-деформируемым состоянием объемов металла (растяжение, сжатие, изгиб, кручение).

Под действием текущих изменений формируется рабочее состояние поверхностного слоя проволок прядей каната и внешней поверхности стенки бочки барабана, когда их материалы имеют фазовые составы, структуры, а, следовательно, и свойства, отличные от исходного состояния. В поверхностных слоях, при взаимодействии пары «витки каната – бочка барабана», возникают процессы, эффекты и явления, возможности развития которых обусловлены исходным состоянием их поверхностей и условиями эксплуатации.

Микрорельеф, структура, упругие свойства и прочностные характеристики материалов каната и бочки барабана испытывают необратимые изменения при дискретно-фрикционном взаимодействии, формирующие своеобразные состояния поверхностей и поверхностных слоев после снятия нагрузки трением в технологических операциях подъема и спуска бурового инструмента.

В зависимости от характера процессов, явлений и эффектов, происходящих во время работы узла трения «канат – бочка барабана», после завершения его фрикционного взаимодействия могут произойти следующие остаточные изменения в их поверхностных слоях: механическое упрочнение либо разупрочнение; фазовое упрочнение либо разупрочнение без изменения или с изменением химического состава, изменение микрорельефа выступов площадок трения и напряженного состояния поверхностных слоев.

Новые возможности при моделировании процессов трения и изнашивания появляются в связи с введением понятия ротационной деформации, вызывающей структурные изменения на нескольких масштабных уровнях в металлах пары трения.

Структура поверхностных слоев металлических материалов по современным представлениям является многослойной [3].

После воздействия множества ударных импульсов при соприкосновении микровыступов пары трения «канат – бочка барабана», имеющих различную мощность из-за разности усилий натяжения набегающей и сбегавшей части витка каната, вызывая при этом растяжение проволок верхних прядей каната и сжатие проволок нижних прядей каната. Таким образом, на поверхностях материалов формируется множество центральных зон, которые будут отражать акты многоструйного течения между зонами перемещения материалов после прохождения продольной волны деформации. После многократного деформирования эти зоны будут выглядеть наподобие жидкости-холодца с беспорядочной структурой. Взаимо-

действие центральных ударно-деформационных зон с соседними объемами материалов происходит за счет ротационных эффектов с возможной аналогией процесса течения вязкой жидкости в приповерхностном слое. При этом, как в первом, так и во втором случаях, взаимодействие центральных потоков с ламинарными подслоевыми движениями сопровождается возникновением вихрей. Вихревая прослойка в металлах может состоять из нескольких пар вихревых шнуров со встречным вращением шнуров в каждой паре. С внешней стороны ротационные образования будут как бы скользить по ламинарному подслою, представляющему собой структуру с неравновесными ячейками. Полосовая и шашечная структуры также обеспечивают ротационные эффекты. При этом шашечная структура имеет статическую деформацию около 50,0-60,0% и представляет собой обычно совокупность прямоугольных образований, в основном, поперечной ориентации. Полосовая структура состоит из ротационных поперечных полос, расположенных последовательно и способных к размножению и движению вглубь материалов под действием полей напряжений в парах «канат – бочка барабана». Таким образом, происходит формирование поперечных волн деформации [4].

Перейдем к математическому описанию процессов формирования продольных и поперечных волн, вызывающих колебания пары трения «канат – бочка барабана», и к соотношениям между их скоростями распространения.

Общий вид уравнения движения упругой среды – это равенство силы внутренних напряжений $\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k}$ произведению ускорения \ddot{u}_i на массу единицы объема тела, т.е. на его плотность ρ :

$$\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} = \rho \ddot{u}_i. \quad (12)$$

В частности, уравнения движения изотропной упругой среды можно написать непосредственно по аналогии с уравнением равновесия [4]. Имеем

$$\rho \ddot{u} = \frac{E}{2(1+\mu)} \Delta u + \frac{E}{2(1+\mu)(1-\mu)} \text{grad div} u. \quad (13)$$

Поскольку все деформации являются малыми, то рассматриваемые в теории упругости движения представляют собой малые, как говорят, упругие колебания, или волны. Начнем с рассмотрения плоской упругой волны в неограниченной изотропной среде, т.е. волны, в которой деформация u является функцией только от одной из координат, например, от x (и от времени). Все производные по y и z в уравнении (13) исчезают, и получаем для отдельных компонентов вектора u следующие уравнения:

$$\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} - \frac{1}{c_l^2} \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} = 0; \quad \frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} - \frac{1}{c_t^2} \frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2} = 0 \quad (14)$$

уравнение для u_z такое же, как для u_y ; после введения обозначений вида

$$c_l = \sqrt{\frac{3K'' + 4G''}{3\rho}} = \sqrt{\frac{\lambda_n + 2G''}{\rho}}, \quad c_t = \sqrt{\frac{G''}{\rho}},$$

где K'' , G'' – модули: сжатия; сдвига; λ_n – коэффициент Ламэ; получаем следующие выражения

$$c_l = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad c_t = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}}. \quad (15)$$

Уравнения (14) представляют собой обычные волновые уравнения в одном измерении, и входящие в них величины c_l и c_t являются скоростями распространения волны. Видим, что скорость распространения волны оказывается различной для компоненты u_x , с одной стороны, и компонент u_y , u_z – с другой.

Таким образом, упругая волна представляет собой по существу две независимо распространяющиеся волны. В одной из них (u_x) смещение направлено вдоль распространения самой волны; такая волна называется продольной (рис. 2) и распространяется со скоростью c_l . В другой (u_y , u_z) – смещение направлено в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения; такая волна называется поперечной (рис. 2) и распространяется со скоростью c_t . Заметим, что, как видно из (15), скорость распространения продольных волн всегда больше, чем скорость поперечных. Всегда имеет место неравенство:

$$\begin{array}{ll} \text{сильное} & \text{слабое} \\ c_l > c_t \sqrt{2}; & c_l > c_t \sqrt{\frac{4}{3}}. \end{array} \quad (16)$$

Сильное неравенство получено при условии, что μ меняется лишь в пределах от 0,25 до 0,5 для материалов каната и барабана.

Известно, что изменение объема при деформации определяется суммой диагональных членов тензора деформации, т.е. величиной $u_{ii} = \text{div } u$.

В поперечной волне имеются только компоненты u_y , u_z , и поскольку они не зависят ни от y , ни от z , то для такой волны $\text{div } u = 0$. Таким образом, поперечные волны не связаны с изменением объема отдельных участков тела. Напротив, для продольных волн $\text{div } u \neq 0$; эти волны сопровождаются «растяжением – сжатием» (каната) и «сжатием – растяжением» (стенки бочки барабана).

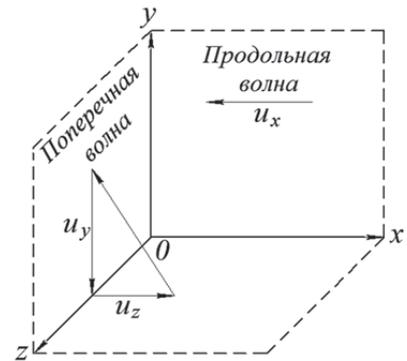


Рис. 2. Продольные и поперечные волны упругой энергии каната и их компоненты

Разделение волны на две независимо распространяющиеся с разными скоростями части можно произвести и в общем случае произвольной (не плоской) упругой волны в неограниченном пространстве. Перепишем уравнение (13), введя в него скорости c_l и c_t .

$$u = c_l^2 \Delta u + (c_l^2 - c_t^2) \text{grad } \text{div } u. \quad (17)$$

Представим вектор u в виде суммы двух частей:

$$u = u_l + u_t, \quad (18)$$

при этом они удовлетворяют условиям

$$\text{div } u_t = 0; \quad (19)$$

$$\text{rot } u_l = 0. \quad (20)$$

Из векторного анализа известно, что такое представление всегда возможно (вектора в виде суммы ротора некоторого вектора и градиента некоторого скаляра).

При подстановке $u = u_l + u_t$ в (17) получаем:

$$\ddot{u}_l + \ddot{u}_t = c_l^2 \Delta(u_l + u_t) + (c_l^2 - c_t^2) \text{grad div} u_l. \quad (21)$$

Применим к обеим сторонам этого уравнения операцию div . Поскольку $\text{div} u_t = 0$, то

$$\text{div} \ddot{u}_l = c_l^2 \Delta \text{div} u_l + (c_l^2 - c_t^2) \Delta \text{div} u_l,$$

или

$$\text{div}(\ddot{u}_l - c_l^2 \Delta u_l) = 0.$$

С другой стороны, rot стоящего в скобках выражения тоже равен нулю в силу (20). Но если rot и div некоторого вектора исчезают во всем пространстве, то этот вектор тождественно равен нулю. Таким образом,

$$\frac{\partial^2 u_l}{\partial t^2} - c_l^2 \Delta u_l = 0. \quad (22)$$

Аналогично применяя к уравнению (21) операцию rot и помня, что $\text{rot} u_l = 0$ и что rot всякого градиента равен нулю, находим:

$$\text{rot}(\ddot{u}_l - c_l^2 \Delta u_l) = 0.$$

Поскольку div стоящего в скобках выражения тоже равно нулю, то возвращаемся к уравнению того же вида, как и (22):

$$\frac{\partial^2 u_t}{\partial t^2} - c_t^2 \Delta u_t = 0. \quad (23)$$

Уравнения (22) и (23) представляют собой обычные волновые уравнения (в трех измерениях). Каждое из них соответствует распространению упругой волны со скоростью, соответственно, c_l или c_t . Одна из этих волн (u_t) не связана с изменением объема (в силу $\text{div} u_t = 0$), а другая (u_l) сопровождается объемными сжатиями и растяжениями.

В монохроматической упругой волне вектор смещения имеет вид

$$u = \text{Re} \{ u_0(r) r^{-i\omega t} \}, \quad (24)$$

где u_0 – функция координат. Эта функция удовлетворяет уравнению

$$c_l^2 \Delta u_0 + (c_l^2 - c_t^2) \text{grad div} u_0 + \omega^2 u_0 = 0, \quad (25)$$

получающемуся при подстановке (24) в (25). Продольная и поперечная части монохроматической волны удовлетворяют уравнениям

$$\Delta u_l + k_l^2 u_l = 0; \quad \Delta u_t + k_t^2 u_t = 0, \quad (26)$$

где $k_l = \omega/c_l$, $k_t = \omega/c_t$ – волновые векторы продольной и поперечной волн.

На рис. 3 а, б проиллюстрировано действие продольных и поперечных волн упругой энергии каната при различных усилиях натяжения его набегающей ветви. Работоспособными являются две схемы результирующей упругой энергии при подъеме первого и второго витков при формировании второго слоя.

В канатном барабане границей раздела продольной и поперечной упругой волны являются его борта. Остановимся на роли продольной и поперечной волны в формировании первого витка каната второго слоя возле кольцевой поверхности упругого борта барабана. При подходе предпоследнего витка каната первого слоя к зазору между его боковой поверхностью и кольцевой поверхностью упругого борта барабана последний виток каната дефор-

мируется за счет продольной составляющей упругой энергии и закупоривает указанный выше зазор, создавая тем самым распорное усилие, после чего неизрасходованная упругая энергия продольной волны смешивается с упругой энергией подоспевшей поперечной волны, являющейся продуктом напряженно-деформированного состояния элементов каната, смещение которых направлено в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волны, что позволяет за счет суммарной упругой энергии волн приподнимать виток на высоту $(1,1 - 1,2)$ диаметра каната и производить формирование второго слоя витков каната, на первом из которых происходит разделение энергии упругих волн на продольные и поперечные составляющие, которые способствуют навивке второго слоя каната на первый слой.

Поперечном. Поперечные колебания струны каната при многослойной навивке на бочку барабана рассмотрим применительно к шахтной подъемной машине с учетом того, что при большой скорости движения каната возникают вибрации бочки барабана и струны каната.

Изменение радиуса при многослойной навивке вызывает появление дополнительных ускорений в канате в момент огибания бочки барабана витком, который проходит ниже, а при этом выше наматываемый виток осуществляет скачкообразное перемещение вдоль образующей барабана, что приводит к возникновению вынужденных поперечных колебаний струны каната подъемного механизма. В некоторых случаях амплитуда поперечных колебаний струны каната может достигать величины, которая приведет к выходу витков каната из канавок направляющих шкивов.

Рассмотрим вынужденные поперечные колебания струны вследствие импульсов ударов по виткам каната на бочке барабана шахтной подъемной машины [5]. Поперечные колебания струны каната описываются дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_{cm}^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (27)$$

где $a_{cm}^2 = \frac{S_{cm}}{\rho_{\lambda}} = const$, с начальными и граничными условиями при:

$$t = 0 - u = 0; \quad \frac{\partial u}{\partial t} = 0; \quad (28)$$

$$x = 0 - u = 0; \quad x = l - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = j(t), \quad (29)$$

где u - поперечные отклонения; $l_{cm}, \rho_{\lambda}, S_{cm}$ - длина, линейная плотность и растяжение струны.

Считаем, что величина усилия растяжения струны является максимальной и величиной постоянной. Начало отсчета принято у блока и направлено в сторону подъемного барабана.

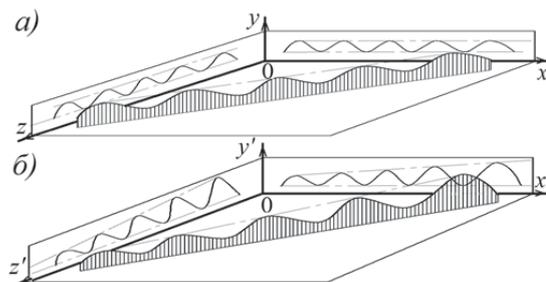


Рис. 3 а, б. Продольные (в плоскостях yOx и $y'Ox'$) и поперечные (в плоскостях yOz и $y'Oz'$) волны упругой энергии каната при максимальном (а) и увеличивающемся (б) натяжении набегающей ветви каната и их результирующая упругая энергия (zOx и $z'Ox'$)

Ускорение $j(t)$ на ограниченных участках каната определяется таким образом:

$$j(t) = \left\{ \begin{array}{ll} j_o \cos \frac{\pi}{\tau_1} \tau'; & \text{при } 0 \leq \tau' \leq \tau_1; \\ 0; & \text{при } \tau_1 \leq \tau' \leq \tau_1 + \tau_2; \\ j_o \cos \frac{\pi}{\tau_1} (\tau' - \tau_1 - \tau_2); & \text{при } \tau_1 + \tau_2 \leq \tau' \leq 2\tau_1 + \tau_2; \\ 0; & \text{при } 2\tau_1 + \tau_2 \leq \tau' \leq \tau \end{array} \right\} \quad (30)$$

В системе (30) интервалы τ' , τ_1 , τ_2 определяют время полного оборота бочки барабана, кинематическое действие (дополнительное ускорение участков каната на ограниченной длине) и время между импульсами-ударами.

Очевидно, что функция, которая отвечает перемещению витка каната на ограниченных участках, имеет вид

$$f(\tau') = \int_0^{\tau'} dz \int_0^z j(y) dy; \quad (\tau' \geq 0), \quad (31)$$

$$\text{и } f(\tau') \approx \left\{ \begin{array}{ll} j_o \left(\frac{\tau_1}{\pi} \right)^2 \left(1 - \cos \frac{\pi}{\tau_1} \tau' \right); & \text{при } 0 \leq \tau' \leq \tau_1; \\ 2j_o \left(\frac{\tau_1}{\pi} \right)^2; & \text{при } \tau \leq \tau' \leq \tau_1 + \tau_2; \\ j_o \left(\frac{\tau_1}{\pi} \right)^2 \left[3 + \cos \frac{\pi}{\tau_1} (\tau_2 - \tau') \right]; & \text{при } \tau_1 + \tau_2 \leq \tau' \leq 2\tau_1 + \tau_2; \\ 4j_o \left(\frac{\tau_1}{\pi} \right)^2; & \text{при } 2\tau_1 + \tau_2 \leq \tau' \leq \tau_1. \end{array} \right\} \quad (32)$$

С помощью метода Даламбера записываем общее решение уравнения (32) в закрытой форме:

$$u(x, \tau') = \varphi_1(x - a_{cm} \tau') + \varphi_2(x + a_{cm} \tau'), \quad (33)$$

где φ_1 и φ_2 - дважды функции, которые непрерывно дифференцируются, определяемые из начальных и граничных условий.

Используя начальные условия (28), получаем

$$\varphi_1(x) + \varphi_2(x) = 0; \quad (34)$$

$$-a\varphi_1'(x) + a\varphi_2'(x) = 0, \quad (35)$$

или $\varphi_1'(x) + \varphi_2'(x) = 0$; $-\varphi_1'(x) + \varphi_2'(x) = 0$,

откуда $\varphi_1'(x) = 0$; $\varphi_2'(x) = 0$, при $0 \leq x \leq l_{cm}$, и $\varphi_1'(x) = C_1''$; $\varphi_2'(x) = C_2''$,

где C_1'' и C_2'' - некоторые константы, сумма которых $C_1'' + C_2'' = 0$. Таким образом, $\varphi_1(x) = C_1''$ и $\varphi_2(x) = -C_1''$ ($0 \leq x \leq l_{cm}$).

В общем, выбор константы C_1'' не влияет на решение, поскольку в выражение (34) входит сумма $\varphi_1 + \varphi_2$ и, таким образом, константы взаимно нивелируются. Поэтому считаем, что величина $C_1'' = 0$. Итак,

$$\varphi_1(x) = 0; \quad \varphi_2(x) = 0 \quad \text{при } 0 \leq x \leq l_{cm}. \quad (36)$$

Граничные условия (29) приводят к выражениям

$$\varphi_1(-a_{cm}\tau') + \varphi_2(a_{cm}\tau') = 0; \quad (37)$$

$$\varphi_1(l_{cm} - a_{cm}\tau') + \varphi_2(l_{cm} + a_{cm}\tau') = f(\tau'). \quad (38)$$

Произведем в уравнениях (37) и (38) замену переменной, считая, что $\eta = a_{cm}\tau'$. Тогда

$$\varphi_1(-\eta) + \varphi_2(\eta) = 0; \quad (39)$$

$$\varphi_1(l - \eta) + \varphi_2(l + \eta) = f(\eta). \quad (40)$$

Формулы (39) и (40) справедливы при любых $\eta \geq 0$ и отличаются от зависимостей (34) и (35), которые описывают процессы, происходящие в интервале $0 \leq x \leq l_{cm}$. Таким образом, уравнение (36) определяет значения функций $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ на отрезке $[0, l_{cm}]$. Покажем, что формулы (39) и (40) однозначно определяют эти функции на соответствующих полуосях: функцию φ_1 - на полуоси $-\infty \leq x \leq l_{cm}$; функцию φ_2 - на полуоси $0 \leq x \leq \infty$. Эти полуоси - естественная область определения для функций φ_1 и φ_2 , поскольку из зависимости (33) выходит, что функция φ_1 определена при произвольных числах $x - a\tau'$, где $0 \leq x \leq l_{cm}$ и $\tau' \geq 0$, и, следовательно, $x - a_{cm}\tau'$ распространяется на полуось $-\infty \leq x \leq l_{cm}$. Аналогичные соображения справедливы и для функции φ_2 .

Введем новую переменную $\xi = -\eta$, определяемую интервалом $-l_{cm} \leq \xi \leq 0$. Поскольку $\eta \geq 0$ ($0 \leq \eta \leq l_{cm}$) и принимая во внимание зависимости (36) и (39), получаем

$$\varphi_1(\xi) = 0, \text{ при } -l_{cm} \leq \xi \leq 0. \quad (41)$$

Рассмотрим теперь интервал $l_{cm} \leq \eta \leq 2l_{cm}$. Считая переменную $\xi = \eta - l_{cm}$, находим, что $0 \leq \xi \leq l_{cm}$ и $0 \leq l_{cm} - \xi \leq l_{cm}$. Поэтому из равенства (36) и (40) вытекает, что $\varphi_1(l_{cm} - \xi) = 0$; $\varphi(l_{cm} - \xi) + \varphi_2(l_{cm} + \xi) = f(\xi)$. Итак, $\varphi_2(l_{cm} + \xi) = f(\xi)$, откуда

$$\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm}), \quad l_{cm} \leq \eta \leq 2l_{cm}. \quad (42)$$

В конце концов, пусть η - произвольное положительное число. Тогда, считая, что $\xi = l_{cm} + \eta$ ($\xi \geq 0$) получаем $\varphi_1(l_{cm} - \xi) + \varphi_2(l_{cm} + \xi) = f(\xi)$, то есть получаем равенство

$$\varphi_1(-\eta) + \varphi_2(2l_{cm} + \eta) = f(l_{cm} + \eta). \quad (43)$$

Вычтя из уравнения (42) уравнение (43), получаем

$$\varphi_2(\eta + 2l_{cm}) = \varphi_2(\eta) + f(\eta + l_{cm}), \quad \eta \geq 0. \quad (44)$$

Поскольку $\eta + 2l_{cm} \neq 0$ и $\eta \neq 0$, то из ранее полученной зависимости (39) следует

$$\varphi_1(-\eta - 2l_{cm}) = -\varphi_2(\eta + 2l_{cm}); \text{ и } \varphi_1(-\eta) = -\varphi_2(\eta).$$

Подставляя два последних уравнения в выражение (43), получаем зависимость вида

$$\varphi_1(-\eta - 2l_{cm}) = \varphi_1(-\eta) - f(\eta + l_{cm}), \quad \eta \geq 0. \quad (45)$$

Таким образом, из зависимостей (37), (43) и (45) находим, что

$$\varphi_2(\eta) = 0, \quad 0 \leq \eta \leq l_{cm}; \quad (46)$$

$$\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm}), \quad l_{cm} \leq \eta \leq 2l_{cm}; \quad (47)$$

$$\varphi_2(\eta + 2l_{cm}) = \varphi_2(\eta) + f(\eta + l_{cm}), \quad \eta \geq 0. \quad (48)$$

Первые два равенства определяют функцию $\varphi_2(\eta)$ в интервале $[0, 2l_{cm}]$, а последняя распространяет эту функция последовательно из интервала $[0, 2l_{cm}]$ в интервал $[2l_{cm}, 4l_{cm}]$, из

интервала $[2l_{cm}, 4l_{cm}]$ в интервал $[4l_{cm}, 6l_{cm}]$ и так далее. Проиллюстрируем полученные зависимости на нескольких первых интервалах.

Пусть $2l_{cm} \leq \xi \leq 3l_{cm}$. Считая $\eta = \xi - 2l_{cm}$, получаем $0 \leq \eta \leq l_{cm}$ и из равенства (47) $-\varphi_2(\eta) = 0$. Вместе с тем, согласно выражению (48), $\varphi_2(\eta + 2l_{cm}) = \varphi_2(\eta) + f(\eta + l_{cm})$, или $\varphi_2(\eta + 2l_{cm}) = f(\eta + l_{cm})$. Последнее выражение записываем в виде

$$\varphi_2(\xi) = f(\xi - l_{cm}), \text{ при } 2l_{cm} \leq \xi \leq 3l_{cm},$$

откуда на основании уравнения (48)

$$\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm}), \text{ при } l_{cm} \leq \eta \leq 3l_{cm}. \quad (49)$$

Считая, что $\eta = \xi - 2l_{cm}$ в интервале $3l_{cm} \leq \xi \leq 5l_{cm}$, получаем $l_{cm} \leq \eta \leq 3l_{cm}$, а из уравнения (49) находим $\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm})$. Подставляя последнее выражение у уравнения (48), получаем зависимость вида

$$\varphi_2(\eta + 2l_{cm}) = f(\eta - l_{cm}) + f(\eta + l_{cm}), \quad l_{cm} \leq \eta \leq 3l_{cm},$$

или

$$\varphi_2(\xi) = f(\xi - 3l_{cm}) + f(\xi - l_{cm}), \quad 3l_{cm} \leq \xi \leq 5l_{cm};$$

откуда

$$\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm}) + f(\eta - 3l_{cm}), \quad 3l_{cm} \leq \eta \leq 5l_{cm}. \quad (50)$$

Приведенное выше уравнение можно распространить на любой интервал, так что

$$\varphi_2(\eta) = f(\eta - l_{cm}) + f(\eta - 3l_{cm}) + f(\eta - 5l_{cm}), \text{ при } 5l_{cm} \leq \eta \leq 7l_{cm}, \quad (51)$$

и так далее. Аналогичным образом определяется и функция на любом интервале длины каната, наматываемой на бочку барабана.

Таким образом, уравнения (34), (46), (50) и (51) позволяют представить общее решение уравнения (27) в замкнутом виде, причем функции $\varphi_1(x - at)$ и $\varphi_2(x + at)$ имеют такой вид:

$$\varphi_1(x - at) = \left. \begin{array}{l} 0 \quad \text{при } 0 \leq t \leq \frac{l_{cm} + x}{a_{cm}}; \\ -f\left(\tau \frac{l_{cm} + x}{a_{cm}}\right) \quad \text{при } \frac{l_{cm} + x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{3l_{cm} + x}{a_{cm}}; \\ -f\left[\left(\tau \frac{l_{cm} + x}{a_{cm}}\right) + \left(\tau \frac{3l_{cm} + x}{a_{cm}}\right)\right] \quad \text{при } \frac{3l_{cm} + x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{5l_{cm} + x}{a_{cm}}; \\ \dots \\ -f\left[\left(\tau \frac{l_{cm} + x}{a_{cm}}\right) + \left(\tau \frac{3l_{cm} + x}{a_{cm}}\right) + \dots + \left[\tau \frac{(2k-1)l_{cm} + x}{a_{cm}}\right]\right] \quad \text{при } \frac{(2k-1)l_{cm} + x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{(2k+1)l_{cm} + x}{a_{cm}}, \end{array} \right\} \quad (52)$$

где K – повторяемость процессов навивки витков каната.

$$\varphi_2(x + at) = \left. \begin{array}{l} 0 \quad \text{при } 0 \leq t \leq \frac{l_{cm} - x}{a_{cm}}; \\ f\left(\tau \frac{l_{cm} - x}{a_{cm}}\right) \quad \text{при } \frac{l_{cm} - x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{3l_{cm} - x}{a_{cm}}; \\ f\left[\left(\tau \frac{l_{cm} - x}{a_{cm}}\right) + \left(\tau \frac{3l_{cm} - x}{a_{cm}}\right)\right] \quad \text{при } \frac{3l_{cm} - x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{5l_{cm} - x}{a_{cm}}; \\ \dots \\ f\left[\left(\tau \frac{l_{cm} - x}{a_{cm}}\right) + \left(\tau \frac{3l_{cm} - x}{a_{cm}}\right) + \dots + \left[\tau \frac{(2k-1)l_{cm} - x}{a_{cm}}\right]\right] \quad \text{при } \frac{(2k-1)l_{cm} - x}{a_{cm}} \leq t \leq \frac{(2k+1)l_{cm} - x}{a_{cm}}, \end{array} \right\} \quad (53)$$

где $f(\tau')$ определяется зависимостью (32).

Полученные зависимости описывают поперечные колебания струны каната в интервале $0 \leq x \leq l_{cm}$ в любой промежуток времени, нахождение витка каната на бочке барабана шахтной подъемной машины.

Оценка нагруженности витков каната при их фрикционном взаимодействии. Известно, что при деформации бочки барабана происходит ослабление натяжения ранее намотанных витков каната. Это ослабление возникает из-за того, что под действием канатной нагрузки бочка барабана деформируется в радиальном направлении. Кроме того, при подходе продольной и поперечной упругой волны к последнему витку каната, соприкасающемуся с упругой кольцевой поверхностью барабана [6,7]. При этом часть упругой энергии смешанных волн затрачивается на приподнятие первого витка на высоту второго слоя и при этом начинается его формирование. На первом витке второго слоя происходит разделение ранее смешанных волн на самостоятельную продольную и поперечную. Более мощная продольная упругая волна опережает по скорости поперечную упругую волну при формировании второго слоя навивки каната на бочку барабана. За счет этого происходит увеличение упругой энергии продольных и поперечных волн в начале формирования очередного слоя навивки каната на бочку барабана.

Сначала рассмотрим поверхностную энергию контактирующих тел. Поверхностный слой каната и бочки барабана обладает большой активностью. Это обусловлено тем, что внутри твердого тела каждый атом кристалла окружен другими атомами и связан с ними прочно не по всем направлениям, а у атомов, расположенных на поверхности, с внешней стороны есть «соседи» при фрикционном взаимодействии пары «канат – бочка барабана» в виде таких же атомов. В связи с этим в поверхностном слое у атомов каждого твердого тела остаются свободные связи, наличие которых создает вблизи поверхности атомов (молекулярное) притяжение. Чтобы при таком несимметричном силовом поле атом кристалла находился в равновесии, необходимо иное, чем внутри кристалла, расположение атомов самого верхнего слоя [3].

Поверхностные атомы вследствие свободных связей обладают большой энергией, нежели атомы внутри твердого тела. Избыток энергии, отнесенный к единице поверхности, называют удельной поверхностной энергией или просто поверхностной энергией. Полная энергия кристалла состоит из внутренней и поверхностной энергии. Последняя пропорциональна поверхности раздела фаз, поэтому особенно возрастает при диспергировании твердых тел. Она во многом определяет свойства высокомолекулярных систем-коллоидов.

При соприкосновении двух одинаковых тел («канат – канат») поверхностная энергия исчезает и может выделяться в виде теплоты или затратиться на подстройку в кристаллической решетке одного кристалла к другому.

При соприкосновении двух разных тел («канат – бочка барабана») поверхностная энергия не исчезает, а затрачивается на подстройку в кристаллической решетке одного кристалла к другому в теле с более слабой поверхностной энергией, т.е. в канате.

В процессе фрикционного взаимодействия каната с вращающейся бочкой барабана его микровыступы испытывают микроимпульсы со стороны микровыступов бочки барабана. В дальнейшем верхние пряди первого слоя витков бочки барабана фрикционно взаимодей-

ствуют с нижними прядями второго слоя витков и так далее. Нормальные составляющие этих микровыступов непрерывно возбуждают колебания участков каната, находящихся на бочке барабана, как целого, в нормальном направлении. Экспериментально доказано [1-6 и др.], что, несмотря на беспорядочность этих микровыступов, их совокупность поддерживает непрерывные незатухающие нормально направленные колебания каната, основная часть которых, ввиду их малой амплитуды (доли микрометра или микрометры), близка к собственной частоте линейных колебаний

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{kg}}{m_{yk}}}, \quad (54)$$

где k_{kg} – коэффициент контактной жесткости каната; m_{yk} – масса участка каната, равного одному слою витков.

Вот почему при выборе каната надо иметь в виду, что если он свит из толстых проволок, то имеет повышенную контактную жесткость, но хорошо сопротивляется абразивному износу. С уменьшением диаметра проволок увеличивается гибкость каната, но одновременно возрастает износ проволок, уменьшается его структурная прочность (особенно при многослойной навивке), сокращается срок службы.

Рассматриваемые колебания, будучи асимметричными, приподнимают некоторые из витков каната на участках его слоев и снижают силу трения.

Чем больше скорость навивки каната на бочку барабана и на очередной его слой навивки, тем интенсивнее нормальные составляющие микроимпульсов между микровыступами взаимодействующих пар, тем больше амплитуда рассматриваемых колебаний, тем выше средний уровень, на котором проскальзывает канат, тем меньше дискретно-фрикционный поверхностный контакт и тем меньше сила трения. Этим можно объяснить происходящее ослабление натяжения ранее намотанных витков каната на бочку барабана.

Рассмотрим энергетический баланс пар дискретно-фрикционного взаимодействия случаев: А – «бочка барабана – нижние пряди каната первого слоя навивки»; Б – «верхние пряди каната первого слоя навивки – нижние пряди каната второго слоя навивки»; В – «верхние пряди каната второго слоя навивки – нижние пряди каната третьего слоя навивки» при постоянном и переменном усилии натяжения частей каната, но при условии, что $S_n - S_c \geq 0$.

В табл. 2 приведены составляющие энергетического баланса, которые будут использованы для оценки состояния выше перечисленных пар фрикционного взаимодействия при навивке каната на боку барабана. В табл. 2 использованы следующие обозначения: τ_k – касательные напряжения; V , V_1 , V_2 – скорости: навивки витка; распространения продольной и поперечной упругой волны; A_{km} , A_k – площади: контактного взаимодействия; поперечного сечения каната; ω – угловая скорость вращения барабана; G'' – модуль сдвига.

Приведенные зависимости (55)-(61) в табл. 2 полностью подтверждают выше изложенный материал и дают ответ на вопрос: «Какая из навивок каната на бочку барабана эффективней: с точки зрения энергетической концепции, при постоянном или переменном

натяжении частей каната?» Исходя из вышеизложенного, представляется возможным ввести понятие «энергетический уровень слоя навивки каната». Из анализа табл. 2 следует:

– при постоянном усилии натяжения частей каната при условии, что ΔS будет максимальным на всем протяжении его навивки, энергетические уровни слоев каната будут квазиодинаковыми;

– при переменном усилии натяжения частей каната при условии, что ΔS будет изменяться от \min до \max на всем протяжении его навивки, энергетические уровни слоев каната будут разными;

– возбуждающим фактором в парах «бочка барабана – канат» и «канат – канат» является их напряженно-деформированное состояние, а также импульсные силы трения, действующие на их элементы в продольном и поперечном направлениях.

Таблица 2

Оценка энергетических уровней слоев витков каната на бочке барабана

| | Расчетные зависимости | Усилия натяжения частей каната | | | | | |
|----|--|--|---|---|--|---|---|
| | | постоянные | | | переменные | | |
| | | Пары дискретно-фрикционного взаимодействия для случаев: | | | | | |
| | | А | Б | В | А | Б | В |
| 1. | Сила трения $F_T = S_n - S_c = \Delta S$. (55) | ΔS должно быть максимальным на всем протяжении навивки каната. | | | ΔS должно увеличиваться на всем протяжении навивки каната. | | |
| 2. | Момент трения $M_T = (S_n - S_c)R_n$. (56) | Не изменяется заметно при переходе с витка на виток каната. | | | Изменяется заметно при переходе с витка на виток каната. | | |
| 3. | Динамический коэффициент трения $f = \tau_k / \sigma_n$. (57) | Остается все время квазипостоянным. | | | Все время изменяется. | | |
| 4. | Контактная мощность трения: одного витка $P_{\sigma} = f\sigma_n V A_{\text{кт}}$; (58) | Является величиной переменной, поскольку происходит изменение параметров: f , σ_n и $A_{\text{кт}}$ | | | | | |
| | слоя витков $P_c = M_T \omega$. (59) | Не изменяется заметно при переходе с витка на виток каната. | | | Изменяется заметно при переходе с витка на виток каната. | | |
| 5. | Мощности упругих волн: продольной $P_{np} = EV_1 A_k$; (60) | Зависит от скорости распространения упругой волны. | | | | | |
| | поперечной $P_{no} = G''V_2 A_k$. (61) | Зависит от модуля сдвига прядей каната на слоях и скорости распространения упругой волны. | | | | | |

Выводы. Таким образом, на основании теоретических исследований установлены закономерности передачи и перераспределения упругой энергии навиваемого каната в парах трения «бочка барабана – канат» и «канат - канат», вызывающие продольно-поперечные гармонические колебания струны каната.

REFERENCES

1. **Aleksandrov M.P.** Gruzopodyemnyye mashiny / M.P. Aleksandrov - M.: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana i GUP «Vysshaya shkola», 2000. - 550 s.
Александров М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана и ГУП «Высшая школа», 2000. - 550 с.
2. **Janahmadov A.Kh.** Sinergetika i fraktaly v tribologii / A.Kh. Janahmadov, O.A. Dyshin, M.Ja. Javadov // Baku: Apostroff, 2014, - 504 s.
Джанахмедов А.Х. Синергетика и фракталы в трибологии / А.Х. Джанахмедов, О.А. Дышин, М.Я. Джавадов // Баку: Апострофф, 2014, - 504 с.
3. Trenie, iznashivaniye i smazka. Spravochnik, kniga 2 / Pod obshh. redakciey I.V. Kragelskogo i V.V. Alisina. - M.: Mashinostroeniye, 1978. - 358 s.
Трение, изнашивание и смазка. Справочник, книга 2 / Под общ. редакцией И. В. Крагельского и В. В. Алисина. - М.: Машиностроение, 1978. - 358 с.
4. **Landau L.D.** Teoriya uprugosti / L.D. Landau, E.M. Lifshic. - M.: Izd-vo «Nauka», t. VII, 1965. - 202s.
Ландау Л.Д. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М.: Изд-во «Наука», т. VII, 1965. - 202с.
5. **Loveykin V.** Analiz nestacionarnykh kolebaniy kanatov mehanizma podyema gruzu pri peremennykh inercionno-zhestkostnykh koeffitsientah / V. Loveykin, Ju. Chovnyuk, Ju. Serdyuchenko // Tehniko-tehnologicheskie aspekty razvitiya i ispytaniya novoy tehniki i tehnologiy dlya sel'skogo hozyaystva Ukrainy. Sbornik nauchnykh trudov. - 2009. - Vyp. 13 (27). S. 452-466. - Na ukr. yaz.
Ловейкин В. Анализ нестационарных колебаний канатов механизма подъема груза при переменных инерционно-жесткостных коэффициентах / В. Ловейкин, Ю. Човнюк, Ю. Сердюченко // Технико-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины. Сборник научных трудов. - 2009. - Вып. 13 (27). С. 452-466. - На укр. яз.
6. **Fidrovskaya N.N.** Kanatnyye barabany / N.N. Fidrovskaya. - Harkov: NTMT, 2012. - 195s. - Na ukr. yaz.
Фидровская Н.Н. Канатные барабаны / Н.Н. Фидровская. - Харьков: НТМТ, 2012. - 195с. - На укр. яз.
7. **Yanahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiev E.S., Volchenko N.A., Vitvickiy V.S., Chufus V.M.** Prinuditelnoye ohlazhdeniye tribosistemy lentочно-kolodochnogo tormoza burvoy lebedki (chast 1). // Vestnik Azerbaydzhanskoй inzhenernoy akademii, 2017, T.9, №3, s.18-30.
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Вольченко Н.А., Витвицкий В.С., Чуфус В.М. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть 1). // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Т.9, №3, с.18-30.

ENDİRMƏ-QALDIRMA AVADANLIQLARINDA BARABAN ÇƏLLƏYİNƏ DOLANAN KANATIN ELASTİK ENERJİSİNİN ÖTÜRÜLMƏSİ VƏ YENİDƏN PAYLANMASI (I hissə)

V. S. SKRIPNIK

Məqalədə "baraban çəlləyi – kanat vidələri" və "kanat vidələri – kanat vidələri" cütüklərində elastik enerjinin harmonik dalğalarının formalaşması uzununa-eninə və eninə istiqamətlərdə onun ötürülməsi vaxtı təsvir edilmişdir. Onların friksion qarşılıqlı təsiri zamanı kanat vidələrinin yüklənməsi qiymətləndirilmişdir.

Açar sözlər: *bucurğadın kanat çəlləyi, baraban çəlləyi, kanat, ötürmə və elastik enerjinin yenidən paylaşdırılması, harmonik dalğalar, uzununa – eninə və eninə istiqamət.*

TRANSMISSION AND REDISTRIBUTION OF THE ELASTIC ENERGY OF WRAPPING CABLE ON THE BARREL DRUM OF THE PULLING-UP EQUIPMENT (Part I)

V.S. SKRYPNYK

The materials of the article illustrate the formation of the harmonic waves of the elastic energy in the pairs “drum barrel – cable turns” and “cable turns – cable turns” in its longitudinal-transverse and transverse movements. The load on rope turns during their frictional interaction is estimated.

Key words: *cable winch of draw-works, barrel drum, cable, transfer and redistribution of elastic energy, harmonic waves, longitudinal-transverse and transverse movements.*

УДК 622.245.44

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СКВАЖИННЫХ ПАКЕРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ

В.Т. МАМЕДОВ, А.Д. СУЛЕЙМАНОВА

В статье изучаются свойства скважинных пакерующих элементов при поперечном ударе. С этой целью проведены исследования высокоэластичных резиновых уплотнительных элементов и построена диаграмма «напряженной деформации», основанная на методе поперечного удара.

Ключевые слова: скважинные пакерующие уплотнительные устройства, динамический характер деформирования, удар, упругая область, пластическая деформация.

Введение. Увеличение глубины скважин предъявляет все более высокие требования к уплотнительным узлам пакеров при динамических условиях деформирования [1]. Все существующие методы определения механических свойств высокоэластичных резиновых пакерующих элементов и динамических законов деформирования $\sigma(\xi)$ основаны на выводах теории распространения упруго-пластических волн при продольном ударе [1-3]. Существенным недостатком этих методов является их ограниченность в том, что они применимы в основном к металлоконструкциям и годны для небольшого диапазона скоростей удара.

На основании выводов распространения волн при поперечном ударе [1,3] в работе разработан экспериментальный метод определения динамических методов деформирования $\sigma(\xi)$ уплотнителя скважинного пакера.

Исследования показали, что этот метод применим для материалов полимерно-эластомерной структуры (капрон, поливинил свинца и т.д.), а применимость его к высокоэластичным резиновым уплотнителям оставалась невыясненной.

В настоящей статье приводятся результаты исследований высокоэластичных резиновых уплотнительных элементов пакерующих устройств (скважинных пакеров) и диаграмма «напряжение-деформация», основанная на методе поперечного удара.

Постановка вопроса. Определение динамического закона деформирования $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ при поперечном ударе, согласно [1,3], сводится к решению дифференциального уравнения вида

$$\left(\frac{d\xi}{d\gamma}\right)^2 - \frac{f'(\gamma)}{f(\gamma)} \cdot (1 + \varepsilon) \cdot \frac{d\varepsilon}{d\gamma} + m_0(1 + \varepsilon)^2 \cdot \frac{[\varphi'(\gamma)]^2}{f(\gamma)} = 0 \quad (1)$$

где

$$f(\gamma) = m_0 \frac{g_0^2(\gamma)}{\sin^2 \gamma} = T(1 + \varepsilon). \quad (2)$$

$$\varphi(\gamma) = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{m_0} \cdot \frac{dT}{d\varepsilon}} = \frac{(1 - \cos \gamma) g_0}{\sin \gamma} \quad (3)$$

Здесь g_0 – скорость удара, ε – деформация резинового уплотнения, m_0 – масса единицы длины образца, T – натяжение.

$$\text{Вводя обозначения } \xi = \frac{1}{f(\gamma)} \cdot \frac{df(\gamma)}{dT}; \quad \eta = m_0 \frac{1}{f(\gamma)} \left(\frac{d\varphi}{d\gamma} \right)^2,$$

приводим (1) к

$$\left(\frac{d\varepsilon}{d\gamma} \right)^2 = \xi(1 + \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\gamma} + \eta(1 + \varepsilon)^2 = 0 \quad (4)$$

Решив это уравнение относительно $\frac{d\varepsilon}{d\gamma}$, получим:

$$\frac{d\varepsilon}{1 + \varepsilon} = \left(\frac{\xi}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\xi}{2} \right)^2 - \eta} \right) d\gamma. \quad (5)$$

Интегрируя, имеем

$$\varepsilon = (1 + \varepsilon_0) \cdot e^{\Phi} - 1, \quad (6)$$

где

$$\Phi = \int_0^{\gamma} \left[\frac{\xi}{2} - \sqrt{\left(\frac{\xi}{2} \right)^2 - \eta} \right] \cdot d\gamma$$

Зная зависимость $\varepsilon = \varepsilon(\gamma)$, из (2) определим $T = T(\gamma)$. Таким образом, получаем динамическую диаграмму растяжения в параметрической форме.

Изучение экспериментальной зависимости $g = g(\gamma)$ и $T = T(\gamma)$.

Сущность метода поперечного удара заключается в построении динамической диаграммы $T = T(\gamma)$, исходя из экспериментальной зависимости $g = g(\gamma)$.

Испытания проводились над существующими марками резины (ИРП-128) уплотнительных конструкций с неоднородным сочетанием марок резины. Эксперименты проведены в специально разработанной установке (рис.1) [4]. Эксперименты проводились со скоростью до достижения динамического разрыва в образцах.

На рис.2 представлены результаты испытания образца резинового уплотнителя. Во время удара была апроизведена также регистрация натяжения в точках закрепления испытуемого образца (резиновые уплотнения). Для этого использовались тензометрические датчики. Сигнал от датчика подавался на вход каждого тензометрического прибора ИСВ-3, с которого снимались данные натяжения на закрепленном конце испытуемого образца зависимости времени от скоростей удара. Обработанные кривые $T(g)$ для резинового уплотнения, представленные на рис.2, показывают, что для различных скоростей удара виден характерный разрыв при переходе от упругого состояния к пластическому.

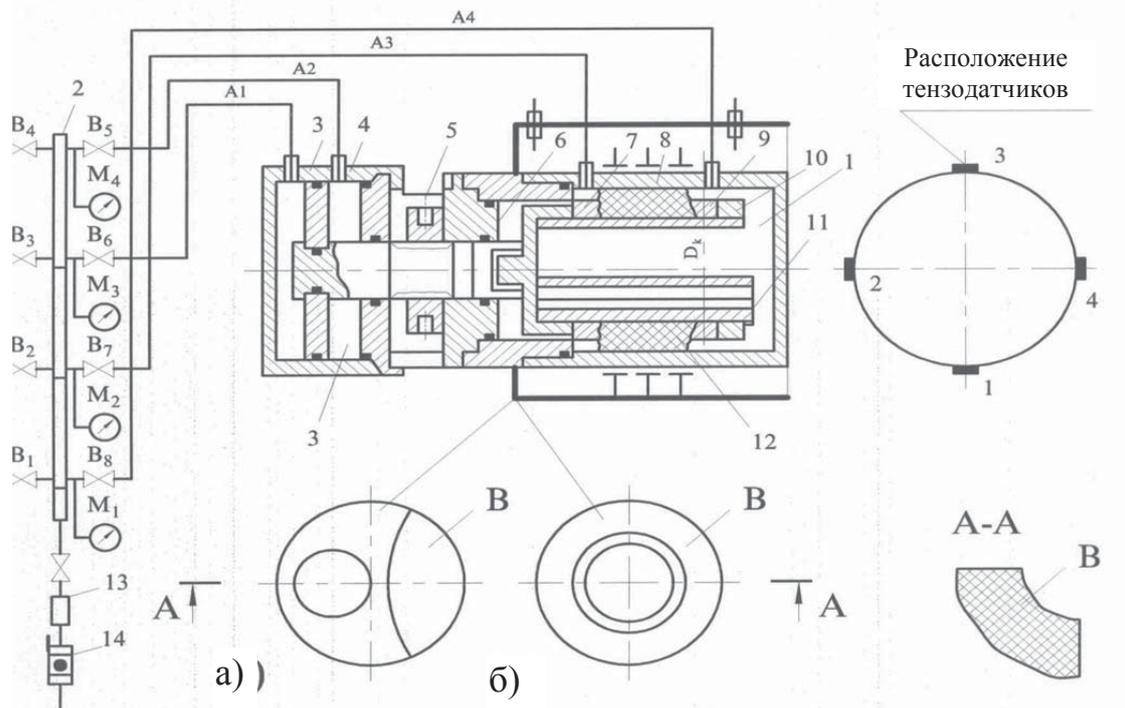


Рис.1. Установка для испытания герметизирующей способности Уплотнительного элемента пакера:

а) уплотнительный элемент с аксиальными отверстиями; б) уплотнительный элемент с симметричными отверстиями; 1, 2 - коллекторы высокого давления; 3 - силовая камера; 4 - поршень; 5 - фиксирующий узел; 6 - шток; 7 - нижняя упорная шайба; 8 - патрубок, имитирующий обсадную колонну; 9 - верхняя упорная шайба; 10, 11 - стволы; 12 - уплотнительный элемент; 13 - компенсатор; 14 - насос; $B_1 \div B_{10}$ - вентили для управления работой установки; L_1, L_2, L_3, L_4 - линии для закачки жидкости; M_1, M_2, M_3, M_4 - манометры.

Обработка экспериментальных результатов.

Экспериментальная зависимость $\vartheta = \vartheta(\gamma)$ хорошо аппроксимируется следующими функциями:

- для существующих марок резины уплотнительного элемента:

$$\vartheta = \frac{-26,174\gamma^3 + 205,27\gamma^2 + 20\gamma}{0,698 - \gamma}; \quad (7)$$

для неоднородных марок резиновых уплотнительных элементов:

$$\vartheta = \frac{137,25\gamma - 9,072\gamma^2}{1,309 - \gamma}, \quad (8)$$

Обработка экспериментальных данных производится с помощью следующих формул:

$$\varepsilon = (1 + \varepsilon_0) \cdot e^{\int_0^{\gamma} \Phi(\gamma) d\gamma} - 1, \quad (9)$$

$$T = \frac{\rho \cdot \vartheta_0^2}{\sin^2(1 + \varepsilon)}. \quad (10)$$

На рис.3 и рис.4 представлены диаграммы сжатия для существующих и неоднородных марок резины уплотнения. На этих графиках кривые I соответствуют статическим диаграммам, построенным для исследуемых материалов, а кривые II – динамическим.

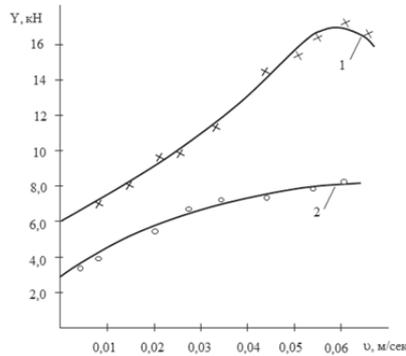


Рис.2. Зависимость силы натяжения от скоростей удара к уплотнителям

1 – существующая марка резины;
2 – неоднородное сочетание марок резиновых уплотнений
× – экспериментальные результаты для существующих марок резины
o – соответственно неоднородное сочетание резиновых уплотнений

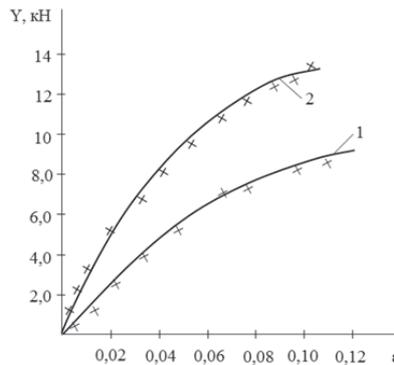


Рис.3. Зависимость натяжения при поперечном ударе резиновых уплотнений от относительной деформации

1 – статическое деформирование;
2 – динамическое деформирование – расчетные
× – экспериментальные данные существующего уплотнения марок резины (исп.1293)

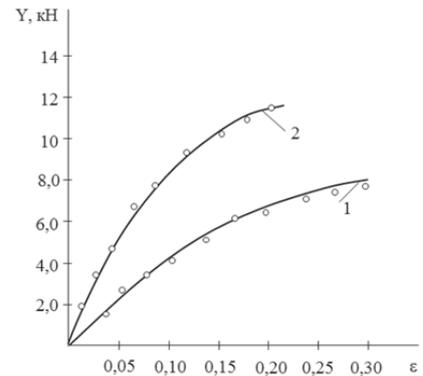


Рис.4. Зависимость натяжения при поперечном ударе резиновых уплотнений от относительной деформации

1 – статическое деформирование;
2 – динамическое деформирование. – расчетные, o – экспериментальные данные соответственно неоднородных сочетаний резиновых уплотнений

Анализ результатов.

Анализ кривых показывает, что динамические кривые (II) лежат выше статических, причем продолжительность динамического деформирования для материалов уплотнения меньше продолжительности статического деформирования. Так, для уплотнения существующих марок резины разрыв при статическом деформировании происходит при деформации 0,15, а при динамическом деформировании 0,12. Для неоднородных сочетаний марок резиновых уплотнений разрыв при статическом деформировании для деформации 0,3, и при динамическом – 0,2.

Анализ экспериментов, проведенных над неоднородным сочетанием резиновых уплотнений и существующих марок резины уплотнения показывает, что теоретические результаты при поперечном ударе для металлов (свинец) хорошо согласуются с экспериментом.

Выводы. Получено аналитическое выражение для оценки прочностных свойств материалов скважинных уплотнений при поперечном ударе.

Показано преимущество метода поперечного удара, применимого не только к материалам уплотнения высокоэластичных структур материалов, но и к металлам (свинец), так как измерением одного параметра γ -угла излома можно получить все характеристики материала.

REFERENCES

1. **Janahmadov A.Kh., Javadov M.Y.** Fraktalnye podhody v tribologii elastomerov. - Baku: APOSTROFF, 2016. – 496 s.
Джанахмедов А.Х., Джавадов М.Я. Фрактальные подходы в трибологии эластомеров. - Баку: АПОСТРОФФ, 2016. – 496 с.
2. **Mamedov V.T., Agadieva T.A.** Raschet dlja regulirovaniya pakeroi i privedeniya ih v dejstvie. // Vestnik Azerbaydzhanskoj inzhenernoy akademii, 2017, Tom 9, №1, s.41-45.
Мамедов В.Т., Агадиева Т.А. Расчет для регулирования пакеров и приведения их в действие. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Том 9, №1, с.41-45.
3. **Bezuhov N.I.** Osnovy teorii uprugosti, plastichnosti i polzuchesti. - M.: Vysshaya shkola, 1968. – 512s.
Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, 1968. – 512с.
4. **Mamedov G.V.** Opredelenie kriteriev samouplotneniya v skvazhinnyh uplotnitelyah (pakerah) //Neftepromyslovoe delo. Nauchno-tehnicheskiy zhurnal, №3. 2012, M.: OAO «VNIIOJeNG», s.49-52.
Мамедов Г.В. Определение критериев самоуплотнения в скважинных уплотнителях (пакерах) //Нефтепромышленное дело. Научно-технический журнал, №3. 2012, М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», с.49-52.

QUYU PAKERLƏYİCİ ELEMENTLƏRİN XASSƏLƏRİNİN ENİNƏ ZƏRBƏDƏ TƏDQIQI

V.T. MƏMMƏDOV, A.C. SÜLEYMANOVA

Məqalədə quyular pakərləyici elementlərinin köndələn zərbə zamanı xassələrinin tədqiqinə baxılmışdır. Bu məqsədlə yüksək elastikli rezin elementlərin tədqiqi aparılmış, eninə zərbə metodu əsasında “gərginlikli deformasiya” diaqramı qurulmuşdur.

Açar sözlər: *Quyular pakərləyici kipləndirici qurğular, deformasiyanın dinamik xarakteri, zərbə, elastiki sahə, plastik deformasiya.*

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF WELL PACKING ELEMENTS DURING THE TRANSVERSE IMPACT

V.T. MAMMADOV, A.J. SULEYMANOVA

The investigation of the properties of well packing elements during the transverse impact is considered in the article. For this purpose, research was carried out on highly elastic rubber sealing elements and the stress strain diagram was constructed based on the method of transverse impact.

Key words: *downhole packer sealing device, the dynamic nature of the deformation, impact, elastic area, plastic deformation.*

UOT 665.612.2**ENERJİYƏ QƏNAƏTLİ TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ İLƏ QAZ NƏZARƏT-ÖLÇÜ SİSTEMİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ**

H.F. MİRƏLƏMOV,* E.X. İSKƏNDƏROV*

Qaz təchizatının əsas xüsusiyyətlərindən biri qaz hasilatı ilə onun istehlakı arasında baş verən uyğunsuzluqdur. Müasir dövrdə enerjiyə qənaətli texnologiyalar əsasında təbii qazın çıxarılması, nəqli və istifadəsi zamanı qazın həcmində yaranan disbalansın müəyyən edilməsi aktualıq kəsb edir.

Məqalədə qazın həcmində yaranan balans fərqi ilə bağlı problemin həlli, bu məqsədlə nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Keyfiyyətli yoxlama - nəzarət üsulunun keçirilməsinin zəruriliyi göstərilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, faktiki karbohidrogen itkilərinin qiymətləndirilməsi qaz balansının mühüm tərkib hissəsidir.

Açar sözlər: qənaətli texnologiya, qaz itkiləri, qaz-ölçü qovşağı, xətlər, balans fərqi, qaz təchizatı, qaz paylayıcı stansiya.

Azərbaycan Respublikasının ərazisində hasil olunan qazlar (Qaradağ Şimal DRES-ni, Qaradağ və Qalmaz yeraltı qaz anbarlarını nəzərə almasaq) öz təzyiqləri ilə Respublika ərazisindəki mövcud şəbəkə qaz xətləri vasitəsi ilə istehlakçılara nəql olunur.

Təbii qaz universal və qənaətli bir yanacaq növü olmaqla, bütün istehsal sahələrində səmərəliliyin artırılmasında və insanların sosial-məişət şəraitinin yaxşılaşdırılmasında ən mühüm amil olaraq qalır. Təbii qazın digər yanacaq növləri ilə müqayisədə ekoloji cəhətdən üstünlüyü xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda kəşf edilmiş yeni qaz-kondensat yataqlarının istismara verilməsi ilə bağlı qaz sənayesi perspektivdə yanacaq-energetika kompleksində aparıcı yerlərdən birini tutacaq və yaxın 20-30 ildə təbii qazın enerji daşıyıcıları sırasında rolu daha da artacaqdır.

Yaxın gələcəkdə Azərbaycanda təbii və səmt qazlarının hasilatının və ona olan tələbatın artmasını və mövsümlə əlaqədar qaz təchizatındakı qeyri-bərabərliyi nəzərə alaraq mövcud qaz- nəql sisteminin sabit işini təmin etmək məqsədi ilə hal-hazırda onun texnoloji baxımdan ayrılmaz hissəsi kimi istismarda olan yeraltı qaz anbarları (YQA) da xalq təsərrüfatı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir və onların dövlətin enerji təhlükəsizliyinin təminatında əvəzedilməz yeri vardır.

Respublikada qaz təchizatının hal-hazırkı ən əsas xüsusiyyətlərindən biri qazın hasilatı ilə onun istehlakı arasındakı uyğunsuzluqdur. Bu uyğunsuzluğun müvafiq şəkildə tənzim-

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

lənməsi və mümkün qədər etibarlı qaz təchizatını təmin etmək üçün mövcud YQA-ların fəal qaz həcmnin artırılması tələb olunur. Bu kontekstdə qeyd edək ki, YQA-ların fəal qaz həcmni artırmaq üçün onun yeraltı və yerüstü infrastrukturlarının yenidən qurulması vacibdir. Bu halda Respublikanın YQA-ları vahid qaz sisteminin, o cümlədən strateji əhəmiyyət kəsb edən ixrac kəmərlərinin sabit nəql rejimini də təmin edə biləcək. YQA-ların təkmilləşdirilməsi Azərbaycanın qaz təsərrüfatının köklü surətdə bərpasının vacib komponentlərindəndir.

Qaz-nəql sisteminin əsas xüsusiyyətlərindən biri də onun tranzit qaz-nəql rolunu oynamasıdır. Bu qaz-nəql sistemi vasitəsi ilə Rusiya Federasiyasından və əksinə, İran İslam Respublikasından və əksinə, habelə Gürcüstana və s. qaz nəqli həyata keçirilir. Bununla yanaşı, Azərbaycan ərazisində istismar olunan magistral və şəbəkə qaz kəmərlərinin şoranlıq, bataqlıq, seysmik aktiv, dağlıq və s. sahələrdən keçdiyini nəzərə alaraq, onların daimi tədqiqinin aparılması, kəmərin keçdiyi sahələrin hidrogen göstəricisi (pH), korroziya şəraiti, bu sahədə mövcud elektrik xətlərinin təsiri və s. tədqiq olunması vacibdir.

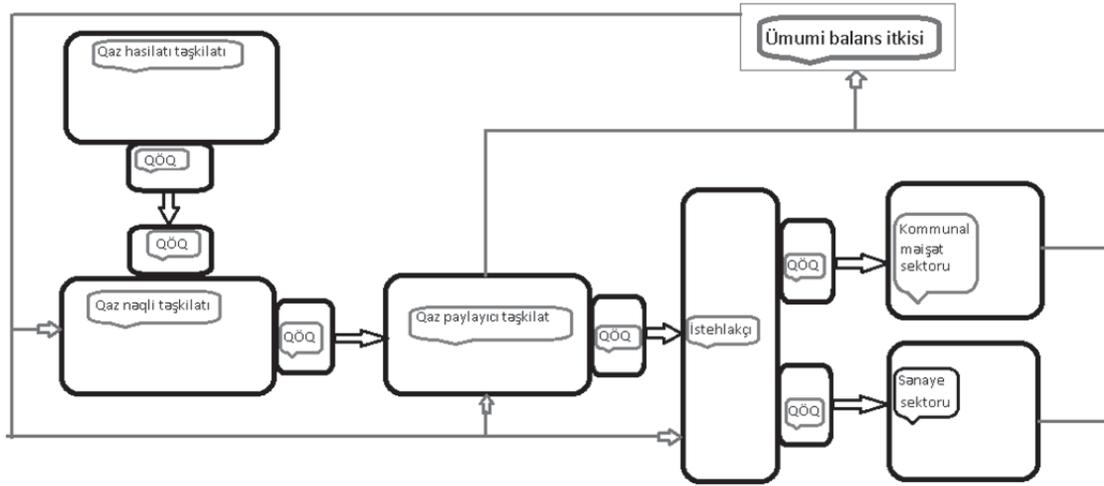
Bəzi qaz paylayıcı stansiyalara mədənlərdən daxil olan qazlar ГОСТ 5542 - 87-nin [1] tələblərinə uyğun hazırlanmadığından, bu qazların şəbəkə qaz kəmərlərinə ötürülməsi nəticəsində kəmərlərin normal iş rejimi pozulur.

Hal-hazırda enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqi ilə təbii qazın hasilatı, nəqli və istifadəsinin bütün texnoloji prosesləri zamanı qazın həcmində yaranan balans fərqi probleminin həlli və nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi məsələsi öz aktuallığı ilə diqqət çəkir. Bu məsələdə qazın uçotu və nəzarət-ölçü sisteminin aşağıdakı əsas istiqamətləri nəzərə alınmalıdır:

- qazpaylayıcı şəbəkələrdə sərf olunan qazın həcmnin müəyyən edilməsi və bunun müqavilə şərtlərində əks olunması;
- istehlak olunan qazın tələbatın normativ qiymətləri ilə müqayisə edilməsi və bu qiymətlərə uyğunlaşdırılması;
- təbii qazı nəql edən təşkilatların və istehlakçıların ölçü-nəzarət sistemlərinin təkmilləşdirilməsi;
- qazpaylayıcı şəbəkədə nəql olunan qazın sərfinin ölçülməsi üçün mükəmməl sistemin yaradılması.

Nəzarət-ölçü sisteminin mükəmməl olmaması və kommersion qovşaqlarının qeyri-dəqiqliyi nəql olunan təbii qazın effektiv istifadəsini çətinləşdirir və onun həcmnin müəyyən edilməsi prosesində təchizatçı - istehlakçı münasibətləri sistemində balans fərqinin hesabına yaranan maliyyə itkilərinə səbəb olur. Ona görə də enerjiyə qənaətli üsul və texnologiyaların tətbiqi ilə bağlı tədbirlərin həyata keçirilməsi və nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsinin yuxarıda qeyd olunan əsas istiqamətlərinin reallaşdırılması mühüm xalq təsərrüfatı əhəmiyyəti daşıyır və göstərilən bütün tədbirlər qaz təsərrüfatında bu qiymətli yanacağın səmərəsiz istifadəsinə yol açan səbəblərin aşkarlanaraq aradan qaldırılmasına yönəldilməlidir. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, bu məqalədə nəql olunan təbii qazın təchizatçı - istehlakçı sisteminə daxil olan nəzarət-ölçü qovşaqlarında yaranan balans fərqləri araşdırılmış, onların aşağı salınması yolları nəzərdən keçirilmişdir.

Şəkildə təbii qazın hasilatı, nəqli və istifadəsinin bütün texnoloji proseslərində nəql olunan qazın həcmnin ölçülməsi və uçotu zamanı yaranan balans itkilərini minimuma endirə bilən nəzarət-ölçü sisteminin prinsipial sxemi göstərilmişdir.



Şəkil. Qazın həcmnin ölçülməsi üçün nəzarət-ölçü sisteminin prinsiplial sxemi.

Texniki cəhətdən əsaslandırılmış qaz ölçü qovşaqlarının (QÖQ) tətbiqi ilə təklif olunan sxemlə konkret təchizatçı və istehlakçı mövqeyindən itki miqdarlarının ($\Delta V_t, \Delta V_i$) onlara məxsus QÖQ-na uyğun, razılaşdırılmış xətlərlə kompensasiya edilməsi kimi sadə və ədalətli yolla ümumi balans itkilərinin (ΔV_Σ) aradan qaldırılmasına nail olmaq mümkündür [2]:

$$\Delta V_t = \Delta V_\Sigma \frac{\Delta_t^2}{\Delta_\Sigma^2} \quad \Delta V_i = \Delta V_\Sigma \frac{\Delta_i^2}{\Delta_\Sigma^2}$$

burada, V_t və V_i - müvafiq olaraq təchizatçının və istehlakçının QÖQ-da ölçülən qazın həcmi, ΔV_Σ - ümumi balans itkisi, ΔV_t və ΔV_i - uyğun qovşaqlarda balans itkiləri, Δ_t və Δ_i isə müvafiq qovşaqlar üçün mütləq xəta hədlərinin qiymətləridir.

$$\Delta_\Sigma^2 = \Delta_t^2 + \Sigma \Delta_i^2 \quad (1)$$

$$\Delta V_\Sigma = V_t - V_i \quad V_i = \Sigma_i V_i$$

Ümumi balans itkisinin (ΔV_Σ) qiymətinə əsasən təbii qazın nəqli, paylanması və istifadəsi zamanı ölçü-nəzarət sisteminin nə dərəcədə düzgün qurulması barədə mühakimə yürütmək olar. Qazın ölçü-nəzarət sisteminin işinin düzgünlüyü öz təsdiqini aşağıdakı bərabərsizliyin yerinə yetirilməsi ilə tapır:

$$|\Delta V_\Sigma| \leq \Delta V_h. \quad (2)$$

burada, ΔV_h - balans itkisinin buraxıla bilən həddi qiymətidir.

$$\Delta V_h = |\Delta_t| + \Delta_i \quad (3)$$

harada ki, Δ_i - istehlakçının QÖQ-da mütləq xətlərin ümumi cəmidir:

$$\Delta_i = \sqrt{\Sigma \Delta_i^2} \quad (4)$$

(2) bərabərsizliyinin ödənilməməsi isə ölçü-nəzarət sisteminin düzgün fəaliyyət göstərmədiyini göstərir.

Mövcud şəraitin təhlili və qiymətləndirilməsi işinin təchizatçının metroloji xidməti tərəfindən yerinə yetirilməsi məqsəduyğun hesab edilir. Bunun üçün ilk növbədə hesabat dövründə istehlak olunan təbii qazın həcmi (2) bərabərsizliyinin yerinə yetirildiyi dövr ilə müqayisə olunur. Müqayisə üçün müvafiq baza materiallarının mövcud olmadığı halda isə

istehlakçının QÖQ-da daha böyük dəqiqliyə malik vasitələrin köməkliyi ilə nəzarət ölçmələrinin aparılmasına zərurət yarana bilər. Bu məqsədlə istehlakçının QÖQ-da nəzarət-ölçü cihazlarının və ya komplekslərinin yerləşdirilməsi üçün sahələr nəzərdə tutulmalıdır. Nəzarət ölçmələrinin nəticələri o zaman müsbət hesab edilə bilər ki, aşağıdakı bərabərsizlik təmin olunsun:

$$|V_i - V_n| \leq |\Delta_i| + |\Delta_n| \quad (5)$$

Burada, V_n və Δ_n müvafiq olaraq nəzarət ölçmələri zamanı qazın həcmi və nəzarət-ölçü kompleksinin mütləq xətasının qiymətidir.

(5) bərabərsizliyinin təmin olunması onu göstərir ki, ölçmədə yol verilən xəta, istehlakçının QÖQ-dakı göstəricidən azı 2 dəfə artıqdır. Yəni, nəzarət edilən QÖQ metroloji cəhətdən həm yararlı, həm də yararsız hesab edilə bilər. (5) bərabərsizliyinin təmin olunmaması isə yoxlanılan kompleksin metroloji baxımdan yararsız olduğunu göstərir. İstehlakçının qovşağında nəzarət yoxlamasının nəticələri müsbət olarsa və metroloji cəhətdən yararlı hesab edilərsə bu zaman təchizatçının QÖQ-da nəzarət yoxlama keçirilməsinə zərurət yaranır. Bu zaman sual yaranır: ölçmədəki xətanın artması nə dərəcə ΔV_h kriteriyasını inkar edə bilər?

Sadə bir misalı nəzərdən keçirək: tutaq ki, N sayda istehlakçıya malik olan qazpaylayıcı sistem üçün qazın istehlak həcmi ilə nisbi xəta həddinin qiymətləri təxminən bərabərdir. Bu halda istehlakçının QÖQ-da ölçmənin mütləq xətası da təqribən eyni olar. Göstərilən kəmiyyətlər arasında böyük fərqlər yarandıqda isə bu kəmiyyətlərin təxminən eyni qiymətlərinə uyğun istehlakçılar qrupları formalaşdırmaqla bütün mülahizələri bir qrup çərçivəsində aparmaq, sonra isə nəticələri birləşdirmək lazım gəlir. (4) bərabərliyindən

$$\Delta_i = \sqrt{N\Delta_i} \quad (6)$$

alırıq.

Beləliklə, (3) düsturunu aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\Delta V_h = \Delta_t + \sqrt{N\Delta_i} \quad (7)$$

Nəzarət yoxlamanın nəticələri müsbət olarsa

$$\Delta V_h = \Delta_t + 2\sqrt{N\Delta_i}$$

yaza bilərik.

ΔV_h - buraxıla bilən həddinin nisbi artımını aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\Delta V_h = \frac{\sqrt{N\Delta_i}}{(\Delta_t + \sqrt{N\Delta_i})}$$

$V_t = NV_i$ qəbul etsək alarıq:

$$\frac{\sqrt{N\Delta_i}}{\Delta_t + \sqrt{N\Delta_i}} \approx \frac{1}{(1 + \sqrt{N})} \quad (8)$$

Beləliklə, ölçmə qovşaqlarında nəzarət yoxlamanın keçirilməsi ilə N -in kifayət qədər böyük qiymətlərində mövcud olan və xətası buraxıla bilən həddi aşan metroloji baxımdan nasaz qovşağın aşkarlanmasına imkan yaradır. Əgər yoxlamanın nəticələri müsbət olarsa, bu zaman buraxıla bilən hədd daxilində metroloji baxımdan nasaz qovşaqda belə ölçmə xətasının ümumi balans fərqi təsiri az əhəmiyyət kəsb edəcəkdir. Bu, onunla izah olunur ki, verilən qaz həcm-

lərinin toplanmasının nəticəsi təchizatçı ilə müqayisədə istehlakçılarda əhəmiyyətli dərəcədə az xəyata malik olur.

Təsvir edilən nəzarət üsulu ümumi balans itkisində metroloji amilin məhdudlaşdırılmasına və ya əksinə, bu amil əhəmiyyətli miqyaslara malikdirsə (yəni, $|\Delta V_t| + 2\Delta_i$ cəmindən artıq olarsa) onun aşkar olunmasına imkan yaradır. Nəzarət-ölçmə sisteminin hər hansı bir qovşağı metroloji nasaz olduğu halda balans itkisinin çox da böyük olmayan qiymətlərində bu nəzarət üsulu daha effektivdir. Əgər istehlakçının bütün qovşaqlarında nəzarət yoxlamanın nəticələri müsbət olarsa, bu zaman təchizatçıya məxsus nəzarət-ölçü qovşağının mövcud etalonla müqayisəli yoxlanmasına ehtiyac yaranır.

Beləliklə, təbii qazın nəqli, paylanması, istifadəsi və nəzarət-ölçmə sistemlərinin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi üçün qazın həcmnin balansı aparılmalıdır. Bu sistemlərin fəaliyyətinin düzgünlüyünün göstəricisi balans fərqi buraxılabilən həddi qiymətdir. Balans fərqi yaranma səbəbi kimi ölçmə qovşaqlarının metroloji xarakteristikalarının aradan qaldırılması üçün əksər hallarda yuxarıda təsvir olunan üsulla keyfiyyətli yoxlama - nəzarətin keçirilməsi kifayət edir. Faktiki itkilərin qiymətləndirilməsi, o cümlədən, boru kəmərlərində yüksək təzyiqlə qazın həcmnin qiymətləndirilməsi - qaz balansının mühüm tərkib hissələridir.

REFERENCES

1. GOST 5542 - 87.
2. **Zakgeym A.L., Fridman A.E.** O probleme disbalansa pokazaniy sredstv kommercheskogo ucheta jenergonositelej. // Vestnik gaz. kluba «Gaz–Inform», 2004, № 1.
Закейм А.Л., Фридман А.Э. О проблеме дисбаланса показаний средств коммерческого учета энергоносителей. // Вестник газ. клуба «Газ–Информ», 2004, № 1.

ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

Г.Ф. МИРАЛАМОВ, Э.Х. ИСКЕНДЕРОВ

Одной из основных особенностей газоснабжения является несоответствие между добычей и потреблением газа. В настоящее время определение дисбаланса в объеме газа на основе энергосберегающих технологий при добыче, транспортировке и использовании природного газа имеет актуальное значение.

В статье были рассмотрены вопросы, связанные с решением проблемы образования дисбаланса в объемах газа и усовершенствования с этой целью контрольно-измерительной системы газа. Обоснована необходимость проведения качественного контроля и установлено, что оценка фактических потерь углеводородов является составной частью при составлении баланса газа.

Ключевые слова: энергосберегающая технология, потери газа, контрольно-измерительный узел, погрешность измерений, дисбаланс газа, газоснабжение, газораспределительная станция.

IMPROVEMENT OF GAS MEASURING AND CONTROL SYSTEMS USING ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY

H.F. MIRALAMOV, E.Kh. ISKENDEROV

One of the main features of the gas supply is the discrepancy between the production and supply figures. Currently, finding the imbalance in the gas volume during production, transportation and consumption based on the energy efficient technologies have an importance.

The article examines issues related to the problems of finding the imbalance in the gas volume and optimizing the measuring and control systems. It is established the necessity to do the quality control and measure the hydrocarbon losses as an integral part of the gas balance.

Keywords: energy efficient technology, gas losses, gas measuring unit, errors, discrepancies, gas supply, gas distribution station.

UDK 519.6**MULTI-CRITERIAL ESTIMATION OF THE CORROSIVE DAMAGE OF THE GAS-PIPELINES SECTIONS AT AMBIGUOUS EXPERT OPINIONS**

S.A. AGHAMMADOVA*

The linguistic model has been developed for estimating the corrosive damage of the gas-pipeline sections at the optimistic and pessimistic expert opinions of the influencing factors.

For solving the given task, the generalization method is obtained for the multi-criterial choice of the best alternative in the case of rules of fuzzy productions, the antecedents and consequents of which are given by fuzzy sets with the mixed belonging functions.

Key words: rules of fuzzy productions, “upper” and “lower” belonging functions, interval fuzzy sets of type II.

Introduction. The main reasons of magistral main gaspipelines (MG) breakdowns are corrosion destruction and corrosion cracks under the tension [1]. That’s why the problem of estimation of the corrosion danger level of MG areas has a great significance. For solving of this problem in the conditions of inaccuracy, incompleteness and uncertainty of initial data and also insignificance of expert opinions relatively to the values of criterial parameters of the process, the technology of fuzzy modeling is more constructive [2].

Perspective direction of the development of the methods of decision making in fuzzy initial information is linguistic approach on the base of fuzzy sets theory and linguistic variable [3]. To the present time concrete practical and theoretical results have been obtained in this direction. Their analysis allows to formulate main problems appearing in the development and realization of the methods and models of making decisions in fuzzy initial information [4-7]. Fuzzy sets of the first type (FST1) \tilde{A} are usually used for presenting of terms of input and output linguistic variables [LV] in decision making models.

In this work linguistic estimation model of limiting corrosion availability in gaspipelines areas is studied. For solving of the problem, method of multicriterial choice of alternatives with information about the preference of the person making decision (PMD) given in the form of fuzzy assertions[8-9]. Unlike work [7], where method of multicriterial choice of alternatives is used in the case of rules of fuzzy productions (RFP) with antecedents and consequents, given in the form of fuzzy sets of the first type (FST1), we consider more general system of support of decision making on the basis of interval fuzzy sets of the second type

* Azerbaijan State University of Oil and Industry

(IFST2) using Mamdani's algorithm of fuzzy inference[10]. IFST2 \tilde{A} determined with the help of footprint of uncertainty are characterized by "upper" $\overline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ and lower $\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ functions of belonging[11-12]. Essentially, two sets of the first type fuzzy sets \tilde{A} and $\underline{\tilde{A}}$ can be put to set \tilde{A} , as $\mu_{\tilde{A}}(x) = \overline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ and $\mu_{\underline{\tilde{A}}}(x) = \underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$. In discrete universum we get interval discrete fuzzy set of the second type IDFST2, to which two discrete fuzzy sets of the first type DFST1 correspond.

1. Statement of the problem.

As variable factors influencing the speed of the growth of corrosion defects we accept the following factors:

1. Specific electrical resistance of the soil ρ (Ohm·m), counting in corresponding spreading of electrodes heterogeneity of the soil along the depth of gas pipeline lying and indirectly characterizing presence of subsoil waters in the zone of underground installations;

2. Oxidated – restoration potential of soil (B), so called redox potential or potential "pipe-ground", characterizing speed of corrosion destruction of steel under the influence of microbiological activity of anaerobic bacteria;

3. Level of the tension in gas pipelines walls (MPa);

4. State of the metal, determining residual thickness of the pipe wells from the project one, %;

5. Level of the danger of anomaly, determined by the difference 1-F, where F is the value of integral index F, estimated by all defects of the metal in the area.

Factors 1 and 2 can be obtained by use diggofing examination and electrometric measures in the open areas of gas pipeline. Factors 4 and 5 are obtained by magnetic tomograph method (MTM). Factor 3, characterizing strain-deformation state (SDS) of gas pipeline, is one of the important internal factors of corrosion development conditioning possibility of its appearing and development.

Investigation of the gas pipeline can be carried out using inside pipe devices-fault-detection (IPD) or magnetic tomography method (MTM). The other methods don't provide 100% control of pipeline metal and don't give reliable information about technical state of the object along the whole length. For carrying out inside pipe fault detection it is necessary to mount pipeline with cameras of inlet-receiver of cleaning devices and fault detection devices to provide required regime for passing fault detection devices. In carrying out the investigation by magnetic tomography method change of exploitation regime of the pipeline and extra expenditures on the preparation of the inspection are not required. Besidesit, in using MTM method estimation of the level of mechanical tension of the object is carried out considering with count of tensions concentration. Value of integral index F (complex normed index of anomaly danger level according to guide document GD 102-008-2002) is calculated on all faults of the gas pipeline tube metal [13]. Under the "anomaly" the area of the pipeline is understood, on which declination of magnetic field conditioned metal defects or big level of strain – deformation state (SDS) has been fixed, jointly causing concentration of mechanical tensions distinguished from back ground values. The following types of metal defects are considered: 1)

metal loss characterizing corrosion defeats of common or local type, erosion wear and et cet; 2) cracklike defects, including coefficient of cracking strain (CCS) state defects-strain-corrosion cracks; 3) change of geometry; 4) infringement of completeness; 5) defects of welded joints; 6) anomaly of strain-deformation state. For inadmissible defects (requiring urgent repair) value F is in the borders of $0 < F < 0,2$; for defects in the borders of admissible anomalies $0,2 < F < 0,55$; all areas with a good condition with value $F > 0,55$ can be exploited in the working regime without repairing-restoring arrangements also in faultless areas.

In calculations of anomaly danger level it is accepted to distinguish:

- magnetic anomaly of the third stage (good state of metal), characterized by a small corrosion wear and not causing big concentration of mechanical tensions. According to GD 102-008-2002 such anomalies with index $F > 0,55$ don't need carrying out repairing-restoring works.

Magnetic anomalies of the second stage (admissible state of metal) with $F \in (0,2; 0,55]$, require carrying out planned repair in speeded terms;

- anomalies of the first stage (inadmissible state of metal) are characterized by the index $F \in (0; 0,2]$; such defects are liable to the urgent repair;

As input variables, influencing speed of the growth of corrosion defect, we shall accept the followings:

X_1 – is a specific electrical resistance of soil ($\text{OM} \cdot \text{M}$);

X_2 – isoxidated-restoring potential of the soil, redox-potential (B);

X_3 – level of tensions on the walls of gaspipelines (MPa);

X_4 – the state of metal, determined (from the project one) by residual thicknes of pipe walls, %;

X_5 – is the level of anomalies danger (1-F).

In accordance with influence level of variables X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 on appearance and development of corrosion, their weight coefficients will be counted in calculations:

$$\omega_1 = 0,12; \omega_2 = 0,08; \omega_3 = 0,25; \omega_4 = 0,35; \omega_5 = 0,20, \quad \sum_{i=1}^5 \omega_i = 1$$

For determination of workability of the areas with defect it is necessary to control gaspipeline metal along the whole length, to estimate possibility of availability of change-over of defect areas to the limiting state because of through corrosion or cracking and offer planes of in first turn repair of MG areas. That's why as output variable as in the for ourmer work [14], let's choose "Possibility of availability of limiting corrosion (PALC)", by count monotone increase of this parameter from variable "Potential predicted corrosion velocity (PPV)". In setting up fuzzy model of estimation evaluation of output variable all considered variables are fuzzed, that is to each variable is given corresponding fuzzy value-linguistic variable (LV). As first input LV "Specific electrical resistance of soil" we'll use term-set T_1 =(“low”, “average”, “high”), for the second input LV "Oxidated-restoring potential of soil" – T_2 =(“very lowe”, “low”, “average”, “high”), for the third input LV “tension level in gaspipeline walls” – T_3 =(“low”, “average”, “increased”, “high”), for the fourth input LV “Metall state” – T_4 =

(“bad”, “average”, “good”) for the five input LV “Level of anomaly danger” – T_5 (“low”, “average”, “high”). A belonging functions of the terms of input LV are shown in our work [14].

In the rules fuzzy productions, shown below, for output variable “PALC” (let’s mention it through Y) the following terms are used : T_0 (“low”, “moderate”, average”, “increased”, “high”), which we’ll replace correspondingly with the terms: “unsatisfactory” (US), “almost satisfactory” (AS), “satisfactory” (S), “more than satisfactory” (MS), “very satisfactory” (VS) characterizing level of conclusion truth of “PALC”. The abbreviation “S” is English “satisfactory”; “US” is negation of S, that’s “not S”; “AS” is almost S; “MS” is more S; “VS” is very S. Let’s determine each of LV terms in the form interval fuzzy sets of the second type (IFST2) introduced in [11-12], which have “low” and “upper” functions of belonging (FB) at $x \in J = \{0; 0,1; 0,2; \dots; 1\}$.

We’ll suppose:

$$\begin{aligned} \underline{\mu}_{\tilde{S}}(x) &= x\sqrt{x}, & \bar{\mu}_{\tilde{S}}(x) &= x, & x \in J; \\ \underline{\mu}_{\tilde{US}}(x) &= 1 - \bar{\mu}_{\tilde{S}}(x) = 1 - x, & \bar{\mu}_{\tilde{US}}(x) &= 1 - \underline{\mu}_{\tilde{S}}(x) = 1 - x\sqrt{x}, & x \in J; \\ \underline{\mu}_{\tilde{MS}}(x) &= x^2, & \bar{\mu}_{\tilde{MS}}(x) &= x\sqrt{x}, & x \in J; \\ \underline{\mu}_{\tilde{AS}}(x) &= 1 - \bar{\mu}_{\tilde{MS}}(x) = 1 - x\sqrt{x}, & \bar{\mu}_{\tilde{AS}}(x) &= 1 - \underline{\mu}_{\tilde{MS}}(x) = 1 - x^2, & x \in J; \\ \underline{\mu}_{\tilde{VS}}(x) &= x^3, & \bar{\mu}_{\tilde{VS}}(x) &= x^2, & x \in J; \end{aligned}$$

Let’s mention terms of X_1 variable through $X_{1,1}; X_{1,2}; X_{1,3}$ in the order their position in T_1 . Let’s mention through $X_{2,1}, X_{2,3}, X_{2,4}$. Terms of $X_2; X_{3,1}, X_{3,2}, X_{3,3}, X_{3,4}$ – terms of $X_3; X_{4,1}, X_{4,2}, X_{4,3}$ – terms $X_4; X_{5,1}, X_{5,2}, X_{5,3}$ – terms of X_5 . Considered gaspipeline areas will be named by alternative $s u_j (j=1, \dots, j_0)$.

As an example we’ll consider 4 areas ($j_0=4$) of “Kazi-Magomed-Kazakh” gaspipeline: 62-70km ($j=1$); 134-135km ($j=2$); 139-140,5km ($j=3$) and 154-155,5km ($j=4$), for which expert interval evaluations $(a_i^{(j)}, b_i^{(j)})$ of the change of sign i for object j are given in table, on the basis of which it is easy to calculate “low” $\alpha_{i,l}^{(i)}$ and “upper” $\beta_{i,l}^{(j)}$ evaluations of belonging function of $X_{i,l}$ for object l on the belonging functions of terms $X_{i,j}$ of signs of $i (i=1,2, \dots, 5)$ counting weight coefficients ω_i

$$\alpha_{i,l}^j = \omega_i \cdot \mu_{i,l}(a_i^{(j)}), \quad \beta_{i,l}^j = \omega_i \cdot \mu_{i,l}(b_i^{(j)}), \quad (1.1)$$

where $\mu_{i,l}(x)$ – is the belonging function of term $X_{i,l}$, and here $\mu_{i,l}(x)=0$, if $x \notin \text{supp } X_{i,l}$ ($\text{supp } X_{i,l}$ – is support of term $X_{i,l}$, that is set of x , for which $\mu_{i,l}(x) \neq 0$).

Onbasis (1.1) each term $X_{i,l}$ of X_i variable can be presented in the form of IFST2, determined in discrete base set $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$:

$$\tilde{X}_{i,l} = \left\{ \frac{\alpha_{i,l(1)}}{\beta_{i,l(1)}}/u_1, \quad \frac{\alpha_{i,l(2)}}{\beta_{i,l(2)}}/u_2, \quad \frac{\alpha_{i,l(3)}}{\beta_{i,l(3)}}/u_3, \quad \frac{\alpha_{i,l(4)}}{\beta_{i,l(4)}}/u_4 \right\}$$

For estimation of corrosion velocity we’ll use the following rules for fuzzy products (RFP):

- d_1 : If ($X=X_{3,1}$) then ($Y=US$); d_2 : If ($X=X_{3,2}$) then ($Y=AS$);
- d_3 : If ($X=X_{3,3}$) then ($Y=S$); d_4 : If ($X=X_{3,4}$) then ($Y=MS$);

d_5 : If $(X=X_{1,1})$ then $(Y=S)$; d_6 : If $(X=X_{1,2})$ then $(Y=AS)$;
 d_7 : If $(X=X_{1,3})$ then $(Y=US)$; d_8 : If $(X=X_{2,4})$ then $(Y=US)$;
 d_9 : If $(X=X_{2,3})$ then $(Y=S)$; d_{10} : If $(X=X_{2,2})$ then $(Y=MS)$;
 d_{11} : If $(X=X_{2,1})$ then $(Y=VS)$; d_{12} : If $(X=X_{5,3})$ then $(Y=VS)$;
 d_{13} : If $(X=X_{5,2})$ then $(Y=S)$; d_{14} : If $(X=X_{5,1})$ then $(Y=US)$;
 d_{15} : If $(X=X_{4,3} \text{ и } X_{5,1})$ then $(Y=US)$; d_{16} : If $(X=X_{4,2} \text{ и } X_{5,2})$ then $(Y=S)$;
 d_{17} : If $(X=X_{4,1} \text{ и } X_{5,3})$ then $(Y=VS)$.

where $X_{i,l}$ and US, AS, S, MS, VS are presented by interval fuzzy sets of the second type (IFST2).

Table

Expert interval estimates

| Location place of area | Anomaly danger level | | Residual thickness of tube wall from the project one, in % | Specific electrical resistance of soil $\Omega \cdot m$ (X_1) | Potential of "pipe-ground" in volt (X_2) | Tension level in pipeline walls MPa (X_3) |
|------------------------|----------------------|-----|--|---|--|---|
| 62–70 km | 0,814–0,845 | I | 16,5±0,5 | 0,63–1,56 | (-0,617)–(-0,538) | 1,71–1,95 |
| | 0,527–0,715 | II | 19,2±0,5 | | | |
| | 0,114–0,279 | III | 46,6±0,5 | | | |
| 134–135 km | 0,819–0,833 | I | 14,8±0,5 | 2,76–3,28 | (-0,525)–(-0,6050) | 1,65–1,88 |
| | 0,511–0,674 | II | 16,7±0,5 | | | |
| | 0,09–0,195 | III | 42,2±0,5 | | | |
| 139–140,5 km | 0,815–0,824 | I | 14,2±0,5 | 8,6–11,3 | (-0,493) – (-0,511) | 1,75–1,98 |
| | 0,582–0,688 | II | 15,3±0,5 | | | |
| | 0,154–0,224 | III | 40,6±0,5 | | | |
| 154–155,5 km | 0,856–0,874 | I | 13,2±0,5 | 12,7–16,4 | (-0,351) – (-0,533) | 1,6–1,95 |
| | 0,635–0,789 | II | 14,0±0,5 | | | |
| | 0,215–0,374 | III | 38,4±0,5 | | | |

The problem interesting for us is formulated following form: to calculate satisfaction in sense of determination from section 2 for each alternative $u_j \in U$ and chose from them a alternative with more satisfaction evaluation which requires urgent repair, as the more truth of PAMC among considered assemblage of alternatives corresponds to it.

2. Method of problem solving.

For solving of given problem let's use method of multicriterial choice of alternatives offered in [8-9] for the case of fuzzy sets of the first type (FST), generalizing it for the case of interval fuzzy sets of second type (IFST2). The essence of the method is concluded in the following.

Let sets of decisions to be characterized by the set of criteria X_1, X_2, \dots, X_q , that's is linguistic variables on the base set of U_1, U_2, \dots, U_q correspondingly. Set of some criteria with cor-

responding values is characterized presentations of PMD about satisfaction (suitability) of the solving. Output variable S (Satisfaction) is also linguistic.

In the common case statement d_k (rule of fuzzy productions (RFP)) has the form.

$$d_k : \text{If } (X_1=A_{k,1} \text{ and } X_2=A_{k,2} \text{ and } \dots \text{ and } X_q=A_{k,q}) \text{ then } (Y=D_k) \quad (2.1)$$

Let's mention crossing $(X_1=A_{k,1} \cap X_2=A_{k,2} \cap \dots \cap X_q=A_{k,q})$ through $X=A_k$. Each rule d_k consists of part IF, called antecedent and part THEN called consequent. Variables X_1, \dots, X_q and Scan accept both linguistic (for example, "bad", "average", "god"), and number values. Base of rules, presenting set of fuzzy rules $d_k(k=1, \dots, N)$ of the form (2.1) with linguistic variables is called linguistic model. Finding of minimum of its functions of belonging (FB) corresponds to the operation of crossing for fussy sets:

$$\mu_{A_k}(v) = \min \left(\mu_{A_{k,1}}(u_1), \mu_{A_{k,2}}(u_2), \dots, \mu_{A_{k,q}}(u_q) \right), \quad v \in V, \quad (2.2)$$

where $V=U_1 \times U_2 \times \dots \times U_q$; $v=(u_1, u_2, \dots, u_q)$; $\mu_{A_{k,j}}(u_j)$ - is the value of affiliation of element u_j to fuzzy set $\mu_{A_{k,j}}$. Then rule (2.1) can be written in the form of fuzzy implication:

$$d_k: \text{If } (X=A_k) \text{ then } (Y=B_k), \quad (2.3)$$

where $A_k=A_{k,1} \cap \dots \cap A_{k,q}$.

Let's mention base set U or V through W. Then A_k – is fuzzy subset W; D_k – is fuzzy subset of single interval $I=[0,1]$ of leng 1. Implication of fuzzy sets (2.3) is expressed by the follofing one [7]:

$$\mu_H(w, i) = \min(1, (1 - \mu_A(w) + \mu_B(i))), \quad (2.4)$$

where H – is fuzzy subset from $W \times I$, $w \in W$, $i \in I$. Analogously statements d_1, d_2, \dots, d_N are transferred to the sets H_1, H_2, \dots, H_N . Set is their combination is.

$$D = H_1 \cap H_2 \cap \dots \cap H_N \quad (2.5)$$

and for each $(w, i) \in W \times I$

$$\mu_D(w, i) = \min_{k=1, N} \left(\mu_{H_k}(w, i) \right) \quad (2.6)$$

Let's describe method of choice of alternatives j ($j=1, \dots, q$), each of which is described by fuzzy subset G_j from W.

Satisfaction of alternative j is on the bases of compositional rule of fuzzy inference

$$E_j = G_j \cdot D, \quad (2.7)$$

where E is fuzzy subset of interval I. Then

$$\mu_{E_j}(i) = \max_{w \in W} \left(\min \left(\mu_{G_j}(w), \mu_D(w, i) \right) \right). \quad (2.8)$$

Comparision of alternatives takes place on the basis of point evaluations. α - level set ($\alpha \in [0,1]$) is determined for fuzzy set A as:

$$A_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha, \quad x \in J\} \quad (2.9)$$

For each A_α average number of elements – $M(A_\alpha)$ can be calculated. For set from n elements

$$M(A_\alpha) = \sum_{x \in A_\alpha} \frac{x_i}{n} \quad (2.10)$$

Then point value for fuzzy set \tilde{A} :

$$F(\tilde{A}) = \frac{1}{\alpha_{max}} \int_0^{\alpha_{max}} M(A_\alpha) d\alpha, \quad (2.11)$$

where α_{max} is maximal value α in which A_α is not empty set.

In the choice of alternative it is found satisfactory for each from them and corresponding point evaluation is estimated. The best one will be alternative with its biggest value.

Above mentioned method is based on fuzzy sets of the first type (FST1). More common system of support of decision making on the basis of IFST2 by using algorithm of Mamdani's [10] fuzzy inference has been considered in [11-12] where expressions for "low" and "upper" FB have been obtained for resulted IFST2. These expressions themselves and their proofs are big, that's why we'll not show them here. Let's show on the example how it is possible to generalize method [7] in the case of interval fuzzy set of the second type.

3. Numerical solution of the task.

The problem about the alternative choice with more satisfaction formulated at the end of section 1. is support systems of decision making containing $q=5$ inputs and one output.

First of all let's calculate values (1.7) by count of table 1.

$$\begin{aligned} &\alpha_{1,1}^{(1)} = 0,12; \alpha_{1,2}^{(1)} = 0; \alpha_{1,3}^{(1)} = 0; \alpha_{1,1}^{(2)} = 0,12; \alpha_{1,2}^{(2)} = 0; \alpha_{1,3}^{(2)} = 0; \\ &\alpha_{1,1}^{(3)} = 0; \alpha_{1,2}^{(3)} = 0,12; \alpha_{1,3}^{(3)} = 0; \alpha_{1,1}^{(4)} = 0; \alpha_{1,2}^{(4)} = 0; \alpha_{1,3}^{(4)} = 0,12; \\ &\beta_{1,1}^{(1)} = 0,12; \beta_{1,2}^{(1)} = 0; \beta_{1,3}^{(1)} = 0; \beta_{1,1}^{(2)} = 0,12; \beta_{1,2}^{(2)} = 0; \beta_{1,3}^{(2)} = 0; \\ &\beta_{1,1}^{(3)} = 0; \beta_{1,2}^{(3)} = 0,12; \beta_{1,3}^{(2)} = 0,018; \beta_{1,1}^{(4)} = 0; \beta_{1,2}^{(4)} = 0; \beta_{1,3}^{(4)} = 0,12; \\ &\alpha_{2,1}^{(1)} = 0; \alpha_{2,2}^{(1)} = 0; \alpha_{2,3}^{(1)} = 0,008; \alpha_{2,4}^{(1)} = 0,08; \alpha_{2,1}^{(2)} = 0; \alpha_{2,2}^{(2)} = 0; \alpha_{2,3}^{(2)} = 0,08; \alpha_{2,4}^{(2)} = 0; \\ &\alpha_{2,1}^{(3)} = 0; \alpha_{2,2}^{(3)} = 0; \alpha_{2,3}^{(3)} = 0,08; \alpha_{2,4}^{(3)} = 0; \alpha_{2,1}^{(4)} = 0; \alpha_{2,2}^{(4)} = 0; \alpha_{2,3}^{(4)} = 0,08; \alpha_{2,4}^{(4)} = 0; \\ &\beta_{2,1}^{(1)} = 0; \beta_{2,2}^{(1)} = 0; \beta_{2,3}^{(1)} = 0,01; \beta_{2,4}^{(1)} = 0,08; \beta_{2,1}^{(2)} = 0; \beta_{2,2}^{(2)} = 0; \beta_{2,3}^{(2)} = 0,08; \beta_{2,4}^{(2)} = 0,08; \\ &\beta_{2,1}^{(3)} = 0; \beta_{2,2}^{(3)} = 0; \beta_{2,3}^{(3)} = 0,08; \beta_{2,4}^{(3)} = 0; \beta_{2,1}^{(4)} = 0; \beta_{2,2}^{(4)} = 0; \beta_{2,3}^{(4)} = 0,08; \beta_{2,4}^{(4)} = 0; \\ &\alpha_{3,1}^{(1)} = 0,225; \alpha_{3,2}^{(1)} = 0,225; \alpha_{3,3}^{(1)} = 0; \alpha_{3,4}^{(1)} = 0; \alpha_{3,1}^{(2)} = 0,25; \alpha_{3,2}^{(2)} = 0,05; \alpha_{3,3}^{(2)} = 0; \alpha_{3,4}^{(2)} = 0; \\ &\alpha_{3,1}^{(3)} = 0,225; \alpha_{3,2}^{(3)} = 0,25; \alpha_{3,3}^{(3)} = 0; \alpha_{3,4}^{(3)} = 0; \alpha_{3,1}^{(4)} = 0,25; \alpha_{3,2}^{(4)} = 0,025; \alpha_{3,3}^{(4)} = 0; \alpha_{3,4}^{(4)} = 0; \\ &\beta_{3,1}^{(1)} = 0,25; \beta_{3,2}^{(1)} = 0,237; \beta_{3,3}^{(1)} = 0; \beta_{3,4}^{(1)} = 0; \beta_{3,1}^{(2)} = 0,25; \beta_{3,2}^{(2)} = 0,242; \beta_{3,3}^{(2)} = 0; \beta_{3,4}^{(2)} = 0; \\ &\beta_{3,1}^{(3)} = 0,25; \beta_{3,2}^{(3)} = 0,25; \beta_{3,3}^{(3)} = 0; \beta_{3,4}^{(3)} = 0; \beta_{3,1}^{(4)} = 0,25; \beta_{3,2}^{(4)} = 0,237; \beta_{3,3}^{(4)} = 0; \beta_{3,4}^{(4)} = 0; \\ &\alpha_{4,1}^{(1)} = 0,35; \alpha_{4,2}^{(1)} = 0; \alpha_{4,3}^{(1)} = 0; \alpha_{4,4}^{(1)} = 0; \alpha_{4,1}^{(2)} = 0,35; \alpha_{4,2}^{(2)} = 0; \alpha_{4,3}^{(2)} = 0; \\ &\alpha_{4,1}^{(3)} = 0,35; \alpha_{4,2}^{(3)} = 0; \alpha_{4,3}^{(3)} = 0; \alpha_{4,1}^{(4)} = 0,35; \alpha_{4,2}^{(4)} = 0; \alpha_{4,3}^{(4)} = 0; \\ &\beta_{4,1}^{(1)} = 0,35; \beta_{4,2}^{(1)} = 0; \beta_{4,3}^{(1)} = 0; \beta_{4,1}^{(2)} = 0,35; \beta_{4,2}^{(2)} = 0; \beta_{4,3}^{(2)} = 0; \\ &\beta_{4,1}^{(3)} = 0,35; \beta_{4,2}^{(3)} = 0; \beta_{4,3}^{(3)} = 0; \beta_{4,1}^{(4)} = 0,35; \beta_{4,2}^{(4)} = 0; \beta_{4,3}^{(4)} = 0; \\ &\alpha_{5,1}^{(1)} = 0; \alpha_{5,2}^{(1)} = 0,2; \alpha_{5,3}^{(1)} = 0; \alpha_{5,1}^{(2)} = 0; \alpha_{5,2}^{(2)} = 0,2; \alpha_{5,3}^{(2)} = 0; \\ &\alpha_{5,1}^{(3)} = 0; \alpha_{5,2}^{(3)} = 0,2; \alpha_{5,3}^{(3)} = 0; \alpha_{5,1}^{(4)} = 0; \alpha_{5,2}^{(4)} = 0,2; \alpha_{5,3}^{(4)} = 0; \\ &\beta_{5,1}^{(1)} = 0; \beta_{5,2}^{(1)} = 0,2; \beta_{5,3}^{(1)} = 0,2; \beta_{5,1}^{(2)} = 0; \beta_{5,2}^{(2)} = 0,2; \beta_{5,3}^{(2)} = 0,2; \\ &\beta_{5,1}^{(3)} = 0; \beta_{5,2}^{(3)} = 0,2; \beta_{5,3}^{(3)} = 0,2; \beta_{5,1}^{(4)} = 0; \beta_{5,2}^{(4)} = 0,2; \beta_{5,3}^{(4)} = 0,2; \end{aligned}$$

Where we find

$$\begin{aligned}
 \tilde{X}_{1,1} &= \left\{ \frac{0,12}{0,12}/u_1 ; \frac{0,12}{0,12}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{1,2} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0,12}{0}/u_2 ; \frac{0,12}{0,12}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{1,3} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0,12}{0,12}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{2,1} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{2,2} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{2,3} &= \left\{ \frac{0,01}{0,008}/u_1 ; \frac{0,08}{0,08}/u_2 ; \frac{0,08}{0,08}/u_3 ; \frac{0,08}{0,08}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{2,4} &= \left\{ \frac{0,08}{0,08}/u_1 ; \frac{0,08}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{3,1} &= \left\{ \frac{0,25}{0,225}/u_1 ; \frac{0,25}{0,25}/u_2 ; \frac{0,25}{0,225}/u_3 ; \frac{0,25}{0,25}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{3,2} &= \left\{ \frac{0,237}{0,225}/u_1 ; \frac{0,242}{0,05}/u_2 ; \frac{0,25}{0,25}/u_3 ; \frac{0,237}{0,025}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{3,3} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{3,4} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{4,1} &= \left\{ \frac{0,35}{0,35}/u_1 ; \frac{0,35}{0,35}/u_2 ; \frac{0,35}{0,35}/u_3 ; \frac{0,35}{0,35}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{4,2} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{4,3} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{5,1} &= \left\{ \frac{0}{0}/u_1 ; \frac{0}{0}/u_2 ; \frac{0}{0}/u_3 ; \frac{0}{0}/u_4 \right\}; & \tilde{X}_{5,2} &= \left\{ \frac{0,2}{0,2}/u_1 ; \frac{0,2}{0,2}/u_2 ; \frac{0,2}{0,2}/u_3 ; \frac{0,2}{0,2}/u_4 \right\}; \\
 \tilde{X}_{5,3} &= \left\{ \frac{0,2}{0}/u_1 ; \frac{0,2}{0}/u_2 ; \frac{0,2}{0}/u_3 ; \frac{0,2}{0}/u_4 \right\};
 \end{aligned}$$

Let's first make calculation of "upper" FB for resulting IFST2, mentioning all calculations with vinculum above, as only "upper" FB of input and output LV will be used. Using rule (2.2) we'll get corresponding fuzzy set $\overline{M}_k k = \overline{1,17}$ for d_k

$$\begin{aligned}
 \overline{M}_1 &= \{0,25/u_1 ; 0,25/u_2 ; 0,25/u_3 ; 0,25/u_4\}; \\
 \overline{M}_2 &= \{0,237/u_1 ; 0,242/u_2 ; 0,25/u_3 ; 0,237/u_4\}; \\
 \overline{M}_3 &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; & \overline{M}_4 &= \{0/u_1 ; 0,12/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_5 &= \{0,12/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; & \overline{M}_6 &= \{0/u_1 ; 0,12/u_2 ; 0,12/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_7 &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0,12/u_4\}; & \overline{M}_8 &= \{0,08/u_1 ; 0,08/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_9 &= \{0,01/u_1 ; 0,08/u_2 ; 0,08/u_3 ; 0,08/u_4\}; & \overline{M}_{10} &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_{11} &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; & \overline{M}_{12} &= \{0,2/u_1 ; 0,2/u_2 ; 0,2/u_3 ; 0,2/u_4\}; \\
 \overline{M}_{13} &= \{0,2/u_1 ; 0,2/u_2 ; 0,2/u_3 ; 0,2/u_4\}; & \overline{M}_{14} &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_{15} &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; & \overline{M}_{16} &= \{0/u_1 ; 0/u_2 ; 0/u_3 ; 0/u_4\}; \\
 \overline{M}_{17} &= \{0,2/u_1 ; 0,2/u_2 ; 0,2/u_3 ; 0,2/u_4\}.
 \end{aligned}$$

Using rule (2.4) of transfer of implication $\text{If}(x = \overline{M}_j)$ then $(y = \overline{Q}_j)$ in the expression

$$\mu_{\overline{D}_j}(u, i) = \min \left(1, 1 - \mu_{\overline{M}_j}(u) + \overline{\mu}_{\overline{Q}_j}(i) \right),$$

$$\overline{D} = \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{matrix} \left\| \begin{array}{cccccccccccc} 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 0,88 & 0,98 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,92 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,92 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,92 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right\|.$$

For calculation of satisfaction of each alternative let's apply rule of compositional inference (2.7), where E_j is a satisfaction level of alternative j ; G_j is image of alternative j in the form of fuzzy subset from $U=(u_1, u_2, u_3, u_4)$, where G_j is singleton: $\mu_{G_j}(u) = 0, u \neq u_j, \mu_{G_j}(u) = 1, u = u_j$; D is a functional solving. Then

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

With other words, \bar{E}_j is j line in matrix \bar{D} .

Let's use procedure of comparison fuzzy subsets $\bar{E}_j (j = \overline{1,4})$ in interval $I=[0, 1]$, using level sets.

$$\bar{E}_1 = \{0,88/0; 0,98/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,9/0,9; 0,75/1\},$$

$$\bar{E}_2 = \{0,92/0; 1/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,9/0,9; 0,75/1\};$$

$$\bar{E}_3 = \{0,92/0; 1/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,9/0,9; 0,75/1\};$$

$$\bar{E}_4 = \{0,92/0; 1/0,1; 1/0,2; 1/0,3; 1/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,9/0,9; 0,75/1\};$$

$$F(\bar{E}_1) = 0,523; F(\bar{E}_2) = F(\bar{E}_3) = F(\bar{E}_4) = 0,525$$

Analogously calculation of "low" FB for resulting IFST2 is carried out.

$$\underline{E}_1 = \{0,65/0; 0,68/0,1; 0,74/0,2; 0,81/0,3; 0,9/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,925/0,9; 0,775/1\};$$

$$\underline{E}_2 = \{0,65/0; 0,68/0,1; 0,74/0,2; 0,81/0,3; 0,9/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 1/0,9; 0,95/1\};$$

$$\underline{E}_3 = \{0,65/0; 0,68/0,1; 0,74/0,2; 0,81/0,3; 0,9/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 0,9/0,9; 0,95/1\};$$

$$\underline{E}_4 = \{0,65/0; 0,68/0,1; 0,74/0,2; 0,81/0,3; 0,9/0,4; 1/0,5; 1/0,6; 1/0,7; 1/0,8; 1/0,9; 0,95/1\};$$

$$F(\underline{E}_1) = 0,592; F(\underline{E}_2) = 0,610; F(\underline{E}_3) = 0,608; F(\underline{E}_4) = 0,614.$$

Let's consider alternative u_j as its more satisfactory alternative if average point $F(\tilde{E}_j) = \frac{1}{2}(F(\bar{E}_j) + F(\underline{E}_j))$ will be the biggest. These evaluations for alternative u_1, u_2, u_3, u_4 are equal to 0,552; 0,567; 0,566; 0,569. The biggest average evaluation of satisfaction is at alternative u_4 . Consequently, for u_4 biggest truth of PALC and it must be repaired urgently.

Conclusion.

Unlike ordinary fuzzy sets (fuzzy sets accessory of the first type (FST1)), having unique function (FB), interval fuzzy sets of the second type (IFST2) have "upper" and "low" function of belonging. Particularly, such fuzzy sets are formed by optimistic and pessimistic expert opinions.

Applying of IFST2 allows to count of whole expert information, not using average expert evaluations on FST1 basis.

REFERENCES

1. **Teplinskiy Y.A., Bikov I.Y.** "Control of exploitation reliability of main gaspipelines" – M.: "Oil and gas", 2007. p. 400 (In Russian).
2. **Leonenkov A.V.** Fuzzy modelliy in MATLAB medium and Fuzzy TECH-SPb: BKhV-Peterburg, 2003, p. 236 (In Russian).
3. **Zade L.A.** "Conception of linguistic variable and its application to the approximate decision making". Translation from English-M: Mir, 1976. – p. 165 (In Russian).
4. Models of decision making on the basis of linguistic variable Borisov A.N., Alekseyev A.V., Krumberg O.A. and others. – Riga. Zinatne, 1982 – p. 256 (In Russian).
5. Processing of fuzzy information in the systems of decision making. /Borisov A.N., Alekseyev A.V., Merkurjeva G.B. and others. – M.: Radio and communication, 1989 – p. 350 (In Russian).
6. Fuzzy sets in the models of control and artificial intellect under the redaction of D.A.Pospelov – M.Nauka, 1986, p.312 (Problems of artificial intellect) (In Russian).
7. **Borisov A.M., Krumberg O.A., Fedorov I.P.** "Decision making on the basis of fuzzy models" Examples of use – Riga, Zinatne, 1990 – p. 184 (In Russian).
8. **Yager R.R.** Multiple-objective decision-making using fuzzy sets //Intern. IMan – Machine Studies – 1977 – vol.9, № 4 – p. 375-382.

9. **Yager R.R.** Multicriteria decisions with soft information: on applications of fuzzy set and possibility theory // Fuzzy Mathematics, 1982. – pt1 – vol. 2, №2. – p. 21-28; pt 2. – vol. 2, №3, p. 7-16.
10. **Mamdani E.H.** Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems // IEEE Transactions on Complex C-26, 1977, pp.1182-1191.
11. **Castillo O., Mellin 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.
12. **Castillo O., Mellin P., Kacprzyk J., Petrycz W.** Type-2 fuzzy logic theory and applications // IEEE International Conference on Granular Computing, 2007. p.145-150.
13. Conclusion of NTK-50 about technical condition of main gaspipeline “Kazi-Magomed-Kazakh” on the areas “Km 62 – Km70”; areas “Km 134– Km135”; “Km 139– Km140.5”; “Km 154– Km155” according to the diagnosing by magnetic tomography method. Moscow, 2007, p.112 (In Russian).
14. **Aghammedova S.A.** “Complex assessment velocity of corrosion processes in gaspipeline on the basis of fuzzy logics technology”// Gas industry, Special issue, 2015, p. 99-105 (In Russian).
15. **Dyshin O.A.** Reshenie zadachi nestacionarnoy fil'tracii zhidkosti v treshhinovato-poristom kolcevom plaste s primeneniem diskretnogo vejvlet-preobrazovaniya. // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii, 2017, t.9, №3, s.65-81.
Дышин О.А. Решение задачи нестационарной фильтрации жидкости в трещиновато-пористом кольцевом пласте с применением дискретного вейвлет-преобразования. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Т.9, №3, с.65-

BİRMƏNALI OLMAYAN EKSPERT RƏYİ ÜZRƏ QAZ KƏMƏRİ SAHƏLƏRİNDƏ KORROZİYADAN DAĞILMANIN ÇOXMEYARLI QIYMƏTLƏNDİRMƏ DƏRƏCƏSİ

S.Ə. AĞAMMƏDOVA

Məqalədə qaz kəməri sahələrinə optimist və pessimist faktorların, lingvistik təsiredici modelinin korroziyadan dağılma dərəcəsinin qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Verilmiş məsələnin həllində qeyri-səlis məhsul qaydası halında çoxmeyarlı seçimin uyğun alternativdə, qeyri-səlis çoxluqda verilmiş təyinolunan və ardıcıl, birmənalı olmayan məxsusluq funksiyaları alınmışdır.

Açar sözlər: məhsulların qeyri-səlis qaydaları, "yuxarı" və "aşağı" mənsubiyyət funksiyası, ikinci növ qeyri-səlis çoxluqlar intervalı.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА ПРИ НЕОДНОЗНАЧНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ МНЕНИЯХ

С.А. АГАММЕДОВА

Разработана лингвистическая модель оценки степени коррозионного повреждения участков газопровода при оптимистических и пессимистических экспертных оценках влияющих факторов. Для решения данной задачи получено обобщение метода многокритериального выбора наилучшей альтернативы в случае правил нечетких продукций, antecedentes и консеквенты которых заданы нечеткими множествами с неоднозначными функциями принадлежности.

Ключевые слова: правила нечетких продукций, «верхняя» и «нижняя» функции принадлежности, интервальные нечеткие множества второго типа.

UOT 631.07.02

BORULARIN SİLİKAT-EMAL ÖRTÜKLƏRİNDƏ YARANAN ÇATLARIN DİAQNOSTİKASI

N.Y. İBRAHİMOV*, E.N. İBRAHİMOVA*

Boruların daxili silikat-örtüklərin səthlərində mikro-makro çat qatlarının yaranma səbəblərinin diaqnostikasına baxılmışdır. Tədqiqatlar göstərir ki, çatların yaranma səbəbləri örtükdə əmələ gələn deformasiya, təsir edən amillər və texnoloji proseslərdir. Nəzəri tədqiqatlarla, bu çat qatlarının həndəsi ölçülərinin təyini üçün ifadələr alınaraq praktiki hesablamalar yerinə yetirilmişdir.

Açar sözlər: silikat örtüklər, çatların yaranması, elektrik müqaviməti, mikro çatların həndəsi ölçüləri, çatlardan keçən cərəyan şiddəti.

Giriş. Neft-mədən və kimya sənayesində silikat-emal örtüklü boruların geniş tətbiq edilməsinə baxmayaraq, bu örtüklərin səthlərində texnoloji proseslər zamanı makro–mikro çat qatları əmələ gəlir. Boruların örtüklərində çatların və qüsurların yaranma səbəblərindən biri də texnoloji prosesin düzgün seçilib yerinə yetirilməməsi, mühəndislərin hazırlıq səviyyəsi və işçilərin qaydalara riayət etməsidir. Bütün bunları nəzərə alaraq silikat-emal örtüklü borularda yaranan çatların müxtəlif növləri mövcuddur. Bunlara cızılmalar, ulduz şəkilli çat zolaqları, dalğavari və yivvari zolaq çatları, nazik tük şəkilli xətlər və balıq” pulu” forması, qara nöqtəli ləkələr, xırda dəşikli nazik çatlar və s. növləri aiddir.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, borularda silikat örtüklərin texnologiyasının dəqiqliyindən asılı olaraq yaranan mikro çatlardan makro çatların yaranması müşahidə olunur.

Bunları nəzərə alaraq boru örtüklərinin səthlərində yaranan çat qatlarının diaqnostikası mürəkkəb bir problem kimi qalır. Çatların diaqnostikası üçün həm nəzəri, həm də eksperimental tədqiqatlar aparmaq tələb olunur.

Nəzəri tədqiqat. Nəzəri tədqiqat üçün qeyd etmək lazımdır ki, bu çat qatlarının həndəsi ölçüləri silikat-emal örtüyün markası və qalınlığından asılı olaraq mikro çatlar 0.3-1.0 mm, makro çatlar isə 1.0-5.0 mm civarında qəbul edilərək dəyişilir. İstisna hallarda isə çatların ölçüləri 5-10 mm-ə qədər çataraq təhlükəli vəziyyət yarada bilər.

Bu çatların növlərdən ən təhlükəli olanları “Balıq pulu”, ulduz şəkilli çatlar, dalğavari və qabarıqlı çatlarıdır. Bunların aradan qaldırılması müəyyən çətinliklər yaradır. Onların da yaranma səbəbi həm texnoloji prosesin gedişindən, həm də soyuma zamanı temperatur düşməsindən asılıdır. Belə ki, 400-600°C -dən otaq temperaturasına qədər soyudulan zaman yaranan gərginlik, çatların yaranmasının əsas səbəbidir. Çat qatlarının yaranma ehtimalını bilmək üçün, ona təsir edən bütün amillər və parametrlər təyin edilməlidir. Bu halda ayrıca olaraq texnoloji prosedən yaranan çat qatların və eyni zamanda gərginlikdən yaranan çatların

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

nəzəri tədqiqatlarının aparılması məsələsi qarşıya qoyulmuşdur. Boruların örtüklərində çat qatlarının təyini üçün texnoloji qurğu işlənilib hazırlanmışdır [1,2]. Bu qurğuda tədqiqat aparmaq üçün yəni, silikat emal örtüklərdəki çatların təyini üçün çatlarda yaranan gərginliyi, cərəyan şiddətini və onların elektrik müqavimətini əlaqələndirərək riyazi model qurmaq vacibdir. Aydın ki, bu qurğunun köməyi ilə yaranan qapalı elektrik dövrəsində yüksək gərginlikli impuls cərəyanla, elektromaqnit sahəsinin enerjisi yığılaraq ani vəziyyətdə elektrik sahəsinin enerjisinə çevrilir. Nəzəri tədqiqat üçün elektromaqnit sahəsinin enerjinin, elektrik sahəsinin enerjisinə çevrilməsi qanuna əsaslanaraq aşağıdakı məlum ifadədən istifadə etmək olar [3,4].

$$L \frac{di}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1)$$

Burada, L-dövrü impuls gərginliyinin induktivliyidir; C- çat sahəsinə düşən elektrik tutumudur; i, u-dövrədə cərəyan şiddəti və gərginlikdir;

Çatlarda cərəyan şiddəti keçən zaman dövrədə özünə induksiya hadisəsini əmələ gətirən elektrik dövrəsinin gərginliyi Om qanun tənliyi ilə ifadə edilir [2–4].

$$U = ir + L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

(2) tənliyini diferensiallandırmaqla aşağıdakı ifadəni almaq olar.

$$\frac{du}{dt} = r \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} \quad (3)$$

(3) diferensial tənliyində (1) –ifadəsini nəzərə aldıqda aşağıdakı diferensial tənlik alınır.

$$L \frac{di}{dt} = C(r \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2}) \quad (4)$$

Buradan: $L \frac{di}{dt} = Cr \frac{di}{dt} + CL \frac{d^2i}{dt^2}$

Tənlikdə qruplaşdırma aparmaqla alınır.

$$CL \frac{d^2t}{dt^2} + (Cr - L) \frac{di}{dt} = 0 \quad (5)$$

Burada r və t – örtüyün çatlarında cərəyan şiddəti keçən zaman səthdə yaranan elektrik müqavimət və keçən cərəyanın zaman müddətidir.

(5)-diferensial tənliyin həlli üçün, xarakteristik tənlik tərtib olunur.

$$CLy^2 + (Cr - l)y = 0 \quad y = \frac{di}{dt} - \text{qəbul olunur.}$$

Bu tənliyin həlli aşağıdakı ifadəni verir.

$$y_2 = \frac{L-Cr}{CL}, \quad y_1 = 0$$

Xarakteristik tənliyin həlli əsasında diferensial tənliyin ümumi həlli aşağıdakı kimi alınır.

$$i = c_1 + c_2 \exp\left(\frac{L-Cr}{CL}\right)t \quad (6)$$

c_1, c_2 – inteqrallama sabitləridir, başlanğıc və sərhəd şərtlərindən təyin edilir. Belə ki, $t = 0; i = 0; c_1 = -c_2$; Müqavimət $r=0 \div 1.0$ Om. qəbul edilir, $r_{max}=1.0$ Om. olduqda $t_{max} = 10$ san; $i_{max}=10$ A; qəbul etməklə, c_2 –kəmiyyəti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$c_2 = \frac{10}{\exp 10 \left(\frac{L-C}{LC}\right) - 1} \quad (7)$$

Beləliklə, alınmış diferensial tənliyin həllindən, çat qatlarında keçən cərəyan şiddəti, çatın ara boşluğunda yaranan elektrik müqavimətinin zamana görə dəyişməsi ilə aşağıdakı asılılıq alınır.

$$i = \frac{10}{\exp 10 \left(\frac{L-C}{LC} \right) - 1} \exp \left(\frac{L-Cr}{LC} \right) t \quad (8)$$

Praktiki tətbiqi. Çatların araboşluğunda yaranan elektrik müqavimətinin və cərəyan şiddətinin asılılığında L, C-kəmiyyətlərinin ədədi qiymətləri göstərilən civarlarda da dəyişilir [4, 5].

L=2÷4 qh, C=4÷6 F, örtüyün qalınlığı $\delta=0.5\div 2.0$ mm civarında dəyişməsi zamanı cərəyan şiddəti $i = 0 \div 10A$ və elektrik müqaviməti $r=0.1 \div 1.0$ Om. mm civarında qəbul olunur. (8) düsturu vasitəsi ilə yuxarıdakı parametrlərlə hesablar yerinə yetirilmişdir.

Bu qiymətlər əsasında araboşluğunda yaradan çat qatının elektrik müqavimətinin (8) düsturu vasitəsi ilə təyin edərək çatların uzunluğu və dərinliyi aşağıdakı kimi hesablamaq mümkündür. Belə ki, çat qatının müqavimətini bilərək məlum düsturla ara boşluğun ölçülərini hesablamaq mümkündür [5–6].

$$r = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{l}{\delta} \quad (9)$$

Burada: S= (0.01÷1) δ – örtüyün en kəsiyinin sahəsi götürülür. Örtük üçün xüsusi müqavimət $\rho=0.1\div 1.0$ Om. mm qəbul edilir. l - çat qatının uzunluğudur(9) düsturundan təyin edilir.

Yəni, $l = \frac{r\delta}{\rho}$ – qiymətində çat qatının uzunluğu örtüyün məlum qalınlığına görə (δ) təyin edilir. Bu hesablamaları müxtəlif qalınlıqda örtüklər üçün aparılaraq cədvəldəki parametrlərin qiymətləri alınır.

Cədvəl.

Çat qatlarının həndəsi parametrlərinin təyini

| № | Örtüyün markası | Cərəyan şiddəti i, A | Örtüyün qalınlığı δ, mm | Xüsusi müqavimət $\rho, Om. mm$ | Çatların elektrik müqaviməti r, mm | Çatın uzunluğu l, mm | Çatın qalınlığı δ, mm |
|----|-----------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| 1. | ЭП-40 | 2-4 | 10-30 | 0,1-0,2 | 1-2 | 1,5-2 | 1,5 |
| 2. | ЭП-50 | 4-6 | 30-50 | 0,4-0,6 | 2-4 | 1,0-1,2 | 2,5 |
| 3. | ЭП-60 | 6-8 | 20-70 | 0,6-0,8 | 4-6 | 0,5-0,8 | 3,5 |
| 4. | ЭП-80 | 8-10 | 7-10 | 0,8-1,0 | 6-8 | 0,8-1,0 | 4,2 |

Nəticə. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, silikat-emal örtüyün qalınlığı artdıqca, çat qatlarında yaranan elektrik müqaviməti intensiv artır. Bununla yanaşı xüsusi müqavimətin təsiri cüzi hiss olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, çat qatının ara boşluğunda olan xüsusi müqavimət cərəyan şiddətinin artmasına səbəb olur ki, bununla örtükdə yaranmış çat qatlarının dərinliyini artır. Beləliklə, nəzəri və praktiki tədqiqatların aparılması ilə belə nəticəyə gəlmək olar ki, silikat – emal örtüyün səthlərində çatların həndəsi ölçülərinə təsir edən əsas amillər, örtüyün qalınlığı, markası və örtüyün çat qatında yaranan elektrik müqavimətindən asılıdır.

Boruların silikat emal örtüklərində çatların yaranma diaqnostikası aparılmışdır. Aparılan nəzəri tədqiqatlar arasında çatların araboşluğundan keçən elektrik cərəyanının, müqavi-

mətdən və zaman müddətindən asılılığı riyazi ifadəsi alınmışdır. Bu asılılıq vasitəsi ilə araboşluğundan keçən müqaviməti təyin edərək çat qatlarının həndəsi ölçüləri təyin olunmuşdur.

Tədqiqatlar göstərir ki, araboşluğun həndəsi ölçüləri texnoloji prosesdən və yaranan gərginlik deformasiyalardan tam asılı olaraq dəyişir.

REFERENCES

1. **Maksudov R.A.** Osteklovannye truby v neftyanoy promyshlennosti / Maksudov R.A. Kan A.G. – Moskva: Nedra, 1983. – 127 s.
Максудов Р.А. Остеклованные трубы в нефтяной промышленности / Максудов Р.А. Кан А.Г. – Москва: Недра, 1983. – 127 с.
2. **Ibragimov N.Ju.** Sposob naneseniya silikatnogo pokrytiya na vnutrennyuyu poverhnost stalnoy truby. / Nurullaev T.N., Ibragimov N.Ju., Osmanov V.O. // Patent N i 2003032. 2003. Azerbaydzhanskaja Respublika.
Ибрагимов Н.Ю. Способ нанесения силикатного покрытия на внутреннюю поверхность стальной трубы. / Нуруллаев Т.Н., Ибрагимов Н.Ю., Османов В.О. // Патент N i 2003032. 2003. Азербайджанская Республика.
3. **Aleksandrov V.S.** Ustroystvo dlya podachi gaza vo vnutrennyuyu polost truby pri osteklovanii/ Aleksandrov V.S., Kan A.G., Ibragimov N.Ju. //Avtorskoe svidetelstvo №1090756, Moskva: 1994.
Александров В.С. Устройство для подачи газа во внутреннюю полость трубы при остекловании/ Александров В.С., Кан А.Г., Ибрагимов Н.Ю. //Авторское свидетельство №1090756, Москва: 1994.
4. Kompiuternoe modelirovanie sistemy avtomaticheskogo upravleniya naneseniem pokrytiya na vnutrennyuyu poverhnost truby. / Skvorcov B.V. // Materiály IX mezinárodní vědecko–praktická konference «MODERNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY.– Praha, 2013. – s. 83–88.
Компьютерное моделирование системы автоматического управления нанесением покрытия на внутреннюю поверхность трубы. / Скворцов Б.В. // Materiály IX mezinárodní vědecko–praktická konference «MODERNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY.– Praha, 2013. – с. 83–88.
5. Opredelenie treshhiny v silikatnyh pokrytyah trub. / Ismayylova Je.N. //10–ja Mezhdun. nauch. prakt. konf., Bolgarija: Sofija, 2014. T. 47. –s. 73–75.
Определение трещины в силикатных покрытиях труб. / Исмайылова Э.Н. //10–я Междун. науч. практ. конф., Болгария: София, 2014. Т. 47. –с. 73–75.
6. Avtomaticheskoe regulirovanie temperatury pri termicheskoy obrabotke staley. / Klilovskij M.D. //Avtomatizaciya i sovremennye tehnologii. – Moskva, 2015. Vyp. 2. s. 3-5.
Автоматическое регулирование температуры при термической обработке сталей. / Клиловский М.Д. //Автоматизация и современные технологии. – Москва, 2015. Вып. 2. с. 3-5.

ДИАГНОСТИКА ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В СИЛИКАТНЫХ ПОКРЫТИЯХ ТРУБ

Н.Ю. ИБРАГИМОВ, Э.Н. ИБРАГИМОВА

Представлено исследование образования макро- микротрещин на внутренней поверхности силикатного покрытия стальных труб. Рассмотрена причина возникновения макро- микротрещин по всей поверхности силикатного покрытия трубы.

Проведено теоретическое исследование определения основных размеров трещин и влияние основных факторов на образование трещин.

Ключевые слова: силикатные покрытия, образование трещин, размеры микротрещин, электрическое сопротивление, сила тока.

DIAGNOSTICS OF CRACKS IN SILICATE COATED PIPES

N.Y. IBRAGIMOV, E.N. IBRAGIMOVA

The article studies the macro–micro cracks in the inner surface of the silicate coated steel pipes. The causes affecting the formation of the micro–macro cracks on the entire surface of the silicate coated pipe are also considered.

A theoretical study is carried out to determine the main dimensions and the influence of the main factors on the formation of cracks.

Key word: silicate coating, crack formation, microcrack dimension, electrical resistance, electric current.

УДК 622.692.4

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОТЕРИ СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ АНОМАЛЬНЫХ НЕФТЕЙ

Г.Г. ИСМАЙЛОВ*, И.Т. ЕСПОЛОВ**, К.Г. АКПЕРОВА*

На основе обработки экспериментальных данных по испытанию различных высоковязких аномальных нефтей Казахстана и Азербайджана на реотесте показана возможность применения экспоненциальной реологической модели для описания реологического поведения структурообразующих нефтей. Установлено, что определяющими факторами являются наличие и взаимодействие в них парафиновых, асфальтено-смолистых составляющих. Это позволяет оценить время структурной релаксации, т.е. время, которое соответствует началу потери структурной устойчивости системы.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, структурная устойчивость, реологическое исследование, физико-химические свойства, время релаксации, реологическая модель, неустойчивость.

Известно, что, в отличие от внешнего (магистрального) трубопровода, при внутрипромысловом транспорте часто имеет место транспортировка многокомпонентных, многофазовых смесей от скважины до пунктов сбора и подготовки нефти, где продукция постоянно меняет свои физико-химические и реологические свойства, а также товарные качества во времени. Количество возникающих технико-технологических задач в технологических трубопроводах, требующих своего решения, гораздо разнообразнее и порой сложнее, чем при магистральной транспортировке нефти. Улучшение их технологических условий и эффективность эксплуатации требует создания высокоэффективных способов перекачки реологически сложных систем на основе энергосберегающей технологии. Интенсификация процессов сбора и транспорта нефтяных систем тесно связана также с проблемой уменьшения гидравлического сопротивления (энергозатрат). При этом весьма актуальным является разработка рекомендаций по принципиально новым, технологически возможным решениям путем целенаправленного воздействия на реологически сложные нефтяные системы перед и в процессе транспорта, а также по использованию надежных инженерных методов гидравлического расчета трубопроводных систем. По мере развития трубопроводных объектов все более возрастают общие расходы энергии и материалов, а также число осложнений, что предопределяет необходимость повышения эффективности функционирования трубопроводных систем. Отмеченное наиболее остро проявляется при перекачке многокомпонентных, реологически сложных нефтей и нефтяных эмульсий с различными включениями [1-3,5].

* Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

** КазНИПИмунайгаз

Проведенные лабораторные исследования показывают, что для нефтей месторождений Жетыбай, Каражанбас и Каламкас (Казахстан), а также для месторождений Мурадханлы, Кюрсанги, Сангачал (Азербайджан) характерно повышенное содержание смол и асфальтенов. Нефти месторождений Жетыбай, Долинное, Кариман, Кюрсанги и Сангачал предельно насыщены высоким, более 12%, содержанием растворенного парафина, представляющего собой смесь твердых углеводородов с температурами плавления 60–80⁰С. Физико-химические свойства указанных нефтей представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Физико-химические свойства дегазированной нефти месторождений Жетыбай, Каражанбас, Каламкас, Долинное и Кариман (Казахстан)

| Параметры | Месторождения | | | | |
|--|---------------|------------|----------|----------|---------|
| | Жетыбай | Каражанбас | Каламкас | Долинное | Кариман |
| Плотность при 20, ⁰ С | 0,8436 | 0,9394 | 0,9027 | 0,7942 | 0,8412 |
| Сод.воды | отс. | отс. | 0,189 | 1,26 | 0,41 |
| Сод.общей серы | 0,1109 | 1,9549 | 1,4641 | 0,0151 | 0,0540 |
| Тем-ра застывания | 31 | -15 | -11 | 9 | 29 |
| Тем-ра потери текучести | 34 | -12 | -8 | 12 | 32 |
| Парафины | 14,28 | 1,37 | 3,93 | 13,14 | 17,08 |
| Температура плавления парафина, ⁰ С | 61 | - | 62 | 55 | 60 |
| Смолы | 10,76 | 16,72 | 9,1 | 2,1 | 5,6 |
| Асфальтены | | 3,0 | | | 0,6 |
| Кинемат. вязкость | | | | | |
| 20 ⁰ С | - | 1178,3 | 105,74 | 21,66 | - |
| 30 ⁰ С | - | 532,38 | 63,21 | 6,08 | - |
| 40 ⁰ С | 17,69 | 268,43 | 39,39 | 3,63 | 13,08 |
| 50 ⁰ С | 12,74 | 148,63 | 26,42 | 3,21 | 10,27 |
| 60 ⁰ С | 9,379 | 88,86 | 18,48 | 2,66 | 7,10 |

Таблица 2

Физико-химические свойства дегазированной нефти месторождений Мурадханлы, Кюрсанги, Сангачал (Азербайджан)

| Параметры | Месторождения | | |
|---|---------------|----------|----------|
| | Мурадханлы, | Кюрсанги | Сангачал |
| Плотность при 20, ⁰ С | 0,9224 | 0,8991 | 0,9108 |
| Тем-ра застывания | 19 | 17 | 21 |
| Смолы | 10 | 7 | 4,7 |
| Парафины | 7 | 15 | 20 |
| Асфальтены | 3 | 4 | 4,3 |
| Кинемат. вязкость при 20 ⁰ С | 1078 | 590 | 989 |

Результаты реологических и физико-химических исследований показывают, что нефти ряда указанных месторождений, помимо свойств вязкости и пластичности, могут обладать также упругими, вязкоупругими свойствами, наличие которых может привести как качественным, так и количественным изменениям в системе.

Как показывают результаты исследований последних лет, при течении таких структурированных жидкостей возникают неустойчивость и турбулизация потоков задолго до достижения числа Рейнольдса своего критического значения. Поэтому повышение эффективности функционирования и надежности трубопровода при транспортировке структурированных нефтей и нефтепродуктов тесно связано с моделированием последних и диагностированием их релаксационных свойств.

Установлено, что для некоторых нефтей месторождений Казахстана и Азербайджана и их смесей, обладающих в определенных условиях релаксационными свойствами, как правило, кривая зависимости $1/\eta^2 = f(\tau^2)$ носит нелинейный характер, и, следовательно, не всегда удастся правильно оценить релаксационные параметры по интерпретированным вискозиметрическим данным, полученным по методике Кросса (рис.1 и 2). Поэтому при описании реологического поведения и оценке релаксационных параметров этих систем возникает необходимость использования таких моделей, которые позволяли бы учитывать их внутренние структурные изменения.

Одной из моделей, учитывающей структурную устойчивость системы, может служить обобщенная реологическая модель экспоненциального вида, согласно которой коэффициент структурной устойчивости α оценивается из следующего выражения [4]:

$$\alpha = \frac{\varphi_{\infty} - \varphi}{\partial\varphi/\partial\tau^2} \quad (1)$$

Интегрирование (1) при постоянном α дает:

$$\varphi = \varphi_{\infty} - (\varphi_{\infty} - \varphi_0)\exp(-\tau^2/\alpha) \quad (2)$$

$$\gamma = \tau[\varphi_{\infty} - (\varphi_{\infty} - \varphi_0)\exp(-\tau^2/\alpha)] \quad (3)$$

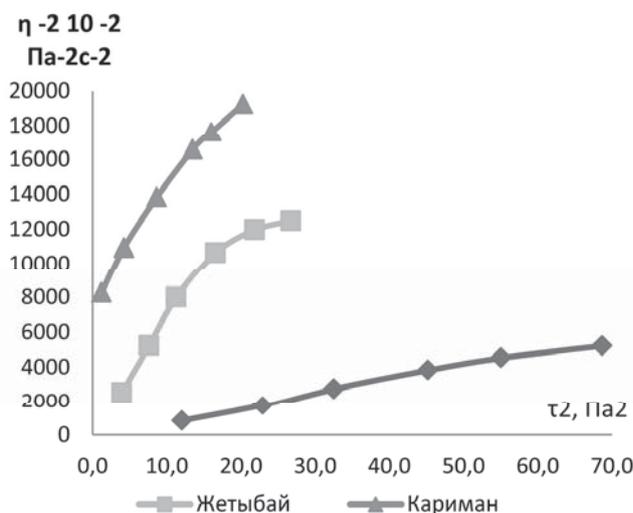


Рис. 1. Зависимость $1/\eta^2 = f(\tau^2)$ для структурированных нефтей Казахстана

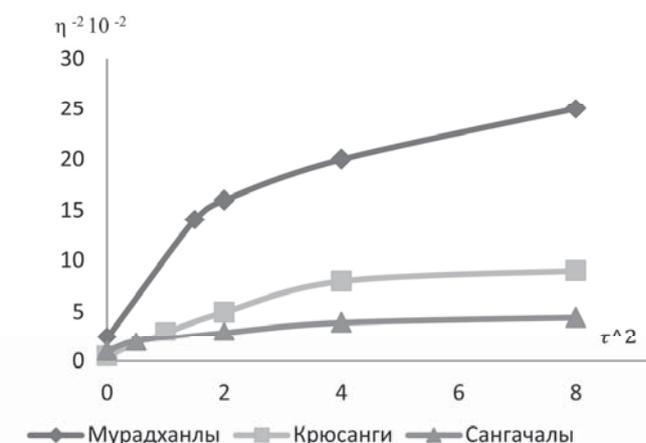


Рис. 2. Зависимость $1/\eta^2 = f(\tau^2)$ для структурированных нефтей Азербайджана

где φ_0 , φ_∞ - соответственно подвижность жидкости при $\tau=0$ и наибольшем напряжении сдвига τ (рис.3).

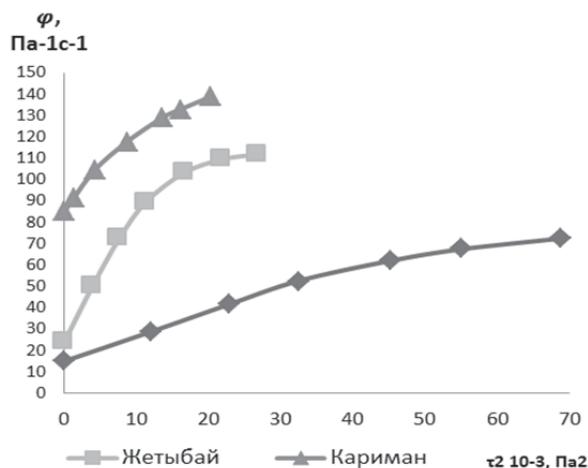


Рис. 3. Зависимость $\varphi=f(\tau^2)$ для структурированных нефтей Казахстана

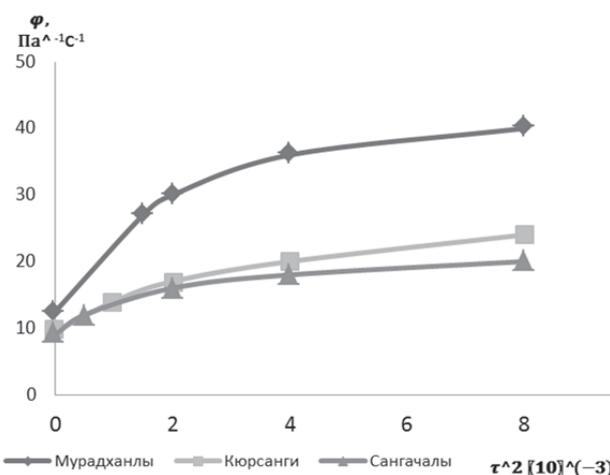


Рис. 4. Зависимость $\varphi=f(\tau^2)$ для структурированных нефтей Азербайджана

Как видно из (2), знания коэффициента структурной устойчивости можно оценить из зависимостей в координатах $\ln \varphi$, τ^2 . При этом следует построить для каждой испытываемый системы зависимости $\varphi = f(\tau^2)$ (рис. 3, 4):

$$\ln \varphi = \ln \frac{(\varphi_\infty - \varphi)}{(\varphi_\infty - \varphi_0)} = -\frac{\tau^2}{\varepsilon} \quad (4)$$

Экстраполяция экспериментальных данных для отмеченных нефтей в координатах $\ln \varphi=f(\tau^2)$ представлена на рис.4.

Полученные значения параметров φ_0 и φ_∞ , а также коэффициента структурной устойчивости ε , вычисленного согласно графикам (рис.5, 6) представлены в таблице.

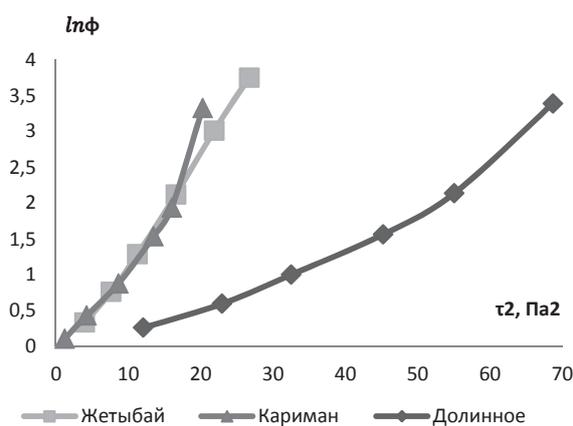


Рис. 5. Экстраполяция данных вискозиметрии для структурированных нефтей Казахстана $\ln \varphi=f(\tau^2)$

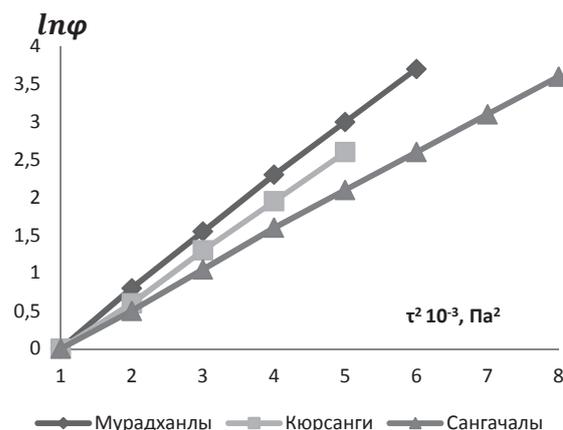


Рис. 6. Экстраполяция данных вискозиметрии для структурированных нефтей Азербайджана $\ln \varphi=f(\tau^2)$

Как видно из таблицы 3, значения параметров структурной устойчивости для рассматриваемых нефтей Казахстана и Азербайджана сильно отличаются друг от друга.

Нетрудно доказать, что зависимость (2) и реологическое уравнение максвелловского типа, которое положено в основу метода Кросса, при разложении в ряд членов $\exp(-\tau^2/\alpha)$ и $(1 + \tau^2/4 G^2)^{1/2}$ полиномов четной степени, что позволяет считать указанные уравнения аналогичными.

$$\gamma = \frac{\tau}{\eta_0} \left[1 + \frac{(\varphi_\infty - \varphi_0)}{\varphi_0 \alpha} \tau^2 - \frac{(\varphi_\infty - \varphi_0)}{\varphi_0 \alpha^2} \tau^4 + \dots \right] \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{\tau}{\eta_0} \left[1 + \frac{1}{8G^2} \tau^2 - \frac{1}{128G^4} \tau^4 + \dots \right] \quad (6)$$

Так как τ^2/α безмерна, то также коэффициент структурной устойчивости α , должен быть величиной той же природы, что и τ^2 . Сопоставляя выражения (5) и (6) и приравнявая параметры при τ^2 с учетом $G = \eta_0/\theta$, для определения времени релаксации θ структурированных систем, в первом приближении можно предложить следующее соотношение:

$$\theta = \sqrt{\frac{8 * (\varphi_\infty - \varphi_0)}{\alpha * \varphi_0^3}} \quad (7)$$

По формуле (7) были рассчитаны времена релаксации для каждой испытуемой нефти и сравнены со значениями времен релаксации, вычисленным согласно методике Кросса (таблица 3) в отличие от нефтей Казахстана показало их удовлетворительно совпадение для нефтей Азербайджана.

Таблица 3

| Испытуемые системы | Подвижность, Па ⁻¹ с ⁻¹ | | α , Па ² | Время релаксации $\theta * 10^{-3}$, с | |
|--------------------|---|------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| | φ_0 | φ_∞ | | По методике Кросса | По экспоненциальной модели |
| Жетыбай (Каз.) | 24 | 113,7 | 7,12 | 939 | 94,9 |
| Кариман (Каз.) | 85 | 140,8 | 6,09 | 526 | 16,7 |
| Долинное (Каз.) | 15,0 | 74,4 | 20,25 | 390 | 92,1 |
| Мурадханлы (Аз) | 15,2 | 46,9 | 1304 | 69 | 74 |
| Кюрсанги (Аз) | 9,6 | 30,6 | 1923 | 122 | 98 |
| Сангачал (Аз) | 9,5 | 23,0 | 1923 | 72 | 66 |

Выводы. В результате обработки экспериментальных данных по испытанию различных высоковязких нефтей Казахстана и Азербайджана было установлено, что реологическое уравнение экспоненциального типа, учитывающее модели в случае структурной устойчивости многофазных систем, является аналогом уравнения линейной вязкоупругой жидкости максвелловского типа, и его экстраполяция позволяет более точно и оперативно определять время структурной релаксации, т.е. время, которое соответствует началу потери структурной устойчивости системы.

REFERENCES

1. **Mizracanzadeh A.X., Qalamov A.K., Maron V.I. et al.** Hydrodynamics of pipeline transport of oil and oil products. M. Nedra, 1984
Мирзаджанзаде А.Х., Галямов А.К., Марон В.И. и др. Гидродинамика трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. М.: Недра, 1984
2. **Nadirov N.K., Tuqunov P.I., Brot R.A., Urazaqaliev B.U.** Pipeline transport of viscous oils. A.: 1985, p. 264
Надиров Н.К., Тугунов П. И., Брот Р.А., Уразгалиев Б.У. Трубопроводный транспорт вязких нефтей. А.: 1985, 264 с.
3. **Mizracanzadeh A.X., Maksudov F.I., Niqmatulin R.I. et al.** Theory and practice of non-equilibrium systems in the oil industry. Baku: Elm, 1985
Мирзаджанзаде А.Х., Максудов Ф.Г., Нигматулин Р.И. и др. Теория и практика применения неравновесных систем в нефтедобыче. Баку: Элм, 1985.
4. **M. Reuner.** The deformation and flow. M. Qostoptexizdat, 1963, p. 381
М. Рейнер. Деформация и течения. М. Гостоптехиздат, 1963, 381 с.
5. **Sattarov Y.M., Ismailiyov K.K., Rafibeyli N.S.** Investigation of the effect of the relaxation properties of the hydraulic fluid in the flow characteristics. ANX, 1988, № 7, p. 26-29
Саттаров Я.М., Исмайлов К.К., Рафибейли Н.С. Исследование влияния релаксационных свойств жидкостей на гидравлическую характеристику потока. АНХ, 1988, № 7, с. 26-29
6. **Mamedov Ch.I., Akperova K.G.** Sintez i primeneniye bis-chetvertichnykh ammonievyyh soedineniy v bor'be s asociatami i supermolekuljarnymi nanostrukturami nefti. // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. Tom 7, №3, s 112-115.
Мамедов Ч.И., Акперова К.Г. Синтез и применение бис-четвертичных аммониевых соединений в борьбе с ассоциатами и супермолекулярными наноструктурами нефти. // Вестник Азербайджанской инженерной академии. Том 7, №3, с 112-115.

ANOMAL NEFTLƏRİN NƏQLİ ZAMANI STRUKTUR DAYANIQLIĞININ POZULMASININ DİAQNOZLAŞDIRILMASI

Q.Q. İSMAYILOV, İ.T. YESPOLOV, K.H. ƏKBƏROVA

Qazaxıstan və Azərbaycanın müxtəlif yüksəközlüklü anomal neftləri üzərindəki reoloji sınaq təcrübələrindən alınan məlumatlar əsasında strukturəmələgətirən neftlər üçün exponential reoloji modelin tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir. Əsas müəyyən edici amillər kimi onların tərkibində parafin, asfalten və qatranlı komponentlərin iştirakı və onların qarşılıqlı təsiri qeyd olunmuşdur. Bu struktur relaksasiya vaxtını-sistemin struktur dayanıqlığının pozulmasının başlanğıcına uyğun gələn vaxtı qiymətləndirmək üçün imkan verir.

Açar sözlər: *yüksəközlüklü neft, struktur dayanıqlığı, reoloji təhlil, fiziki-kimyəvi xassələr, relaksasiya vaxtı, reoloji model, qeyri-dayanıqlıq.*

DIAGNOSIS OF LOSS OF TRANSPORTED ABNORMAL OILS' STRUCTURAL STABILITY

Q.Q. ISMAYILOV, I.T. YESPOLOV, K.Q. AKBAROVA

Based on processing of experimental data on the testing at rheotest of various high viscosity abnormal oils of Kazakhstan and Azerbaijan was shown the possibility of applying exponential rheological model to describe the rheological behavior of the structure-forming oils. The most determining factors are the presence and interaction of paraffin, asphalt-resinous components in oils. This makes it possible to evaluate the structural relaxation time, i.e. the time corresponding to the beginning of the loss of system's structural stability.

Key words: *heavy crude oil, structural stability, rheological study, physical and chemical properties, relaxation time, rheological model, instability.*

UOT 622.276:658:58

NEFT QARIŞIQLARININ REO-NANO-KİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ HAQQINDA

Q.Q. İSMAYILOV*, V.X. NURULLAYEV*, M.B. ADIGÖZƏLOVA*

Məqalədə müxtəlif çeşidli neft, neft məhsulları, kondensat nümunələri qarışıqlarının keyfiyyət göstəriciləri və reofiziki xüsusiyyətlərinin anomal olaraq dəyişməsi çoxlu sayda laboratoriya sınaqları əsasında təsdiq edilmişdir. Qarışan məhsulların çeşidi və kütlə payından asılı olaraq və əksər qarışıqlar üçün xassələrin additiv dəyişmələri, onlarda müsbət və mənfi sinerqizmin mövcudluğu aşkar edilmişdir. Neftlərin qarışması ilə bağlı yaranacaq fəsadlara yol verilməməsi üçün ilkin olaraq onların laboratoriya şəraitində geniş tədqiq edilməsinin zəruriliyi göstərilmişdir. Baş verən anomallığın əsas səbəblərdən birinin qarışan neftlərin kimyəvi tərkibi (asfalten, parafin və qatran birləşmələrinin miqdarının) ilə bağlı olması təsdiqlənmişdir. Digər səbəb kimi neftlərin tərkibində metalların(vanadium,nikel,dəmir) mövcudluğu versiyası da irəli sürülmüşdür.

Açar sözlər: keyfiyyət göstəriciləri, neftlərin qarışması, özlülük, donma temperaturu, additivlik qaydası, kimyəvi tərkib, çöküntülər, asfalten-parafin-qatran birləşmələri.

Neft-mədən praktikasında neftin texnoloji boru kəmərləri ilə nəqli zamanı müxtəlif reofiziki xüsusiyyətlərə malik mayələrin, həmçinin onların qarışıqlarının (o cümlədən sulu, qumlu, gilli və s.) mürəkkəb relyefli və termobarik şəraitdə, strukturu məlum olmayan hərəkətlərinə tez-tez rast gəlinir. İstismar quyularından başlayaraq neftin hazırlanması məntəqələrinədək mədəndaxili texnoloji boru kəmərlərində monokomponentli və bircinsli olmayan, əsasən çoxkomponentli, multifazlı heterogen sistemlərin nəqli prosesi baş verir. Ən başlıcası isə quyu məhsulu zamandan asılı olaraq daima öz fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətləri ilə yanaşı, əmtəə keyfiyyətini də dəyişmiş olur. Məhz bu səbəbdən texnoloji boru kəmərləri sistemində baş verən texniki-texnoloji məsələlərin və mürəkkəbləşmələrin sayı daha da çox, həlli isə çətin olur. Bu problemlərin böyük bir qismi nəql olunan sistemlərin reoloji cəhətdən mürəkkəbliyi, onların anomal xüsusiyyətlərə malik olması ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən, bu sistemlərin sulaşması ilə texnoloji çətinliklər daha da çoxalır. Mədən şəraitində yüksək özlülüklü və anomal sulaşmış neftlərin yığılması, hazırlanması və nəqli əksər hallarda böyük mürəkkəbləşmələrlə bağlı olur və enerji xərclərini xeyli artırır.

Hal-hazırda Azərbaycan neftlərinin timsalında neft qarışıqları üçün keyfiyyət göstəricilərinin hansı neftlərin və necə qarışmasından asılı olması, bu zaman spesifik problemlərin yaranması ilə bağlı aparılan elmi-tədqiqat işlərinin sayı və əhatə dairəsi genişlənməkdədir. Bəzi qarışıqların “arzuolunmazlığı”, neftin çıxarılması, hazırlanması və nəqli zamanı texnoloji proseslər də ciddi problemlər yaratması, onlara additivlik qaydasının tətbiq olunmasının

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

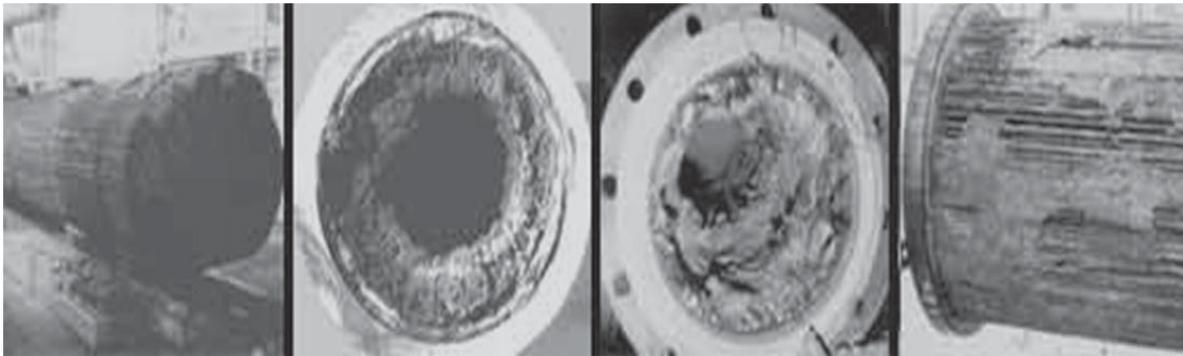
yolverilməzliyi məsələnin aktuallığı və problemin həllinin vacibliyi və əhəmiyyətindən xəbər verir.

Harada yaranmasından asılı olmayaraq su faizinin artması hesabına heterogen qarışıqın müəyyən böhran sulaşma həddindən başlayaraq, su-neft emulsiyalarında anomal reoloji xüsusiyyətlər meydana çıxır. Belə ki, sulaşma faizi yüksəldikcə, yaranan su-neft emulsiyalarının özlülük və sıxlıq göstəriciləri də kəskin artmağa başlayır. Dispers fazanın-suyun müəyyən faizlərində dispersion mühit - neft sanki su ilə «doyur», artıq qalan su isə təbəqələşmə və koalessensiya prosesləri nəticəsində ayrılaraq, sərbəst su fazasını yaradır. Bu zaman neft emulsiyalarında inversiyanın mövcudluğu (emulsiyaların tipinin dəyişməsi) heç də birmənalı qarşılanmır.

Müxtəlif çeşidli və reo-fiziki xüsusiyyətlərə malik olan quyu məhsullarının nəqli zamanı, onların hansı keyfiyyət göstəricilərinə, reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrə malik olması nəinki nəzərə alınmır, hətta Azərbaycan neftlərinin timsalında, demək olar ki, heç tədqiqat obyektini belə olmayıb.

Məlumdur ki, sulaşma dərəcəsi və temperatur amili qeyri-nyuton neftlərin reoloji xüsusiyyətlərinə təsir edən əsas amillərdən hesab edilir. Qeyd olunan amillər neftlərin daxili strukturu və özlülük xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Dünya təcrübəsindən məlumdur ki, neftqazçıxarmada neft qarışıqlarının yığılımı və nəqlini həyata keçirən boru kəmərlərində makroskopik bərk fazanın çökməsi və tıxacların yaranması halları tez-tez baş verir (şəkil 1).

Bəzi mütəxəssis və alimlər bu halın baş verməsini bəzi neftlərin nano təbiətli olması, reoloji mürəkkəb neftlərdən kristal əmələgətirməyə meyilli olan bərk karbohidrogenlərin ayrılaraq çökməsinə gətirib çıxaran sistemin aqreqat dayanıqlılığının aşağı düşməsi və kristallaşma prosesinin daha çox molekullar və yeni yaranan nanohissəciklərin quruluşu, ölçüsü, forması və hərəkətliliyindən asılı olması ilə izah edirlər [1-4]. Təhlil göstərir ki, müxtəlif neftlərin qarışmasının “bir araya sığmazlığı” çöküntülərin baş verməsi ilə yanaşı qarışıqın keyfiyyət göstəriciləri və praktiki vacib olan parametrlərinin (məsələn, sıxlıq, özlülük, donma temperaturu, həcm və s.) anomal dəyişməsində də özünü göstərə bilər. Hətta iki “yaxşı” stabil yanacağı qarışdırdıqda “problemlı”- ağır hissəciklərin çökməsi ilə müşahidə olunan qarışıq da əmələ gələ bilər.



Şəkil 1. Neft qarışıqlarının yığılımı və nəqli zamanı boru kəmərlərində makroskopik bərk fazanın çökməsi və tıxacların yaranmasını əks etdirən foto-slaydlar.

Müxtəlif çeşidli, reoloji mürəkkəb neftlərin bir-biri və yüngül neft, o cümlədən həlledicilərlə qarışaraq boru kəmərləri ilə nəqli zamanı baş verən bir sıra çətinliklərlə yanaşı, onların saxlanması, eləcə də təhvili və qəbulu proseslərində disbalans hallarına da rast gəlinir. Bir sıra neftlər və neft məhsulları bu baxımdan hətta “arzuolunmaz” cütlük də sayıla bilər.

Nəql və saxlanma zamanı neft itkiləri ilə bağlı təhlil göstərir ki, bir-birindən öz xassələrinə görə kəskin fərqlənən komponentlərin qarışması zamanı həcm itkisi yaranır. Neftlərin və neft məhsullarının nəqli zamanı onların qarışması zamanı həcm itkisinin olması barədə ilk normativ sənəd 1996-cı ildə Amerika Neft İnstitutu tərəfindən dərc olunmuşdur. Bu cür halların ağır neftlərin (neft məhsullarının) yüngül neft məhsulları ilə qarışması zamanı da baş verməsi mümkündür. Məsələn, bitumu xam yüngül neftlə qarışdırıldıqda alınan həcm, komponentlərin cəm həcmindən az da ola bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, bu cür həcm itkisi heç də maddənin fiziki itkisi ilə bağlı olmur və daşınan yükün cəm kütləsi qarışma zamanı dəyişməz qalır.

Təbii neftlərdə asılı vəziyyətdə olan kolloidlərin, o cümlədən, asfaltların xassələrinin öyrənilməsinə, nanokolloid asfaltların ayrı-ayrı neft qarışıqlarında özünü necə aparmasına bir çox işlər həsr olunub. Neftlərdə asılı vəziyyətdə olan nanokolloid asfaltların mürəkkəb faza diaqramının şərhini ilk dəfə olaraq 2006-cı ildə tədqiqatçılar tərəfindən şərh edilmişdir [3-5]. Belə ki, müəlliflər tərəfindən asfaltın nanokolloidlərinin faza diaqramlarının ilk versiyaları qurulmuş və müəyyən edilmişdir ki, faza çevirmələrinin əksər sərhədləri praktiki vacib olan qatılıq və temperatur diapazonlarında yerləşir. Müəlliflər faza çevirmələri sərhədlərinin neftlərin qarışması zamanı “bir araya sığmazlıq” problemi ilə əlaqəli ola biləcəyini də iddia etmişlər. Qeyd olunanlarla yanaşı, bu sahədə ilkin məlumatların çox məhdud olması ucbatından statistik təhlil aparmağın mümkün olmadığını da vurğulamış və “böhran” parametrlərinin təqribi qiymətlərinin gələcəkdə dəqiqləşməsinin zəruriliyini göstərmişlər.

Tədqiqatçılar müəyyən etmişdilər ki, Atabaski (Kanada) bitumunun nəqli zamanı onun yüngül neftlə qarışdırılması nəticəsində standart şəraitdə özlülüyü 40-45 % aşağı salmaq mümkün olur. Ancaq bitum – yüngül neft qarışığının özlülüyünü daha da aşağı salmaq mümkün olmamışdır. Belə ki, 50 % yüngül neft qatılmış bitumun nəqli zamanı xeyli problemlər yaranmışdır. Bu problemlər əsasən boru kəmərinə xeyli bərk asfaltın çöküntülərinin çökməsi ilə bağlı olmuşdur. Bu zaman bitumun (yəni asfaltların) miqdarının çox az olduğu qarışıqlar üçün problemlərin yaranması isə, demək olar ki, gözlənilməz olmuşdur. Aparılan bu tədqiqatlarda çox maraqlı bir məsələ də aşkar edilmişdir. Belə ki, bitum və yüngül neftin hansı ardıcılıqla qarışdırılmasının da çox əhəmiyyət kəsb etməsi aşkar edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, yüngül neftin az-az böyük həcmdə bituma əlavə edilməsi zamanı çökən asfaltın kolloidlərinin həcmi tədricən çoxalır və çöküntülərin kəskin artması yüngül neftin qarışıqda miqdarının 67 % olduğu hala təsadüf edir. Əksinə, bitumu böyük həcmdə yüngül neftə əlavə etdikdə isə, onun ilk damcısının əlavə edilməsi ilə bütün asfaltlar ani olaraq bərk kolloid hissəciklərinə çevrilərək çökür. Bu proses bitumun 33 % qatılığına kimi davam edir [6].

Qeyd etmək lazımdır ki, neftlərin qarışması zamanı ayrı-ayrı qarışıqlarda kolloid sistemlərin (asfaltların) xassələri və çevirmə qanunauyğunluqları haqqında təcrübə tədqiqatların və nəzəri məlumatların sayı çox az olduğu üçün qarışıqların “bir araya sığmaz” olub-olmamasının təyini üçün əsasən empirik meyarlardan istifadə edilmişdir. Ayrı-ayrı yanacaqların qarışması zamanı onların keyfiyyətini yoxlamaq üçün xüsusi testlər də mövcud olmuşdur.

Həmin testlər yanacaqlarda bərk kolloid sistemlərin çökməsi kimi halların baş verməsini kəmiyyətə xarakterizə etməyə imkan vermişdir. Məsələn, ABŞ-da normativ sənəd kimi, ASTM D 4740-02-“Neft yanacaqlarının təmizliyi və “bir araya sığmazlığını” damcı ləkəsi üsulu ilə təyininin standart üsulu”nu misal göstərmək olar. Rusiyada bu testin modifikasiyası olan OCT PD 31.27.03-95 “Yanacaqların bir araya sığmazlığına nəzarət üsulu” ədəbiyyatda “damcı nümunəsi üsulu” adını almışdır. Qeyd olunan testlərin əsasını asfətlərdə həll olmayan kolloid hissəciklərinin aşkar edilməsi proseduru təşkil edir.

Digər neftlər kimi, Azərbaycanda da istehsal olunan neftlər fiziki-kimyəvi xassələri və reoloji xüsusiyyətlərinə görə çox müxtəlifdir. Ayrı-ayrı yataqların neftləri bir çox hallarda yüksək özlülük və donma temperaturu, tərkibində parafin və asfalten birləşmələrinin olması, həmçinin sulaşma dərəcələri ilə fərqlənir. Azərbaycan neftləri keyfiyyətindən asılı olaraq müvafiq standartlara cavab verən şərtlərlə ölkədaxili NEZ-lərə və ixraca göndərildiyi üçün onların reofiziki-kimyəvi göstəricilərinə ciddi nəzarət edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, qarışan neftlərin keyfiyyət göstəriciləri haqqında məlumatların əldə olunması təkcə neftlərin uçotu üçün deyil, həmçinin onların daxil olduğu qarışma məntəqələri, çənlər və emal müəssisələrinin iş rejimlərinin proqnozlaşdırılması üçün də vacibdir. Mövcud olan normativ sənədlərdə və ədəbiyyat mənbələrində müxtəlif neft qarışıqlarının əsas keyfiyyət göstəricilərinin təyininin müəyyən edilmiş ciddi qayda və asılılıqlar üzrə həyata keçirilməsi qəbul edilmişdir. Ancaq dünya praktikasında olduğu kimi, Azərbaycan neftlərinin qarışması amilinin onların fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətlərinə təsirinin nəticələri göstərir ki, ideal məhlullara aid edilən model və hesablama sxemləri həmin qarışıqlar üçün əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənə bilər. Məsələn, ümumi qəbul edilmiş additivlik qaydası real neft qarışıqları üçün parametrlərin proqnozlaşdırılması zamanı xeyli fərqli nəticələrə gətirib çıxara bilər [7].

Aşağıda neftlərin qarışmasına müxtəlif çeşidli Azərbaycan neftlərinin təmsalında baxılmışdır. Bu məqsədlə “Bulla”, “Siyəzən”, “Qaraçuxur”, “Muradxanlı” yataqlarından istehsal olunan xam neftlərdən və “Ümid” yatağının kondensatından istifadə olunmuşdur. “Bulla”-BN, “Siyəzən”-SN və “Qaraçuxur”-QN, “Muradxanlı - MN”, “Bulla”- 89 sayılı quyu neftlərinin və “Ümid” kondensatının əsas reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrini əks etdirən ilkin laboratoriya analizlərinin nəticələri və onların aparılma üsulları cədvəl 1-də verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, seçilmiş neftlər sulaşmış neftlər olmaqla tərkiblərinə görə bir-birindən fərqlənir. Neftlərdən fərqli olaraq kondensat nümunəsində demək olar ki, suyun izləri aşkar edilmişdir. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq müxtəlif çeşidli neftlərin və neft məhsullarının bir-biri ilə, həmçinin kondensatla qarışmasının onların keyfiyyət göstəricilərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Laboratoriya tədqiqatları “BN-SN”, “BN-QN”, “A-76-DY (yay)”, “Ümid” kondensatı-“Bulla”(quyu №89), Muradxanlı nefti qarışıqları üçün birincilərin müxtəlif kütlə paylarında aparılmış və qarışıqlar üçün keyfiyyət göstəriciləri təyin edilmişdir [7–11]. Həmin neftlərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, tərkiblərində olan ballastların miqdarı və vanadium, nikel və dəmir elementlərinin beynəlxalq ASTM D 5708 induktiv plazma üsulu ilə təyini üzrə nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir. Qeyd olunan nəticələrə qarışan neftlərin kimyəvi tərkibinin təsiri məsələlərinə BN və QN neftlərinin qarışması təmsalında baxılmış və bu zaman həmin neftlərin qarışma ardıcılığı da (yəni BN+QN, yoxsa QN+BN) tədqiqat obyektinə olmuşdur.

Cədvəl 1

Bulla (BN) , Siyazən (SN) və Qaraçuxur neftinin (QN), Muradxanlı qarışıq neftinin (MQN) və “Ümid” kondensatının reofiziki-kimyəvi xarakteristikaları və tərkibindəki Vanadium, Nikel və dəmirin beynəlxalq ASTM D 5708 induktiv plazma üsulu ilə təyin edilmiş nəticələri.

| Göstəricilər | İlkin götürülən neftlər. | | | | “Bulla “nefti (quyu №89) | “Ümid” Kondensat 1 (quyu № 10) | Analizlərin aparılma üsülləri |
|--|--------------------------|-------|-------|--------|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| | BN | SN | QN | MN | | | |
| Sıxlıq 20 ⁰ C-də, kq/m ³ | 973,4 | 978,9 | 914,7 | 876,7 | 976 | 806 | QOST 3900 |
| Kinematik özlülük, mm ² /s, 20 ⁰ C | 15,76 | 8,23 | 6,41 | 83,32 | axmır | 11,40 | QOST 33 |
| Qatranların miqdarı, % (kütlə)-lə | 10,27 | 11,12 | 13,28 | 18,32 | 3,1 | 1,0 | Xromato- qrafiya |
| Asfaltların miqdarı, % (kütlə)-lə | 0,23 | 0,81 | 0,64 | 4,86 | 0,11 | 0,2 | QOST 11858 |
| Parafinlərin miqdarı, % (kütlə)-lə | 13,34 | 1,18 | 2,53 | 6,21 | 6,4 | 28,0 | QOST11851 |
| Doymuş buxar təzyiqinin təyini, kPa | 16,2 | 13,9 | 9,7 | 23,4 | - | 41,23 | QOST1756 |
| Donma temperaturu, ⁰ C | +9 | -6 | +3 | +9 | 13 | -1,6 | QOST20287 |
| Mexaniki qarışıqlar, % (kütlə)-lə | 5,72 | 4,83 | 6,42 | 0,0234 | 0,368 | 0,335 | QOST 6370 |
| Duzların miqdarı, mq/l | 480,6 | 398,4 | 530,3 | 47,3 | 1135,336 | 7,314 | QOST 21534 |
| Suyun miqdarı, % (kütlə)-lə | 43,2 | 35,7 | 56,4 | 0,15 | 75 | izlər | QOST 2477 |
| Vanadium, mq/kq | 0,87 | 0,94 | 0,92 | 1,57 | 0,82 | 0,03 | ASTM D 5708 |
| Nikel, mq/kq | 1,78 | 1,83 | 1,96 | 3,51 | 1,73 | 0,07 | |
| Dəmir, mq/kq | 4,43 | 4,75 | 4,82 | 8,16 | 4,39 | 0,21 | |

Tədqiqatların nəticələrinə əsasən [7, 8] BN və QN neftlərinin qarışması zamanı qarışıqın keyfiyyət göstəricilərinin dəyişməsinin additiv olmaması neftlərin qarışmamasının QN:BN=40:60% nisbətində isə sıxlıq, özlülük, qatranların miqdarı, doymuş buxar təzyiqi, donma temperaturu kimi parametrlərin hətta anomal dəyişikliyə məruz qalması təsdiq olunmuşdur. Keyfiyyət göstəricilərinin analoji olaraq dəyişməsi BN və SN neftlərinin qarışması zamanı da baş verməsi (SN:BN= 55:45 %), bu zaman sıxlıq, özlülük, qatranın miqdarı, donma temperaturunun kəskin artması, doymuş buxar təzyiqinin azalması müşahidə edilmişdir. Müəlliflər [7, 8] tərəfindən neft məhsullarının qarışması (A-76 benzini ilə dizel yanacağı (DY) timsalında) tədqiq edilmiş və qarışma amilinin məhsulun keyfiyyət göstəricilərinə təsiri öyrənilmişdir. Bütün hallarda qarışıqlar üçün təcrübə sınaqları əsasında təyin edilən parametrlərin (sıxlıq, özlülük və fraksiya tərkibi) qiymətlərində anomallıq müşahidə olunmasa da, bu qiymətlər additivlik qaydasına görə hesablanmış qiymətlərdən xeyli fərqləndiyi, bu zaman ən böyük fərqlənmənin sıxlıq üçün uyğun olaraq qarışıqını 10:90 %, özlülük üçün isə 60:40 % nisbətində baş verdiyi göstərilmişdir. Benzin-dizel yanacağı qarışıqının fraksiya tərkibinin də dəyişməsi analoji olaraq qeyd olunan nisbətlərdə müşahidə olunmuşdur.

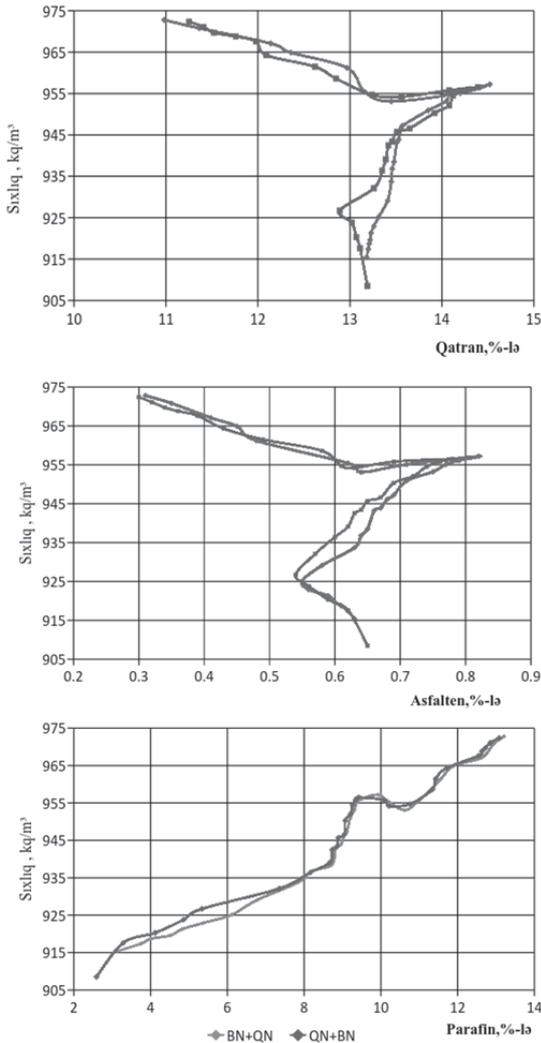
Neftlə kondensatın qarışdırılaraq boru kəməri ilə nəql olunması, özlülüğün azalması hesabına səmərəli hesab olunsada, kondensatın 10 %-dən aşağı qatılıqlarında qarışıqın arzuolunmazlığı ilə bağlı müəlliflərin [7] əldə etdiyi nəticələr praktiki əhəmiyyətli nəticələndir. Belə ki, bu zaman donma temperaturunun anomal artması boru kəmərinin işinin mürəkkəbləşməsi, hətta dayanması ehtimalı xeyli artmış olur. Sulaşma dərəcəsindən asılı olaraq neft-kondensat qarışıqının donma temperaturu, kondensatın yalnız 20 %-dən çox qatılıq hallarında additivliyə

əsasən xəyata yol verilmədən təyin edilə bilər və bu qarışıqlar additiv qarışıqlar hesab oluna bilər.

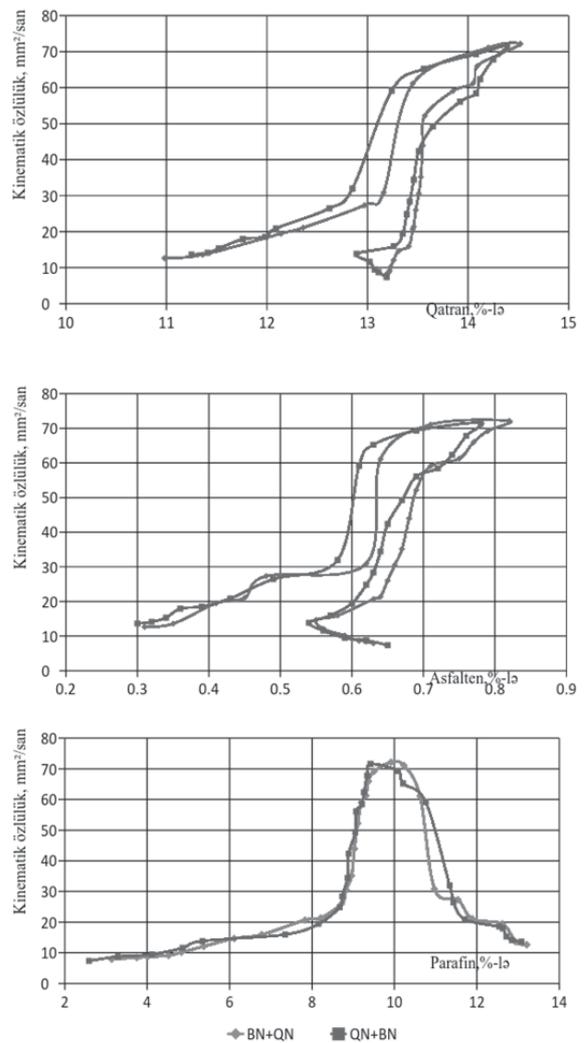
Qeyd olunan tədqiqat işlərinin davamı kimi müəlliflər tərəfindən eyni zamanda neftlərin müxtəlif kütlə paylarına uyğun qarışıqlarında olan qatran, asfalten və parafin birləşmələrinin miqdarından asılı olaraq qarışığın keyfiyyət göstəricilərinin - sıxlıq, özlülük və doymuş buxar təzyiqinin (DBT) necə dəyişməsi tədqiq edilmiş və alınan nəticələr uyğun olaraq şəkil 2-5-də göstərilmişdir.

Şəkil 2-5-dən görüldüyü kimi, baxılan neftlər üçün qarışdırılma ardıcılığının təsiri demək olar ki, olmamışdır. Ancaq qatran, asfalten və parafin birləşmələrinin miqdarının qarışığın sıxlığı, özlülüüyü və doymuş buxar təzyiqinə təsiri isə əhəmiyyətli dərəcədə olmaqla bəzi hallarda isə bu təsir anomallığı ilə fərqlənmişdir.

DBT parametri ilə müqayisədə sıxlıq və kinematik özlülüüyün dəyişməsi daha xarakterik olmuşdur. Belə ki, qatranın 13-14,5 %, asfaltenlərin 0,55-0,82 %, parafinin isə 8,5-11 % dəyişmə intervallarında olan təsirlər anomallıqla müşahidə edilmişdir (şəkil 2,3).

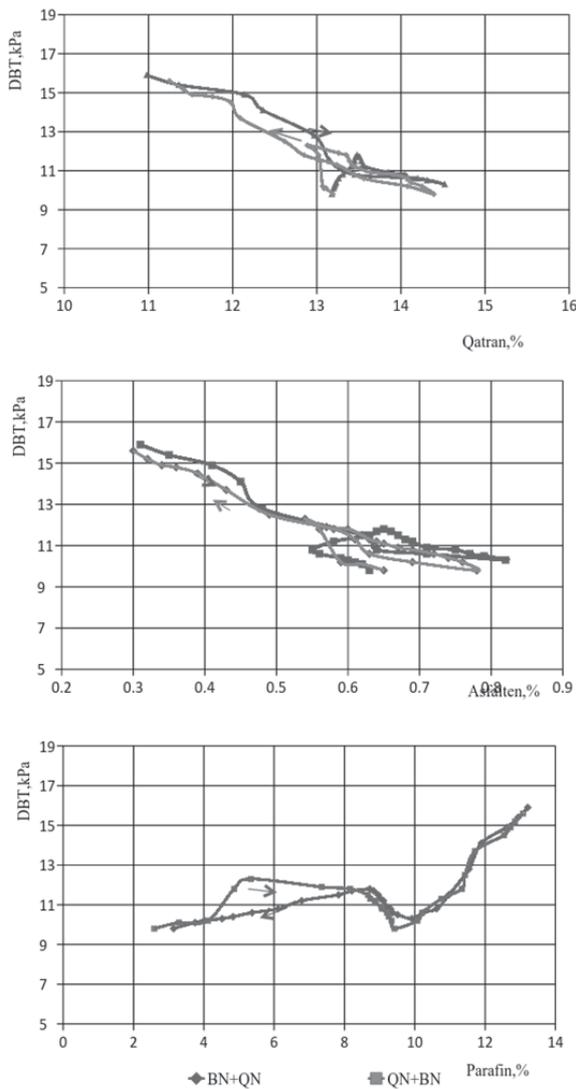


Şəkil 2. Qarışığın sıxlığının qatran, asfalten və parafinin miqdarından asılılığı.

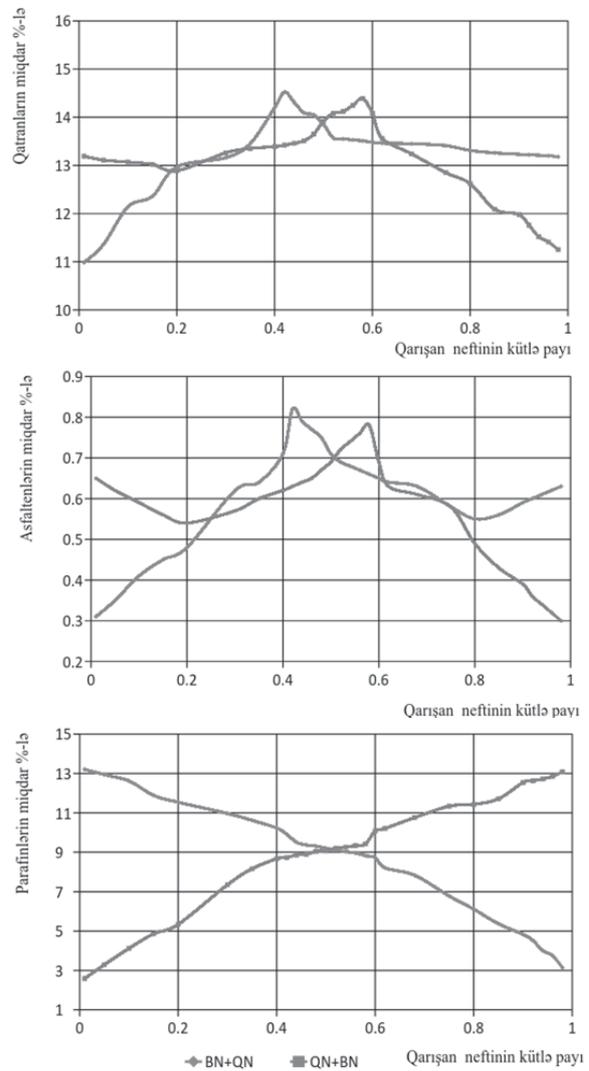


Şəkil 3. Qarışığın kinematik özlülüüyünün qatran, asfalten və parafinin miqdarından asılılığı.

Qatran və asfaltenlərin miqdarından asılı olaraq isə həmin parametrlərin dəyişməsində histerezisə oxşar hadisə müşahidə edilmişdir. Neft qarışıqları üçün DBT parametri isə əsasən qatran və asfaltenin miqdarının çoxalması ilə azalmağa, parafinin çoxalması ilə isə artmağa meyilli olmuşdur (şəkil 4). Aşkar olunan maraqlı nəticələrdən biri də onunla bağlı olmuşdur ki, BN və QN neftlərində qatran və asfaltenlərin ilkin miqdarının uyğun olaraq 10,27; 0,23 və 13, 28; 0,64 təşkil etməsinə baxmayaraq neftlərin qarışması zamanı kütlə payından asılı olaraq onların dəyişməsi additivliyə uyğun gəlməmiş, kütlə payının müəyyən qiymətlərində artma və azalma halları müşahidə edilmişdir. Hətta onların miqdarında ilkin maksimal qiymətlə müqayisədə çoxalma da baş vermişdir. Belə ki, qatran və asfaltenlərin miqdarının maksimal qiymətləri uyğun olaraq 14,48 və 0,78 % təşkil etmişdir (şəkil 5). Bu qiymətlər qarışıqda BN və QN neftlərinin nisbəti 58:42 % olduqda baş vermişdir. Qatran və asfaltenlərdən fərqli olaraq neftlərin qarışması zamanı komponentlərin qarışma ardıcılığından asılı olaraq qarışan neftlərin kütlə payının artması ilə parafinin miqdarının qarışıqda monoton olaraq azalması (BN+QN) və ya artması (QN+BN) baş vermişdir. Bu zaman anomallıq halı müşahidə olunmamışdır (şəkil 5).



Şəkil 4. Qarışığın doymuş buxar təzyiqinin qatran, asfalten və parafinin miqdarından asılılığı



Şəkil 5. Qarışıqda qatran, asfalten və parafinin miqdarının qarışan neftin kütlə payından asılılığı.

Neft qarışıqlarında olan asfalten birləşmələrinin aqreqatlaşması və kolloid sistemlərini əmələ gətirməsi haqqında mülahizələr mövcuddur [2-5]. Təsadüfi deyil ki, həmin asılı halda olan kolloid hissəciklərinin qarışıqda həcmi hissəsinin çoxalması qarışıqın sıxlığı və özlülüyünün anomal dəyişməsinə səbəb olur. Hətta elə qarışıqlar ola bilər ki, qarışan neft komponentlərinin təmas zonasında çökən hissəciklər (çöküntülər) müəyyən həcmdə fəza strukturu yaratmaqla həmin zonanın özlülüyünün kəskin artması hesabına tam bərkiməsinə də gətirib çıxara bilər.

Məlumdur ki, neftlərin tərkibində müxtəlif miqdarda olan qatran-asfalten kimi mürəkkəb tərkibli yüksək molekululu birləşmələr nefti tünd, hətta qara rəngə boyayır və sabit olmadıqları üçün müxtəlif kimyəvi dəyişikliklərə, xüsusən oksidləşməyə uğradır. Element tərkibinə gəlincə qatran-asfaltenlər C, H, S, N, O və metal birləşmələrinin (porfirinlərin) olması ilə müşahidə olunur. Qatran-asfaltenlərin neftin tərkibində olması arzu olunmazdır, beləki neftçixarmada və neftin nəqlində boruda çöküntünün əmələ gəlməsinə, hətta tıxacların və qəzaların yaranmasına səbəb olur. Akademik A. X. Mirzəcanzadə ilk dəfə olaraq 1976-cı ildə 504046 №-li patent işində neftlərin və neft məhsullarının reologiyasını, onların tərkibində olan parafin, qatran və asfaltenlərin mikro quruluşuna fiziki və kimyəvi üsullarla təsir etməklə yaxşılaşdırılmasının mümkünlüyünü göstərmişdir. Bu cür elmi araşdırmalara əsasən, müasir dövrdə ABŞ-ın alimlərinin apardığı elmi işlərdə US Patent 7029570 B2, 2006, neftdə olan qatran-asfalten maddələrin metallarla xüsusən Vanadium və Nikellə bağlı fikirləri böyük marağa səbəb olmuş və laborator sınaqlarında özünü doğrultmuşdur.

Mədənlərdə istehsal olunan neftlərin özlülüyünün qatran, asfalten və parafinlə yanaşı, metalların (V, Ni, Fe və s.) olması ilə də bağlılığı müəyyən edilmişdir. Odur ki, son vaxtlar dünya bazarında neftlərin tərkibində olan metallara ciddi nəzarət olunur. Metallara nəzarət müvafiq ASTM D, EN, İSO, QOST, BP və digər standartlar çərçivəsində tənzimlənir. Neftdə metallar əsasən qatran-asfalten maddələrinin tərkibində porfirin kompleksi şəkilində olur. Neftlərdə qatran-asfaltenlərin miqdarı artdıqca, onların tərkibindəki metalların miqdarı və özlülükləri artmış olur.

Bütün bunlara əsaslanaraq təəffümləndikdən, Azərbaycanda istehsal olunan BN, QN və MN neftlərinin tərkibindəki metallar müasir ASTM D 5708 İnduktiv Plazma üsülü ilə təyin edilmişdir. Tədqiqatı aparılan BN, QN və MN neftlərində uyğun olaraq V-0.87; 0.92; 1.57 mq/kq; Ni-1.78; 1.96; 3.51 mq/kq və Fe-4.43; 4.82; 8.16 mq/kq olmuşdur (cədvəl 1).

Tədqiqatlarımızın nəticələri və aparılmış elmi təhlillər neftlərin tərkibindəki metalların (V, Ni, Fe və s.), mövcudluğu və oksidləşməsinin neft qarışıqlarında anomal xüsusiyyətlərin yaranması səbəblərindən biri olduğunu söyləməyə əsas verir. Bu zaman həmin metalların təbii emulqator rolunu oynaya bilməsi də mümkündür.

Neftdə su, mexaniki qarışıqlar və suda həll olmuş halda bir sıra duzlar olur. Neftin, suyu, mexaniki qarışıqları özündə həll etməsinə təsir edən amillərdən ən başlıcası onun kimyəvi tərkibidir. Belə ki, aromatik və doymamış karbohidrogenlər, naften və parafin karbohidrogenlərdən fərqli olaraq suda nisbətən yaxşı həll olur. Neftin tərkibində olan bərk parafin, suda pis həll olur, qatran və asfaltenlər isə tərkibində olan hetroatomlu birləşmələrin hesabına su ilə davamlı birləşmələr əmələ gətirir. Əmələ gəlmiş birləşmələr neftçixarmada və neftin nəqlində anomal proseslərin yaranmasına səbəb olur.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq tərəfimizdən tədqiq olunan neft qarışıqlarında olan ballastların - su, mexaniki qarışıqlar və qatran-asfalten-parafin birləşmələrinin çökməsi prosesləri də tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə (QN+BN) və (SN+BN) neft qarışıqları üçün uyğun olaraq daha çox xarakterik olan 42:58 və 55:45 % nisbətləri tədqiq edilmişdir. Qeyd olunan qarışıqlar üçün keyfiyyət göstəricilərində anomal dəyişikliklər müşahidə olunduğu üçün məhz həmin qarışıqlar tədqiqat obyektini kimi seçilmişdir. Həmin qarışıqlar 30 gün müddətində saxlanılaraq tədqiq edilmiş və hər 5 gündən bir qarışıqdan çökən çöküntülərin (mexaniki qarışıq, qatran, asfalten və parafinlər, su və onda olan duzların) miqdarı təyin edilmişdir. Tədqiqatlar həmin müddətdə standart şəraitdə ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$) aparılmışdır. Daha sonra temperatur $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ə qədər artırılaraq hər $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dən bir olmaqla çöküntülərin miqdarı təyin edilmişdir. Çöküntülərin temperaturdan asılı olaraq təyini dəyişməz zaman fərqi ilə (hər 3 saatdan bir) həyata keçirilmişdir. Tədqiqatlardan alınan nəticələr (QN+BN) və (BN+SN) qarışıqları üçün uyğun olaraq cədvəl 2 və 3-də göstərilmişdir. Cədvəllərdən görüldüyü kimi, çöküntülərin miqdarına vaxtla yanaşı temperatur amilinin də təsiri əhəmiyyətli dərəcədə çoxdur. Belə ki, 30 gün ərzində çöküntülərin miqdarı monoton artaraq, demək olar ki, stabilləşməsinə baxmayaraq temperaturun sonradan artması ilə əhəmiyyətli dərəcədə intensiv çoxalmağa başlamışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, qarışıqda olan çöküntülərin adı şəraitdə saxlanılaraq öz-özünə tam ayrılması mümkün deyil. Neftlərin tərkibində qalan qatran və asfaltenlər dayanıqlı emulsiyaların yaranmasında da əsas rol oynayır. Təhlil göstərir ki, QN+BN qarışığında (cədvəl 2) 30 gün ərzində əmələ gələn 2, 94% çöküntünün tərkibində mexaniki qarışıqların miqdarı 1,86; qatran-asfalten-parafinin miqdarı isə 1,08% təşkil etmişdir. Temperatur amili ilə təsirdən sonra ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ə qədər qızdırdıqda) ayrılan çöküntülərin miqdarı artaraq 4,97% olmuşdur ki, bunun da əsas hissəsini - 4,38 %-ni mexaniki qarışıqlar təşkil etmişdir. BN+SN qarışığı üçün isə 30 gündən sonra ümumi çöküntülərin ümumi miqdarı 2,86% (1,84%-i mexaniki qarışıqlar, 1,04 %-i qatran-asfalten-parafin), temperatur amilinin təsirindən sonra isə həmin miqdarlar uyğun olaraq 4,82; 4,24 və 0,53 % təşkil edilmişdir (cədvəl 3). Çöküntünün yaranması mexaniki qarışıqların və qatran-asfalten-parafinlərin kobud dispers sistemlər əmələ gətirməsi ilə baş verir.

Cədvəl 2

QN-və BN neftlərinin 42:58 % nisbətində qarışığında vaxt və temperaturdan asılı olaraq çöküntülərin ballastların miqdarının təyini üzrə nəticələr

| Göstəricilər | T=20 °C | | | | | | | Temperatur, °C | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vaxt, gün | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
| Çöküntünün miqdarı, % (kütlə) | 1,24 | 1,89 | 2,35 | 2,51 | 2,79 | 2,86 | 2,94 | 3,09 | 3,56 | 3,88 | 4,19 | 4,51 | 4,62 | 4,75 | 4,86 | 4,97 |
| Suyun miqdarı, % (kütlə) | 16,7 | 18,9 | 19,6 | 20,8 | 21,7 | 22,4 | 23,1 | 25,8 | 27,2 | 29,4 | 30,7 | 32,1 | 33,7 | 34,6 | 35,4 | 36,8 |
| Duzların miqdarı, mq/l | 197,8 | 209,6 | 226,3 | 240,2 | 260,4 | 290,8 | 310,7 | 320,2 | 341,7 | 366,8 | 385,4 | 400,9 | 416,1 | 427,5 | 432,9 | 443,6 |

Cədvəl 3

BN və SN neftlərinin 55:45 % nisbətində qarışığında vaxt və temperaturdan asılı olaraq çöküntülərin ballastların miqdarının təyini üzrə nəticələr

| Göstəricilər | T=20 °C | | | | | | | Temperatur, °C | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vaxt, gün | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
| Çöküntünün miqdarı, % (kütlə) | 1,08 | 1,47 | 1,81 | 2,09 | 2,48 | 2,72 | 2,86 | 2,98 | 3,23 | 3,46 | 3,85 | 4,21 | 4,43 | 4,65 | 4,78 | 4,82 |
| Suyun miqdarı, % (kütlə) | 14,3 | 15,8 | 17,1 | 18,3 | 19,3 | 20,7 | 21,3 | 22,9 | 24,8 | 25,7 | 26,9 | 27,2 | 28,9 | 29,2 | 30,1 | 31,4 |
| Duzların miqdarı, mq/l | 197,8 | 209,6 | 226,3 | 240,2 | 260,4 | 290,8 | 310,7 | 320,2 | 341,7 | 366,8 | 385,4 | 400,9 | 416,1 | 427,5 | 432,9 | 443,6 |

Qeyd: Çöküntülərin temperaturdan asılı dəyişməsi hər 3 saatdan bir müəyyən edilmişdir.

Qatran, asfalten və parafinin kütləsinin bu cür dəyişməsi onların quruluşundan asılı olaraq baş verir. Bunun əsası qatran, asfalten və parafinin quruluş dəyişkənliyi ilə tərkibində olan molekulların arasındakı mikro məsamələrin prosesdən əvvəl başqa quruluşda olması ilə əlaqədardır.

Bu məsamələrin ölçülərindən asılı olaraq, absorbsiya olmuş maddələr (neft, duz, cod su və s.) qatran, asfalten və parafinin kütləsinə dəyişmiş olur. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, neftlərin tərkibinin və temperaturun istənilən dəyişməsindən sonra asfalten kolloidlərinin tarazlıq halına keçməsi prosesi bir neçə gün çəkə də bilər.

Beləliklə, Azərbaycan neftlərinin təmsalında müxtəlif qarışıqlarının keyfiyyət göstəricilərinin neftlərin ilkin xassələri və necə qarışmasından asılı olduğu göstərilmişdir. Bir sıra hallarda neftlərin qarışması zamanı keyfiyyət göstəricilərinin anomal olaraq dəyişməsi, bəzi qarışıqların isə spesifik problemlər yaratması və ümumiyyətlə “arzuolunmaz” olması aşkar edilmişdir. Bu cür qarışıqlara additivlik qaydasının tətbiq olunmasının yolverilməzliyi nəzərə alınmalı və rəşional qarışıqların alınması məqsədilə ilkin laboratoriya sınaqlarının aparılması zəruri hesab olunmalıdır. Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, neft qarışıqlarının reofiziki xüsusiyyətlərinə onların kimyəvi tərkibi əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Tərkibin müxtəlifliyindən asılı olaraq neftlərin qarışması zamanı mexaniki qarışıqlar, qatran-asfalten-parafinlər və suyun çökməsi baş verir. Hətta bu zaman qeyd olunan yüksək molekullu kimyəvi birləşmələr asfalten və qatranların qarışıqlarda kütlə faizinin artımı da müşahidə olunur. AQP miqdarının dəyişməsi onların quruluşundan asılı olaraq baş verir. Bunun əsas səbəbi AQP-nin quruluş dəyişkənliyi ilə tərkibində olan molekulların arasındakı mikroməsamələrin prosesdən əvvəl başqa quruluşda olması ilə əlaqədardır. Bu məsamələrin ölçülərindən asılı olaraq, absorbsiya olmuş maddələr (neft, duz, cod su və s.) qatran, asfalten və parafinin miqdarını dəyişmiş olur. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, neftlərin tərkibinin və temperaturu istənilən dəyişməsindən sonra asfalten kolloidlərinin tarazlıq halına keçməsi bir neçə gün davam edə bilər.

REFERENCES

1. **Holmes J.W., Bullin J.A.** Fuel oil Compatibility Probed // hydrocarbon Processing, 1983,62(9) : pp. 101-103
2. **Mushrush G., Speight J.G.** Petroleum Products: Instabiliti and Incompatibiliti (Appleid Energy Texnology Series) Taylor and Francis, Bristol, PA 1995,390 p
3. **Evdokimov I.N.** Bifurcated correlations of the properties of crude oils with their asphaltting content. // Fuel, 2005, 84 (1), pp. 13-28
4. **Evdokimov I.N., Eliseev N.Yu., Eliseev D.Yu.** Thermophysical properties and phase-behavior of asphaltene-containing petroleum fluids. // Fluid Phase Equilibria, 2003, 212 (1-2), pp. 269-278
5. **Evdokimov I.N.** T–C Phase Diagram of Asphaltenes in Solutions. // Petroleum Science and Technology, 2007, 25 (1-2), pp.5-17
6. **Dickau R.,vPardo C.** Centrifugal Pumps in Heated Bitumen Pipeline Service //Proceedings of the 21 st International Pump Users Symposium, Baltimore. USA, 2004, pp.10-17.
7. **İsmayılov Q.Q., Nurməmmədova R.Q., Zeynalov R.L.** Neft qarışıqlarının yığılması və nəqlə hazırlanması zamanı sinerqizm və antaqonizm meyilləri haqqında // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2014, № 4, pp. 31-35 (in Azerbaijan)
8. **İsmayılov Q.Q., Nurməmmədova R.Q., Nurullayev V.X., Zeynalov R.L.** Neftlərin qarışması ilə bağlı yaranan spesifik problemlər haqqında // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2015, №10, pp. 30-36 (in Azerbaijan)
9. **Nurullayev V.X., Aliev S.T.** The influence of cavitation on asphalt-tar-paraffin residuals in pipelines // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2013, № 4. pp. 66-72
10. **Nurullayev V.X., Kharamanov F.S., Aliev S.T.** The analysis of cavitational technologies and studying of physical and chemical properties of transported oil in the course of cavitation // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2015, № 2. pp. 96-104
11. **Nurullayev V.X., Seyfiyev F.Q.** Analysis of mixing oil products and effective economic ways to improve fuel resources // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2016, №1, pp.78-84

О РЕО-НАНО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ НЕФТЯНЫХ СМЕСЕЙ

Г.Г. ИСМАЙЛОВ, В.Х. НУРУЛЛАЕВ, М.Б. АДЫГЕЗАЛОВА

В статье приведены результаты исследований качественных и реохимических показателей смесей разноразных нефтей и нефтепродуктов. Показана необходимость учета взаимодействия смешиваемых нефтей и реонанохимических особенностей нефтяных смесей. Указана необходимость предварительного исследования и анализа в лабораторных условиях для предотвращения осложнений, связанных со смешением нефтей.

Ключевые слова: показатели качества, смешение нефтей, вязкость, температура застывания, правила аддитивности, химический состав, осадки, смоло-парафино-асфальтеновые отложения.

ABOUT RHEO-NANO-CHEMICAL SPECIFICS OF THE OIL MIXTURES

Q.Q. ISMAYILOV, V.H. NURULLAYEV, M.B. ADIGOZALOVA

The article examines the rheological and qualitative parameters of the different grades of the oil mixtures and the oil products. It shows the necessity to take into account the interaction in the oil mixtures and their rheological and chemical properties. The article states an importance to conduct the preliminary research and analysis in the laboratory to prevent complications associated with mixing oils.

Key words: quality indicators, oil mixing, viscosity, solidification point, additive rules, chemical composition, sediments, paraffin, resin asphalt deposits.

УДК 623.4.052.5

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Я.Т. ДЖАМАЛОВ*, К.А. АСКЕРОВ*

В рамках развития системы управления вооружением армии, в интересах Министерства Обороны Азербайджанской Республики, разработаны и организованы производства различных сложных оптико-электронных приборов. Впервые созданы производства различных видов оптических деталей и сеток. Разработаны специальные методики, позволяющие измерять оптические параметры изделий до и после проведения механико-климатических испытаний. Все виды разработанных оптических приборов одобрены в вооружении и удовлетворяют требованиям, предъявляемым заказчиками для военных изделий с учетом эксплуатационных условий. Установлено, что производимые приборы не уступают по оптическим параметрам существующим современным аналогам зарубежных образцов.

Ключевые слова: коллиматорные прицелы, изделия специального назначения, диоптрия, тепловизионные приборы, коллиматор холодной пристрелки.

Известно, что укрепление оборонной мощи страны в первую очередь зависит от правильной научной организации системы управления вооружением армии. В Министерстве Оборонной Промышленности (МОП) Азербайджанской Республики одним из важных направлений является разработка и усовершенствование оптико-электронных приборов специального назначения.

В связи с этим обширно проводятся теоретические и фундаментальные исследовательские работы по разработке электронно-оптических приборов и систем для специального назначения [1-3].

В 2006 году впервые при МОП было создано Оптико-Механическое производственное объединение, и приборостроение стало успешно развиваться. Были выбраны самые лучшие специалисты в области физики, и начались работы по разработке и производству специальной продукции оборонного назначения.

Основной задачей было обеспечение нужд силовых структур республики оптическими прицелами, приборами ночного видения, тепловизионными и оптическими системами, применяемыми в вооружении.

Оптико-электронное приборостроение является в высшей степени наукоёмкой и сложной отраслью промышленности, требующей обширных и глубоких знаний в различных разделах физики: электронике, оптике, физике твердого тела, а также в области прецизион-

* Министерство Оборонной промышленности Азербайджана

ной механической обработки металлов и стекла. Вовсе не случайно, что отрасль оптического приборостроения – в ограниченном производстве, в промышленно развитых странах мира. В связи с этим следует особо отметить, что впервые в Азербайджане организовано производство целой гаммы сложных оптико-электронных приборов в интересах Министерства Обороны Азербайджана.

Высокий уровень оптико-электронного приборостроения во многом определяет степень обороноспособности страны и минимизирует возможные потери в живой силе и технике в условиях реальных боевых действий. Подтверждением этому является то, что много сил вкладывалось в создание и развитие оптического производства, научно-производственных лабораторий и испытательной базы для разработки и производства конкурентоспособных оптико-электронных приборов специального назначения, что дало нам большие производственные возможности быстро и качественно в необходимых количествах изготавливать **оптические детали из стекла:**

- линзы со сферическими и плоскими поверхностями, до 50 мм диаметра, точность изготовления поверхностей контролировалась современным интерферометром;
- склеенные оптические детали, склейка производилась с использованием технологии ультразвукового отверждения, что обеспечивало изготовление узлов высокой точности, стойких к воздействию механических и климатических факторов;
- призмы изготавливались прямоугольные, ромбические, кубические, склеенные;
- различные сетки и шкалы, способы изготовления – гравирование с помощью пантографа или фотолитографический с размерами элементов от 8 мкм;
- покрытия наносились вакуумным или химическим способом для видимой и ближней ИК-области спектра следующих видов: просветляющие, зеркальные, защитные прозрачные и интерференционные фильтрующие. Параметры покрытия контролировались эталонами с помощью современного спектрофотометра.

К параметрам оптических деталей, которые обычно контролируются в процессе изготовления деталей, а также проверяются в лабораториях и ОТК, относятся: габаритные размеры (толщина, диаметр, длина, ширина и т.п.), радиусы кривизны, фокусные расстояния и фокусные отрезки, углы призм, клиньев и фасок, форма и чистота поверхностей, центрирование, непараллельность образующих цилиндрических линз [2, 4].

При этом основные требования к системе менеджмента (качество организаций, осуществляющих исследования, разработку, производство, поставку, обеспечение эксплуатации, ремонт и утилизацию военной продукции, направленные на обеспечение соответствия военной продукции требованиям тактико-технического задания заказчика и условиям контракта на всех стадиях жизненного цикла военной продукции) устанавливаются стандартами [3-7].

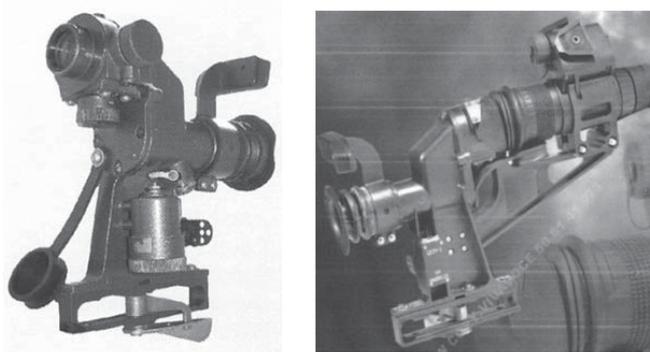
Также мы находимся в тесном сотрудничестве с ведущими предприятиями таких стран, как Россия, Турция, Беларусь, Румыния, Германия, Израиль и Иран в области обмена опытом научно-исследовательских работ и по разработке оптических прицелов, приборов ночного видения и тепловизионных приборов. За короткое время многие разработки приняты к вооружению, было организовано серийное производство нижеперечисленных **изделий:**

- три вида коллиматорных прицелов марки KN-A, KN-AW и RS-M с красной точкой, разработанной для наведения на цель автоматического стрелкового оружия при стрельбе в любых условиях освещенности: в дневное время, в сумерках, ночью при использовании совместно с приборами ночного видения (очками ночного видения или монокулярами ночного видения типа А-100) [1]. Прицелы разработаны в различных вариантах исполнения для направляющих типа «ласточкин хвост», прикрепленный на боковой части ствольной коробки оружия или имеющий посадочное место: направляющая планка типа “Picatinny rail MIL-STD 1913”. Коллиматорные прицелы устанавливаются на автоматы АК всех модификаций, автоматы G3, G36, пулеметы FN, винтовки М-16 всех модификаций и на другие автоматические стрелковые оружия с двумя типами прицельной марки. Во время разработки коллиматорных прицелов мы тесно сотрудничали с шведской фирмой “Aimpoint AB”, белорусской фирмой “БЕЛМО”, Новосибирской (российской) ОМЗ и другими фирмами, являющимися одними из ведущих компаний на мировом рынке в сфере разработки коллиматорных прицелов [8,9].



Принцип действия разработанных нами коллиматорных прицелов основан на отражении светового луча от поверхности раздела двух линз объектива. Обе линзы плотно совмещены и наклонены под небольшим углом к продольной оси коллиматорного прицела. Источник света, испускающий луч с длиной волны 650нм, безопасной для глаза, вмонтирован на внутренней поверхности корпуса ближе к окуляру. Лучи света, отраженные от поверхности раздела объективных линз, параллельны и полностью исключают явление параллакса. Наклон линз хорошо виден с наружной стороны объектива. Наружный корпус и трубка с линзами изготавливаются из алюминия и защищаются прочными покрытиями. Линзы имеют многослойное покрытие, увеличивающее пропускание света. Оптическая схема не предусматривает увеличение изображения, стреляют из оружия с коллиматорными прицелами на дистанции до 100 м, предусмотрена регулировка положения красной точки на мишени в вертикальном и горизонтальном положении двумя отдельными барабанчиками. Наши разработки являются герметичными и не уступают некоторым оптическим параметрам существующих мировых аналогов образцов таких стран, как Россия, Беларусь, Швеция, Израиль, Германия и т.д. [8,9].

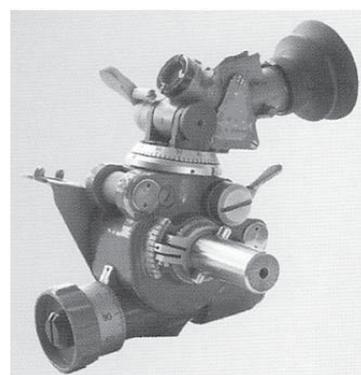
- прицел QON-1 телескопический для гранатометов ПГО-7ВЗ предназначен для наведения на цель ручных противотанковых гранатометов, ведения прицельной



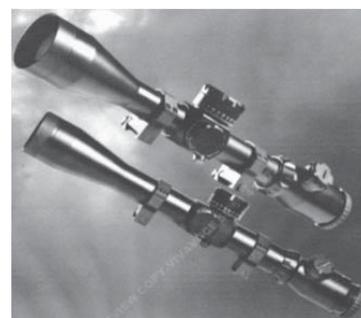
стрельбы с использованием 5 разных боеприпасов и наблюдения за полем боя. Разработанная новая сетка прицела позволяет измерять расстояние до стандартной цели, учитывать баллистики различных боеприпасов, а также вносить боковые поправки в положение линии прицеливания. Герметический корпус заполнен сухим азотным газом для предотвращения запотевания оптических линз при резком изменении температуры. С помощью специально разработанного приспособления к прицелу установлен прибор ночного видения монокуляр А-100, который позволяет использовать прицел в ночное время суток.



- разработан и усовершенствован орудийный коллиматор К-1, предназначенный для горизонтальной наводки орудия при отсутствии естественных удаленных точек наводки и в условиях ограниченной видимости: ночью, в тумане, при задымлении огневой позиции, при расположении орудия в закрытых позициях, совместим с оптическим прицелом миномета МПМ-44М. Нами разработана новая практическая система освещения шкалы для темного времени суток, а также треноги К-1 МУ для удобства установки.



- минометный оптический прицел МПМ-44М предназначен для наведения миномета при стрельбе с закрытых позиций. Прицел снабжен угломерным механизмом и механизмом углов возвышения со шкалами грубого и точного отсчета. Имеется два уровня для горизонтирования прицела и один для вертикальной наводки ствола миномета. Для работы в темное время суток нами были разработаны новые варианты системы освещения прицельной сетки и шкал механизмов наведения. При отсутствии естественных удаленных точек наводки прицел может использоваться в комплексе с орудийным коллиматором К-1. Прицельная сетка содержит специальную шкалу для работы с коллиматором.



В настоящее время на МОП (Оптико-механическом производственном объединении) разработаны два вида современных телескопических снайперских прицелов с переменным увеличением, марки СТОН (4-14)х50 и СТОН (6-24)х50. Прицелы с переменной кратностью потенциально темнее, поэтому для их производства требуются более качественные линзы, но такие прицелы и более универсальны, поскольку позволяют изменять поле зрения, угол которого обратно пропорционален кратности: чем больше кратность, тем меньше поле зрения. Эти прицелы были модернизированы для снайперских винтовок, созданных разработчиками предприятий МОП маркой “Истиглал”, “Курза” и др. Разработчики сконструировали системы крепления прицелов на снайперские винтовки с сильной отдачей, причем прицел должен был легко сниматься с винтовки и легко ставиться на нее без снижения меткости боя. Прицелы удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним по надёжности и стойкости механико-климатическим испытанием. Оптические пара-

метры не уступают существующим современным аналогам зарубежных образцов [10,11].

- оптический коллиматор холодной пристрелки типа САК разработан для выверки устанавливаемых на оружии оптических и оптико-электронных прицелов, выверки штатных механических прицельных приспособлений, а также для контроля выверки прицелов на оружии после маршей, длительного хранения без проверки боя стрельбой. Использование оптических коллиматоров холодной пристрелки позволяет существенно экономить боеприпасы. Нами разработан новый видоизмененный вариант корпуса и ствольные вкладыши, которые повысили точность и удобство применения коллиматора по сравнению с существующими аналогами.

- разработаны призматические бинокли с компасом 7x42 и 10x40 предназначенные для широкого спектра применения, в том числе для решения различных боевых задач. Бинокль является надежным и удобным средством наблюдения удаленных объектов с возможностью определения их ориентира, примерных угловых размеров, магнитных полей и проведения тактических операций с целью управления стрельбой. Удобный обрешиненный корпус позволяет надежно удерживать бинокль в руках и предохраняет от ударов. Разработан с учетом специальных требований к герметичности, что позволяет эксплуатировать данный бинокль в условиях повышенной влажности. Просветленная оптика обеспечивают возможность длительного и удобного наблюдения за объектами.

- прибор ночного видения монокуляр А-100 предназначен для использования в правоохранительных органах, спецподразделениях армии и других силовых структурах для визуального наблюдения и прицеливания совместно с дневными и коллиматорными прицелами в условиях ночного времени [1]. Изготовлены приборы ночного видения из пластического материала (полиамида) с улучшенными параметрами и удобными для практического применения. В изделиях применялись электронно-оптические преобразователи 2⁺ или 3 поколения производства фирмы "FOTONIS".

Для каждого изделия созданы *специальные измерительные стенды*, позволяющие измерять и контролировать оптические параметры до и после проведения механико-климатических испытаний:

- фокусное расстояние объектива, мм;
- видимое увеличение, крат;
- угловое поле зрения, угл. град;
- диапазон диоптрийной настройки, дптр;
- диаметр входного зрачка, мм;



- удаление входного зрачка, мм;
- шаг выверки, угл.с (МОА);
- число градаций яркости прицельной марки и сетки;
- видимый размер прицельной марки, угл.мин;
- диапазон выверки в горизонтальном и вертикальном направлениях, угл.град;
- контроль параметров электронно-оптических преобразователей (ЭОП) поколения 2⁺ или 3;
- цена деления уровня, мин;
- габаритные размеры, мм;
- масса, кг.

Надежность изделий удовлетворяет требованиям, предъявляемым заказчиками с учетом эксплуатации их в совокупности с оружием.

Созданы лаборатории не только определения параметров приборов ночного и дневного видения, а также лаборатория климатических и механических испытаний, которые имеют большое значение для дальнейшего успешного развития научно-технического направления Министерства Оборонной промышленности Азербайджанской Республики, что, в свою очередь, определяет новую стратегию оборонной промышленности для содействия дальнейшему ускоренному развитию экономики.

REFERENCES

1. **Jamalov J.T., Askerov K.A.** Usovershenstvovanie proizvodstvennogo processa priborov nochnogo videniya. // Vestnik Azerbaydzhanskoj inzhenernoj akademii, 2016, Tom 8, №1, s.63-73.
Джамалов Я.Т., Аскеров К.А. Усовершенствование производственного процесса приборов ночного видения. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2016, Том 8, №1, с.63-73.
2. **Jamalov J.T., Askerov K.A.** Sovershenstvovanie raboty metrologicheskikh i kalibrovocnyh laboratoriy. // Vestnik Azerbaydzhanskoj inzhenernoj akademii, 2016, Tom 8, №4, s.7-16.
Джамалов Я.Т., Аскеров К.А. Совершенствование работы метрологических и калибровочных лабораторий. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2016, Том 8, №4, с.7-16.
3. **Jamalov J.T., Askerov K.A.** Upravlenie koncepciey razvitiya vooruzheniya. // Vestnik Azerbaydzhanskoj inzhenernoj akademii, 2017, Tom 9, №2, s.7-16.
Джамалов Я.Т., Аскеров К.А. Управление концепцией развития вооружения. // Вестник Азербайджанской инженерной академии, 2017, Том 9, №2, с.7-16.
4. Spravochnik tehnologa-optika. Pod red. M.A. Okatova, 2004, 679 s.
Справочник технолога-оптика. Под ред. М.А. Окатова, 2004, 679 с.
5. GOST V 15.105-79. Sistema razrabotki i postanovki na proizvodstvo voennoj tehniki "Poryadok vypolneniya nauchno-issledovatel'skikh rabot".
ГОСТ В 15.105-79. Система разработки и постановки на производство военной техники "Порядок выполнения научно-исследовательских работ".
6. GOST R ISO 9001-2008. Sistema menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. 11-15, 2008.
ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Система менеджмента качества. Требования. 11-15, 2008.
7. GOST RV 0015-002-2012. Sistema razrabotki i postanovki na proizvodstvo voennoj tehniki "Sistema menedzhmenta kachestva".
ГОСТ РВ 0015-002-2012. Система разработки и постановки на производство военной техники "Система менеджмента качества".

8. Aimpoint. Prospekt firmy Aimpoint Inc., SShA, 2008.
Aimpoint. Проспект фирмы Aimpoint Inc., США, 2008.
9. **Volkov V.G.** Kollimatorye pricely dlya individualnogo oruzhiya. // Zhurnal «Spectehnika i svyaz», 2012, №2.
Волков В.Г. Коллиматорные прицелы для индивидуального оружия. // Журнал «Спецтехника и связь», 2012, №2.
10. **Valner V., Martino K.** Pricely. // Zhurnal «Magnum», 2000, t.15, №3,s.55.
Вальнер В., Мартино К. Прицелы. // Журнал «Магнум», 2000, т.15, №3,с.55.
11. **Potarov A.** Armeyskie opticheskie pricely. Iskusstvo snaypera. // “Fair-Press”, 2005, ISBN5-8183-0360-8.
Потапов А. Армейские оптические прицелы. Искусство снайпера. // “Файр-Пресс”, 2005, ISBN5-8183-0360-8.

OPTİK-ELEKTRON CİHAZLARIN İNKİŞAFI KONSEPSİYASI

Y.T. CAMALOV, K.Ə. ƏSGƏROV

Məqalədə silahlanmanın idarə edilməsi sisteminin inkişafı daxilində Azərbaycan Respublikası Müdafiə nazirliyinin tələbatını təmin etmək üçün bir çox mürəkkəb quruluşa malik optik-elektron cihazların yaradılması və istehsalının təşkili məsələlərinə baxılmışdır. İlk olaraq müxtəlif növ optik hissələrin və torların istehsalı sahəsi yaradılmışdır. Mexaniki və iqlim sınaqlarından əvvəl və sonra optik cihazların parametrlərinin ölçülməsi üçün xüsusi ölçü metodları və qurğuları işlənib hazırlanmışdır. Bütün yaradılmış optik cihazlar sifarişçinin hərbi cihazlara və onların istismar şərtlərinə qoyulmuş tələblərə cavab verdiyi üçün silahlanmaya qəbul edilmişdir. Göstərilmişdir ki, istehsal olunmuş cihazlar optik parametrlərinə görə xarici ölkə analoqlarından geri qalmırlar.

Açar sözlər: kolimator nişangahı, xüsusi təyinatlı məmulat, dioptriya, teplavizion cihazlar, soyuq atəş kolimatoru.

CONCEPTS OF DEVELOPMENT OF OPTIC-ELECTRONIC DEVICES

Y.T. JAMALOV, K.A. ASGAROV

As part of the development of the army weaponry control systems, the production of a whole range of sophisticated optic-electronic devices with the interests of the Ministry of Defense of the Republic of Azerbaijan were developed and organized. For the first time, the production of various kinds of optical parts and grids was created. Special methods and measuring test units are developed to quantify the optical parameters of products before and after the mechanical and climatic tests. All kinds of the developed optical instruments were adopted for the armament and met the military product requirements set by the customers with respect to the operational conditions. It is established that the manufactured devices are not inferior to the modern analogues of the foreign production with respect to the optical parameters.

Key words: collimator sights, special purpose devices, diopters, thermal imaging devices, cold shootout collimator.

УДК. 621.315.592

ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ ХОЛЛА НА ОСНОВЕ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$

С.З. ДАМИРОВА*, С.А. ЗЕЙНАЛОВ*, Б.А. ТАИРОВ*

В работе проанализирована возможность создания датчика Холла на основе твердых растворов $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$. Показано, что датчики, созданные на основе $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$, обладают большой чувствительностью и оптимальными значениями коэффициента передачи по напряжению, в сравнении с другими датчиками. Это дает возможность изготовления датчиков Холла на основе $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$ для градуировки магнитного поля в разных технических устройствах.

Ключевые слова: коэффициент Холла, электропроводность, подвижность, вольтовая чувствительность, $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$.

Введение. Гальваномагнитные эффекты привлекают внимание в связи с тем, что на их основе возможно создание ряда устройств и приборов, обладающих ценными свойствами. Решение прикладных проблем выдвигает необходимость изучения свойств полупроводниковых материалов с большой подвижностью носителей заряда.

Постановка задачи. Одним из направлений применения датчиков, работающих на эффекте Холла, является создание датчиков э.д.с. Холла, на основе которых работают устройства для операции умножения двух электрических величин, устройства для считывания магнитных записей, измерения электрического тока и др.

В отличие от механических и оптических датчиков, датчики Холла обладают важным преимуществом – они практически нечувствительны к механическим воздействиям и изменению параметров окружающей среды, при этом обеспечивают минимизацию стоимости готового решения. Линейные датчики Холла характеризуются двумя параметрами – чувствительностью и линейностью в заданном диапазоне рабочих температур [1,2].

Так, операция умножения двух электрических величин, устройства для считывания магнитных записей, измерения электрического тока и др.

Метод испытания. С точки зрения технического использования гальваномагнитных явлений, полупроводниковые вещества должны удовлетворять некоторым качественным требованиям и обладать достаточными для практических целей физическими характеристиками [2].

Основные требования к полупроводникам при использовании эффекта Холла [3]:

* Институт Физики НАН Азербайджана

1. Сохранение линейного характера зависимости э.д.с. Холла от индукции магнитного поля;
2. Слабая зависимость коэффициента Холла и сопротивления полупроводника от индукции магнитного поля и температуры;
3. Простота изготовления и достаточная механическая прочность образцов.

Датчики Холла характеризуются, в основном, коэффициентом передачи по напряжению, который выражается формулой [1]:

$$\eta = \frac{V_{\text{вх}}}{V_{\text{вх}}}$$

Известно, что коэффициент Холла R определяется выражением $R = \frac{A}{en}$ (n - концентрация носителей заряда, A - Холл-фактор носителей). При сильном вырождении $A=1$. Тогда, принимая ряд допущений, получим

$$\eta = 0.25 \mu^2 B^2 \cdot 10^{-16},$$

где (μ - подвижность электронов, B - индукция магнитного поля, выраженная в Гс).

Коэффициент передачи по мощности $\eta \sim \mu^2$.

Не менее важным является коэффициент чувствительности (вольтовая чувствительность), который определяется отношением:

$$\gamma_{\text{max}} = \frac{E_x}{B},$$

(E_x - напряженность Холловского поля), γ_{max} в развернутом виде зависит от $\sqrt{\frac{\mu_n}{n}}$.

В [1] показано, что $\gamma \sim \sqrt{\frac{\mu_n}{n}}$. Таким образом, материалы с большой подвижностью электронов и минимальной концентрацией, слабо зависящей от температуры, обладают лучшими свойствами для практического применения.

У большинства датчиков Холла коэффициент передачи по мощности с увеличением температуры заметно падает. Это связано с тем, что постоянная Холла и коэффициент передачи по току у этих датчиков в рабочей области температур с увеличением температуры падает, а входное сопротивление, как правило, возрастает.

Согласно вышеизложенному, датчики Холла, изготовленные из германия и кремния, работают в узком рабочем интервале температур и не удовлетворяют ряду требований, предъявляемых датчикам Холла.

Во многих случаях требуются датчики Холла с положительным коэффициентом передачи по напряжению. Применение таких датчиков Холла с положительным температурным коэффициентом, вероятно, в состоянии устранить многие трудности, возникающие в сложных электротехнических и радиотехнических устройствах.

Экспериментальные данные и их обсуждение. Предлагаемый нами легированный теллуrom эквимоларный состав твердого раствора $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Sb}$ обладает в широком температурном интервале положительным температурным коэффициентом передачи по напряжению благодаря сложной зонной структуре зоны проводимости [4].

На рис.1. представлены температурные зависимости коэффициента Холла R и электропроводности σ .

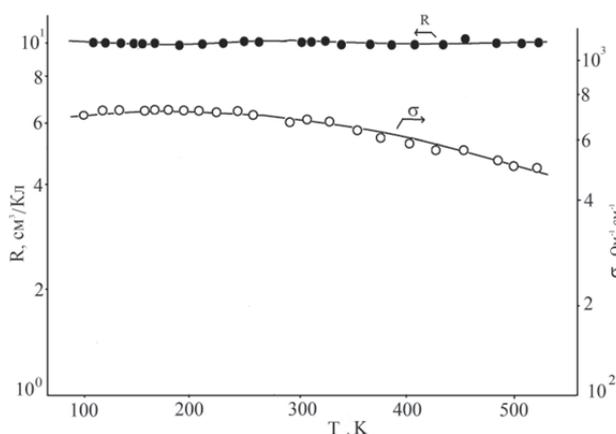


Рис.1. Температурная зависимость коэффициента Холла R и электропроводности σ в $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb <Te>$

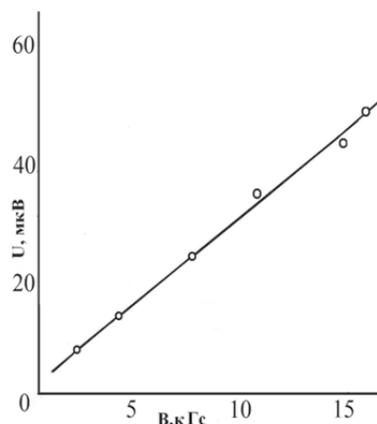


Рис.2. Зависимость э.д.с. Холла от индукции магнитного поля в $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb <Te>$.

Видно, что R и σ в широком интервале температур слабо зависят от T, что удовлетворяет основным требованиям к датчикам Холла. В составе $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb <Te>$ при 300 К концентрация и подвижность носителей заряда равны $6,14 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и $6500 \text{ см}^2/\text{в}\cdot\text{с}$, соответственно. Слабая температурная зависимость коэффициента Холла и электропроводности является основным требованием к датчикам э.д.с. Холла.

Температурные коэффициенты подвижности и коэффициента Холла, соответственно, равны:

$$\frac{1}{\mu} \cdot \frac{d\mu}{dT} \cdot 100\% = 0.05\%T^{-1};$$

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} \cdot 100\% = 0.02\%T^{-1}$$

На рис.2 представлена зависимость э.д.с. Холла от индукции магнитного поля в твердых растворах $In_{1-x}Ga_xSb$. Эта зависимость получена при толщине пластины датчика Холла 200 мкм и рабочем токе $I=100 \text{ Ма}$. Как видно, э.д.с. Холла линейно зависит от B вплоть до 15 кГс, что удовлетворяет вышеуказанным критериям.

В таблице приводятся данные температурного коэффициента передачи по напряжению для датчиков Холла из различных материалов [1].

Из таблицы видно, что у чаще применяемых датчиков Холла температурная зависи-

Таблица.

Коэффициент передачи по напряжению датчика Холла в некоторых образцах

| Тип датчика | Температурный коэффициент передачи по напряжению |
|---------------------------|--|
| Si ДХК-7 | - 1 |
| Ge ДХС-0,5 | -0,6 |
| $InAs_x$ 213 | -0,2 |
| $In_{1-x}Ga_xAs$ (x=0,25) | - 0,1 |
| $In_{1-x}Ga_xSb$ (x=0,5) | +0,3 |

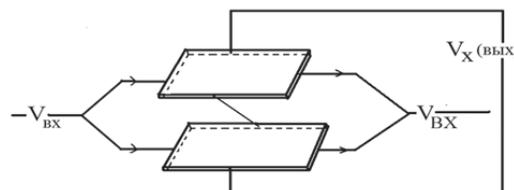


Рис. 3. Схема устройства датчика Холла

мость коэффициента передачи по напряжению отрицательна.

Датчики Холла, изготовленные из $In_{1-x}Ga_xSb$ ($x=0,5$), по термостабильности сравнимы с датчиками из $In_{1-x}Ga_xAs$ ($x=0,25$); обладают достаточной преимущественной чувствительностью, положительным температурным коэффициентом постоянной Холла, вследствие чего коэффициент передачи по напряжению растет с увеличением температуры.

Заключение. Положительное значение коэффициента передачи по напряжению у датчиков Холла из $In_{1-x}Ga_xSb$ ($x=0,5$) позволяет объединить пары датчиков Холла параллельно по токовому каналу и последовательно по каналам выходных сигналов с датчиком из сплава $In_{1-x}Ga_xAs$ ($x=0,25$), что позволяет получить не зависящий от температуры выходной Холловский сигнал (рис.3).

Такое объединение датчиков с положительными и отрицательными коэффициентами передачи по напряжению дает возможность создать датчик с не зависящим от температуры нулевым Холловским сигналом, работающим в интервале температур от 80К до 440К.

Это дает возможность создать на основе датчиков Холла из $In_{1-x}Ga_xSb$ сенсоры для градуировки магнитного поля в различных устройствах.

REFERENCES

1. **Voloshin I., Doroshevich M., Karancheeva N., Kasperovich A., Kuprinov V., Tjushkevich N.** «Poluprovodniki i ih primeneniye v tehnologii». – Minsk, 1963.
Волошин И., Дорошевич М., Каранчева Н., Касперович А., Купринов В., Тюшкевич Н. «Полупроводники и их применение в технологии». – Минск, 1963.
2. **F.C. Morin, Y.P.Marta**, Phys.Rev., 98, 28, 1954.
3. **Askerov B.M.** Kineticheskie effekty v poluprovodnikah. M.: "Nauka", 1970.
Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. М.: "Наука", 1970.
4. **Zeinalov S.A., Aliev F.F., Damirova S.Z., Tairov B.A.** Zakon dispersii i mehanizm rassejaniya nositelej zaryada v $In_{1-x}Ga_xSb$, legirovannyh Zn. - FTP, 2010, t.44, vyp.9.
Зейналов С.А., Алиев Ф.Ф., Дамирова С.З., Таиров Б.А. Закон дисперсии и механизм рассеяния носителей заряда в $In_{1-x}Ga_xSb$, легированных Zn. - ФТП, 2010, т.44, вып.9.

$IN_{1-x}GA_xSB$ ƏSASINDA TERMOSTABİL HOLL SENSORLARI

S.Z. DƏMİROVA, S.Ə. ZEYNALOV, B.A. TAHİROV

İşdə $In_{1-x}Ga_xSb$ bərk məhlulları əsasında yaradılan Hol sensorlarının mümkün olan variantları analiz olunmuşdur. Bunlar əsasında yaradılan sensorlar yüksək həssaslığa görə, digər sensorlarla müqayisədə gərginliyə görə ötürmə əmsalı daha optimaldır. Bu üstünlüyünə görə $In_{1-x}Ga_xSb$ əsasında hazırlanan Hol sensorları imkan verir ki, onlardan maqnit sahələrinin dərəcələnməsində və müxtəlif mexaniki qurğularda istifadə etmək olar.

Açar sözlər: Holl əmsalı, elektrikeçiriciliyi, yürüklük, gərginlik həssaslığı, $In_{1-x}Ga_xSb$.

THERMOSTABLE HALL SENSORS BASED ON $In_{1-x}Ga_xSb$

S.Z. DAMIROVA, S.A. ZEYNALOV, B.A. TAHIROV

The paper analyzes the possibility of creation of the Hall sensor on the basis of solid solutions $In_{1-x}Ga_xSb$. It is demonstrated that sensors created on the basis of $In_{1-x}Ga_xSb$ have the high sensitivity and the optimum values of the voltage transfer ratio in comparison with other sensors. This gives the possibility to manufacture the Hall sensors on the basis of $In_{1-x}Ga_xSb$ for a calibration of the magnetic field in the different technical devices.

Key words: Hall coefficient, conductivity, mobility, voltage sensitivity, $In_{1-x}Ga_xSb$.

УДК 338

ВЛИЯНИЕ ПРЯМЫХ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ НА ЭКОНОМИКУ

О.Н. МАРКОВА*, Р.А. ГУСЕЙНОВ**

В статье представлена характеристика прямых иностранных инвестиций и рассмотрены аспекты инвестиционной политики в экономике Азербайджанской Республики.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционная политика, иностранные инвестиции.

Рациональная экономическая политика в настоящее время – неотъемлемая часть функционирования каждого государства. Экономическая политика - это сложное явление, так как она состоит из немалого количества взаимосвязанных элементов, одним из которых и является инвестиционная политика государства.

Инвестиционная политика – это комплекс мероприятий, проводимых государством и предприятиями в виде установления масштабов, направлений использования и источников получения инвестиций с учетом необходимости обновления основных средств производства и повышения технического уровня производства [2].

В процессе проведения крупномасштабных политических, экономических и социальных преобразований, которые направлены на создание благополучных условий для положительной динамики экономического роста, ключевым составляющим является инвестиционная деятельность. Кроме того, повышение инвестиционной активности является одной из основных проблем в процессе реформирования экономики.

Экономику Азербайджана относят к *рыночного типа*, в котором, как известно, хозяйствующие субъекты сами принимают решения о вложении инвестиций, причем экономические агенты финансируют капиталовложения самостоятельно или за счет заимствования средств на финансовых рынках.

Главной целью правильного и грамотного подхода к инвестициям является рост эффективности производства, который приводит к максимизации прибыли. Рост эффективности производства, в свою очередь, требует определенных технологических изменений в состоянии базовых отраслей, что влечет за собой большие капиталовложения [2].

* ФГБОУ ВО Калининградский государственный технический университет, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

** Национальная академия авиации Азербайджана

В республике Азербайджан, как и во многих других странах СНГ, несмотря на периодическое оживление инвестиционного процесса, начиная с начала 90-х годов XX века, продолжается «инвестиционный голод». В процессе реформирования экономики Азербайджана стало ясно, что собственные средства предприятий и организаций являются главным источником инвестиций. В течение всего периода реформирования кредиты коммерческих банков, бюджетные средства, портфельные инвестиции и средства населения не стали достаточно надежными и стабильными ресурсами для инвестирования. В настоящее время экономика Азербайджана испытывает огромный дефицит внутренних средств, стремительное старение промышленно-производственного потенциала и острую необходимость обеспечения технологического перевооружения промышленных отраслей. Другими словами, национальная экономика Азербайджана испытывает значительные потребности в инвестициях.

Грамотная государственная инвестиционная политика позволит решить все вопросы и проблемы привлечения инвестиций в экономику страны. Правильная инвестиционная политика государства – это комплекс всех хозяйственных подходов и решений, которые определяют объем, структуру и направления использования инвестиций в каждой сфере и отрасли экономики [4].

Основная цель государственной инвестиционной политики - это прежде всего формирование благоприятных условий, которые будут содействовать привлечению и, одновременно, повышению эффективности использования инвестиционных ресурсов в развитии экономики и социальной среды всего государства.

Ориентацией компетентной инвестиционной политики должны быть следующие приоритеты:

- определение необходимых объемов инвестиций для каждого периода времени и по формам собственности;
- определение правильной структуры инвестиций, то есть распределение их по отраслевой, воспроизводственной, технологической, территориальной составляющей.
- выбор приоритетных целей и задач;
- повышение эффективности инвестиций.

В вышеупомянутом определении заключается вся сущность инвестиционной политики и её составляющих. Таким образом, можно дать более широкое определение инвестиционной политики государства как комплекса взаимосвязанных целей и мероприятий по обеспечению необходимого уровня и структуры капиталовложений в экономику страны и отдельные ее сферы и отрасли, по повышению инвестиционной активности всех основных составных элементов воспроизводственной деятельности, таких как население, предпринимателей и государства. Иными словами, инвестиционная политика – это деятельность государства, направленная на поиск источников инвестиций и установление наиболее целесообразных областей их использования [1].

Среди основных целей инвестиционной политики государства следует отметить следующее:

- обеспечение структурного реформирования экономики;

- повышение активности предпринимательства и частных инвестиций;
- организация новых рабочих мест;
- привлечение инвестиционных ресурсов из различных источников, включая иностранные инвестиции;
- повышение заинтересованности в создании негосударственных структур, для накопления финансовых средств населения на инвестиционные цели;
- создание правовых условий и гарантий для развития ипотечного кредитования;
- развитие лизинга в инвестиционной деятельности;
- создание правовых аспектов по обеспечению государственной поддержки малого и среднего предпринимательства;
- усовершенствование и упрощение системы льгот и санкций при осуществлении инвестиционного процесса;
- создание условий для формирования и дальнейшего развития венчурного инвестирования.

Следует отметить, что существуют различия между терминами «государственное регулирование инвестиций» и «инвестиционная политика». Инвестиционная политика может не иметь строгих рычагов регулирования. В то время как государственное регулирование инвестиционной деятельности подразумевает наличие подобных рычагов и включает в себя элементы и инструменты, которые не имеют прямого отношения к инвестиционной политике.

Государственное регулирование инвестиционной активности осуществляется посредством законодательных норм и актов, а также через государственное планирование, разработку и внедрение государственных программ развития социальной и экономической сферы, государственные инвестиции, субсидии, льготы, кредитование. При государственном регулировании инвестиционной деятельности очень важно найти гармоничную комбинацию рыночной свободы и государственного регулирования [4].

Государственное регулирования включает в себя цели и задачи, поставленные перед органами государственной исполнительной власти, а также средства и инструменты, имеющиеся в наличии у государства в настоящий момент.

Государственное регулирование инвестиционной деятельности представляет собой совокупность государственных подходов и решений, закрепленных в законодательстве государства, организационный и правовых форм, в рамках которых инвестор может осуществлять инвестирование. Другими словами, регулирование - это не что иное, как процесс прямого управления государственными инвестициями с помощью налоговой системы государства (налоговых ставок и налоговых льгот), финансовой поддержки (дотаций, субсидий, ссуд, кредитов по льготной процентной ставке), кредитной политики государства, ценообразования, финансовой политике, включая выпуск в обращение ценных бумаг (акций и облигаций) [4].

В настоящее время при осуществлении инвестиционной политики государство руководствуется следующими принципами:

- уменьшение существующих процентных ставок до такого уровня, который соответствует эффективности инвестиций в данный сектор экономики на основе сбалансированного бюджета и понижения инфляции;

- проведение реформы в налоговой сфере, которая предусматривает упорядочивание инвестиционных возможностей субъектов рынка, упрощения и структурное изменение существующей в настоящее время налоговой системы, а также усовершенствование амортизационной политики;

- для повышения инвестиционной привлекательности ряда предприятий проведение процесса их реформирования;

- разработку организационно-правовых предпосылок снижения инвестиционных рисков, что повлечет за собой стимулирование увеличения сбережений населения, прямых инвестиций внутренних и внешних инвесторов;

- повышение эффективности использования бюджетных инвестиционных ресурсов на основе их конкурсного размещения в определенные сферы, смешанного государственно-коммерческого финансирования приоритетных инвестиционных проектов, получения государственных гарантий по частным инвестициям и усиления государственного контроля целевого использования бюджетных средств [4].

Поскольку в настоящий момент происходит всеобщая глобализация экономики и интернационализация инвестиций, то создание условий для совершенствования корпоративных отношений и приведение уровня корпоративного управления в отечественных компаниях к международным стандартам является отдельным важным принципом инвестиционной политики государства.

На современном этапе развития азербайджанской экономики региональной инвестиционной политике отводится также большое значение.

Инвестиционная политика страны, в целом, и региона, в отдельности, зависит от того, каким образом протекает инвестиционный процесс, который заключается в многосторонней деятельности всех участников воспроизводственного процесса по наращиванию ВВП и ВРП [4].

Валовый внутренний продукт (от английского *Gross Domestic Product*), общепринятое сокращение ВВП, - макроэкономический показатель, отражающий рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг (то есть предназначенных для непосредственного употребления), произведённых за год во всех отраслях экономики на территории государства для потребления, экспорта и накопления, вне зависимости от национальной принадлежности использованных факторов производства.

Валовой региональный продукт (ВРП) – показатель, измеряющий валовую добавленную стоимость, исчисляемый путём исключения из суммарной валовой продукции объёмов её промежуточного потребления. На национальном уровне ВРП соответствует валовому национальному продукту, который является одним из базовых показателей системы национальных счетов.

В процессе инвестиционной деятельности разнообразных участников воплощаются в жизнь реальные, финансовые, долгосрочные, краткосрочные, государственные, частные и иностранных инвестиций, то есть реализуются все виды инвестиций.

Государство в инвестиционной деятельности может выступать в нескольких категориях и представлять собой организатора инвестиционно-финансового рынка, участника инвестиционно-финансового рынка или менеджера инвестиционных процессов.

Инвестиции представляет собой самостоятельный вид вложений, включающий в себя инструменты и технологии накопления. Инвестирование может проходить в один или несколько этапов. Оба эти этапа ставят перед собой только одну цель – создание инвестиционного капитала и инвестирование в экономику страны [4].

Инвестиции классифицируются на три типа, в зависимости от оперируемых ценностей: *реальные, финансовые, интеллектуальные*.

Реальные инвестиции представляют собой элементарное вложение средств в материальные активы (вещественный капитал: здания, оборудование, товарно-материальные запасы и др.) и нематериальные активы (патенты, лицензии, «ноу-хау» и др.).

Под финансовыми инвестициями понимаются вложение финансовых средств в ценные бумаги (акции, векселя, облигации и др.), банковские вклады, депозиты и т.д.

Вложение финансовых средств в творческий потенциал общества, объекты интеллектуальной собственности, вытекающие из авторского, изобретательского и патентного права, – это уже прерогатива интеллектуальных инвестиций.

По характеру участия в инвестировании все инвестиции разделяют на *прямые, непрямые и портфельные*.

Под прямыми инвестициями понимается непосредственное участие инвестора в выборе объекта инвестирования и вложении средств без посредников. В том случае, когда инвестирование осуществляется через посредников, мы имеем дело уже с *непрямыми* инвестициями. Например, приобретение лицами инвестиционных сертификатов инвестиционного фонда, который размещает полученные средства в объекты инвестирования по своему усмотрению, участвует в управлении ими и распределяет часть прибыли среди клиентов. Портфельные инвестиции – это не что иное, как вложение капитала в различные ценные бумаги

Инвесторами могут выступать физические и юридические лица, которые непосредственно осуществляют вложение собственных, заемных и привлеченных средств в форме финансирования [3].

В качестве инвесторов могут выступать: отдельные страны, правительства субъектов и другие образования; органы региональной власти, муниципалитеты, уполномоченные в законодательном порядке на осуществление инвестиционной деятельности; инвестиционные фонды; коммерческие организации и другие юридические лица; совместные предприятия или организации; зарубежные предприятия или организации; отечественные и зарубежные физические лица; представительства иностранных государств; международные организации.

Инвестиционной деятельности отводится важная роль и в предпринимательской сфере экономики. Самыми известными формами инвестиционной деятельности являются прямые и портфельные инвестиции, отличительным различием между которыми обычно является степень контроля над предприятиями. Как правило, степень контроля над предприятиями определяется характеристиками собственности. При осуществлении инвестиционной деятельности по форме прямых инвестиций имеет место всеобъемлющий коммерческий контроль, а по форме портфельных инвестиций наблюдается лишь получение прибыли, поскольку прибыль и является основной целью портфельных инвестиций [3].

По мере более глубокого вовлечения Азербайджана в процессы инвестирования по международным правилам руководство страны вынуждено решать вопросы, возникающие при взаимодействии национальной политики и международными нормами инвестиционной деятельности, самым первым из которых является вопрос определения понятия «прямые иностранные инвестиции» (ПИИ).

В настоящее время существует как минимум три группы теорий ПИИ. Согласно первой группе, прямые иностранные инвестиции определяются как предельно узкая категория прямых инвестиций, связанных с передвижением физического капитала за пределы национальных границ. В соответствии со второй группой реализация капиталовложений осуществляется путем создания определенной инфраструктуры (сбытовой, маркетинговой, логистической), не связанной напрямую с перемещением производственного капитала. Третья группа теорий прямых иностранных инвестиций использует наиболее более широкое определение ПИИ, согласно которому передача управленческих навыков, документации и т.п., а также связанные с этим затраты и являются прямыми иностранными инвестициями.

Общепринято, что *иностраннe инвестициe* – это вложения финансовых и других средств за границей национального государства инвестора для создания новых предприятий или расширения уже существующих. «Портфельные» инвестиции очень сильно отличаются от прямых инвестиций. Самым заметным отличием является тот факт, что инвестор не имеет и не желает иметь собственное влияние на ход дел инвестируемого им предприятия или организации, поскольку инвестор лишь приобретает активы в форме ценных бумаг для извлечения прибыли. При такой форме инвестирования создание новых производственных мощностей и постоянный мониторинг их использования вовсе необязательный.

Как правило, прямые иностранные инвестиции заключаются в приобретении иностранным инвестором не менее десяти процентов доли в уставном капитале предприятия. Из всего вышесказанного вытекает два основных вывода. Первый вывод: приобретение одним иностранным инвестором пакета акций, содержащего не менее десятипроцентной доли, должно рассматриваться в качестве прямой инвестиции. В том случае, если группа лиц приобретет пакет акций коммерческой организации, содержащий десяти- и более процентной доли, подобное инвестирование рассматривается как вложение средств по форме портфельных инвестиций. Следовательно, после покупки десятипро-

центного пакета акций предприятия появляется настоящая возможность реализации наблюдения и проверки функционирования того или иного предприятия [1].

Однако, несмотря на то, что владелец десятипроцентного пакета акций организации обладает возможностью влиять на деятельность инвестируемой им организации, конечной целью и основным стремлением инвестора является осуществлять полный контроль функционирования данной организации.

Рассмотрим, к примеру, редкий случай, когда организация состоит всего из двух участников, один из которых владеет 10% или 20% акций предприятия и, разумеется, не может обладать правом влияния на функционирование предприятия и, уж тем более, осуществлять контроль его деятельности.

В данной интерпретации под термином «контроль» подразумевается наблюдение за деятельностью предприятия или организации с целью проверки его работы или осуществление тотального надзора за его работой. Таким образом, контроль инвестора имеет место лишь в том случае, когда инвестор обладает правом и возможностью своего вмешательства в функционирование и работу данного предприятия. Полный контроль системы управления организации позволяет инвестору по-настоящему влиять на деловую активность инвестируемой им организации, что может быть осуществлено только при обладании пакетом акций в размере две трети или случае владения двумя третями уставного капитала данной организации. Если данное условие не соблюдается, то каждое принятое инвестором решение по контролю деятельности организации может быть сорвано владельцами пакета акций, которые в совокупности составляют треть голосов.

Из всего вышесказанного следует, почему прямыми иностранными инвестициями считаются именно те капитальные вложения в предприятия, вследствие которых инвестор получает как минимум две трети акций данного предприятия и вместе с тем приобретает право контроля его деятельности, который дает инвестору ещё одно право – проводить финансовые вложения в развитие производства на данном предприятии.

Кроме капиталовложений инвесторов, инвестиционная деятельность предприятия может быть проведена за счет собственных и заемных средств. Однако, поскольку заемные средства рано или поздно необходимо вернуть, то основной упор при проведении инвестиционной активности предприятия нужно делать на собственные средства, которые имеют так называемую «национальность», то есть могут быть или отечественными или иностранными.

В случае прямых иностранных инвестиций нередко инвестор использует собственные средства только для получения пакета акций, дающий ему полный контроль деятельности предприятия, а при вложении финансовых средств в развитие данного предприятия использует кредиты, полученные им в иностранных банках. В результате этого, поскольку проценты по кредиту всегда включаются в общие затраты производства, себестоимость выпускаемой предприятием продукции увеличивается, и как правило, размер прибыли до налогообложения уменьшается. В конечном итоге уменьшение прибыли, которая облагается налогом приводит к тому, что в бюджет государства поступает

сумма налога в гораздо меньшем количестве, чем ожидалось. Вышеописанная ситуация влечет за собой большие потери бюджета государства.

Данная ситуация не может называться прямыми иностранными инвестициями, поскольку инвестор в этом случае с помощью мнимого инвестирования обеспечивает себя правом на получение кредитов в иностранных банках, а, как известно, любые заемные средства, полученные юридическим лицом для развития производственных мощностей, не являются прямыми иностранными инвестициями [1].

На основе нескольких классификаций прямых иностранных инвестиций выделяется семь видов ПИИ:

- создание путем строительства нового предприятия;
- увеличение деятельности путем расширения уже существующего предприятия;
- перемещение существующего предприятия на новое место дислокации;
- организация совместного предприятия, которое является следствием как стратегического союза;
- устранение конкурентов или фирм из других отраслей путем их поглощения для диверсификации их деятельности;
- принятие участия в акционерных капиталах предприятий-конкурентов на уровне портфельных инвестиций;
- объединение предприятий путем слияния [3].

Появление внешних потоков инвестиций обусловлено несколькими факторами, которые можно объединить в две основные группы:

- макроэкономические (государственная политика, рост внутреннего валового продукта, экономические и политические изменения в мировой экономике);
- микроэкономические (производственные факторы, внутрирыночные факторы, издержки, обусловленные транзакциями) [4].

Анализируя теоретические аспекты инвестиционной активности можно сделать практические выводы, касающиеся инвестиционной деятельности. Проведение внешней инвестиционной политики возможно при наличии определенных условий:

- существование недвусмысленной правовой базы на уровне законов и актов, которые обеспечивают правовое регулирование иностранной инвестиционной деятельности;
- наличие стабильности с точки зрения макроэкономики;
- вложение инвестиций не только в инфраструктуру, но и в отрасли, касающиеся сферы услуг;
- правовая защищенность социальных групп с низким уровнем дохода;
- внедрение экологических проектов по защите окружающей среды.

В настоящее время основные иностранные инвестиции в республике Азербайджан направляются в нефтедобывающую отрасль. Для пропорционального развития экономи-

ки необходимо не только увеличение инвестиционных вложений, но и увеличение доходов, поэтому прибыль, полученную при продаже нефтепродуктов целесообразно направлять на развитие других секторов экономики.

Если следовать данному правилу, то повышение инвестиционной активности иностранных инвесторов приведет к росту экономического развития, уменьшению или рецессии инфляционного уровня, уменьшению количества безработицы, за счет создания дополнительных рабочих мест.

Таким образом, проведя анализ успехов азербайджанской экономики в области инвестиционной деятельности, необходимо отметить, что программа государственной инвестиционной политики в будущем должна придерживаться следующих принципов:

- наличие политической стабильности в стране;
- повсеместное ведение контроля и учета за экономическим и финансовым состоянием предприятий;
- поддержание высокого технического уровня производства;
- соблюдение пропорциональности собственных и внешних инвестиционных средств;
- осуществление возможности покупки технологического оборудования согласно лизинговым договорам;
- предоставление государственных льгот;
- поддержание дружелюбного характера взаимоотношений с инвесторами;
- гарантированное соблюдение всех прав внешних инвесторов;
- прозрачность инвестиционной активности

Заключение. В течение непродолжительного периода общий объем внешних инвестиций в экономику Азербайджана, согласно статистическим данным составил более 30 млрд. долл. США, размеры государственных инвестиций увеличились в 7–8 раз, рост объема внутреннего валового продукта составил 2,3 раза.

Однако необходимо указать, что доля инвестиций от иностранных инвесторов в общем объеме инвестиций с каждым годом уменьшается, составив в 2014 году 71,9%, а в 2015 году – 63,5%.

Поэтому для увеличения доли иностранных инвестиций в экономику Азербайджана необходимо разработать и воплотить в жизнь рациональную и правильную инвестиционную политику, которая бы тесно коррелировалась с политикой государства в области промышленного сектора экономики. Взаимодействие инвестиционной и промышленной политики государства предоставит возможность направить иностранные инвестиции как в быстрокупаемые проекты, так и в те сферы экономики, которые имеют важное значение для эффективного развития страны на уровне инноваций и социальных программ.

REFERENCES

1. Kommercheskoe pravo. / Pod red. V.F. Popondopulo i V.F. Jakovlevy. Chast' 2. – M., 2014. – 159 s.
Коммерческое право. / Под ред. В.Ф. Попондопуло и В.Ф. Яковлевой. Часть 2. – М., 2014. – 159 с.
2. **Makkonnell K.R., Brju S.A.** Ekonomiks: principy, problemy i politika. T. 1. – M.: Respublika, 2012. – 399 s.
Макконнелл К.Р., Брю С.А. Экономикс: принципы, проблемы и политика. Т. 1. – М.: Республика, 2012. – 399 с.
3. Mezhdunarodnoe chastnoe pravo. / Pod red. G.K. Dmitrievoy. – M., 2013. – 427 s.
Международное частное право. / Под ред. Г.К. Дмитриевой. – М., 2013. – 427 с.
4. **Carev V.V.** Ocenka ekonomicheskoy effektivnosti investitsiy. – SPb: Piter, 2014. – 356 s.
Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. – СПб: Питер, 2014. – 356 с.

BİRBAŞA XARİCİ İNVESTİSİYALARIN İQTİSADİYYATA TƏSİRİ

O.N. MARKOVA, R.A. HÜSEYNOV

Məqalədə birbaşa xarici investisiyaların xarakteristikaları təqdim olunmuş və Azərbaycan Respublikasının iqtisadiyyatına investisiya siyasətinin aspektlərinə baxılmışdır.

Açar sözlər: investisiyalar, investisiya siyasəti, xarici investisiyalar.

INFLUENCE OF DIRECT FOREIGN INVESTMENTS ON THE NATIONAL ECONOMY

O.N. MARKOVA, R.A. GUSEYNOV

This article reviews to the specifics of the direct foreign investments and examines aspects in the investment policy of the Azerbaijani economy.

Key words: investment, investment policy, foreign investment.

УДК 621. 384.2

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОММУТАТОР АДАПТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М.Г. ГАСАНОВ*

Проанализированы возможности применения пьезоэлектрических приводов для коммутации оптических каналов и разработан адаптивный многоканальный пьезоэлектрический коммутатор оптических сетей. Построена упрощенная электрическая эквивалентная схема пьезоэлектрических микродвигателей. Рассчитаны параметры пьезоэлектрических микродвигателей, построенных на основе электромеханической аналогии.

Ключевые слова: микрорьезоэлектрический привод, оптический коммутатор, адаптивный многоканальный коммутатор, зеркало в виде многоугольника, управляющее устройство, оптическое волокно, эквивалентная схема.

Введение. За сравнительно короткую историю развития оптических сетей было разработано огромное число различных типов коммутаторов оптических сигналов, основанных на разных физических принципах [1].

Современные волоконно-оптические системы связи ставят новые задачи перед коммутирующими устройствами оптических каналов. Главной задачей таких коммутаторов является обеспечение максимально высокого быстродействия, достаточного для разрабатываемых терабитных оптических линий связи, эффективность и обеспечение минимально возможной удельной стоимости, а также снижение потребляемой мощности по сравнению с существующими электронными аналогами. Решение этих задач возможно с применением традиционных механических, электро-оптических, термо-оптических, жидкокристаллических, полупроводниковых, интегрально оптических, микроэлектромеханических и других устройств [2,3].

Одним из перспективных путей решения проблемы является применение пьезоэлектрических дефлекторов [4] и приводов [5], на основе которых возможно создание новых многоканальных пьезоэлектрических коммутаторов оптических каналов.

1. Адаптивный многоканальный оптический коммутатор

Обобщенную схему адаптивного многоканального коммутатора с применением микрорьезоэлектрических приводов для переключения оптических каналов представим в следующем виде (рис.1):

* Азербайджанский Технический университет

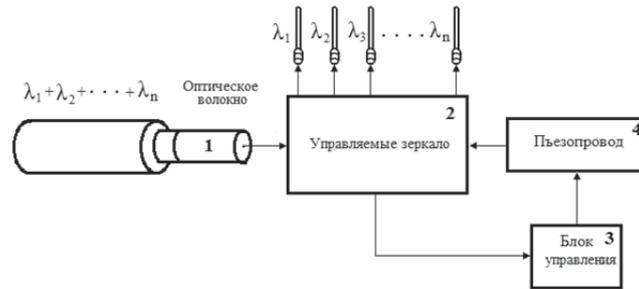


Рис.1. Обобщенная схема адаптивного многоканального коммутатора с применением микропьезоэлектрических приводов для переключения оптических каналов.

Как видно из рис. 1, мультиплексированный в единый оптический сигнал $\sum \lambda_n$ демультиплексируется своим составляющим λ_i посредством управляемого зеркала (1) с помощью специального блока управления (2) пьезоприводом вращательного движения (3). В данной схеме **новизной является узел**, образованный сочетанием управляемого зеркала с пьезоприводом вращательного движения.

На рис. 2 приведена схема узла, являющегося сочетанием управляемого зеркала с пьезоприводом вращательного движения.

На рис 2.а показано сочетание двух узлов и блок управления, а на рис 2.б показан разрез А-А отражательного многоугольного зеркала. В зависимости от поставленной задачи разрез отражательного зеркала может иметь различную геометрическую конфигурацию. На рис 2.б он выглядит как геометрическая фигура в виде восьмигранника.

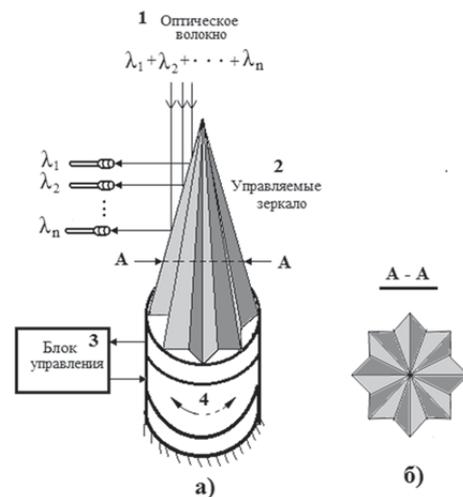


Рис.2. Схема узла, образованного сочетанием «управляемое зеркало – пьезопривод».

На рис. 3 приведена функциональная схема адаптивного многоканального пьезоэлектрического коммутатора с блоком управления.

Как видно из рис. 3, устройство содержит оптический кабель (ОК) с жилами оптического волокна (ОВ) - 1, с наконечником фокусирующей линзы - 2, пьезоэлектрический микропривод – 3, реверсивный ротор - 4, восьмигранное отражательное зеркало – 5 и блок управления - 6 [5].

Блок управления пьезоэлектрического коммутатора показан на рис. 4 и предназначен для юстировки луча, отраженного от восьмигранного зеркала. Этот блок обеспечивает оптимальный прием и перенаправление лучей на выходное устройство. Элементы пьезоэлектрического оптического коммутатора с адаптивным зеркалом и блок управления конструктивно размещены в одном корпусе.

Пьезоэлектрический оптический коммутатор с адаптивным зеркалом, показанным на рис. 4, работает следующим образом:

Часть потока информационного излучения, выходящая от оптического волокна, выделяется как эталонный оптический сигнал, контролирующий принцип работы коммутатора в целом. Поэтому выделенный поток поступает на вход фотоприемника и после преобразования в электрический сигнал передается в блок сравнения. Если напряжение сигнала, поступающего от фотоприемника, равно напряжению эталонного сигнала, то на выходе схемы сравнения не выделяется сигнал рассогласования. При рассогласовании системы разность напряжения через усилитель сигнала рассогласования передается в узел управляющего устройства пьезомикроэлектромеханической системы (МЕМС).

Воздействие на восьмигранное отражательное зеркало и компенсация разностного сигнала приводит систему в исходное юстированное состояние. Таким образом, система находится под постоянным контролем системы автоматического управления, а точность работы системы определяется амплитудным значением эталонного напряжения.

2. Эквивалентные схемы пьезоэлектрических микродвигателей

Применение пьезоэлектрических адаптивных многоканальных коммутаторов в волоконно-оптической сети тесно связано с расчётом рабочих характеристик пьезоэлектрических микродвигателей и расчётом их параметров. Поэтому рассмотрим построение эквивалентной схемы на основе электромеханической аналогии [6] и получим математические выражения, характеризующие рабочие параметры пьезоэлектрических микродвигателей.

На рис. 5 представлена упрощенная эквивалентная схема пьезоэлектрических микродвигателей, в которой R_{np} и $R_{об}$ включаются в цепь поочередно при помощи ключей K_1 и K_2 соответственно, от схемы управления (рис. 5.а).

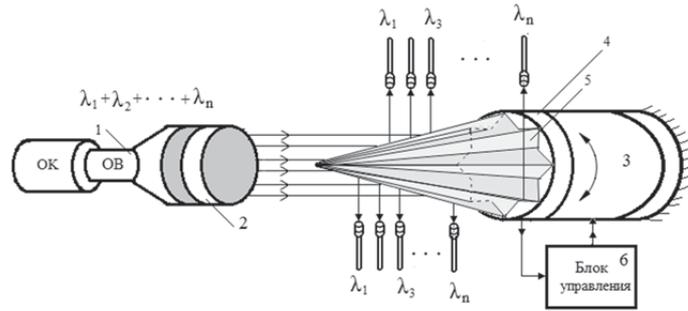


Рис. 3. Функциональная схема адаптивного многоканального пьезоэлектрического коммутатора

1 – оптическое волокно; 2 – линза; 3 – разделенные на специальные части пьезоэлементы в виде цилиндра; 4 – движущийся на обе стороны реверсивный ротор округлой формы, 5 – прикрепленное в ротор отражательное зеркало в виде восьмигранника; 6 – блок управления пьезооптического коммутатора.



Рис. 4. Блок управления пьезоэлектрического коммутатора

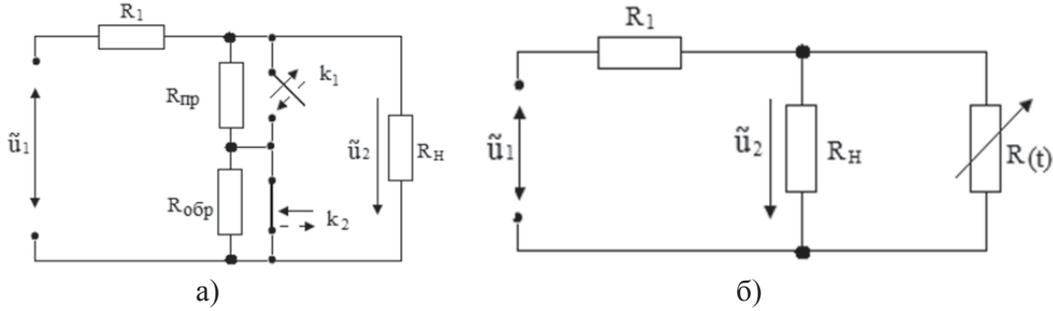


Рис. 5. Упрощенная эквивалентная схема пьезоэлектрических микродвигателей

При включении контакта K_2 шунтируются сопротивления R_{np} и вводится в цепь сопротивления $R_{обп}$, которое соответствует взаимодействию пьезоэлемента с ротором, а при включении контакта K_1 шунтируются сопротивления $R_{обп}$ и в цепь вводится сопротивление R_H , которое означает отсутствие взаимодействия между пьезоэлементом и ротором, жестко прикрепленным к подвижной части полупрозрачного зеркала. Указанная на рис 5.а эквивалентная схема может быть представлена как цепь с переменным параметром (рис. 5.б), изменение сопротивления которого происходит скачкообразно, как показано на рис. 6.

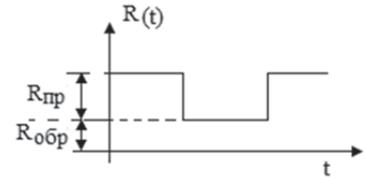


Рис. 6. Временная диаграмма сопротивления пьезоэлектрического микродвигателя при его работе

Из эквивалентной схемы, показанной на рис. 5.а и рис. 5.б, получим:

$$i_H = n_k \omega; \quad u_2 = m_k M,$$

где $n_n = 2bd_{31} / S_{11}^E$, $m_k = 2aR_0 / \omega$ - приведённые коэффициенты электромеханической аналогии. Значение входного тока в упрощённой схеме замещения (рис. 5.б) равно:

$$i_1 = \frac{U_1}{R_{ex}}, \tag{1}$$

где $U_1 = U_m \sin \omega t$ - приложенное напряжение; $R_{ex} = R_1 + \frac{R_H \cdot R(t)}{R_H + R(t)}$ - входное сопротивление цепи, R_1 - суммарное сопротивление акустических потерь, R_H - сопротивление нагрузки, $R(t)$ - переменное сопротивление, отражающее работу фрикционного контакта (пьезоэлемента с ротором).

Значение тока в нагрузочном сопротивлении:

$$i_H = \frac{1}{R_{ex}} \cdot \frac{R(t) \cdot U_1}{R_H + R(t)} = \frac{R(t) \cdot U_1}{R_1 R_H + (R_1 + R_H) \cdot R(t)} \tag{2}$$

Напряжение на зажимах нагрузки:

$$U_2 = R_H \cdot i_H = \frac{R_H \cdot R(t) \cdot U_1}{R_1 R_H + (R_1 + R_H) \cdot R(t)} \tag{3}$$

Переменное сопротивление $R(t)$ можно представить как

$$R(t) = \frac{R_{np} + R_{об}}{2} + \frac{2(R_{np} + R_{об})}{\pi} \left(\cos \omega t - \frac{1}{3} \cos 3\omega t + \frac{1}{5} \cos 5\omega t \right) \quad (4)$$

С целью упрощения решения поставленной задачи с небольшой погрешностью ограничимся основной гармоникой переменной составляющей $R(t)$:

$$R(t) = R_0 (1 + m U_y \cdot \omega t) \quad (5)$$

где $R_0 = \frac{R_{np} + R_{об}}{2}$ - постоянное слагающее переменного сопротивления;

$m = \frac{4(R_{np} + R_{об})}{\pi(R_{np} + R_{об})}$ - глубина модуляции переменного сопротивления.

Подставляя значение $R(t)$ в (1), (2) и (3), находим следующие выражения для токов i_H и напряжения U_2 :

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{a_1 + b_1 \cos \omega t}{c_1 + d_1 \cos \omega t} U_{m1} \sin \omega t \\ i_H &= \frac{a_2 + b_2 \cos \omega t}{c_2 + d_2 \cos \omega t} U_{m1} \sin \omega t \\ U_2 &= R_H i_H, \end{aligned} \quad (6)$$

где $a_1 = R_0 + R_H$; $b_1 = mR_0$; $c_1 = R_1 R_H + R_0(R_1 + R_H)$;
 $d_1 = mR_0(R_1 + R_H)$; $a_2 = R_0$; $b_2 = b_1$; $c_2 = c_1$; $d_2 = d_1$.

Преобразуя выражение (6) и отбрасывая гармонику более высокого порядка, находим токи и напряжение на нагрузке в следующем виде:

$$\begin{aligned} i_1 &= (A_1 \cdot \sin \omega t + B_1 \sin 2\omega t) \cdot U_1 m \\ i_H &= (A_2 \cdot \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t) \cdot U_1 m \\ U_2 &= (A_2 \cdot \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t) \cdot U_1 m \cdot R_H \end{aligned} \quad (7)$$

где $A_k = \frac{a_k c_k - 0,25 b_k d_k}{c_k^2 - d_k^2}$; $B_k = \frac{b_k c_k - 0,5 a_k d_k}{2(c_k^2 - d_k^2)}$

На основании полученных математических выражений определим мощность потребляемой в сети P_1 и мощность на передвижной части пьезоэлектрического микродвигателя P_2 :

$$P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T U_1 \cdot i_1 dt = \frac{A_1 \cdot U_{1m}^2}{2} \quad (8)$$

Мощность на передвижной части пьезоэлектрического микродвигателя:

$$P_2 = \frac{1}{T} \int_0^T U_2 \cdot i_H dt = \frac{(A_2^2 + B_2^2) R_H U_{1m}^2}{2} \quad (9)$$

Тогда коэффициент полезного действия η разработанного пьезоэлектрического микродвигателя будет иметь вид:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{A_2^2}{A_1} + \frac{B_2^2}{A_1} \right) \cdot R_H \quad (10)$$

Заклучение. Предложена новая схема адаптивного многоканального пьезоэлектрического коммутатора оптических каналов с микропьезоэлектрическим двигателем. Приведены математические выражения параметров пьезоэлектрических микродвигателей на основе эквивалентной схемы, построенной на подобию электромеханической аналогии.

REFERENCES

1. **Gajvorovskaya G.S., Rjabcov A.V.** Osobennosti primeneniya opticheskikh kommutatorov v sovremennykh informacionnyh setjah. *Applicable Information Models*. - Sofia. ITHEA, 2011. No 22, Pp.169-181.
Гайворовская Г.С., Рябцов А.В. Особенности применения оптических коммутаторов в современных информационных сетях. *Applicable Information Models*. - Sofia. ITHEA, 2011. No 22, Pp.169-181.
2. **Gajvorovskaya G.S., Rybalov B.A.** Osobennosti kommutacii opticheskikh signalov pri ispolzovanii razlichnykh rezhimov perenosa informacii. 2015. s.1-7
Гайворовская Г.С., Рыбалов Б.А. Особенности коммутации оптических сигналов при использовании различных режимов переноса информации. 2015. с.1-7
<http://journals.uran.ua/reftech/article/viewFile/51945/52999>
3. **Gasanov M.G.** Effektivnost pezozelektricheskogo deflektora svetovogo lucha v tehnikе svyazi. *Izvestiya AzTU*. №2 (66). Baku. 2010 g. s.44-46.
Гасанов М.Г. Эффективность пьезоэлектрического дефлектора светового луча в технике связи. *Известия АзТУ*. №2 (66). Баку. 2010 г. с.44-46.
4. **Hasanov M.H., Maharramov V.A.** Application of piezoelectric light beam deflector in optical commutators of fiber-optical communication networks. The international science-technical jornal HEARD of the Azerbaijan Engineering Academy. Vol. 9 № 2, 2017, Pp. 116-121.
5. **Gasanov M.G., Vishnevskiy V.S.** Pezoelektricheskii reversivnyy privod. Avt.Svid. SSSR №1827708. 1995 g.
Гасанов М.Г., Вишневский В.С. Пьезоэлектрический реверсивный привод. Авт.Свид. СССР №1827708. 1995 г.
6. **Olson G.** Dinamicheskie analogii. – Moskva: Izdat-vo inostrannoy literatury, 1947. - 224 s.
Ольсон Г. Динамические аналогии. – Москва: Издат-во иностранной литературы, 1947. - 224 с.

ADAPTIV OPTİK ŞƏBƏKƏLƏRİN ÇOXKANALLI PYEZOELEKTRİK KOMMUTATORLARI

M.H. HƏSƏNOV

Optik kanalların kommutasiyası üçün mikropyezoelektrik mühərriklərin tətbiqi imkanları araşdırılmış və adaptiv çoxkanallı optik şəbəkələrin pyezoelektrik kommutatoru tədqiq edilmişdir. Pyezoelektrik mühərriklərin sadələşdirilmiş ekvivalent sxemi qurularaq parametrləri hesablanmışdır.

Acar sözlər: mikropyezoelektrik mühərrik, adaptiv çoxkanallı optik şəbəkələrin pyezoelektrik kommutatoru, idarəedici qurğu, optik lif, ekvivalent sxem.

MULTI-CHANNEL PIEZOELECTRIC SWITCH OF ADAPTIVE OPTICAL NETWORKS

M.H. HASANOV

The possibilities of using piezoelectric drives for switching optical channels and developed an adaptive multichannel piezoelectric switch for optical systems. Builtsimplifiedelectrical equivalent circuit of piezoelectric micro-motors. The parameters of piezoelectricmicro-motors built on the basis of electromechanical analogy.

Key words: micro-piezoelectric drive, optical commutator, adaptive multichannel commutator, polygon mirror, control device, optical fiber, equivalent scheme.

UDC 681.51

ÇOXMEYARLI YANAŞMA ƏSASINDA KADR SEÇİMİ

S.Y. SALMANOV*

Məqalədə kadr seçiminin idarə edilməsi, xüsusən də, bir neçə şəxsin arasından namizədlərin seçilməsi məsələsinə baxılır. Praktikada məhz ən yaxşı seçim etmək üçün məhz namizədlər haqqında müəyyən və qeyri-müəyyən məlumatlar verilənlər bazasına daxil edilir və ekspertlərin köməyi ilə bu məlumatlar analiz edildikdən sonra seçim aparılır.

Açar sözlər: qərar-qəbul etmə; kadr seçimi; ilkin məlumatların natamamlığı; çoxmeyarlı yanaşma.

İşçi qüvvəsi seçilərkən əsas məsələlərdən biri bir neçə şəxsin arasından tələblərə cavab verən məhz bir şəxsin seçilməsidir. Bu məsələ hal-hazırda çox aktualdır, lakin bu seçim çox zaman lazım olan tələblərə cavab vermir. Bu məqalədə iddia olunan səlis və qeyri-səlis müəyyənlik arasında olan fərqi ayırd etmək tələb olunur. Bu halda müəyyən olan materiallar verilənlər bazasına daxil olunur. Tam müəyyən edilməyən verilənlər ekspert verilənlərin tətbiqi ilə analiz edilir. Verilənləri analiz etmək üçün verbal dəyişənlər daxil edilir. Daxil olunan parametrlərin real qiymətləri baza çoxluqları ilə edilir. Baza çoxluqlarında ekspertlər vasitəsilə qeyri- səlislilik funksiya şəklində göstərilir. Qərar qəbul etmə modeli ikidollu qrafa şəklində ekspertlər vasitəsilə qeyri-səlis müəyyənlik şəklində göstərilir. Qərar qəbul etmə məsələləri məntiqi-linqvistlik modellərə aid olub, çoxkriteriyalı qərar qəbuletmə məsələsi şəklində həll edilir. Burada çox meyarlı qeyri-səlis meyarlar müəyyən edilir, qərar qəbul etmə modelinin mahiyyəti ifadə edilir, qərar-qəbul etmə mərhələlərlə işlənir və iş yerlərinə namizədlərin təyin olunması haqda qərar qəbul edilir.

Qərar qəbul etmə qeyri-müəyyənlikdir; çox meyarlıdır; modelləşmədir; süni intellektidir; kadr seçimidir; qeyri-müəyyən verilənlərdir (məlumatdır).

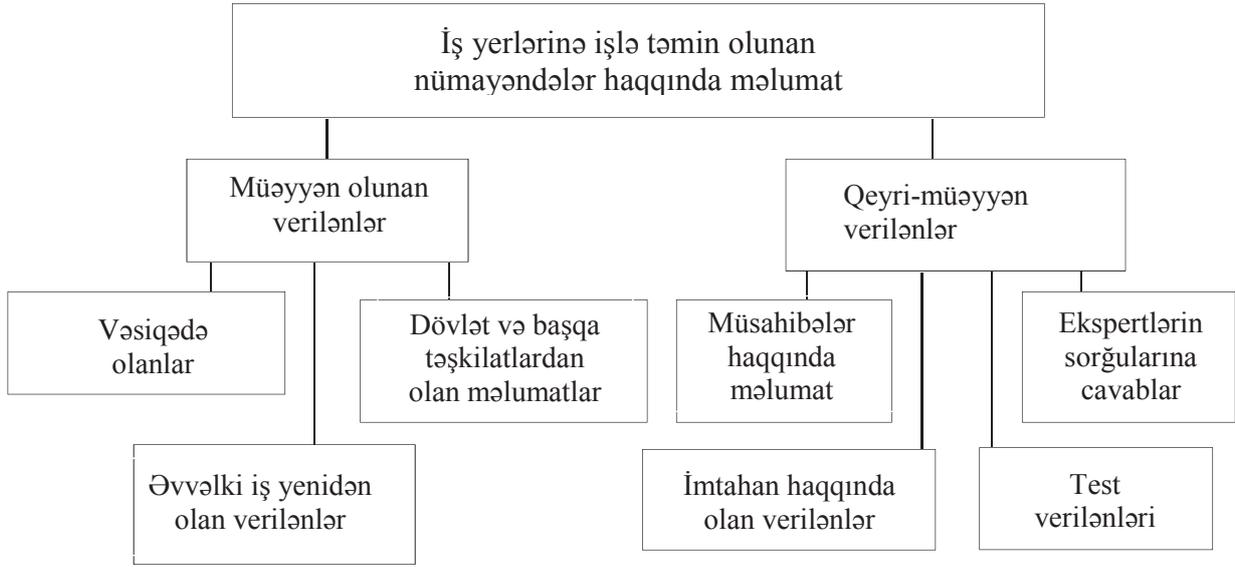
Personaların idarə edilməsində əsas məsələ konkret yerlərə [1,2], təyinatın verilməsidir [3-5].

Kadr seçiminə çox diqqət yetirilir, belə ki, bu məsələ bir çox iş yerlərində bir qayda olaraq müəssisəsinin idarəetmə mövqeyinə uyğun şəkildə müxtəlif növ testlərin [1,2,6] keçirilməsilə həyata keçirilir. Bu tip işlərin analizi göstərir ki,(məntiqi qeyri-səlis modelin işlənməsi zaman) ekspertlər iş yerlərinə namizədlərin qəbulu zamanı testlərin nəticələrinin də

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

qeyri-müəyyənlik əhəmiyyətli dərəcədə olmalıdır. Ekspertlərin bilik səviyyəsinin aşağı olması məhz məqsədyönlü qərarın qəbul olunmaması ilə nəticələnir, kadr seçimi zamanı çoxmeyarlı qərarın qəbulu əsas meyarlardan biridir. Bu zaman həyata keçirilən əməliyyatlarda verilənlərin səlis həlli tələb olunur.

Məsələnin parametrlərinin həlli: Bu məsələyə əməliyyatların tədqiqi kimi də yanaşmaq olar. Kadr seçimində qeyri-müəyyən şərtlərlə təyin olunma məsələsi kimi bu məsələnin parametrlərinin formalizasiyasının əsas xüsusiyyətlərinə baxaq. Şəkil 1-də göstəriləyi kimi iş yerinə qəbul olmaq istəyənləri məsələnin həllində ilkin verilənlər kimi, iş yerlərini isə tam və natamam verilənlərə ayırmaq. Bu verilənlər bilavasitə verilənlər bazasına daxil edilir.



Şək. 1. Verilənlərin təsnifatı

Qeyri-müəyyən verilənlərin işlənmə xassələrinə baxaq. Qeyri-səlis məsələ qrafası kimi qeyri-səlis verilənlərin formalaşdırıcısını həll edək. [8] cədvəldən qeyri-səlis müəyyənliyə əsaslanaraq $\vec{G} = (x, \vec{F})$, burada x - yüksələn çoxluq olan $\vec{F} = \{< \mu_j < x_i, x_j > x_i, x_j >> \}; i, j = \overline{l, n}$ - qrafikində məsələni həll etmək üçün x və \vec{F} çoxluqlarının qiymətlərini tapmaq lazımdır. x çoxluğu altında $X = X_1 \times X_2$, $X_1, X_2 \in X$, $X_1 \cup X_2 = X$, $X_1 \cap X_2 = \emptyset$ burada $X_1 = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}, |X_1| = m$ çoxluğuna isə düzəlmək istəyənlərin nümayəndəsi kimi, $X_2 = \{x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n\}, |X_2| = n$ -isə iş yerlərini bildirən çoxluqdur.

\vec{F} qeyri səlis qrafikindən X çoxluğunun xassələrini təyin edək. Belə ki, bu xassələr səlis və qeyri-səlis şəkildə də verilə bilər. Tələblərə uyğun namizədlərin işə düzəlmə xassələrinə görə olan $P_1 = \{p_l^i, p_m^i, \dots, p_r^i\}, i = \overline{l, m}$, iş yerlərinin xassələrinə görə - $P_2 = \{p_{r+1}^j, p_{r+2}^j, \dots, p_g^j\}, j = \overline{l, n}$.

Onu da qeyd edək ki, məsələnin əvvəlcədən təyin parametrlərinə qeyri-səlis kimi baxılır.

$$\widetilde{p}_k = \{ \langle \mu_{p_k}, (d_k) / (d_k) \rangle \}, (d_k) \in D_k, k = \overline{l, g},$$

Burada D_k p_k baza çoxluğunun qeyri-səlis dəyişənlərini təyin etmək üçündür. Məşğullük mərkəzindən verilən məlumata əsasən müəssisənin kadrlar şöbəsidəki mümkün çoxluqlar P_1 və P_2 -dir. P_i - məşğulluğu üzrə hər bir namizəd i -, şəxsiyyət vəsiqəsində verilənlər, tibbi müayinənin verilənləri, P_i çoxluğunu P_i^0 çoxluğu altında təyin edək. P_i -çoxluğu aşağıdakı elementlərdən ibarətdir: P_2' - icraçı, P_3' -təşəbbüskarlıq, P_4' innovasiya düşüncə tərz, P_5' - informasiya texnologiyaları və kommunikasiya vasitələrində işləmə bacarığı, P_6' -xarici dil qabiliyyəti, P_7' -professionallıq, P_8' -maddi vəziyyəti, P_9' - tələb olunan əmək haqqı, P_{11}' -konfliktə qoşulmamaq, P_{12}' -adaptasiya olma, P_{13}' kollektivdə işləmə bacarığı, P_{14}' insanları idarəetmə bacarığı P_{15}' -başqalarına hörmətlə yanaşma, P_{16}' -məntiqi düşüncə tərz, P_{17}' -özünə əminlik, P_{18}' - yaradıcı təşəbbüs, P_{19}' - dəyişən şəraitə uyğunlaşma, P_{20}' - hər bir riskə hazır olma, P_{21}' - operativ şəkildə qərar qəbul etmə, P_{22}' - konfliktli anlarda vəziyyətdən çıxmaq, P_{23}' - beynəlxalq təcrübəni bilməsi və biliklərə yiyələnməsi

P' – çoxluğun elementləri kəsilməyən çoxluqlara bölünürlər:

- $P_1' = \{ p_1', p_2', p_3', p_4', p_5', p_6', p_7' \}$ bunlar işə qəbul olmaq istəyən namizədlərin şəxsi keyfiyyətlərini göstərir;
- çox meyarlı qərar qəbul etmə.

Subyektiv qiymətləndirilməyə əsasən qərar qəbul edərkən, əsas nəticə qeyri-səlis xətti proqramlaşdırma metodlarını tətbiq etməklə verilir.

Qeyri-səlis proqramlaşdırma modelinə baxaq. Simmetrik və simmetrik olmayan modellər. Simmetrik model aşağıdakı şəkildə verilir.

$$\begin{cases} C^T X > Z, \\ AX < B, \\ X \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

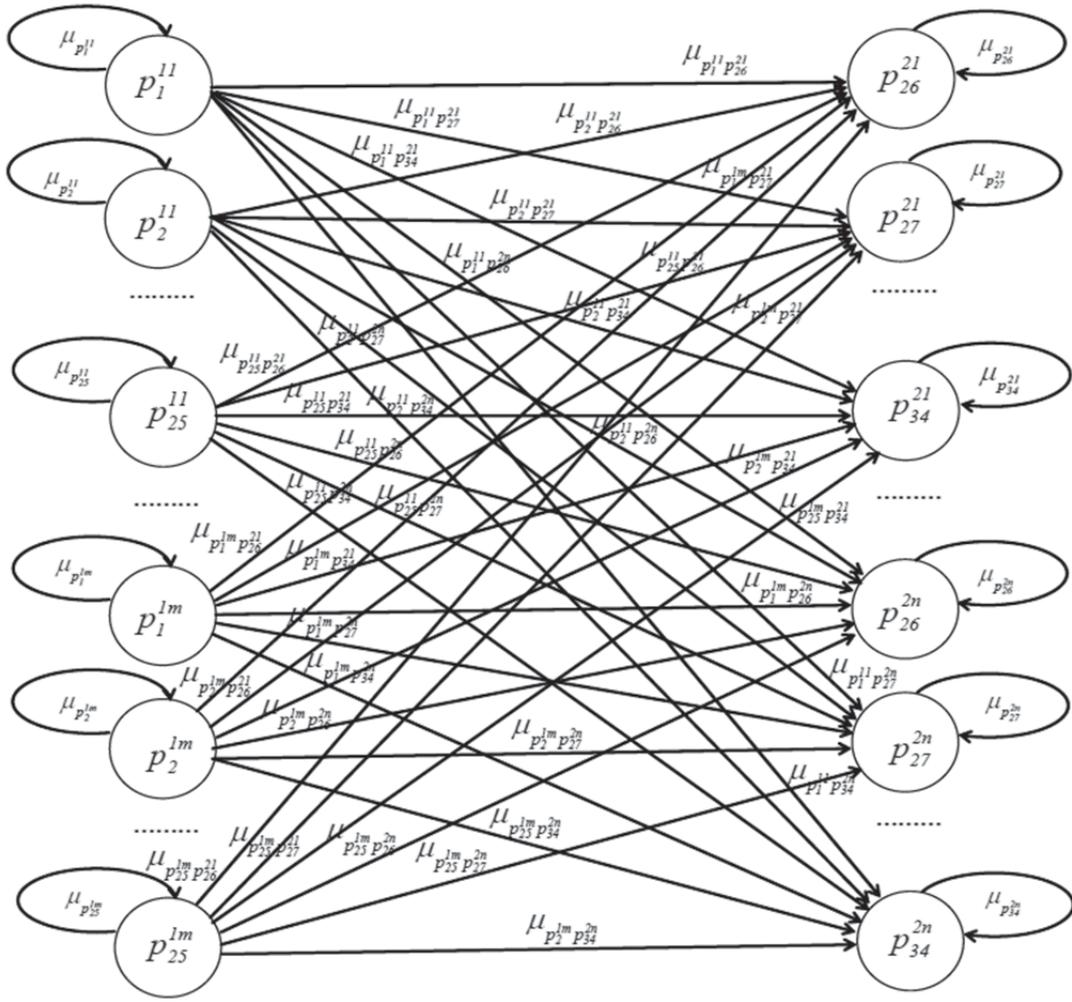
Burada n ölçüdə C, X olan qeyri-səlis vektorudur, m ölçülü B -qeyri-səlis vektordur. A - $m \times n$ qeyri-səlis $m \times n$ ölçüsündədir.

Əgər bütöv funksiya verilən parametrlə görə iş yerlərinə namizədləri təyin edərsə, qeyri-səlis məhdud şəkildə qeyri-səlis çoxluqlar kimi qəbul olunur, deməli burada simmetrik qeyri-səlis xətti proqramlaşdırılma tətbiqi edilir.

Əgər $\mu(x)$, $i = \overline{l, m}$, $x \in X$ -məhdud funksiyadır, $\mu(x)$, $j = \overline{l, n}$, $x \in X$ -bütöv funksiyadır, bu zaman funksiya bu şəkildə olacaq $\mu_{\overline{D}_i}(x) = \mu_F \circ \mu_{\overline{G}_i}(x)$, ($i = \overline{l, n}$, $j = \overline{l, m}$, $x \in X$)

Qeyri-simmetrik modellərin bütöv funksiyası-səlis, məhdudlaşdırma-qeyri-səlis, tələb olunan axtarış işə maksimal səlis həll şəkildə göstərilir:

$$\mu_{MR(F)}(x) = \begin{cases} 0, & F(x) \leq \inf_{S(\overline{R})} F, \\ \frac{F(x) - \inf_{S(\overline{R})} F}{\sup_{S(\overline{R})} F - \inf_{S(\overline{R})} F}, & \inf_{S(\overline{R})} F < F(x) < \sup_{S(\overline{R})} F, \\ 1, & \sup_{S(\overline{R})} F \leq F(x), \end{cases} \quad (2)$$



Şək.2.

Burada \overline{SR} - qeyri səliss faza həlli \overline{R} daşıyıcısıdır. İş yerlərinə namizədlər seçərkən bir deyil məsələnin həllində bir neçə meyarla diqqət yetirmək lazımdır. Məsələni şək.2-də göstərilən hər bir zirvə $P_2 = \{p_{r+1}^j, p_{r+2}^j, \dots, p_g^j\}, j = \overline{1, n}$ müəyyən olan $r + 1, r + 2, \dots, g$ meyarlara uyğun ola bilər. Məhz bu səbəbdən də çoxmeyarlı qərar qəbul etmə meydana çıxır.

Çoxmeyarlı qərar qəbul etmə üçün müəyyən iki istiqamət mövcuddur-çox məqsədli qərar qəbul etmə və çox atributlu qərar qəbul etmə. Birinci istiqamət üçün faza həlli kəsilməyən, ikincisi üçün isə – diskret olmalıdır. Birinci istiqamət üçün olan çox meyarlı qərar qəbul etmə məsələsinin funksiyasında səliss maksimal həlli tapmalıyıq. Qeyri səliss çoxluqlar funksiyasından görürük ki, μ_F tənliyində α – bərabərliyi çoxluğun faza həllidir. $\mu_{OPF}(\Gamma)$ maksimal çoxluğuna aid olan kəşifən funksiya nöqtəsi μ_1 “həlli” qeyri-səliss funksiyaya aid olan səliss maksimal x_0 həll etmə imkanı yaradır. Belə ki, məsələ iki mərhələdə:

- \tilde{x} səmərəli həllin təyini, onda $\forall x \in X \overline{F}(x) < \overline{F}(\tilde{x})$;

- optimal olan kompromis həllin tapılması isə, bütün tam funksiyanın tapılması üçün qəbul olunan qərarlara aid olunur.

Çox meyarlı qərar qəbul etməyə qeyri-səlis qrafada baxaq. İş yerlərinə namizədlər çoxluğu kimi A alternativ çoxluğunu təyin edək. Bu zaman $A = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. -iş yerləri üçün C_i -kriteriyaları g -r hər bir iş yeri üçün xarakterik xassələri, yəni $C_j = \{\tilde{C}_1^j, \tilde{C}_2^j, \dots, \tilde{C}_8^j, \tilde{C}_9^j\}$. $\tilde{C}_d^j, d = \overline{1,9}, j = \overline{1,n}$ qeyri-səlis meyarları tapsaq.

$$\begin{aligned} \tilde{C}_1^j = & (\mu_{p_1^{11}} \cap \mu_{p_1^{11} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_2^{11}} \cap \mu_{p_2^{11} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_3^{11}} \cap \mu_{p_3^{11} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_4^{11}} \cap \mu_{p_4^{11} p_2^{2j}}) \cup \dots \\ & \cup (\mu_{p_{24}^{11}} \cap \mu_{p_{24}^{11} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_{22}^{11}} \cap \mu_{p_{22}^{11} p_2^{2j}}) \cup \dots \cup (\mu_{p_1^{1m}} \cap \mu_{p_1^{1m} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_2^{1m}} \cap \mu_{p_2^{1m} p_2^{2j}}) \cup \\ & \cup (\mu_{p_{24}^{1m}} \cap \mu_{p_{24}^{1m} p_2^{2j}}) \cup (\mu_{p_{25}^{1m}} \cap \mu_{p_{25}^{1m} p_2^{2j}}), z = \overline{26,34}. \end{aligned} \quad (3)$$

Hər bir j – iş yeri üçün qeyri-səlis kəşifən özlüyündə m nümayəndədən m yaxşısını seçməyə imkan yaradır.

Buradan da aydın olur $\tilde{D}_j = \tilde{C}_1^j \cap \tilde{C}_2^j \cap \dots \cap \tilde{C}_8^j \cap \tilde{C}_9^j$ ki, $\tilde{C}_d^j, d = \overline{1,9}, j = \overline{1,n}$ hər bir meyardan müxtəlif əsaslar təyin ediləcək. Müxtəlif iş yerləri üçün kompyuter biliyi, dil biliyi, təhsili və s. Hər bir meyar üçün $\tilde{C}_d^j, - \alpha_d^j$ ədədi müəyyən olunmuşdur ki, bu da ekspertlər tərəfindən mühüm olan d iş yerləri üçün j -meyarı ilə xarakterizə olunur.

Bu halda seçim (4) aşağıdakı kimi olacaq.

$$\tilde{D}_j = (\tilde{C}_1^j)^{\alpha_1^j} \cap (\tilde{C}_2^j)^{\alpha_2^j} \cap \dots \cap (\tilde{C}_8^j)^{\alpha_8^j} \cap (\tilde{C}_9^j)^{\alpha_9^j} \quad (4)$$

$$\alpha_d^j = \frac{\mu_{p_d^{2j}}}{\sum_{v=26}^{34} \mu_{p_v^{2j}}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \max_i \tilde{D}_j = & \bigcap_{d=1}^9 \left(\bigcup_d (\mu_{p_1^i} \cap \mu_{p_1^i p_d^{2j}}) \cup (\mu_{p_2^i} \cap \mu_{p_2^i p_d^{2j}}) \cup (\mu_{p_3^i} \cap \mu_{p_3^i p_d^{2j}}) \cup \right. \\ & \left. (\mu_{p_4^i} \cap \mu_{p_4^i p_d^{2j}}) \cup \dots \cup (\mu_{p_{24}^i} \cap \mu_{p_{24}^i p_d^{2j}}) \cup (\mu_{p_{22}^i} \cap \mu_{p_{22}^i p_d^{2j}}) \right)^{\alpha_d^j}. \end{aligned} \quad (6)$$

m – nümayəndələr arasında olan j -iş yerlərinə qaydaların tətbiq olunması i - qeyri-səlis (4) və ya (5) qiymətlər almağa imkan verir. Əgər i – alternativ d meyarla işarə etsək \tilde{C}_d^j hər bir iş yerləri üçün $i = \overline{1,m}, d = \overline{1,9}, j = \overline{1,n}$. Bu zaman funksiya

$$\mu_{R_{ij}} = \max_i \tilde{D}_j, \mu_{R_{ij}} \in \mathcal{R}^i \quad (7)$$

Beləliklə hər bir konkret yerlər üçün ekspertlər tərəfindən mərhələlərə uyğun funksiya seçilir və bundan sonra yekun qərar verilir.

Nəticə. Bu modeldə təklif olunan qərar qəbul etmə nisbətən fərqlidir. İş yerlərinə namizədlər seçilərkən çətin formalizə olunan xassələr, müəssisələrdə müxtəlif peşələr üzrə

universal şəkildə seçim aparılır qərar qəbul etmə mərhələlərlə alqoritmləşir ki, bu da program əlavəsinin tətbiqi ilə həll edilir.

REFERENCES

1. **Pushnina I.V., Pushnina A.A.** Model prinyatiya resheniy pri podbore professionalnyh kadrov predpriyatiya. // Izvestiya Juzhnogo federalnogo universiteta. Tehnicheskie nauki, 2014, №5, s.221-229.
Пушнина И.В., Пушнина А.А. Модель принятия решений при подборе профессиональных кадров предприятия. // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2014, №5, с.221-229.
2. **Aliiev R.A., Aliiev R.R.** Computing. Chast 1. Nечetkie mnozhestvo i sistemy. - Baku: AGNA, 1996.
Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Computing. Часть 1. Нечеткие множество и системы. - Баку: АГНА, 1996.
3. **Aliiev R.A., Dzhafarov S.M., Gardashova L.A., Zeinalova L.M.** Prinyatie resheniy i upravlenie v usloviyah neopredelennosti. - Baku: Chashyogly, 1999. - 150 s.
Алиев Р.А., Джафаров С.М., Гардашова Л.А., Зейналова Л.М. Принятие решений и управление в условиях неопределенности. - Баку: Чашыоглы, 1999. - 150 с.
4. **Bershteyn L.S., Karelin V.P., Celyh A.N.** Modeli i metody prinyatiya resheniy v integrirovannyh intellektualnyh sistemah. - Rostov-na-Donu: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1999. - 278 s.
Берштейн Л.С., Карелин В.П., Целых А.Н. Модели и методы принятия решений в интегрированных интеллектуальных системах. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1999. - 278 с.
5. **Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P.** Prinyatie resheniy na osnove nechetkih modeley. Primery ispolzovaniya. - Riga: Zinatne, 1990. - 184 s.
Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. - Рига: Зинатне, 1990. - 184 с.
6. **Finaev V.I., Sevostyanenko V.V.** Metody iskusstvennogo intellekta v upravlenii personalom. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2005. – 167 s.
Финаев В.И., Севостьяненко В.В. Методы искусственного интеллекта в управлении персоналом. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 167 с.
7. **Lotov A.V., Pospelova I.I.** Mnogokriterialnye zadachi prinyatiya resheniy: Uchebnoe posobie. – M.: MAKSS Press, 2008. – 197 s.
Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

ПОДБОР КАДРОВ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА

С.Я. САЛМАНОВ

В статье рассматривается вопрос управления персоналом, в частности, подбора претендентов из множества лиц. Для осуществления на практике наилучшего подбора персонала в условиях неполноты информации рекомендуется имеющуюся о претендентах информацию делить на полностью и не полностью определенные, которые можно занести в базу данных или анализировать с помощью экспертных данных соответственно.

Ключевые слова: *принятие решений, подбор кадров, неполнота исходной информации, многокритериальные решения.*

MULTICRITERION APPROACH IN STAFF RECRUITMENT

S.Ya. SALMANOV

The article examines the human resources management, in particular the selection of candidates from the variety of individuals. For the practical purposes, in order to improve the selection process in the conditions of incomplete information it is recommended to separate the available data into the complete and incomplete fully and completely, which can be added into the database and be analyzed with the help of experts respectively.

Key words: *decision-making, recruitment, incompleteness of initial information, multi-criteria decision.*

UOT 551.501:551.507.362

KARBON QAZININ İQLİM DƏYİŞMƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Ş.Ə. ƏHMƏDOV*, M.Ş. ƏHMƏDOVA**

Məqalədə, son 15 ildə iqlim dəyişmələri sahəsində aparılan tədqiqatlar araşdırılaraq, bu dəyişmələrdə karbon qazının nə qədər rol oynadığı öyrənilmiş və bəzi mülahizələr söylənilmişdir

Açar sözlər: karbon qazı, iqlim dəyişmələri, Yerə istiqamətlənmiş istilik şüalanması, Yer in və atmosferin energetik balansı.

Karbon qazı Yer atmosferində. Yer in və atmosfer in enerji balansını araşdıran tədqiqatçılar [1] belə nəticəyə gəlmişlər ki, parnik effektinin yaranmasında əsas rolu buxar və aerosol halında olan su oynayır. Bu effektə müəyyən əlavəni karbon qazı verə bilər. Belə ki, CO₂ molekulunun intensiv udulma zolağı Yer in istilik şüalanma spektrində yerləşir. Qeyd edək ki, şüalanmanın su və karbon qazının molekulları ilə udulması fəzanın müxtəlif yerlərində baş verir. Bildiyimiz kimi su əsasən troposfer in 10 km –dən aşağı hündürlüklərində toplanmışdır. Sonradan hündürlük artdıqca onun miqdarı kəskin şəkildə azalır. Bunun əksinə olaraq, karbon qazı, havanın konvektiv hərəkəti və karbon qazı molekulunun atmosferdə yaşama müddətinin böyük olması nəticəsində hava ilə qarışır. Nəticədə karbon qazı istilik şüalarını udmaqla, su molekullarından fərqli olaraq atmosfer in hündür təbəqələrində bu şüaların mənbəyi kimi qəbul edilir. Lakin, belə yüksəkliklərdə atmosfer temperaturunun hündürlükdən asılılığı monoton olmur. Deməli, karbon qazının atmosferdə toplanması onun istilik şüalanmasının dəyişməsinə birmənalı təsir etmir. Bununla da qeyd etmək lazımdır ki, Yer atmosferində karbon qazının miqdarının artması və onun atmosfer in infraqırmızı şüalarının intensivliyinə təsiri çox dəqiq təhlillər tələb edir. Atmosferdə karbon qazının artmasına və onun Yer in enerji balansına təsirinin ayrı-ayrı aspektlərinə nəzər salaq.

Şək.1-də karbon dövrəsinin əsas mənbələri göstərilmişdir [2]. Bu məlumatların dəqiqliyinin müəyyən məhdudiyyətinə baxmayaraq, göstərilən diaqram karbon dövrəsinin əsas xüsusiyyətlərini özündə əks etdirir. Fotosintez, atmosferdə karbon qazının azalmasına səbəb olan əsas prosesdir. Fotosintez prosesinin mürəkkəb xarakteri [3] onu göstərir ki, bu proses onda iştirak edən bitkinin növündən, inkişaf fazasından və birdə onun baş verdiyi xarici

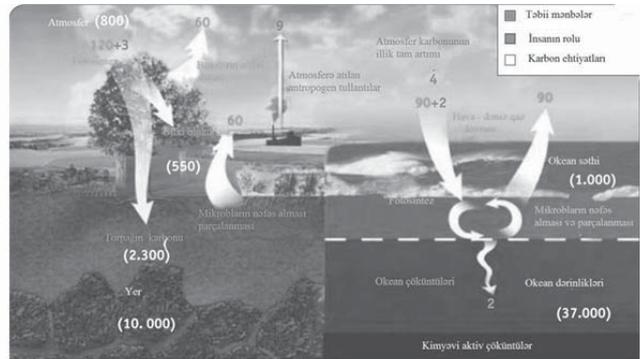
* AzTU-nun “Sənaye ekologiyası və HFT” kafedrasının professoru, f.-r.e.d.

** AMEA, H.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutunun dissertantı

şəraitdən asılıdır. Fotosintez prosesinin xarakterinə görə, fotosintezin elementar kimyəvi prosesində iştirak edən karbon atomlarının sayından asılı olaraq, bitkilər C_3 və C_4 qruplarına bölünür. Buğda, düyü, lobya daxil olan C_3 bitki qrupları üçün proses, CO_2 molekullarının aralıq məhsullarla toqquşması zamanı baş verir. C_4 qrupuna daxil olan bitkilər üçün isə, CO_2 molekulları əvvəlcə hüceyrə tərəfindən tutulur, sonradan isə proses bağlı molekulların iştirakı ilə baş verir. Bu isə, fotosintez prosesinin sürətinin, onun baş verdiyi şəraitdən müxtəlif asılılığına gətirib çıxarır. Həmçinin bu, ətraf havadakı CO_2 molekullarının miqdarından da asılıdır [4]. Fotosintez prosesi ilə yanaşı, okean üzərində atmosferdəki karbon qazının azalması, onun okeanda həll olması ilə əlaqədar ola bilər. Bu isə $CaCO_3$ növlü karbonatların yaranmasına gətirib çıxarır. Karbonatların parçalanması atmosferə qalxan karbon qazı selini yaradır. Atmosferdə karbon qazının artma mənbələrindən biri kimi, çürümə prosesini və həmçinin bitki və mikrobların nəfəs almasını da göstərmək olar.

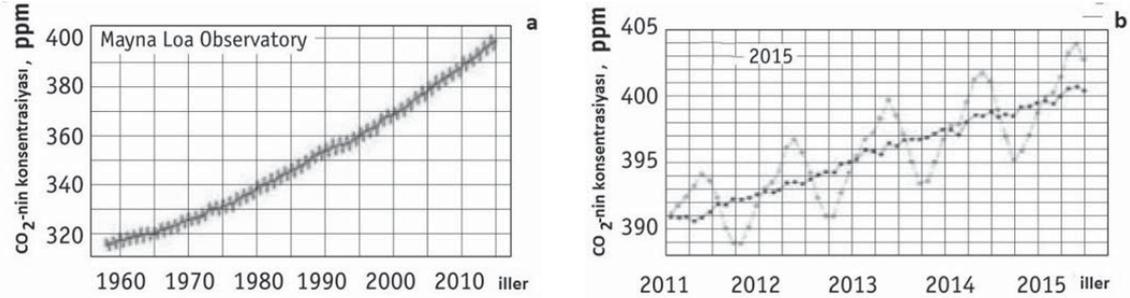
Bildiyimiz kimi, insanın həyat fəaliyyəti də karbon qazının atmosferdə artmasına gətirib çıxarır [5]. İnsanın təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri nəticəsində yaranan CO_2 selinin ən çox hissəsi yanacaq resurslarının (kömür, neft və qaz) yandırılması ilə əlaqədardır. Belə ki, karbon qazı tullantılarının 35% -i kömürün, 36% neftin və 20% təbii qazın yandırılması nəticəsində yaranır. CO_2 tullantılarının 3% sement istehsalı ilə bağlıdır. Yerdə qalan tullantılara, odunun və bioyanacaqların istifadəsi səbəbdir [6]. Cənubi Amerika, Afrika və Asiyanın tropik rayonlarında meşələrin məhv edilməsi atmosferdə karbon qazının artmasında böyük rol oynayır [7]. Hər il, demək olar təqribən $1,5 \cdot 10^5$ km² tropik meşə məhv edilir. Bu prosesin Yer iqliminə təsirini müəyyən etmək çox çətinidir. Bir tərəfdən, məhv edilmiş meşə əraziləri sonradan kənd təsərrüfatı istehsalında istifadə olunur ki, burada fotosintez prosesi əsas rol oynayır. Digər tərəfdən, meşələrin məhvi boşalmış ərazilərdən suyun buxarlanma xarakterini dəyişir. Bu da meşələrin məhvinin Yerin iqliminə təsirini birmənalı etmir.

Şək.1-də olan diaqramı digər aspektdən təhlil edək. Karbon qazının atmosferdəki miqdarının müasir qiymətində, onun bütün mənbələr üzrə atmosferə axan (daxil olan) seli, atmosferdən kənar olma selinin cəm qiymətindən çoxdur. Bu isə onu göstərir ki, müasir şəraitdə atmosferdə CO_2 molekullarının miqdarı artır. Hal-hazırda Yer atmosferində CO_2 formasında $8 \cdot 10^{17}$ q (100 mlrd.t) karbon mövcuddur. Müqayisə üçün göstərək ki, atmosferdə suyun orta kütləsi $1,3 \cdot 10^{19}$ q, atmosfer havasının kütləsi isə $5,1 \cdot 10^{21}$ q-dır. Karbon qazı molekulunun atmosferdə yaşama müddəti isə təqribən 4 ildir. Bu müddət ərzində karbon qazı atmosferdə hava ilə elə qarışır ki, bu zaman atmosferdəki CO_2 molekulunun miqdarı, onun mənbəyindən kənar olma ölçmə nöqtəsindən asılı olmur. Bu səbəbdən, karbon qazının atmosferə daxil olma və xaric olma selinin qeyri-müəyyənliyini nəzərə alaraq, atmosferdə CO_2 -nin



Şək.1. Karbonun dövranında Yer atmosferində karbon selinin mənbələri. Göstərilən qiymətlər ildə milyard ton karbonla ifadə olunmuşdur.

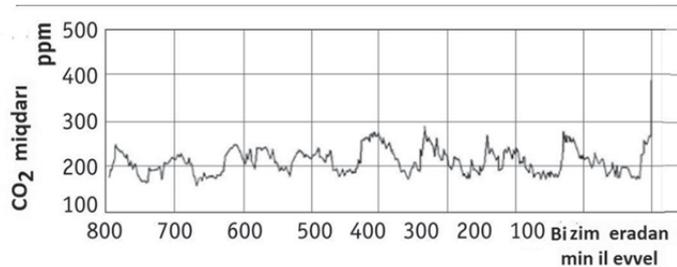
artmasını təhlil edərkən, ölçülmüş kəmiyyətdən (atmosferin karbon qazının miqdarı) istifadə etmək daha asandır. Fərz edək ki, Yer in karbon balansında, insan fəaliyyəti ilə bağlı seli nəzərə almırıq və elə düşünək ki, karbonun Yer səthindən və əksinə olan bütün selləri dəyişmir. Çünki, karbonun Yerdə və okeandakı miqdarı, onun atmosferdəki miqdarından xeyli çoxdur. Nəticədə, karbon qazının atmosferdəki miqdarı onun sənaye əsrindən əvvəlki miqdarı qədər olacaqdır. Məsələn, 1750 –ci ilə kimi olan miqdarı qədər. Bu miqdar karbonun buzlaqlardakı çöküntülərindən alınan təhlilə əsasən $260 \div 280 \text{ ppm}$ təşkil edir və 10 000 il müddətində dəyişməmişdir [8].



Şək.2 Mauna Loa observatoriyasının ölçülərinə əsasən atmosfer havasında karbon qazının miqdarı.

a) son yarım əsr ərzində və b) son illər ərzində

CO₂ molekullarının atmosferdəki müasir miqdarı və onun təkamülü haqqında daha dolğun məlumat ABŞ, Havay adalarındakı Mauna Loa observatoriyasında aparılan ölçmələrdən alınır [9]. Bu observatoriya dəniz səviyyəsindən 3400 m hündürlükdə yerləşir. Bu isə karbon qazının insan fəaliyyəti ilə bağlı olan və digər mənbələrin təsirini istisna edir. Atmosferdəki karbon qazının miqdarının 1958–ci ildən başlayan monitorinqi müasir dövrə kimi fasiləsiz olaraq davam edir. Bu monitorinqin nəticələri karbon qazının miqdarının aylıq və ya illik orta qiymətləri kimi Şək.2-də verilmişdir. Şək.2-də göstərilən məlumatlara əsasən CO₂ molekullarının atmosferdəki miqdarı 1959-cu ildəki 316 ppm -dən, 2015-ci ildəki 402 ppm -ə kimi dəyişmişdir ($1 \text{ ppm} = 10^{-6}$). Şək.2 a-dan görüldüyü kimi, CO₂ molekullarının miqdarı atmosferdə sürətlə artır. Həqiqətən karbon qazının atmosferdə artma sürəti il ərzində 1959–cu ildə 0,7 ppm -dən, 2015–ci ildə 2,1 ppm -ə kimi dəyişmişdir. Karbon qazının atmosferdəki miqdarının fəslə dəyişmələri (Şək.2 b) cənub yarımkürəsi ilə müqayisədə fotosintezin şimal yarımkürəsində daha intensiv olması ilə əlaqədardır. Nəticədə, şimal yarımkürəsində fotosintezin başladığı may ayından sentyabra kimi olan müddətdə karbon qazının ölçülən miqdarının azalması baş verir.



Şək.3 Keçmişdə karbon qazının atmosferdəki miqdarı (buzlaq buzlarının təhlilindən)

Hal-hazırda karbon qazının atmosferdəki orta illik artımı (2,1 ppm) $4,4 \cdot 10^9$ ton karbonun yandırılmasına uyğun gəlir. Bu isə bu illərdəki hasil olunan yanacaq resurslarının (kömür, neft, qaz) tərkibindəki karbondan bir qədər azdır. Şək.2 b-dən görüldüyü kimi atmosferdəki karbon qazının miqdarı 2014-cü ildə may ayından sentyabra kimi 402 ppm-dən 395 ppm-ə qədər azalmış və 2014-cü il may ayından 2015-ci il sentyabra kimi 395 ppm-dən 404 ppm-ə kimi artmışdır. Bu isə birinci halda $15 \cdot 10^9$ ton karbonun atmosferdən çıxmasına, ikinci halda isə $19 \cdot 10^9$ ton karbonun atmosfərə daxil olmasına uyğun gəlir. Görüldüyü kimi, artıq biz, karbon qazının atmosferdəki müasir miqdarı və onun dəyişmə sürəti haqqında olan məlumatlara malikik.

Karbon qazının atmosferdəki müasir miqdarının monitorinqi ilə yanaşı, bu parametrin keçmişdəki təkamülünü öyrənmək üçün, buzlaqlardakı çöküntülərdə olan karbon qazının miqdarının təhlilindən istifadə edilir. Şək.3-də karbon qazının miqdarının keçmişdə zamandan asılı olaraq dəyişməsi verilmişdir [10]. Bu kəmiyyətin ossilyasiyasının dövrilik xarakterini nəzərə almasaq, qeyd etmək olar ki, karbon qazının miqdarının orta qiyməti bizim eradakı qiymətə yaxındır.

CO₂ molekulunun atmosfer havasında şüalanması. Atmosferdə karbon qazının olmadığını nəzərə alsaq, şüalandırıcı atmosfer üçün mütləq qara cismin modeli çərçivəsində hesablanmış tarazlıq şüalanması $T_{\uparrow} = 244K$ temperaturu ilə xarakterizə olunardı. Bu isə “Yer-atmosfer” sisteminin enerji balansından alınan qalxan istilik şüalanmasının $J_0 = \sigma \cdot T_{\uparrow}^4 = 200 \text{Wt} / \text{sm}^2$ qiymətinə uyğun gəlir (burada σ - Stefan-Bolsman sabiti olub $5,67 \cdot 10^{-8} \text{Wt/m}^2\text{K}^4$ qiymətinə bərabərdir).

Aparılan hesablamalar göstərir ki, karbon qazı atmosfərə daxil edildikdə, qalxan şüalanma selinin azalmasına (şək. 4) və buna uyğun olaraq Yer temperaturunun artmasına gətirib çıxarır. Şəkildən görüldüyü kimi qalxan şüalanma selinin dəyişməsi ΔJ nisbətən azdır. Bu səbəbdən, karbon qazının atmosfərə daxil edilməsi ilə əlaqədar, Yer temperaturunun artması ΔT aşağıdakı qiyməti alır.

$$\Delta T = \frac{T}{4} \cdot \frac{\Delta J}{J_0} \approx 1,8K$$

Belə olduqda, atmosferdə karbon qazı molekullarının iki dəfə artması və ya azalması şüalanma selinin elə dəyişməsinə gətirib çıxarır ki, bu da nəticənin model xətasını aşmır. Buna görə də, *karbon qazının müasir qiymətlərində onun miqdarının göstərilən dəyişmələri heç də Yer temperaturunun dəyişməsinə gətirib çıxarmır söyləmək daha düzgün hesab oluna bilər.*

Eyni zamanda karbon qazının hal-hazırdakı miqdarının iki dəfə artması və ya azalması nəticəsində Yer orta temperaturunun dəyişməsi nisbətən çox deyil və hesablama xətalərini aşmayıb, təqribən 0,1 K-ə bərabərdir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, *karbon qazının müasir miqdarının iki dəfə artması Yer qalxan istilik şüalanmasının və bununla əlaqədar Yer orta temperaturunun dəyişməsinə gətirib çıxarmayacaq.*

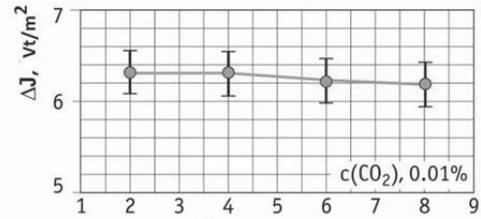
Bu nəticənin yüksək dəqiqliyini və etibarlılığını təmin edən şəraitin əlverişliliyini qeyd edək. Karbon qazı molekullarının atmosferdə yaşama müddətinin böyük olması, karbon qazının atmosfer havası ilə möhkəm qarışmasına səbəb olur. Demək yüksək hündürlüklərdə, CO₂ molekullarının mənbələrindən və mənsəblərindən uzaqda karbon qazının miqdarı həm məkan, həm də zamana görə sabitdir. Karbon qazının atmosferdə yaratdığı qalxan istilik şüalanması yüksək hündürlüklərdə formalaşır. Ona görə də atmosferin qalxan istilik şüalanma selinin spektrin əsas hissəsində nizamsızlıq yaradan havanın nəmliyi, buludların mövcudluğu, atmosfer tozu kimi amillər karbon qazı molekullarının şüalanma zolağında görünməz olurlar. Bu səbəbdən, əgər atmosfer temperaturunun hündürlüyün funksiyası kimi profili verilərsə, yüksək dəqiqlik ilə karbon qazı ilə bağlı qalxan istilik şüalanma selini hesablamaq olar. Yaxud, karbon qazının udulma zolağında şüalanma selinin ölçülmüş qiymətlərinə əsasən atmosfer temperaturunun hündürlük profilini təyin etmək olar.

Karbon qazının atmosferdə Yerə istiqamətlənmiş istilik şüalanması. İndi də karbon qazı molekulları tərəfindən yaranan və atmosferdən Yerə istiqamətlənən istilik şüalanma selini təyin edək. Şək. 5-də Yer səthinin temperatur dəyişməsinin karbon qazının miqdarından asılılığı göstərilmişdir. Fərz edilir ki, atmosferin digər parametrləri dəyişmir. Xüsusi halda, karbon qazının atmosferdəki müasir qiymətinə nisbətən miqdarını iki dəfə artırmaqla Yerin qlobal temperaturunun artım qiyməti aşağıdakı kimi olar

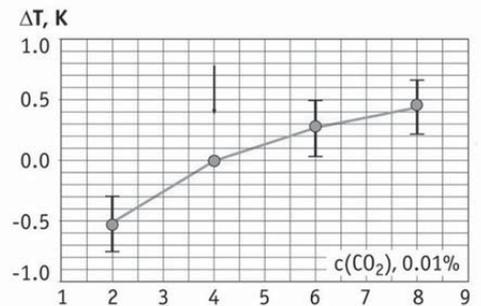
$$\Delta T = 0,4 \pm 0,2 K$$

Aşağıdakı səbəblərə görə qalxan şüalanma selini təyin etmək, Yer səthinə gələn spektral şüalanma selini təyin etməkdən daha dəqiqdir. Birincisi, Yer səthinə yaxın karbon qazının mənbələri və absorbentləri yerləşir. Bunlar isə onun miqdarına təsir edərək, yer səthinə yaxın CO₂-nin paylanmasını qeyri-bərabər edir. İkincisi, Yer səthinə yaxın karbon qazı molekullarının yaratdığı şüalanma, qismən digər komponentlərin, o cümlədən yer səthinə yaxın toz və rütubətin istilik şüalanması ilə ekranlaşır. Üçüncüsü, istilik şüalanmasının spektral xətləri bir-biri ilə kəsişir. Bu amillər, Yer səthi yaxınlığında istilik şüalanma selinin təyininin dəqiqliyini azaldır ki, bu da təqribən 40% qiymətləndirilir.

Yer iqliminin dəyişmə mexanizmi. Faktiki olaraq, atmosferdəki karbon qazının baxılan prob-



Şək.4 Atmosferə göstərilən miqdarda karbon qazı daxil etməklə (əgər əvvəldən atmosferdə karbon qazı yox idisə) atmosferin qalxan istilik şüalanma selinin dəyişməsi ΔJ .



Şək.5 Karbon qazının müasir qiyməti ilə müqayisədə miqdarının dəyişməsi hesabına Yer səthinin temperaturunun dəyişməsi.

lemi, Yer və atmosfer parametrlərinin, xüsusi ilə də insan fəaliyyəti nəticəsində baş verən dəyişməsi nəticəsində iqlimin dəyişməsi problemlərindən biridir. Belə ki, karbon qazının Yer in energetik balansında rolu az olduğuna görə, digər amillər Yer in iqliminin təkamülündə daha əhəmiyyətli rol oynaya bilər [11].

Yer in və atmosferin energetik balans ı əsasən atmosferdəki sudan asılıdır. Ona görə də onun miqdarının dəyişməsi iqlimin dəyişməsinə təsir edir [12]. Belə də, su buxarı Yer in və onun atmosferinin energetik balans ında infraqırmızı şüalanmanın mənbəyi kimi çıxış edir. Halbuki, aerozollar, o cümlədən buludların tərkibində olan aerozollar Yer in energetik balans ına nəinki istilik şüalanmasının effektiv mənbəyi kimi [13], hətta günəş şüalarının əksətdiricisi kimi də təsir edir. Qeyd edək ki, aerozolların atmosferdə miqdar ı lokal xarakter daşıyır. Xüsusi ilə aerozolların miqdar ı şimal yarımkürəsində, cənub yarımkürəsindən 3 dəfə çoxdur [14].

Su buxarı və digər komponentlər kimi, yer səthinə yaxın toz da belə bir rol oynaya bilər. Baxmayaraq ki, onun təsiri adətən lokal xarakter daşıyır. Digər parnik qazları da Yer in istilik balans ına az da olsa öz töhfələrini verirlər. Onların atmosferdəki miqdar ı karbon qazından fərqli olaraq, daha yüksək templə artır. Məsələn, 1750-ci ildən atmosferdəki metanın miqdar ı 150% -dən çox artmışdır [15]. Hal-hazırda atmosfer ozonunun baş verən sürətli azalmasını da Yer in energetik balans ında nəzərə almaq vacibdir. Çünki, ozon parnik qazlarından biri sayılır.

Beləliklə, Yer iqliminin dəyişməsinə təhlil etdikdə çoxlu sayda amilləri nəzərə almaq lazımdır. Onlardan hər hansı birini Yer in energetik balans ının dəyişməsinə gətirib çıxaran və atmosfer parametrlərinin dəyişməsinə xarakterizə edən parametrlər kimi qəbul etmək rahatdır.

Belə bir parametrlər kimi, Arrhenius [16] XIX əsrin sonunda karbon qazının atmosferdəki miqdarından istifadə etməyi təklif etdi. Bu cür praktika geniş yayılmağa başladı. Çünki, atmosferdə baş verən dəyişiklikləri təsvir etmək üçün karbon qazının miqdar ı daha stabil parametrlər sayılır. Əlbəttə, bu məqsəd üçün məsələn, dəniz səviyyəsinin illik qalxmasından da ($2,9 \pm 0,4$ mm [17]) istifadə etmək olar. Bu isə iqlimin dəyişməsinə gətirib çıxaran Yerdəki şəraitin dəyişməsinə xarakterizə edə bilərdi. Atmosferin vəziyyətini xarakterizə edən digər parametrlərdən də istifadə etmək olar. Bunlardan hər birinin dəyişməsi uyğun olaraq Yer in temperaturunun dəyişməsinə gətirib çıxarır. Lakin, atmosferdə karbon qazının miqdarından istifadə etmək daha rahat və tarixi metod kimi qəbul edilmişdir. Belə yanaşma tərzində Yer in orta temperaturu karbon qazının atmosferdəki miqdarının funksiyası kimi qəbul edilir. Bu əlaqənin xarakteristikası olaraq, atmosferdə karbon qazının 2 dəfə artması ilə Yer in orta temperaturunun dəyişməsi δT götürülür. Bu isə tarazlı iqlim həssaslığı (*equilibrium climate sensitivity*) adlanır. Məhz bu kəmiyyət tez-tez iqlim dəyişməsinin ölçüsü kimi istifadə olunur. Üstəlik, nəzərə almaq lazımdır ki, karbon qazının miqdarının dəyişməsi ilə atmosferin digər parametrlərinin dəyişməsi də baş verir. Bu kəmiyyət dəfələrlə orijinal işlərdə hesablandığı kimi, uyğun olaraq milli və beynəlxalq proqramlar çərçivəsində də hesablanmışdır. Ayrı-ayrı hesablamaların detallarına varmadan son nəticəni qeyd edək [18]

$$\delta T = (3,0 \pm 1,5)^{\circ} C$$

Baxılan parametrlərin bu qədər yüksək qeyri-müəyyənliyi, atmosferin digər parametrlərinin də yüksək qeyri-müəyyənliyi ilə əlaqədardır. Bunlar isə planetin təkamülü prosesində, karbon qazının miqdarının atmosferdə dəyişməsi ilə birgə baş verir. Bu halda iqlimin təkamülünün real xarakteri nəzərə alınır. Atmosferdə karbon qazının miqdarının dəyişməsi ilə yanaşı, digər parametrlərin dəyişməsi də baş verir.

Yerin iqlimini xarakterizə edən və ona təsir edən parametrlərin ölçülmə çətinliyinə diqqət yetirək. Bu ilk növbədə atmosferin su buxarına və aerozollara – atmosferin istilik şüalanmasını müəyyən edən əsas komponentlərə aiddir. Bu kəmiyyətlərin sıxlığının dəyişmələri, onların orta qiymətlərinin təyin etmə dəqiqliyini olduqca aşır. Bu isə müəyyən nəticələr çıxarmaq üçün daha vacibdir. Belə bir problem iqlimin dəyişmə xarakteristikası kimi istifadə olunan, Yerin orta temperaturunun ölçülməsi ilə əlaqədardır. Aydın ki, Yerin temperaturunun məkan, gündəlik, fəslə dəyişmələri on dərəcələrə çatır. Halbuki, iqlim dəyişməsinin təhlili üçün onda birlər tərtibində dəqiqlik tələb olunur. Bununla belə, daha etibarlı təhlil üçün böyük informasiya mənbəyinin olması vacibdir.

Nəticə. Atmosferin karbon qazının Yerin energetik balansına təsirinin aparılan təhlili aşağıdakı nəticəyə gətirib çıxarır. Yer və atmosfer sisteminin energetik balansında əsas enerji itkiləri, spektrin infraqırmızı hissəsindəki istilik şüalanması ilə əlaqədardır. Bu isə öz növbəsində atmosferdəki su buxarı və aerozollarla bağlıdır. Karbon qazı isə bu proses üçün ikinci dərəcəli məna kəsb edir. Karbon qazının miqdarının müasir dövrdəki qiymətlərində, onun müşahidə olunan artımı, atmosfer sərhədlərindən yuxarı qalxan infraqırmızı şüalanma selinə az təsir edir. Yer səthinə gələn bu seli isə artırır. Nəticədə, atmosferdəki karbon qazının miqdarının iki dəfə artması, Yerin iqliminə təsir edən digər atmosfer parametrlərinin dəyişməz qaldığı vəziyyətdə Yer səthinin orta temperaturunun $0,4 \pm 0,2$ K qədər artmasına gətirib çıxarır. Bu qiymət, karbon qazının miqdarının iki dəfə artması ilə Yerin orta temperaturunun empirik dəyişməsindən $(3,0 \pm 1,5 K)$ olduqca azdır və Yerin orta temperaturunun və karbon qazının dəyişməsinin müşahidə qiymətlərinin approksimasiyasıdır. Bununla yanaşı, empirik qiymət karbon qazının miqdarının atmosferdə artması ilə yanaşı, Yerin iqliminə təsir edən digər parametrlərin dəyişməsinə də nəzərə alır. Buradan belə nəticə çıxır ki, *karbon qazının atmosferdə artması müasir şəraitdə iqlim dəyişməsinə səbəb olan əsas amil deyil.*

Beləliklə, karbon qazının atmosferdəki miqdarı ancaq energetik balansın və uyğun olaraq Yerin iqliminin dəyişməsinə xarakterizə edən əlverişli göstəricidir. Bu səbəbdən, Yerin müşahidə olunan orta temperaturu ilə karbon qazının atmosferdəki cari miqdarı arasındakı nisbət sözün əsl mənasında qəbul edilə bilməz. Sonuncu onu göstərir ki, əgər yanacağın yandırılması zamanı atmosferə atılan karbon qazının arasını kəssək, bu Yerin müşahidə olunan iqlim dəyişməsində özünü az büruzə verəcəkdir.

REFERENCES

1. **Smirnov B.M.** Energeticheskij balans Zemli i atmosfery. // Energija: ekonomika, tehnika, ekologiya. № 4, 2016.
Смирнов Б.М. Энергетический баланс Земли и атмосферы. // Энергия: экономика, техника, экология. № 4, 2016.
2. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Carbon Cycle/>
3. **Blankenship R.E.** Molecular Mechanisms of Photosynthesis. (London, Wiley, 2014)
4. <http://www.ciesin.org/docs/004-038/004-038a.html>
5. **Ahmedov Sh.A.** О теории климата. – Баку: САБАН, 2016
Ахмедов Ш.А. О теории климата. – Баку: САБАХ, 2016.
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse-effect>
7. **Lawrence D., Vandekar K.** Effects of Tropical Deforestation on Climate and Agriculture. Nature Climate Change. V.5.2015/
8. <http://www.ipcc.ch/publications-and-data/ar4/wg1/en/ch757-3.html>.
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/Mauna-Loa-Observatory>.
10. **Lüthi D., Le Floch., Bereiter B. et al.** High-resolution carbon dioxide concentration record 650.000-800.000 years before present. Nature.V.453.2008.
11. **Karoly D.J.** Ozone and Climate Change, Science.V.302. 2003.
12. **Smith C.A., Haigh J.D., Toumi R.** Radiative forcing due to trends in the stratospheric water vapour. Geophys.Res.Lett. V. 28. 2001.
13. **Bellouin N. et al.** Global Estimate of Aerosol Direct Radiative Forcing from Satellite Measurements. Nature. V. 438, 2005.
14. <http://www.wmo.int/pages/themes/climate/causesof-climate-change.php>.
15. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7h.html>.
16. **Arrhenius S.** On the Influence of Carbonic Acid upon Temperature of the Ground. Philosophical Magazine. V. 41. 1896.
17. <http://en.wikipedia.org/wiki/Global-warming>.
18. **Snyder M.A., Bell J.L., Sloan L.C.** Climate responses to a climatologically vulnerable region. Geophys. Res. Lett. V. 29. 014431. 2002.

О ВЛИЯНИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Ш.А. АХМЕДОВ, М.Ш. АХМЕДОВА

В статье проанализированы климатические изменения за последние 15 лет. Обозначена роль углекислого газа в этих изменениях и даны некоторые рекомендации.

Ключевые слова: углекислый газ, климатические изменения, тепловое излучение на Землю, энергетический баланс Земли и атмосферы.

THE CARBON DIOXIDE IMPACT ON CLIMATE CHANGE

Sh.A. AHMEDOV, M.Sh. AHMEDOVA

The article studies a various works carried out on the subject of climate change over the past 15 years. It analyses an impact by the carbon dioxide on these changes and provides some considerations.

Key words: carbon dioxide, climate change, thermal radiation directed towards the Earth, the energy balance of the Earth and atmosphere.

УДК 551.576.4(479.25)

ABŞERON YARIMADASINDA GÜCLÜ KONVEKTİV PROSESLƏRİN KOMPLEKS TƏHLİLİ

N.Ş. HÜSEYNOV*, A.V. KƏRİMOVA*, A.A. AĞAYEVA*

Məqalədə ekstremal şəraitdə güclü ildırım prosesinin və güclü leysan yağışın baş verməsinin sinoptik və meteoroloji şəraitinin kompleks təhlilinə baxılmışdır.

Açar sözlər: dayanıqsızlıq enerjisi, ildırım, leysan yağış, dəniz arktik hava kütlələri.

Tədqiqatın məqsədi. Atmosferin dayanıqsızlıq şəraitində müşahidə edilən təhlükəli meteoroloji hadisələrin, ildırım, dolu, güclü leysan xarakterli atmosfer yağıntılarının kompleks təhlili böyük əhəmiyyət kəsb edir [2,3]. Abşeron yarımadası, o cümlədən H.Əliyev Beynəlxalq aeroportu ərazisində ilin keçid dövrlərində konvektiv buludlar və onlarla əlaqədar təhlükəli meteoroloji hadisələrin müşahidə edilməsi halları daha çox təkrarlanır [5]. Bu baxımdan məqalədə Abşeron yarımadası timsalında qeyd edilən təhlükəli atmosfer hadisələri kompleks təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın təhlili və nəticələri. Faktiki müşahidə materiallarının təhlilinə görə sentyabrın 28-i gündüz saatlarından etibarən 29-u səhər saatlarından əvvəlki ərazisində qeyri-sabit hava şəraiti müşahidə edilmiş ildırım, güclü leysan yağış, dağlıq və dağətəyi ərazilərdə isə sulu qar və qar müşahidə edilmişdir.

Sentyabrın 28-i gündüz saatlarından 29-u səhər saatlarından Bakı və Abşeron yarımadasına düşən yağıntının miqdarı 18-65 mm təşkil etmişdir [7].

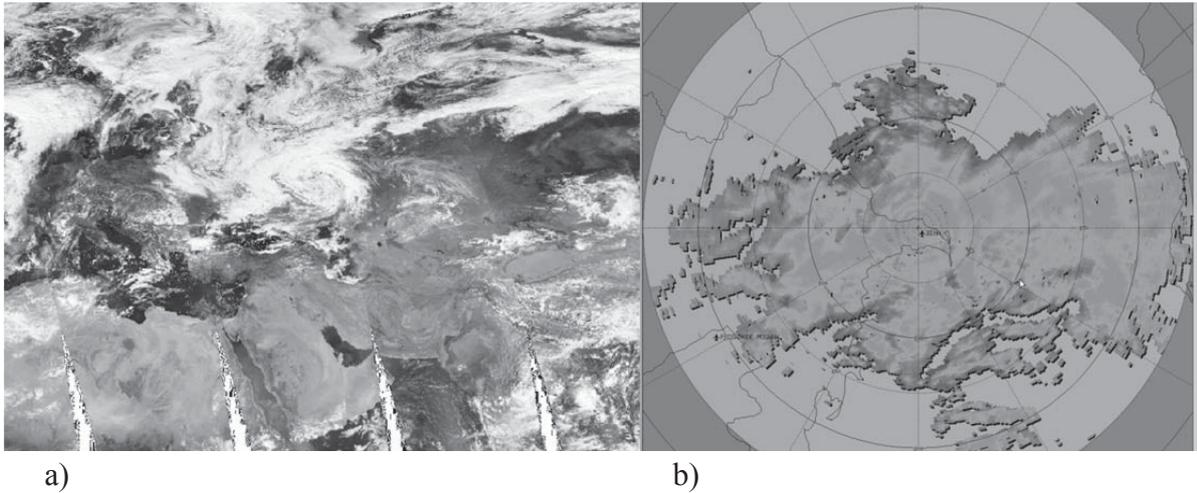
Sentyabrın 25-dən etibarən oxu Skandinaviya yarımadasına yönəlmiş təzyiq yalı yaranmağa başlamışdır. Həmin müddət ərzində mərkəzi Xəzər dənizinin şimalında olan 3 qapalı izobara malik siklon mövcud olmuşdur. Bu zaman dəniz arktik (DA) hava kütlələrinin mülayim enliklərə doğru hərəkəti başlamışdır. Həmin hava kütlələri Xəzər dənizi və Qafqaz ərazilərinə Şpitsbergen və Qrenlandiyadan mülayim enliklərin antisiklonları sistemində daxil olur və burada il boyu müşahidə olunurlar. Bu proses zamanı adətən DA hava kütlələri cənuba doğru hərəkət edərək mülayim qurşağın soyuq kontinental hava kütlələri ilə transformasiyaya uğrayır, lakin ilin soyuq dövründə daha sürətlə hərəkət etdiyindən öz əvvəlki xassələrini bir qədər saxlaya bilər. Məhz bu səbəbdən, Abşeron yarımadasında hava şəraiti kəskin pisləşir və qeyri-sabit keçir. Eyni ilə təhlilini apardığımız proses zamanı da sentyabrın 25-dən başlayaraq DA hava kütlələri cənub şərqi hərəkət etmişlər. Daha sonrakı günlərdə Qara dənizin qərbindən

* Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası

keçərək mülayim enliklərin havası ilə transformasiyaya uğramış, respublika ərazisinə qərbdən daxil olmuşlar. Beləliklə, sentyabrın 27-si gecə saatlarından etibarən soyuq DA hava kütlələri bizim ərazimizə daxil olmuşdur. Nəticədə, havanın temperaturu əvvəlki günlərə nisbətən 4–6⁰C aşağı düşmüşdür. Gün ərzində səhər saatlarında zəif şimal-şərq, günorta saatlarında isə şimal, şimal-qərb istiqamətli küləklər müşahidə edilmişdir.

Şəkil 1-in (a) bəndində 28 sentyabr tarixində 00.00 UTC-də böyük sinoptik miqyasda ərazimizə daxil olan bulud sisteminin peyk təsviri göstərilmişdir. Şəkilin (b) bəndində isə 16.00 UTC-də radar təsviri göstərilmişdir. Bu təsvirdə yaşıl rəngdə olan hissələr yağış və ya zəif leysan yağış, sarı rəngdə olan hissələr mülayim leysan yağış, narıncı rəngdə olanlar isə güclü leysan yağış hadisəsini göstərir.

Gün ərzində leysan yağış və fasilələrlə ildırım müşahidə olunmuşdur. Həmin gün üçün tərtib edilmiş model məlumatlarına (GDAS-Global Data Assimilation System) əsasən atmosferin dayanıqsızlıq vəziyyəti təhlil edilmişdir. Bu zaman atmosferin dayanıqsız vəziyyətini xarakterizə edən və ildırımın proqnozlaşdırılmasında istifadə olunan – Vaytinq, Showalter (SI), Lifted (LI), Total-Totals (TT), S və Thompson indeksləri hesablanmışdır. Qeyd edək ki, adları çəkilən indekslərin bəzilərinin qiymətləri nə qədər böyük olarsa, ildırım ehtimalı bir o qədər böyük olur. Lakin, SI və LI-nin daha kiçik mənfi qiymətləri atmosferdə konvektiv proseslərin intensivliyinin əsas göstəricisi kimi qəbul edilir [4, 6, 8, 9].

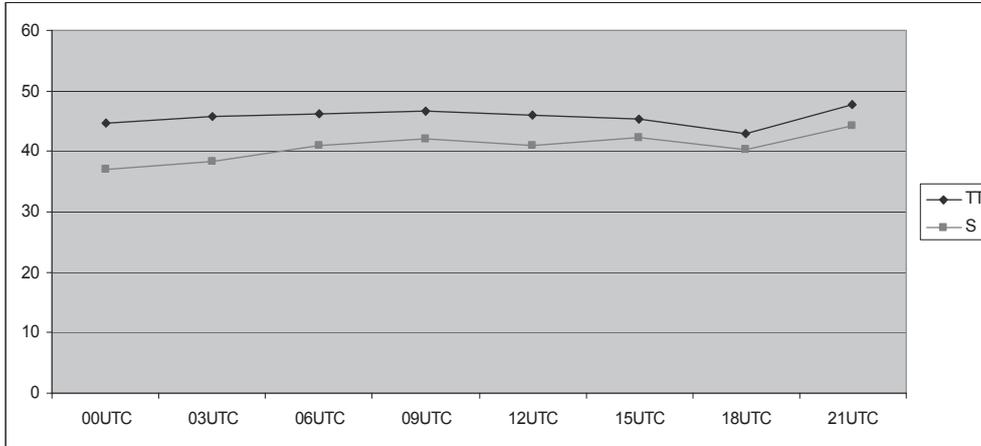


Şəkil 1. 28 sentyabr 00.00 UTC-yə olan peyk təsviri (a) və 16.00 UTC-yə olan radar (b) təsviri

S indeksi ildırımın intensivliyinin proqnozlaşdırılması və onun əhatə etdiyi ərazinin sahəsi üçün istifadə olunur və bu indeks Total-Totals indeksinin qiymətləri əsasında hesablanır. Aparılan hesablamalar nəticəsində alınan kəmiyyət 40-dan böyük olarsa, bu zaman ildırım proqnozlaşdırılır.

Total-Totals indeksi özündə iki göstəricini əks etdirir: Vertical Totals (VT) və Cross Totals (CT). Vertical Totals özündə statik dayanıqlığı və ya 850-500 hPa-da temperaturun şaquli qradientini əks etdirir. Cross Totals indeksi isə 850 hPa-da şəh nöqtəsi temperaturunu əks etdirir. Bu indeksin 44-dən kiçik qiymətlərində ildırım proqnozlaşdırılmır [9].

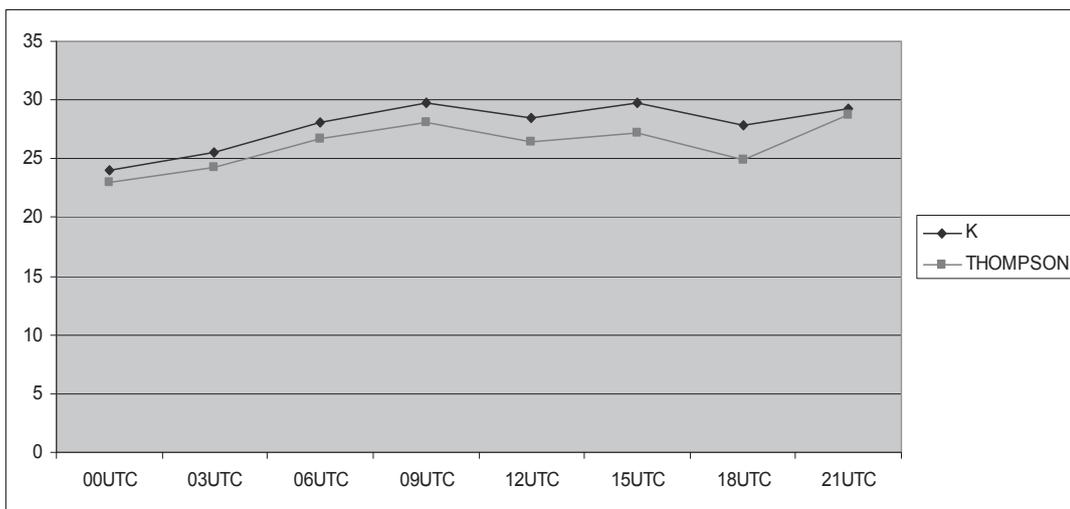
Hesablamalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, adları çəkilən indekslərin maksimum qiymətləri 09:00 və 21:00 UTC-də müşahidə olunmuşdur (Şəkil 2).



Şəkil 2. 28.09.16 tarixində Total-Totals və S indekslərinin qiymətləri

Həmin gün üçün model məlumatının təhlili göstərir ki, yer səthindən 1,5 km və 3,0 km hündürlüklərdə şəh nöqtəsi çatışmazlığı (Δ_{850} , Δ_{700}) və 500 hPa - da havanın temperaturu kiçik qiymətlər almışdır. Lakin, Vaytinq (K) indeksinin təhlilinə əsasən, qış aylarında 500 hPa izobarik səviyyədə havanın temperaturunun kiçik, yay aylarında isə böyük qiymətlərində ildırım müşahidə olunur. Model məlumatına əsasən, gün ərzində yer səthində havanın orta temperaturu $19,7^{\circ}\text{C}$ təşkil etmişdir.

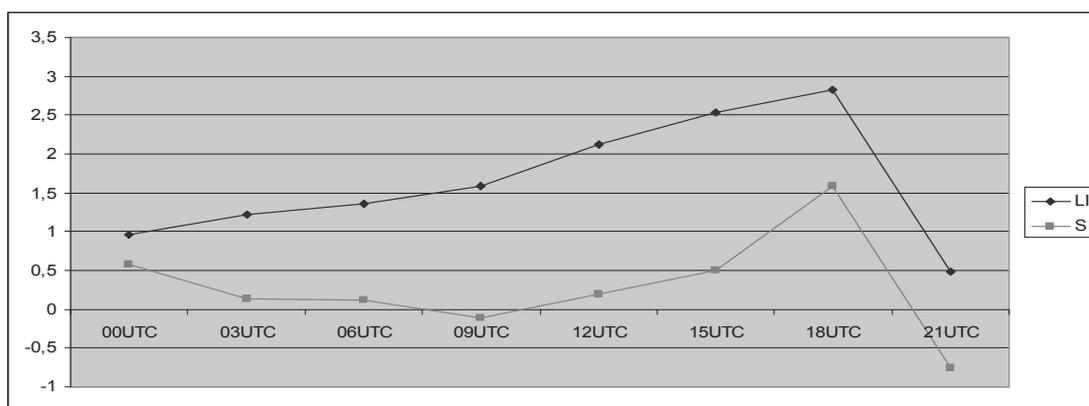
K indeksi temperaturun şaquli qradiyentinə əsaslanmaqla, aşağı troposferdə havanın rütubəti, həmçinin havanın rütubətli qatının şaquli gücü nəzərə alınmaqla hesablanır. K indeksi ildırımın yaranması və inkişafı üçün vacib olan hava kütləsinin konvektiv dayanıqsızlıq dərəcəsinə xarakterizə edir. İndeksin 20-dən böyük qiymətlərində ildırım proqnozlaşdırılır. Ümumiyyətlə, bu indeksin qiyməti nə qədər yuxarı olarsa, bir o qədər güclü ildırım və leysan ehtimal olunur (Şəkil 3).



Şəkil 3. 28.09.16 tarixi üçün K və Thompson indekslərinin qiymətləri

İldırımın intensivliyinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilən indekslərdən biri də Thompson indeksidir. Bu indeksin 25-dən böyük qiymətlərində ildırım ehtimalı mövcuddur [9].

Konveksiyanın fiziki mahiyyətinə əsasən atmosferdə adiabatik qalxan hava hissəciyi nə qədər isti və rütubətli olarsa, proses bir o qədər intensiv baş verir. Bu da dayanıqsızlığın kriteriya qiymətlərinin hesablanmasında Showalter (SI) və Lifted (LI) indekslərinin daha kiçik mənfi qiymətlərinin atmosferdə konvektiv proseslərin intensivliyinə mütənəsibliyinin göstəricisi kimi qəbul edilir. Hər iki indeks sıfırdan kiçik qiymətlər alarsa, bu atmosferin dayanıqsız vəziyyətdə olması deməkdir (Şəkil 4).



Şəkil 4. 28.09.16 tarixi üçün Lifted və Showalter indekslərinin qiymətləri

Qeyd edək ki, SI və LI vasitəsilə ildırım hadisəsinin proqnozlaşdırılması mülayim enliklərdə siklonun isti sektorunda qalxan hava axınlarında özünü doğruldur. Qütb hava axınları zamanı və ya qışda yağıntıların proqnozlaşdırılmasında bu indekslərin tətbiqi özünü doğrultmadığı müəyyən olunmuşdur [6].

Cədvəl 1

28.09.16 tarixində gün ərzində müşahidə olunan ildırım və müvafiq hesablanmış indekslər

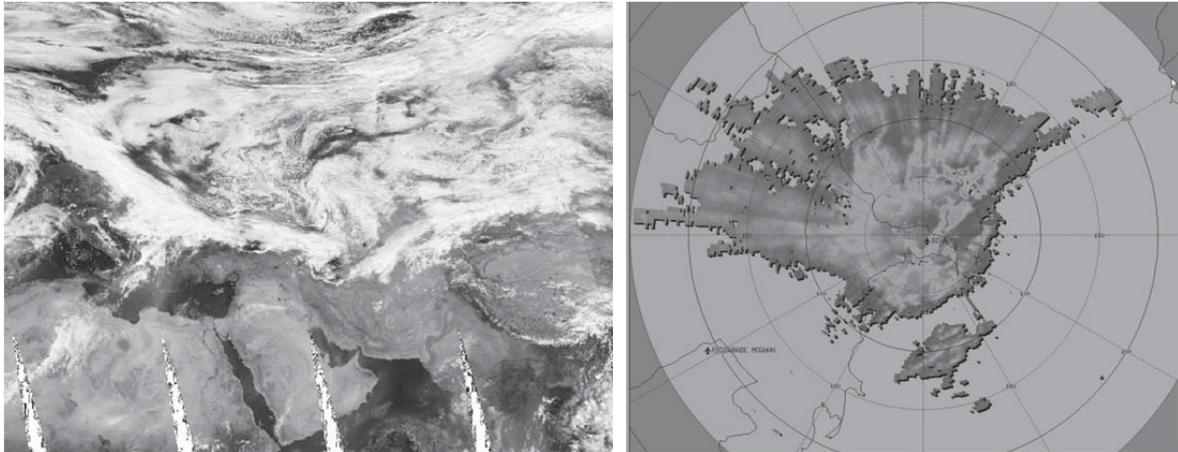
| Saat (UTC) | Faktiki hava (ildırım) | İndekslərə əsasən ildırımın proqnozlaşdırılması | | | | | |
|------------|------------------------|---|----|---|----|----|----------|
| | | K | TT | S | LI | SI | Thompson |
| 00:00 | olmayıb | + | + | - | - | - | - |
| 03:00 | olub | + | + | - | - | - | - |
| 06:00 | olub | + | + | + | - | - | + |
| 09:00 | olub | + | + | + | - | + | + |
| 12:00 | olub | + | + | + | - | - | + |
| 15:00 | olub | + | + | + | - | - | + |
| 18:00 | olub | + | - | + | - | - | - |
| 21:00 | olmayıb | + | + | + | - | + | + |

Yuxarıda qeyd olunan qrafiklərdə (Şəkil 2, 3) indekslərin minimum qiymətləri 00 və 18 UTC-də müşahidə edilmişdir. Qeyd olunan saatlarda yer səthindən 1,5 km və 3,0 km hündürlüklərdə şəh nöqtəsi çatışmazlığı (Δ_{850} , Δ_{700}) böyük qiymətlər almışdır. Faktiki hava haqqında müntəzəm hava məlumatlarına əsasən həmin saatlarda ildırım müşahidə edilməmişdir (00:00 UTC) və ya həmin saatdan sonra ildırım fəaliyyəti dayanmışdır (18:00 UTC).

Cədvəl 1-də “+” işarəsi ildırımın olacağını, “-” işarəsi olmayacağını bildirir. Saat 21:00 UTC-də bütün indekslərdə (Lifted indeksi istisna olmaqla) ildırımın proqnozlaşdırılmasına baxmayaraq, qeyd edilən atmosfer hadisəsi müşahidə edilməmişdir.

17.10.16 tarixində günorta saatlarından 18.10.16 səhərdək Bakı və Abşeron yarımadasına düşən yağıntının miqdarı 7-90 mm təşkil etmişdir [7]. Birinci prosesə oxşar olaraq bu proses zamanı da Şimali Afrika, İtaliya ərazisindən başlayan təzyiq yalının oxu Skandinaviya yarımadasının şimalına qədər uzanmışdır, digər tərəfdən isə qütb siklonunun çökəkliyi Mərkəzi Sibir ərazisindən Qara dənizin qərbinə qədər uzanmışdır. Bununla da oktyabrın 15-dən etibarən DA hava kütlələrinin mülayim enliklərə doğru hərəkəti başlamışdır. Daha sonra həmin hava kütlələri Qara dənizin şimal-şərqindən keçərək ərazimizə şimal-qərbdən daxil olmuşlar. Bu zaman havanın temperaturu əvvəlki günlərə nisbətə 8 - 10 °C aşağı düşmüşdür. Gün ərzində səhər və günorta saatlarında mülayim şimal, şimal-şərq, axşam və gecə saatlarında isə güclü şimal, şimal-qərb istiqamətli küləklər müşahidə edilmişdir.

Şəkil 5-in (a) bəndində 17 oktyabr 00.00 UTC vaxtında respublika üzərində müşahidə olunan bulud sistemi göstərilmişdir. Şəkilin (b) bəndində isə 12.00 UTC-də radar təsviri göstərilmişdir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi yaşıl rənglə yağış və ya zəif leysan yağış, sarı rənglə isə mülayim leysan yağış hadisəsi təsvir olunmuşdur.



a) b)
Şəkil 5. 17.10.16 tarixində 00.00 UTC-yə olan peyk təsviri (a) və 12.00 UTC -yə olan radar (b) təsviri

17.10.16 tarixi üçün tərtib edilmiş model məlumatlarına əsasən atmosferin dayanıqsızlıq vəziyyəti təhlil edilmişdir. Təhlillər göstərir ki, yer səthindən 1,5 km və 3,0 km hündürlüklərdə şəh nöqtəsi çatışmazlığı (Δ_{850} , Δ_{700}) kiçik qiymətlər almışdır. Bununla da atmosferdə

yüksək rütubət tutumu hesabına güclü topa-yağış buludları yaranmışdır. Model məlumatlarına əsasən yer səthində havanın temperaturu orta hesabla 12,3 °C təşkil etmişdir. İndekslərin hesablanması nəticəsində məlum olmuşdur ki, yuxarıda adları çəkilən indekslərin heç birində ildırım proqnozlaşdırılmır.

Hər iki tarixdə müşahidə edilən prosesləri təhlil etmək üçün faktiki hava məlumatı (METAR), peyk təsvirləri, doppler radiolokatoru və model məlumatlarından istifadə edilmişdir. Aparılan təhlillərdən məlum olmuşdur ki, respublika ərazisində konvektiv buludlarla əlaqədar təhlükəli atmosfer hadisələri və onların intensivliyi dayanıqsızlıq enerjisi və hava kütlələrinin transformasiyası ilə sıx bağlıdır.

REFERENCES

1. **Hüseyinov N.Ş.** Sinoptik meteorologiya. Bakı, 2011.
2. **Hüseyinov N.Ş., Məlikov B.M., Hacıyev A.X., Məmmədova H.V.** Azərbaycan Respublikasının Beynəlxalq Hava Limanlarında konvektiv buludlar və ildırımların fiziki-statistik təhlili. Müstəqillik illərində Coğrafiyanın inkişafı/ Fiziki Coğrafiya kafedrasının 70 və Hidrometeorologiya kafedrasının 40 illik yubleyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransı, BDU, Bakı, 2013, s.564-568
3. **Hüseyinov N.Ş., Məlikov B.M., Hacıyev A.X., Məmmədova H.V.** Hava limanları ərazisində konvektiv buludlar və ildırımların yaranmasının qanunauyğunluqları // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri, 2013, №1, s.43-55
4. **Melikov B.M.** Diagnosticheskie parametry usloviy formirovaniya groz i ozenka ih effektivnosti. Müasir Geosistemlərin Regional – Coğrafi Problemləri// Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin Əsərləri, 2012, XII cild, s. 289-294
5. **Pashaev A.M., Imanov F.A., Gusejnov N.Sh. i dr.** Klimaticheskaja karakteristika Aeroporta Gejdar Aliev. Bakı, 2007
Пашаев А.М., Иманов Ф.А., Гусейнов Н.Ш. и др. Климатическая характеристика Аэропорта Гейдар Алиев. Баку, 2007
6. **Hüseyinov N.Ş., Məlikov B.M.** İldırım hadisələrinin proqnozunda dayanıqsızlıq indekslərinin tətbiqinin təhlili // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, 2012, №1, s.15-18
7. <http://www.1news.az>
8. <http://www.ready.noaa.gov>
9. <http://www.scs.netai.net>
10. <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov>

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СИЛЬНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА АПСШЕРОНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Н.Ш. ГУСЕЙНОВ, А.В. КЕРИМОВА, А.А. АГАЕВА

В статье выполнен комплексный анализ синоптических и метеорологических условий в сезон образования мощного грозового процесса и сильного ливневого дождя.

Ключевые слова: энергия неустойчивости, гроза, ливневый дождь, морской арктический воздух

THE COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE STRONG CONVECTIVE PROCESSES IN THE ABSHERON PENINSULA

N.SH. HUSEYNOV, A.V. KERİMOVA, A.A. AGAYEVA

The article provides the comprehensive analyses of the synoptic and meteorological conditions in season of behind the severe thunderstorm and the heavy torrential rain.

Key words: unstable energy, thunderstorm, torrential rain, arctic marine air.

Содержание 9-го тома (январь – декабрь 2017)

Том 9. № 1

Авиация

| | |
|--|---|
| Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х., Алиев А.А. Определение долговечности лакокрасочных покрытий с использованием трибофатических испытаний | 7 |
|--|---|

Механика и машиностроение

| | |
|--|----|
| Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Возный А.В., Вудвуд А.Н. Дисково-колодочные тормозные устройства: теория, расчет и конструирование (часть I) | 15 |
| Гафаров А.М., Шарифов З.З., Алиев Ч.М., Кулиев А.М. Влияние остаточных напряжений на износ втулок цепных звездочек брашпильей судов различного назначения | 32 |
| Мамедов В.Т., Агадиева Т.А. Расчет для регулирования пакеров и приведения их в действие | 41 |

Нефть и газ

| | |
|---|----|
| Алиев М.И., Гусейнов Г.С. Золотоносность руд Маднеульского медно-барит-полиметаллического месторождения | 46 |
| Мурватов Ф.Т., Усубалиев Б.Т. Прогнозирование эффективности применения новой технологии на призабойной зоне скважин | 53 |
| Мамедтагазаде А.М., Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед, Тагиев А.Б. Минимизация сил сопротивления в горизонтальных скважинах | 57 |
| Сулейманов Э.М., Сулейманов Э.Т. Повышение прочности, трещиностойкости и сцепления цементного раствора со стенкой скважины и обсадными трубами | 65 |

Нефтехимические технологии

| | |
|--|----|
| Мурсалова Л.А., Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Применение озонлиза для облагораживания сырья каталитического крекинга | 69 |
| Геюшов Ш.З. Выделение фенантрена из остатков нефтехимических производств и синтеза на его основе | 75 |

Энергетика

| | |
|--|----|
| Баламетов А.Б. Пути повышения эффективности эксплуатации электрических сетей электроэнергетической системы Азербайджана | 81 |
|--|----|

Информационные технологии

| | |
|---|-----|
| Гаджиева Р.Ф. Обобщенные интервальные байесовские механизмы вывода в задаче принятия решения при многокритериальном выборе альтернатив | 92 |
| Рзаев Х.Н. Исследование алгоритмов кодирования/раскодирования информации в теоретико-кодированной схеме Мак-Элиса с использованием эллиптических кодов | 103 |
| Гезалов С.К. Генетические алгоритмы решения многокритериальных задач транспортной логистики в условиях нечеткой неопределенности | 110 |

Экология

| | |
|--|-----|
| Джафаров Н.И., Алиев Ф.Ф., Халилова Х.Х. Коррелятивный спектральный подход к моделированию солнечной радиации | 124 |
| Хроника | 134 |

Том 9. № 2

Авиация

| | |
|--|----|
| Пашаев А.М., Каримли Т.И., Нейматов В.А. Исследование схемы измерительной цепи с пьезоэлектрическим дифференциальным акселерометром | 7 |
| Набиев Р.Н., Газарханов А.Т., Абдуллаев А.А. Малоразмерные беспилотные летательные аппараты и средства борьбы с ними | 15 |
| Искендеров И.А. Особенности методов измерения загруженности и центровки воздушных судов | 21 |

Механика и машиностроение

| | |
|---|----|
| Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х., Дышин О.А. Стохастический подход к решению задачи о деформации границы раздела в нагруженном твердом теле | 34 |
| Джамалов Я.Т., Аскеров К.А. Концепция управления развитием системы вооружения | 47 |
| Дышин О.А., Габибов И.А., Абасова С.М. Оперативная оценка межремонтного периода погружных электронасосов с учетом возможного появления опасных отказов | 53 |

Нефть и газ

| | |
|--|----|
| Вольченко Д.А., Марцинкив О.Б., Думний А.В. Вывос жидкости из забоя газовой скважины с применением дополнительной пластовой энергии | 61 |
| Мурватов Ф.Г., Мамедова Г.Г. Определение глубины расположения водно-нефтяного контакта скважин с длинными фильтрами | 68 |
| Гамашаева М.Д. К вопросу применения рудничных способов разработки месторождений тяжелых нефтей и перспективы их развития | 72 |
| Нуруллаев В.Х., Усубалиев Б.Т. Действие различных факторов на реофизико-химические свойства нефтей, их состав и структуру | 81 |

Нефтехимические технологии

| | |
|---|----|
| Амиров А.А., Геюшов Ш.З., Гаджиев И.Н. Синтезы на основе циклопентадиена, метилциклопентадиена и антрацена, выделенных из жидких продуктов пиролиза установки ЭП-300 | 90 |
|---|----|

Экономика

| | |
|--|----|
| Велиев Р.Г., Джавадова С.М. Управление портфелем ценных бумаг на основе минимизации условных ожидаемых потерь | 95 |
|--|----|

Энергетика

| | |
|---|-----|
| Абдиева-Алиева Г.А. Регулирование высокого потребления воды в гидроэнергетическом комплексе Шамкир | 106 |
|---|-----|

Информационные технологии

| | |
|--|-----|
| Гасанов М.Г., Магеррамов В.А. Применение пьезоэлектрического дефлектора светового луча в оптических коммутаторах волоконно-оптических сетей связи | 116 |
| Сафарова А.А. Разработка алгоритма оптимального распределения водных ресурсов районных оросительных систем | 122 |
| Мустафаева С.Р. Аддитивное и мультипликативное взаимодействие стохастических процессов | 132 |
| Хроника | 136 |

Том 9. № 3

Механика и машиностроение

| | |
|--|----|
| Садыгов И.Р. Нелинейно-упругие деформации неоднородных ортотропных гибких оболочек | 7 |
| Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Вольченко Н.А., Витвицкий В.С., Чуфус В.М. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть 1) | 18 |
| Асланов З.Ю. Развитие национальных систем стандартизации стран СНГ с учетом международных требований | 31 |

Нефть и газ

| | |
|--|----|
| Салаватов Т.Ш., Хуррам Игбал. Вероятные причины повреждений НКТ в газоконденсатных скважинах | 39 |
| Вольченко Д.А., Думний А.В. Методы борьбы с обводнением газовых скважин | 49 |
| Гулиев А.С., Гурбанов А.Н. Урегулирование нормы расхода реагентов, используемых при транспортировке добываемого газа из морских месторождений | 56 |
| Дышин О.А. Решение задачи нестационарной фильтрации жидкости в трещиновато-пористом кольцевом пласте с применением дискретного вейвлет-преобразования | 65 |
| Алиев М.И., Ширинов Ю.Р., Гусейнов Г.С. Особенности геологического строения и золотоносность руд Гызылбулагского месторождения (Малый Кавказ) | 82 |
| Искендеров Э.Х. Оптимальные технологии сбора и транспорта мультифазных продукций скважин на морских месторождениях | 92 |

Нефтехимические технологии

| | |
|--|-----|
| Мустафаева Г.Р. Разрушение эмульсий в постоянном электрическом поле | 100 |
| Гусейнова Э.А. О природе активных центров бицеолитного катализатора в процессе (окислительного каталитического) оксикрекинга вакуумного газойля ... | 104 |

Информационные технологии

| | |
|---|-----|
| Абдуллаев И.А. Анализ системных особенностей архитектурной среды по различным факторам | 111 |
|---|-----|

Строительство

| | |
|---|-----|
| Гаджиев М.А., Халилов Г.А., Алаева С.М. Уравнение ползучести бетона с нисходящей ветвью и решение релаксационных задач на его основе | 118 |
|---|-----|

Экономика

| | |
|--|-----|
| Сулейманов Г.С., Гараев Р.Г., Мамедова С.А. Новые источники финансирования предпринимательства в Азербайджане | 128 |
| Алиева В.С. Модели роста и статистики потребления населения | 134 |

Экология

| | |
|--|-----|
| Алиева Е.Н. Метод оптимальной оценки степени биоразнообразия в экологических системах | 138 |
|--|-----|

Том 9. № 4

Механика и машиностроение

| | |
|--|----|
| Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Вольченко Д.А., Скрыпник В.С., Чуфус В.М. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть 2) | 7 |
| Гафаров А.М., Рагимова М.С. Исследование накопления усталостного повреждения при нестационарном напряжении | 19 |
| Халилов И.А., Керимов С.Х., Иманов А.С. Аналитическое определение радиуса кривизны профиля кулачка кулачкового механизма с роликовым толкателем | 25 |
| Скрыпник В.С. Передача и перераспределение упругой энергии навиваемого каната на бочку барабана в спуско-подъемном оборудовании (часть I) | 30 |
| Мамедов В.Т., Сулейманова А.Д. Исследование свойств скважинных пакерующих элементов при поперечном ударе | 45 |

Нефть и газ

| | |
|---|----|
| Мираламов Г.Ф., Искендеров Э.Х. Об усовершенствовании контрольно-измерительной системы газа с применением энергосберегающей технологии | 50 |
| Агамедова С.А. Многокритериальная оценка степени коррозионного повреждения участков газопровода при неоднозначных экспертных мнениях | 55 |
| Ибрагимов Н.Ю., Ибрагимова Э.Н. Диагностика образования трещин в силикатных покрытиях труб | 65 |
| Исмайлов Г.Г., Есполов И.Т., Акперова К.Г. Диагностирование потери структурной устойчивости транспортируемых аномальных нефтей | 69 |

Нефтехимические технологии

| | |
|---|----|
| Исмайлов Г.Г., Нуруллаев В.Х., Адыгезалова М.Б. О рео-нано-химических особенностях нефтяных смесей | 75 |
|---|----|

Приборостроение

| | |
|---|----|
| Джамалов Я.Т., Аскеров К.А. Концепция развития оптико-электронных приборов | 86 |
| Дамирова С.З., Зейналов С.А., Таиров Б.А. Термостабильные датчики Холла на основе In_1-xGa_xSb | 93 |

Экономика

| | |
|---|----|
| Маркова О.Н., Гусейнов Р.А. Влияние прямых иностранных инвестиций на экономику | 97 |
|---|----|

Энергетика

| | |
|--|-----|
| Гасанов М.Г. Многоканальный пьезоэлектрический коммутатор адаптивных оптических сетей | 107 |
|--|-----|

Информационные технологии

| | |
|---|-----|
| Салманов С.Я. Подбор кадров на основе многокритериального подхода | 113 |
|---|-----|

Экология

| | |
|---|-----|
| Ахмедов Ш.А., Ахмедова М.Ш. О влиянии углекислого газа на изменение климата | 119 |
| Гусейнов Н.Ш., Керимова А.В., Агаева А.А. Комплексный анализ сильных конвективных процессов на Апшеронском полуострове | 127 |

| | |
|---|-----|
| Содержание 9-го тома (январь – декабрь 2017 г.) | 133 |
|---|-----|

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 yazıla bilər və onun bir nüsxəsi redaksiyaya təqdim olunmaqla, aşağıdakıları özündə əks etdirməlidir:

1. Məqalənin adı, müəlliflərin adı (3 dildə tərcüməsi), işin yerinə yetirildiyi müəssisənin adı;
2. UDK kodu;
3. Annotasiya, 5 cümlədən çox olmayaraq (3 dildə tərcüməsi);
4. Açar sözlər, 10 sözdən çox olmayaraq (3 dildə tərcüməsi);
5. Məqalənin mətni;
6. Ədəbiyyat siyahısı (mənbə haqqında tam məlumat);

7. Şəkilaltı yazılar və cədvəllər;

8. Müəlliflər haqqında məlumatlar (adı, soyadı, atasının adı, elmi dərəcəsi, elmi rütbəsi, vəzifəsi, telefon nömrəsi, e-mail adresi), hansı müəlliflə yazışma aparılmalı olduğu qeyd edilməli;

Məqalənin əlyazmasına müəssisə rəhbərinin imzası ilə rəzılıq məktubu əlavə olunmalıdır.

Mətnin yenidən yığılması zamanı yarana biləcək nöqsanları aradan qaldırmaq məqsədi ilə məqalə mətni Word for Windows formatında, Times New Roman şrifti ilə elektron şəkildə də redaksiyaya təqdim edilə bilər.

Əlyazmanın nəşri üçün müəlliflərdən ödəniş alınmır.

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), наименования учреждений, где была выполнена работа;
2. Коды УДК;
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. Подписанные 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 взимается.

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 publishers.

The Author/s should submit one copy of article in Azerbaijani, Russian or English, including next:

1. Title, authors' names (translated into three languages), name 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 9. № 4

Vol. 9. № 4

Том 9. № 4

BAKİ – 2017

İnformasiya şöbəsinin müdiri

N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdiri

A.M. Dənziyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və
hazır deopozitivlərdən **“Apostroff”**
mətbəəsində ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.

Çapa imzalanmış 12.12.2017,

formatı 60x84 1/8,

kağız təbəşirli, f.ç.v. 17

Tirajı 1245 əd.