



**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 10. № 2
Vol. 10. № 2
Том 10. № 2

BAKİ – 2018

**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ
*Beynəlxalq elmi-texniki jurnal***

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

REDAKSİYA HEYƏTİ:

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

REDAKSİYA ŞURASI:

akademik B.V. Qusev (Rusiya), prof. N. Antoneski (Rumınıya), 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 (Qazaxistan), prof. Junq – Younq Son (Koreya),
akademik A.V. Karimov (Özbəkistan), prof. D. Mavrakis (Yunanistan), akademik N.K. Mişkin (Belarusiya),
prof. Nejdet Sağlam (Türkiyə), akademik V.E. Panin ((Rusiya), akademik A.İ. Prangishvili (Gürcüstan),
prof. **S. Putko** (Polşa), akademik A.İ. Vasiliyev (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, **S.Y. Muslimov**, 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), **Nejdet Sağlam**, professor (Turkey), **V.E. Panin**, academician (Russia), **A.I. Prangishvili**,
academician (Georgia), **S. Pytko**, professor (Poland), **A.I. Vasiliyev**, academician (Ukraine)

TƏSİŞÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birliyi.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövriliyi ildə 4 dəfədir.

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

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

Jurnal “Rusyanın elmi sitat indeksləşməsi” (RESI) layihəsinə daxil edilib.

Jurnalının tam mətn elektron versiyası Rusiya Universal Elmi Elektron kitabxananın 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”

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

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvani: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,
Bakı şəhəri, K.Səfəraliyeva 22.
Tel/Faks: (+99412) 598 24 52
E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://ama.com.az>

REKLAMALARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR REDAKSIYAYA
MÜRACİƏT EDƏ BİLƏRSİNİZ

FOUNDER:

Public union “Azerbaijan Engineering Academy”

Journal published since November, 2009.

Issued 4 times a year.

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

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

The journal is 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 “Azerpochta” Subscription index:

For juristic and for natural persons – 1156

Address of editorial offices:
Azerbaijan Republic, AZ 1010,
Baku, K.Safaraliyeva 22.
Tel/Fax: (+99412) 598 24 52
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 «Азерпочта». 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
E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://ama.com.az>

ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ
РЕКЛАМЫ ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ

M Ü N D Ə R İ C A T

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

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

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

Qazıma bucurğadının lentli- kündəli əyləcinin tribosisteminin məcburi soyudulması (IV hissə) 7

Hüseynov Ə.G., Əsədov Ş.N., Astanova E.R.

Forsunkanın presizion detallarının bərpasında diffuziyalı qatın kritik qalınlığının təyini 20

Abbasov S.H.

Dağ sükurlarının reoloji xassələri nəzərə alınmaqla qoruyucu boru kəmərinin uzunömürlülüyə hesabı 25

Məsimov Ə.S.

Aviasiya konstruksiyalarda kompozit materialların tətbiqi və qiymətləndirilməsi 30

N e f t və q a z

Volçenko D.A.

Horizontal quyuların məhsuldarlığının analitik proqnozlaşdırma üsullarının icmalı (I hissə) 34

Qurbanov Ə. N.

Xam neftin nəqli zamanı qətran-asfalt maddələrinin çökdürülməsinin modelləşdirilməsi 41

Mustafayev S.D., Xankişiyeva T.U.

Sixilmayan özlü-plastik neftin dəyişən başlangıç təzyiq qradiyent ilə stasionar yastı-paralel süzülməsi 47

Orucov Y.Ə.

Üfüqi qazılan quyularda izotrop sükurlar üçün quyu divarının dayanıqlığının tədqiqi 54

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

Mustafayeva G.R.

Boruların daxili səthində hissəciklərin siix qatiının çökməsinin və yaranmasının xüsusiyyətləri 61

Alosmanov M.S., Atayev M.Ş., İbrahimova S.M., Məmmədova Y.M., Bayramov D.M.

Dağ-mədən işlərinin aparılması zamanı tozun yatrılması üçün naftenat məhlullarından istifadə olunmasının işlənmə texnologiyası 66

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

Hümbətov R.T., İbrahimov B.Q., İbrahimov R.F.

Telekommunikasiya sistemlərində ötürürlən informasiyanın bir kriptoqrafik mühafizə üsulu haqqında 72

Həsənov M.H.

Optik lifli şəbəkələrin monitorinqi 78

Əbdiyeva-Əliyeva G.Ə.

Binalarda baş verən yanğınların ləğv edilməsi və məhdudlaşdırılmasının kompyuterlə modelləşdirilməsi 83

Qardaşova L.A., Həsənli N.İ.

Təkamül hesablamalara əsaslanan üsulların tədqiqi 92

E n e r g e t i k a

Hüseynova İ.Ə.

Güç kabel xətlərinin digər yeraltı avadanlıqlarla mühafizəsinin xüsusiyyətləri 100

I q t i s a d i v v a t

Qasımov A.A.

Yük aviadaşımaları sahəsində keyfiyyət menecmenti sisteminin xidmət səviyyəsinə təsiri 106

Nurəliyeva R.N.

Azərbaycanda elektron ticarətin təşkilinin hüquqi və texniki məsələləri 113

E k o l o g i y a

Məmmədov F.F.

Abşeron yarımadasının təbii iqlim şəraitində günəş təmizləyici qurğunun eksperimental tədqiqi 119

Əliyeva Y.N.

Günəş fotometrlərində atmosfer aerozolunun təsiri nəticəsində yaranan xətaların kompensasiyası məsələləri 125

C O N T E N T S

| | |
|--|-----|
| Mechanics and mechanical engineering | |
| Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiyev E.S., | |
| Volchenko N.A., Skripnik V.S., Chufus V.M. | |
| Compulsory cooling of tribosistema of the tape and kolodochny brake of the boring winch (part IV)..... | 7 |
| Guseynov A.G., Asadov Sh.N., Astanova E.R. | |
| Determination of the critical thickness of the diffusion layer when restoring the precision parts of the injector | 20 |
| Abbasov S.H. | |
| Estimation of casing durability considering rheological properties of the rock | 25 |
| Masimov A.S. | |
| Research and assessment of composite materials in aviation designs..... | 30 |
| Oil and gas | |
| Volchenko D.A. | |
| Review of analytical methods of forecasting the flowrate of horizontal wells (part I) | 34 |
| Qurbanov A.N. | |
| Simulation of asphalt- resinous matters precipitation during crude oil transportation | 41 |
| Mustafaev S.D., Khankishiyeva T.U. | |
| A plane-parallel stationary filtration of viscous-plastic oil with variable initial pressure gradient | 47 |
| Orujov Y.A. | |
| Investigation of the stability of the walls of wells when drilling a horizontal direction for isotropic rocks | 54 |
| Chemical technology | |
| Mustafayeva G.R. | |
| Specialities of formation and sedimentation of dense particles layer on inside surface of pipes | 61 |
| Alosmanov M.S., Atayev M.Sh., Ibragimova S.M., Mamedova G.M., Bayramov D.M. | |
| Development of the technology using naphthenate solutions for dust suppressing in carrying out mining works | 66 |
| Information Technology | |
| Humbatov R.T., Ibrahimov B.G., Ibrahimov R.F. | |
| About one cryptographic method for protection transmitted information in telecommunication systems | 72 |
| Hasanov M.H. | |
| Monitoring of fiber-optic networks | 78 |
| Abdiyeva-Aliyeva G.A. | |
| Elimination and limitation of fire in buildings using the computer modeling | 83 |
| Gardashova L.A., Hasanli N.I. | |
| Analysis of methods based on evolutionary computing | 92 |
| Energetics | |
| Huseynova I.A. | |
| Peculiarities of protection of power cable lines and late equipment | 100 |
| Economics | |
| Gasumov A.A. | |
| Impact of qa system on service level of air cargo | 106 |
| Nuraliyeva R.N. | |
| Organization of legal and technical problems of electronic trade in Azerbaijan | 113 |
| Ecology | |
| Mammadov F.F. | |
| Experimental study of solar desalination plant in the climate condition of the Apsheron peninsula | 119 |
| Aliyeva Y.N. | |
| Questions on compensation of error of sun photometers occurred due to effect of atmospheric aerosol | 125 |

СОДЕРЖАНИЕ

Механика и машиностроение

| | |
|--|----|
| Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С., Вольченко Д.А., Скрипник В.С., Чуфус В.М. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть IV) | 7 |
| Гусейнов А. Г., Асадов Ш.Н., Астанова Э.Р. Определение критической толщины диффузионного слоя при восстановлении прецзионных деталей форсунки | 20 |
| Аббасов С.Г. Расчёт обсадных колонн на долговечность с учетом реологических свойств горных пород | 25 |
| Масимов А.С. Исследование и оценка композитных материалов в авиационных конструкциях | 30 |

Нефть и газ

| | |
|---|----|
| Вольченко Д.А. Обзор аналитических методов прогнозирования производительности горизонтальных скважин (часть 1) | 34 |
| Гурбанов А.Н. Моделирование осаждения асфальто-смолистых веществ во время транспортировки сырой нефти | 41 |
| Мустафаев С.Д., Ханкишиева Т.У. Стационарная плоскопараллельная фильтрация несжимаемой вязко-пластичной нефти с переменным начальным градиентом давления | 47 |
| Оруджев Я.А. Исследование устойчивости стенок скважин при бурении в горизонтальном направлении для изотропных пород | 54 |

Нефтехимические технологии

| | |
|--|----|
| Мустафаева Г.Р. Особенности осаждения и образования плотного слоя частиц на внутренней поверхности труб.... | 61 |
| Алосманов М.С., Атаев М.Ш., Ибрагимова С.М., Мамедова Г.М., Байрамов Д.М. Разработка технологии использования растворов нафтенатов для пылеподавления при проведении горных работ | 66 |

Информационные технологии

| | |
|--|----|
| Гумбатов Р.Т., Ибрагимов Б.Г., Ибрагимов Р.Ф. Об одном методе защиты передаваемой информации в телекоммуникационных системах | 72 |
| Гасанов М.Г. Мониторинг волоконно-оптических сетей | 78 |
| Абдиева-Алиева Г.А. Устранение и ограничение пожаров в зданиях с помощью компьютерного моделирования | 83 |
| Гардашова Л.А., Гасанлы Н.И. Анализ методов, основанных на эволюционных вычислениях | 92 |

Энергетика

| | |
|---|-----|
| Гусейнова И.А. Особенности защиты силовых кабельных линий и подземного оборудования | 100 |
|---|-----|

Экономика

| | |
|---|-----|
| Гасымов А.А. Влияние системы менеджмента качества на уровень услуг в сфере грузовых авиаперевозок ... | 106 |
| Нуралиева Р.Н. Правовые и технические вопросы электронной торговли в Азербайджане | 113 |

Экология

| | |
|---|-----|
| Мамедов Ф.Ф. Экспериментальное исследование солнечной опреснительной установки в климатических условиях Апшеронского полуострова | 119 |
| Алиева Е.Н. Вопросы компенсации погрешностей солнечных фотометров, вызванных влиянием атмосферного аэрозоля | 125 |

УДК 62-92.113

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

А.Х. ДЖАНАХМЕДОВ*, Н.А. ВОЛЬЧЕНКО**, Э.С. ПИРВЕРДИЕВ*,
Д.А. ВОЛЬЧЕНКО**, В.С. СКРЫПНЫК**, В.М. ЧУФУС**

В статье рассматривается принудительное охлаждение трибосистемы тормоза с помощью жидкости либо паровоздушной смеси, а также дается проектная оценка энергонагруженности составного тормозного шкива.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, трибосистема, пары трения, обод шкива, камера с жидкостью, конвективный, кондуктивный, радиационный теплообмен, жидкость, паровоздушная смесь, коэффициенты теплопередачи и их градиенты.

Введение. В бесконечных плоских и цилиндрических стенках рассматриваются два типа граничных условий – в одном случае на поверхностях стенок поддерживаются постоянные температуры t_{C_1} и t_{C_2} ($t_{C_1} > t_{C_2}$), а в другом – наружная поверхность составного обода шкива потоками жидкости или паровоздушной смеси с температурами t_{K_1} и t_{K_2} ($t_{K_1} > t_{K_2}$) или t_{PB_1} и t_{PB_2} ($t_{PB_1} > t_{PB_2}$). При этом коэффициенты теплопередачи α_1 и α_2 заданы в обоих случаях. Плотность теплового потока $q = Q / A$ (где Q – количество теплоты, генерируемое на рабочей поверхности обода составного тормозного шкива; A – площадь поверхности трения обода).

В работе [1] была произведена оценка эффективности принудительного воздушного охлаждения температурным методом. Известно, что общее термическое сопротивление теплопередачи определяется величиной

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{n=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (1)$$

где δ_i – толщина слоя структуры; λ_i – коэффициент теплопроводности слоя.

* Азербайджанская Инженерная академия

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

Общее сопротивление складывается из частных – термического сопротивления теплоотдачи $R_{\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_1}$ и $R_{\alpha_2} = \frac{1}{\alpha_2}$ и термических сопротивлений теплопроводности слоев

$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$. Очевидно, что значение R всегда больше, чем наибольшее из значений составляющих ее величин [2].

Для интенсификации теплопередачи необходимо уменьшить общее сопротивление R за счет первого и третьего слагаемого зависимости (1) путем жидкостного и паровоздушного принудительного охлаждения нижней части поставного тормозного шкива.

Постановка задачи. В 4 части^{*} рассматриваются следующие вопросы: принудительное охлаждение жидкостью и паровоздушной смесью трибосистемы тормоза; проектная оценка энергонагруженности тормозного шкива и его проектирование.

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

Принудительное охлаждение жидкостью и паровоздушной смесью трибосистемы тормоза. Особенностью конструкции составного тормозного шкива является то, что его нижняя часть оборудуется камерой, в которой в зависимости от общей энергонагруженности составляющих обода шкива теплоноситель находится в различном термодинамическом состоянии.

На рис. 1 проиллюстрированы этапы (VIII-XII) определения теплового баланса внутренних и наружных поверхностей первого (а) и второго (б) составных тормозных шкивов буровой лебедки при их нагревании, при естественном и принудительном жидкостном и паровоздушном охлаждении.

Восьмой этап (VIII). В промышленных условиях определяются потери теплоты радиационно-конвективным теплообменом при вынужденном омывании воздухом наружной матовой поверхности стенок камеры составного шкива, а также кондуктивного отвода теплоты каркасом камеры от нижней части составного тормозного шкива. При этом первый и второй составные тормозные шкивы оборудуются камерами. В первом шкиве каркас камеры не теплоизолируют, а во втором теплоизолируют его наружные и внутренние стенки. Поступают аналогичным образом, как на третьем этапе, и получают отношение поверхностных температур первого ($t_9 - t_1$) ко второму ($t_{10} - t_1$) шкиву с камерой, которое и определяет долю теплоты, рассеиваемую в окружающую среду радиационно-конвективным теплообменом, а также оценивают кондуктивный теплоотвод от нижней части обода шкива в тело каркаса камеры. Так, например, при соотношении указанных температур $\frac{460 - 100}{480 - 100} = 0,947$ доля теплоты, которая отводится тремя видами теплообмена от обода шкива и его камеры, составляет 5,3 % [3].

* 1, 2 и 3 части опубликованы последовательно в предыдущих номерах журнала «Вестник АИА»

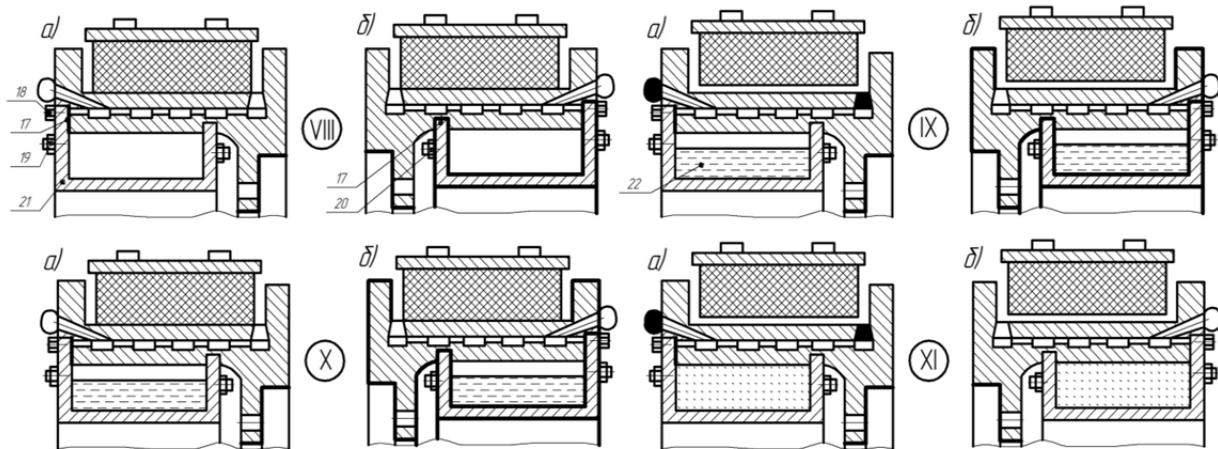


Рис. 1 а, б – Этапы (VIII-XI) определения тепловых потерь элементами составного тормозного шкива при радиационном и сложном теплообмене: 17 – прорези в нижней части обода; 18 – крепежный болт; 19, 20 – клапаны: впускной; выпускной; 21 – каркас камеры; 22 – теплоноситель в различном состоянии

Девятый этап (IX). В промышленных условиях определяют эффективность жидкостного охлаждения, когда два тормозных шкива с камерами являются нагретыми и находятся в статике.

Буровую лебедку останавливают после циклических торможений ленточно-колодочными тормозами, имеющими нагретые пары трения. В камеры составных тормозных шкивов заливают 2/3 объема жидкости. При этом стенки камеры второго тормозного шкива теплоизолируют. Для оценки энергонагруженности на двух шкивах затягивают тормозные ленты с фрикционными накладками и по соотношению измеренных термопарами поверхностных температур с фрикционными накладками и по соотношению измеренных термопарами поверхностных температур $(t_{11} - t_0) / (t_{12} - t_0)$ первого и второго шкивов находят, какое количество теплоты отведено от частей обода тормозного шкива при отключенной системе принудительного воздушного их охлаждения [4, 5, 6].

Десятый этап (X). В промышленных условиях определяют эффективность принудительного жидкостного охлаждения, когда происходит фрикционное взаимодействие пар трения ленточно-колодочных тормозов буровой лебедки.

Составные тормозные шкивы имеют открытые принудительные воздушные системы, а сами шкивы остаются разогретыми и имеют в камерах нагретые жидкости, после чего путем циклических торможений, обеспечивающих взаимодействие фрикционных узлов тормоза, повышают энергонагруженность тормозных шкивов до температуры выше допустимой для материалов фрикционной накладки. При этом фиксируют время процесса их нагревания и по соотношению измеренных термопарами поверхностных температур $(t_{13} - t_0) / (t_{14} - t_0)$ первого и второго тормозных шкивов оценивают эффективность жидкостного охлаждения пар трения ленточно-колодочного тормоза.

Одиннадцатый этап (XI). В промышленных условиях определяют эффективность принудительного паровоздушного охлаждения, когда два составных шкива являются нагретыми и находятся в статике.

Буровую лебедку останавливают и заполняют полный объем камер паровоздушной смесью под давлением 0,11 МПа, и при этом теплоизолируют стенки камеры второго шкива. Затем, затянув на двух шкивах тормозные ленты с фрикционными накладками, а также по соотношению измеренных термопарами поверхностных температур $(t_{15} - t_0) / (t_{16} - t_0)$ первого и второго тормозных шкивов определяют, какое количество теплоты отведено от частей обода тормозного шкива при отключенной системе принудительного воздушного их охлаждения.

Двенадцатый этап (ХII). В промышленных условиях определяют эффективность паровоздушного охлаждения, когда происходит фрикционное взаимодействие пар трения ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок.

Составные тормозные шкивы имеют открытые принудительные воздушные системы, а сами шкивы разогревают в камерах с нагретой паровоздушной смесью. После этого путем циклических торможений, обеспечивающих взаимодействие фрикционных узлов тормоза, нагревают тормозные шкивы до поверхностной температуры выше допустимой для материалов фрикционной накладки, фиксируя при этом время процесса их нагревания и по соотношению измеренных термопарами поверхностных температур $(t_7 - t_0) / (t_8 - t_0)$ первого и второго шкивов оценивают эффективность паровоздушного охлаждения пар трения ленточно-колодочного тормоза.

Тринадцатый этап сводится к определению коэффициентов распределения тепловых потоков между остальными составляющими трибосистемы в следующей последовательности [3]: находят коэффициенты теплопередачи в теплообменных процессах через такие многослойные объекты, как:

– «низ верхней части обода шкива – циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и в отверстиях перегородок – верх нижней части обода шкива» определяется зависимостью вида:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_4} + \frac{\delta_2}{\lambda_1}}, \quad (1)$$

где α_4 – коэффициент теплоотдачи от низа и верха частей обода шкива омывающему их воздуху.

– «омывающий циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и в отверстиях перегородок – низ нижней части обода шкива – омывающий воздух» определяется зависимостью вида

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_4} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_5}}, \quad (2)$$

где α_5 – коэффициент теплоотдачи от матовой нерабочей поверхности обода шкива к омывающему воздуху.

– «низ нижней части обода шкива, выполненного полированным, - воздушный зазор в камере – жидкость в различном фазовом состоянии» определяется зависимостью вида:

$$K_3 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_7}}, \quad (3)$$

где α_6, α_7 – коэффициенты теплоотдачи от низа нижней части обода шкива к воздуху и от него к жидкости камеры шкива.

– «слой жидкости, находящейся в различном фазовом состоянии – кольцевая стенка камеры – омывающий воздух» определяется зависимостью вида:

$$K_4 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_8} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_9}}, \quad (4)$$

где α_8, α_9 – коэффициенты теплоотдачи от жидкости, находящейся в различном фазовом состоянии к внутренней поверхности стенки и от ее наружной поверхности к омывающему воздуху; δ_c, λ_c – толщина цилиндрической кольцевой стенки и коэффициент теплопроводности ее материала,

При этом градиенты коэффициентов теплопередачи в теплообменных процессах через многослойные объекты трибосистемы тормоза определяют по зависимостям вида:

$$\Delta K_1 = \frac{K_1 - K_2}{0,5(l_1 + l_2)}; \quad (5) \quad \Delta K_2 = \frac{K_1 - K_3}{0,5(l_1 + l_3)}; \quad (6)$$

$$\Delta K_3 = \frac{K_3 - K_4}{0,5(l_3 + l_4)}; \quad (7) \quad \Delta K_4 = \frac{K_5 - K_6}{0,5(l_5 + l_6)}; \quad (8)$$

где $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ – протяженность зон действия каждого из рассмотренных коэффициентов теплопередачи.

Согласно тепловой модели воздушно-жидкостной системы охлаждения фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов между коэффициентами теплопередачи должно соблюдаться условие $K_2 < K_1 > K_3; K_4 < K_5 > K_6$. При этом свойствами возбуждающего фактора обладает коэффициент теплопередачи K_5 . Объясняется это тем, что жидкость, находящаяся в камере, может быть в различных фазовых состояниях. Многочисленные величины коэффициентов теплопередачи в многослойном объекте трибосистемы определяют после проведения экспериментальных исследований [7].

В табл. 1 приведены исходные данные и результаты расчетов коэффициентов теплопередачи через элементы многошаровой системы при принудительном охлаждении, а также их градиенты и распределение тепловых потоков между парами трения ленточно-колодочного тормоза.

При изменении энергонагруженности рабочей (полированной) поверхности обода составного тормозного шкива от 100 до 450°C минимальный коэффициент теплопередачи имел место между элементами многослойной структуры «циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и через отверстия в перегородках – низ второй части обода шкива – омываемый воздух», и при этом он увеличился от 11,9 до 24,9 Вт/(м²·°C), то есть в 2,1 раза. Максимальный коэффициент теплопередачи в интервале температур от 100 до 450°C наблюдался между элементами многослойной структуры «нерабочая полированная

поверхность второй части обода шкива – воздушный зазор в жидкостной камере – жидкость в различном фазовом состоянии», и при этом он увеличился от 114,7 до 152,0 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, то есть в 1,3 раза. Увеличение последнего объясняется интенсивным конвективным и лучистым теплообменом нерабочей полированной поверхности обода шкива (коэффициент теплоотдачи изменился от 151,2 до 218,9 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), и это при том, что имел место пузырьковый режим кипения жидкости в камере.

При рассмотрении градиентов коэффициентов теплопередачи установлено, что его минимальная величина имела место через элементы многослойной структуры «среда межконтактной зоны – верхняя часть обода шкива – циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и через отверстия в перегородках» (от 100 до 450 $^\circ\text{C}$), но при этом он увеличился от 0,01 до 0,18 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{мм})$, т.е. в 18,0 раз. С погружением в жидкостную камеру градиент коэффициентов теплопередачи увеличивается и составляет 0,34...0,66 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{мм})$. По-видимому, наибольший градиент коэффициентов теплопередачи имел место в области жидкостной камеры, то есть «слой жидкости – кольцевая стенка камеры – омывающий воздух внешние стенки каркаса камеры» при большом градиенте температуры между омывающими средами каркас камеры, но зато он увеличился от 1,64 до 1,89 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{мм})$, то есть только в 1,15 раза. Такое незначительное увеличение градиентов коэффициентов теплопередачи объясняется изменением режимов термодинамического состояния жидкости, циркулирующей в камере составного тормозного шкива.

Таким образом, в промышленных условиях осуществляется нагревание циклическими торможениями и принудительное воздушно-жидкостное охлаждение составных тормозных шкивов ленточно-колодочного тормоза, что позволяет определить потери теплоты с радиационно-конвективным, конвективно радиационным и конвективным теплообменом от их поверхностей в омывающие среды, а также кондуктивным теплообменом от крепежных выступов шкивов к фланцам барабана лебедки.

Таблица 1

Исходные данные и результаты вычислений коэффициентов теплопередачи через элементы пар трения и распределение тепловых потоков между их поверхностями фрикционной взаимодействия ленточно-колодочного тормоза (с составным тормозным шкивом) буровой лебедки У2-5-5

| Поверхностные температуры: полированной (t_{II})/матовой (t_M) обода шкива, $^\circ\text{C}$ полированной (t_{II}) нижней части обода шкива, $^\circ\text{C}$ | 100/40 | 150/80 | 200/160 | 250/210 | 300/250 | 350/340 | 400/400 | 450/425 |
|---|---------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 80 | 100 | 120 | 150 | 190 | 220 | 240 | 210 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Толщина: сводная обода тормозного шкива δ_o , мм | | | | | 35,0 | | | |
| тормозной ленты δ_c , мм | | | | | 6,0 | | | |
| фрикционной накладки (расчетная) δ_{f1} , мм | | | | | 15,0 | | | |
| приповерхностных слоев накладки | внешнего δ_{II3} , мкм | - | - | 5,6 | 8,2 | 15,0 | 14,4 | - |
| | внутреннего δ_n , мкм | 5,6 | 8,2 | 11,4 | 14,4 | 15,86 | 19,6 | 22,8 |
| | | | | | | | | 25,6 |

Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки

| | | | | | | | | | |
|--|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Коэффициенты теплопроводности материалов элементов трения пары, Вт/(м·°C): обода тормозного шкива (λ_1); тормозной ленты (λ_c); трением накладки (λ_n); внешнего или внутреннего приповерхностного слоя накладки (λ_{n1}). | 25,8 | 26,0 | 26,2 | 26,4 | 26,7 | 26,9 | 27,2 | 27,5 | |
| | 27,1 | | | | | | | | |
| | 0,736 | | | | | | | | |
| | 1,02 | | | | | | | | |
| Коэффициенты теплоотдачи от поверхностей, Вт/(м ² ·°C): | | | | | | | | | |
| полированной (α_4) и матовой (α_5) обода шкива; | верхняя часть | 71,3 | | | 92,3 | 101,4 | 110,5 | 118,4 | 128,5 |
| | | 32,1 | | 41,1 | 45,3 | 50,4 | 56,0 | 59,9 | 64,5 |
| полированной (α_6) и матовой (α_7) обода шкива. | нижняя часть | 151,2 | 165,3 | 170,8 | 181,2 | 193,4 | 202,2 | 209,8 | 218,9 |
| | | 32,1 | 35,1 | 41,4 | 46,8 | 52,3 | 57,4 | 61,5 | 66,3 |
| Коэффициенты теплопередачи через поверхности пар трения, Вт/(м ² ·°C): | | | | | | | | | |
| «среда межконтактной зоны – верхняя часть обода шкива – омывающий воздух» (K_1); | | 19,9 | 23,2 | 26,5 | 29,8 | 33,1 | 36,4 | 39,7 | 42,9 |
| «среда межконтактной зоны – приповерхностный слой накладки – тело накладки – тормозная лента – омывающий ее воздух» (K_2); | | 13,8 | 15,4 | 16,7 | 18,9 | 19,1 | 20,2 | 21,2 | 22,1 |
| «низ верхней части обода шкива – циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и в отверстиях перегородок – верх нижней части обода шкива» (K_3); | | 19,8 | 22,8 | 25,7 | 28,7 | 31,6 | 34,6 | 37,5 | 40,4 |
| «омывающий циркулирующий воздух в кольцевых цилиндрических объемах и в отверстиях перегородок – низ второй части обода шкива – омывающий воздух» (K_4); | | 11,9 | 13,8 | 15,7 | 17,5 | 19,4 | 21,2 | 23,1 | 24,9 |
| «полированная поверхность нижней части обода шкива – воздушный зазор в камере – жидкость в разном фазовом состоянии» (K_5); | | 114,7 | 120,5 | 126,1 | 131,6 | 136,9 | 142,1 | 147,1 | 152 |
| «слой жидкости – кольцевая стенка камеры – омывающий воздух» (K_6); | | 19,8 | 23,1 | 26,3 | 29,59 | 32,8 | 36,1 | 39,3 | 42,5 |
| Градиенты коэффициентов теплопередачи через многослойные объекты трибосистемы тормоза, Вт/(м ² ·°C·мм): | | | | | | | | | |
| $\Delta K_1 = K_1 - K_2/0,5(l_1+l_2)$; | | 0,44 | 0,56 | 0,71 | 0,78 | 1,01 | 1,17 | 1,33 | 1,50 |
| $\Delta K_2 = K_1 - K_3/0,5(l_1+l_3)$; | | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,18 |
| $\Delta K_3 = K_3 - K_4/0,5(l_3+l_4)$; | | 0,34 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,52 | 0,57 | 0,61 | 0,66 |
| $\Delta K_4 = K_5 - K_6/0,5(l_5+l_6)$; | | 1,64 | 1,68 | 1,72 | 1,76 | 1,79 | 1,83 | 1,86 | 1,89 |

Проектная оценка энергонагруженности составного тормозного шкива. Остановимся на проектной оценке энергонагруженности составного шкива ленточно-колодочного тормоза.

На рис. 2 *a, б* представлены термограмма (*a*) и распределение тепловых потоков (*б*) в теле обода составного тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза с принудительным воздушно-жидкостным охлаждением.

После рассмотрения термограмм и распределения тепловых потоков (рис. 2 *a, б*) следует отметить следующее:

- распределение температуры и как следствие температурных градиентов по толщине обода шкива происходит волнообразно сверху ($4,4^{\circ}\text{C}/\text{мм}$) и снизу ($3,8^{\circ}\text{C}/\text{мм}$) благодаря наличию воздушных камер в ободе. Объясняется это следующим: поскольку коэффициент теплоотдачи конвективным охлаждением жидкостью намного выше чем воздухом, тепловые потоки интенсивно протекают между кольцевыми отверстиями по толщине обода к жидкостной камере, в которой и отводятся конвективно в циркулирующую жидкость (рис. 2 *б*), поэтому по толщине обода между воздушными кольцевыми камерами возникает большой градиент температуры ($4,14^{\circ}\text{C}/\text{мм}$). В этом случае воздух выступает в роли теплоизолятора между верхней и нижней частями обода, снижая при этом опасно большой градиент температуры по его толщине;

- по толщине обода шкива наблюдается зона прогрева возле заборного отверстия, в которой средняя температура составляет 170°C , и она на самом деле является меньшей вследствие действия конвективного охлаждения омывающим воздухом, который попадает в воздухозаборники и пронизывает весь обод (интенсивный теплоотвод). При этом часть теплоты перетекает кондуктивным теплообменом в стенки камеры, в которой находится охлаждающая жидкость;

- температура циркулирующего потока воздуха в кольцевых объемах обода шкива увеличивается от свободного края к его защемлению, поскольку он нагревается от верхней составляющей обода шкива перегородок между его составляющими.

При рассмотрении состояния составного обода тормозного шкива от действия различных видов напряжений (от механических и тепловых нагрузок) следует обратить внимание на:

- максимальные механические напряжения (рис. 3 *а*) возникают на нерабочей полированной поверхности обода ($243,6\text{МПа}$) вследствие ее прогиба и растяжения от действия удельных нагрузок;

- заборные отверстия в сопряжении с первой камерой являются своего рода концентраторами напряжений, поэтому в их зоне также возникает очаг механических напряжений (зона III – $198,3\text{МПа}$);

- большие температурные напряжения (рис. 3 *б*) наблюдаются в приповерхностных слоях обода шкива, и которые распространяются по ширине ($507,4 \text{ МПа}$) обода вследствие его расширения;

- нерабочую поверхность обода над жидкостной камерой температурные напряжения в несколько раз ниже, поскольку происходит интенсивное конвективное жидкостное и радиационное охлаждение, что приводит к большому градиенту температурных напряжений по толщине обода шкива;

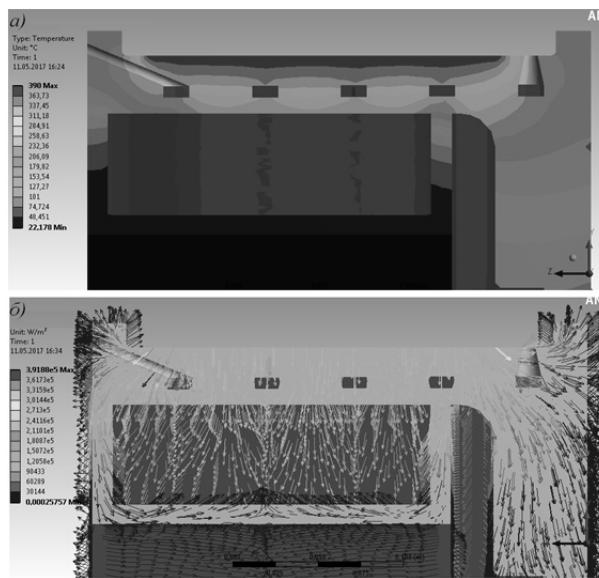


Рис. 2 а, б – Термограмма (а) и распределение тепловых потоков (б) в теле обода тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза с принудительным воздушно-жидкостным охлаждением

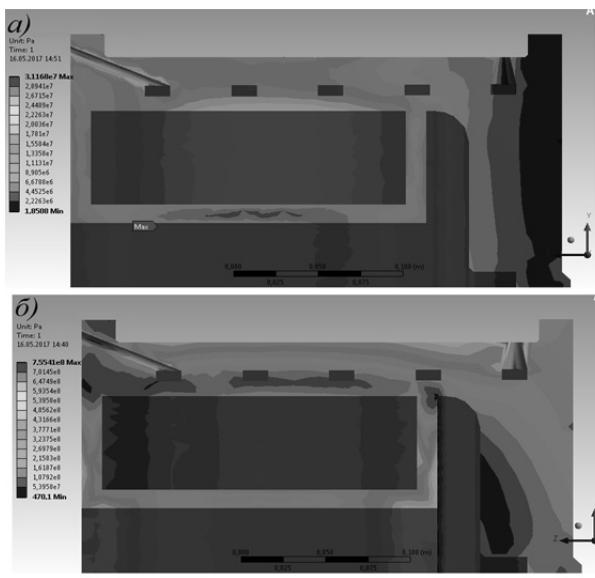


Рис. 3 а, б – Моделирование напряжений: а – механических; б – температурных, развивающихся в ободе тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза с принудительным воздушно-жидкостным охлаждением

– при рассмотрении общей картины температурных напряжений, которые намного больше в правой части обода шкива возле крепежного выступа, поскольку жидкостная камера и заборные устройства для захвата холодного потока воздуха находятся в левой части обода;

– острые кромки стенок жидкостной камеры и диффузорные и конфузорные отверстия обода шкива являются концентраторами температурных напряжений, поэтому в указанных местах также наблюдаются повышенные температурные напряжения.

Оптимизационное проектирование составного шкива тормоза. Для решения задач проектирования элементов трения ленточно-колодочного тормоза применяют аппарат нелинейного программирования, реализуемого в модуле оптимизации. Смысл последней заключается в нахождении таких величин конструктивных параметров (тормозного шкива и ленты, а также трения накладки), при которых некоторая величина, именуемая целевой функцией, принимает экстремальное (максимальное или минимальное) значение. При этом ряд эксплуатационных и конструктивных параметров тренияных узлов тормоза, находящихся в этом диапазоне, или функциональных зависимостей должны удовлетворять ограничением в виде равенств/неравенств. Оптимизационный алгоритм, который реализуется в Ansys Workbench, обладает универсальностью, достаточной для решения типовых задач, но в то же время, содержит ряд особенностей, которые точно необходимо учесть. Блок-схема алгоритма проиллюстрирована на рис. 4.

С увеличением массы, в которой распределяется теплота, также увеличивается поверхность теплоотдачи обода тормозного шкива за счет теплорассеиваемой поверхности его боковых стенок. Поэтому выбор конструкции тренияного узла производится в зависимости от требований к его габаритам, энергонагруженности поверхностных и приповерх-

ностных слоев пар трения, допустимой удельной нагрузке на контакте, контактной жесткости элементов пары трения, развивающего тормозного момента и допустимой поверхностной температуры для рабочих слоев полимерной накладки.

При проектировании составного тормозного шкива задавались следующими ограничениями:

- температура поверхности трения составного тормозного шкива составляет 390°C;

- полированная площадь нижней части обода шкива должна составлять 2/3 площади от поверхности трения верхней его части;

- внутренняя поверхность (матовая) кольцевых камер и отверстий между ними должна составлять 20-25% от наружных матовых поверхностей тормозного шкива. Эффективность воздушного

охлаждения должна быть одинаковая за счет количества воздуха, попадающего внутрь тормозного шкива;

- толщина верхней части шкива – 16,0-18,0 мм; нижней части – 8,0-10,0 мм; объем камеры с жидкостью должен обеспечить отвод количества теплоты не менее 30% при температуре 390°C;

- градиент температуры для верхней части шкива – до 25,0°C/мм; в перегородке камеры – до 10,0°C/мм; через стенку камеры – до 50,0°C/мм.

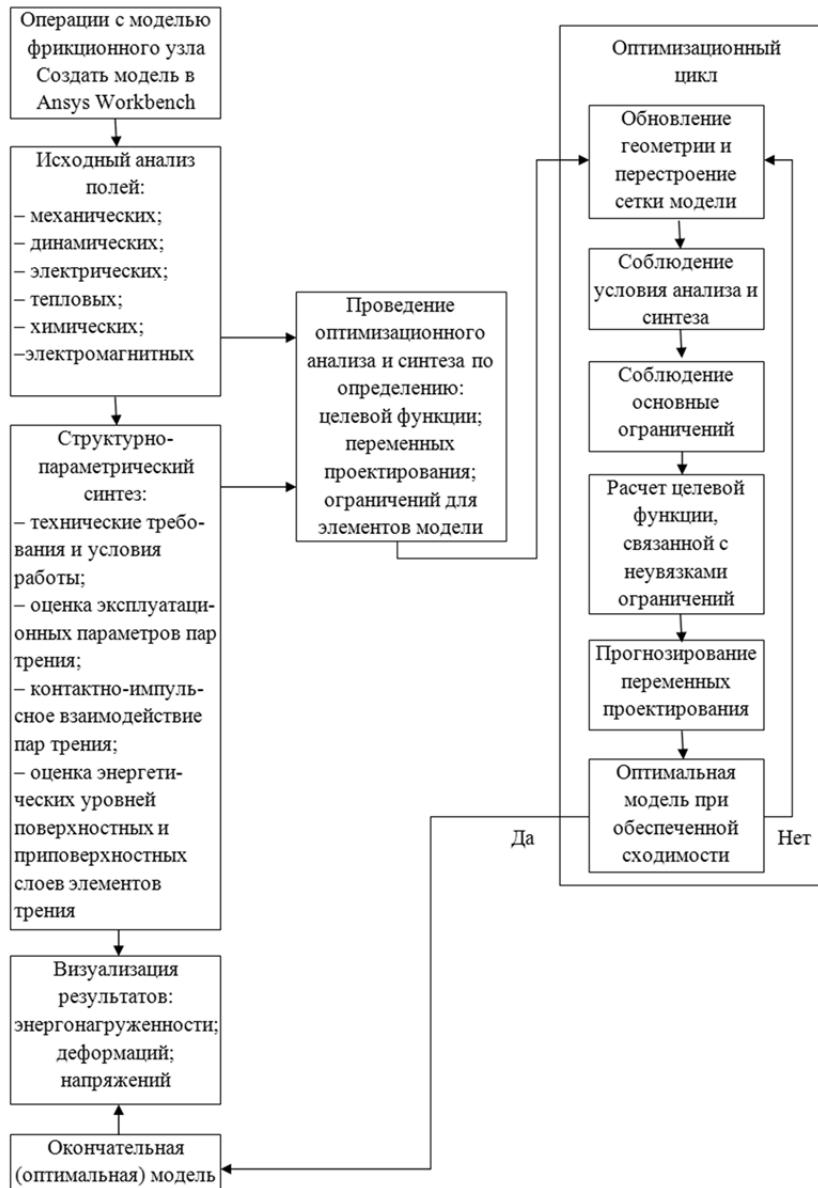


Рис. 4 – Блок-схема алгоритма оптимизации конструктивных параметров фрикционного узла

На основании вышеизложенного на рис. 5 а, б, в представлен чертеж спроектированного составного тормозного шкива с жидкостной камерой. Следует отметить, что камера спроектирована без впускного и выпускного клапанов.

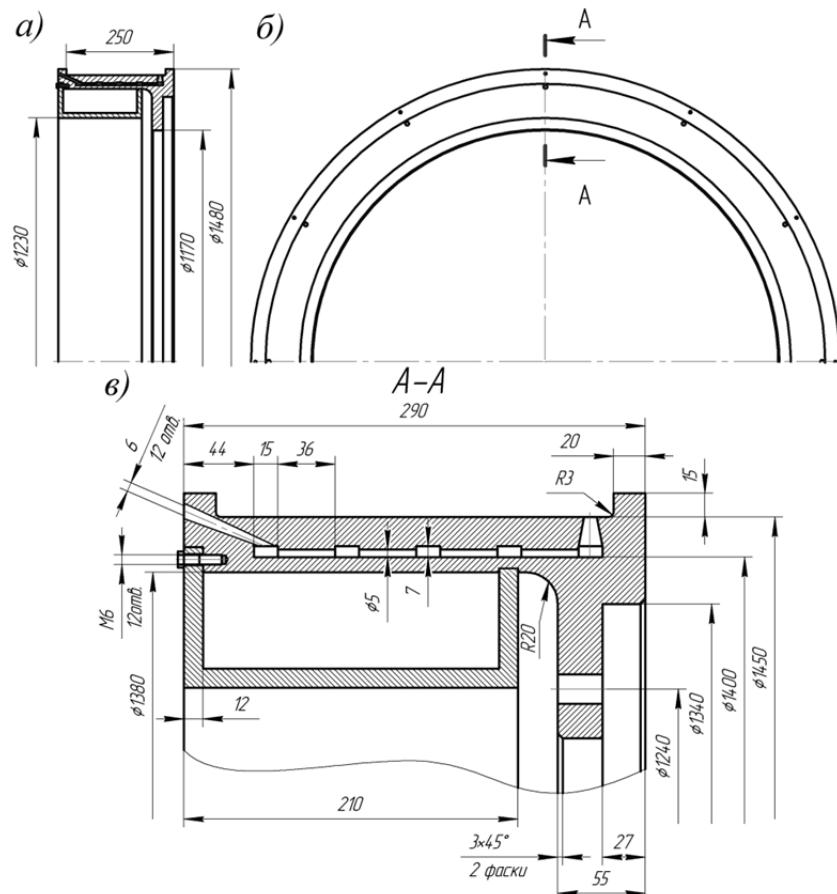


Рис. 5 а, б, в – Спроектированный составной тормозной шкив буровой лебедки с жидкостной камерой

В табл. 2 приведены основные конструктивные и эксплуатационные параметры серийных и усовершенствованных пар трения ленточно-колодочных тормозов.

Проведенный системный анализ энергонагруженности при постоянных удельных нагрузках в парах трения серийного и усовершенствованного ленточно-колодочного тормоза (табл. 2) позволил констатировать следующее:

- разработанная конструкция составного тормозного шкива с принудительной воздушно-жидкостной системой охлаждения является высокоэффективной (увеличился динамический коэффициент трения т тормозной момент на 13,1%) за счет работы материалов фрикционной накладки при поверхностных температурах ниже допустимой, т.е. 390°C, но при этом имело место увеличение веса и момента инерции составного тормозного шкива, соответственно, на 24,7% и 21,7% по сравнению с серийным тормозным шкивом;

- при одинаковой рабочей поверхности температуре сравниваемых шкивов объемные температуры в верхней и нижней части составного шкива на 14,8% меньше, чем серийного шкива, но зато в первой конструкции наблюдались большие объемные температурные градиенты на 24,8%, нежели в серийном шкиве;

Таблица 2

Основные эксплуатационные параметры серийных и усовершенствованных пар трения ленточно-колодочных тормозов

| № п/п | Эксплуатационные параметры | Пары трения ленточно-колодочного тормоза: | |
|-------|---|---|-----------------------|
| | | серийные | усовершенствованные |
| 1. | Вес тормозного шкива, кН: без камеры | 4,744 | 4,508 |
| | с камерой без жидкости | - | 5,849 |
| | с камерой и жидкостью | - | 6,303 |
| 2. | Момент инерции тормозного шкива, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$: без камеры | 233,85 | 221,89 |
| | с камерой без жидкости | - | 278,48 |
| | с камерой и жидкостью | - | 298,58 |
| 3. | Динамический коэффициент трения, f | 0,33 | 0,38 |
| | стабильность, $\alpha_{cm} = f_{cp}/f_{max}$ | 0,90 | 0,926 |
| | Колебание, $\alpha_k = f_{min}/f_{max}$ | 0,79 | 0,83 |
| 4. | Торможения: эффективность, $\beta_{\text{эфф}} = \alpha_{cm}/\tau^2$, $1/\text{с}^2$ | 0,00625 | 0,00643 |
| | приведенная эффективность, $H_{\text{эфф.м.}} = \alpha_{cm} / (\tau^2 \cdot \Delta g)$, $1/(\text{с}^2 \cdot \text{г})$ | $1,036 \cdot 10^{-2}$ | $1,227 \cdot 10^{-2}$ |
| 5. | Удельные нагрузки, p , МПа | 1,2 | 1,2 |
| 6. | Тормозной момент, M_T , кНм | 174,3 | 200,7 |
| 7. | Температуры и их градиенты, $^{\circ}\text{C}$ / $(^{\circ}\text{C}/\text{мм})$ | шкива | составного шкива |
| | | | верхней |
| | | | нижней |
| | | | части |
| | поверхностные; | 390/1,2 | 390/1,8 |
| | объемные | 358/2,4 | 340/4,39 |
| 8. | Температурные напряжения и их градиенты, МПа / (МПа/мм) | 796,85/4,61 | 406,56/9,24 |
| 9. | Износ накладок, Δg , г | 60,3 | 52,4 |

– градиент температурных напряжений со стороны свободного края обода в его верхней части составляет 13,03 МПа/мм, в то время как со стороны защемленного края обода шкива достигает 10,14 МПа/мм; что касается нижней части обода шкива, то здесь по его длине наблюдаются градиенты температурных напряжений, соответственно, 2,51 МПа/мм и 6,59 МПа/мм; в первом случае это объясняется недостаточной эффективностью вынужденного охлаждения матовых поверхностей с испарительно-конденсационной жидкостной системой омывающей полированную поверхность нижней части обода.

– весовой износ накладок меньший в усовершенствованных парах трения на 13,1%, нежели в серийных парах трения тормоза.

Заключение. Проиллюстрирован расчетно-экспериментальный метод определения потерь в окружающую среду поверхностями составных тормозных шкивов в промышленных условиях при естественном и вынужденном охлаждении воздухом.

REFERENCES

1. **Kirillin V.A.** Osnovy eksperimentalnoy termodinamiki / V.A. Kirillin, A.E. Sheydlin. – M. – L: Gosudarstvennoe energeticheskoe izdatelstvo, 1950. – 310s.
Кириллин В.А. Основы экспериментальной термодинамики / В.А. Кириллин, А.Е. Шейдлин. – М.–Л: Государственное энергетическое издательство, 1950. – 310с.
2. Teplo- i massoobmen. Teplotehnicheskiy eksperiment. Spravochnik / E.V. Ametistov, V.A. Grigorev, B.T. Emcev i dr.: Pod obshch. red. V.A. Grigoreva i V.M. Zorina. – M.: Energizdat, 1982. – 512 s.
Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.: Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергиздат, 1982. – 512 с.
3. Proektnyy i proverochnyy raschet frikcionnyh uzlov lentochno-kolodochnyh tormozov burovых lebedok / A.Kh. Janahmadov, D.A. Volchenko, V.S. Skrypnyk i dr. – Baku: Apostroff, 2016. – 311 s.
Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок / А.Х. Джанахмедов, Д.А. Вольченко, В.С. Скрыпник и др. – Баку: Апострофф, 2016. – 311 с.
4. **Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Криштопа С.И., Стадник О.Б.** Энергонагруженность фрикционных узлов тормозных устройств при различных режимах их испытаний. // Вестник Азербайджанской Инженерной академии. Т.7, №4, 2015, с. 18-35.
Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Krishtopa S.I., Stadnik O.B. Energonagruzhennost frikcionnyh uzlov tormoznyh ustroystv pri razlichnyh rezhimah ih ispytaniy. // Vestnik Azerbaydzhanskoy Inzhenernoy akademii. T.7, №4, 2015, s. 18-35.
5. **Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiev E.S. i dr.** Prinuditelnoe ohlazhdenie tribosistemy lentochno-kolodochnogo tormoza burovoy lebedki. Ch. 1 i 2 // Vestnik Azerbaydzhanskoy Inzhenernoy akademii. T.9, № 3 i 4, 2017.
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С. и др. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки. Ч. 1 и 2 // Вестник Азербайджанской Инженерной академии. Т.9, № 3 и 4, 2017.
6. **Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Pirverdiev E.S. i dr.** Prinuditelnoe ohlazhdenie tribosistemy lentochno-kolodochnogo tormoza burovoy lebedki. Ch.3 // Vestnik Azerbaydzhanskoy Inzhenernoy akademii. T.10, № 1, 2018, с.16-27.
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Пирвердиев Э.С. и др. Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки. Ч.3 // Вестник Азербайджанской Инженерной академии. Т.10, № 1, 2018, с.16-27.
7. Nestacionarnyy teploobmen / V.K. Koshkin, E.K. Kalinin, G.A. Dreycer i dr. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 328s.
Нестационарный теплообмен / В.К. Кошкин, Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер и др. – М.: Машиностроение, 1973. – 328с.

QAZIMA BUCURĞADIN LENTLİ- KÜNDƏLİ ƏYLƏCİNİN TRİBOSİSTEMİNİN MƏCBURİ SOYUDULMASI (IV hissə)

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

Məqalədə maye və ya buxar hava qarışığının vasitəsi ilə əyləc tribosisteminin məcburi soyudulmasına baxılır, həmçinin bütün əyləc qasnağının enerji yüklenməsinin layihə qiyətləndirilməsi araşdırılır.

Açar sözlər: lentli-kündəli əyləc, tribosistem, sürtünmə cütlü, qasnağın çənbəri, mayeli kamera, konveksiya, konduktiv, radasiya istilik mübadiləsi, istilik mübadiləsi proses, buxar hava qarışığı, istilik keçirmə əmsalları və onların qradiyentləri.

THE COMPULSORY COOLING OF TRIBOSISTEM OF THE BAND-SHOW BRAKE OF THE DRILLING WINCH (part IV)

A.Kh. JANAHMADOV, A.I. VOLCHENKO, E.S. PIRVERDIYEV,
N.A. VOLCHENKO, V.S. SKRIPNIK, V.M. CHUFUS

The article examines the compulsory cooling of braking unit tribosystem by means of the liquid or the steam-air mix and also a design assessment of power loading of a compound brake pulley.

Keywords: a belt-winch brake, tribosystem, friction pairs, pulley rim, chamber with liquid, convective, conductive, radiation heat exchange, liquid, steam-air mix, coefficients of heat transfer and their gradients.

УДК 621.9.04:621.43.038

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ФОРСУНКИ

А.Г. ГУСЕЙНОВ*, Ш.Н. АСАДОВ*, Э.Р. АСТАНОВА*

Статья посвящена определению критической толщины диффузационного слоя восстановленных прецизионных деталей распылителя форсунки путем диффузационной металлизации в целях обеспечения их долговечной работы.

Ключевые слова: *диффузионный слой, форсунка, прецизионные детали, восстановление, критическая толщина.*

Введение. В работах [1, 2] описаны методы восстановления и упрочнения прецизионных деталей путем диффузационной металлизации. Для более детального изучения процессов, происходящих при диффузационной металлизации, был проведен микроанализ структуры диффузационного покрытия и исследованы микроструктура и фазовый состав диффузационного слоя восстановленных и упрочненных прецизионных деталей распылителя форсунки по глубине по методике, изложенной в работах [2, 3].

После диффузационной металлизации толщина покрытия составляет 100-120 мкм и имеет микротвердость 16000-18000 МПа.

Основная часть. Авторами установлено, что износ восстановленных, упрочненных деталей распылителя форсунки является абразивным, сопровождающимся защемлением, ударным дроблением и перекатыванием абразивных частиц в зазоре. Разрушение прецизионных поверхностей происходит постепенно, разрушение частиц – мгновенно [1]. При защемлении частицы между корпусом распылителя и иглы (рис. 1 а) в ней мгновенно возникают напряжения сжатия, и поскольку движение иглы продолжается (рис. 1 б, в), то она либо внедряется в сжимающие поверхности и производит микрорезание, либо разрушается. Процесс микрорезания может наступить при соблюдении соотношения [5]:

$$\frac{h_p}{R_{np}} = 0,5 \quad (1)$$

* Азербайджанский Технический университет

где h_p – глубина внедрения абразивной частицы в материал, при которой она разрушается; R_{np} – приведенный радиус частицы.

И.В. Крагельским [5] установлено, что величина критического напряжения абразивной частицы $[\sigma_{a\delta}]$ и поверхностная твёрдость материалов H , между которыми сжимается частица, связаны с зависимостью (1) выражением:

$$\frac{h_p}{R_{np}} = \frac{[\sigma_{a\delta}]}{2H} \quad (2)$$

Очевидно, что при $[\sigma_{a\delta}]$ для частиц кварца ~ 400 МПа и корунда 1000 МПа и твердости поверхности деталей выше 15000 МПа внедрения частиц и последующего процесса микрорезания не будет. Из этого следует, что механизмы абразивного изнашивания прецизионных деталей распылителя форсунки с упрочнёнными деталями можно рассматривать как дробление абразивных частиц при их защемлении в зазоре между высокопрочными поверхностями. Износ будет определяться величиной усталостного разрушения микрообъёмов поверхности. Подобный механизм будет проявлять себя на упрочнённых деталях с достаточной толщиной диффузного слоя, способного противостоять разрушительному воздействию абразивных частиц.

При механической обработке упрочнённых деталей толщина диффузного слоя может значительно уменьшаться (рис.2 а), диффузное покрытие имеет хрупкую природу разрушения, а сердцевина детали – мягкий отожжёный металл. При ударном воздействии абразивных частиц и малой жёсткости системы “слой-сердцевина” возможно разрушение поверхностного слоя (рис. 2,б). Чтобы исключить это явление, необходимо знать критическую толщину слоя, при которой ещё не будет происходить продавливание слоя защемленной абразивной частицей.

Будем рассматривать систему “слой-сердцевина” как плоский слой высокой твёрдости толщиной h , лежащий на пластичном полупространстве. На поверхность упрочнённого слоя действует абразивная частица радиусом R_{np} , нагруженная осесимметричной ударной силой P , перпендикулярной к поверхности. Примем допущения:

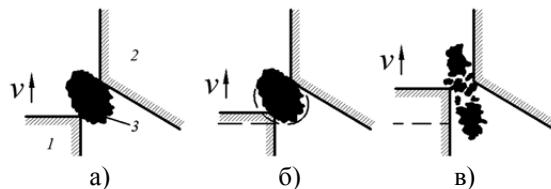


Рис.1. Схема защемления и разрушения абразивной частицы (3) между поверхностями иглы (1) и корпуса распылителя (2)

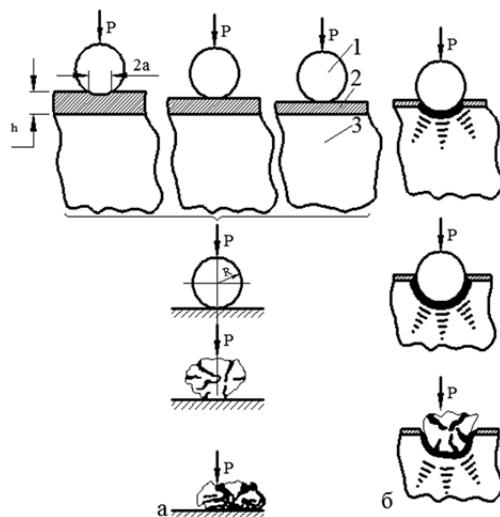


Рис.2. Схема разрушения абразивной частицы и диффузионного покрытия малой толщины.

а) разрушение абразивной частицы при $h > h_{kp}$; б) разрушение покрытия абразивной частицей при $h < h_{kp}$; 1 - абразивная частица; 2 - диффузионное покрытие толщиной h ; 3 - сердцевина; Р - сила, действующая на частицу; а - радиус контакта абразивной частицы с поверхностью.

- верхний поверхностный слой однороден, имеет равномерную толщину и жёстко связан с сердцевиной; трение между слоями отсутствует;
- материал сердцевины, слоя (покрытия) и частицы характеризуется собственным модулем упругости (E_i), коэффициентом Пуассона (μ_i) и предельным напряжением ($[\sigma_i]$);
- нормальные напряжения слоя и сердцевины в точке пересечения с направлением силы P равны между собой.

Такая задача относится к классу динамических контактных задач. Для решения определённого типа подобных задач различными авторами разработано несколько способов их решения, каждый из которых применим для определённого класса задач. Решение контактной динамической задачи в строгой математической последовательности выходит за рамки наших исследований. Поэтому для приближённой оценки несущей способности слоя мы использовали результаты решения подобной задачи, приведённые в работе.

Для установления несущей способности системы “слой-сердцевина” достаточно определить величину критической силы (P_{kp}), при которой происходит продавливание слоя, а также соответствующую ей критическую толщину диффузационного слоя (h_{kp}) и величину местного смятия (α). Для определения максимальной величины критической силы В.М.Александровым [6] получено выражение:

$$P_{kp} = \frac{8G \cdot a^3}{3R_{np}} , \quad (3)$$

где $G = \frac{E}{2(1-\mu_2)}$ - модуль сдвига, МПа; $E_{np} = \frac{E_2(1-\mu_3)}{(1-2\mu_2)(1+\mu_1)}$ - приведённый модуль упругости, МПа; E_2 - модуль упругости диффузного покрытия, МПа; μ_1, μ_2, μ_3 - соответственно коэффициенты Пуассона абразивной частицы, покрытия и сердцевины; a - радиус отпечатка, мм; R_{np} - приведённый радиус абразивной частицы, мм.

С другой стороны, из условия подвижности рассматриваемого сопряжения “плунжер – втулка” величина критической силы не может быть больше силы, необходимой для разрушения абразивной частицы, и может быть определена [5]:

$$P_{kp} = \pi R_{np}^2 [\sigma_{ab}] \quad (4)$$

Согласно данному выражению величина критической силы для разрушения частиц корунда с размерами 20 мкм и 30 мкм будет составлять 0,31 Н и 0,71 Н. Для расчета критической толщины диффузационного слоя преобразуем выражение (3). Обозначим отношение толщины слоя (h) к радиусу отпечатка (a) через $\lambda = h/a$. Подставив в (3), после преобразования получим:

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{3R_{np} \cdot R_{kp} \cdot \lambda^3 (1-\mu_2)}{4E_{np}}} \quad (5)$$

Подставляя P_{kp} из (4), получим

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{3\pi \cdot R_{np}^3 \cdot \lambda^3 \cdot [\sigma_{ab}] \cdot (1-\mu_2)}{4E_{np}}} . \quad (6)$$

Общую деформацию системы “слой – сердцевина” можно рассматривать как сумму двух составляющих [3]:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 , \quad (7)$$

где α_1 - упругая составляющая деформации, мм; α_2 - пластическая составляющая деформации, мм. Упругая составляющая деформации может быть определена по уравнению Герца:

$$\lambda_1 = k \cdot P_{kp}^{2/3} \quad (8)$$

где $K = \sqrt[3]{\left[\frac{3(1-\mu^2)}{4E_{np}} \right]^2 \frac{1}{R_{np}}}$ - коэффициент, зависящий от формы и упругих свойств соударяющихся тел.

Пластическая составляющая деформации α_2 может быть найдена на основе эмпирической зависимости академика Ю.А.Ишлинского

$$[\sigma_3] = 0,36HB ; \quad (9)$$

или

$$P_{kp} = [\sigma_3] \cdot F / 0,36 \quad (10)$$

где HB – твёрдость материала, МПа; F – площадь отпечатка, мм^2 ; P_{kp} – сила, действующая на частицу, МПа; $[\sigma_3]$ - предел прочности материала сердцевины, МПа. Учитывая, что при соизмеримых величинах a и α_2 площадь отпечатка F связана с глубиной местного смятия α_2 как

$$F \approx 2\pi \cdot a \cdot \alpha_2 \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10),

$$\alpha_2 = \frac{0,18 \cdot P_{kp}}{\pi \cdot a \cdot [\sigma_3]} \quad (12)$$

Суммируя выражение (12) с выражением (9), получим

$$\alpha = \sqrt[3]{\left[\frac{3(1-\mu^2)}{4E_{np}} \right] \cdot \frac{1}{R_{np}} \cdot P_{kp}^{2/3} + \frac{0,18P_{kp}}{\pi \cdot a \cdot [\sigma_3]}} \quad (13)$$

Таким образом, выражения (3) и (13) позволяют производить оценочные расчёты по определению несущей способности диффузионного слоя. Из выражения (7) вытекает, что критическая толщина слоя прямо пропорциональна размеру абразивных частиц, их глубине внедрения и пределу прочности при сжатии и обратно пропорциональна приведённому модулю упругости системы “слой – сердцевина”. Из выражений (7) и (13) следует, что с увеличением толщины слоя несущая способность системы повышается. Повысить прочностные свойства сердцевины при диффузионной обработке можно, применив методы термической обработки.

Заключение. При восстановлении и упрочнении прецизионных деталей распылителя форсунки диффузионной металлизацией толщина слоя должна быть больше критической величины, и это будет обеспечивать их долговечную работу. В отличие от расчётной схемы,

на абразивную частицу, кроме нормальной силы, будут действовать и касательные, что приведёт к снижению предельной величины напряжений разрушения для частицы и тем самым увеличит запас прочности системы “слой – сердцевина”.

REFERENCES

1. **Guseynov A.G.** Vosstanovlenie i uprochnenie precizionnyh detaley mashin i apparatury kompleksnoy diffuzionnoy metallizaciy // Vestnik mashinostroeniya. M. № 5. 2000. S.40-45
Гусейнов А.Г. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей машин и аппаратуры комплексной диффузионной металлизацией // Вестник машиностроения. М. № 5. 2000. С.40-45
2. **Guseynov A.G.** Rabotosposobnost' detaley mashin i apparatury, vosstanovlennyh diffuzionnoy metallizaciy. // Vestnik mashinostroeniya. M. 2001. №10. S.45-49
Гусейнов А.Г. Работоспособность деталей машин и аппаратуры, восстановленных диффузионной металлизацией. // Вестник машиностроения. М. 2001. №10. С.45-49
3. **Guseynov A.G., Astanova E.R., Soldatov A.A.** Principy kosvennogo prognozirovaniya nadezhnosti toplivnoy apparatury posle remonta // Vestnik Azerbayanskoy Inzhenernoy Akademii. Baku. 2015. T. 7. №2. S.40-43
Гусейнов А.Г., Астанова Э.Р., Солдатов А.А. Принципы косвенного прогнозирования надежности топливной аппаратуры после ремонта // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. Баку. 2015. Т. 7. №2. С.40-43
4. **Haritonov L.G.** Opredelenie mikrotverdosti. Metodika ispytaniy. Izmerenie otpechatkov. Nomogramma i tablica dlya opredeleniya mikrotverdosti. M.: Metallurgiya. 1967. 46 s.
Харитонов Л.Г. Определение микротвердости. Методика испытаний. Измерение отпечатков. Номограмма и таблица для определения микротвердости. М.: Металлургия. 1967. 46 с.
5. **Kragelskiy I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S.** Osnovy raschetov na trenie i iznos. M.: Mashinostroenie. 1977. 526 s.
Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение. 1977. 526 с.
6. Opredelenie napryazheniy v uprugom osnovanii pri udare shtampa. Nauchnyy otchet. Rukovoditel V.M. Aleksandrov. RGU. Rostov-na-Donu. 1965. ch.1. 43 s.
Определение напряжений в упругом основании при ударе штампа. Научный отчет. Руководитель В.М. Александров. РГУ. Ростов-на-Дону. 1965. ч.1. 43 с.

FORSUNKANIN PRESİZİON DETALLARININ BƏRPASINDA DİFFÜZİYALI QATIN KRİTİK QALINLIĞININ TƏYİNİ

Ə.G. HÜSEYNOV, Ş.N. ASADOV, E.R. ASTANOVA

Məqalə diffuziya metallaşdırma metodu ilə bərpa olunmuş forsunka püskürçünün presizion hissələrinin uzunömürlülüyünü təmin edən diffuziyalı qatin kritik qalınlığının təyininə həsr edilib.

Açar sözlər: diffuziyalı qat, forsunka, presizion detallar, bərpa, kritik qalılıq.

DETERMINATION OF THE CRITICAL THICKNESS OF THE DIFFUSION LAYER WHEN RESTORING THE PRECISION PARTS OF THE INJECTOR

A.G. GUSEYNOV, Sh.N. ASADOV, E.R. ASTANOVA

This article is devoted to the determination of the critical thickness of the diffusion layer, the restored precision parts of the nozzle atomizer by diffusion metallization, which will ensure their long-term work.

Keywords: diffusion layer, nozzle, precision parts, restoration, critical thickness.

UOT:622.22

DAĞ SÜXURLARININ REOLOJİ XASSƏLƏRİ NƏZƏRƏ ALINMAQLA QORUYUCU BORU KƏMƏRİNİN UZUNÖMÜRLÜLÜYƏ HESABI

S.H. ABBASOV*

Alınan nəticələrin analizi göstərir ki, özlü-elastiki dağ süturları tərəfindən sement örtükdən qoruyucu boru kəmərinin yan səthinə ötürülən təzyiq zamanı keçidkən tədricən artır. Ona görə də əksər hallarda qoruyucu boru kəmərinin əzilməsi və yaxud bükülməsi qoruyucu boru kəməri quyuya buraxılan anda deyil bir neçə müddət keçidkən sonra baş verir. Hesablamlar göstərir ki, zamanın eyni bir anında kəmər daxili əks təzyiqin azalması və qoruyucu boru kəmərinin divarının qalınlığının artmasına baxmayaraq belə, kontakt təzyiqi artır.

Açar sözlər: gərginlik, deformasiya, möhkəmlik, dağ süturu, dağ təzyiqi, sement təbəqə.

Giriş. Neft və qaz quyularının divarlarının qoruyucu boru kəmərləri ilə möhkəm bərkidilməsi yataqların müvəffəqiyyətlə istismarında əsas məsələlərdən biridir. Qoruyucu boru kəmərinə təsir edən yüklərin dəqiqlik hesabatı quyu divarının etibarlı bərkidilməsinin əsasını təşkil edir. Mədən müşahidələri göstərir ki, qoruyucu boru kəmərlərinin geoloji mürəkkəb şəraitdə yan təzyiqdən əzilməsi hidravlik təzyiqlərdən bükülmələrdən fərqlənir. Ancaq Huk modelinin tətbiqi qeyri elastiki dağ süturlarının təsirindən qoruyucu boru kəmərlərinin bükülməsinin əsl səbəbini aşkar etməyə imkan vermir. Ona görə də neft-qaz quyularının divarının bərkidilməsi və qoruyucu boru kəmərinin uzunömürlülüyə hesabati zamanı dağ süturlarının reoloji xassələrini nəzərə almaq lazımdır.

Məsələnin qoyuluşu. Mürəkkəb reoloji şəraitdə özlü-elastiki mühitdə qoruyucu boru kəmərinin xarici təzyiqə tab gətirmə qabiliyyəti ani olaraq yox, tədricən xarici kontakt təzyiqi borunun materialının axma həddinə çatmasından sonra baş verir. İstismar dövründə mürəkkəb reoloji şəraitdə qoruyucu boru kəmərinin möhkəmliyinin dərhal pozulmasının əsas səbəblərindən biri özlü elastiki laylarda yan təzyiqin boru kəmərinin xarici səthinə ötürülməsinin zaman keçidkən artmasıdır. Bu əsas səbəbi nəzərə almaqla işdə qoruyucu boru kəmərinin uzunömürlülüyə hesabati məsələsinə baxılmışdır.

Məsələnin tədqiqi. Qoruyucu boru kəməri üçün gərginliyin komponentlərinin zamandan asılı ifadələri alınmış və energetik möhkəmlik şərtindən istifadə edərək özlü-elastiki dağ süturları əhatəsində olan qoruyucu boru kəmərinin uzunömürlülüyə hesabı tədqiq edilmişdir. Alınmış nəticələr göstərir ki, qoruyucu boru kəmərinin divarının qalınlığı və

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

materialının axma həddi nə qədər çox olarsa onun istismar müddətində bir o qədər yüksək olar.

Neft və qaz yataqlarının istismarı quyu divarının qoruyucu boru kəmərləri ilə möhkəm bərkidilməsindən sonra başlanır. Quyu divarının bərkidilməsi bir qayda olaraq yandan təsir edən dağ təzyiqinə və daxili hidrostatik təzyiqə hesablanır. Yan təzyiq, dağ təzyiqinin bir hissəsi kimi və ya ona bərabər götürülür.

$$P_{yan} = \xi P_d$$

Dağ təzyiqi $P_d = \gamma H$, müəyyən dərinlikdə yuxarı qatdakı dağ süxurlarının orta xüsusi çəkisinin həmin dərinliyin hasilinə bərabərdir. ξ – basqı əmsalıdır və $0 \leq \xi \leq 1$ aralığında dəyişir.

Endirmə prosesində və sonralar kəmər daxili və xarici təzyiqlərin təsiri altında olur. Hesabi kəmiyyət kimi xarici və daxili izafı təzyiq götürülür. Xarici izafı təzyiq lay təzyiqi ilə yaradılır. Onun qiyməti quyu mənimsənilikdə artır, çünki bu zaman daxili hidrostatik təzyiq azalır [1].

Dərin laylara qazılmış mürəkkəb reoloji şəraitli quyu divarında dağ təzyiqinin meydana gəlməsi zamandan asılı bir proses olduğundan ona elastiki mühit kimi baxmaq real nəticələrdən uzaq olar. Çünki qoruyucu boru kəməri, onun arxasında sement təbəqəsi və ondan sonra radiusu sonsuzluğa yaxınlaşan müxtəlif və bircins təbəqəli dağ süxurlarından ibarət laylar özlərini müxtəlif xassəli reoloji mühitlər kimi aparırlar.

Quyu divarlarının bərkidilməsi və yataqların istismarı zamanı bu növ yataqlarda qoruyucu boru kəmərlərini xarici təzyiqə hesablaşdırıqda reoloji modellərdən həmin zonalar üçün uyğun gələnlərindən istifadə etməyi əsaslandıraraq tətbiq etmək daha məqsədə uyğundur. Dağ süxurları həmişə təzyiq altında olduğundan onun gərginlik-deformasiya vəziyyətini təyin edərkən başlanğıc gərginlik vəziyyəti nəzərə almaq dağ mexanikası məsələlərinin həllində vacib məsələlərdəndir. Ona görə də qoruyucu boru kəmərinin möhkəmlik və uzunömürlülüyə hesabatı zamanı dağ süxurlarının başlanğıc gərginlik vəziyyətini nəzərə almaq lazımdır.

Mürəkkəb reoloji şəraitdə kontakt təzyiqinin qiyməti qoruyucu boru kəmərinin materialının axma həddinə bərabər olduqda qoruyucu boru kəməri öz iş qabiliyyətini ani olaraq yox tədricən itirir.

Dağ süxurlarının reoloji və özlü-elastiki xassələrindən asılı olaraq dağ təzyiqinin qoruyucu boru kəmərinin yan səthinə ötürülməsi müxtəlif templə baş verir [4].. Bu eyni bir şəraitdə süxurların müxtəlifliyindən asılıdır. Kontakt təzyiqinin zamanın asılı ifadəsindən maraqlı bir nəticə əldə edilir. Zaman keçdikcə kontakt təzyiqinin qiyməti dağ təzyiqinin qiymətindən artıq olur.

$$P_{yan} = \frac{\mu P_d}{(1 - \mu)}$$

Bu artımın qiyməti və tempi boru kəməri və quyu lüləsinin radiusları nisbətindən asılıdır. Özlü-elastiki dağ süxurları tərəfindən sement örtükdən qoruyucu boru kəmərinin yan səthinə ötürülən dağ təzyiqinin dəyişməsi qanuna uyğunluqlarını bilməklə istənilən mühit üçün qoruyucu boru kəmərlərini uzunömürlülüyə hesablamaq mümkündür. Sement örtükdən

qoruyucu boru kəmərinə ötürülən dağ təzyiqinin qiyməti qoruyucu boru kəmərinin materialının mexaniki sement örtüyün və dağ səxurlarının reoloji xassələrindən asılı olub zaman keçdikcə artır və $t \rightarrow \infty$ anında dağ səxurları tərəfindən ötürülən yan təzyiqinin həmin dərinlikdəki maksimum qiymətinə bərabər olur. İş zamanı qoruyucu boru kəmərinin bütövlüyünün itirilməsinə əsas səbəblərdən biri onun yan səthinə ötürülən dağ təzyiqinin zamandan asılı olaraq artmasıdır. Özlü-elastiki mühitdə qoruyucu boru kəmərlərinin iş qabiliyyətini itirməsi ani olaraq yox tədricən kontakt təzyiqi borunun materialının axma həddinə çatdıqdan sonra baş verir.

Oxa simmetrik qoruyucu boru kəməri üçün sərhəd şərtlərindən istifadə edərək müvazinət tənliklərini yazaq:

$$\sigma_{II}^0|_{\rho=a} = -\gamma_m H \quad \text{və} \quad \sigma_{II}^0|_{\rho=b} = -P_k$$

Kontakt gərginliklərinin zamandan asılı ifadəsi məlum olduğunu nəzərə alaraq $a \leq \rho \leq b$ şərti daxilində boru kəmərinin yan səthi üçün gərginliyin komponentləri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\begin{aligned} \sigma_{II}^0 &= \frac{2G_k}{1-2\mu_k} \left[(1-\mu_k) \frac{du_k}{d\rho} + \mu_k \frac{u_k}{\rho} \right]; \\ \sigma_{22}^0 &= \frac{2G_k}{1-2\mu_k} \left[(1-\mu_k) \frac{u_k}{\rho} + \mu_k \frac{du_k}{d\rho} \right]; \\ \sigma_{33}^0 &= \mu_k (\sigma_{II}^0 + \sigma_{22}^0) \end{aligned} \quad (1)$$

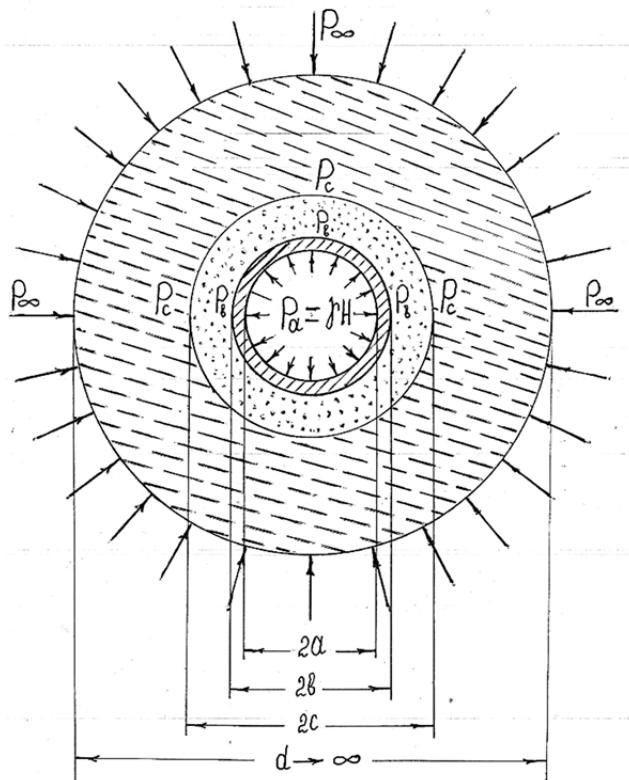
və ya

$$\sigma_{33}^0 = 2G_k \frac{2\mu_k}{1-2\mu_k} \left(\frac{du_k}{d\rho} + \frac{u_k}{\rho} \right).$$

radial yerdəyişməni təyin edək.

$$u_k = \frac{\rho}{2G_k(b^2 - a^2)} \left[(1-2\mu_k)(a^2 \gamma_m H - b^2 P_k) \right] + \frac{a^2 b^2}{2G_k(b^2 - a^2)\rho} \left[\gamma_m H - b^2 P_k \right] \quad (2)$$

Özlü-elastiki dağ səxurları tərəfindən qoruyucu boru kəmərinin yan səthinə ötürülən və (2)-yə daxil olan P_k dağ təzyiqi aşağıdakı kimi təyin olunur [2].



Şəkil 1. Hesabat sxemi

$$\begin{aligned}
 P_k = & \frac{1}{\Delta} \left[\left(\frac{-b^2 - c^2(1 - 2\mu_s)}{(c^2 - b^2)G_s} - \frac{1}{2G_d} \right) \left(-P_a \frac{a^2(1 - \mu_k)}{G_k(b^2 - a^2)} + \frac{b^2(1 - 2\mu_s) + c^2}{(c^2 - b^2)2G_s} \cdot \beta_2 e^{\alpha_2 t} \frac{\bar{\Delta}_1}{\Delta} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{(1 - \mu_s)c^2}{(c^2 - b^2)} \cdot \beta_2 e^{\alpha_2 t} \frac{\bar{\Delta}_2}{\Delta} \right) - \frac{c^2(1 - \mu_s)}{G_s(c^2 - b^2)} \left(-\frac{P_\infty}{2G_d} + \frac{P_\infty}{2G_d} \cdot \frac{\beta_3(1 - e^{\alpha_3 t})}{\alpha_3} \right) - \frac{b^2(1 - \mu_s)}{(c^2 - b^2)G_s} \times \right. \\
 & \left. \times \beta_2 e^{\alpha_2 t} \frac{\bar{\Delta}_1}{\Delta} - \frac{-b^2 - c^2(1 - 2\mu_s)}{(c^2 - b^2)2G_s} \beta_2 e^{\alpha_2 t} \frac{\bar{\Delta}_2}{\Delta} + \frac{1}{2G_d} \beta_3 e^{\alpha_3 t} \frac{\bar{\Delta}_3}{\Delta} \right]
 \end{aligned}$$

Məlumdur ki, gərginliyin maksimal qiyməti və boru kəmərinin materialının plastiki vəziyyətə keçməsi borunun daxili səthində baş verir. $\rho = a$ qəbul edərək (2)-ni (1)-də yerinə yazmaqla alırıq:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{II}^0 &= -\gamma_m H; \\
 \sigma_{22}^0 &= \frac{(a^2 + b^2)\gamma_m H - 2b^2 \cdot P_k}{b^2 - a^2}; \\
 \sigma_{33}^0 &= \frac{2\mu_k [a^2\gamma_m H - b^2 P_k]}{b^2 - a^2}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Qoruyucu boru kəmərini möhkəmliyə hesablamaq üçün energetik möhkəmlik şərtindən istifadə edirik [3].

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{11}^{02} + \sigma_{22}^{02} + \sigma_{33}^{02} - \sigma_{11}^0 \cdot \sigma_{22}^0 - \sigma_{22}^0 \cdot \sigma_{33}^0 - \sigma_{11}^0 \cdot \sigma_{33}^0} \tag{4}$$

σ_e – effektiv gərginlikdir.

(4) ifadəsinin sağ tərəfinə daxil olan gərginliklərin komponentləri zamanın funksiyası olduğundan boru kəmərinin materialı müəyyən müddətdən sonra gərginliyin axma həddinə çatır.

(3)-ü (4)-də nəzərə alaq:

$$\begin{aligned}
 \sigma_e = & \sqrt{\left(\gamma_m H \right)^2 + \frac{\left[(a^2 + b^2)\gamma_m H - 2b^2 \cdot P_k \right]^2}{(b^2 - a^2)^2} + \frac{4\mu_k^2 [a^2\gamma_m H - b^2 P_k]^2}{(b^2 - a^2)^2} + } \\
 & + \frac{\left[(a^2 + b^2)\gamma_m H - 2b^2 \cdot P_k \right] \gamma_m H}{(b^2 - a^2)^2} - \frac{2\mu_k \left[(b^2 + a^2)\gamma_m H - 2b^2 \cdot P_k \right] [a^2\gamma_m H - b^2 P_k]}{(b^2 - a^2)^2} + \\
 & + \frac{2\mu_k \gamma_m H [a^2\gamma_m H - b^2 P_k]}{(b^2 - a^2)^2}
 \end{aligned} \tag{5}$$

(5) ifadəsinə dağ səxurlarının reoloji, qoruyucu boru kəməri və sement örtüyün mexaniki xassələri daxildir.

(5)-in köməyi ilə 5000 m dərinliyə buraxılmış və diametri 168 mm, divarının qalınlığı 10 mm olan qoruyucu boru kəməri uzunömürlülüyə hesablanmışdır.

Hesabatdan alınmış nəticələrin analizi göstərir ki, müxtəlif markalı poladlardan hazırlanmış qoruyucu boru kəmərləri üçün ekvivalent gərginlik müəyyən vaxtdan sonra gərginliyin axma həddinə çatır. Yəni qoruyucu boru kəmərinin müəyyən müddət ərzində dayanıqlığını itirmədən işləməsini təyin etmək mümkündür. Alınmış nəticələr göstərir ki,

qoruyucu boru kəmərinin divarının qalınlığı və materialının axma həddi nə qədər çox olarsa onun istismar müddətdə bir o qədər yüksək olar.

Nəticə. Qoruyucu boru kəməri üçün gərginliyin komponentlərinin zamandan asılı ifadələri alınmışdır.

Energetik möhkəmlik şərtindən istifadə edərək özlü-elastiki dağ süturları əhatəsində olan qoruyucu boru kəmərinin uzunömürlülüyə hesabı verilmişdir.

Quyunun dərinliyi və istismar müddətindən asılı olaraq qoruyucu boru kəmərinin hansı markalı poladdan hazırlanması təyin edilmişdir.

Alınmış ifadələrin köməyi ilə qoruyucu boru kəmərinin daxilində plastikliyin başlanma anı və tamamilə plastik zonaya keçməsi vaxtı təyin edilmişdir.

REFERENCES

1. **Canəhmədov Ə.X.** Qazuma maşın və avadanlıqları. Bakı. 1999. 286 s.
2. **Yagubov N.N., Gulgezli A.S., Abbasov S.G.** Opredelenie kontaktnyh napryazheniy dlya mnogoslojnoy cilindrcheskoy vyazkouprugoy oblasti // Materialy nauchnoy konferencii po mehanike i matematike, posvyashchennoy yubileyu professora K.A. Kerimova. Bakı. 1998. C.162-166
Ягубов Н.Н., Гульгезли А.С., Аббасов С.Г. Определение контактных напряжений для многослойной цилиндрической вязкоупругой области // Материалы научной конференции по механике и математике, посвященной юбилею профессора К.А. Керимова. Баку. 1998. С.162-166
3. **Feodosev V.I.** Soprotivlenie materialov. M. 1999. 567 s.
Феодосев В.И. Сопротивление материалов. М. 1999. 567 с.
4. **Şirəli İ.Y.** Dənizdə yerləşən Ümid-12 quyusunun yan lüləsinin mürəkkəb geoloji şəraitdə böyük diametrli quyrıq kəməri ilə bərkidilməsi təcrübəsi. Azərbaycan mühəndislik akademiyasının xəbərləri. Bakı 2015. Cild 7 №2. S.111-117.

РАСЧЁТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

С.Г. АББАСОВ

Анализ результатов показывает, что наружное давление на обсадную колонну от вязко-упругого горного массива за цементной оболочкой увеличивается с течением времени. По этой причине смятие трубы в большинстве случаев происходит не сразу после спуска колонны в скважину, а в результате длительной работы.

Расчеты показывают, что вследствие уменьшения обратного влияния внутреколонного давления с увеличением толщины труб возрастает контактное давление при одинаковых значениях фактора времени.

Ключевые слова: напряжение, деформация, прочность, горная порода, горное давление, цементное кольцо

ESTIMATION OF CASING DURABILITY CONSIDERING RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE ROCK

S.H. ABBASOV

Analysis of the result shows that external pressure on the casing from the viscous-elastic rock massif increases by the time. That's why in many cases denting of casing doesn't take place immediately but after some period.

Calculations show that at the same time the factor value of the contact pressure increases though the internal reverse pressure decreases and the thickness of casing walls raises.

Keywords: tension, deformation, durability, rock, pressure, cement, layer.

UOT 539.3

**AVİASIYA KONSTRUKSİYALARINDA KOMPOZİT
MATERIALLARIN TƏTBİQİ VƏ
QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

Ə.S. MƏSİMOV*

Məqalədə məqsəd kompozit materialların tətbiqini müəyyənləşdirmək və onların mexaniki xassələrinə görə qiymətləndirməkdir.

Açar sözlər: aviasiya konstruksiyaları, kompozit materiallar, elastiklik modulu, izafî enerji.

Giriş. Kompozit materiallarından hazırlanmış məhsullar möhkəmlik və sərtlik xassələrinə, həmçinin korroziya dayanıqlığına görə sənayedə geniş tətbiq tapmışdır. Lakin istismar prosesində kompozit materiallarında mikrozədələrin yüksələşməsi, zaman keçdikcə konstruksiyanın işləmə qabiliyyətinin azalmasına gətirib çıxara bilər. Kompozit materialların istehsalı zamanı müxtəlif qüsurlarda meydana çıxır. Kompozit materiallarının dağılması metallara nisbətən daha az öyrənilədiyi üçün, etibarlığa yüksək tələbli olan məhsullarda istifadəsi bir qədər risklə bağlıdır (məsələn, raket-kosmik texnikada). Nəticə kimi, kompozit materialların vəziyyətinin real zaman rejimində nəzarəti lazımdır.

Dağılmayan nəzarəti müxtəlif üsullar (ultrasəs, radiodalğa və s.) əndəzə ölçüləri böyük, dəyəri yüksək olan cihazlar tələb edilir. Bu üsulların köməkliyi ilə real zaman rejimində (istismar müddətində) kompozit materialların nəzarətini aparmaq olduqca çətindir, bəzi hallarda hətta mümkün deyil.

Yuxarıda qeyd olunanla əsasən, tədqiq edilən materialın bir hissəsi tənzimləyici olaraq KM vəziyyətinin nəzarət üsulları xüsusi maraq yaradırlar. Bu baxımdan KM-dən konstruksiya iş qabiliyyətinin dərəcəsi haqqında özü “məlumat verir”. Belə strukturları intellektual materiallar adlandırırlar.

Əgər material xarici və daxili şərtlərin dəyişməsinə reaksiya vermək qabiliyyətindədirse, o intellektual sayılır. Xarici şərtlərin dəyişməsini təbiət və istismar şərtlərinin, və ya konstruksiyanın fəzada yerdəyişməsini qəbul etmək olar. İntellektual materialların reaksiyası qurğunun funksional xarakteristikalarının dəyişməsidir. Bunun sayəsində intellektual materiallar konstruksiyanın etibarlığını və effektivliyini yüksəltməyə, yeyilməni və istismar xərclərini azaltmağa imkan verir.

* Azərbaycan Milli Aviasiya akademiyası

Ümumi halda isə aşağıda göstərilən təsir növlərini ölçmək lazımdır: mexaniki yükləmələr; temperaturun dəyişməsi ilə bağlı istilik təsiri. O mexaniki gərginliklərin yaranmasına təşəbbüs edə və mexaniki möhkəmliyin dəyişikliyinə apara bilər; mühitin turşuluq dərəcəsinin dəyişikliyi ilə bağlı kimyəvi aktiv maddələrin itkisi, suyun olması və s. kimyəvi təsiri.

Xarici təsirlərin ölçülməsindən başqa, həmçinin intellektual materiallardan konstruksiyanın yeyilmə dərəcəsinə nəzarət etmək lazımdır: Mexaniki yükləmələr; İstilik təsiri; Kimyəvi (korroziyalı) təsir.

Cərəyan keçirən həssas elementlərlə intellektual kompozit materiallarının yaradılması zamanı xüsusi diqqət karbon liflərinə ayrıılır. Kompozit materiallarına karbon liflərin tətbiqi materialın ilk möhkəmlilik xarakteristikalarının azalmasına gətirib çıxarmayacaq, çünki karbon liflərin en kəsik ölçüləri hal-hazırda (təqribi 8 mkm) istifadə olunan kompozit materiallarının başqa möhkəmləndirən (armirləmə) elementlərinin en kəsik ölçüləri ilə müqayisə edilə bilər. Unutmaq lazım deyil ki, karbon lifləri eyni zamanda möhkəmləndirən (armirləşən) və həssas elementlərin funksiyasını yerinə yetirə bilər.

İşin məqsədi - kompozit materialların tətbiqini müəyyənləşdirməkdən və onların mexaniki xassələrinə görə qiymətləndirməkdən ibarətdir.

Baxmayaraq ki, karbon lifləri "yaxşı" xarakteristikaların artmasıyla əlaqədar mühəndislik tənzimçisi adlandırmaq olmaz, onlar çox faydalı keyfiyyəti informasiyani verirlər, belə ki, analizi, struktur vəziyyətini xarakterizə edir. Kömür plastik kütləsinin müqavimətini ölçərək materialın formasını dəyişdirilmiş vəziyyətinə nəzarət etmək, onun yorğunluq uzunömürlüyü və zədənin dərəcəsi haqqında nəticələri qiymətləndirmək, kompozitin təbəqələşməsinin dərəcəsindən mühakimə yürütmək olar. Fasiləsiz və döyülmüş karbon lifləri intellektual kompozot materialları yaradaraq müxtəlif polimer materiallara asan diffuziya olurlar. Lakin, elmi mənbələrdən göründüyü kimi, kömür plastik kütləsinin müqavimətinin dəyişikliyinin qeydiyyatı üçün daha dəqiq aparatura lazımdır, ona görə ki, karbon saplarının müqavimətinin dəyişikliyinin qeydiyyatına ehtiyac vardır. Bundan başqa, karbon sapları (elementar karbon liflərinin dəstələri) massivi yaratmağa imkan verir, və onların möhkəmliyi ilə qüsurlar yerini müəyyənləşdirmək olar.

Məsələnin həlli. Hal hazırda dispers-doldurulmuş polimer kompozitlərin suturuktur-mexaniki xassələrini qiymətləndirmək üçün bir sıra yanaşmalar mövcuddur. Bu yanaşmalar sırasında ən geniş istifadə olunan üsul baza polimer matrisinə doldurulmuş komponentlərin sturkturu ilə müəyyənləşdirilir. Belə ilkin yanaşma məlum faktlara əsaslanır. Başqa sözlə desək bütün proseslər kompozitin xassələrini nəzarət edən (relaksasiya, axıçılıq, dağılıma və s.) məhz polimer matislərdə reallaşdırılır. Belə yanaşmada kompozitin elastiklik modulu - E , polimer matrisin strukturunu “qıcıqlanma” səviyyəsindən asılı olaraq aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E = c(D_f - 3) \quad (1)$$

Burada c -sabitdir, D_f -polimer matrisə ötürülmüş izafî enerjinin lokal sahə ölçüsüdür. Doldurulmuş kompozit polimer materialının elastiklik modulu – E ilə axıçılıq həddi σ_t arasında aşağıdakı asılılıq mövcuddur [1]

$$\sigma_t = E/6\gamma \quad (2)$$

burada γ - Qryunayzen parametridir və molekullar arası əlaqəni xarakterizə edir.

Qryunayzen parametrini Puasson əmsalı ilə ifadə edib təyin etmək olar:

$$\gamma = A_1 \frac{(1+\nu)}{(1-2\nu)} \quad (3)$$

burada A_1 - əmsalının qiyməti ($0,7 \div 0,9$) arasında dəyişir [2].

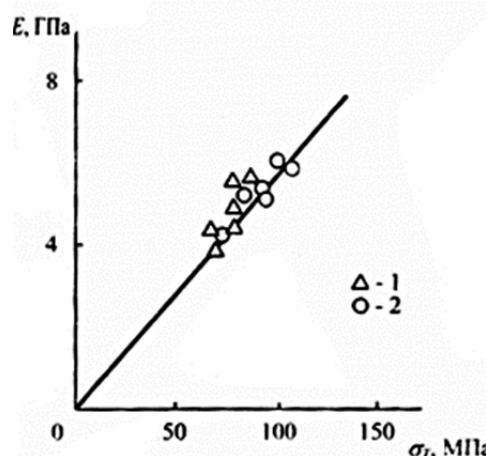
$A_1=0,9$ qəbul etsək yuxarıdakı düsturlardan elastiklik modulunu təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu ala bilərik :

$$E = (8.1 D_f - 10.8) \sigma_t \quad (4)$$

Aparılmış tədqiqatlar [2, 3] göstərir ki, polimer kompozit mühitində elastikiyyət modulu E ilə, axıcılıq həddi σ_t arasında xətti əlaqə mövcuddur, hər iki parametr molekullar arası qarşılıqlı əlaqə qüvvəsi ilə təyin olunur.

Şəkildə elastikiyyət modulu E ilə axıcılıq həddi – σ_t arasında CBMΠƏ- A1 və CBMΠƏ tipli kompozit materialları arasında əlaqə göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi əlaqə xətti xarakter daşıyır və düz xəttin meylliyi (4) düsturu ilə uzlaşır.

Keçirilmiş tədqiqatlar əsas verirlər ki, həssas elementlərin tətbiqi lifli polimer kompozit materialarda karbon saplar əsasında uzun müddətli dağılma vaxtı vəziyyəti və konstruksiyaların xidmət müddətini nəzarət etməyə imkan verəcək



Səkil. Elastiklik modulu – E ilə, axıcılıq həddi – σ_t arasında asılılıq diaqramı
CBMΠƏ- A1 – kompozit materiallar üçün; CBMΠƏ - kompozit materiallar üçün

(1) düsturunda D_f - in həddi qiymətini dəyərləndirək. Tədqiqatlara [3, 4] görə Puasson əmsalının qiyməti real bərk cisimlər üçün $\nu = 0,475$ bu da $D_f = 21$ qiymətinə uyğun gəlir. Praktikada polimer materiallar üçün $\nu = 0,45$ həddini keçmir və ona görə də D_f - in həddi qiyməti $D_f \approx 11$ -ə bərabərdir. $D_f = 1,33$ olanda $E = 0$ həddinə çıxır, bu da Puasson əmsalının $\nu = -1$ qiymətinə uyğun gəlir. Puasson əmsalının aşağı qiymətinə düşmə səbəbi ehtimalı

makromalekulların hərəkətliliyinin məhdudluğunu ilə əlaqələndirmək olar, yəni polimer matrissaya məhdud miqdarda enerjinin daxil olması ilə izah etmək olar.

Nəticə. Göstərilmişdir ki, həssas elementlərin tətbiqi lifli polimer kompozit materiallarda karbon saplar əsasında uzun müddətli dağıılma vaxtı vəziyyəti və konstruksiyaların xidmət müddətini nəzarət etməyə imkan verəcək.

Puasson əmsalının aşağı qiymətinə düşməsinin səbəbi, polimer matrissaya məhdud miqdarda enerjinin daxil olması ilə izah etmək olar.

REFERENCES

1. Kozlov G. V. Zaikov G.E. Konstrukcii iz kompozicionnyh materialov. 2004, №2, C.36-41.
Козлов Г. В. Заиков Г.Е. Конструкции из композиционных материалов. 2004, №2, С.36-41.
2. Sanditov D.S., Kozlov, G. V. Fizika i himija stekla, 1996, T.22, №2, C.97-106.
Сандитов Д.С., Козлов, Г.В. Физика и химия стекла, 1996, Т.22, №2, С.97-106.
3. Balankin A.S. Sinergetika deformiruemogo tela. M.: Ministerstvo Oborony SSSR, 1991. 404 s.
Баланкин А.С. Синергетика деформируемого тела. М.: Министерство Обороны СССР, 1991. 404 с.
4. Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х. Современные проблемы физики прочности и деформации твердых тел // Вестник Азербайджанской инженерной академии. Баку. 2015. Т.7, №1, С.7-16.
Pashaev A.M., Janahmedov A.Kh. Sovremennye problemy fiziki prochnosti i deformacii tverdyh tel // Vestnik Azerbajjanskoy inzhenernoj akademii. Baku. 2015. T.7, №1, S.7-16.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

A.C. MASIMOV

В статье определена возможность применения композитных материалов и их оценка на основе механических характеристик.

Ключевые слова: авиационные конструкции, композитные материалы, модуль упругости, избыточная энергия.

RESEARCH AND ASSESSMENT OF COMPOSITE MATERIALS IN AVIATION DESIGNS

A.S. MASIMOV

The article is definition of application of composite materials and their estimation on the basis of mechanical characteristics

Keywords: aviation designs, composite materials, elasticity module, extra energy.

UOT:622.245.13

ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН (часть 1)

Д.А. ВОЛЬЧЕНКО*

Рассмотрены методы разработки залежей нефти горизонтальными скважинами, их преимущества, опыт применения горизонтальных скважин в Украине и в мире. Приведены критерии их эффективного использования, а также аналитические зависимости для расчета дебита горизонтальной скважины с бесконечной длиной ствола.

Ключевые слова: система разработки, горизонтальная скважина, показатели разработки, горизонтальный ствол, производительность скважины.

Введение. Наиболее рациональным направлением повышения коэффициента нефтеизвлечения трудноизвлекаемых запасов нефти является переход на принципиально новые системы разработки месторождений. Горизонтальные скважины, которые имеют большую площадь вскрытия пластов, снижают фильтрационное сопротивление и являются эффективным методом не только повышения производительности скважин, но и величины нефтеизвлечения из продуктивных пластов.

Особенно важно применять системы разработки с горизонтальными скважинами на месторождениях с высокой геологической неоднородностью, расчленением, наличием многочисленных зон замещения продуктивных пластов, зон вклинивания, участков тонких коллекторов.

Классификация горизонтальных скважин. Горизонтальная скважина (ГС) – это скважина конечной длины, ось которой проходит между кровлей и подошвой пласта с углом наклона $80\dots100^\circ$ относительно вертикали. Схема горизонтальной скважины показана на рис.1.

В зависимости от траектории горизонтального ствола скважины и от принятой технологии бурения ГС условно делят на 4 группы: 1) скважины с большим радиусом набора кривизны; 2) ГС среднего радиуса искривления; 3) ГС малого радиуса кривизны; 4) ультракороткие ГС.

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

Горизонтальные стволы, проходя по продуктивному пласту на сотни метров, а в отдельных случаях несколько сотен метров, могут открыть в неоднородном пласте участки трещиноватых зон с повышенной проницаемостью. Это позволит получить в этих скважинах дебиты в несколько раз выше, чем в вертикальных. Появляется возможность разбурить газонефтяные залежи с большими подгазовыми зонами и водонефтяные залежи значительно меньшим количеством скважин и разрабатывать эти объекты при минимальных депрессиях [1,2].

Мировой и отечественный опыт проведения ГС свидетельствует о том, что их применение позволяет значительно улучшить текущие технологические показатели разработки низкопроницаемых коллекторов, а в ряде случаев перевести забалансовые запасы нефти в балансовые: в частности, темпы отбора нефти из систем ГС по сравнению с системами вертикальных скважин (ВС) повышаются в 3...5 раз, увеличиваются дебиты скважин, сокращаются сроки разработки залежи. Можно предположить, что применение ГС в этих условиях позволит обеспечить темпы выработки запасов на уровне рентабельности. Годовой темп отбора может быть не менее 2...3%, в то время как при применении ВС этот показатель не превышает 1...1,5%. При этом необходимо отметить, что удельные запасы в расчете на одну ГС раза выше, чем для ВС [3, 4, 5].

Использование ГС за счет сокращения их общего количества на объектах требует значительно меньших (в 1,5...2 раза) капитальных вложений на бурение скважин при относительном росте (до 70%) стоимости каждой ГС за счет усложнения их конструкций. Однако при массовом бурении ГС стоимость одного метра проходки, как показывает мировой опыт, может быть доведена до стоимости проходки ВС. Это создает еще более благоприятные предпосылки для повышения эффективности использования ГС.

При применении технологии разработки нефтяных месторождений с использованием ГС можно достичь стабильного коэффициента нефтеизвлечения, равного 60...80%, за счет следующих факторов: ГС могут использоваться для разработки на любой стадии различных по типу и условий залегания коллекторов; при проводке ГС можно обеспечить пересечение природных вертикальных трещин в пласте, что позволит до максимума увеличить проницаемость пласта и отборы пластовых флюидов; для дренирования нефтяного коллектора нужно бурить горизонтальных скважин в 4...5 раз меньше, чем вертикальных. С помощью подобных скважин можно обеспечить разработку продуктивных пластов, залегающих под руслами рек, озер, гор, городскими сооружениями и др.

Опыт применения горизонтальных скважин. Перспективными методами увеличения нефтеизвлечения из пластов считается технология разработки залежей ГС. Результаты теоретических исследований показали, что дебиты ГС по сравнению с обычными могут

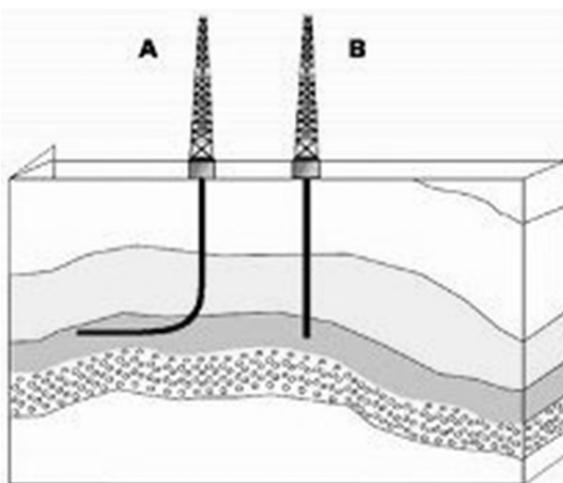


Рисунок 1. Схема скважин:
A – горизонтальная; B - вертикальная

быть повышенены в 2...10 раз, а коэффициент нефтеизвлечения из пластов – в 1,3...1,5 раза [6].

ГС имеют большую поверхность вскрытия пласта, что снижает фильтрационное сопротивление в призабойной зоне пласта. Коэффициент раскрытия при обычном (вертикальном) бурении равен 0,01...0,02, а при горизонтальном – 0,5...0,8; под коэффициентом вскрытия пласта принимается отношение суммы интервалов вскрытия пласта ко всему метражу. В результате применения ГС значительно увеличивается продолжительность безводной эксплуатации.

В Украине ГС была пробурена в 1957 году в Бориславском нефтепромысловом районе. В 70-х годах были пробурены ГС в Долинском нефтепромысловом районе. Но приобретенный опыт не нашел поддержки специалистов для широкого внедрения ГС на месторождениях Украины. За 2001-2003 годы закончено строительство четырех горизонтальных скважин на залежах с низкопроницаемыми, малой толщины, заглинизованными коллекторами. Из этих четырех скважин три находятся в эксплуатации, одна – в освоении [7].

Строительство скважин с большим отклонением забоя от вертикали успешно осуществляется во многих странах и регионах мира на суше и на море: в США в Мексиканском заливе, в Калифорнии, на Северном склоне Аляски, в Канаде, Китае, Австралии, Новой Зеландии, на Северном море, в Великобритании, Норвегии, Дании, Германии, в Таиланде, Малайзии, Индонезии, Аргентине, Венесуэле, России. Если в 1981 году горизонтальное удаление забоя от вертикали скважин составило не более 1500 м, то на 2011 год осуществляется бурение скважин с горизонтальным удалением забоя до 12000 м. В настоящее время в мире пробурено и эксплуатируется большое количество горизонтальных скважин с отклонением забоя от вертикали. На шельфе штата Калифорния в США с морской эксплуатационной платформы при глубине воды 328 м пробурено рекордная наклонно-направленная скважина с большим отходом забоя от вертикали (скважина «Spanish Bay»). Конечная длина ствола скважины составила 10191 м, фактическая вертикальная глубина равна 2336 м, горизонтальное смещение забоя скважины – 9058 м. В феврале 2007 г. на платформе Heritage компания Exxon Mobil Production Company (сокр. Exxon Mobil) завершила буровые работы на добывающей скважине Sacate (SA-15). Данная скважина установила новый рекорд длины горизонтального ствола по североамериканскому региону и новый мировой рекорд измеренной длины пробуренного ствола морской скважины (10191 м, при фактической глубине скважины по вертикали 2336 м). SA-15 стала первой добывающей скважиной, пробуренной в антиклинальной структуре Западного Сакейта. В январе 2011 г. компания Exxon Neftegas сообщила о завершении бурения самой длинной скважины с большим отходом от вертикали. Горизонтальная скважина OP-11, расположенная на месторождении Одопту (Россия), также поставила рекорд по протяженности горизонтального ствола – 11475 м. Работа была завершена всего за 60 дней. Общая длина ствола скважины OP-11 на месторождении Одопту составила 12345 м (7,67 мили), тем самым установлен новый мировой рекорд по бурению скважин с большим отходом забоя от вертикали. OP-11 заняла первое место в мире по расстоянию между забоем и точкой забуривания по горизонтали – 11 475 м (7,13 мили). Компания «Эксон нефтегаз лимитед» (ЭНЛ) осуществила работы по бурению рекордной скважины всего за 60 дней, используя технологии скоростного бурения и комплексного контроля качества бурения, разработанные компанией 306-«ЭксонМобил», достигнув самых высоких по-

казателей в бурении. С 2003 года в рамках «Сахалин-1» с помощью установки «Ястреб» было пробурено 6 из 10 самых длинных на планете скважин. В 2011 году на месторождении объем добычи достиг 1,5 млн. т. В 2015 году при бурении скважины №108 на морской ледостойкой стационарной платформе месторождения имени Юрия Корчагина в Каспийском море ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» установил новый мировой рекорд по количеству пройденных метров в бурении с большим смещением забоя – 4908 метров за один рейс бурового долота в секции 9S дюйма без спускоподъемных операций. Рекорд, установленный Лукойлом на скважине №108, подтвержден мировой базой данных Schlumberger/Smith Bits. При вертикальной глубине скважины всего 1565 м общая длина ствола составляла 8005 м, что является наибольшим значением в рамках проекта по освоению месторождения имени Корчагина (Лукойл, Нефть и капитал). Отклонение забоя от устья является дорогостоящим и технически сложным мероприятием, но оно окупает себя, позволяя сократить расходы на дорогое подводное оборудование и трубопроводы. Прибрежные месторождения разрабатываются с помощью спутниковой связи. Важным аспектом является протяженность горизонтального ствола скважины. Объемы бурения скважин с протяженным горизонтальным участком с каждым годом увеличиваются как в отечественной, так и зарубежной практике бурения.

Пример типичной комплексной системы разработки, которая применяется на месторождениях России, представлен на рис. 2.

Данная система позволяет повысить темпы выработки запасов на 3...5% при достижении нефтеизвлечения до 50%.

Как показывают результаты освоения и эксплуатации ГС, их производительность значительно ниже теоретически возможной. Одной из важнейших причин недостаточной эффективности ГС являются, очевидно, особые условия вскрытия продуктивного пласта горизонтальным стволом, а также продолжительное воздействие промывочной жидкости на пласт, несимметричность влияния на призабойную зону различных химических агентов и т.д. Другой, не менее важной причиной недостижения ожидаемых результатов эксплуатации ГС является отставание организации поддержания пластового давления.

Хотя в Татарстане накоплен определенный опыт применения ГС (проектирование, прокладка, каротаж, крепление, освоение и эксплуатация), однако резервы дальнейшего повышения эффективности горизонтальной технологии еще далеко не исчерпаны.

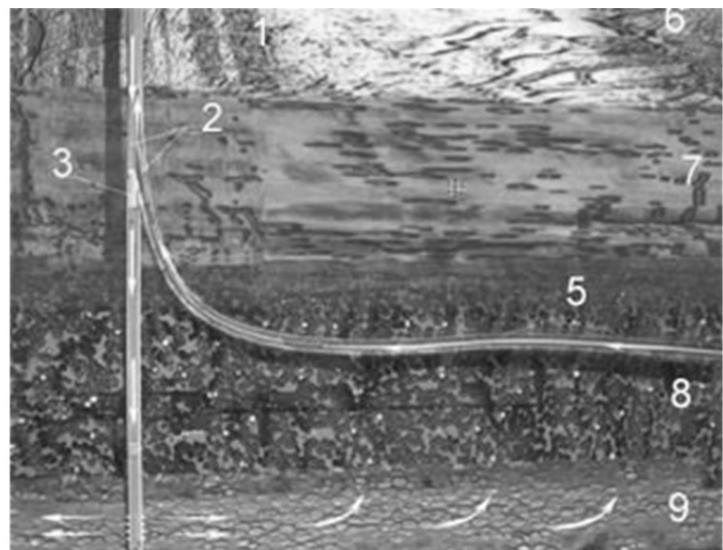


Рисунок 2. Типичная комплексная схема разработки:
1 - комбинированная эксплуатационная колонна;
2 - система труб; 3 - отклонители; 4 - пакер; 5 - горизонтальный забой скважины; 6 - песчаник; 7 - глинистая покрышка;
8 - нефтенасыщенный пласт; 9 - водонасыщенный пласт

На практике часто имеет место недостаточно точное определение гипсометрического положение точки входа в продуктивный пласт. В результате вместо рекомендованной преимущественно нисходящей формы условно горизонтального участка в действительности выходят синусоидальные, v-образные и другие почти случайные конфигурации наиболее ценного и важного участка ствола ГС практически вне связи с геологическими условиями.

Чрезвычайная сложность управления процессом бурения ГС без надежной информации о продуктивном пласте, фактическом геологическом размещении бурового инструмента по кровле пласта, ВНК или ГНК приводит к снижению эффективности ГС.

Особое внимание следует уделять проблеме восстановления бездействующего фонда скважин. Одним из способов решения этой проблемы является бурение вторых стволов из эксплуатационных колонн.

Преимущества горизонтальных скважин. В настоящее время в нефтедобывающей промышленности наблюдается медленное истощение запасов и все большая их часть приходится на труднодобываемые месторождения. Сложность эксплуатации таких месторождений заключается в том, что они характеризуются высокой вязкостью нефти и шельфами морей. Анализ эффективности применения горизонтальных скважин подтверждается запасами нефти, которые производятся в Западной Сибири и России, в общей сумме они достигают 12 млрд. т.

Несмотря на то, что строительство горизонтальных скважин по затратам на 10...15% выше, чем вертикальных, их применение имеет немало преимуществ: уменьшение суммарного количества скважин на месторождениях; рост уровня добычи нефти; вовлечение в разработку новых залежей нефтяных пластов из высоковязкой нефти.

Критерии эффективного использования горизонтальных скважин - относительно небольшие глубины залегания пластов, не превышающие 1500 м; общие толщины продуктивных пластов составляют 5...10 м; возможность извлечения продукции из низкопроницаемых (менее 0,05...0,075 мкм²) пластов; добыча высоковязких нефтей; отсутствие газовой шапки и слабая связь нефтяных залежей с законтурной водоносной частью пласта; значительная неоднородность коллекторов по простираннию и наличие вертикальной трещиноватости продуктивных пластов; структурно-литологическое строение залежей, при которых амплитуда колебаний кровли и подошвы не превышает половины эффективной толщины пластов; углы падения нефтенасыщенных слоев не превышает 45°; низкая степень разбурренности залежей и достаточно высокие значения остаточных балансовых запасов нефти.

Обзор аналитических методов прогнозирования производительности горизонтальных скважин. ГС в большей степени, чем вертикальные, позволяют разрабатывать нефтяные месторождения при пластовых давлениях, близких к исходным значениям. Как известно, значительное превышение пластового давления над начальным приводит к более высоким темпам обводнения скважин, к уменьшению охвата пласта процессом вытеснения вследствие ускоренного прорыва закачиваемой воды по наиболее проницаемым пропласткам продуктивного пласта. Вследствие вышеизложенного бурение и эксплуатация ГС в мире стали одним из наиболее важных направлений научно-технического прогресса в области разработки нефтяных месторождений и вовлечение их в промышленное освоение трудноизвлекаемых запасов нефти.

Необходимо отметить, что месторождение Альба в Северном море является первым месторождением, освоение которого запланировано только за счет ГС. На сегодняшний день в мире пробурено более 26 тыс. горизонтальных скважин.

К настоящему времени отечественными и зарубежными исследователями выполнено достаточно большое количество теоретических и экспериментальных работ, посвященных установившемуся течению жидкостей и газов в ГС.

Аналитические модели процесса стационарного притока жидкости к ГС можно условно разделить на 3 группы: модели ГС бесконечной длины; модели ГС конечной длины; модели ГС с переменным по стволу забойным давлением.

Аналитические методы определения производительности горизонтальных скважин с бесконечной длиной ствола. Расчет дебита ГС на установившемся режиме рассмотрен в трудах таких ученых, как Ю.П. Борисов, Р.М. Батлер, Джоши, Джигер, Ренард-Дупайя, П.Я. Полубаринова-Кочина, В.П. Меркулов и др.

Р.М. Батлер получил простую формулу для расчета производительности горизонтальной скважины, расположенной в центре залежи полосообразной формы:

$$Q = \frac{2\pi k L \Delta P}{\mu \cdot b \left[\frac{\pi R_K}{h} + \left(\ln \left(\frac{h}{r_C^2} \right) - \ln \pi \right) \right]}, \quad (1)$$

где k – коэффициент проницаемости пласта, м^2 ; L - длина горизонтального участка скважины, м; ΔP – перепад давления между пластом и забоем скважины, Па; μ – коэффициент динамической вязкости пластового флюида, Па·с; b - объемный коэффициент нефти; R_K – радиус контура питания, м; h – эффективная толщина пласта, м; r_C – радиус скважины, м.

Уравнение (1) фактически выражает принцип эквивалентных фильтрационных сопротивлений, впервые сформулированный Ю.П. Борисовым. Первое слагаемое в знаменателе определяет внешнее фильтрационное сопротивление от контура питания к прямолинейной галерее, а второе слагаемое – внутреннее фильтрационное сопротивление, обусловленное тем, что в действительности мы имеем не галерею, а скважину.

Рассмотренные выше положения справедливы только при выполнении закона Дарси. При фильтрации газа часто наблюдают отклонение от линейного закона, обусловленного более высокими значениями скорости фильтрации газа в призабойной зоне скважин. В связи с этим значительный интерес представляет метод определения производительности скважины, предложенный З.С. Алиевым. Суть метода заключается в том, что область фильтрации флюида разбивается на две зоны. В отдаленной от скважины зоне протяженностью ($R - 0,5h + r_C$) течение флюида в пласте постоянной толщины считается плоскопараллельным, а в зоне конвергенции, длина которой равна $Ri = 0,5h$, изменение геометрии течения моделируется плоскопараллельной фильтрацией в пласте переменной толщины. В частности, в случае изменения толщины пласта по параболическому закону производительность нефтяной ГС при выполнении закона Дарси определяется по уравнению:

$$Q = \frac{4\pi k L \Delta P}{\mu \cdot b \left[\frac{R_K - h + r_C}{0,5h} + \frac{2}{0,5h - r_C} \left(0,5h - r_C + r_C \cdot \ln \left(\frac{R_K - h + r_C}{h - r_C} \right) \right) \right]}. \quad (2)$$

В формуле (2) использованы такие же обозначения, как и в формуле (1).

Заключение. Таким образом, рассмотрена классификация горизонтальных скважин, опыт их применения, приведены критерии их эффективного использования и аналитические методы определения производительности горизонтальных скважин с бесконечной длиной ствола.

REFERENCES

1. **Muslimov R.H.** Puti povyshenija effektivnosti ispolzovaniya gorizontalnyh skvazhin dlya razrabotki neftyanyh i neftegazovyh skvazhin / R.H. Muslimov // Georesursy. T.18. - №3. – Ch.1. – 2016. – c. 146-153.
Муслимов Р.Х. Пути повышения эффективности использования горизонтальных скважин для разработки нефтяных и нефтегазовых скважин / Р.Х. Муслимов // Георесурсы. Т.18. - №3. – Ч.1. – 2016. – с. 146-153.
2. **Surguchev M.L.** Perspektivy primeneniya gorizontalnyh i mnogozabojnyh skvazhin dlya razrabotki neftyanyh mestorozhdeniy / M.L. Surguchev, V.P. Tabakov, V.M. Kiverenko // Neftjanoe hozjajstvo, 1991. - №9. - c. 37-39.
Сургучев М.Л. Перспективы применения горизонтальных и многозабойных скважин для разработки нефтяных месторождений / М.Л. Сургучев, В.П. Табаков, В.М. Киверенко // Нефтяное хозяйство, 1991. - №9. - с. 37-39.
3. **S. D. Joshi.** Horizontal Well Technology // PennWell Books, 1991. – 535 p.
4. **F. M. Giger.** “Horizontal wells production techniques in heterogeneous reservoirs,” in Proceedings of the Middle East Oil Technical Conference and Exhibition, Bahrain, 1985.
5. **Babu, D.K. and Odeh, A.S.** 1989. Productivity of a Horizontal Well. SPE Res Eng 4 (4): 417–421. SPE-18298-PA.
6. **Nasybullin A.V.** K opredeleniju debita gorizontalnoj skvazhiny na ustanovivshemся rezhime v elemente zavodnenija /A.V. Nasybullin, V.F. Vojkin // Georesursy. – 2015. – T.2. - №4(63). – c. 35-38.
Насыбуллин А.В. К определению дебита горизонтальной скважины на установившемся режиме в элементе за-воднения /А.В. Насыбуллин, В.Ф. Войкин // Георесурсы. – 2015. – Т.2. - №4(63). – с. 35-38.
7. **Volchenko D.A., Marcinkiv O.B., Dumniy A.V.** Vynos jidkosti iz zaboya gazovoy skvazhiny s primeneniem dopolnitelnoy plastovoy energii. // Vestnik Azerbaijanskoy Injenernoy akademii. T.9, №2, 2017. – s. 61-67.
Вольченко Д.А., Марцинків О.Б., Думний А.В. Вынос жидкости из забоя газовой скважины с применением дополнительной пластовой энергии. // Вестник Азербайджанской Инженерной академии. Т.9, №2, 2017. – с. 61-67.

HORIZONTAL QUYULARIN MƏHSULDARLIĞININ ANALİTİK PROQNOZLAŞDIRMA ÜSULLARININ İCMALI (I hissə)

D.A. VOLÇENKO

Horizontal quyularla neft yataqlarının işlənməsi metodları araşdırılıb və onların Ukraynada və dünyada tətbiqi təcrübəsi və üstünlüklerinə baxılıb. Onların səmərəli istifadəsi, habelə analitik olaraq horizontal quyunun debitinin hesablanması üçün gövdəsinin sonsuz uzunluğu olan halda meyarları verilmişdir.

Acar sözlər: işlənmə sistemi, horizontal quyu, işlənmə göstəriciləri, horizontal gövdə, quyunun məhsuldarlığı.

REVIEW OF ANALYTICAL METHODS OF FORECASTING THE FLOWRATE OF HORIZONTAL WELLS (part 1)

D.A. VOLCHENKO

The materials of the first part of the article are considered the methods of developing oil reservoirs with horizontal wells, their advantages, the experience of using horizontal wells in Ukraine and in the world. The criteria for their efficient use are given, as well as analytical dependences for calculating the flowrate of a horizontal well with an infinite length of the trunk.

Keywords: system of development, horizontal well, development indicators, horizontal trunk, well productivity.

УДК 622.279.97

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ВО ВРЕМЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫРОЙ НЕФТИ

А.Н. ГУРБАНОВ*

Изучен процесс осаждения асфальто-смолистых веществ при транспортировке сырой нефти, описаны основные методы их осаждения и моделирования процесса их очистки.

Ключевые слова: модель, технология, осаждение, асфальто-смолистые вещества, транспортировка сырой нефти.

Введение. Очистка путем осаждения асфальто-смолистых веществ для транспортировки сырой нефти является серьёзной проблемой в нефтяной промышленности. Асфальто-смолистые соединения осложняют эксплуатацию скважин вследствие уплотнения и кольматации пор пласта, а также отложения на внутренней поверхности труб, в результате чего снижаются производительность и эффективность работы скважин и транспортировки.

Целью данного исследования является разработка различных методов процесса осаждения асфальто-смолистых веществ на поверхности при добыче, а также подготовке и транспортировки нефти.

Рассмотрим проблему уплотнения пористой среды асфальто-смолистыми примесями, содержащимися в нефти, такие как диффузионный процесс массопереноса от объёма жидкости к поверхности твёрдой фазы, предполагая, что частицы асфальтенов и смол, достигшие поверхности, с наибольшей вероятностью осаждаются вследствие высокой степени адгезии между ними и шероховатой внутренней поверхности поры. При этом отложившаяся масса продуктов уплотнения в единичной цилиндрической поре определяется диффузионным переносом к поверхности пор частиц и определяется уравнением (1)

$$\frac{dm_y}{dt} = J \left|_{r=r_p} \right. = S_p D \frac{\partial c_y}{\partial r} \quad (1)$$

где m_y – уплотненная масса, образовавшаяся на поверхности продуктов; t – время уплотнения продуктов; J – полный диффузионный поток к поверхности стенки поры из

* НИПИ Нефтегаз SOCAR

объёма жидкости; S_p – площадь поверхности пор; D – эффективный коэффициент молекулярной и турбулентной диффузии; C_y – концентрация продуктов уплотнения, r_p – средний радиус пор.

Приняв массу отложившегося слоя $m_y = \rho_y V_y$ (ρ_y – плотность продуктов уплотнения, V_y – объём продуктов уплотнения), преобразуем уравнение (1) к виду:

$$\left| \frac{dV_y}{dt} = \frac{S_p D}{\rho_y} \frac{\partial C_y}{\partial r} \right|, \quad r = r_p \quad (2)$$

если $V_y(t=0)=0$.

Следует отметить, что при ламинарном течении жидкости в порах изменение пористости слоя можно определить уравнением

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \left[1 - \operatorname{erf} \left(a_1 \frac{r_p}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \operatorname{erfc} \left(a_1 \frac{r_p}{2\sqrt{Dt}} \right). \quad (3)$$

где a_1 – коэффициент, определяемый экспериментально; D – суммарный коэффициент молекулярной и кнудсеновской диффузии.

Как следует из уравнений (3) и (4), изменение пористости пласта при сокращении содержания примеси в объёме нефти можно определить. Что касается изменения дебита скважины в зависимости от пористости и проницаемости, его следует определить по формуле:

$$\frac{q}{q_0} = \frac{k}{k_0} = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^3 \quad (4)$$

где q и q_0 – текущий и начальный дебит скважины; k – текущая проницаемость.

При этом особый интерес представляет определение факторов, влияющих путем осаждения асфальто-смолистых веществ на транспортные трубы.

Учитывая вышеизложенные рассуждения, допускающие влияние поперечной скорости турбулентного переноса и турбулентной диффузии на осаждение, распределение частиц в трубе можно описать следующим уравнением:

$$v_r \frac{\partial c}{\partial r} = \frac{1}{r} = \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_T \frac{\partial c}{\partial r} \right) \quad (5)$$

при соблюдении $r=0, c=c_0, \frac{\partial c}{\partial r}=0$,

Что касается изменения величины диффузионного потока при изотропном турбулентном течении в цилиндрических каналах с осаждением частиц без учета гравитационной составляющей [1, 4], то, подставив в формулу (2), после некоторых несложных математических преобразований, можно получить формулу (6), в которой можно определить начальную концентрацию продуктов уплотнения в турбулентном потоке

$$V_y = \frac{\sqrt{\pi}}{2a} S_p r_p \frac{c_{yo}}{\rho_y} \operatorname{erf} \left[a \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right)^{1/2} \cdot t^2 \right] \quad (6)$$

где a – коэффициент, определяемый экспериментальными данными; C_{y0} – начальная концентрация продуктов уплотнения в потоке; $\varepsilon_R = V^3/2r_p$ – удельная диссиpация энергии в единице массы жидкости, v_c – скорость течения жидкости в порах.

Учитывая объём и коэффициент проницаемости (ε), можно определить изменение пористости слоя при турбулентном течении уравнением (7)

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 - \frac{k_0 \varphi_0}{\varepsilon_0} \operatorname{erf} \left[a \left(\frac{\varepsilon_R}{v_c} \right)^{1/2} \cdot t^2 \right] \quad (7)$$

где ε_0 – начальная пористость пласта; k_0 – начальная проницаемость пласта; φ_0 – объёмная доля частиц загрязнений (в том числе асфальтенов и смол) в потоке.

Как известно [5], осаждения асфальто-смолистых веществ на поверхности капель воды в процессе разделения нефтяной эмульсии осуществляется различными методами: за счёт гравитации, центробежных и магнитных полей; путем фильтрования через твердые и жидкие слои с использованием различных технологий и т.д. В некоторых случаях при использовании более сложных структурно-механических устройств происходит разрушение более устойчивой эмульсионной системы, образующейся на границе раздела нефть-вода адсорбционных слоев, в состав которого входят асфальтены, парафинистые смолы, загрязненные соли и механические частицы [6,7].

Анализ состава этих оболочек показывает, что основным стабилизатором являются асфальтены и смолы, содержащие высокоплавкие парафины и неорганические механические примеси. Механизм образования на поверхности адсорбционных плёнок включает диффузионный перенос массы вещества (асфальтенов) из объёма нефти к поверхности капель воды и адсорбцию.

В работах [8, 9, 10] поток массы на поверхности движущейся капли за единицу времени при малых значениях $Re = ua_r/v_c \ll 1$ определен по формуле

$$I = \sqrt{\frac{4\pi}{3} \left[\frac{D}{a_r \eta_c + \eta_d} \right]^{1/2} \cdot a_r^2 \Delta C \sqrt{u}} , \quad (8)$$

где D – коэффициент молекулярной диффузии; η_c и η_d – динамическая вязкость среды и капли; $\Delta C = C_0 - C_s$; C_0, C_s – содержание, соответственно, асфальтенов и смол в объёме и на поверхности капли; u – скорость движения капли.

Изменение массы сферической капли в результате образования адсорбционного слоя определяется как $dm/dt = I$, а также с учетом уравнения (9) позволяет определить массу капли

$$m = \frac{4\pi}{3} \rho_a [(r_k + \Delta)^3 - r_k^3] = 4\pi r_k^2 \Delta \rho_a \cdot \Delta \ll r_k , \quad (9)$$

где r_k – средний радиус капель воды; ρ_a – плотность адсорбционного слоя.

Что касается определения толщины слоя, то ее можно рассчитать по формуле (10)

$$\frac{\Delta}{a_r} = 0,65 \left[\frac{1}{Pe} \cdot \frac{1}{1+\gamma} \right]^{1/2} \frac{\Delta C}{\rho_a} St \quad (10)$$

где Pe – число Пекле; $\gamma = \eta_d/\eta_c$; $St = u_t/a_r$ – число Струхала.

Ниже рассмотрено определение скорости осаждения частиц при движении в вертикальных и горизонтальных трубах [11-15].

Для вертикальных транспортных труб влияние гравитационной составляющей на осаждение частиц отсутствует, поскольку сила гравитации параллельна поверхности осаждения, и профиль осаждения по сечению трубы имеет симметричный характер. Исходя из аналитического решения (7), скорость осаждения частиц на поверхности можно определить по формуле

$$v_0 = D_T \frac{\partial c}{\partial r} |_{r=R} = (\varepsilon_R R)^{\frac{1}{3}} \sum_{n=0}^x (-1)^n \kappa_n \exp \left[-\frac{\xi_n^2}{2} \frac{\varepsilon_R^{1/3}}{R^{2/3} \theta_L} \mu_p^2 \tau_p^2 \right], \quad (11)$$

где D_T – коэффициент турбулентной диффузии частиц; $F = \tau_p^{-1}$ – постоянная времени; $\tau_p = v_0/g$ – время релаксации; v_0 – начальная скорость осаждения частиц; r – ускорение свободного падения; α – угол наклона трубы к горизонту; β – угол в сечении трубы; c_0 – начальная концентрация частиц в потоке; R – радиус трубы; κ_n – коэффициент ряда; ξ – собственные числа уравнения, $\theta_L = \int_0^x R_i(\theta) d\theta$ – лагранжев масштаб турбулентности; R_L – лагранжев временный коэффициент корреляции; μ_z^2 – степень увлечения частиц средой.

Поскольку ряд быстро сходится, достаточно ограничиться тремя членами, и, введя безразмерные величины $v_{s+} = v_0 u_D$ и $\tau_+ = \tau_p u_D^{2/v}$, выражение (11) запишем в упрощённом виде (12)

$$v_{s+} = A_0 + A_1 \exp(-m_1 \mu_p^2 \tau_+^2) - A_2 \exp(-m_2 \mu_p^2 \tau_+^2), \quad (12)$$

где $A_1 = \kappa_1 \frac{(\varepsilon_R R)^{1/3}}{u_D}$, $m_1 = \frac{\xi_1^2}{\theta_L} (\frac{\varepsilon_R}{R^2})^{1/3} (\frac{v}{u_D})^2$, $i=0,1,2\dots$ коэффициенты ряда, u_D - динамическая скорость потока.

Решение уравнения (12) совпадает с экспериментальными данными по осаждению частиц в вертикальных трубах.

Осаждение в горизонтальных трубах формирует несимметричный слой по сечению трубы. Уравнение для скорости осаждения частиц в горизонтальных трубах при пренебрежении диффузионным переносом предлагается в следующим виде:

$$\frac{v_c}{R^2} \frac{\partial^2 v_p}{\partial \varphi^2} + F(v - v_p) - F v_s \cos \varphi = 0 \quad (13)$$

где v_p – текущая скорость осаждения частиц в зависимости от угла φ .

В результате решения уравнения (13) в первом приближении получено ниже описанное выражение:

$$v_p = a_0 \left(1 - a_1 \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right), \quad (14)$$

где a_0, a_1 – коэффициенты, зависящие от скорости потока и времени релаксации.

Из решения уравнения (13) следует, что толщина адсорбированного слоя зависит от диффузии частиц к поверхности капли, размера и подвижности поверхности капель, концентрации асфальтенов в объёме потока.

Для $\text{Pe} = 10^4 - 10^5$ ($D = 10^{-10} - 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$), $\gamma = 0,8$, $\Delta C/\rho_a = 10^{-5}$, $\text{St} = 10^4 - 10^5$ получим: $\frac{\Delta}{a_r} = 0,1 - 0,15$. Большие значения числа Pe, являющиеся следствием малых величин коэффициента диффузии частиц жидкости, в некоторых случаях обуславливают преобладание конвективного переноса вещества над диффузионным. Несмотря на незначительную толщину адсорбционного слоя по сравнению с размером капли, его прочность на поверхности капель для различных нефтей изменяется в пределах 0,5-1,1 Па.

Адсорбция асфальто-смолистых веществ на поверхности капель приводит к фиксации их частиц и образованию слоя. Если скорости адсорбции и десорбции малы по сравнению со скоростью подачи вещества к поверхности капли, то процесс образования адсорбционного слоя лимитируется адсорбцией и десорбцией. Предположим, что концентрация адсорбционного вещества в объеме равна C_0 , а на поверхности – Γ . По аналогии с выводом уравнения Лэнгмюра, если считать, что скорость адсорбции вещества на поверхности капли $w_A = \beta_T C_0 (1 - \Gamma/\Gamma_\infty)$ и скорость десорбции $w_D = a_T \Gamma$, то в равновесном состоянии ($w_A = w_D$)

$$\Gamma = \frac{K C_0}{1 + K C_0}, \quad (15)$$

где $K = \beta_T/a_T$; a_T, β_T – постоянные, зависящие от температуры; $K_0 = \beta_T/a_T \Gamma_\infty$; Γ_∞ – максимально насыщение поверхности капли.

Выводы. Уравнение хорошо согласуется со многими экспериментальными данными для нефтей различных месторождений.

Механизм разрушения адсорбционных пленок заключается в диффузионном переносе ПАВ к поверхности пленки с дальнейшей адсорбцией и проникновением в ее объем пленки, в образовании дефектов и трещин в её структуре, в изменении поверхностного натяжения и снижении прочностных свойств, что изменяет реологические свойства пленок на границе раздела «нефть – вода».

Таким образом, исходя из условий течения нефти, в данном исследовании предложены модели скорости осаждения асфальто-смолистых веществ в процессах добычи, транспорта и подготовки нефти. Эти модели основаны на миграционно-диффузионном и миграционно-гравитационном механизмах. Предложенные формулы можно использовать при исследовании и расчете процессов добычи, транспорта и подготовки нефти с учетом осаждения асфальто-смолистых веществ.

REFERENCES

1. Tronov V.P. Razrushenie jemulsij pri dobyche nefti. M.: Nedra. 1982. 221 s.
Тронов В.П. Разрушение эмульсий при добыче нефти. М.: Недра. 1982. 221 с.
2. Lissant L. Emulsion and emulsion technology. New York: Marsel Dekker, 1976. Vol.I.
3. Hirshberg A., DeJong N.L., Schipper B.A., Meijer J.G., Influence of Temperature and Pressure on Asphaltene flocculation //Society of Petroleum Engineers. 1984. No. 24. Vol.3. Pp.283-293.
4. Laux H., Rahiman I., Browarzik D., Flocculation of asphaltenes at high pressure. I. Experimental determination of the onset of flocculation // Petroleum Science and Technology. 2001. No.19. (9/10). Pp. 1155-1156.
5. Ermakov S.A., Mordvinov A.A. On the influense of asphaltenes on the stabilitu of oil-water emulsions (in Russ.) // Elektronnyy nauchnyy zhurnal "Neftegazovoe delo" – The electronic scientific journal Oil and Gas Business. 2007. No.1.URL:http://ogbus.ru/authors/Ermakov/Ermakov_1.pdf.

6. Mednikov E.P. Turbulentnyy perenos i osazhdenie aerozoley (Turbulent transport and aerosols deposition). Moscow: NaukaPubl. 1980. 176 p.
7. Montgomery T.L., Com M.V., Aerosol deposition in a pipe with turbulent air flow. J.Aerosol Sci. 1970. V.1. No.30. Pp.185-213.
8. Modelirovaniye processov osazhdelenija chastic razlichnoj prirody na poverhnosti truboprovodov. / G.I.Kelbaliev, L.V.Gusejnova, S.R.Rasulov, G.Z.Sulejmanov. // Neftepromyslovoe delo. 2014. №5. S.25-29.
Моделирование процессов осаждения частиц различной природы на поверхности трубопроводов. / Г.И.Келбалиев, Л.В.Гусейнова, С.Р.Расулов, Г.З.Сулайманов. // Нефтепромысловое дело. 2014. №5. С.25-29.
9. Laurinat J.E., Hanratty T.J. Film thickness distribution for gas-liquid annular in a horizontal pipe//Phys. Chem.Hydrodynamics. 1985. №5. Pp.179-195.
10. Sjoblom J., Urdahl O., Holand H., Christy A.A., Johansen T.J. Water in crude oil emulsions formation, characterization and destabilization // Progress in Colloid and Polymer Science. 1990. No.82. Pp. 131-139.
11. Colaloglu C.A., Taylarides I.I. Description of interaction process in agitated liquid dispersions // Chem.Eng. Science. 1977. No.32. Pp. 1289-1297
12. Tirmizi N.P., Raghurangan B., Wienczek J. Demulsification of water/ oil/ solidemulsions by hollow-fiber membranes // AIChE Journal. 2004. Vol.42. Pp.1263-1276.
13. Danae D., Lee C.H., Fane A.G., Fell C.J.D. A fundamental study of the ultrafiltration of oil-water emulsions // Membrane Science. 1987. No.36. Pp.161-177.
14. Gurbanov A. N. Razrabotka matematicheskikh modelej osushki prirodnogo gaza pri plodgotovke k transportu // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. Baku. 2014. Tom.6. №2. S.89-96.
Гурбанов А. Н. Разработка математических моделей осушки природного газа при подготовке к транспорту // Вестник Азербайджанской инженерной академии. Баку. 2014. Том.6. №2. С.89-96.
15. Qurbanov Ə. N. Dəniz yataqlarından çıxarılan qazın nəqlə hazırlanması zamanı istifadə edilən reagentlərin sərf normasının tənzimlənməsi // Azərbaycan mühəndislik akademiyasının xəbərləri. Bakı. 2017. Cild 9. №3. S. 56-64.

XAM NEFTİN NƏQL ZAMANI QƏTRAN-ASFALT MADDƏLƏRİN ÇÖKDURULMƏSİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Ə.N. QURBANOV

Xam neftin nəqli zamanı asfalt-qətran maddələrinin çökdürülməsi prosesi tədqiq edilmişdir. Xam neftin nəqlində asfalt-qətran maddələrinin çökdürülməsi və təmizlənməsi prosesinin modelləşdirilməsinin əsas metodları göstərilmişdir.

Açar sözlər: Model, texnologiyalar, çökuntulər, qətran-ASFALT maddələr, xam neftin nəqli.

SIMULATION OF ASPHALT- RESINOUS MATTERS PRECIPITATION DURING CRUDE OIL TRANSPORTATION

A.N. QURBANOV

The process of precipitation of asphaltene - bituminous substances during transportation of crude oil was studied. The main methods of deposition and modeling of the process of asphaltene - bituminous substance purification during the transportation of crude oil are described.

Keywords: model, technology, precipitation, asphalt- resinous matters, crude oil transportation.

UOT 532.620

SIXILMAYAN ÖZLÜ-PLASTİK NEFTİN DƏYİŞƏN BAŞLANĞIC TƏZYİQ QRADİYENTİLƏ STASİONAR YASTI-PARALEL SÜZÜLMƏSİ

S.D. MUSTAFAYEV*, T.Ü. XANKİŞİYEVA*

Məqalədə zolaqvari bircins layda sıxılmayan özlü-plastik neftin dəyişən başlanğıc təzyiq qradiyentinin təzahür etməsində düzxətli kəhrizə doğru yasti-paralel süzülməsinə dair stasionar hidrodinamiki məsələlər həll edilmişdir. Birinci məsələdə BTQ məhsuldar layda fəza koordinatı aplikatdan, ikinci məsələdə isə -absisdən asılı olaraq dəyişir.

Hər iki məsələdə süzülmə prosesini xarakterizə edən bütün əsas parametrlər üçün düsturlar çıxarılmışdır. Bu düsturlardan belə yataqların işlənmə layihəsini tərtib edəndə, işlənmə proseslərini idarə edəndə, yəni nəzarətində, tənzimlənməsində və uyğun tədbirlərinin işlənməsində istifadə edilməlidir.

Açar sözlər: başlanğıc təzyiq qradiyenti, özlü-plastik neft, bircins lay, yasti-paralel, zolaqvari lay, debit, süzülmə sürəti, fəza koordinatı.

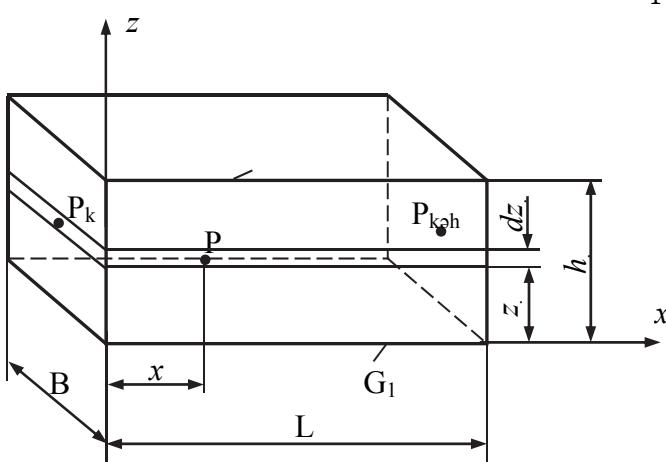
Giriş. Özlü-plastik neft yataqlarının işlənməsi zamanı neftin dəyişən başlanğıc təzyiq qradiyentinin (BTQ) təzahürü ilə məhsuldar layda süzülməsinin müxtəlif hallarına rast gəlmək olar. Fəza koordinatından asılı olaraq BTQ-nin dəyişməsi müxtəlif səbəblərdən baş verə bilər. Məsələn, süzülmə axınının temperaturunun dərinlikdən asılı olaraq dəyişməsi, neftin sürüsəməsinin başlanğıc gərginliyinin və beləliklə BTQ-nin dəyişməsinə gətirə bilər; süzülmə sürətinin artması və təzyiqin azalması axınının temperaturunun aşağı düşməsinə və BTQ-nin artmasına səbəb ola bilər; iki müxtəlif bir-birilə qarışan özlü-plastik neftlərin məsaməli mühitdə, qarışma zonasında, qarışığın BTQ fəza koordinatından asılı olaraq dəyişə bilər və s. [1–4].

Məsələnin qoyuluşu. Neftlərin layda süzülməsinin bütün bu göstərilmiş halları üçün dəqiq hidrodinamik hesabatların həyata keçirilməsi məqsədilə BTQ-nin fəza koordinatından asılı olaraq dəyişməsi effektinin təsirini nəzərə almaq lazımdır.

Məqalədə, BTQ-nin dərinlik z-dən və fəza koordinatı x-dən asılı olaraq dəyişməsi hallarına baxılmışdır.

I hal. Özlü-plastik neftin lay şəraitində BTQ-nin qiyməti dərinlik z-dən asılı olaraq aşağıdakı xətti qanun üzrə dəyişir (şək.1):

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti



Şək.1. Fəza koordinatı z-dən asılı dəyişən BTQ təzahür edən zolaqvari özlü-plastik neft layının sxemi

$$\vartheta = -\frac{k}{\eta} \left(\frac{dP}{dx} + G \right) \quad (2)$$

burada ϑ – süzülmə sürəti; k – layın keçiricilik əmsalı; η – neftin struktur özlülüyü; P – təzyiq; x – fəza koordinatı; $\frac{dP}{dx}$ – təzyiq qradiyentidir.

Layın elementar təbəqəsində süzülmə sahəsi, olacaq:

$$dF = B \cdot dz \quad (3)$$

burada: B – layın enidir.

Elementar təbəqənin debit, olacaq:

$$dQ = \vartheta \cdot dF = -\frac{kdF}{\eta} \left(\frac{dP}{dx} + G \right),$$

buradan:

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{dQ \cdot \eta}{kdF} - G$$

yaxud:

$$dP = -\frac{dQ \eta}{kdF} dx - G dx \quad (4)$$

Bu diferensial tənliyi aşağıdakı sərhədlərdə integrallayaq:

$$\int_{P_k}^{P_{k\text{əh}}} dP = -\frac{dQ \eta}{kdF} \int_0^L dx - G \int_0^L dx$$

$$P_k - P_{k\text{əh}} = \frac{dQ \eta}{kdF} \cdot L + GL;$$

burada L – layın uzunluğu; P_k – lay təzyiqi; $P_{k\text{əh}}$ – kəhrizin dibindəki təzyiqidir.

buradan:

$$dQ = \frac{kdF(P_k - P_{k\text{əh}})}{\eta L} - \frac{kdFG}{\eta}$$

burada G -cari BTQ; G_1, G_2 -uyğun olaraq, məhsuldar layın tavanında və dabanında BTQ-ləri; h -layın qalınlığı; z -fəza koordinatıdır.

1-ci şəkildəki sxemdən görünür ki, süzülmə prosesi zolaqvari laydan düzgün kəhrizə doğru perpendicular istiqamətdə baş verir.

Özlü-plastik neftin süzülməsi ümumiləşdirilmiş Darsi qanununa tabedir:

yaxud:

$$dQ = \frac{Bk dz (P_k - P_{kəh.})}{\eta L} - \frac{Bk}{\eta} \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{h} \cdot z \right) dz \quad (5)$$

Qalınlığı z olan zolaqvari layın aşağı hissəsinin debitı Q_z tənlik (5)-dən aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\int_0^{Q_z} dQ = \frac{Bk(P_k - P_{kəh.})}{\eta L} \int_0^Z dz - \frac{Bk}{\eta} \int_0^z \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{h} z \right) dz;$$

$$Q_z = \frac{Bk(P_k - P_{kəh.})}{\eta L} z - \frac{BkG_1}{\eta} z - \frac{Bk(G_2 - G_1)}{2\eta h} z^2 \quad (6)$$

- 1) $z=0$ olanda: $Q_z = 0$ olur;
- 2) $z=h$ olanda, tənlik (6)-dan kəhrizin debitı Q -nü aşağıdakı şəkildə alırıq:

$$Q = \frac{Bkh(P_k - P_{kəh.})}{\eta L} - \frac{Bkh}{\eta} \frac{G_1 + G_2}{2} \quad (7)$$

burada:

$$\frac{G_1 + G_2}{2} = G_{or}$$

və:

$$Q = \frac{Bkh(P_k - P_{kəh.})}{\eta L} - \frac{BkhG_{or}}{\eta} \quad (8)$$

burada G_{or} -orta BTQ-dir.

İndi isə layda təzyiqin səpələnməsi qanununu təyin edək; bunun üçün (4) diferensial tənliyini aşağıdakı digər sərhədlərdə integrallayaq:

$$\int_{P_k}^P dP = -\frac{dQ \eta}{kdF} \int_0^x dx - G \int_0^x dx,$$

$$P_k - P = \frac{dQ \eta}{kdF} \cdot x + Gx;$$

buradan:

$$dQ = \frac{kDF(P_k - P)}{\eta x} - \frac{kdfG}{\eta} dz \quad (9)$$

buradan:

$$Q_z = \int_0^{Q_z} dQ = \frac{Bk(P_k - P)}{\eta x} dz - \frac{Bk}{\eta} \int_0^z \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{h} z \right) dz;$$

$$Q_z = \frac{Bk(P_k - P)}{\eta x} z - \frac{BkG_1}{\eta} z - \frac{Bk(G_2 - G_1)}{2\eta h} \cdot z^2 \quad (10)$$

İfadə (10)-dan cari təzyiq, P olacaq:

$$P = P_k - \frac{Q_z \eta x}{Bkz} - G_1 x - \frac{G_2 - G_1}{2h} xz \quad (11)$$

Düstur (10)-dan Q_z -i (11)-də yazıb, alarıq:

$$P = P_k - \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} \cdot x \quad (12)$$

İfadə (12) –dən göründüyü kimi, təzyiqin səpələnməsi z-dən asılı deyildir.

Təzyiq qradiyenti, olacaq:

$$\frac{dP}{dx} = - \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} \quad (13)$$

Süzülmə sürəti, olacaq:

$$\vartheta = \frac{k}{\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} - \frac{k}{\eta} G_1 - \frac{k}{\eta} \frac{G_2 - G_1}{h} \cdot z \quad (14)$$

Məsamə kanallarında özlü-plastik neftin həqiqi hərəkət sürəti, w olur:

$$w = \frac{dx}{dt} = \frac{\vartheta}{m},$$

burada: t – zaman; m – layın məsaməlik əmsalıdır.

ϑ -nin (14) ifadəsini nəzərə alaq:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} - \frac{k}{m\eta} G_1 - \frac{k}{m\eta} \frac{G_2 - G_1}{h} \cdot z \quad (15)$$

buradan:

$$dt = \frac{dx}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} - \frac{k}{m\eta} G_1 - \frac{k(G_2 - G_1)}{m\eta h} \cdot z} \quad (16)$$

Tənlik (16)-ni integrallayaraq, alarıq:

$$t = \frac{dx}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} - \frac{kG_1}{m\eta} - \frac{k(G_2 - G_1)}{m\eta h} \cdot z} \quad (17)$$

$x=L$ olduqda, $t=T$ olur; onda düstur (17) –dən alırıq:

$$T = \frac{L}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h}}{L} - \frac{kG_1}{m\eta} - \frac{k(G_2 - G_1)}{m\eta h} \cdot z} \quad (18)$$

Düstur (18)-dən göründüyü kimi, fəza koordinatı x-in artması ilə özlü-plastik neft hissəciyinin layda yerdəyişmə vaxtı T artır.

II hal. BTQ fəza koordinatı x-dən asılı olaraq, aşağıdakı xətti qanunla dəyişir (şək.2):

$$G = G_1 + \frac{G_2 - G_1}{L} \cdot x \quad (19)$$

Bu halda da süzülmə ümumiləşdirilmiş Darsi qanununa tabe olur:

$$\vartheta = - \frac{k}{\eta} \left(\frac{dP}{dx} - G \right) \quad (20)$$

(-) işarəsi onu göstərir ki, x – artdıqca P azalır.

$$\vartheta = \frac{k}{\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h.}}{L} - \frac{kG_{or}}{\eta} \quad (28)$$

burada:

$$G_{or} = \frac{G_1 + G_2}{2}$$

Məsamə kanallarında özlü-plastik neftin həqiqi hərəkət sürəti olur:

$$w = \frac{dx}{dt} = \frac{\vartheta}{m}$$

Düstur (27)-ni nəzərə alaraq, tapırıq:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h.}}{L} - \frac{k(G_1 + G_2)}{2m\eta};$$

bu tənliyi dəyişənlərinə ayırib integrallasaq, alarıq:

$$dt = \frac{dx}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h.}}{L} - \frac{k(G_1 + G_2)}{2m\eta}}$$

$$t = \frac{x}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h.}}{L} - \frac{k(G_1 + G_2)}{2m\eta}} \quad (29)$$

$x = L$ olduqda: $t = T$ alınır:

$$T = \frac{L}{\frac{k}{m\eta} \frac{P_k - P_{k\theta h.}}{L} - \frac{k(G_1 + G_2)}{2m\eta}} \quad (30)$$

Düstur (29)-la özlü-plastik neftin hissəciyinin cari x koordinatından kərizədək yerdəyişməsinə sərf olan vaxtı, düstur (30)-la isə həmin neftin qidalanma konturundan kəhrizədək yerdəyişməsinə sərf olan vaxtı təyin etmək olar.

Nəticə. Zolaqvari bircins layda sıxılmayan özlü-plastik neftin dəyişən BTQ-nin təzahür etməsilə düzxətli kəhrizə doğru yastı-paralel süzülmə axınına iki halda baxılmışdır: birinci halda BTQ məhsuldar layda fəza koordinatı z -dən, ikinci halda isə x -dən asılı olaraq düzxətli qanun üzrə dəyişir.

Hər iki halda, süzülmə axınının bütün əsas parametrləri üçün düsturlar çıxarılmışdır. Bu düsturlardan belə yataqların işlənmə layihəsini tərtib edəndə, işlənmə proseslərinin gedisətini təhlil edəndə və onu tənzimləyəndə istifadə edilməlidir.

Birinci halda, fəza koordinatı z artdıqca, layda süzülmə sürəti və kəhrizin debiti azalır; layda təzyiqin səpələnməsi qanunu z -dən asılı olmur və təzyiq qradiyenti sabit qalır.

İkinci halda, kəhrizin debiti və süzülmə sürəti fəza koordinatı x -dən asılı olmur; təzyiqin layda səpələnməsi qanunu x -dən asılıdır və qeyri xəttidir. Təzyiq qradiyenti isə x -dən xətti asılılığa malikdir.

Hər iki halda neftin layda yerdəyişmə vaxtı üçün də düstur çıxarılmışdır: birinci halda bu vaxt fəza koordinatları x -dən və z -dən asılıdır; ikinci halda isə yalnız x -dən asılıdır.

REFERENCES

1. Skvorcov E.V. O ploskoy stacionarnoy filtracii vyazko-plastichnoy jidkosti s peremennym nachalnym gradientom. // «Gidrodinamika i optimizaciya razrabotki neftyanyh mestorozhdeniy» Kazan, 1977, s.31-37.
Скворцов Э.В. «О плоской стационарной фильтрации вязко-пластичной жидкости с переменным начальным градиентом». «Гидродинамика и оптимизация разработки нефтяных месторождений» Казань, 1977, с.31-37.
2. Spravochnoe rukovodstvo po proektirovaniyu razrabotki i ekspluatacii neftyanyh mestorozhdeniy. Proektirovaniye razrabotki. Sh.K. Gimatinov, J.P. Borisov, M.D. Rozenberg i dr. - M.: Nedra, 1983, 296 s.
Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Проектирование разработки. Ш.К. Гиматудинов, Ю.П. Борисов, М.Д. Розенберг и др. - М.: Недра, 1983, 296 с.
3. Mustafayev S.D. Quyuların şanqlı dərinlik nasos üsulu ilə istismarı. – Bakı: Elm, 2010, 677 s.
4. Mürvətov F.T., Məmmədova G.G. Uzun süzgəcli neft quyularında su-neft kontaktinin yerləşmə dərinliyinin təyini. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. Cild 9, №2, 2017, s. 68-71.

СТАЦИОНАРНАЯ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НЕСЖИМАЕМОЙ ВЯЗКО-ПЛАСТИЧНОЙ НЕФТИ С ПЕРЕМЕННЫМ НАЧАЛЬНЫМ ГРАДИЕНТОМ ДАВЛЕНИЯ

С.Д. МУСТАФАЕВ, Т.У. ХАНКИШИЕВА

В статье решены стационарные гидродинамические задачи о плоскопараллельной фильтрации несжимаемой вязко-пластичной нефти в полосообразном однородном пласте к прямолинейной галерее с проявлением переменного начального градиента давления (НГД).

Ключевые слова: начальный градиент давления, вязко-пластичная нефть, однородный пласт, плоскопараллельный, полосообразный пласт, дебит, скорость фильтрации, пространственная координата.

A PLANE-PARALLEL STATIONARY FILTRATION OF VISCOS-PLASTIC OIL WITH VARIABLE INITIAL PRESSURE GRADIENT

S.D. MUSTAFAEV, T.U. KHANKISHIYEVA

The article solves the stationary hydrodynamic problems of the striped-shaped layer filtration of the viscous-plastic oil arising changeable initial pressure gradient to the straight plumbing. In the first task Vortex Heat varies depending on the coordinate of the space, in the second, depending on the abscissa.

In both tasks, formulas for all the parameters characterizing the filtering process are obtained. These formulas are used in the compiling of the operating design of such layers in the management of the work, under control, stability, and a number of other events.

Keywords: initial pressure gradient, viscous-plastic oil, plane-parallel, striped-shaped layer, flow rate, filtration rate, coordinates of the space.

UOT:622.276.1

ÜFÜQİ QAZILAN QUYULARDA İZOTROP SÜXURLAR ÜÇÜN QUYU DİVARININ DAYANIQLIĞININ TƏDQİQİ

Y.Ə. ORUCOV*

İşdə üfűqi quyuların yolverilən gərginliyin qiymətinin qazma dərinliyindən asılılığı təyin edilmiş, həmçinin sūxurların, quyu divarının dayanıqlığını təmin edən mexaniki xarakteristikaları və qazma məhlulunun dövrü verilmişdir. Bu təhlükəsiz qazma rejiminin seçilməsi üçün vacibdir.

Açar sözlər: gərginlik, quyuağzı təzyiq, izatrop sūxurlar, tarazlıq tənliyi, deformasiya-gərginlik vəziyyəti, quyu divarının dayanıqlığı.

Giriş. Məlumdur ki, üfűqi dərin neft-qaz quyularının uğurlu qazılması quyunun lülətrafi zonaya sūxurların dayanıqlı probleminin həlli ilə sıx bağlıdır. Qazilan quyunun dərinliyi böyük olduqca lülə ətrafindakı sūxurların dayanıqlığının itməsi ilə əlaqədar qəzaların baş verməsi ehtimalı da artır. Qəzaların ləğv olunması isə əlavə texnoloji əməliyyatların aparılmasına, quyunun texniki-iqtisadi göstəricilərinin aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Praktiki quyu divarının dayanıqlığının təmin olunması probleminin həlli, qazmaçıların öz məqsədlərinə çatması üçün həll olunmalı əsas problemlərdən biridir. Bu problemin həlli, quyu divarında əmələ gələn deformasiyaların proqnozlaşdırılması və qarşısı alınması üsullarının müəyyən olunmasından ibarətdir.

Məsələnin qoyuluşu: Lülətrafi sūxurların izotrop olduğunu nəzərə alaraq quyu divarının möhkəmliyə hesabını aparaq. Tutaq ki, üfűqi qazilan quyunun daxili radiusu r_0 , xarici radiusu sonsuz uzun olan silindrik bir cisim kimi nəzərdə tutulur (Şəkil 1). Bu halda izotrop cisimlər üçün silindrik koordinat sistemində ümumiləşmiş Huk qanunu aşağıdakı şəkildədir [1]:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{1}{E} (\sigma_r - v\sigma_\phi - v\sigma_z) \\ \varepsilon_\phi &= \frac{1}{E} (\sigma_\phi - v\sigma_r - v\sigma_z) \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} (\sigma_z - v\sigma_r - v\sigma_\phi) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

УДК 66.023

ОСОБЕННОСТИ ОСАЖДЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ ПЛОТНОГО СЛОЯ ЧАСТИЦ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ

Г.Р. МУСТАФАЕВА*

В статье рассмотрена проблема образования плотного слоя частиц на внутренней поверхности труб в результате процессов химической технологии, протекающих в трубчатых аппаратах. Анализ процессов показал, что отложения на внутренней поверхности труб с образованием плотного слоя частиц ухудшают теплообмен с внешней средой, что является следствием убывания коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Установлены условия симметричности профиля отложений по сечению трубы, изменения параметров протекания процесса при ламинарном и турбулентном течении. Выведены формулы основных параметров переноса в трубах.

Ключевые слова: *плотный слой, осаждение, труба, концентрация частиц, толщина отложений, гидродинамическое течение.*

Введение. Многие процессы в химической технологии, протекающие в трубчатых аппаратах, сопровождаются осаждением и прилипанием различного рода частиц – примесей к стенке и образованием плотного неоднородного слоя на внутренней поверхности трубы с определённой шероховатостью поверхности слоя. Примером таких образований являются парафинистые отложения в трубах при транспортировке нефти, образование и отложение льда в трубах при транспортировке природного газа, отложение кокса в трубчатых гомогенных реакторах пиролиза и нагревательных печах, отложение кристаллов минеральных солей на поверхности труб конденсаторов–холодильников, отложения различных частиц в трубах теплообменников и т.д. Наличие на поверхности плотного слоя толщиной δ , растущего со временем протекания процесса и характеризующегося низкой теплопроводностью по сравнению со стенкой трубы, существенно влияет на параметры массо- и теплопереноса и гидродинамики течения, изменяет эти параметры, создавая неустойчивость гидродинамического течения суспензий и нестационарные условия протекания всего процесса. Такое осаждение для технологических процессов является вынужденным, что приводит к увеличению энергетических и материальных затрат на проведение процесса [1-4].

Образование плотного слоя на поверхности труб происходит либо непосредственным осаждением различных частиц из объёма потока, за счет миграционно-гравитационного механизма; либо путем переноса веществ к пограничному слою с последующим протеканием

* Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

различных химических и физических процессов, непосредственно на поверхности с дальнейшим прилипанием продуктов реакции к поверхности стенки. Это относится к химическому образованию кокса на внутренней поверхности гомогенных трубчатых печей и реакторов, образованию парафинистых отложений в трубах для транспортировки нефти, кристаллизации различных компонентов (минеральных солей) из жидкой среды на поверхности трубчатых конденсаторов и т. д.

Постановка задачи. Сложная структура отложившегося слоя зависит от природы и сорта частиц, от их свойств и размеров, а шероховатость поверхности слоя определяется размерами и формой частиц [5,6].

Решение задачи. Исходя из этого, возникает необходимость определения количества массы отложившихся частиц на внутренней поверхности трубы. Количество массы отложившихся частиц на внутренней поверхности трубы m можно определить из уравнения

$$\frac{dm}{dt} = I = DS \frac{\partial N}{\partial R} \Big|_{R=R_0} \quad (1)$$

где m – масса вещества, R – радиус трубы, I – массовый поток частиц к поверхности за единицу времени, S – поверхность отложившегося слоя частиц, N – концентрация частиц, R_0 – расстояние от центра трубы до поверхности отложившегося слоя на внутренней стенке. Согласно рис.1 и исходя из геометрических соображений, определим

$$m = \pi \left[R_0^2 - (R_0 - \delta)^2 \right] L \rho_s = \pi (2R_0 \delta - \delta^2) L \rho_s \quad (2)$$

$$S = \pi (R_0 - \delta)^2 L$$

где L – длина слоя отложений, δ – толщина отложений, ρ_s – плотность отложений,

Подставив выражение (2) в уравнение (1), получим уравнения изменения толщины отложений в трубах в виде

$$\frac{d\delta}{dt} = (R_0 - \delta) \frac{D}{\rho_s} \frac{\partial N}{\partial R} \Big|_{R \rightarrow (R_0 - \delta)} \delta(t) \Big|_{t=0} = 0$$

Структура производной $\partial N / \partial r$ на поверхности трубы определяется механизмом диффузационного переноса частиц к поверхности трубы. Образование плотного слоя на внутренней поверхности труб влияет и меняет структуру гидродинамического течения, а также влияет на перенос тепла и массы.

Образование плотного слоя частиц на внутренней поверхности труб определяется множеством факторов, среди которых важно отметить гидродинамические и термодинамические условия, реологические свойства дисперсной среды, адгезионную совместимость частиц с обтекаемой поверхностью, физико-химические превращения в пограничном слое, размеры и концентрацию частиц, ориентацию обтекаемой поверхности и т.д. [7,8]. Поскольку процессы осаждения являются непрерывными, то это обуславливает непрерывный рост толщины слоя, вплоть до полной закупорки трубы. Анализ подобных процессов показал, что отложения на внутренней поверхности труб с образованием плотного слоя частиц с низким

коэффициентом теплопроводности ухудшает теплообмен с внешней средой, что является следствием убывания коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи (рис.1).

Если отложившийся слой по сечению трубы является симметричным (рис.1), то, введя безразмерную толщину отложений в виде $\beta = 1 - \delta/R_0$,

выразим основные параметры переноса в трубах через β как: коэффициент теплоотдачи для турбулентного течения $\alpha/\alpha_0 \approx \beta^{-1.8}$ и для ламинарного течения $\alpha/\alpha_0 \approx \beta^{-3/2}$; коэффициент теплопередачи $K \sim \frac{1}{\lambda_B} \ln \beta^{-1}$; скорость потока $U/U_0 = \beta^{-2}$;

число $Re/Re_0 = \beta^{-1}$; скорость и частота турбулентных пульсаций $V_\lambda/V_{\lambda_0} \approx \beta^{-15/8}$ и $\omega/\omega_0 \approx \beta^{-15/4}$; интенсивность турбулентности $I/I_0 = \beta^{1/4}$; масштаб турбулентных пульсаций $\lambda/\lambda_0 \approx \beta^{1.88}$; степень увлечения частиц пульсирующим потоком $\mu_p/\mu_{p0} \approx \beta^{15/4}$; коэффициент сопротивления в трубах при ламинарном

течении $\xi_L/\xi_{L0} = \beta$ и турбулентном течении $\xi_T/\xi_{T0} = \beta^{1/4}$ (в этих выражениях нижний индекс «0» относится к чистой трубе) (рис. 2) (θ – параметр, характеризующий отношение скорости осаждения к скорости диффузационного процесса).

Следует отметить, что условия симметричности профиля отложений по сечению трубы не всегда соблюдаются в горизонтальных каналах, поскольку силы гравитации, направленные вниз, всегда оказываются больше других сил. Симметричный профиль осаждения в основном наблюдается в вертикальных каналах, когда силы гравитации почти не влияют на осаждение частиц и последнее происходит за счет диффузационного переноса к стенке канала. Как следует из рис. 2, если в случае ламинарного течения рост толщины отложений в трубах приводит к гидродинамической неустойчивости, то для турбулентного течения этот же фактор вызывает увеличение диссипации энергии, уменьшение масштаба турбулентности и связанное с этим затухание интенсивности турбулентности. Аналогично, по мере роста толщины отложений на внутренней поверхности трубы, растет коэффициент сопротивления, степень увлечения частиц пульсирующей средой, интенсивность турбулентности.

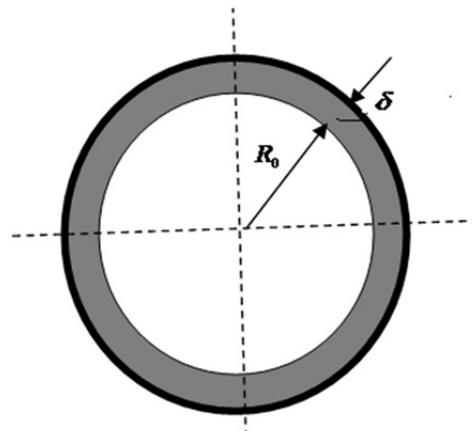


Рис.1. Характерное образование слоя осевших частиц на внутренней поверхности трубы

При $\beta \rightarrow 1$, $\delta = 0$, т.е. когда отложения на поверхности трубы отсутствуют, $\theta \rightarrow 1$. Рост толщины отложений в трубах со временем уменьшает в определенной степени скорость осаждения частиц, поскольку с увеличением скорости основного потока растет скорость отрыва и уноса частиц, пропорциональная квадрату динамической скорости потока. Отрыв и унос частиц с поверхности отложившегося слоя наблюдается при условии, если сила гидродинамического отрыва выше, чем силы адгезии, причем скорость отрыва прямо пропорциональна квадрату динамической скорости потока.

Предполагая, что удельная диссипация энергии в изотропном турбулентном потоке $\varepsilon_R \sim U^3/d$ (d – диаметр трубы), можно записать: $\varepsilon_R = \varepsilon_{R0} \beta^{-5}$. В работе [1] отмечено, что в изотропном турбулентном потоке коэффициент массоотдачи, или число Шервуда Sh определяется как

$$Sh = C Sc^{1/3} \left(\frac{\varepsilon_R R^4}{\nu_c^3} \right)^{1/3},$$

где C – концентрация жидкости, Sc – число Шмидта, ν_c – кинематическая вязкость среды, R – радиус трубы с учетом отложившегося слоя на внутренней поверхности. Учитывая выше-приведённые формулы, можно написать: $Sh=Sh_0 \beta^{1/3}$, т.е. с ростом толщины отложений число Sh растет.

Заключение. Проведенные исследования показали, что отложения на внутренней поверхности труб с образованием плотного слоя частиц ухудшают теплообмен с внешней средой, что приводит к убыванию коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Было установлено, что условия симметричности профиля отложений по сечению трубы соблюдаются не только в горизонтальных, но и в вертикальных каналах, а также происходит изменение параметров протекания процесса при ламинарном и турбулентном течении. Выведены формулы основных параметров переноса в трубах.

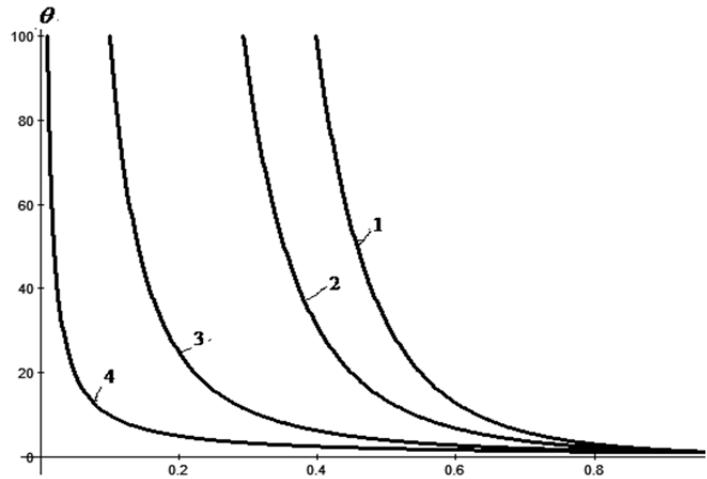


Рис.2. Изменение безразмерного отношения θ от безразмерной толщины отложений при n , равных:

1 – (-5)-удельная энергия диссипации; 2 – (-15/4) - частота турбулентных пульсаций; 3 – (-2)-скорость потока; 4 – (-1) -число U_s .

УДК 665.766.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТВОРОВ НАФТЕНАТОВ ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

М.С. АЛОСМАНОВ^{*}, М.Ш. АТАЕВ^{}, С.М. ИБРАГИМОВА^{**},
Г.М. МАМЕДОВА^{**}, Д.М. БАЙРАМОВ^{*}**

Проведены исследования по использованию растворов нафтенатов в качестве увлажняющего вещества для подавления пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ.

На основании проведенных исследований разработана технология и установка, позволяющие наряду с подавлением пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ, обеспечить её улавливание и дальнейшее использование.

Ключевые слова: горные работы, каменные карьеры, камнерезные машины, пылеподавление, растворы нафтенатов, эффективность пылеподавления.

Введение. Запыленность является одним из основных факторов загрязнения окружающей среды, поэтому борьба с пылью является актуальной проблемой.

Известно, что разработка полезных ископаемых сопровождается образованием и выделением пыли, которая оказывает вредное воздействие на здоровье горнорабочих, приводит к преждевременному износу используемого оборудования, потере ценного минерального сырья и загрязняет окружающую среду [1].

Как известно, общее количество добываемых по всему миру горнорудных материалов составляет 750 млрд. тонн в год.

В настоящее время в Азербайджане организовано 150 каменных карьеров из разведенных 230 каменных залежей. В этих карьерах ежегодно добывается 250-350 тыс. м³ камней. 92,8 % этих материалов составляет известняк, причем 15,3 % вулканического происхождения, небольшое количество – мерцель, мел, песок и др.

Ежегодно в республиканских каменных карьерах добывается 195 млн. штук каменных кубиков, 80 тыс. м² мраморных и известковых облицовочных кусков. Для этой цели используются сотни камнерезных машин и механизмов, которые являются основной причиной образования и выделения пыли. Они запыляют не только атмосферу карьеров, но и близрасположенных населенных пунктов, пастбищ, водоемов и др.

^{*} Институт геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана

^{**} Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

На основании проведенных исследований установлено, что при нарезании камней размером 30x12x6 см количество выделившейся пыли составляет 6.4 г; 60x24x12 см – 8.6г.; 90x36x18 см – 11.4г.

Одним из широко используемых методов для подавления пыли является метод орошения водой, сущность которого заключается в том, что при взаимодействии капли жидкости с частицей пыли происходит её смачивание, захват каплей и осаждение агрегата – частица пыли + жидкость.

Проведённые исследования показали, что эффективность пылеподавления при орошении водой составляет 75%.

С целью увеличения эффективности пылеподавления при проведении горных работ, а также для достижения поставленной цели в качестве смачивающего вещества были исследованы растворы нафтенатов.

В качестве раствора нафтената был использован отход нефтепереработки, образующийся при выделении нефтяных кислот из нефтепродуктов водным раствором едкого натрия - раствор нафтената натрия R-COO_n (плотность 1,02-1,04 г/см³) [3].

Исследовательские работы были проведены в нескольких направлениях. Начальные опыты были проведены на установке, технологическая схема которой представлена на рис. 1.

Опыты проводились следующим образом. Сначала камень (5) устанавливается на столе (1) и до пуска в работу пилы (2) смачивается (3, 4). В качестве смачивающего вещества для подавления пыли были использован раствор нафтената, который добавляется в таком количестве, чтобы влажность увлажняемого материала составляла не менее 12 %. После завершения работы полученная смесь пыли и раствора нафтената (6) поступает в дозатор (7), откуда подаётся в шnek (8), а затем в распылитель (9) и осушитель (10). В осушитель (10) снизу подаётся горячий воздух (11), который циркулирует в аппарате. Высушенная гранулированная смесь пыли и нафтената поступает в бункер (12), а затем отправляется потребителю для использования.

В результате проведенных исследований выявлено, что установка, представленная на рис. 1, не в состоянии обеспечить подавление и улавливание большого количества пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ. В связи с этим была разработана установка, имеющая ряд преимуществ по сравнению с предыдущей, технологическая схема которой представлена на рис. 2.

Полученная смесь пыли и раствора нафтената из дозатора (7) поступает в шnek (8), а затем в гранулятор (9) и осушитель (10). Высушенная гранулированная смесь пыли и нафтената элеватором (11) подаётся в сита (12), после прохождения которых фракция размером 1-4 мм (14) поступает на склад, а оттуда отправляется потребителю для использования. А ретур (мелкая фракция готового продукта размером менее 1 мм) поступает в шnek (13), а затем в гранулятор (9), фракция размером 5 и более мм после измельчения в дробилке (15) элеватором также подаётся в шnek (13), а оттуда в гранулятор (9), где они смешиваются со смесью пыли и раствора нафтената, поступающей на грануляцию.

Полученная гранулированная смесь каменной пыли и нафтената, содержащая микрэлементы, может быть использована для получения удобрений, в качестве известкового удобрения на кислых почвах, а также в качестве строительного материала.

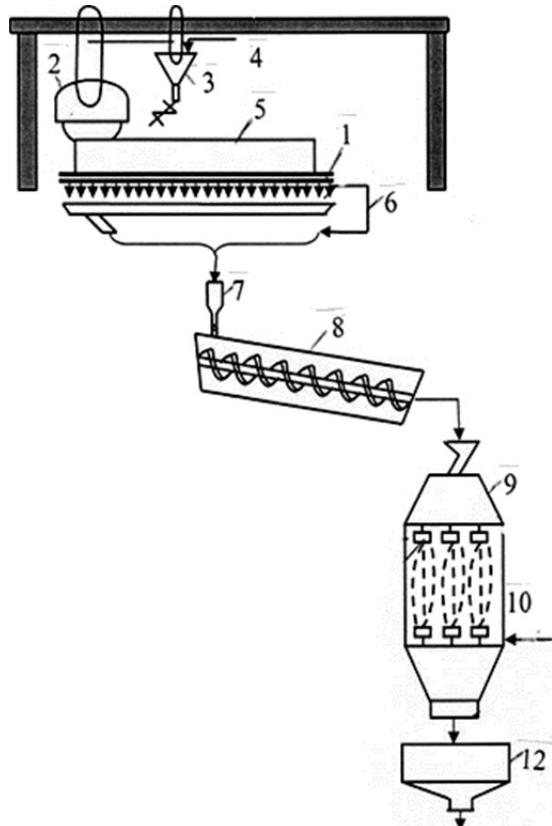


Рис.1.Технологическая схема установки для подавления пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ.

1 - стол, 2 - пила, 3 - посуда для раствора нафтената, 4 – раствор нафтената, 5 – камень, 6 – смесь пыли и раствора нафтената, 7 – дозатор, 8 – шнек, 9 – распылитель, 10 - осушитель, 11 - горячий воздух, 12 – бункер.

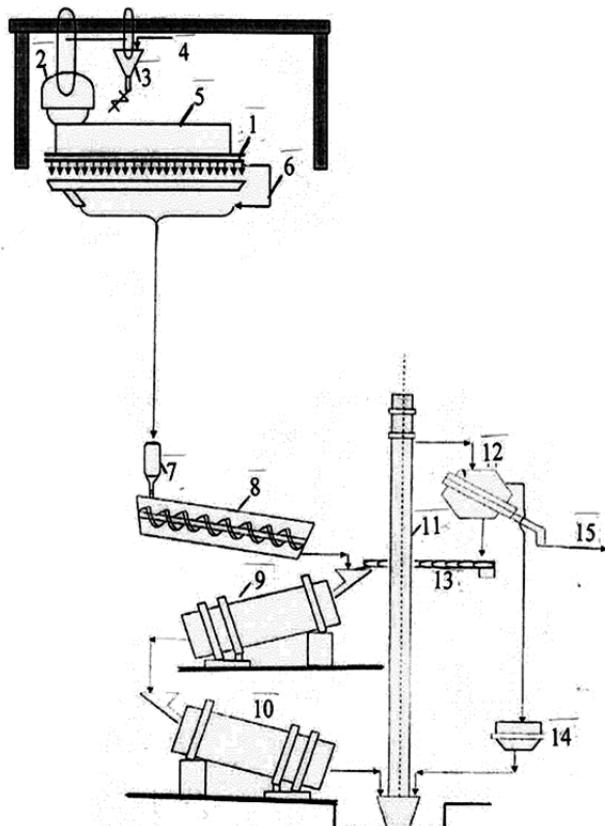


Рис.2. Технологическая схема установки для подавления пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ.

1 – стол, 2 – пила, 3 – посуда для раствора нафтената, 4 – раствор нафтената, 5 – камень, 6 – смесь пыли и раствора нафтената, 7 – дозатор, 8 – шнек, 9 – гранулятор, 10 – осушитель, 11 – элеватор, 12 – сита, 13 – шнек для ретура, 14 – гранулированная смесь пыли и нафтената (фракция размером 1-4 мм), 15 – дробилка для ретура

С целью увеличения эффективности пылеподавления при проведении горных работ в качестве смачивающего вещества были использованы отходы нефтепереработки, образующиеся при выделении нефтяных кислот из нефтепродуктов. С использованием отходов нефтепереработки, образующихся при выделении нефтяных кислот из нефтепродуктов, обеспечивается охрана окружающей среды. В результате проведенной работы обеспечивается подавление и улавливание большого количества пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ и получается целевая продукция, которая может быть использована для получения удобрений, а также в качестве строительного материала.

Заключение. Разработана существенная новая установка, имеющая ряд преимуществ по сравнению с первичной. Разработанная и испытанная установка имеет большие возможности, так как обеспечивает подавление и улавливание большого количества пыли, образующейся и выделяющейся при проведении горных работ.

REFERENCES

1. Loboda A.I., Rebristyy B.N., Tyshhuk V.J. Borba s pylyu na otkrytyh gornyh rabotah. Kiev: Tehnika, 1989. – 152 s.
Лобода А.И., Ребристый Б.Н., Тышук В.Ю. Борьба с пылью на открытых горных работах. Киев: Техника, 1989. – 152 с.
2. Ishhuk I.G., Pozdnyakov G.A. Sredstva kompleksnogo obespylivaniya gornyh predpriyatiy: Spravochnik. M.: Nedra, 1991. – 253 s.
Ишук И.Г., Поздняков Г.А. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий: Справочник. М.: Недра, 1991. – 253 с.
3. H.Əliyev adına neft emalı zavodu. Müəssisə standartı. MS 26. – 2013.

DAĞ-MƏDƏN İŞLƏRİNİN APARILMASI ZAMANI TOZUN YATIRILMASI ÜÇÜN NAFTEFENAT MƏHLULLARINDAN İSTİFADƏ OLUNMASININ İŞLƏNMƏ TEXNOLOGİYASI

M.S. ALOSMANOV, M.Ş. ATAYEV, S.M. İBRAHİMOVA,
Y.M. MƏMMƏDOVA, D.M. BAYRAMOV

Dağ-mədən işlərinin aparılması zamanı əmələ gələn və ayrılan tozun yatırılması üçün nəmləndirici maddə kimi naftenat məhlullarının istifadə olunması məsələsi tədqiq edilmişdir.

Aparılan tədqiqat işlərinə əsasən dağ-mədən işləri zamanı əmələ gələn tozun yatırılması üçün qurğunun işlənmə texnologiyası və gələcək istifadəsi zamanı onun udulması işlənmişdir.

Açar sözlər: *dağ-mədən işləri; daş karxanası; daşkəsən maşənlər; tozyatırıcı; naften məhlulları; tozyatırılmanın səmərəliliyi.*

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY USING NAPHTHENATE SOLUTIONS FOR DUST SUPPRESSING IN CARRYING OUT MINING WORKS

M.S. ALOSMANOV, M.Sh. ATAYEV, S.M. IBRAGIMOVA,
G.M. MAMEDOVA, D.M. BAYRAMOV

Researches on the use of naphthenate solutions moisturizing substance for dust suppressing as formed and separated in carrying out mining works have been done.

Based on the researches the technology and installation allowing to suppress dust formed and separated in the mining works have been developed to provide it is catching and further use.

Keywords: mining operations, stone pits, stone-cutting cars, dust suppression, solutions of naphthenates, efficiency of dust suppression.

УДК 621.327.8

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ЗАЩИТЫ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Р.Т. ГУМБАТОВ^{*}, Б.Г. ИБРАГИМОВ^{}, Р.Ф. ИБРАГИМОВ^{***}**

Рассмотрены методы передачи и криптозащиты информации от несанкционированного доступа к абонентской и сетевой линии связи. Предложен криптографический метод защиты передаваемой информации в телекоммуникационных системах (ТС), основанный на теоретико-информационном методе когерентного сетевого кодирования и методе шифрования сообщений.

Ключевые слова: несанкционированный доступ, алгоритм, криптозащита, кодирование, защита информации, криптография, открытый ключ, секретный ключ.

Введение. В современном телекоммуникационном пространстве все больше появляются новые виды мультимедийного трафика. Необходимость гарантированного качества его обслуживания с использованием архитектурной концепции NGN (Next Generation Network) требует создания новых методов и средств криптозащиты информации от несанкционированного доступа к абонентской линии. Это важно для обеспечения надежной и безопасной передачи информации смешанного типа, под которой подразумеваются документальное сообщение, информационный и графический файл, речевой трафик, а также факсимильные сообщения [1].

Безопасность современных информационно-коммуникационных систем может быть достигнута применением алгоритмов, обеспечивающих конфиденциальность и целостность хранящейся и криптостойкость передаваемой информации смешанного типа, а также функций идентификации и аутентификации. Обеспечение криптостойкости этими алгоритмами связано со сложными вычислениями для решения некоторых, имеющих большую актуальность задач.

В работах [2-5] проведен анализ классификация криптографических методов преобразования информации и рассмотрены в основном алгоритмические методы защиты передаваемой информации. Авторами работ [4-6] рассмотрены теоретико-информационные методы кодирования и криптографические алгоритмы защиты информации от несанкционированного доступа к абонентской линии связи и предложена схема подключения терминалного устройства защиты «Пароль» с кодированием абонентской линии.

* Бакинская Высшая Школа Нефти,
** Азербайджанский Технический Университет,
*** Институт Систем Управления НАНА

Наши исследования посвящены решению задачи создания криптографического метода защиты передаваемой информации смешанного типа, позволяющего обеспечить передачи и криптозащиты информации.

Общая постановка задачи. В работах [1, 6] задача криптозащиты передаваемой информации смешанного типа исследована при определённом методе передачи сообщений и при определённом, конкретном сценарии действий хакера. Во всех описанных случаях система телекоммуникации представлена в виде циклического направленного графа. В общем случае распределенная система связи и ее топология сети задаются в виде графа:

$$G = (V, E), V = [v_j, j = 1, 2, \dots, N_{y_3}], E = (ke, kd), \quad (1)$$

где: V – множество узлов звена сети (маршрутизаторов), а E – множество ее дуг-каналов связи (КС).

На основе топологии сети и системно-технического анализа математическая формулировка реализации задачи предлагаемого криптографического метода защиты передаваемой информации для оценки эффективности криптостойкости метода защиты информации описывается следующей целевой функцией:

$$Q_{\phi\phi} = W[\arg \max_i (D_{i,\max})], \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

при следующих ограничениях:

$$T_{i,cp.3} \leq T_{i,cp.3,don.}, C_a \leq C_{a,don.}, \eta_i \leq \eta_{i,don.}, \quad (3)$$

где: $D_{i,\max}$ – максимальное значение периода времени, необходимое для выполнения операции дешифрования злоумышленником при защите информации от несанкционированного доступа к абонентской линии; $T_{i,cp.3}$ – среднее время задержки при передаче i -го потока сообщения; C_a – стоимость аппаратных и программных средств криптографической системы защиты информации; η_i – коэффициент эффективного использования сетевых ресурсов системы передачи и защиты информации при передаче i -го потока сообщений.

Выражения (2) и (3) определяют сущность рассматриваемого криптографического метода и средств для его реализации и включают важные показатели криптостойкости системы при передаче информации смешанного типа по каналам связи.

Цель исследований. Основной целью данной работы является создание криптографического метода защиты информации с учетом способов передачи, алгоритмов криптозащиты и теоретико-информационные методов кодирования передаваемого сообщения по каналам связи.

Схема функционирования исследуемого звена и средств криптозащиты. Процесс защиты информации смешанного типа от несанкционированного доступа к абонентской линии связи предлагается осуществить по схеме, представленной на рис.1. Здесь предусматривается защита передаваемой информации с использованием открытого и секретного ключей.

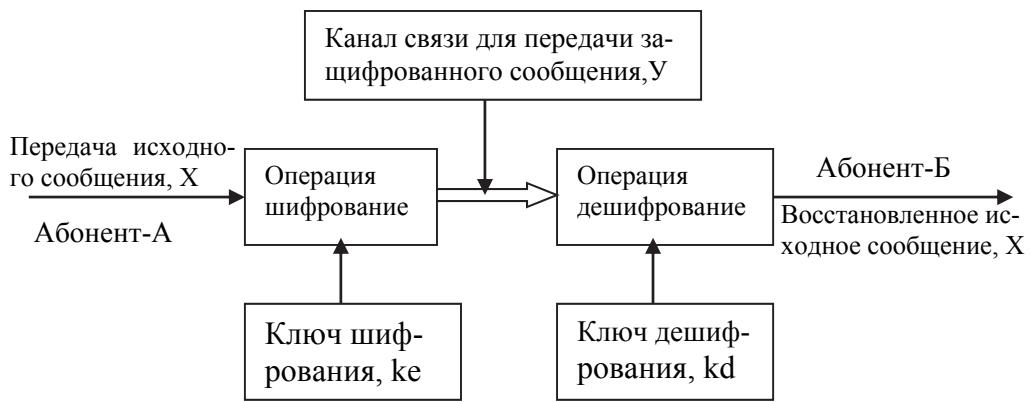


Рис.1. Структурно-функциональная схема защиты информации от несанкционированного доступа к абонентской и сетевой линии связи

Для обеспечения секретности-недоступности структуры ТС при передаче информации по каналу связи наиболее эффективными и перспективными являются метод сетевого кодирования и метод шифрования [3, 5, 6].

Использование для защиты информации открытого и секретного ключей, определяющих конкретное секретное состояние некоторых параметров алгоритма криптографического преобразования информации, обеспечивает выбор одного варианта из совокупности всех возможных для данного алгоритма [6, 7]. Ключ, используемый нами, обычно является внешним по отношению к алгоритмам шифрования и дешифрования информации смешанного типа, определяющий конкретный вид зашифрованного сообщения Y при наличии данного исходного сообщения X .

В предлагаемой схеме (рис.1) секретность системы телекоммуникации обеспечивается с помощью ключа шифрования и ключа дешифрования.

Следует отметить, что секретность современных алгоритмов криптозащиты информации, предназначенных для широкого круга пользователей, заключается в применении некоторой индивидуальной для каждого пользователя или пары пользователей комбинации чисел из множества возможных, называемой ключом [1, 4].

Анализ криптографического метода защиты информации. Метод основан на алгоритме криптографической системы с открытым ключом и методе RSA (назван так по начальным буквам фамилий ее изобретателей Rivest, Shamir&Adleman).

Для защиты передаваемого сообщения X от несанкционированного доступа предлагаются осуществить некоторое преобразование исходного сообщения, называемое операцией шифрования:

$$X = D_{kd}[Y], \quad Y = E_{ke}[X], \quad (4)$$

С учетом (4) для восстановления исходного сообщения X из зашифрованного сообщения Y применяется операция дешифрования с использованием функции $D_{kd}[Y]$, алгоритм реализации которой описывается следующим образом:

$$D_{kd} \{ E_{ke} [X] \} = X \quad (5)$$

Таким образом, алгоритмы криптозащиты информации предусматривают реализации операций шифрования, передачи и дешифрования сообщения с использованием открытого ключа.

С точки зрения содержательной части ключей kd и ke все алгоритмы криптозащиты подразделяются на две большие категории: симметричные алгоритмы и алгоритмы с открытым ключом.

В нашем случае в основном используются симметричные алгоритмы, содержащие одинаковые ключи для шифрования и дешифрования: $kd = ke$. Это означает, что в общем случае, ключ kd может быть вычислен по известному значению ke . Такие алгоритмы называются, кроме того, одноключевыми, или алгоритмами с закрытым ключом [5, 6].

Оценка криптоустойчивости метода защиты информации. Для повышения криптоустойчивости системы защиты информации целесообразно использовать теоретико-информационный метод [4-6], основанный на статистической независимости передаваемой информации смешанного типа $E_{ke} [X]$ от исходного сообщения из A . При этом предполагается, что средняя взаимная информация между случайными данными доступна злоумышленнику. Важным условием декодирования сообщения с использованием алгоритма с открытым ключом является то, что поступающие через каналы связи к получателю зашифрованные сообщения $E_{kd} [Y]$ не должны совпадать, если исходные сообщения источника различны, т.е.,

$$E_{ke} [X] \neq E_{kd} [Y], \quad ke \neq kd \quad (6)$$

Выражение (6) является алгоритмом с открытым ключом, который использует для защиты сообщения или канала передачи пару ключей ke и kd , причем kd не может быть приемлемым для данного уровня криптоатаки. Ключ kd является индивидуальным *ключом или закрытой частью ключа*.

Предполагается также, что в рассматриваемой ТС имеются несколько подсистем, состоящие из N_k – каналов и злоумышленник во время одной из передач сообщения по каналам связи имеет доступ к одной из этих подсистем. Допускается, что в данном случае связи злоумышленника и подсистемы с несколькими получателями поставленные условия не могут быть выполнены.

На основе информационного показателя источника сообщения A , алгоритма реализации предлагаемого метода защиты передаваемой информации смешанного типа может быть получено следующее условие:

$$\{ H[K] - (T_{cp.z} \cdot C_{max} / N_k - 1)^{-1} \cdot H[A] \} \geq 0, \quad (7)$$

где: N_k – количество каналов связи для передачи информации смешанного типа, которое доступно злоумышленнику; $H[K]$ – энтропия открытого и закрытого ключа, $K \in ke, kd$; C_{max} – максимальное значение пропускной способности каналов связи; $H[A]$ – энтропия источника информации смешанного типа; $T_{cp.z}$ – среднее время задержки при передаче сообщения.

Полученное условие (7) способствует обеспечению требуемого уровня защиты передаваемой информации и определяет криптостойкость системы телекоммуникации с использованием симметричного алгоритма передачи сообщения по КС.

В системах защиты информации, использующих симметричные алгоритмы, важное место занимает решение задачи необходимого закрытого, защищенного хранения, смены и распространения ключей, которые должны быть одинаковыми и синхронно изменяться на стороне шифрования и дешифрования.

Симметричные алгоритмы подразделяются на поточные, осуществляющие текущую операцию над текущим битом потока, и блочные, реализующие обработку информации, разбитую на группы битов, называемые блоками. Данные средства защиты и способы закрытия информации считаются криптографическими методами, которые широко используются для защиты речевых сообщений в ТС.

Однако, последние вносят в обрабатываемую информацию большую задержку $T_{cp.3}$, с которой в ряде случаев приходится считаться, особенно в задачах защиты информации от несанкционированного доступа к абонентской и сетевой линий связи в ТС при передаче речевого трафика.

Одним из важных показателей криптостойкости системы защиты информации в ТС является среднее время задержки $E[T_{i.cp.3}]$ при передаче i -го трафика [8]. Учитывая среднее время операции методом шифрования сообщения, способа передачи и особенности теоретико-информационный метода сетевого кодирования с использованием структурно-функциональной схемы трактов систем защиты информации, среднее время задержки $E[T_{i.cp.3}]$ в общем виде может быть определено следующим выражением:

$$E[T_{i.cp.3}] = \frac{1}{N_{y_3}} \sum_{j=1}^{N_{y_3}} E[T_{ij.cp.3}(\lambda)] \leq T_{i.cp.3.don.}, \quad i, j = \overline{1, N_{y_3}}, \quad (8)$$

где N_{y_3} – общее количество j -х блочно-модульных систем передачи трактов в схеме защиты информации; λ – интенсивность входящего передаваемого речевого трафика; $E[T_{ij.cp.3}(\lambda)]$ – среднее время взвешенной задержки от i -го до j -го блочно-модульных систем передачи трактов в схеме защиты информации.

В системе защиты информации случайная величина задержки $T_{i.cp.3}$ с учетом всех возможных криптографических операций, в том числе показателей достоверности передачи речевого трафика [4] на одном цикле не должна превышать $T_{cp.3.don.}(t_{pr})$, т.e.

$$P_{ou} \{ [T_{cp.3}(t_{pr}) \leq T_{cp.3.don.}(t_{pr})] \leq 300 \text{ мс} \} \leq (10^{-4} \div 10^{-7}), \quad (9)$$

где $P_{ou}(\cdot)$ – вероятность ошибки КС в системе защиты информации при передачи речевого трафика.

Выражение (9) характеризует криптостойкость системы защиты информации и качество работы каналов связи с подслушиванием (wire-tap channel).

Заключение. В результате исследования предложен криптографический метод защиты передаваемой информации смешанного типа в телекоммуникационных системах, использующий алгоритмы работы криптографического шифрования и сетевого кодирования

сообщения. Предложена структурно-функциональная схема защиты информации от несанкционированного доступа к абонентской и сетевой линии связи, которая обеспечивает криптостойкость системы защиты информации и высокую надежность работы канала связи при шифровании и кодировании речевого сообщения. Получены условия и аналитические выражения, позволяющие оценить показатели криптостойкости системы защиты информации в телекоммуникационных системах.

REFERENCES

1. İbrahimov B.Q. Elektrik rabitə nəzəriyyəsi. Ali məktəblər üçün dərslik. Bakı, 2016. –384 s.
İbrahimov B.G. Theory electrical communication. A tutorial for HEI. AzTU. 2016. –P.384.
2. Olifer V.G., Olifer N.A. Computer networks. Principles, technologies, Protocols. Textbook for High Schools . - St. Petersburg : Peter, 2011. - 958 c.
Олифер И.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, Протоколы. Учебник для ВУЗов.– СПб.: Питер, 2011. – 958 с.
3. Sovetov B.Y., and others.Cryptography.-SPb.:Publishinghouse" Lan",2001.-224P. **Советов Б.Я. и др.** Криптография. – СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 224 с.
4. Cryptographic coding / Ed. V.N. Rudnitsky, V.Ya. Milcevic. Kharkov.: Publishing Hous "Generous Manor Plus", 2014. - 240 p.
Криптографическое кодирование/ Под ред. В.Н. Рудницкого, В.Я. Мильчевича.—Харьков : Изд-во «Щедрая усадьба плюс», 2014. – 240 с.
5. Gabidulin, E.M., et al., Network coding, Trudy MFTI. - 2009. T. 1, No. 2. - pp.3-28.
Габидулин Э.М.и др. Сетевое кодирование //Труды МФТИ.-2009.-Т. 1, № 2.-c.3-28.
6. Tikhonov, S.V. Universal method protection block ciphers from side attacks on power circuits // Problems of information security. Computer system. - №3.- pp.48-55.
Тихонов, С.В. Универсальный метод защиты блочных шифров от побочных атак по цепям питания//Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы.2017. – № 3. - с.48-55.
7. Fragouli C, Soljanin E. Network coding. Foundations and Trends // Networking. V.2, No.1. 2007. -P.1–134.
8. İbrahimov B. G. The Study and Estimation of the Performance Attributes of Terminal Hardware for a Link in a Multiservice Communication Network//Automatic Control and Computer Sciences.USA. 2010. Vol. 44. No. 6.– pp.359 - 363.

TELEKOMMUNİKASIYA SİSTEMLƏRİNDE OTÜRÜLƏN İNFORMASIYANIN BİR KRIPTOQRAFİK MÜHAFİZƏ ÜSULU HAQQINDA

R.T.HÜMBƏTOV, B.Q.İBRAHİMOV, R.F.İBRAHİMOV

Abunəçi və şəbəkə rabitə xətlərinə icazəsiz qoşulmalardan mühafizə etmək üçün informasiyanın veriliş üsullarına və kriptomühafizə vasitələrinə baxılır. Telekommunikasiya sistemlərində məlumatların şifrlənməsi və nəzəri-informasiya koherent şəbəkə kodlama üsullarına əsaslanaraq, ötürülən informasiyanın mühafizəsi üçün kriptoqrafiq üsul təklif edilir.

Açar sözləri: icazəsiz qoşulma, alqoritm, kriptomühafizə, kodlama, informasiyanın mühafizəsi, kriptoqrafiya, açıq açar, məxfi açar.

ABOUT ONE CRYPTOGRAPHIC METHOD FOR PROTECTION TRANSMITTED INFORMATION IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

R.T. HUMBATOV, B.G. IBRAHIMOV, R.F. IBRAHIMOV

Methods of transmission and means cryptographic protection information from unauthorized access to the subscriber and network communication line are considered. A cryptographic method protecting transmitted information in telecommunication systems, which are based on the information-theoretic method coherent network coding and the method message encryption are proposed.

Keywords: unauthorized access, algorithm, cryptographic protection, coding, information protection, cryptography, open key, secret key.

UOT 621.384.2.

OPTİK LİFLİ ŞƏBƏKƏLƏRİN MONİTORİNQİ

M.H. HƏSƏNOV*

Optik lifli şəbəkələrin monitoring qurğusunun sxemi tərtib olunmuş, iş prinsipi analiz edilmişdir. Təqdim olunan monitoring qurğusunun əsas vəzifəsi müxtəlif dalğa uzunluqları ilə işləyen optik lifli şəbəkələrdə yaranan müxtalif zədələnmələrin və icazəsiz qoşulmaların tez bir zamanda aşkar edilməsi və belə hallar aşkar olunduğu halda kanalların avtomatik olaraq digər kanallara kommutasiya olunmasına baxılmışdır.

Acar sözlər: optik lifli şəbəkələr, monitoring qurğusu, optik kommutator, yarımsəffaf güzgü.

Giriş. Optik lifli şəbəkələrin (OLŞ) üstün cəhətlərindən biri onun geniş zolaqlı spektrə malik olmasıdır və hal-hazırda optik kabellərin bu göstəricisindən istifadə edərək OLŞ-dən spektrə görə sıxlashdırma üsulundan istifadə etməklə Tbit/san-lərlə informasiya ötürülməsi, emalı, seleksiyası həyata keçirilir. Böyük həcmə malik informasiyanın verilişi, qəbulu, kommutasiyası, seleksiyası zamanı ötürülən informasiyanın tam və dayanıqlı istifadəçilərə çatdırılması, effektivlik göstəricilərinin stabilliyi [1,3,7], zədələnmə vaxtı alternativ kanallara kommutasiya olunması, fotonların sayının dəyişməsi zamanı (foton oğurluğu) kanalların başqa ehtiyat kanallardan birinə komutasiya olunması və ya bloklanması, informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması və s. ən vacib məsələlərdəndir.

Hal-hazırda bu sahədə çoxsaylı tədqiqat işləri aparılmasına, o cümlədən, fotonlarının sayının dəyişməsinə nəzarət etmək üçün kriptoqrafiya metodlarından, icazəsiz müdaxilələrin qarşısının alınması üçün şifrələnmə açarlarının tətbiqidən istifadə olunmasına baxmayaraq [5] yeni nəzəri və praktiki üsulların yaradılması aktual məsələlərdən biridir. Bununla əlaqədar optik şəbəkələrin topologiyasından asılı olmayaraq optik şəbəkələrdə optik siqnalların tam monitorinqi üçün xətti mikropyezomühərriklərdən istifadə etməklə yeni orijinal çoxfunksiyalı, çoxkanallı optik kommutator (OK) hazırlanmışdır [6].

OLŞ-lərin avtomatik adaptiv monitoring qurğusu

Monitoring sistemi aşağıda şərh edilənləri təmin edir:

- optik lifli şəbəkənin test-ölçmə nəticələrinin toplanmasını və onun statik analizini aparır;
- statik analiz lifdə baş verə biləcək nasazlıqları şəbəkədə ciddi problem yaradana kimi onları əvvəlcədən aşkar edir və onu proqnozlaşdırır;

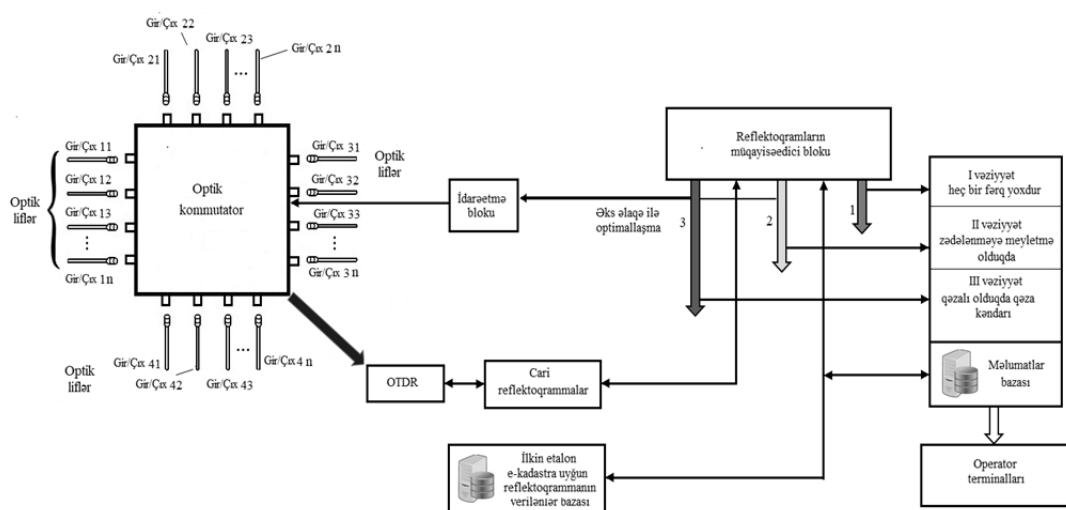
* Azərbaycan Texniki Universiteti

- şəbəkədə istifadə edilən optik kabelin planlı və profilaktik təmirinin, kabel sistemində ciddi qəza və zədələnmə əmələ gəlməsini gözləmədən aparılması üçün mövcud imkanları araşdırır;

- şəbəkənin yüksək dərəcədə təhlükəsizliyini təmin edir. Belə ki, lifə icazə verilmədən hər hansı qoşulma olduqda optik kanalda əlavə itkilərin yaranmasının qarşısını alır. Bu da real vaxt ərzində sistem tərəfindən aşkar olunur və mərkəzi serverdə qeyd olunur;

- şəbəkənin vəziyyəti haqqında informasiyanın qrafiki təsvirini təmin edir və s.

Şəkil 1-də OLŞ-lərin monitoring qurğusunun (MQ) sxemi öz əksini tapmışdır. Şəkil 1-dən göründüyü kimi optik siqnalların monitorinqi xətti mikropyezomühərikli OK-dan [6], optik lifli rabitə xətlərinin parametrlərini ölçmə cihazı-reflektometrdən (OTDR-Optical Time Domain Reflectometr), cari reflektogrammalar göstərici tablosundan, ilkin e-kadastra uyğun reflektogrammaların verilənlər bazasından, reflektogramların müqayisə edici blokundan, müqayisələrin nəticələrinin qeydiyyatını aparan məlumatlar bazasından, məlumatlar bazasına on-line qoşulmuş şəbəkəyə nəzarət edən operator terminallarından ibarətdir. MQ-nin giriş və çıxışları eyni zamanda λ_{1n} -dən λ_{4n} -ə qədər informasiya daşıyan müxtəlif dalğa uzunluqları üçün hər iki istiqamətə giriş və çıxış funksiyasını yerinə yetirir. MQ-nin hər bir idarə və hərəkət olunan yarımsəffaf güzgüləri ona uyğun giriş, çıxışa və işiq selinin 1%-ni monitoring üçün OTDR-ə ötürülməsinə xidmət edir. Yarımsəffaf güzgülərin giriş və çıkış portlarına adaptiv fokuslanması daxil olan idarəetmə siqnallarının köməyi ilə mikropyezoelektrik mühərriklər tərəfindən ayrı-ayrılıqla və eyni zamanda idarə oluna bilər [2,4,6].



Şəkil 1. OLŞ-lərin monitoring qurğusu

İşləmə prinsipi. Təqdim edilən MQ-su OLŞ-ə ilə ötürülən optik siqnalların səviyyəsinin monitorinqi ilə bərabər MQ-nin kommutatorunun özündə yarımsəffaf güzgülərin də adaptiv olaraq nizamlanmasını (optik şuların tələb olunan giriş və ya çıkışa adaptiv fokslanmasını) həyata keçirir.

Monitorinq zamanı giriş optik liflərdən daxil olan və çıkış optik liflərə, idarə olunan yarımsəffaf güzgülər vasitəsi ilə kommutasiya olunan λ_{1n} -dən λ_{4n} -ə (λ_{nn} dalğa uzunluğununa malik kanalların sayına uyğun kommutatorun konstruksiyası dəyişə bilər) kimi dalğa uzunlığında optik

REFERENCES

1. **Gasanov M.G.** Effektivnost pyezoelektricheskogo deflektora svetovogo lucha v tehnike svyazi // Uchenye zapiski AzTU. №2 (66). Baku. 2010. S.44-46.
Гасанов М.Г. Эффективность пьезоэлектрического дефлектора светового луча в технике связи // Ученые записки АзТУ. №2 (66). Баку. 2010. С.44-46.
2. **Gasanov M.G.** Mnogokanalny pyezoelektricheskiy kommutator adaptivnyh opticheskikh setey // Vestnik Azerbajjanskoy Inzhenernoy Akademii. Tom 9. №4. S.107-113.
Гасанов М.Г. Многоканальный пьезоэлектрический коммутатор адаптивных оптических сетей // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. Том 9. №4. С.107-113.
3. **Hasanov M.H., Ibrahimov B.G., Qodjaeva S.F.** Research Efficiency Optical Transport Networks with use Transferring and Reception Optoelectronics Module // International Journal of Research - Granthaalayah, Vol.6 (Iss.2): February, 2018. DOI: 10.5281/zenodo.1194756.
4. **Maharramov V.M., Hasanov M.H..** About the same switching principle information flows. Scientific-practical journal Institute of Information Technology of ANAS, 2018 . DOI: 10.25045/jpit.v09.i1.03. Pp.25-31
5. **Gasanov M.G., Mamedov R.S.** Stoykost i informacionnaya emkost treh tipov kvantovyh protokolov raspredeleniya kluchey s mnogomernymi kvantovymi sistemami // Vestnik Azerbajjanskoy Inzhenernoy akademii. T.5. №2. Baku. 2013. S.62-78.
Гасанов М.Г., Мамедов Р.С. Стойкость и информационная емкость трех типов квантовых протоколов распределения ключей с многомерными квантовыми системами //Вестник Азербайджанской Инженерной академии. Т.5. №2. Баку. 2013. С.62-78.
6. **Hasanov M.H., Haciyeva K.R., Qodjaeva S.F.** Multifunctional adaptive piezoelectric switch of optical channels. T-Comm. Telecommunications and transport. Vol. 13, № 29..2018,
7. **Gayvorovskaya G.S., Ryabcov A.B.** Osobennosti primeneniya opticheskikh kommutatorov v sovremenennyh informacionnyh setyah. 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.

МОНИТОРИНГ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М.Г. ГАСАНОВ

Предложены схемы управления мониторингом волоконно-оптических сетей и проанализированы принципы их работы. Важнейшая функция предложенной системы мониторинга - то, что она постоянно анализирует результаты тестирования волоконно-оптических сетей и обнаруживает неполадки оптического волокна с различными длинами волн, прогнозирует их и при обнаружении неполадки либо несанкционированного подключения к оптическим каналам автоматически переключается на другой канал.

Ключевые слова: волоконные оптические сети, устройства мониторинга, оптический коммутатор, полу-прозрачное зеркало.

MONITORING OF FIBER-OPTIC NETWORKS

M.H. HASANOV

The schemes for controlling the monitoring of fiber-optic networks are proposed and the principles of operation of fiber-optic networks are analyzed. The most important function of the proposed monitoring system is that it constantly analyzes the results of testing fiber-optic networks and detects and predicts problems with an optical fiber with different wavelengths and when a problem is detected and unauthorized connections to optical channels automatically switch to another channel.

Keywords: optical fiber networks, monitoring devices, optical switch, semi-proprietory mirror.

UOT 614.842.8: 519.8

BİNALARDA BAŞ VERƏN YANĞINLARIN LƏĞV EDİLMƏSİ VƏ MƏHDUDLAŞDIRILMASININ KOMPYUTERLƏ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

G.Ə. ƏBDİYEVA-ƏLİYEVA*

Məqalənin əsas məqsədi binalarda baş verən yanğınların məhdudlaşdırılması və ləğv edilməsi yollarını kompyuterlə modelləşdirilməsi vasitəsilə müəyyən etməkdən ibarətdir.

Açar sözlər: yanğın, vizuallaşma, modelləşdirmə, proqnozlaşdırma, uçqun.

Giriş. Müasir memarlıq-tikinti təcrübəsində binalar aşağıdakı kimi təsnif olunur: təyinatına görə: mülki, sənaye və kənd təsərrüfatı; mərtəbələrin sayına görə: birmərtəbəli, azmərtəbəli və çox mərtəbəli; çöl divarlarının materialına görə: daş və taxta; odadavamlılıq dərəcəsinə görə.

Binaların səciyyəvi xüsusiyyətlərini göstərən təyinatı, mərtəbələrinin sayı və digər elementləri, otaqlarda yanğınların inkişafı və söndürüləsinin yalnız ayrı-ayrı tərəflərinə təsir göstərə bilər. Binalar, bir və ya bir neçə müxtəlif təyinatlı otaqlardan ibarət olan arxitektura qurularıdır. Buna görə ilk növbədə binanın otaqlarında yanğın şəraitini müəyyən etmək lazımdır. Yanğın şəraiti, binaların hər hansı bir otağında həmin anda, şəraitin yanın otağından həcmində qaz mühitinin sıxlığı, təzyiqi, temperaturu, qaz mühitinin qatılığı ilə səciyyələnir.

Binaların otaqlarında yanğınların inkişafı zamanı bu parametrlərin dəyişməsini müəyyən-ləşdirən başlıca amillər yanğın yükünün miqdarı, onun otaqda paylaşılmaması və aqreqat vəziyyəti sayılır. Otaqlarda yanğının inkişafı zamanı qaz mübadiləsi şəraitinin əmsali K_q . Qaz mübadiləsi şəraitinin əmsali dedikdə (K_q), otaqların arakəsmə konstruksiyalarındaki oyuqların sahəsinin S_o , döşəmənin sahəsinə S_d olan başa düşülür:

$$K_q = \frac{S_o}{S_d} \quad (1)$$

Yuxarıda göstərilən amillərdən asılı olaraq binanın otaqlarında yanğınların inkişafı zamanı şəraitin əsas orta-həcmi parametrləri kəmiyyəti vaxtin hər bir anında müxtəlif olacaqdır [82,88,93].

Yanğınların məhdudlaşdırılması və ləğv edilməsinin kompyuterlə modelləşdirilməsi mərhələli şəkildə yerinə yetirilir.

1-ci modul: bu modulda hadisə baş verən obyektin (binanın) vizuallaşdırılması aparılır. Vizuallaşma obyektin (binanın) fasad örtüyünün yanğınsöndürülməsi zamanı su təminatının hesablanması üçün nəzərdə tutulub [1].

* Azərbaycan Respublikasının Fövqəladə Hallar Nazirliyi



Şək. 1. Binanın 3D vizuallaşdırılması

Bu modulda - hadisə baş verən obyektin (binanın) layihəsi tərtib olunur. Layihənin tərtibatında aşağıda qeyd olunan addımlara baxılır: binanın yerləşmə planının sxemi; yanğın hidrantlarının yerləşdirilməsi; yanğın bildiricilərinin quraşdırılması.

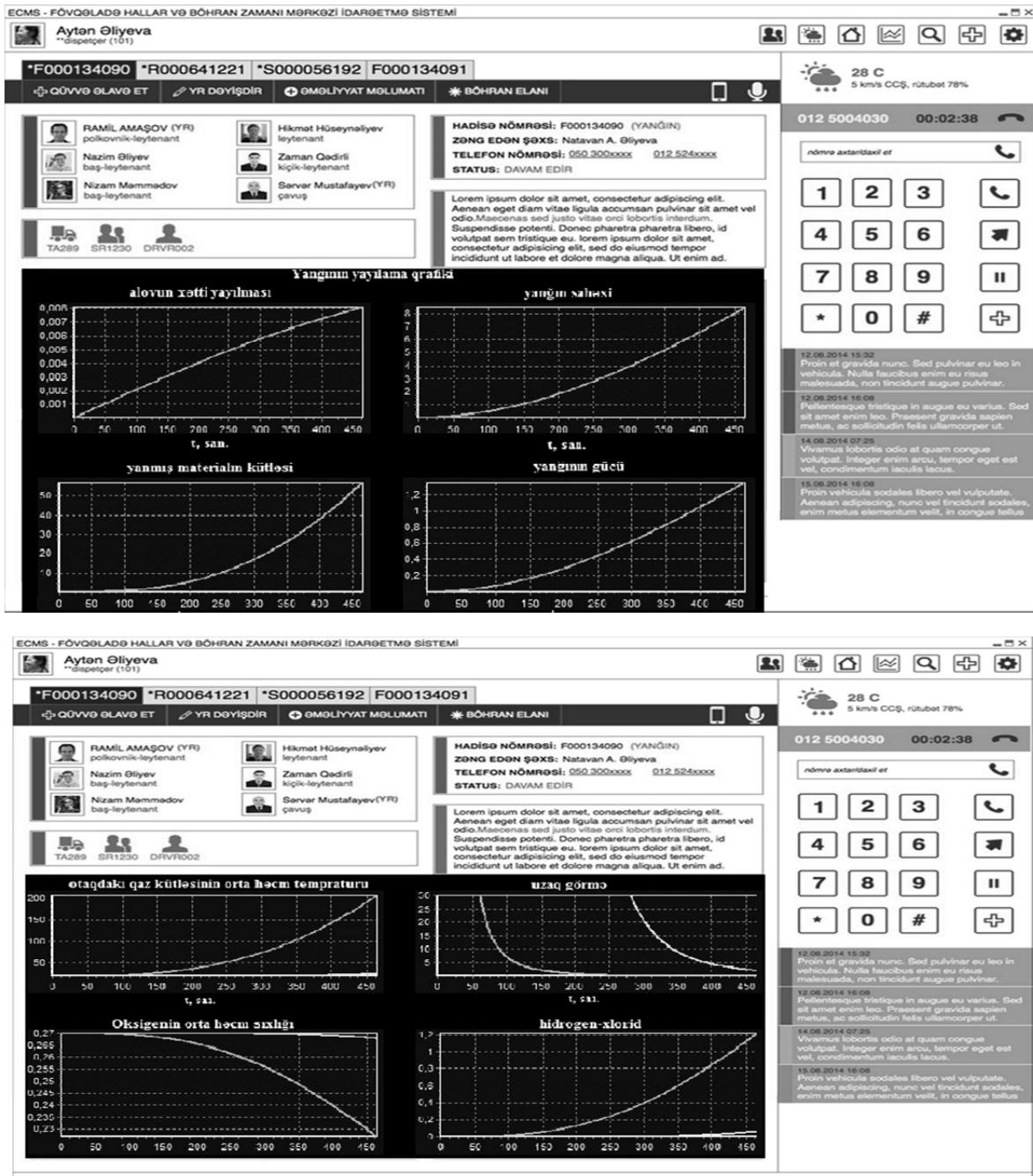
2-ci modul: Yanığının söndürülməsi və inkişaf parametrlərinin dinamikasının real vaxt rejimində hesablanması həyata keçirir. Bu modulda eyni zamanda yanğın dinamikasının qısamüddətli proqnozlaşdırılması da həyata keçirilir.

Şəkil 2-də qeyd olunan qrafiklərin təhlilinə əsasən otaqların arakəsmə konstruksiyalarındakı oyuqların sahəsi və onların hündürlüyü böyüməklə, temperaturun aşağı düşməsi və yanmanın ümumi sürəti artdıqda isə yanığının davamiyyətinin qısalması baş verir. Yanığının yükü bərabər olduqda, binaların otaqlarında yanığının inkişafının xüsusiyyətləri əsasən qaz mübadiləsi şəraitinin kəmiyyətindən və həmin otağın hündürlüyündən asılıdır.

3-cü modul: ehtiyat su, köpük əmələgətirən maddə və həcmə görə karbon qazı ilə, toz tərkibli söndürmə və digər odsöndürücü vasitələrin tətbiq edilməsinin hesablanması yerinə yetirir [1, 2].

Partlayışla əlaqədar qəzaların proqnozlaşdırılması və risklərin qiymətləndirilməsi: Partlayış - maddələrdən böyük miqdarda enerjinin ayrılması, zədələyici və dağıdıcı zərbə dalgasının yaranması nəticəsində baş verən yüksək gərginlikli fiziki-kimyəvi çevrilmə prosesidir. Partlayıcı birləşmələr və qarşıqlar fiziki xüsusiyyətlərinə görə aşağıdakı növlərə ayrıılır: bərk birləşmələr və ya qarşıqlar; bəzi təhlükəli kimyəvi maddələrin hava ilə qaz qarışıığı və s.; maye

maddələr; maye qarışqlar; maye və bərk maddələrin qarışıığı; karbohidrogen tərkibli qazların hava ilə qaz qarışığı; kondensasiya edilmiş partlayıcı maddələr.



Şək.2. Yanğınnı yayılma sxemi

Partlayışlı yanma 2 rejimdə baş verir. Bunlara deflaqrasiyalı yanma və detonasiyalı yanma rejimləri aiddir. Deflaqrasiyalı yanma rejimində alov səs sürətindən kiçik sürətlə, detonasiyalı rejimdə isə səs, yaxud ondan daha yüksək sürətlə yayılır. Deflaqrasiyalı yanma hava-benzin, qaz-hava qarışqlarının, baritin, həmçinin pirotexniki tərkiblərin yanması zamanı baş verir. Detonasiya

partlayışda zərbə dalğası və kimyəvi reaksiya zonası səs sürətindən yüksək, sabit sürətlə bir-birlərinin ardınca hərəkət edirlər.

İstehsalat obyektlərində açıq yerdə, sıxılmış və təzyiq altında, soyudulmaqla mayeləşdirilmiş qazlar olan tutumların dağılmasında, həmçinin asanlıqla partlayan mayelərin qəza yayılmaşında qaz-hava qarşıqlarının, istehsalat binalarında isə həm qaz-hava, həm də qaz-buxar-hava və toz-hava qarşıqlarının partlayışı mümkündür. Yuxarıda qeyd olunan qarşıqların partlayışı 3 əsas zona üzrə qəbul edilir: detonasiya dalğasının təsir zonası, partlayış məhsullarının təsir zonası və hava zərbə dalğasının təsir zonası.

Partlayışda mövcud şəraitin proqnozlaşdırılması mümkün zədələnmə zonalarının ölçülərinin, insanların zədələnmə və obyektlərin dağılma dərəcəsinin təyin edilməsindən ibarətdir. Bu məqsədlə, sadələşdirilmiş və ya ehtimal proqnozlaşdırma üsullarının birindən istifadə olunur. Proqnozlaşdırmanın sadələşdirilmiş üsulunda zərbə dalğasının zədələyici təsiri onun ön cəbhəsindəki təzyiqin qiyməti $\Delta P_f, kPa$ ilə təyin edilir və bu qiymətə görə insanların zədələnmə, binaların dağılma dərəcələri müəyyən edilir. Proqnozlaşdırmanın ehtimal üsulunda zərbə dalğasının zədələyici təsiri həm zərbə dalğasının ön cəbhəsindəki təzyiqin $\Delta P_f, kPa$ qiyməti ilə, həm də zərbə dalğasının sıxılma fazasının impulsu $\dot{I}_+, kPa \cdot san$ ilə təyin olunur. Zədələnmə dərəcəsi P_z təzyiqin ΔP_f və zərbə dalğasının sıxılma fazasının impulsunun \dot{I}_+ funksiyası olan P_r funksiyasından asılı olaraq təyin olunur.

Partlayışlı qəzalar nəticəsində yaranmış şəraitin proqnozlaşdırılmasında 4 dağılma zonası qəbul edilir. Bunlar aşağıdakılardır: tam dağılma zonası, $\Delta P_f \geq 50 kPa$; güclü dağılma zonası, $30 \leq \Delta P_f < 50 kPa$; orta dərəcəli dağılma zonası, $20 \leq \Delta P_f < 30 kPa$; zəif dağılma zonası, $10 \leq \Delta P_f < 20 kPa$.

Şəraitin qiymətləndirilməsində müxtəlif məsafələrdə təzyiqin ΔP_f qiymətinin təyin edilməsindən sonra obyektin planında 10, 20, 30, 40 və 50 kPa qiymətlərinə uyğun radiuslar çəkilir və zəif, orta, güclü və tam dağılma zonaları qeyd olunur. Partlayış bina daxilində baş verdikdə qırıntılar bütün tərəflərə bərabər yayılır, partlayış binadan xaricdə baş verdikdə isə qırıntılar zərbə dalğasının yayılma istiqamətində yayılır [3].

Partlayış A, B, E olan binanın daxilində baş verərsə, uçqunların təqribi ölçülərini aşağıdakı düsturlarla təyin etmək olar:

$$A_{u\zeta}, m: 2L + A; \quad B_{u\zeta}, m: 2L + B_{u\zeta} \quad (2)$$

harada L – qırıntıların uçuş məsafəsidir və binanın hündürlüğünün yarısına bərabərdir:

$$L = \frac{H}{2} \quad (3)$$

Partlayış binadan xaricdə baş verdikdə, uçqunların ölçüləri, təqribi olaraq, aşağıdakı düsturlarla təyin edilir:

$$A_{u\zeta} = L + A; \quad B_{u\zeta} = L + B \quad (4)$$

Uçqunun hündürlüğünün (h , m) təyin olunmasında aşağıdakı düsturdan istifadə olunur:

$$h = \gamma \cdot H \cdot (100 + kH) \quad (5)$$

harada γ - uçqunun binanın 100 m^3 tikinti həcmində düşən xüsusi həcmidir, k – sabit kəmiyyətdir, partlayış bina daxilində baş verdikdə $k = 2.5$ bina xaricində $k = 2$.

Bina və siğınacaqlardan xaricdə əhalinin qayıtmaz itkisi, təqribi olaraq, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N_q = P \cdot G_t^{2/3} \quad (6)$$

harada P – əhalinin sıxlığıdır, min insan/km²; G_t – trotil ekvivalentidir, t .

$$N_{san} = (3 \dots 4)N_g; N_{üm} = N_q + N_{san} \quad (7)$$

Binaların dağıılma dərəcəsindən asılı olaraq bina daxilində yerləşən insanların itkisini təqribi olaraq aşağıdakı düsturlarla hesablamamaq olar:

$$N_{üm} = \sum_{i=1}^n N_i K_{1i}; N_{san} = \sum_{i=1}^n N_{i.üm} K_{2i}; N_q = N_{üm} - N_{san} \quad (8)$$

harada N_i – i binasında personalın sayı, insan; n – obyektdə binaların (qurğuların) sayı; $N_{i.üm}$ – i binasının dağılmamasında ümumi itki; K_{1i}, K_{2i} – i binasında itkilərin təyin olunması üçün əmsallardır [4].

Qaz-hava qarışığının partlayışı nəticəsində mövcud şəraitin proqnozlaşdırılması: Qaz-hava qarışığının partlayışı nəticəsində mövcud şəraitin proqnozlaşdırılması 2 üsuldan istifadə olunur. Birinci üsulda açıq yerdə partlayış zamanı zədələnmə ocağında 2 zona qeyd edilir: detonasiya dalgasının və zərbə dalgasının təsir zonası. Açıq havada QHQ partlayışının detonasiya zonasında maksimal təzyiqin ΔP_{max} qiyməti tapılır. Detonasiya dalğası zonasının radiusu aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$r_o = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot K}{m_k \cdot C}}, \text{m} \quad (9)$$

harada: Q – sıxılmış karbohidrogen qazının miqdarıdır, t . K əmsali partlayış təhlükəli qarışqlara çevrilə bilən qaz və buxarların həcmini xarakterizə edir və qazların saxlanılma üsulundan asılı olaraq aşağıdakı qiymətlərdə olur: $K = 1$ – qazşəkilli maddələr olan tutumlarda; $K = 0,6$ – təzyiq altında mayeləşdirilmiş qazlar üçün; $K = 0,1$ – soyudulmaqla mayeləşdirilmiş qazlar üçün; $K = 0,5$ – tezalovlanan mayelərin dağılmamasında. düsturunda metan üçün təyin edilən $m_k = 16$; $C_{stx} = 9,45$ qiymətlərini yerinə qoysaq:

$$r_o = 18,5 \cdot \sqrt[3]{K \cdot Q}, \text{m} \quad (10)$$

Karbohidrogen qazların partlayışının nəticələrinin təyin edilməsində bu düsturdan geniş istifadə olunur. Bu düsturla hesablamalarda çox vaxt $K = 0,4 - 0,6$ qəbul edilir. Hava zərbə dalgasının ön cəbhəsindəki təzyiqin qiyməti ΔP_f partlayışın mərkəzindən olan məsafədən asılıdır, $\Delta P_f = f \left(\frac{r}{r_o} \right)$, $c_n = \frac{r}{r_o}$ nisbətinə görə təyin edilir.

$$\Delta P_{f1} = 100 \text{ kPa}, \Delta P_{f2} = 50 \text{ kPa}, \Delta P_{f3} = 20 \text{ kPa}, \Delta P_{f4} = 7 \text{ kPa} \quad (11)$$

qiymətləri üçün $c_n = \frac{r}{r_o}$ qiyməti təyin edilir və $R_{100}, R_{50}, R_{20}, R_7$ zonalarının radiusu hesablanır: $\frac{r}{r_o} = \frac{R_n}{r_o} c_n$ düsturundan $R_n = j_n r_o$, harada n – zonanın göstəricisidir (100, 50, 20 və s.).

Kipliyi pozulmuş tutumdan dağılmış QHQ-nin məlum Q miqdarı və ΔP_{max} təzyiqi üçün güclü $R_g = R_{50}$ və $R_z = R_{20}$ zəif dağılma zonalarının radiusları təyin edilir:

$$R_{50} = c_{50} \cdot r_o; R_{20} = c_{20} \cdot r_o \quad (12)$$

Detonasiya dalğasının yayılma sürəti hesablanır:

$$D = \sqrt{2(\gamma_q^2 - 1)}Q_q \quad (13)$$

harada γ_q – detonasiya məhsullarının adiabat göstəricisi, Q_q – QHQ-nin vahid kütləsinin partlayış istiliyi, yaxud QHQ-nin xüsusi yanma istiliyidir, C/kq.

QHQ buludunun tam detonasiya vaxtı təyin edilir:

$$t_d = \frac{r_o}{D} \quad (14)$$

Aşağıdakı düsturlar detonasiya zonasının radiusu hesablanır:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} \quad (15)$$

Partlayış məhsullarının təsir zonasının radiusu hesablanır:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1 \quad (16)$$

Zərbə dalğasının təsir zonasında izafî təzyiqin qiymətini hesablamaq üçün " Ψ " nisbi kəmiyyətinin qiyməti hesablanır:

$$\Psi = 0,24 \cdot \frac{r_3}{r_1} \quad (17)$$

harada r_3 – partlayış mərkəzindən izafî təzyiqin qiymətinin təyin edildiyi nöqtəyə qədər olan məsafədir. " ψ " nisbi qiymətdən asılı olaraq hava zərbə dalğasının ön cəbhəsindəki təzyiqin ΔP_{f3} qiyməti hesablanır:

$$\psi \leq 2 \text{ olduqda } \Delta P_{f3} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\Psi^3}-1)}; \psi > 2 \text{ olduqda } \Delta P_{f3} = \frac{22}{\Psi\sqrt{\lg\Psi+0,158}} \quad (18)$$

Qaz – buxar – hava buludunun partlayışının proqnozlaşdırılması: Qaz-buxar-hava (QBH) partlayışı qızmış mayelərin və sıxlılmış qazların emalında, nəql edilməsində və saxlanılmasında baş verən qəzalarda, dağılmış yanar mayelərin buxarlanması yaranır. Yanar maye və qazlar olan aqreqatda qəza baş verdikdə, aqreqatda olan maye və ya qaz bütünlükə ətraf mühitə çıxır, boru kəmərləri bağlanan ana qədər keçən müddətdə giriş və çıkış boru kəmərlərdən maddələrin çıxımı baş verir. Aparatın qəzasında ətraf mühitə çıxan qazın kütləsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$m_q = (V_a + V_b)p_{q,b} \quad (19)$$

harada $p_{q,b}$ – qaz buxarlarının sıxlığıdır, kq/m³; $V_a = 0,01P_1V_1$ – aparatdan çıxan qazın həcmidir, m³; P_1 – aparatda olan təzyiq, kPa; V_1 – aparatın həcmi, m³; $V_b = V_{b1} + V_{b2}$ – boru kəmərləndən çıxan qazın həcmidir, m³; $V_{b1} = Q_\tau$ – boru kəməri bağlanana qədər ondan çıxan qazın həcmidir, m³; Q – boru kəmərinin diametrindən, onda olan qazın təzyiqindən, temperaturundan və s. asılı olan və

texnoloji reqlamentə uyğun olaraq təyin edilən qaz sərfidir, m^3/san ; V_{b2} - boru kəməri bağlandıqdan sonra ondan çıxan qazın həcmidir, m^3 :

$$V_{b2} = 0,01\pi P_2 \sum_{i=1}^n r_i^2 L_i \quad (20)$$

P_2 – texnoloji reqlament üzrə boru kəmərindəki maksimal təzyiqdir, kPa; r_i – boru kəmərinin i sahəsinin daxili radiusdur, m; L_i – boru kəmərinin qəza aparatından bağlayıcı vintilə qədər olan uzunluğu, m; n – boru kəmərinin zədələnmiş sahələrinin sayıdır.

Mayeli aparatların qəzasında mayenin müəyyən bir hissəsi buxar şəklində ola bilər və bu buxar ətraf havaya çıxaraq birinci buludu yaradır. Mayenin qalan hissəsi altlığa, yaxud sərbəst olaraq döşəməyə yayılır və oradan buxarlanaraq ikinci buludu yaradır. Buxarın birinci buluddakı miqdarı (kq):

$$m_{b1} = \alpha \frac{M(V_1 P_1 + V_b P_2)}{RT_m} \quad (21)$$

harada α - qurğunun qaz fazası ilə doldurulmuş həcmi payıdır. V_1, P_1, V_b, P_2 - yuxarıda göstərildiyi kimidir. T_m – aparatdakı mayenin temperaturu, K; M – mayenin molekul çəkisidir, kq/kmol; $R = 8310 \text{ C}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ – univerisal qaz sabitidir. Yayılan mayenin temperaturu T_m onun T_q qaynama temperaturundan və ətraf mühitin $T_{ə.m}$ – temperaturundan yüksək olduqda ($T_m > T_q > T_{ə.m}$) maye qaynayır və çəkisi m_{bi} (kq) olan buxar əmələ gətirir.

$$m_{b.q} = \frac{C_{q.m}(T_m - T_q)}{L_q} m_m \quad (21)$$

harada L_q – bərk qızmış mayenin T_m – temperaturunda xüsusi qaynama istiliyidir, C/kq ; $C_{q.m}$ – həddindən artıq qızma temperaturunda T_q – mayenin xüsusi istilik tutumudur, $\text{C}/\text{kq.K}$; m_m – bərk qızmış mayenin çəkisidir, kq. $T_m < T_q$ temperaturlu dağılmış maye buxarlanaraq çəkisi $m_{b.b}$ olan buxardan ibarət ikinci buludu yaradır:

$$m_{b.ii} = W \cdot F_b \cdot \tau_b \quad (22)$$

harada W – mayenin buxarlanması intensivliyi, $\text{kq}/(\text{m}^2 \cdot \text{san})$; F_b – buxarlanması sahəsi, m^2 , altlığın sahəsinə, yaxud $0,05 \text{ m}$ qalınlıqda yayılmış mayenin tutduğu səthin sahəsinə bərabər götürülür; τ_b – yayılmış mayenin buxarlanması müddətidir, yaxud tam buxarlanması müddətinə bərabər və 3600 san vaxtla məhdudlaşan vaxt qəbul edilir:

$$\tau_b = \frac{mm}{W \cdot F_b} \quad (23)$$

Dağılmış mayenin buxarlanması intensivliyi W sorğu kitabçalarından, yaxud təcrübə vasitəsilə təyin edilir. Verilənlər olmadıqda qızmamış, tez alovlanan mayelər üçün aşağıdakı formuldan istifadə etməyə yol verilir:

$$W = 1 \cdot 10^{-6} P_d \sqrt{M} \quad (24)$$

harada P_d – doymuş buxarın təzyiqidir, kPa və aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$P_d = 101,3 \exp \left[\frac{L_q \cdot (MT_q^{-1} - T_{ə.m}^{-1})}{R} \right] \quad (25)$$

Ətraf mühitə yayılmış yanar qaz (çəkisi m_q , k_q) və ya tez alovlanan maye (çəkisi mp , kq) horizontal ölçüləri alovun yayılmasının aşağı qatılıq həddinə (C_{aqh}) uyğun xətlə məhdudlaşan partlayış təhlükəli bulud əmələ gətirir və onun radiusu aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$R_{aqh} = 14,5632 \left(\frac{m_q}{p_{q \cdot b} \cdot C_{aqh}} \right)^{1/3} \quad (26)$$

harada C_{aqh} – alovun yayılmasının aşağı qatılıq həddidir. Yayılmış yanar mayelərin buxarlarının binaya daxil olan miqdarı aşağıdakı düstur ilə hesablanır, harada buxarlanma sahəsi F , m^2 , tərkibi çəkicə 70 % və daha az miqdarda həllədicidən ibarət mayenin və ya qarışığın 1 litrinin $0,5 \text{ m}^2$ səthə, qalanının isə 1 m səthə yayılması şərtində hesablanır. Buxarlanma müddəti 3600 saniyədən çox olmamaqla, tam buxarlanma müddətinə bərabər götürülür. Bina daxilində yayılmış mayenin buxarlanma intensivliyi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$W = 1 \cdot 10^{-6} \eta \sqrt{\mu \cdot P_d} \quad (27)$$

harada η - buxarlanma səthi üzərində hava axınının temperaturu və sürətindən asılı olan əmsaldır; P_d – doymuş buxarin təzyiqidir.

Karbon, hidrogen, oksigen, xlor, brom və ftordan ibarət olan fərdi yanar maddələrin partlayışının təzyiqi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta P_f = \frac{100 (P_{max} - P_0) mZ}{V_{AH} \rho_q C_{STX} K_{q.a}}, \quad (28)$$

İstehsalat obyektində partlayış nəticələrinin operativ proqnozlaşdırılmasında hesablanması maksimal dağılma üçün aparmaq məqsədəyəkdir, yəni hesab edilir ki, otağın azad həcmi stexiometrik tərkibli qaz ilə tam tutulub. Bu şərtə uyğun olaraq aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$E = \frac{100 \cdot V_o \cdot p_{stx} \cdot Q_{stx}}{c}, \text{ kC} \quad (29)$$

harada $V_o = 0,8 V_o$ – otağın azad həcmidir, m^3 ; V_o – otağın həcmidir [2, 4, 5].

Nəticə. Binalarda baş verən yanınların ləğv edilməsi və məhdudlaşdırılmasının kompyuterlə modelləşdirilməsindən aşağıdakı nəticələrə nail olmaq mümkündür.

Fövqəladə hallar zamanı, onun nəticələrinin aradan qaldırılması, idarə olunması və müvafiq qərarların qəbul olunması xüsusilə qəza-xilasetmə, axtarış və yanğınsöndürmə əməliyyatlarında birbaşa iştirak edən qurumların birgə istifadəsi üçün xüsusi model işlənmişdir.

Sözügedən kompyuter modelləşdirilməsinin köməyi ilə fövqəladə halların nəticələrinin aradan qaldırılması zamanı xilasedicilər, növbətçi-dispetçerlər, əməliyyat rəhbərləri və əməliyyata nəzarət edən əməkdaşlar arasında informasiya mübadiləsini asanlaşdıracaq, xilasedicilərə və yanğınsöndürənlərə əməliyyat barədə daha dolğun məlumat verməyə imkan yaratır.

Eyni zamanda əməliyyatlara rəhbərlik edən şəxslərə xilasetmə, yanğınsöndürmə əməliyyatlarını daha effektiv planlama, istənilən yerdən əməliyyatlara rahat nəzarətetmə imkanları, həmçinin, təklif olunan düsturlar əsasında hadisə yerinə cəlb ediləcək texnika, canlı qüvvə və vasitələrin sayını müəyyənləşdirməyə zəmin yaradır.

Yanınlar baş verən zaman daxil olunan məlumat əsasında təklif olunan təxmini hesablamalar əsasında açıq su mənbələrindən istifadə, həcmə görə karbon qazı, toz tərkibli söndürmə,

nasos-şlanq sisteminin hesablanması, sərfiyyatın, eyni zamanda cəlb olunacaq qüvvə və texnikanı tez hesablamaq qabiliyyəti, qısa müddətdə proqnozun verilməsini təmin edir.

Təklif olunan düsturlar əsasında qaz-hava qarışığının, qaz-buxar-hava buludunun partlayışı nəticəsində baş verə biləcək hadisələrin proqnozlaşdırılması, söndürmə üzrə aktiv hərəkətlərin vaxtına xeyli yaxınlaşmağa imkan verir.

Bundan əlavə əhalinin köçürülməsi məqsədilə hadisə baş verən ərazidə olan abunəçilərə müvafiq mobil operatorlardan SMS vasitəsilə xəbərdarlığın göndəriləməsi təmin olunur.

REFERENCES

1. Tarakanov D.V., Varlamov E.S., Ilemenov M.V. Sistema modelirovania razvitiya i tusheniya pozharov v zdaniyah. Svidetelstvo ob oficialnoy registraci v Reestre programm dlya EVM № 2013612151 ot 15 fevralya 2013 g. (Federalnaya sluzhba po intellektualnoy sobstvennosti, patentam i tovarnym znakam).
Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В. Система моделирования развития и тушения пожаров в зданиях. Свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2013612151 от 15 февраля 2013 г. (Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам).
2. Əbdiyeva-Əliyeva G.Ə. Fövqəladə hallar zamanı Mərkəzi Komanda Sisteminin informasiya təminati // Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi Əsərlər. Cild 1, №3, 2016. S. 139-145
3. Ocaqov H.O. Fövqəladə halların monitoringi və proqnozu. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. Bakı: Təhsil, 2005. 236 s.
4. Əbdiyeva-Əliyeva G.Ə. Partlayışların proqnozlaşdırılması və risklərin qiymətləndirilməsi // Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi Əsərlər. 2017, Cild 1, №3, səh.
5. Əbdiyeva-Əliyeva G.Ə. Şəmkir hidrotxniki qoşağında gursuluğu aximinin nizamlanması // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, 2017, Cild. 9, №2, s. 106-115

УСТРАНЕНИЕ И ОГРАНИЧЕНИЕ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Г.А. АБДИЕВА-АЛИЕВА

Основной целью статьи является определение вероятности возникновения и развития пожаров на зданиях с помощью компьютерного моделирования.

Ключевые слова: пожар, визуализация, моделирование, прогнозирование, лавина.

ELIMINATION AND LIMITATION OF FIRE IN BUILDINGS USING THE COMPUTER MODELING

G.A. ABDIYEVA-ALIYEVA

The main purpose of this article is to determine in advance the probability of occurrence and development of accidents involving explosions by computer modeling.

Keywords: fire, visualization, modeling, forecasting, avalanche.

UOT 004.021.023

TƏKAMÜL HESABLAMALARA ƏSASLANAN ÜSULLARIN TƏDQİQİ

L.A. QARDAŞOVA*, N.İ. HƏSƏNLİ *

Tədqiq olunan üsullar hissə-hissə optimallaşdırma (particle swarm optimization, PSO) və genetik alqoritmlər(genetic algorithms, GA) təkamül optimallaşdırma üsullarına (evolutionary computing – EC) aid olub, elmi ədəbiyyatlarda optimallaşdırma üçün yaxşı üsul olduğu qeyd edilib. Hissə-hissə optimallaşdırma evristik üsul olmaqla canlıların(dəstənin) sosial-psixoloji davranışına əsaslanır. Hər iki üsul çoxistiqamətli axtarışa xidmət edir. Genetik alqoritmlərin çatışmayan cəhəti yiğilma problemi və ümumiyyətlə nəzəri konstruksiyanın olmaması ilə əlaqədardır. Məqalədə bu alqoritmlərin müqayisəli təhlilinə baxılır.Matlab mühitində kompüter simulyasiyası aparılmaqla PSO üsulunu üstünlüyü sübut olunmuşdur.

Açar sözlər: *bioloji dəstələrin intellekti, hissə-hissə optimallaşdırma, populyasiya, dəstə, genetik alqoritm, diferensial təkamül optimallaşdırma.*

Giriş. İstehsal proseslərinin idarəedilməsi çox sayıda texniki, təşkilati və iqtisadi xarakterli məsələlərin ən yaxşı həllini tələb edir. Bu tip məsələlər həll edilərkən iqtisadi-riyazi, ədədi üsullardan geniş istifadə olunur. Digər tərəfdən belə məsələlərin optimal həlli mürəkkəb məsələ olsa da, yeni metodologiyaların tətbiqi ilə optimallaşdırma üsulları ilə mümkündür [1,10,11,15].

Son zamanlar qeyri xətti, qabarlıq olmayan və qeyri hamar (diferensialana bilməyən) funksiyaların qlobal ekstremumlarının tapılması (qlobal optimallaşdırılması) üçün çoxsaylı evristik alqoritmlər təklif olunmuşdur. Bu alqoritmlər daha hibrid olub, optimallaşdırılan funksiyaların kəsilməz, diferensialana bilən olması və s. şərtini tələb etmir. Belə alqoritmlərə diferensial evolyusion optimallaşdırma (DEO-Differential evolution optimization), genetik alqoritmlər (GA-genetic algorithm), hissə-hissə optimallaşdırma (PSO-particle swarm optimization) - üsulu daxildir.

Optimallaşdırma üsulları elmi ədəbiyyatlarda imkan və optimal həllin təyini proseduruna görə müxtəlif adlar altında qruplaşdırılıb. Bu qruplaşmanın təxminən aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik: 1) Birölcülü optimallaşdırma üsulları (məsələn, Fibonaççı, Qızıl bölgü, Parabola üsulları və s.); 2) Birbaşa optimallaşdırma üsulları (məsələn, Şərtsiz optimallaşdırma və ya Rozenbrok üsulu, Qaus üsulu və s.); 3)Birinci tərtib optimallaşdırma üsulları (məsələn, Qoşma qradient üsulu, kvazinyuton üsullar, Levenberq-Markvard alqoritmi və s.); 4)İkinci tərtib üsullar(məsələn, Nyuton üsulu, Nyuron-Rafson üsulu və s.); 5) Xətti proqramlaşdırma üsulları (məsələn,Simpleks üsul, ellipsoidlər üsulu,

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Potensiallar üsulu və s.); 6) Qeyri-xətti programlaşdırma üsulları (məsələn, kvadratik programlaşdırma programlaşdırma üsulu və s.); 7) Stoxastik üsullar (məsələn, Monte-Karlo üsulu, Təkamül hesablama alqoritmləri, Diferensial təkamül hesablama alqoritmləri, hissə-hissə optimallaşdırma və ya dəstə hissələri (Particle Swarm Optimization) və s.). Bu işdə stoxastik optimallaşdırma üsullarına baxacağıq.

Təkamül hesablamaları optimallaşdırmanın, approksimasiyanın, verilənlərin emalı məsələlərində öz səmərəliliyini sübut etmişdir [14]. Təkamül hesablamaların üstünlüklerinə adaptivlik, öyrənmə qabiliyyəti, parallelilik, hibrid intellektual sistemlərin qurulması imkanı aiddir. Bu üsul təbii təkamül prosesinin bəzi formalizə edilmiş prinsipləri üzərində qurulub, lakin bu sahədə mübahisəli problemlər də mövcuddur. Təkamül hesablama üsullarının elmi ədəbiyyatlardakı şəhəri bir sıra fərqliklərlə səciyyələnir. Belə ki, bu fərqləri məqsəd funksiyası və alternativ həllərin təsvir formalarına, rekombinasiya, mutasiya operatorları və onların istifadə ehtimallarına, seçmə prosedurlarına aid etmək olar. Lakin alqoritmlərin ümumi sxemi demək olar ki, eynidir: Təkamül parametlərinin təyini;

İlkin populyasiyanın qiymətləndirilməsi; Populyasiyaya daxil olan həllərin qiymətləndirilməsi; Seleksiya; Replikasiya; Variasiya; Varis həllərin təyini, qiymətləndirilməsi; Yeni populyasiyanın təşkili və ən yaxşı göstəricinin müəyyən edilməsi. Təkamül hesablama alqoritmının güclü və zəif tərəflərini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

Güclü tərəflər: Hesablama effektivliyi; Qlobal optimallaşdırma; Geniş tətbiq sahəsi (planlaşdırma, proqnozlaşdırma, klasterləşdirmə [1,4]; Həllərin, ilkin populyasiyanın seçiminin, zəruri resurslar olana qədər evolyusiya prosesinin məqsədyönlü kodlaşdırılma imkanı; Böyük ölçülü həllərin mürəkkəb fəzəsində axtarışın mümkünluğu; Paralel çoxölçülü axtarış; Məqsəd funksiyasının tipinə (xətti, qeyri-xətti və s.) məhdudiyyətlərin olmaması; Təkamül hesablamaların Soft kompütingin digər qeyri-klassik paradigmaları ilə (məsələn, neyron şəbəkələr, qeyri-səlis məntiq, ehtimallı mühakimə, xaos nəzəriyyəsi və s.) sinercisinin mümkünluğu;

Çatışmazlıqlar: hesablama sürətinin aşağı olması; təkamül hesablamaların evristik xarakteri alınan həllin optimallığına zəmanət vermir; çoxsaylı hesablamalar; təkamül modelləşdirilməsinin son fazalarında nisbətən aşağı səmərəlilik; adaptasiya problemləri.

Aparılan təhlilə əsasən qeyd edə bilərik ki, təkamül hesablamalar aşağıdakı məsələlər üçün effektiv deyil: qlobal optimumun tapılması məsəlesi; müstəqil dəyişənlərdən asılı olan həll; bir dəyişənin digərini üstünləmə dərəcəsi mövcud olduqda həllin axtarışı; optimumun istisna olunması ilə məqsəd funksiyasının bütün nöqtələrdə qiymətlərinin nisbətən eyni olması.

Təkamül hesablama alqoritmləri aşağıdakı məsələlər üçün effektiv hesab edilə bilər: çoxölçülü optimallaşdırma məsələləri; stoxastik və dinamik məsələlər; kombinator optimallaşdırma məsələləri; proqnozlaşdırma; qərar qəbuletmə; klasterləşdirmə; obrazların tanınması məsələləri.

Tədqiqatın məqsədi. Məlumdur ki, bütün qərar qəbuletmə məsələlərinin əsas tərkib hissəsi olan qlobal ekstremumun axtarışı problemi aktula problemdir.. Bu mənada keyfiyyətli qərar qəbuletmə sisteminin qurulması qlobal optimallaşdırmanın effektiv üsulunun işlənməsini, mövcud üsulların müqayisəsini tələb edir. Belə üsullardan biri DEO (Diferensial evolution optimization) diferensial optimallaşdırma üsuludur [4].

Diferensial optimallaşdırma üsulu təkamül hesablama texnikasına əsaslanaraq qlobal ekstremumun tapılmasını təmin edir, məqsəd funksiyalarını ciddi məhdudiyyətlərdən azad edir və xüsusi evristik proseduralara görə ekstremumun tapılması sürəti yüksək olur, bu da qərar qəbul etmədə zəruridir.

Təkamül hesablama alqoritmləri hal-hazırda da analitiklərin diqqət mərkəzində olan yeni istiqamətlərdən biri olaraq qalır. Elmi ədəbiyyatlarda son onillikdə genetik alqoritmlər, təkamül strategiyaları, təkamül proqramlaşdırma və genetik proqramlaşdırma kimi təkamül alqortmlərindən istifadə olunur. Hal-hazırda yüksək effektli təkamül alqoritmlərinin işlənib hazırlanması üçün təkamül alqoritmlərinin hibridləşməsi nəzərə alınır. Partical Swarm Optimization(PSO) təkamül hesablama üsulu belə hibrid üsullara daxildir. PSO alqoritmini Russel Ebenhart (Electrical Engineer) və James Kennedy (Social Psychologist) ilk dəfə 1995-ci ildə (both U. Indiana, Purdue) hazırlamışlar. PSO populyasiyanın intellektuallığına və təkamül prosesinə əsaslanan bir alqoritmudur.

Hissə-hissə optimallaşdırma (Particle swarm optimization (PSO))populyasiyaya əsaslanan stoxastik optimallaşdırma üsulu olub, canlılar dəstəsinin intellektini təqlin edir. Bu üsulun əsas mahiyyətini, alqoritmini bioloji canlılar dəstəsinin(quşlar sınıfı, balıq növləri) sosial davranışının təlqin edilməsi təşkil edir. Bu üsul ədədi optimallaşdırma üsulu olub, optimallaşdırma funksiyasının dəqiq qradientinin olmasını tələb etmir.

Kenedi, Eberxart, Şı [2,3] tərəfindən sübut olunmuşdur ki, bu üsulda sosial davranış imitasiya olunur. PSO alqoritmi sadədir və optimallaşdırma xidmət edir. Kenedi, Eberxart [8]-də canlıların dəstə intellekti adlanan intellekt və PSO-nun fəlsəfi aspektləri haqqında ətraflı məlumat veriblər. [5]-də Poli tərəfindən aparılan PSO haqqında geniş tədqiqatların nəticələri şərh edilib. Qeyd edilir ki, bu üsul hissə adlandırılın mümkün həll populyasiyalarını dəstəkləməklə və bu hissələrin həllər müstəvisində sadə riyazi formuldan istifadə ilə yerini dəyişməklə məqsəd funksiyasını optimallaşdırır. Yerdəyişmə həllər müstəvisində tapılan ən yaxşı həllə tabelilik prinsipi üzrə aparılır və daha faydalı həll (hissə) tapılana qədər davam etdirilir.

Bu üsul (PSO) təkamül proqramlaşdırma (TP) və genetik alqoritm (GA) arasında aralıq mövqe tutur və onların imkanlarını qismən dəstəkləyir. Genetik alqoritm ilə müqayisədə PSO elə bir operatordan istifadə edir ki, o operator konkret istiqamətdə namizəd həllərin yerdəyişməsinin sürətini təyin etməyə imkan verir. Bu da onun daha cəld işləməsinə və global minimumu təyin etməyə xidmət edir. PSO-nun TP və GA əsas fərqi, calama(krossover) və mutasiya operatorunun olmamasıdır. Namizəd həllər (particle) özlərinin daxili sürəti ilə yenilənir və onların yaddaşının olması bu alqoritmləri daha da mükəmməl edir.

PSO və GA bəzi oxsar xüsusiyyətləri də var. Hər iki alqoritm təsadüfi yaradılan bir qrup populyasiya ilə başlayır, populyasiyanı qiymətləndirmək üçün məqsəd qiymətləri var, populyasiyanı yeniləyir və təsadüfi yolla optimumu axtarır. Hər iki alqoritm ayrı-ayrılıqda effektiv nəticə əldə etməyə imkan vermir. GA müqayisədə PSO-da informasiya mübadiləsi tamamilə fərqlidir. GA -da xromosomlar öz aralarında informasiyanı bölüşürələr. Belə ki, bütün populyasiya bir qrup kimi fəaliyyət göstərir. PSO-da isə Gbest-global informasiyanı digərlərinə ötürür. Burada bir növ informasiya ötürücüsü var. Populyasiya ancaq ən yaxşı həlli axtarır. GA müqayisədə, PSO-da bütün namizəd həllər, ən yaxşı həlləri hətta lokal versiyada da tez əhatə etməyə malikdir.

Təkamül alqoritmləri və PSO arasında iki əsas fərq vardır:

- 1) Təkamül alqoritmi 3 əsas mexanizm əsasında işləyir.

valideyinin nümayishi, fəndlərin seçilməsi və onların parametlərinin sazlanması. PSO isə 2 mexanizmə əsaslanır, belə ki, PSO açıq seçim fumksiyasını tətbiq etmir. Seçim funksiyasının olmaması burada axtarışın aparılması üçün liderlərlə kompensasiya olunur. PSO-da təkamül alqoritmlərində olan nəsil davamçıları anlayışı yoxdur.

2) Təkamül alqoritmaları və PSO arasında ikinci fərq fərdlərin hansı yolla manipulyasiya olunmasıdır. PSO elə bir operator istifadə edir ki, o namizəd həllin (particle) hansı istiqamətdə yerdəyişməsi üçün namizəd həllin sürətini təyin edir. Buna istiqamətlənmiş mutasiya operatoru kimi baxmaq olar, belə ki, istiqamət namizəd həllər personal best (Pbest-bir fərdin və ya namizəd həllin indiyə qədər olan ən yaxşı mövqeyi) və global best (fərdin və ya ümumi namizədin populyasiyanın indiyə qədər olan bütün üzvləri arasında ən yaxşı mövqeyi) göstəriciləri üzrə təyin oluna bilər. Əgər Pbest istiqaməti Gbest istiqaməti ilə eynidirsə onda potensial axtarış bucağı kiçik olacaq. Belə ki, geniş bucaq geniş axtarış sahəsini əhatə edir. Müqayisədə təkamül alqoritmi mutasiya operatorundan istifadə edir, bununla da namizəd həlləri istənilən istiqamətdə qura bilir.

PSO -canlıların etik davranışlarının genişlənməsi olub, optimallaşdırma üçün meta evristik strategiyaya əsaslanan populyasiyaya nəzarət edir.

Populyasiyanın intellekti aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır [12]:

1.Yaxınlıq ölçüsü: vaxt və fəza; 2.Müxtəliflik; 3.Dayanıqlıq; 4.Keyfiyyət; 5.Uyğunlaşma.

PSO effektivliyini ifadə edən bir çox üstünlükler var [13]:

1. Sadə və asan istifadə oluna bilməsi; 2) Az və çevik idarəetmə parametrlərinin tələb olunması; 3) Fərdlərin və qonşuluqda olan ən yaxşı fərdlərin saxlanması üçün effektiv yaddaş qabiliyyəti; 4) Məqsədlərə və parametrlərə qarşı həssaslığın az olması; 5) Populyasiyanın müxtəlifliyini saxlanılmasının effektivliyi; 6) Müxtəlif sahələrə tətbiqinin effektivliyi; 7) Az hesablama ilə yüksək keyfiyyətli sabit həllin əldə edilməsi.

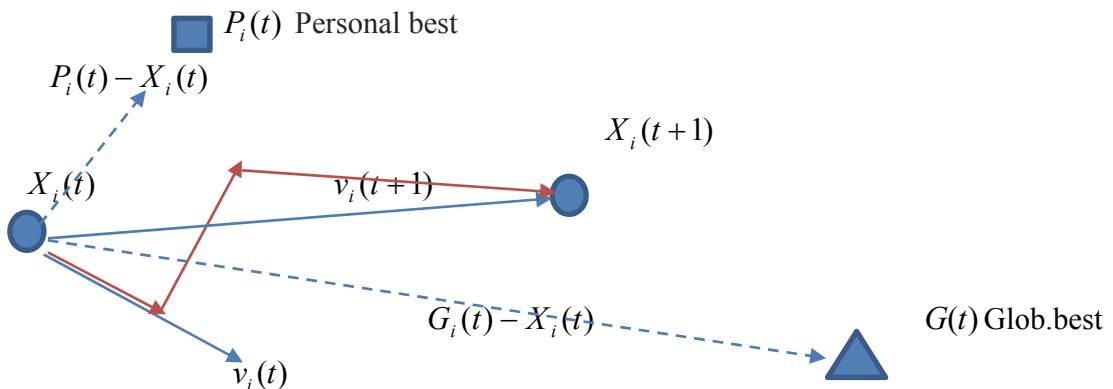
Bu alqoritmin iş prinsipini başa düşmək üçün sadə bir məsələyə baxaq.

Məsələnin qoyuluşu [2]. Hər hansı bir gölün bir başlangıcından (A) digər tərəfdən (B) qayığı yola çıxır(Şəkil 1.).Bu qayıqların məqsədi gölün ən dərin nöqtəsini təyin etməkdir. Qayıqlar hər dəfə hərəkət etdikcə aldığı nəticələri bölüşürər, hər iki qayıq hərəkət edərək dərinliyi ölçür, bu zaman (A) qayığı olan yer daha dərin olur, belə olan halda (B) qayığı A-ya tərəf hərəkət edir, bu dəfədə düşdüyü dərinlik (A)-nın dərinliyindən kiçik olur və yenidən (A)-ya tərəf bir az da hərəkət edir. Qayıqlar hər dəfə hərəkət etdikcə düşdükləri dərinlik nəticələrini bir-biri ilə bölüşürər və hər dəfə hansı daha dərindirsə, digər qayıq daha dərin olan qayığa tərəf hərəkət edir. Bu proses ən dərin nöqtənin tapılması və qayıqların eyni yerdə görüşünə qədər davam edir və sonda ən optimal nöqtə tapılır. Onu da qeyd edək ki, hər bir qayıq hər dəfə düşdüyü dərinliyi öz yaddaşında saxlayır ki, lokal minimuma düşmə ehtimalı olmasın.

Məsələnin həll üsulunun əsas ideyasını aydın ifadə etmək üçün aşağıdakı termin və işarələmələri nəzərdən keçirək. Alqoritmin əsas ideyası aşağıdakı kimidir. Əyanılık üçün bu alqoritmi quşun yem axtarması ilə müqayisə edək. Canlı olaraq quşlar, alqoritmdə isə bu namizəd həllər(particles) götürülür. Yem axtarmaq üçün ətraf mühiti axtarış edir, alqoritmdə bu hal funksiyanın yaxşı göstəricilərini tapmaq üçün obyekтив sahəni axtarış etməkdir. Quşlarda informasiya ötürmə akustik və optik vasitələrlə məlumatların dəyişdirilməsidirsə, alqoritmdə isə bu uyğun sahədə yerləşmə haqqında informasiyanın dəyişdirilməsidir. Aşağıdakı işarələmələrdən istifadə edəcəyik (Şəkil 1).

Particles (X_i) – populyasiyaya daxil olan fərdin və yaxud problemin mümkün olan həllinin mövqeyi, Velocities (v_i)-fərdin öz mövqeyini yaxşılaşdırmaq üçün dəyişməli olduğu istiqamət, Personal best (pbest) - bir fərdin (namizəd həllin) indiyə qədər olan ən yaxşı mövqeyi,

Global best (gbest) - (fərdin (ümumi namizədin) populyasiyanın indiyə qədər olan bütün üzvləri arasında ən yaxşı mövqeyi.



Şəkil 1. PSO algoritminin iş prosesi

$X_i(t)$ həllin cari vəziyyəti, $X_i(t)$ həllin irəli hərəkət edərək həllin yeni vəziyyəti $X_i(t+1)$ yerdəyişməsidir.

$X_i(t+1)$ vəziyyətini hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$X_i(t+1) = X_i(t) + v_i(t+1) \quad (1)$$

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1(P_i(t) - X_i(t)) + c_2(G_i(t) - X_i(t)) \quad (2)$$

Burada w -inersiya çökisi cari anda olan həllin sürətinə onun əvvəlki sürətinin təsir dərəcəsi, $P_{BEST} = P_i(t) - X_i(t)$ - ifadəsi həllin cari və əvvəlki vəziyyətinin fərqini ifadəsi, c_1 - dərk etməklə (koqnitiv) öyrətmə faktoru, $G_{BEST} = G_i(t) - X_i(t)$, Global best, populyasiyada olan bütün həllər arasında bir həllin ən yaxşı vəziyyəti ilə, əvvəlki vəziyyətinin fərqi ifadəsi, c_2 - etik(sosial) öyrətmə faktorunu ifadə edir.

Həll üsulunun alqoritmi aşağıdakı kimidir:

Birinci mərhələdə fərdlərin mövqeyinin və sürətlərinin təsadüfi qiymətləndirilməsi aparılır.

İkinci mərhələdə hər bir fərd üçün $F(x)$ faydalılıq funksiyasının qiyməti hesablanır. Əgər cari Lider Pbest-dən böyük olarsa, cari lider Pbest olaraq təyin edilir, əks halda əvvəlki Pbest saxlanılır.

Üçüncü mərhələdə yeni seçilən Pbest Gbest-lə müqayisə olunur, əgər Pbest böyük olarsa Pbest Gbest olaraq təyin olunur, əks halda əvvəlki gbest saxlanılır.

Dördüncü mərhələdə hər bir fərd üçün sürət (1) və vəziyyət (2) təyin olunur.

Beşinci mərhələ hesablama meyarı ödənilən hallarda yerinə yetirilir.

Altinci mərhələdə ödənilməyən meyara rastlaşdıqda proses dayanır.

Sonuncu mərhələdə Global minimum təyin olunur. Alqoritmin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. Təsadüfi seçilən fəndlə (particle) işə başlanılır. Hər bir hissəciyin vəziyyəti (position), sürəti (velocity) və bundan əvvəlki vəziyyəti haqda yaddaşı var. Fərd bir yerdən digər yerə hərəkət

etdikdə, bu zaman hesablanan məqsəd funksiyasının qiyməti bu hissəciyin indiyə kimi olan qiymətləri ilə müqayisə olunur. Əgər alınan göstərici əvvəlkindən yaxşıdırsa, onda Pbest olaraq bu göstərici seçilir, əks halda köhnə (yaddaşa olan) Pbest olaraq saxlanılır.

Təyin etdiyimiz Pbest göstəricisini bütün populyasiyanın ən yaxşı Gbest göstəricisi ilə müqayisə edirik. Əgər Pbest böyükdürsə onda bu göstərici Gbest olaraq təyin olunur. Hissəciyin sürəti və vəziyyəti yenilənir. Əgər bütün hissəciklər bu nöqtəyə gəlib çatıblarsa, o zaman optimal həll tapılır.

Bildiyimiz kimi fəndlər öz aralarında informasiyanı bölüşürər. Lakin bəzən elə olur ki, bu informasiya paylaşması bütün üzvlər ilə deyil, yalnız kiçik qonşuluqda yerləşən fəndlərlə paylaşılır. Bunlar arasında qonşuluq topologiyası yaranır. Populyasiya qonşulara bölünür, burada fəndlər ən yaxşı göstərici Lbest (lokal best) adlanır və öz qonşuları ilə bölüşürər. Bu qonşuluq topologiyası lokal minimuma düşmənin qarşısını alır , paralel axtarış aparır və eyni zamanda axtarış prosesinin sürətini azaldır. Burada bir neçə növ qonşuluq topologiyaları var.

Aşağıda PSO və genetik alqoritmə optimallaşdırmanın müqayisəsinə misal üzrə baxaq.

Məsələnin həlli. PSO işləmə prinsipinə sadə bir misalda baxaq və optimal minimumu tapaq[31].

$F(x)=x(x-8)$ funksiyasının minimumunu $t=0$ anından, $[-10, 10]$ aralığında, sürətləndirmə əmsalı $C1=C2=2$, inersiya çəkici $W=0.5$ ilə, Rand $[0, 1]$ (rand hər iterasiyada dəyişir) olan halda hesablayaq.

İlk önce təsadüfi olaraq $t=0$ anında hissəciklərin (particle) vəziyyət (position) və sürəti (velocity) aşağıda verilmişdir. Bu qiymərlərlə biz $f(x)$ funksiyasını hesablayırıq. Məqsədimiz optimal minimumu tapmaqdır. Burada birinci hissəcik $F(x)=-7$ bizə lazımlı olan optimal minimumdur. Bunu nəzərə alaraq digər namizədləri də $t=1$ zaman anında $Gbest=7$, $Lbest=x_1$ aşağıdakı düstura əsasən hesablayaq .

$$v(t+1) = wv(t) + c_1 \text{rand}(L_b - X(t)) + c_2 \text{rand}(G_b - X(t))$$

$$X(t+1) = X(t) + v(t+1)$$

Namizəd həll (Particle 1)

$$V1(1)= 1.5$$

$$X1(1)= 8.5$$

Yararlılıq: $f(x(1))= 4.25$ Namizəd həll (Particle 2)

$$V2(1)= 6.5$$

$$X2(1)= 4.5$$

Yararlılıq: $f(x(1))= -15.75$ Namizəd həll (Particle 3)

$$V3(1)= -0.8$$

$$X3(1)= 8.2$$

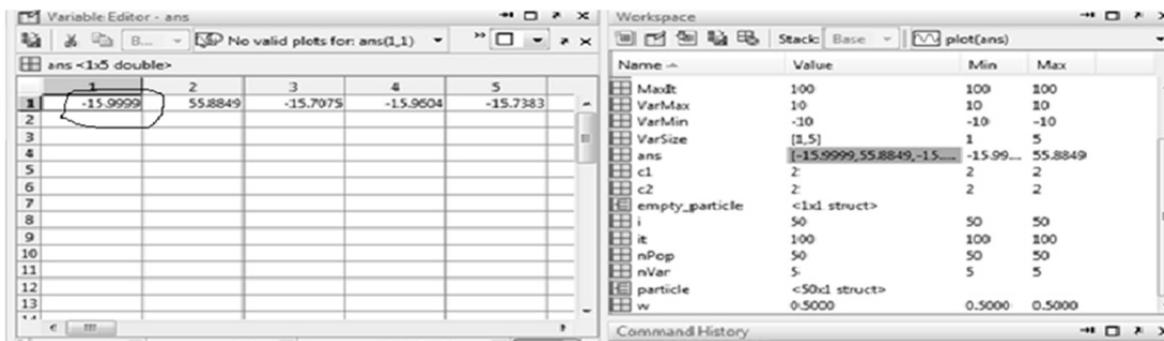
Yararlılıq: $f(x(1))= 1.64$ Namizəd həll (Particle 4)

$$V4(1)= 9.7$$

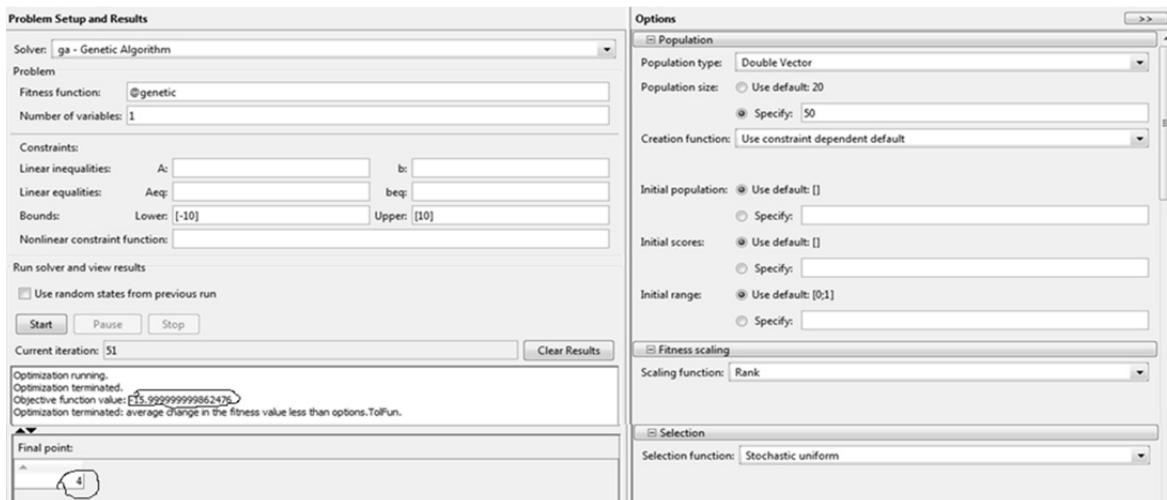
$$X4(1)= 3.7$$

Yararlılıq: $f(x(1))= -15.91$

Müqayisə üçün götürdüyümüz həll etdiyimiz misalda məqsəd funksiyası $F(x)=x(x-8)$, İnterval- $[-10, 10]$, populyasiyanın ölçüsü $\text{pop_size} = 50$, İterasiyaların sayı- 100, inersiya çəkici- $w = 0.5$, sürətləndirmə əmsalları $c1 = 2$ və $c2 = 2$ götürülmüşdür. Nəticələr şəkillər 2,3-də verilmişdir.



Şəkil 2. PSO ilə kompüter simulyasiyasının nəticəsi



Şəkil 3. GA ilə kompüter simulyasiyasının nəticəsi

Qeyd edək ki, PSO üçün parametrlərin qiymətləri həll olunacaq problemin qoyuluşundan asılıdır. Parametrlərin qiymətləndirilməsinə aid bir çox tədqiqatlar – Şı, Karlis və Dozer[6] Van den Berqa, Klerka və Kennedi[7], Trelea, Bratton və Blekvel, Eversə məxsusdur. Bu üsul daim təkmilləşdirilir və onun başqa alqoritmlərlə sinercilərinə [9]-da baxılır. Üsulan sürətinin artırılması ilə əlaqədar problemlər də araşdırılıb. Bu üsulan interval cəbrinə əsaslanan modifikasiyası üzrə də kompüter simulyasiyası aparılıb. İstər səlis, istərsə də interval tip qeyri-müəyyənliyi ifadə edən üsulla hesablamalar PSO üsulanun üstünlüyünü sübut edir. Sadəlik üçün yalnız səlis hesablamaların nəticələrini veririk.

Göründüyü kimi GA ilə hesablamadan nəticəsi Global Best. Position (Qlobal mövqe) = 4, Global Best. Cost (Qlobal qiymət) = -15.9999, PSO ilə isə Global Best. Position (Qlobal mövqe) = 3.4485, Global Best. Cost (Qlobal qiymət) = -15.9999.

Nəticə. Optimallaşdırma üsullarının müqayisəsindən görünür ki, PSO alqoritmində qlobal qiymətin əldə olunması mövqeyi GA ilə müqayisədə 14% kiçikdir, yəni bu göstərici üsulan effektivliyini sübut edir. Bu üsulan müxtəlif sahələrdə iqtisadiyyatda, tibbdə, texnikada, çevik istehsal sahələrində, robotlu idarəetmədə məsafənin təyinində, rəqəmli təsvirlərin emalında, neftçixarmada quyuların qazılma mövqeyinin təyinində tətbiqi daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan verər.

REFERENCES

1. Пашаев А.М., Джадарзаде Р.М., Искендеров И.А., Керимов С.М. Практический метод определения расстояния на основе анализа изображений // Вестник Азербайджанской инженерной академии. Баку. 2016. Т. 8. №1. С.7-18.
2. Shi, Y.H., Eberhart, R.C. A modified particle swarm optimizer. Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, 1998, pp.69-73.
3. Morgan Kaufmann. Swarm Intelligence. - 2001, 512 p.
4. Latafat A. Gardashova. Application of DEO method to solving fuzzy multiobjective optimal control problem. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2014, journal Vol. 2014, Article ID 971894, pp.1-7 , New York, USA.
5. Poli, R. Analysis of the publications on the applications of particle swarm optimisation. Journal of Artificial Evolution and Applications, 2008, pp.1-10.
6. F van den Bergh and A.P. Engelbrecht. A cooperative approach to Particle Swarm Optimization.IEEE Transactions on evolutionary computation.2004, Vol.8, No. 3, pp.225-239.
7. Trelea, I.C. «The Particle Swarm Optimization Algorithm: convergence analysis and parameter selection».Information Processing Letters 85, 2003, pp. 317-325.
8. Poli, R. An analysis of publications on particle swarm optimisation applications. Technical Report CSM-469(Department of Computer Science, University of Essex, UK). (2007).
9. Taher Niknam, Babak Amiri. An efficient hybrid approach based on PSO, ACO and k-means for cluster analysis. Applied Soft Computing 10 (1), 2010, pp.183-197.
10. Aliev R.A., Aliev R.R. Soft Computing and its Application. World Scientific, New Jersey, London, Singapore, Hong Kong, 2001, 444 p.
11. <http://mnemstudio.org/particle-swarm-introduction.htm>
12. Qardaşova L.A., Məmmədova N.İ. Çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsində optimal həllin təyini .Ali texniki məktəblərin xəbərləri.Cild 17 №6 (100),2015,sah 63-69.
13. Pedersen, M.E.H., Chipperfield, A.J. Simplifying particle swarm optimization. Applied Soft Computing 10, 2010, p. 618-628.
14. Мамедова Н.И. Анализ существующих методов принятия решений в условиях неопределенности. Тези доповідей IV міжнародної НПК Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії. С.274.
15. Zhan, Z-H. and Zhang, J. and Li, Y. and Chung, H-S-H. Adaptive Particle Swarm Optimization. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 39 (6),2009,pp. 1362-1381

АНАЛИЗ МЕТОДОВ, ОСНОВАННЫХ НА ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Л.А. ГАРДАШОВА, Н.И. ГАСАНЛЫ

Рассматриваются два популярных разработанных подхода – генетические алгоритмы и метод роя частиц, используемые в задачах оптимизации. Метод роя частиц является эвристическим методом поиска, в основу метода положена социально-психологическая поведенческая модель толпы. У МРЧ та же эффективность, что и при ГА, но со значительно лучшей вычислительной эффективностью (меньше оценок функции).

Ключевые слова: *ройовой интеллект, оптимизация роя частиц, популяция, генетический алгоритм, алгоритм оптимизации дифференциальной эволюции*

ANALYSIS OF METHODS BASED ON EVOLUTIONARY COMPUTING

L.A. GARDASHOVA, N.I. HASANLI

Two of the popular developed approaches are Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization, both of which are used in optimization problems. Particle Swarm Optimization (PSO) is a relatively recent heuristic search method, whose mechanics are inspired by the swarming or collaborative behavior of biological populations. PSO is similar to the Genetic Algorithm (GA) in the sense that these two evolutionary heuristics are population-based search methods. PSO has the same effectiveness (finding the true global optimal solution) as the GA, but with significantly better computational efficiency (less function evaluations).

Keywords: *Swarm intelligent, particle swarm optimization, swarm, particles, genetic algorithm, differential evolution optimization.*

UOT 121.315.2

GÜC KABEL XƏTLƏRİNİN DİGƏR YERALTı AVADANLIQLARLA MÜHAFİZƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İ.Ə. HÜSEYNOVA*

Digər elektrik avadanlıqlarından fərqli olaraq, böyük məsafədə və daha çox zədələnməyə məruz qalan, elektrik ötürüçü güc kabel xətlərinin xüsusiyyətləri məqalədə analiz edilir. Xüsusiylə yeraltı kabel xətlərinin mühafizəsinin əhəmiyyəti və onların müxtəlif zədələnmələrə uğraması (yağıntı, yeraltı və axar sular, torpağın korroziyası, izolyasiyalarının çirkəlməsi və s.) məsələlər xüsusiylə əhatə edilmişdir. Müxtəlif növ mühafizə texnologiyalarından daha münasib olan katod mühafizəsinə baxılır. Verilənlərə əsasən 110 kV kabel xətlərinin torpağa birləşdirilməsini həyata keçirmək məsləhət görülür.

Açar sözlər: elektrik avadanlıqları; güc kabel xətləri; katod mühafizəsi; torpağa birləşdirilmə.

Giriş. Elektrik stansiyalarının paylayıcı qurğularının, yarımsənəti avadanlıqlarının və elektrik yeraltı xətlərinin (EVX) dayaqlarının torpaqlayıcı qurğuları üçün torpaq korroziyası öncə torpağın aqresivlik dərəcəsindən asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, azmiş cərəyanların bu prosesə təsiri çox az olduğundan ümumilikdə ondan mühafizə üsulu istifadə olunmur, olunsa da ümumi qəbul olunmuş qaydalar əsasında yerinə yetirilir. Torpağın korroziya aktivliyi onun xüsusi müqavimətindən asılıdır. İstismar qaydalarına görə belə qəbul olunub ki, korroziyadan mühafizə tədbirləri torpağın xüsusi müqavimətlərinin qiyməti $20\div40$ Om.m arasında olanda başqa sözlə nisbətən çox yaxşı keçiriciliyə malik olan torpaqlarda həyata keçirilir. Elektrik avadanlıqlarının istismar qaydalarına əsasən torpaqlayıcı qurğuların korroziyadan mühafizəsinin mümkün tətbiq qaydalarına əsasən torpaqlayıcı qurğuların korroziyadan mühafizəsinin mümkün tətbiq qaydalarından istifadə etməklə torpaqlayıcıların işəmə müddətini artırmaq mümkündür. Məsələn torpaqlayıcının en kəsiyinin sahəsini artırmaqla, osinkovalanmış poladdan istifadə etməklə və beton özüllərdən istifadə olunması vasitəsilə həyata keçirmək mümkündür [1-6].

Normativ sənədlərdə həmçinin bu məsələnin tam həllinə ümumilikdə aydınlıq gətirə bilmir. Buna əsasən həmin mühafizə üsullarına ayrılıqda baxmağa üstünlük verdik. Bu məsələnin həlli ilə məşğul olan mütəxəssislər aktiv mühafizə üsullarından, məsələn katod mühafizə üsulundan istifadə etməklə torpaq korroziyasında mühafizə üçün, paylayıcı qurğuların, hava xətlərinin dayaqlarını korroziyadan mühafizəsindən istifadə olunmasını təklif edirlər.

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Təqdim olunmuş məqalənin məqsədi güc kabel xətlərinin digər yeraltı avadanlıqlarla mühafizəsinin xüsusiyyətlərinin analizi əsasən 110 kV kabel xətləri üçün mühafizə növünü seçib əsaslandırmaqdan ibarətdir.

Metodologiya. Katod mühafizə üsulu əsasən bahalı və məsul metallik elementlərin korroziyadan mühafizəsində istifadə olunur. Məsələn müxtəlif mürəkkəb texnoloji proseslərdə istifadə olunan xüsusi yerdən hidroezolyasiyalı su su borularında, kabel xətlərində, su çənlərində, və i. a başqa qurğularda korroziyadan qorunmaq üçün istifadə olunur. Bundan fərqli olaraq hidroizolyasiyası olmaya və böyük sahəni əhatə edən şaxələnmiş torpaqlayıcıların mühafizəsi nisbətən çox böyük enerji tələb edir, bu şərtə görə katod mühafizəsinin məqsədə uyğunluğu təyin olunmalıdır.

Paylayıcı qurğuların torpaqlayıcılarının katod mühafizəsi hələ ki əsaslandırılmayıb, belə ki, keçiriciliyi böyük olan torpaqda torpaqlayıcıların müqaviməti norma həddində olması üçün ümumilikdə şaquli istiqamətə torpağa vurulmuş 5-10 elekrod vasitəsilə yerinə yetirilə bilər. Ancaq bu nöqtədə həm ildirim ötürənlərin və həm də boşaldıcıların cubuqlarda torpaqlayıcıların da birləşməlidir. Şaquli yerə vurulmuş polad cubuqlarda potensialın bərabər paylanması təmin etmək üçün xüsusi polad setkalarından istifadə edilir. Həmin cubuqlar tam korroziyaya məruz qalsa belə onun normal işinə mənfi təsir etmir. Belə setkaların katod mühafizəsinin, təbii torpaqlama müqavimətini də nəzərə almaqla bütün torpaqlayıcıların tam müqavimətinə bərabər olan anod torpaqlayıcılarının yaradılmasını tələb edir. Ele bu məqsəd onun üçündür ki, həmin torpaqlamaları poladdan düzəldəndə katod cərəyanlarının anod torpaqlayıcılarına axını zamanı korroziya norma həddində olsun. Əgər anod torpaqlayıcıları xüsusi materialdan qrafitdən hazırlanıbsa onun dəyəri katod mühafizəsinə sərf olunan enerjinin dəyərindən çox olacaq. Bu deyiləndən belə çıxır ki, ən əsas məsələ torpaqlayıcı qurğuların dəyəri, korroziyadan mühafizənin dəyərindən çox olacaq. Odur ki, korroziyadan mühafizənin ən səmərəli üsulu passiv üsullardır. Ən düzgün üsul poladdan prufilinin və en kəsiyinin seçilməsi, verilmiş müddətə görə seçilməsidir. Dayaqların fundamentinin korroziyadan mühafizəsi üçün xüsusi tədqiqatlara əsaslanmış eyni cinsli torpağın səpilməsi və metal elementlərinin minimal uzunluğu və. s olmalıdır. Bu tədbirlər praktiki olaraq dayaqların torpaqlanması üçün fundamentin təbii keçiriciliyini nəzərə alınmasını tamamilə inkar edir. Belə ki, dayaqlar üçün torpaqlama dairəvi diametri korroziyanın sürətini nəzərə almaqla 20-30 ilə hesablanmış torpaqlayıcılardan istifadə edilməsi təklif olunur. İstismar qaydaları imkan verir ki, təbii torpaqlayıcı üçün elektrik keçiriciliyi olan betonlar (betel) istifadə edilsin. Bu materialdan əsasən böyük həcmi müqavimətə malik olan torpaqlarda şuntlayıcı rezistorlar kimi istifadə etmək üçün şuntlayıcı rezistorlar kimi hava açıclarını açıçılıq qabiliyyətini artırmaq üçün generatorların ətalətini söndürmək üçün yük müqavimətləri ballast müqavimət kimi istifadə olunur.

Ancaq bu material hazırlayanlar onun tətbiq sahəsini artırmaq üçün torpaqlayıcı qurğularda da istifadə etmək istəyirlər. Bunun üçün iki əsas istiqamətdə torpaqlayıcı qurğularда əsas element kimi (elektrodlar, birləşdirici müstəvilər və. s) başqa funksiyalar daşıımırsa hətta dəmir-beton məmulatları kimi istifadə oluna bilər [3].

Birinci halda betilin tətbiqi sadəcə olaraq torpaqlayıcı qurğularda polad materiallarının onların elektriki xüsusiyyətlərini pozmadan torpaq korroziyadan qorumaqdır.

Tədqiqatlar göstərir ki, poladdan hazırlanmış və diametri lazımi işləmə müddətinə hesablanmış torpaqlayıcı qurğulara nisbətən bu üsulun iqtisadi effektivliyinin olmamasıdır. Belə ki, betel müqavimətinin hazırlanmasının mürəkkəbliyi, onların ölçülərinin məhdudiyyətliyi, öz aralarında

bir birləşmə texnologiyasının olmaması bu üsulun adı torpaqlayıcı qurğulardan baha olmasına səbəb olur.

İkinci halda betelin tətbiqi imkan verir ki, dəmir-beton konstruksiyaların təbii keçiriciliyindən istifadə etməklə onları xüsusi korreziya xüsusiyyətlə torpaqlarda istifadə edilməsini təmin edir.

Bəzi hallarda betel torpaqlayıcıları hava xəttlərinin fundamentlərinin və ya dayaqlarını istismar qaydalarına əsasən karreziyadan mühafizə olunan hissələrində istifadə olunur, ancaq bu hallarda bir çox texnoloji problemləri həll etmək lazımdır. Məsələn nəmliyin hopmasına qarşı dözumlu olan və öz aralarında birləşmiş beton armaturlardan və betel elementlərindən istifadə etmək lazımdır.

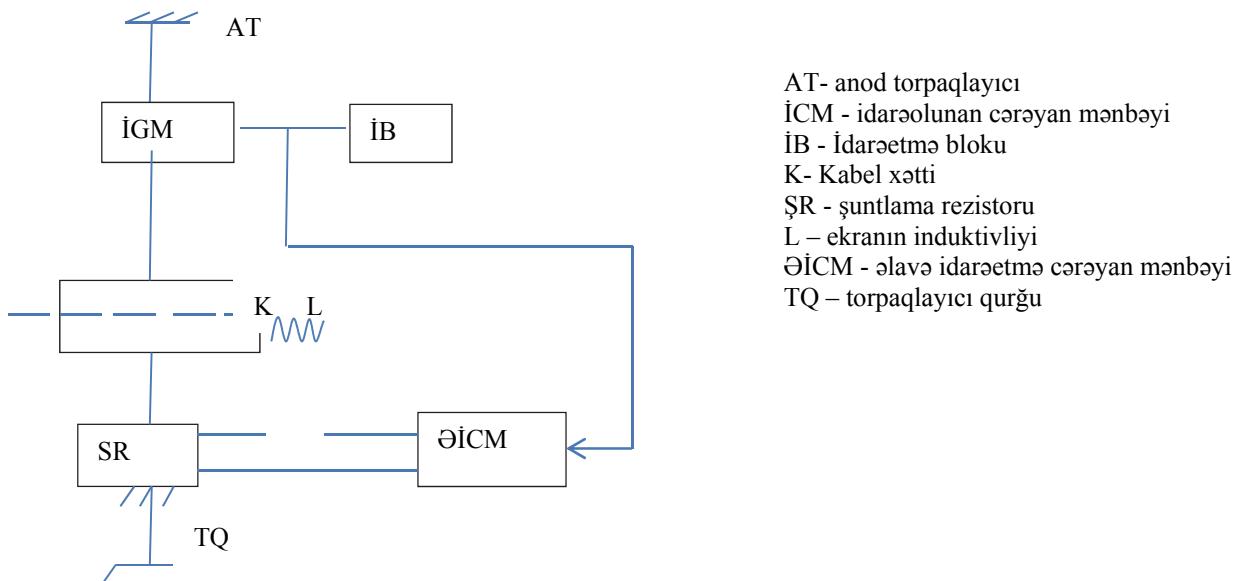
Torpaqlayıcı qurğuların yer altında olan hissəsində osçinkovlanmış poladdan istifadə edilməsi bir çox tədqiqatlarda məqsədyönlü olmamasını göstərmüşdür. Bunu onunla əlaqələndirirlər ki, qalvanik əlaqə səbəbindən mühafizə olunmayan polad sahələr, sinklə mühafizə olunan armaturların korroziyaya uğraması cəhətdən çox şiddətli gedir. Elə bu səbəbdən də yer altında olan torpaqlayıcılarda sink yoxdursa onları xüsusi qaynaq aparatları vasitəsilə birləşdirmək lazımdır.

Elektrik stansiyalarının və nəhəng yarımtansiyaların yerləşdiyi sahələrdə yeraltı energetik qurğularının, yeraltı istilik ötürən boruların neft və qaz borularının, su borularının, dəmir-beton fundamentlərinin torpaqlayıcı qurğularının korroziyadan mühafizəsi praktiki olaraq birgə mühafizə olunmalıdır. Bütün yeraltı texnoloji qurğular baxmayaraq ki, onlar hidrolizasiya ilə təmin olunub və ya digər üsullar ilə onlar öz aralarında həm də torpaqlayıcı qurğular arasında elektriki əlaqə var. Belə ki, elektrik mühərriklərinin intiqalları, güc kabel xəttlərinin və nəzarət kabel xəttlərinin elektronları arasında elektriki əlaqə var. Belə birgə mühafizənin mürəkkəbliyi hər şeydən əvvəl mühafizədə iştirak edən müxtəlif elementlərin olmasıdır, çünki hər bir element üçün müxtəlif mühafizənin tələb etməsidir (kabellər üçün bron və aliminium və qurğunun örtükləri, turboborular üçün isə müxtəlif materiallar). Ancaq stansiyadan və yarımtansiyadan çıxan yüksək gərginlik kabel xətləri, turboboruların elektriki izolyasiyası bəzi hallarda ərazinin çıxışında izolədici sonluqlar qoyulmalıdır. Ən çox praktiki maraq yağ ilə doldurulmuş yüksək və alçaq təzyiqli 110kv-luq və yüksək gərginlikli kabel xətləridir, hansıları üçün bütün trassa boyunca katod mühafizəsi tələb olunur.

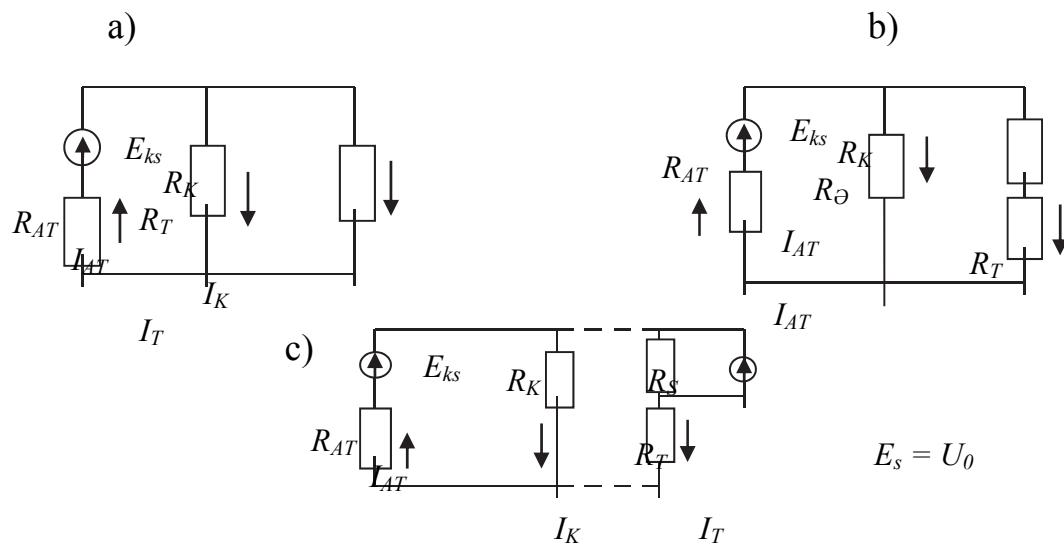
Stansiyaların və yarımtansiyaların paylayıcı quruluşuna daxil kabel xətlərini üst örtüyünün mühafizəyə ehtiyacı varsa onu hökmən torpaqlayıcı qurğuya istismar təhlükəsizlik nöqtəyinə nəzərdən birləşdirməlidir. Hərçənd ki, torpaqlayıcının özünün mühafizəyə ehtiyacı olmasa belə onlar kabelin mühafizə zonasına düşürlər, çünki həmin qurğular katod mühafizə stansiyasından çoxlu azmiş cərəyanlar sovururlar. Belə ki, paylayıcı qurğunun öz müqaviməti kabelin ümumi sızma cərayanının müqavimətindən azdır. Əksinə təhlükəsizlik nöqtəyi nəzərdən katod mühafizəsinin effektivliyini artırmaq üçün mühafizə olunan kabel ilə torpaqlayıcı qurğu arasında müqaviməti artırmaq məsələni çətinləşdirir və hələ ki, koordinal həlli yoxdur.

Bu problemin həlli üçün ətraflı məlumat [2-4, 7-9]-da verilib, burada həll olunan məsələnin məğzi kabelin örtüyü ilə torpaqlayıcı qurğu arasında qarşılıqlı paralel qoşulmuş diod ventillərindən ibarətdir. Ancaq bu şərti nəzərə almaq lazımdır ki, proses zamanı kabelin örtüyündə mühafizə potensialı diodun işləmə potensialından çox olmasın. Güc kabel xəttinin katod mühafizəsini sxemi şəkil 1-də verilmişdir.

AT- anod torpaqlayıcısı; İGM- idarə olunan cərəyan mənbəyi; İB-idarəetmə bloku; K-kabel xətti; ŞR-şuntlama rezistoru; L-ekranın induktivliyi; ƏİCM-əlavə idarəetmə cərəyan mənbəyi; TQ-torpaqlayıcı qurğu.



Şəkil 1. Güç kabel xəttinin katod mühafizə qurğusunun birləşmə sxemi.



Şəkil 2. Katod mühafizəsinin uyğun elektriği sxemi:

a) ilkin sxem; b) əlavə müqavimət nəzərə almaqla hesabat sxemi (R_s - şuntun müqaviməti); c) hesabat sxemi

Burada R_{at} - anod torpaqlamanın müqaviməti; $E_{k.s}$ - katod stansiyasının E.H.Q; I_k - kabelin mühafizə cərəyani; R_{at} - təyin etmək üçün qəbul edək ki,

$$R_{at} = 0,5 \frac{E_{k.s}}{I_{at}}$$

Burada I_{at} - anod torpaqlanmasının cərəyani.

Baxılan sxemlər üçün sərf olunan güc:

$$S_a = 2U_0^2 \cdot \frac{R_t + R_k}{R_t \cdot R_k} = 2S_k \cdot \left(1 + \frac{R_k}{R_t}\right)$$

$$S_b = 2U_0^2 \cdot \frac{R_t + R_k \cdot R_s}{R_k(R_t + R_s)} = 2S_k \cdot \left(1 + \frac{R_k}{R_t + R_s}\right)$$

$$S_v = 2U_0^2 \cdot \frac{2R_r + R_k}{2R_k \cdot R_s} = 2S_k \cdot \left(1 + \frac{R_k}{R_s}\right)$$

Burada R_t – torpaqlanma qurğusunun müqaviməti; R_k – kabelin müqaviməti; R_r - rezistorun müqaviməti (2-ci şəklə bax).

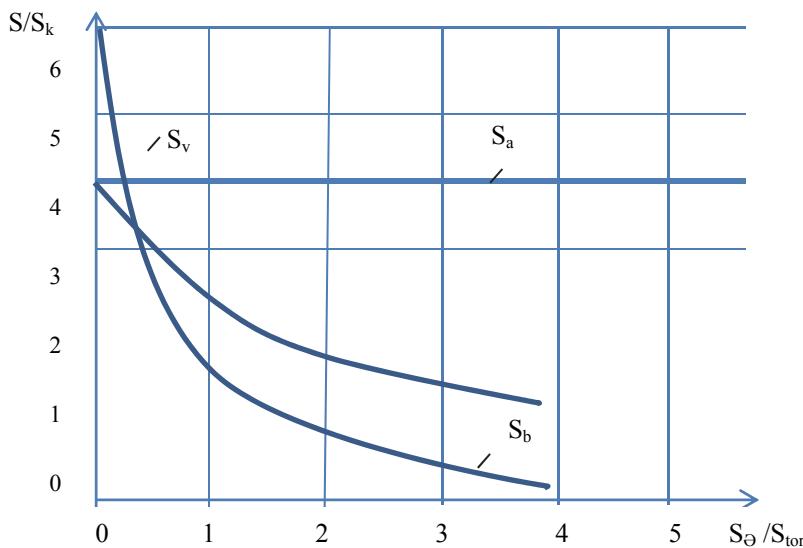
$$S_k = \frac{U_0^2}{R_k}$$

Sərf olunan güc mühafizə potensialı- U_0^2 altında olan sxemin keçiriciliyinə mütənasib olacaq.

R_k - kabelin giriş müqavimətidir, bu müqavimət kabelin torpaqlanmayan sonluğa girən yerdən hesablanır. Bu nöqtədə potensial - U_0^2 özi də kabelin mühafizə dərəcəsini təmin edən potensialdır.

Şəkil 1-də göstərilən kabel xəttinin mühafizə sxeması 110 kv-luq və yüksək gərginlikli kabel xətlərində istismar nöqtəyi-nəzərdən çox sərfəlidir.

Əlavə rezistor şunu üçün ($R_k = R_t$ olduqda) əlavə müqavimətin qiymətindən asılı olaraq sərf olunan gücün asılılıq qrafiki şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. Əlavə müqavimətin qiymətindən asılı olaraq sərf olunan gücün asılılıq

Şəkil 3-dən göründüyü kimi torpaqlayıcı qurğunun müqaviməti mühafizə olunan obyektin müqavimətindən nəzərə çarpacaq dərəcədə az olanda kabelin katod mühafizəsinin energetik effektini artırmaq üçün kabelin ekranını torpaqlayıcı qurğunun müqavimətini enerji tələb etməyən passiv element vasitəsi ilə birləşdirilməlidir.

Nəticələr. Çox aktiv aqressiv torpaq zonasında katod korroziyasından mühafizə üçün passiv mühafizə üsullarından istifadə etmək lazımdır. Aktiv katod mühafizəsindən təzə layihə olunan hava xətlərinin torpaqlayıcı qurğularında yarımsənsiyyət torpaqlayıcılarında istifadə etmək məqsədönlü deyil. Praktiki cəhətdən 110 Kv-luq və daha yüksək gərginlikli yağıla doldurulmuş kabel xətlərində üst örtüyünün mühafizəyə ehtiyacı olarsa onu hökmən torpaqlayıcıya qoşmaq lazımdır.

REFERENCES

1. Tehnika vysokih napryazheniy: teoreticheskie i prakticheskie osnovy primeneniya: Per s nem. / M. Beyer, i dr. M.: Energoatomizdat. 1989. 555 s.
Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения: Пер с нем. / М. Бейер, и др. М.: Энергоатомиздат. 1989. 555 с.
2. Tehnika vysokih napryazheniy: izolyaciya i perenapryazheniya v elektricheskikh sistemah. Pod obshh red. V.P. Larionova. M.: Energoatomizdat. 1986. 464 s.
Техника высоких напряжений: изоляция и перенапряжения в электрических системах. Под общ ред. В.П. Ларionova. М.: Энергоатомиздат. 1986. 464 с.
3. Tehnika vysokih napryazheniy: Uchebnoe posobie dlya vuzov. Pod red. GS. Kuchinskogo. SPb: Izd. PEIPK. 1998. 700 s.
Техника высоких напряжений: Учебное пособие для вузов. Под ред. ГС. Кучинского. СПб: Изд. ПЭИПК. 1998. 700 с.
4. <http://multimedia.3m.com/mws/media/883609O/service-dynatel-image.pdf>
5. Huseynova İ.A. Peculiar properties of the joint cathodic protection cables with underground pipelines // American Scientific Journal № 6 (6) / 2016. S.54-56.
6. Balametov Ə.B. Azərbaycan elektroenergetika sisteminin elektrik şəbəkələrinin istismarının effektivliyin yüksədilimi yolları // Azərbaycan mühəndislik akademiyasının xəbərləri. 2016. №2. S.81-91.
7. Karyakin R.N. Osnovnoe pravilo ustroystva elektrostanovok // Promyshlennaya energetika. 2000. №11. S. 312-318
Карякин Р.Н. Основное правило устройства электроустановок // Промышленная энергетика. 2000. №11. С. 312-318
8. Karyakin R.N. Elektrobezopasnoet zazemlayshego ustroystva // Elektrichestvo. 2000. № 12. S.49-52.
Карякин Р.Н. Электробезопасность заземляющего устройства // Электричество. 2000. № 12. С.49-52.
9. Yusifbəyli Q.İ., Quliyev H.B., Qasimov R.A. Paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv güc axınlarının qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi əsasında idarə olunma effektivliyinin artırılması // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri. 2016. №8. S.96-105.

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ И ПОДЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

И.А. ГУСЕЙНОВА

Проанализированы особенности силовых кабельных линий электропередач, которые имеют значительную протяженность и подвергаются повреждениям больше, чем другие типы электрического оборудования. Особо отмечена важность защитных мероприятий в отношении подземных кабельных линий, которые подвергаются различным типам повреждений (осадки, подземные и сточные воды, коррозионная активность почв, коррозия оболочек, загрязнение изоляторов и т.п.). Рассмотрены различные типы защитных технологий, среди которых наиболее предпочтительной является катодная. Согласно приведенным данным рекомендуется проводить обязательное заземление 110 кВ-ных кабельных линий.

Ключевые слова: электрическое оборудование, силовые кабельные линии, катодная защита, заземление.

PECULIARITIES OF PROTECTION OF POWER CABLE LINES AND LATE EQUIPMENT

I.A. HUSEYNOVA

Features of power cable power lines that are of considerable length and are damaged more than other types of electrical equipment are analyzed. The importance of protective measures for underground cable lines, which are subjected to various types of damage (sediments, underground and waste water, corrosion activity of soils, corrosion of shells, contamination of insulators, etc.) is especially noted. Various types of protective technologies are considered, among which the cathode is the most preferable. According to the data given, it is recommended to conduct mandatory earthing of 110 kV cable lines.

Keywords: electrical equipment; Power cable lines; Cathodic protection; Grounding.

ББК 65.9 (2) 37

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА УРОВЕНЬ УСЛУГ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК

А.А. ГАСЫМОВ*

Рассмотрена проблема внедрения и развития системы менеджмента качества в грузовых авиакомпаниях. На основе требований Международного Стандарта ISO 9001:2015 сформулированы основные задачи авиаперевозчиков при внедрении в практическую деятельность принципов менеджмента и критерии качества мирового уровня.

Ключевые слова: грузовые авиаперевозки, система менеджмента качества, услуги, стандарты, эффективность управления, процессный подход.

Введение. На сегодняшний день одним из основных видов деятельности авиакомпаний являются грузовые авиаперевозки. Учитывая тенденцию развития международной авиации и динамику экономической ситуации во всем мире, приоритетом основных задач компаний (осуществляющих грузовые авиаперевозки) определяются, прежде всего, высоким уровнем удовлетворённости заказчиков и сохранением уровня статуса самой авиакомпании на международном рынке. Не маловажным фактором является и то, что основной спецификой данной отрасли является процесс организации и осуществления полётов на безопасном уровне.

Сегодня, в условиях жесткой рыночной конкуренции, решающим фактором для долгосрочного процветания компаний становятся прочные доверительные отношения с клиентами. Качественное обслуживание клиентов - не только одно из конкурентных преимуществ, во многих сферах деятельности это стало единственным конкурентным преимуществом. Качество обслуживания - новый стандарт, по которому клиенты судят о качестве продукта либо сервиса.

Постановка задачи. Потребителям услуг грузовых авиаперевозок всегда необходим высокий уровень определённых характеристик, которые удовлетворяли бы их потребности. Сегодня, когда тенденция развития востребованных интересов и ожиданий потребителей постоянно растёт и изменяется, авиакомпании сталкиваются с рядом проблем в сфере конкурентоспособности и прогрессом развития самих компаний. Именно с этой целью, авиакомпании должны развивать и совершенствовать рабочие процессы и сферы услуг, которые значительно могут повлиять на повышение уровня удовлетворённости и механизм усовершенствования системы менеджмента.

* Национальная Академия Авиации Азербайджана

Использование процессного подхода. Общепризнано, что основным направлением усовершенствования соответствующих систем авиапредприятий на всех этапах её деятельности является разработка и внедрение Системы Управления на качественном уровне или же, как принято её называть «Системы Менеджмента Качества» (далее СМК). Указанная система должна соответствовать требованиям норм Международного Стандарта ISO серии 9000. Основные тезисы процессов управления и регламенты в области менеджмента международных норм авиационного регулирования ссылаются на требования стандарта ISO-9001. В данном Стандарте за основу взят процессный подход, который включает в себя цикл «Планируй (Plan) – Выполняй (Do) – Проверяй (Check) – Улучшай (Act)» (PDCA - Deming Cycle) и риск-ориентированное мышление.

Современный рынок международных грузовых авиаперевозок вынуждает авиаперевозчиков создавать новые механизмы по поддержанию и развитию качества оказываемых услуг, реализуемые в рамках системы менеджмента качества. В свою очередь, данные механизмы зарождают в потребителях уверенность в том, что обязательства, заявленные со стороны авиаперевозчика, будут выполнены на качественном и безопасном уровне.

С годами представление о “качестве” и уровне его значения неоднократно менялось. Если ранее предполагалось, что соответствие рабочих процессов предписанным стандартам – является качеством, то по мере развития рынка авиаперевозок и развития сфер маркетинга стало очевидным, что такого понимания “качества” не достаточно. Стало очевидно, что предвосхищение потребностей потребителя – является лучшим качеством оказываемых услуг и эффективным средством маркетинга.

Начиная с 1994 (далее в 2000, 2008) и в результате - в 2015 году Международной Организацией по стандартизации ISO были сформулированы конкретные термины по качеству и определены новые требования для всех отраслей бизнеса и промышленности. Основной фокус был так же направлен на определение требований в части управления рисками.

Неоспоримым выгодным и эффективно-результативным фактором для авиакомпании, внедрившей в свою деятельность Систему Менеджмента Качества, в соответствии с требованиями Международного Стандарта ISO-9001:2015, являются: способность стабильно обеспечивать рабочие процессы и оказывать услуги, отвечающие требованиям потребителей, строго соответствующих законодательным и нормативным регламентам; содействие в определении возможных методов и способов развития процессов, направленных на повышение уровня удовлетворённости потребителей; возможность демонстрировать соответствие требованиям норм системы управления на качественном уровне; обеспечение контроля и управления рисками и возможностями, связанных с деятельностью самой авиакомпании и стратегическими целями развития услуг в сфере грузовых авиаперевозок.

Система менеджмента качества должна выполнять ряд важных функций, способствующих достижению таких целей бизнеса, как определение обязанностей высшего руководства, маркетинг, сбыт, людские ресурсы, управление оборудованием, распределение, финансы, любые другие функции, способствующие достижению целей бизнеса.

Практика внедрения СМК на авиапредприятиях. Система управления на качественном уровне в авиакомпаниях включает в себя: стратегическое планирование и разработку, документирование, а также применение процессов в рамках авиапредприятия.

Сформулированные в стандартах ISO серии 9000 принципы менеджмента и критерии качества вобрало в себя основной опыт мирового сообщества по созданию конкурентоспособного бизнеса. Основными задачами данных принципов при внедрении в практическую деятельность авиаперевозчиков являются:

1. Улучшение понимания потребностей и ожидания заинтересованных сторон.

В данном случае авиакомпании необходимо определить внешние и внутренние факторы, имеющие отношение к её цели и стратегическому развитию. Данные процессы достигаются посредством процессов мониторинга и анализа информации о внутренних и внешних проблемах.

2. Определение области применения системы управления.

Область применения СМК должна быть простой, доступной и документированной. С этой целью в авиакомпании должна быть разработана и внедрена система управления необходимыми процессами и механизмом их взаимодействия. Данная система должна поддерживаться, анализироваться на применимость и адекватность, а также постоянно улучшаться. Основным же фактором области определения должна являться ориентация на потребителя, так как любая авиакомпания, зависящая от них, должна “чувствовать” текущие и будущие потребности. Именно с этой целью авиаперевозчики, осуществляя грузоперевозки, должны стремиться превзойти ожидания своих клиентов.

3. Установление политики.

Установлением политики в авиакомпании определяется направлением развития и тенденций усовершенствования рабочих процессов. Данный документ является сутью определения форм, стратегических целей и задач, стоящих перед авиаперевозчиком. Высшее руководство, устанавливая политику в области качественного управления (или как её ещё называют «Политикой Качества»), публично определяет основные приоритеты и ценностные ориентации, которых компания будет придерживаться в отношении всех заинтересованных сторон (сотрудники, потребители, поставщики и др.). Политика в области качества должна соответствовать целям авиакомпании, включать обязательства соответствовать требованиям и постоянному улучшению СМК, а также регулярно анализироваться на постоянную пригодность.

4. Определение обязательств и распределения ответственности и полномочий.

Для эффективности управления на качественном уровне в компании необходимо определить обязательства и компетентность всего персонала. В зависимости от специфики и сущности рабочего процесса высшим руководством распределяются полномочия и ответственности для соответствующих должностных позиций.

5. Выработка целей в области улучшения рабочих процессов СМК и планирования их достижения, а также определение действий в отношении рисков и возможностей компании.

В данном случае необходимо отметить о значимости системного подхода к менеджменту, которая является эффективной опорой для достижения поставленных целей. Для определения целей в области улучшения СМК необходимо своевременно обеспечивать процессы мониторинга и последующего анализа полученных данных по всем областям сфер деятельности.

ности авиакомпании. Цели по развитию качества должны быть направлены на улучшение желаемых результатов, предотвращение или уменьшение нежелательных последствий и достижение постоянного улучшения. Учитывая специфику деятельности каждого структурного подразделения в авиакомпании, должны разрабатываться мероприятия по достижению поставленных целей с учётом возможных рисков и возможностей компании.

6. Организация процессов обеспечения людскими ресурсами, инфраструктуры и рабочей среды.

Персонал, выполняющий работу, влияющую на соответствие установленным требованиям, должен быть компетентным на основании полученного образования, опыта работы, профессиональной подготовки и необходимых навыков. Инфраструктура и окружающая среда также играют не маловажную роль в системе менеджмента качества.

7. Обеспечение процессов компетентности, осведомлённости и требований в области документированной информации.

Определяя компетентность персонала, работа которого влияет на качество производительности и эффективность процессов СМК, высшее руководство должно определить минимум квалификационного уровня для соответствующих должностных позиций (см. пункт 6). Для эффективного функционирования системы менеджмента качества в авиакомпании, руководство должно определить процессы в области осведомлённости всего персонала:

- о политике в области качества,
- о целях в области качества и мероприятий по их достижению, а так же
- о возможных последствиях несоответствия установленным требованиям СМК.

В области обеспечения требований по документированной информации необходимо определить систему в документальной форме в части управления:

- порядка разработки и обновления документированных процедур,
- идентификации и их описания,
- формата и периодичности анализа и утверждения на пригодность и адекватность.

8. Определение требований к услугам авиаперевозок, разработки новых видов услуг, контроля процессов и управления несоответствующей услугой.

Обеспечивая процесс грузовой авиаперевозки на высококачественном уровне, авиакомпания должна определить уровень возможностей и способностей выполнить соответствующие требованиям к оказываемой услуге. В процессе анализа требований, предъявляемых к услугам авиаперевозок, авиакомпания должна учитывать:

- требования норм международных и законодательных правил авиаперевозок, а также, определённых со стороны потребителей,
- требования не определённые потребителем, но необходимые для специфичного или предназначенногопользования (перевозка опасных и ценных грузов, животных и т.д.),
- требования, определённые авиаперевозчиком,
- требования, указанные в договоре или заказе, не указаны выше.

Поскольку на сегодняшний день качественный сервис является эффективным инструментом процесса маркетинга, то он обеспечивает устойчивое конкурентное преимущество

на международном рынке. Зачастую, это единственное конкурентное преимущество, которое есть у авиаперевозчиков, работающих в сфере грузовых авиаперевозок, где множество компаний предлагает, по сути, одинаковые услуги в данной отрасли.

Одним из основных принципов системы управления на качественном уровне в авиакомпаниях является процесс управления несоответствующей услугой и иных несоответствий, влияющих на качество оказываемых услуг. Данная услуга должна быть идентифицирована и управляться, с целью не допущения и предотвращения её в последующей деятельности компании. Управление, ответственность и полномочия по данному направлению должны быть определены документированной процедурой.

9. Выработка механизма процессов мониторинга, измерения, анализа и оценки (включая определения уровня удовлетворённости потребителей).

Принято считать, что измерение, мониторинг, оценка и последующие действия по полученной информации являются основными способами обеспечения того, что СМК работает на должном уровне и выполняет требование по постоянному улучшению. Учитывая специфику деятельности авиакомпаний, осуществляющих свою деятельность в соответствии с требованиями международных и законодательных норм авиационных правил, процессы мониторингов и внешних аудитов обеспечиваются на регулярной основе как со стороны национальных авиационных властей так и международных авиационных организаций. С целью повышения уровня системы менеджмента авиакомпания должна разработать внутреннюю систему мониторингов. Данные методы должны демонстрировать способность рабочих процессов СМК достичь запланированных результатов. Одним из основных и эффективных видов процесса мониторинга рассматривается внутренний аудит, способствующий выявлению и оценке рисков и выработке мероприятий, направленных на снижение рисков и повышение эффективности рабочих процессов. Высшее руководство должно определить порядок планирования и проведения внутренних аудитов в установленные сроки, осуществляемых с учётом текущего состояния и важности проверяемых процессов и сфер деятельности, а также результатов предыдущих аудиторских проверок. Необходимо определить критерии, область применения, частоту проведения и методы внутренних аудитов. Немаловажным фактором является выбор и подготовка аудиторов, деятельность которых должна обеспечивать объективность, эффективность и независимость процесса аудита. Полученная информация в ходе внутреннего аудита является значимым средством управления в области управления несоответствиями и определения целей по развитию процессов СМК.

Не менее эффективным методом измерения оценки работы системы менеджмента качества является изучение информации об удовлетворённости потребителем уровню оказываемых услуг со стороны авиаперевозчика. Полный и всесторонний анализ информации о восприятии потребителем удовлетворённости выполнения ожидаемых услуг и возможность применения предложенных ими рекомендаций по улучшению представляет авиакомпании прекрасную возможность развивать спектр оказанных услуг и повышать уровень авиакомпании на международном рынке.

10. Постоянное улучшение.

Постоянное улучшение деятельности авиакомпании в целом следует рассматривать как ее неизменную цель. Основной процесс формирования стратегии развития процессов СМК, рассматриваемых как цели по качеству, зависит от эффективности анализа процессов системы управления со стороны высшего руководства. Высшее руководство авиапредприятия должно проводить анализ системы менеджмента качества через запланированные промежутки времени для того, чтобы убедиться в постоянном соответствии, адекватности и результативности СМК.

Система Менеджмента Качества представляет собой налаженный механизм рабочих процессов, при правильном взаимодействии которых определяется уровень результата качественной работы на всех этапах функционирования деятельности авиакомпании. Эффективно внедренная система управления на качественном уровне, обеспечивает уверенность, в том, что организация способна предоставлять соответствующие услуги, полностью отвечающие требованиям оговоренных соглашений, уровню качества оказываемых услуг, своевременную организацию объёма работ за установленный период времени при минимальной затрате непредвиденных расходов.

Ведущий британский журнал «Flight International» в одной из своих публикаций отметил: «...В нашем ориентированном на сервис обществе, качество обслуживания стало гораздо более важным фактором успеха компании. Те компании, которые идут по пути совершенствования своего сервиса, получают несомненное конкурентное преимущество над теми, кто в этом отстает».

Заключение. Исследования показывают, что на сегодняшний день, одна из главных проблем заключается в том, что менеджеры не желают рассматривать обслуживание клиентов как маркетинговую стратегию. Многие склонны считать его чем-то вроде послепродажного обслуживания, относящегося к совершенной сделке, а не к будущим продажам. Но исследования показывают, что для многих компаний повышение качества сервиса становится более эффективным инструментом увеличения объема продаж и прибыли, чем маркетинг, продвижение или же просто сама реклама. В компаниях, где в соответствии с требованиями установленных норм системы качественного управления разработаны анализируемые цели по работе с клиентами – последующая её деятельность приносит прибыль и определяет соответствующий уровень авиакомпании на международном рынке грузовых авиаперевозок. Подавляющее большинство авиаперевозчиков использует свои собственные тарифы, как правило, отличающиеся от официальных тарифов, указанные в TACT (The Air Cargo Tariff). Только те компании, которым удалось благоприятно разработать, внедрить, поддерживать и развивать систему менеджмента качества, способны осуществлять качественные услуги в сфере авиаперевозок, определяя более низкий тариф на грузовые авиаперевозки, при этом, сохраняя конкурентоспособный уровень на международном рынке.

REFERENCES

1. Zakon Azerbaydzhanskoy Respubliki «Ob aviacii», Baku, avgust, 2005.
Закон Азербайджанской Республики «Об авиации», Баку, август, 2005.
2. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements. 2015-09
3. **Magkieva Z.I.** Razrabotka i vnedrenie sistemy menedzhmenta kachestva v sootvetstvii so standartom ISO 9001:2015// Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Koncept». – 2016- T.2. – S. 376-380.
Магкиева З.И. Разработка и внедрение системы менеджмента качества в соответствии со стандартом ISO 9001:2015// Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016- Т.2. – С. 376-380.
4. **Kostromina E.V.** Ekonomika GA. NOU VKSh «Aviabiznes». M.: Aviabiznes, 2001. 167s.
Костромина Е.В. Экономика ГА. НОУ ВКШ «Авиабизнес». М.: Авиабизнес, 2001. 167с.
5. **Kostromina E.V.** Aviakompaniya v usloviyah rynochnyh otnosheniy. NOU VKSh «Aviabiznes». M.: Aviabiznes, 2002. 207c.
Костромина Е.В. Авиакомпания в условиях рыночных отношений. НОУ ВКШ «Авиабизнес». М.: Авиабизнес, 2002. 207с.
6. **Kurochkin E.P., Dubinina V.G.** Upravlenie kommercheskoy deyatel'nosti aviakompanii. NOU VKSh «Aviabiznes». M.: Aviabiznes, 2009. 256c.
Курочкин Е.П., Дубинина В.Г. Управление коммерческой деятельностью авиакомпании. НОУ ВКШ «Авиабизнес». М.: Авиабизнес, 2009. 256с.
7. Analiz hozyaystvennoy deyatel'nosti predpriyatiya. Pod red. Savickoy G.V. M: Novoe znanie, 2002. 354s.
Анализ хозяйственной деятельности предприятия. Под ред. Савицкой Г.В. М: Новое знание, 2002. 354с.
8. Statistika grazhdanskoy aviacii mira. IKAO.
Статистика гражданской авиации мира. ИКАО.

YÜK AVİADAŞIMALARIN SAHƏSİNĐƏ KEYFİYYƏT MENECMENTİ SİSTEMİNİN XİDMƏT SƏVİYYƏSİNƏ TƏSİRİ

A.A. QASIMOV

Yük aviaşirkətlərdə keyfiyyət menecmenti sisteminin tətbiqi və inkişafi problemlərinə baxılmışdır. Beynəlxalq Standart ISO 9001:2015 tələblərinə əsasən menecmentin prinsiplərinin və dünya səviyyəli keyfiyyət meyarlarının təcrübə fəaliyyətə tətbiqi zamanı avıadaşıcıların əsas vəzifələri müəyyən edilmişdir.

Acar sözlər: yük avıadaşımaları, keyfiyyət menecmenti sistem, xidmətlər, standartlar, idarəetmənin səmərəliliyi, sistem yanaşma.

IMPACT OF QA SYSTEM ON SERVICE LEVEL OF AIR CARGO

A.A. GASUMOV

The problem of implementation and development of Quality Management Systems in the field of air cargo is considered. The main tasks of air carrier when implementing principles of management and quality criteria based on requirements of international standard ISO 9001:2015 in practical activities are formulated.

Keywords: cargo air transportation, Quality Management Systems, services, management effectiveness, process approach.

UOT 330.47:336.221

AZƏRBAYCANDA ELEKTRON TİCARƏTİN TƏŞKİLİNİN HÜQUQI VƏ TEKNİKİ MƏSƏLƏLƏRİ

R.N. NURƏLİYEV*

Məqalədə elektron ticarətin yaranması, onun təşkili, program təminatından, inkişaf dinamikasından, eyni zamanda elektron ticarət haqqında Azərbaycan Respublikasının qanunu və ümumi müddəalarından bəhs edilir. Müəllif məqalədə müasir dövrdə kompüter texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi, elektron ticarətin inkişafını açıqlayır.

Açar sözlər: elektron ticarət, program təminatı, hüquqi tənzimləmə, internet texnologiyalar.

Giriş. Qeyd etmək lazımdır ki, ölkədə müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyaları infrastrukturunun inkişaf etdirilməsi, dövlət idarəciliyinin bütün sahələrilə yanaşı elektron ticarətin sürətli inkişafına da zəmin yaratdır. Buna görə də, Azərbaycan qanunvericiliyinə əsasən elektron ticarətin təşkil edilməsi üçün dövlət səviyyəsində tədbirlərin həyata keçirilməsi vacib məsələlərdən biridir.

Müasir dövrdə kompüter texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi elektron ticarətin inkişafına böyük təkan vermişdir. İqtisadi proseslərin İnformasiya və Kommunikasiya Texnologiyaları (İKT) əsasında idarə edilməsi, istər konseptual, istərsə də tətbiqi baxımından qlobal məsələlərdən biridir. Məhz bu baxımdan elektron ticarətin müasir dövrün tələblərinə uyğun formalasdırılması, onun təşkili və inkişaf etdirilməsi istiqamətində bir çox tədbirlər planı işlənib həyata keçirilmişdir. Belə ki, müasir İKT-dən iqtisadiyyatın real sektorlarında geniş istifadə olunması, bazar infrastrukturunu-maliyyə, biznes, ticarət və s. informasiya texnologiyaları əsaslarına çevirməyə imkan verir. Bu isə, elektron ticarət və elektron marketinq şəbəkələrini yaratdır.

Elektron ticarətin inkişaf mərhələləri. Hazırda dünyada elektron ticarət əməliyyatları, qloballaşmış iqtisadiyyatın bütün sahələrini əhatə edir. Ümumiyyətlə, informasiya texnologiyaları qlobal miqyasda ictimai mühitə ciddi təsir göstərmək imkanına malikdir. Kompyuter texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi, fərdi kompüterlərin kütləvi yayılması, elektron kommersiyanın inkişafında, sürətləndirilməsində xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Elektron ticarət özlüyündə ticarətin spesifik forması olduğu üçün, onun üzərinə tariflər və ticarət üzrə baş saziş olan (WTO) tərəfindən nəzərdə tutulur və bütövlükdə tətbiq olunur [1–7].

Avropa İttifaqı Komissiyası (AİK) tərəfindən – 1995-ci ildə elektron məlumatların mübadiləsi üzrə nümunəvi saziş qəbul edilmişdir. 2000-ci ilin fevralında GEFAKT (İdarəetmədə,

* Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası

ticarətdə və nəqliyyatda proseduraların və praktikanın sadələşdirilməsi üzrə mərkəzin tövsiyələri) hüquqi məsələləri üzrə işçi qrupu elektron ticarət üzrə sazişin layihəsini təklif etmişdir. Həmin sənəd elektron məlumatların mübadiləsi üzrə nümunəvi saziş (EDİ İntershonge Agrument) əsaslanır. Elektron ticarət sahəsində Beynəlxalq Ticarət Palatası (International shamber of Commerce - ICC) layihə işləyib hazırlanmışdır. Bu, layihədə əsasən, elektron ticarət və marketinq ilə bağlı olan bütün xərclər və öhdəliklər haqqında informasiyanın açıqlanması nəzərdə tutulmuşdur.

Elektron kommersiyanın ən geniş yayılmış növlərindən biri, elektron ticarətdir. Ümumiyyətlə elektron ticarət dedikdə, elə ticarət forması başa düşülür ki, həm ödəmə sistemi, həm də məhsullar elektron vasitələrin köməyi təqdim edilir.

Elektron ticarət – informasiya sistemlərindən istifadə edilməklə malların alqı-satqısı, xidmətlərin göstərilməsi və işlərin görüləməsi üzrə həyata keçirilən fəaliyyət növüdür [5].

Elektron ticarətin inkişafını internetsiz təsəvvür etmək mümkün deyil. Buna görə də internetin inkişaf tarixinə nəzər salmaq maraqlıdır.

1998-ci ildə OECD - (Organization for Economic Coperation and Development) - Kanada höküməti «Sərhədsiz dünya; qlobal elektron ticarətin potensialının reallaşdırılması» mövzusunda Ottava konfransı kimi tanınan böyük konfrans keçirilmişdir. Konfransda elektron ticarət sahəsində qlobal məsələlərə baxılmışdır. Ümumiyyətlə, beynəlxalq təcrübədə, xüsusilə də Avropa Birliyində kənardan informasiya xidmətləri əldə olunarkən elektron məhsulların xidmət kimi vergiyə cəlb olunması və verginin istehlak yeri üzrə tutulması mövqeyi üstünlük təşkil edir. Bu mövqə OECD tərəfindən də təsdiqlənmişdir. Bu cür yanaşmada əsas problemlər elektron ticarətin B2C sisteminin növündə qalır. Belə ki, kənardan informasiya xidmətləri əldə olunarkən burada alıcı ƏDV – üzrə vergi ödəyicisi hesab olunmur.

Ümumiyyətlə, internet texnologiyaları elektron biznesin, onun əsas komponenti olan elektron kommersiyanın sürətli inkişafına güclü təkan vermişdir. Mütəxəssislərin fikrincə, elektron kommersiyanın B2B modeli şirkətlərarası həyata keçirilən tranzaksiyaların geniş diapazonunu əhatə edir: bu model tərəfindən məhsuldarlığın artımı aşağıdakılardan şərtlənir: sövdələşmə prosesinin avtomatlaşdırılması nəticəsində səmərəliliyin artması; yeni vasitəçilərin bazarda potensial iqtisadi üstünlükleri; tələb və təklifin mütəşəkkil bazar vasitəsilə birləşməsi; şirkətin şəquli ineqrasiya olma dərəcəsinin dəyişməsi.

Elektron ticarətdə elektron sənəd dövriyyəsi vasitəçisi tərəfindən xidmət göstərdiyi alıcıların və satıcıların qanunsuz fəaliyyəti, qanunsuz informasiya ötürməsi barədə səlahiyyətli dövlət orqanlarının müraciətinə əsasən xidmətlərin alıcılarının, satıcıların müəyyənləşdirilməsinə imkan verən məlumatların təqdim edilməsinə görə – fiziki şəxslər otuz beş manatdan qırıq manatadək, vəzifəli şəxslər isə doxsan manat miqdarında, hüquqi şəxslər üç yüz manat miqdarında cərimə edilir.

Qeyd etdiyimiz kimi, elektron kommersiyada vasitəçilər dörd kateqoriya üzrə təsnifləşdirilir:

- Brokerlər – müvafiq komissiyon mükafatına işləyən alıcılarla satıcılar arasında olan vasitəçilərdir;
- Dilerlər – malgöndərənin malının sahibinə çevrilir, alış və satış qiyməti arasındaki fərq hesabına qazanc əldə edirlər;

• Auksionistlər – sövdələşmələrdə fəal iştirak edirlər və qiymət mexanizmini müəyyənləşdirirlər. Onlar eyni zamanda internet - texnologiyalarında auksionların keçirilməsinə çəkilən xərcləri azaldırlar;

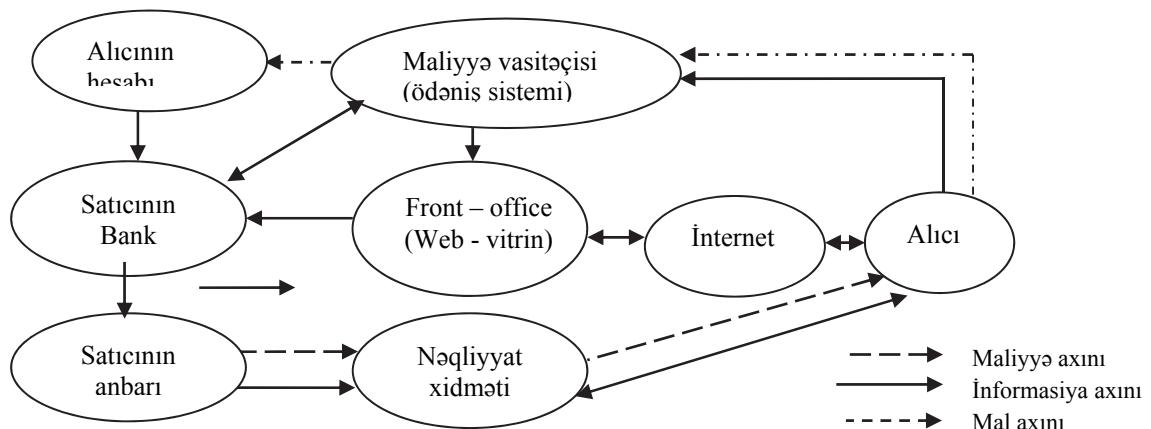
• Birjaçılar – ikitərəfli bazarın nümayəndələri olmaqla öz müştərilərinə saytlarında bir sıra xidmətlər göstərirlər. Bu, B2B – birjalar daimi olmayan forward müqavilələri əsasında fəaliyyət göstərirlər;

- B2B – (business – two - Business). Elektron kommersiyanın bu növü şirkətlər arasında mövcud elektron kommersiya münasibətlərini müəyyən edir. Məsələn, şirkət öz veb-sayıtı vasitəsilə böyük və kiçik müəssisələr üçün sənaye təchizatı ilə məşğuldur. Burada məqsəd yerli biznes nümayəndələri, onların, istehsal etdikləri məhsullar və göstərdikləri xidmətlər barədə informasiyaları potensial alıcılara çatdırmaq yolu ilə biznes əlaqələrinin qurulmasını dəstəkləməkdən ibarətdir;

- B2C – (business – two – Concume, biznes-istehlakçı). Elektron kommersiyanın bu növü onunla xarakterizə olunur ki, burada müştəri kimi malların və xidmətlərin alışlarını və ödənişlərini Internet vasitəsilə həyata keçirən fərdi şəxs məşğul olur;

- C2C – (Concumer – two – Concume) – sistemləri iki istehlakçı arasında həyata keçirilə bilər. Burada hər hansı bir şəxs satmaq istədiyi məhsulu Internet auksionlarda yerləşdirməsi kifayət edir; bu gün dünyada ən geniş yayılmış www.ebay.com saytıdır.

- G2B – (Converment - two - Business, Administrasiya - Biznes) – dövlət sifarişinə xidmət edən, biznes kateqoriyasına şirkətlərlə hökumət təşkilatları arasında bağlanılan bütün sövdələşmələr daxildir. Məsələn, ABŞ-da hökumət tərəfindən planlaşdırılan alışlar haqqında informasiya internetdə yerləşdirilir və şirkətlər öz təkliflərini elektron üsulu ilə göndərə bilirlər [1].



B2C – sisteminin funksional sxemi

Elektron B2B bazarının inkişafı üçün əsas şərtləri Avropa ölkələri və ABŞ-la müqayisədə Azərbaycan üçün xeyli fərqlidir. Bəlliidir ki, Qərbdə elektron biznes prosesi 1980-1990-cı illərdə sabit iqtisadi artım dövründə yaranmışdır. Bunun əsasında şirkətlərin tədricən kompüterləşməsi dururdu. Həmin illərdə Respublikamızda iqtisadi subyektlərin yeni ictimai-iqtisadi sistemə uyğun-

laşması prosesi gedirdi. Həmin illərdə ölkədəki müəssisələrin təsərrüfat fəaliyyətinin təkmilləşdirilməsi deyil, müəssisənin mövcudluğunun təmin edilməsi məsəlesi dururdu.

Azərbaycanda elektron ticarətin təşkili. Azərbaycanda elektron B2B bazasının inkişafını sürətləndirən əsas amillər aşağıdakılardan ibarətdir:

- 1) 2003-cü ildən başlayaraq sənaye sahələrinin dirçəlməsi və iqtisadi artımın yaranması;
- 2) İqtisadiyyatın səviyyəsinin artması;
- 3) Firmanın maddi-texniki təchizat fəaliyyətinin səmərəliliyini artırmaq cəhdləri;
- 4) Ölkədə böyük maliyyə imkanlarına malik şirkətlərin yaranması;
- 5) İnternet istifadəçilərinin sayının sürətlə artması;
- 6) Şirkətlərin tədricən kompüterləşməsi;
- 7) Özəl şirkətlərdə menecmentin səviyyəsinin getdikcə artması.

Mütəxəssislərin apardığı araşdırmlara görə 2009-cu ildə B2B bazarının həcmi 6 milyon dollar həcmində dəyərləndirilmişdi. Bildiyimiz kimi elektron ticarətin xüsusi çəkisi gündən-günə artır. Belə ki, Invesp.com saytının məlumatlarına görə 2011-ci ildə elektron ticarətin həcmi dünya üzrə 680,6 mlrd ABŞ dolları olmuşdur. Lakin, 2015-ci ildə bu göstərici 1,4 trln ABŞ dolları olacağı gözlənilir.

Azərbaycanda «Elektron ticarət haqqında» qanun 2005-ci ildə qəbul olunsa da, bu qanun 2008-ci ildən həyata keçirilir. Belə ki, 2008-ci ilin dekabrın 2-də «Silver Key Azərbaycan» şirkəti Azərbaycanda ilk dəfə olaraq «Visa» və «Master Card» tərəfindən xüsusi lisenziya almış və «Golden Pay» adlı onlayn ödəmə sistemi qurub, şirkətlərə və dövlət qurumlarına təqdim etmişdir. Bundan sonra Azərbaycanda elektron ticarət formallaşmağa başlamışdır.

Elektron ticarətin inkişafı müxtəlif ölkələrdəki ən tanınmış firmaların mallarının dünya bazarına daxil olmasını təmin edir, bu şirkətlərin ən qlobal sazişlərə qoşulmasına imkan yaradır.

Elektron ticarət sisteminin yaradılması zamanı ticarət əməliyyatlarının həyata keçirilməsi, təklif olunan əmtəələrin və xidmətlərin növü və çeşidi, elektron ticarət biznesinin inkişaf perspektivlərinin idarə edilməsi mexanizmləri, əməliyyatların maliyyələşdirilməsi üzrə alternativlərin mövcud olması, hesablaşmaların təşkili və s. nəzərə alınmalıdır.

Azərbaycanda elektron ticarətin təşkil edilməsi aşağıdakıların dövlət səviyyəsində müəyyən edilməsini tələb edir.

- Elektron ticarətin məqsədini və əsas prioritətlərinin təyin edilməsi
- Elektron ticarətin təşkili üçün təklif olunan əmtəələrin xidmətlərin sertifikatlaşdırılması
- Elektron ticarət sahəsində fəaliyyətin lisenziyalasdırılması
- Elektron ticarət ilə bank əməliyyatlarının, gömrük xidmətinin, vergi sistemin əlaqələndirilməsi
- Elektron ticarət sistemi çərçivəsində informasiya mübadiləsinin standartlaşdırılmasının təşkili
- Elektron ticarət sahəsində iştirak edən tərəflərin maraqlarının qorumasına yönəldilən təhlükəsizlik tədbirlərinin gücləndirilməsi.

Bütün bunlarla yanaşı, Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyində əsasən elektron ticarətin həyata keçirilməsi üçün bir çox təxirəsalınmaz məsələlər: elektron ticarətin əsas prinsipləri, elektron ticarətin hüquqi tənzimlənməsi, kommersiya bildirişi, müqavilənin bağlanması, müqavilənin bağlanmasına aid tələblər, müqavilənin icrasından imtina, müqavilənin icrası, elektron

ticarət haqqında qanunvericiliyin pozulmasına görə məsuliyyətin ümumi əsasları, vasitəçiliyin məsuliyyəti və s. məsələlər öz əksini tapmışdır.

Elektron ticarətin hüquqi tənzimlənməsi və onun əsas prinsipləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- 1) Azərbaycan Respublikasında elektron ticarətin hüquqi tənzimlənməsi;
- 2) İştirakçıların hüquqi bərabərliyi;
- 3) İştirakçıların əmlak müstəqilliyi;
- 4) İştirakçıların idarə sərbəstliyi;
- 5) Mülkiyyətin toxunulmazlığı;
- 6) Müqavilə azadlığı;
- 7) Sahibkarlıq fəaliyyətinin maneəsiz həyata keçirilməsi;
- 8) Malların, xidmətlərin və maliyyə vəsaitlərinin sərbəst hərəkəti;
- 9) Hüquqların məhkəmədə müdafiəsinə təminat verilməsi.

Elektron ticarətin həyata keçirilməsinə xüsusi razılıq (lisenziya) tələb olunmur. Belə ki, xüsusi razılıq (lisenziya) tələb olunan fəaliyyət sahələrində elektron ticarət aparıldığda, satıcı qanunvericilikdə müəyyən edilmiş qaydada həmin fəaliyyətə xüsusi razılıq almalıdır.

Hüquqi və fiziki şəxslər elektron ticarət sahəsində hüquq və vəzifələrini qanunvericiliyə, bağladıqları müqavilələrə əsasən əldə edir və həyata keçirirlər [5].

Ümumiyyətlə elektron ticarətdə satıcı ilə alıcı arasında müqavilələr elektron sənəd formasında bağlanır.

Elektron ticarətin tanıdlılması məqsədilə satıcı kommersiya bildirişindən istifadə edə bilər. Bunlar, bildirişin kommersiya xarakterli olmasının aydın bildirilməsi, eyni zamanda bildirişi göndərənin adı və ünvanı düzgün qeyd olunmalı, göstərilməli, satışın stimullaşdırılması məqsədilə qanunvericiliklə icazə verilmiş güzəştlər, mükafatlar aydın göstərilməli, əldə olunan şərtlər açıq, birmənalı ifadə olunmalıdır. Qeyd edək ki, satıcıya (təchizatçıya) birbaşa müraciət etməyə imkan verən məlumatlar, o cümlədən internet və elektron poçt ünvanları və onların satıcısı barədə sərbəst surətdə, xüsusəndə xərc çəkmədən əldə edilmiş məlumatlar kommersiya bildirişinə aid edilmir. Satıcı istəməyən şəxslərin qeydiyyatdan keçməsinə imkan yaratmalı və bu qeydiyyata riayət etməlidir.

Nəticə. Aparılan araşdırmalar göstərir ki, bir çox ölkələr informasiya texnologiyasının son nailiyyətlərindən istifadə edərək özünün elektron ticarət sistemini yaradmışlar. Belə sistemlər müasir bazar infrastrukturunun mühüm tərkib hissələrindən biri kimi çıxış edir. Bu kimi sistemlərin yaradılması, yalnız informasiya texnologiyası sahəsində əldə edilmiş son nailiyyətlər əsasında mümkündür. Lakin belə sistemlərin fəaliyyəti dövlət himayəsi olmadan mümkün deyildir. Belə ki, həm hüquqi təminat, həm də maliyyə baxımından dövlətin elektron ticarətin təşkilində rolü böyükdür.

Elektron ticarətin inkişafının sürətləndirilməsi üçün geniş imkanlar əldə edilməsi imkan verir ki, Azərbaycanda da elektron ticarətin inkişafı sahəsində əsas məqsədlərə nail olmaq üçün bir çox işlər görülsün. Elektron ticarətin inkişafı üçün lazım olan əlverişli normativ sənədlərin yaradılması, həmçinin elektron ticarətin inkişafına mane olan səbəblərin aradan qaldırılması üçün operativ tədbirlərin görülməsi olduqca vacibdir.

REFERENCES

1. Elektron ticarət haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu.
2. **Мəhərrəm Ə.** Elektron kommersiya. Dərs vəsaiti. Bakı. 2011
3. **Новомлинский Л.С.** С чего начать создание электронной коммерции.
4. **Vishnjakova S.S.** Formirovaniye sfery elektronnyh uslug v Rossii. M. 2007.
Вишнякова С.С. Формирование сферы электронных услуг в России. M., 2007.
5. **Samojlov A.M.** Elektronnaja kommercija v sisteme sovremenennogo biznesa. M. 2004.
Самойлов А.М. Электронная коммерция в системе современного бизнеса. M. 2004.
6. **Kuznecov A.** Elektronnye rynki i konkurencija. Voprosy ekonomiki. № 2 M. 2004. s.72-81.
Кузнецов А. Электронные рынки и конкуренция. Вопросы экономики. № 2 M. 2004. с.72-81.
7. **Bragina L.A.** Elektronnaja kommercija. M.: Ekonomist. 2005.
Брагина Л.А. Электронная коммерция. M.: Экономист. 2005.

ПРАВОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Р.Н. НУРАЛИЕВА

В статье рассматриваются вопросы появления электронной коммерции, организации и динамики развития электронной торговли, а также применение закона АР в области электронной коммерции. Автор рассматривает в частности, историю развития современной компьютерной технологии, улучшения применения и использования компьютерных технологий, объясняет развитие электронной коммерции в Азербайджане.

Ключевые слова: электронная коммерция, программное обеспечение, правовые нормы, интернет-технологии

ORGANIZATION OF LEGAL AND TECHNICAL PROBLEMS OF ELECTRONIC TRADE IN AZERBAIJAN

R.N. NURALIYEVA

The emergence of electronic commerce in the article, organization and dynamics of software development, as well as electronic commerce and general provisions of the law are discussed. The author tells the story of the modern era of computer technology. Author in the modern era of computer technology improvements, explains the development of electronic commerce.

Keywords: electronic commerce, software, legal regulations, internet technologies.

UOT 621.472:662.997

ABŞERON YARIMADASININ TƏBİİ İQLİM ŞƏRAİTİNDƏ GÜNƏŞ ŞİRİNLEŞDIRİCİ QURĞUNUN EKSPERİMENTAL TƏDQİQİ

F.F. MƏMMƏDOV*

Məqalədə günəş şirinləşdirici qurğuda istilik akkumulyasiya materiallardan istifadə etməklə istiliyin uzunmüddətli saxlanması prosesinə baxılmışdır. Qurğunun effektivliyinin yoxlanılması məqsədilə təcrübələr aparılmış, qurğunun məhsuldarlığı və mövcud istilik itkiləri təyin edilmişdir.

Açar sözlər: *günəş şirinləşdirici qurğu, istilik akkumulyasiya materialı, sabit temperatur, məhsuldarlıq, istilik-energetik parametrlər.*

Giriş. Son zamanlar insan tərəfindən ətraf mühitə yüksək templə artan təsir nəticəsində istilik, kimyəvi, radioaktiv, ətraf mühitin çırklənməsi (su, hava, torpaq), yanacaqlardan isə xüsusiylə də neftin, qazın, yüksək keyfiyyətli kömür kimi asan əldə edilən ehtiyatlarının sürətli şəkildə azaldılması kimi neqativ effektlər görünməyə başlayırlar. Uranın emalının yeni üsulları və istilik-nüvə çevircilərinin yaradılması imkanı hətta enerji nəhəngləri üçün də, istilik və ekoloji çırklənmə problemlərini, o cümlədən tullantıların saxlanması və baş verə biləcək qəzaları aradan qaldırmayacaqdır. Belə tipli stansiyaların istismarı nəticəsində külli miqdarda su sərf olunur ki, bu da miqyaslı şəkildə ekoloji fəlakətə gətirib çıxarır.

Dünyada əsas ekoloji problemlərdən biri də dünya əhalisinin içməli suya olan tələbatıdır. Hal – hazırda dünya əhalisinin sayının günü – gündən çoxalması ilə içməli suya olan tələbat müvafiq olaraq artmaqdadır. BMT-nin məlumatına görə, dünyada təxminən bir milyard insan (hər altıncı şəxs) təmiz su içə bilmir [1]. Bu proses Azərbaycanda da inkişaf edərək hal – hazırkı dövr üçün əhalinin sayı 10 000 000 – a çatmışdır.

Baxmayaraq ki, Azərbaycan da böyük su ehtiyatlarına malikdir, son illər respublikada ən böyük diqqət yetirilən sahələrdən biri də istehlakçıların keyfiyyətli içməli su ilə təmin olunması sistemidir.

2010-cu ilin dekabrında Azərbaycanda Bakı şəhərinin içməli su ilə təmin etmək məqsədilə meqa layihələrin biri olan Oğuz-Qəbələ-Bakı layihəsinin açılışı keçirilmişdir. Bu layihəyə uyğun olaraq, uzunluğu 262 km, diametri 2 metr və məhsuldarlığı $5 \text{ m}^3/\text{san}$ olan boru xətti tikilib

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

istifadəyə verilmişdir. Oğuz-Qəbələ-Bakı su kəmərinin fəaliyyəti nəticəsində Bakı şəhəri əhalisinin 75 faizi fasiləsiz təmiz və dünya səhiyyə təşkilatının standartlarına uyğun olan, keyfiyyətli su ilə təmin ediləcəkdir. Bu layihələrlə paralel olaraq respublikada dəniz suyunu şirinləşdirməni həyata keçirmək üçün ənənəvi üsullardan biri olan əks osmos üsulu və xarici istehsalçıların qurğularından istifadə etmək qərar qəbul edilmişdir. Bu məsələlər müxtəlif dövrlərdə bir çox müəlliflərin elmi əsərlərində ərtəflı baxılmışdır [2,3,4,5]. Lakin onların heç biri günəş enerjisindən istifadə etməklə Xəzər dənizi suyunun şirinləşdirməsini aşadırmamışdır.

Məqsəd: Bununla bağlı, Azərbaycanda həm içməli su, kənd təsərrüfatı sahəsində suvarma məqsədilə, qida sənayesi, emal sənayesi, bir sıra zavod və fabriklər üçün, o cümlədən də neft sənayesində istifadə olunan suyun tələb olunan miqdarını sabit saxlamaq üçün respublikanın ən böyük su ehtiyatı olan Xəzər dənizi suyunun şirinləşdirilməsi lazım gəlir.

Abşeron yarımadasının təbii iqlim şəraitinə uyğun olaraq, günəş şirinləşdirici qurğunun istilik-energetik parametlərinin təyin edilməsi və eksperimental nəticələrin analiz edilməsi kimi tədqiqatlar aparılmışdır [6]. Bu tədqiqatın davamı olaraq, günəş şirinləşdirici qurğunun səmərəlilik göstəricisinin artırılması, davamlı iş qabiliyyətinin təmin edilməsi və məhsuldarlığın yüksəldilməsi məqsədilə bir sıra texnoloji həll məsələləri yerinə yetirilmişdir. Qurğunun texniki parametrləri haqqında ətraflı məlumat ədəbiyyatda [6] verilmişdir. Hal-hazırda isə, tərəfimizdən xüsusi olaraq, yarımbuludlu hava şəraitində və əsasən də, gün ərzində səpələnən günəş radiasiyasının çox olduğu bir zaman üçün, texnoloji prosesin davamlılığının təmin edilməsi və sabitliyin pozulmaması məqsədilə günəş şirinləşdirici qurğuda istiliyin saxlanması və ötürülməsi üçün yeni təcrubi tədqiqatlar aparılmaqdadır.

Məsələnin qoyuluşu: Günəş şirinləşdirici qurğunun səmərəliliyinə müxtəlif faktorlar təsir göstərir. İlk olaraq, günəş radiasiyasının intensivliyi, külək sürəti, ətraf mühitin temperaturu, günəş şüasını keçirən şəffav təbəqənin təmizliyi, şəffav təbəqə səthində toplanan kondensatın qalınlığı, qurğunun ətraf səthlərinin izoliyasiyasının keyfiyyəti və qalınlığı, şüa qəbul edən qara səth üzərində ki, suyun qalınlığı və təmizliyi, qurğunun istilik itkilərinin minimum olması, qurğunun həndəsi forması, günəşə doğru dəqiq istiqamətlənməsi və s. Göstərilən parametrlər əvvəlcə, qurğu daxilində yaranan temperatura və sonda isə qurğunun məhsuldarlığına təsir edir.

Məsələnin həlli: Qurğunun həndəsi forması, optimal şəkildə günəş şüalarını qəbul edilməsi üçün hazırlanmış və maksimal uduculuq qabiliyyətinə malikdir. Belə ki, qurğunun şüa qəbul edən metal səthi, aşağı və arxa 90° -lik müstəvilər olmaqla, yan tərəflərdən də bir birinə qaynaq vasitəsilə bərkidilmişdir. Qeyd edilən tərəflərin hər birinin arxa hissəsinə isə istiliyin saxlanması və duzlu suya ötürülməsi üçün istilik akkumulyasiya materialı əlavə edilmişdir. Hermetik şəkildə hazırlanmış hər 4 tərəf istilik akkumulyasiya materialı ilə doldurulmuşdur. İstilik akkumulyasiya materialının tətbiqi qurğunun ətalətliyini təmin edir və sabit temperaturun alınmasına səbəb olur. Bu tipli tədqiqatlar, yəni istilik akkumulyasiya materialının istilik-energetik xassələrinin öyrənilməsi və istifadəsi üzrə tərəfimizdən əvvəllər də təcrübələr aparılmışdır [7]. Təbii iqlim şəraitində qurğunun təcrubi sınaqlarının aparılması məqsədilə, həm birbaşa, həm də səpələnən radiasiyaya

malik günlər seçilmiştir. O cümlədən, qurğunun həm istilik akkumulyasiya materialı ilə birlikdə və istilik akkumulyasiya materialsız sınaqları aparılmışdır. Aparılmış təcrübələrin nəticələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

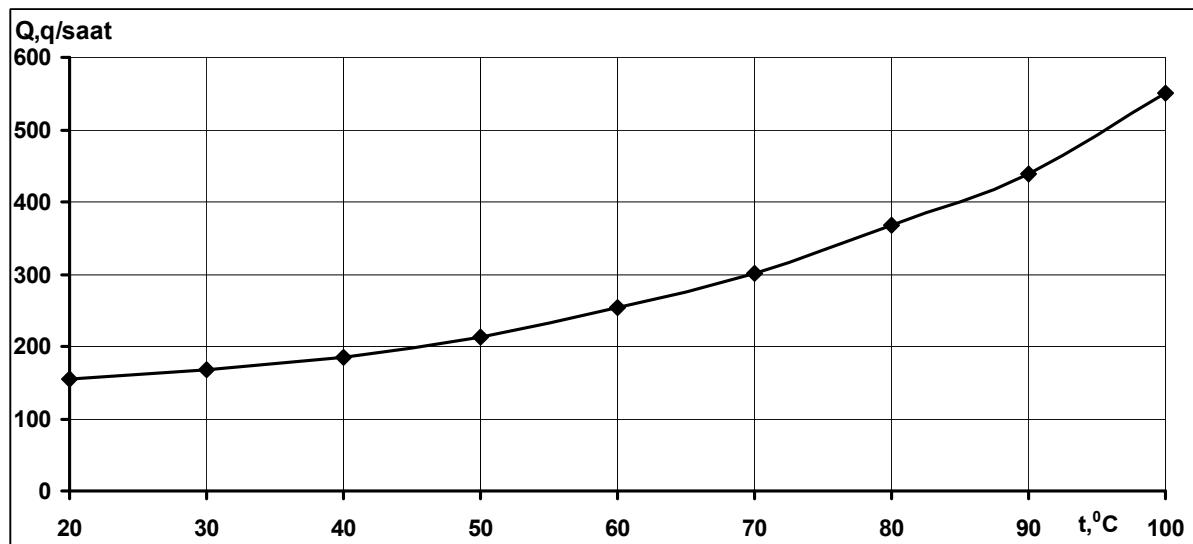
Cədvəl

Günəş şirinləşdirici qurğunun, təbii iqlim şəraitində istilik akkumulyasiya materialı ilə birlikdə və istilik akkumulyasiya materialı olmadan aparılmış sınaqların nəticələri.

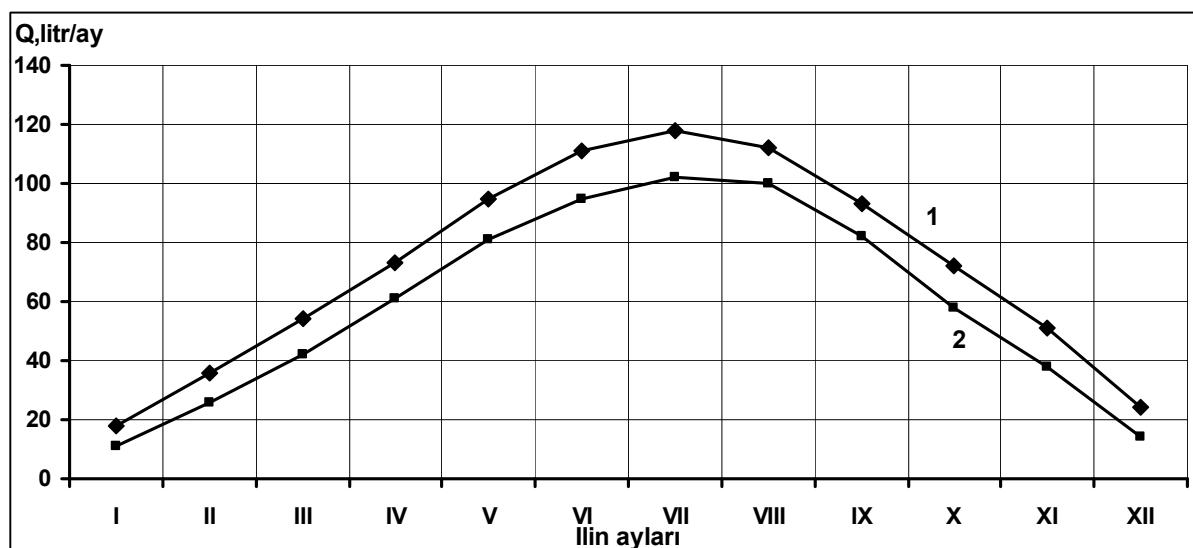
| Günün saatları | Ümumi günəş radiasiyası, Vt/m^2 | Havanın temperaturu, $^{\circ}\text{C}$ | Küləyin sürəti, m/san | Qurğunun məhsuldarlığı, litr/saat | |
|----------------|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | İstilik akkumulyasiya materialı ilə | İstilik akkumulyasiya materialsız |
| 7.00 | 54 | 22 | 1,6 | 0,120 | 0,110 |
| 8.00 | 221 | 25 | 1,6 | 0,350 | 0,290 |
| 9.00 | 385 | 28 | 1,5 | 0,520 | 0,360 |
| 10.00 | 503 | 31 | 1,4 | 0,610 | 0,510 |
| 11.00 | 612 | 35 | 1,3 | 0,650 | 0,590 |
| 12.00 | 701 | 37,5 | 1,3 | 0,680 | 0,640 |
| 13.00 | 756 | 38,5 | 1,2 | 0,720 | 0,660 |
| 14.00 | 719 | 38,5 | 1,2 | 0,690 | 0,610 |
| 15.00 | 651 | 38 | 1,2 | 0,630 | 0,580 |
| 16.00 | 509 | 37 | 1,3 | 0,580 | 0,530 |
| 17.00 | 520 | 35,5 | 1,5 | 0,520 | 0,450 |
| 18.00 | 473 | 33 | 1,5 | 0,440 | 0,380 |
| 19.00 | 358 | 30 | 1,8 | 0,360 | 0,300 |
| 20.00 | 287 | 27 | 1,9 | 0,280 | 0,220 |
| 21.00 | 116 | 25 | 2,0 | 0,210 | 0,160 |
| 22.00 | 68 | 23 | 2,0 | 0,150 | 0,110 |

Cədvəldə verilmiş təcrübi nəticələrdən göründüyü kimi, istilik akkumulyasiya materialı ilə doldurulmuş günəş şirinləşdirici qurğu, istilik akkumulyasiya materialsız qurğuya nisbətdə daha məhsuldardır. Bu onunla izah olunur ki, şirinləşdirici qurğuda baş verə biləcək istilik itkiləri əvvəlcədən istilik akkumulyasiya materialı tərəfindən udularaq, aşağı potensial şəklində şirinləşdiriləcək suya ötürülür. Bundan əlavə, istilik akkumulyasiya materialının olması, qurğunun daxilində daha uzunmüddətli iş rejimini təmin etməklə yanaşı, buxar-qaz qarışığının əmələ gəlməsi və istilik və kütlə mübadiləsi prosesinin intensivləşməsi hesabına, qurğunun məhsuldarlığına birbaşa müsbət təsir göstərir.

İllik aparılmış təcrübələr göstərir ki, istilik akkumulyasiya materialı əlavə edilmiş günəş şirinləşdirici qurğu orta hesabla yay aylarında 14-24 saat, payızda 12-20 saat, qışda (günəşli günlərdə) 8-14 saat, yazda isə 10-18 saat iş qabiliyyətinə malik olur. Bu tip günəş şirinləşdirici qurğular ətalətli işə malikdirlər və müəyyən müddət ərazində sabit temperaturun alınmasını təmin edə bilirlər.



Şəkil 1. Günəş şirinləşdirici qurğunun məhsuldarlığının (qram/saat) temperaturdan asılılığı.

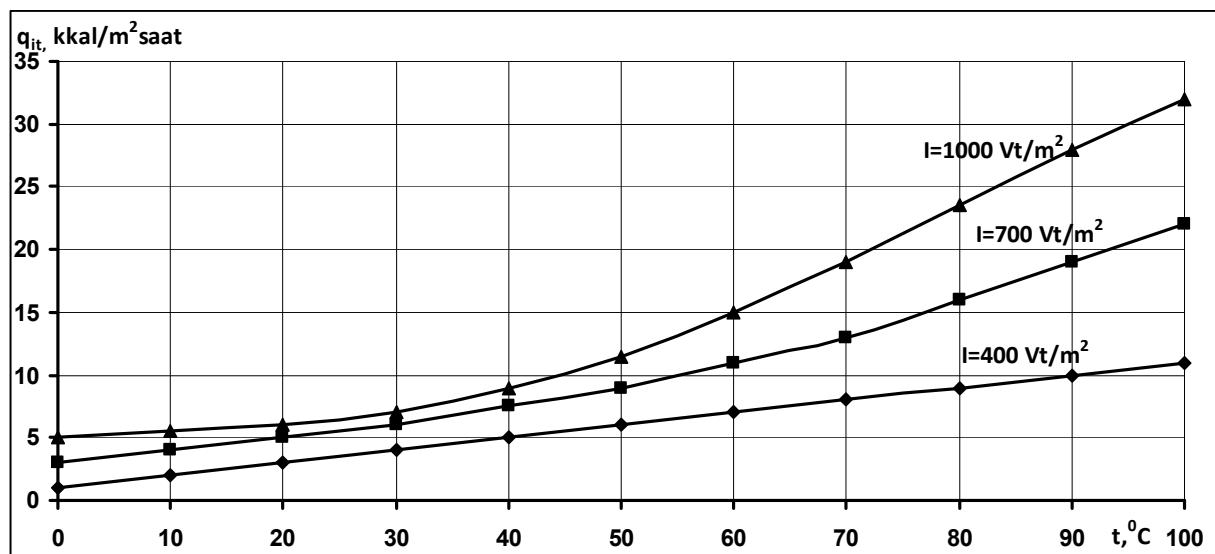


Şəkil 2. Günəş şirinləşdirici qurğunun məhsuldarlığının (litr/ay) ilin aylarından asılılığı.

Burada, 1- istilik akkumulyasiya materialı ilə, 2 - istilik akkumulyasiya materialsız.

Aparılmış təcrübələrin nəticələri göstərir ki, günəş şirinləşdirici qurğu, kifayət qədər yüksək məhsuldarlığa malikdir. İstilik akkumulyasiya materialı ilə, istilik akkumulyasiya materialsız aparılmış təcrübələr zamanı, qurğunun daxilindəki temperaturdan asılı olaraq, yaranan məhsuldarlıq (şəkil 1) və qurğunun ilin ayları üzrə məhsuldarlığı (şəkil 2) təyin edilmiş və təklif edilən akkumulyasiya sisteminin səmərəli olması öz təsdiqini tapmışdır.

Təcrübələr zamanı qurğunun məhsuldarlığına birbaşa təsir göstərən günəş radiasiyası intensivliyi və küləyin sürətinin təsiri də qiymətləndirilmişdir. Məlum olduğu kimi, günəş radiasiyası intensivliyi azalan zaman və küləyin sürətinin yüksəlməsi, şirinləşdirici qurğunun işinə mənfi təsir göstərir və istilik-mübadilə prosesi zəifləyir. Şüalanma və konvektiv yolla baş verən itkilərin təyin edilməsi üçün hesablama aparılmışdır. Qurğunun yan, arxa, üst tərəfləri və istilik akkumulyasiya materialının özündən yarana bilən istilik itkilərini ümumilikdə cəmləyərək, günəş radiasiyasının müxtəlif intensivliklərində, yaranan itkilər (q_{it}) (şəkil 3) təyin edilmişdir.



Şəkil 3. Günəş radiasiyasının müxtəlif intensivliklərində ümumi istilik itkilərinin (q_{it}) günəş şirinləşdirici qurğusunun temperaturundan asılılığı.

Şəkil 3-dən göründüyü kimi, qurğuda baş verən itkilər cüzdidir və demək olar ki, qurğunun normal fəaliyyətinə heç bir təsir göstərmir. Bu tipli günəş şirinləşdirici qurğuların tətbiq edilməsi nəticəsində il ərzində orta hesabla, hər m^2 sahədən 1300-1500 litr distillə suyu almaq olar.

Nəticə. Təklif edilən istilik akkumulyasiya materialı ilə təchiz edilmiş günəş şirinləşdirici qurğusundan alınmış yüksək təcrubi nəticələr sistemin effektiv olmasını göstərdi. İstilik akkumulyasiya materialının tətbiqi sayəsində sabit çıxış təmin olunmuşdur. Əvvəlki qurğu ilə müqayisədə, bu yeni qurğuda istilik itkiləri daha azdır, lakin məhsuldarlıq isə yüksəkdir.

REFERENCES

1. <http://www.un.org/en/documents>
2. **Abdullaev K.M., Agamaliev M.M., Dadasheva O.O.** O perspektivah podgotovki dobavochnoj vody kotlov i teplosetej TJeS iz mineralizovannyh vod s primeneniem obratnogo osmosa // Problemy Energetiki. 2002. № 4. S.40-50
Абдуллаев К.М., Агамалиев М.М., Дадашева О.О. О перспективах подготовки добавочной воды котлов и теплосетей ТЭС из минерализованных вод с применением обратного осмоса // Проблемы Энергетики. 2002. № 4. С.40-50
3. **Agamaliev M.M., Kosmodamianskij V.E., Dadasheva O.O., Chervonskaja E.Y.** Issledovanie processa ... ustanovki opresnenija vody Kaspijskogo morja // Problemy Energetiki. 2006. №1. S.57-65
Агамалиев М.М., Космодамианский В.Е., Дадашева О.О., Червонская Э.Я. Исследование процесса ... установки опреснения воды Каспийского моря // Проблемы Энергетики. 2006. №1. С.57-65
4. **Agamaliev M.M., Nasibov A.G., Mamedbekova R.G., Dzhavadova H.A.** Predotvratshenie sulfatnoj nakipi v ustanovkah termicheskogo opresnenija morskoy vody // Problemy Energetiki 2003 №1. S.107-113
Агамалиев М.М., Насибов А.Г., Мамедбекова Р.Г., Джавадова Х.А. Предотвращение сульфатной накипи в установках термического опреснения морской воды // Проблемы Энергетики 2003 №1. С.107-113
5. **Dadasheva O.O.** Issledovanie tehnologicheskoy shemy dvuhstupenchatogo obratnoosmoticheskogo opresnenija vody Kaspijskogo morja // Problemy Jenergetiki. 2004. №3. S.86-94
Дадашева О.О. Исследование технологической схемы двухступенчатого обратноосмотического опреснения воды Каспийского моря // Проблемы Энергетики. 2004. №3. С.86-94
6. **Mamedov F.F.** Razrabotka solnechnoj opresnitelnoj ustanovki i issledovanie ee teplojenergeticheskikh harakteristik // zhurn. Energetik. 2013. № 5. S.40-43
Мамедов Ф.Ф. Разработка солнечной опреснительной установки и исследование её теплоэнергетических характеристик // журн. Энергетик. 2013. № 5. С.40-43
7. **Məmmədov F.F.** Faza keçidli material əsaslı günəş istilikdəyişdirici – helioreaktor akkumulyasiya sisteminin təcrübə nəticələrinin analizi // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri. 2016. № 3. S.102-108.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Ф.Ф.МАМЕДОВ

В статье рассматриваются процессы долговременного аккумулирования теплоты с использованием теплоаккумулирующих материалов в солнечной опреснительной установке. На основе проведенных экспериментов в солнечном опреснителе определены производительность и тепловые потери.

Ключевые слова: солнечная опреснительная установка, теплоаккумулирующий материал, стабильная температура, производительность, теплоэнергетические параметры.

EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR DESALINATION PLANT IN THE CLIMATE CONDITION OF THE APSHERON PENINSULA

F.F. MAMMADOV

The article deals with the processes of long-term heat accumulation using heat-accumulating materials in a solar desalination plant. Based on the experiments conducted in the solar desalinated, productivity and heat losses were determined.

Keywords: Solar desalination plant, heat-accumulating material, stable temperature, productivity, heat-energy parameters.

УДК 551.558

ВОПРОСЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОМЕТРОВ, ВЫЗВАННЫХ ВЛИЯНИЕМ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

Е.Н. АЛИЕВА*

Исследована возможность компенсации погрешностей многоволновых солнечных фотометров, появляющихся из-за влияния атмосферного аэрозоля. Проведенные исследования позволили выявить избыточность в процедурах коррекции в известных трехволновых солнечных фотометрах. Предлагаются два новых способа построения скомпенсированных фотометров. В предлагаемых построениях процедура коррекции ограничивается вычислением и установкой одного корректирующего показателя.

Ключевые слова: фотометр, атмосфера, аэрозоль, погрешность, коррекция.

Введение. Наиболее весомым фактором, приводящим к радиометрическим искажениям в атмосферной фотометрии УФ, видимого и начального ИК диапазона является аэрозоль. Следует учесть, что солнечная радиация наиболее активно ослабляется сажей, которая к тому же подвержена динамической трансформации во времени. Изменение оптических свойств сажи вносит неопределенность в результаты фотометрических измерений, что подчеркивает актуальность принятия мер по устранению указанной неопределенности.

Цель работы. В настоящей статье обсуждаются возможности реализации мер по нейтрализации влияния аэрозоля на точностные показатели фотометрических устройств.

Рассмотрим основные признаки и причины влияния временной нестабильности аэрозоля на фотометрические измерения.

Как указывается в работе [1], старение сажи является одной из причин неопределенности при оценке прямого и косвенного воздействия аэрозоля на климатические условия. В то время как свежая аэрозоль в исходном состоянии является гидрофобичной и внешнесмешанной, то посредством механизмов коагуляции, конденсации или фотохимических процессов свежая аэрозоль во времени переходит в состояние внутреннего смешивания. Такие процессы старения воздействуют на гигроскопические качества аэрозоля, процесс их роста, изменение их оптических свойств и время жизни аэрозольных частиц. В работе [1] приведены некоторые суточные и сезонные особенности процессов старения аэрозолей. Так, в течение летнего периода в дневное время окись серы играет доминирующую роль в этом про-

* Азербайджанская Национальная академия авиации

цессе, и процесс старения длится 2-8 часов. Зимой указанные временные масштабы сохраняются, однако в этом случае доминирующим фактором является нитрат аммония. В ночное время процессы конденсации ослабевают. При этом коагуляция выступает в качестве основного фактора старения, временной масштаб которого составляет 10-40 ч.

Как сообщается в работе [2] элементарный углерод (ВС) является основной компонентой сажи, который, поглощая солнечную радиацию, прямо нагревает воздух, превращает солнечную радиацию в свою внутреннюю энергию (увеличивается температура сажи) и излучает тепловую инфракрасную радиацию. В общем случае, частицы сажи участвуют в создании трех типов температурного градиента: (1) температурный градиент, появляющийся в течение дня, при присутствии сажи, в результате чего атмосфера нагревается, а земля охлаждается; (2) ночной температурный градиент, появляющийся при присутствии сажи, когда атмосфера и земля нагревается; (3) дневной и ночной температурный градиент температуры, появляющийся при отсутствии сажи, однако при присутствии адекватного воздуха нагретого сажей, в результате чего атмосфера нагревается, однако температура земли не меняется. Таким образом, сажа оказывает сложное метеорологическое воздействие и способна повлиять на климатические условия планеты.

Как показано в работе [3], в результате увлажнения аэрозоля над океаном измеренная величина оптической плотности аэрозоля может иметь величину, большую на 50% по сравнению с неувлажненным аэрозолем. Как показали проведенные экспериментальные исследования измеренная величина оптической плотности аэрозоля при относительной влажности 85% была на 30% выше чем при 40%-ной относительной влажности.

В работе [4] сообщается, что гидрофобичная сажа существенно не изменяет свои оптические свойства и структуру при переходе от сухой среды к влажной среде. Однако, гидрофильская сажа подвержена сильному влиянию паров воды. Гидрофильская сажа под воздействием влажной атмосферы подвергается основательной реструктуризации, в результате чего оптические свойства сажи сильно изменяются. Так, например, согласно данным приведенным в [4] оптическая плотность в высокой степени гидрофильской

сажи всего за 20 минут может увеличиться от 0,02 до 0,15 при повышении относительной влажности до 100%.

Вышеприведенный краткий обзор временного развития оптических свойств «свежих» аэрозолей позволяет нам определить те основные средства атмосферных измерений в УФ, видимом и ближнем ИК диапазонах, в которых эффект старения приводит к неопределенности полученного результата.

1. Пиранаметрические измерения общей радиации Солнца.
2. Фотометрические и спектрометрические измерения общего количества атмосферных газов.
3. Лидарные измерения.

В то же время атмосферный аэрозоль обладает другим важным свойством, заключающимся в том, что распределение объемной концентрации аэрозоля имеет бимодальный характер, т.е. суммарная оптическая плотность аэрозоля τ_{Σ} может быть представлена в виде определенной комбинации оптических плотностей мелкодисперсного (τ_f) и крупнодисперсного (τ_c) аэрозоля. При этом важно учесть следующие свойства вышеуказанных дисперсионных составляющих:

1. Фактически отсутствует статистическая связь между мелкодисперсным и крупнодисперсным составляющим аэрозолей.
2. Оптическая плотность крупнодисперсной составляющей аэрозоля фактически не зависит от длины волны, в то время как оптическая плотность мелкодисперсной составляющей сильно зависит от длины волны. Эта зависимость известна в виде эмпирической формулы Ангстрема, согласно которой

$$\tau_f = \beta \lambda^{-\alpha} \quad (1)$$

где: $\beta = \tau_f (\lambda=1 \text{ мкм})$; α – показатель Ангстрема.

Таким образом, исходными требованиями для разработки скомпенсированных фотометрических устройств являются:

1. Синтезируемый фотометр должен обеспечить нейтрализацию влияния эффекта старения на результат измерения.
2. Синтезируемый фотометр должен учесть вышеприведенные дисперсно – волновые свойства оптических плотностей фракционных составляющих аэрозоля.

Легко показать, что модель трехволнового фотометра предложенного в работе [5] вполне удовлетворяет этим требованиям. Так, функция промежуточного преобразования, предложенная в данной работе имеет следующий вид

$$z = \frac{I_1^{k_1}(\lambda_1) \cdot I_3^{k_3}(\lambda_3)}{I_2^{k_2}(\lambda_2)} \quad (2)$$

где: $I_i(\lambda_i)$ – сигнал на выходе i -го фотометра, работающего на длине волны λ_i ; k_i – корректирующие коэффициенты.

Для дальнейшего анализа воспользуемся законом Бугера-Бера, который в диапазоне длин волн $0,3 - 0,7 \text{ мкм}$ имеет следующий вид

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-m[\tau_{03}(\lambda) + \tau_{per}(\lambda) + \tau_{aer}(\lambda)]} \quad (3)$$

где: $I_0(\lambda)$ – величина солнечной постоянной на длине волны λ ; m – воздушная масса; $\tau_{03}(\lambda)$ – оптическая плотность озона; $\tau_{per}(\lambda)$ - оптическая плотность релеевского рассеяния; $\tau_{aer}(\lambda)$ - оптическая плотность аэрозоля.

С учетом (2) и (3) можно получить следующие условия полной раздельной компенсации влияния фракционных составляющих аэрозоля, а также эффекта старения.

$$k_1 \tau_f(\lambda_1) d_f(t) + k_3 \tau_f(\lambda_3) d_f(t) = k_2 \tau_f(\lambda_2) d_f(t) \quad (4)$$

$$k_1 \tau_c(\lambda_1) d_c(t) + k_3 \tau_c(\lambda_3) d_c(t) = k_2 \tau_c(\lambda_2) d_c(t) \quad (5)$$

где: $d_f(t)$ и $d_c(t)$ - соответственно коэффициенты, показывающие изменение оптических свойств мелкодисперсного и крупнодисперсного аэрозоля из-за эффектов старения и гигиенического роста.

Как видно из выражений (4) и (5) множители $d_f(t)$ и $d_c(t)$ сокращаются и в принципе в дальнейшем не влияют на результаты вычисления коэффициентов k_1 и k_3 исходно приняв $k_2 = 1$.

Однако, можно показать, что трехволновый фотометр с двухпараметрической коррекцией, предложенный в работе [5] имеет некоторую избыточность в отношении мер корректировки. Так, если учесть независимость τ_c от λ , то с учетом $k_2=1$ из выражения (5) имеем

$$\tau_c (k_1 + k_3) = \tau_c \quad (6)$$

т.е.

$$k_1 + k_3 = 1 \quad (7)$$

Выражение (4) с учетом $k_2=1$ имеет следующий вид

$$k_1 \cdot \tau_f(\lambda_1) + k_3 \tau_f(\lambda_3) = \tau_f(\lambda_2) \quad (8)$$

Учитывая (7) и (8) имеем

$$k_1 \cdot \tau_f(\lambda_1) + (1 - k_1) \tau_f(\lambda_3) = \tau_f(\lambda_2)$$

или

$$k_1 [\tau_f(\lambda_1) - \tau_f(\lambda_3)] = \tau_f(\lambda_2) - \tau_f(\lambda_3) \quad (9)$$

Из выражения (9) имеем

$$k_1 = \frac{\tau_f(\lambda_2) - \tau_f(\lambda_3)}{\tau_f(\lambda_1) - \tau_f(\lambda_3)} \quad (10)$$

Полученное выражение (10) дает основание полагать, что величина коэффициента k_1 всегда меньше единицы, если $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ и $\tau(\lambda_1) > \tau(\lambda_2) > \tau(\lambda_3)$.

Выражение (10) также дает основание предложить два новых способа построения скомпенсированных трехволновых фотометров.

1. Длины волн λ_1 , λ_2 и λ_3 рассматриваются в качестве неизменных величин. В этом случае коэффициент k_1 вычисляется по формуле (10).

2. Считаем, что параметры k_1 , λ_1 и λ_3 неизменны. При этом величина λ_2 может быть изменена. Из выражения (10) имеем

$$\begin{aligned} \tau_f(\lambda_2) &= k_1 [\tau_f(\lambda_1) - \tau_f(\lambda_3)] + \tau_f(\lambda_3) \\ \lambda_2 &= \tau_f^{-1} \{k_1 [\tau_f(\lambda_1) - \tau_f(\lambda_3)] + \tau_f(\lambda_3)\} \end{aligned} \quad (11)$$

Заключение. Отметим, что оба вышеуказанных способов способны обеспечить такую же точность компенсации влияния аэрозоля, которая обеспечивается в трехволновом фотометре с двухпараметрической коррекцией. Однако, первый из предложенных вариантов по сравнению со вторым вариантом обладает тем преимуществом, что в нем обеспечивается взаимная компенсация нестабильности которая может быть вызвана из-за изменения коэффициента β .

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить существующую избыточность в процедурах корректировки известных трехволновых солнечных фотометров с параметрической коррекцией. Предложены два новых способа построения скомпенсирован-

ных трехволновых фотометров в которых процедура корректировки ограничивается вычислением и установкой одного корректирующего показателя.

REFERENCES

1. **Oshima N., Koike M.** Development of a parameterization of black carbon aging for use in general circulation models. Geosci., Model Dev., 6, 263-282, 2013.
2. **Lund M.T., Berntsen T.** Parameterization of black carbon aging in the OsloCTM2 and implications for regional transport to the Arctic. Atmos. Chem. Phys., 12, 6999-7014, 2012.
3. **Jeong M.-J., Li Z., Andrews E., Tsay S.-C.** Effect of aerosol humidification on the column aerosol optical thickness over the Atmospheric Radiation Measurement Southern Great Plains site. Journal of Geophysical research, vol. 112, D10202, doi:10.1029/2006JD007176, 2007.
4. **McMeeking G.R., Good N., Petters M.D., McFiggans G., Coe H.** Influences on the fraction of hydrophobic and hydrophilic black carbon in the atmosphere. Atmos. Chem. Phys., 11, 5099-5112, 2011. www.atmos-chem-phys.net/11/5099/2011/ doi:10.5194/acp-11-5099-2011 © Author(s) 2011. CC Attribution 3.0 License.
5. **Asadov H.H., Mirzabalayev I. M., Aliyev D.Z., Agayev J.A., Azimova S.R., Nabiiev N.A., Abdullayeva S.N.** "Synthesis of corrected multi-wavelength spectrometers for atmospheric trace gases," Chin. Opt. Lett. 7, 361-363 (2009) <https://www.osapublishing.org/col/abstract.cfm?URI=col-7-5-361>

GÜNƏŞ FOTOMETRLƏRİNĐƏ ATMOSFER AEROZOLUNUN TƏSİRİ NƏTİCƏSİNĐƏ YARANAN XƏTALARIN KOMPENSASIYASI MƏSƏLƏLƏRİ

Y.N. ƏLİYEVA

Çoxdalğalı Günəş fotometrlərində atmosfer aerozolunun təsiri nəticəsində yaranan xətaların kompensasiyası imkani tədqiq edilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar məlum üçdalğalı Günəş fotometrlərində korreziya prosedurlarında olan izafiliyi aşkar etməyə imkan vermişdir. Kompensasiya edilmiş fotometrlərin qurulmasının iki yani üsulu təklif edilir. Təklif edilən qurğularda korreksiya proseduru bir korreksiyanın hesablanması və tətbiqi ilə məhdudlanır.

Açar sözlər: fotometr, atmosfer, aerozol, xətas, korreksiya.

QUESTIONS ON COMPENSATION OF ERROR OF SUN PHOTOMETERS OCCURRED DUE TO EFFECT OF ATMOSPHERIC AEROSOL

Y.N. ALIYEVA

The possibility of compensation of error of sun photometers occurred due to impact of atmospheric aerosol is researched. The held researches make it possible to reveal the surplus of correction procedures used in known three wavelength sun photometers. Two new methods for construction of compensated sun photometers are suggested. In the suggested constructions the correction procedure is limited by calculation and installation of single correction parameter.

Keywords: photometer, atmosphere, aerosol, error, correction

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 dillərdə yazılı bilər və onun bir nüsxəsi redaksiyaya təqdim olunmaqla, aşağıdakılardı özündə əks etdirməlidir:

1. Məqalənin adı, müəlliflərin adı (3 dildə tərcüməsi), işin yerinə yetirildiyi müəssisənin adı;
2. UDK kodu;
3. Annotasiya, 5 cümlədən çox olmayıaraq (3 dildə tərcüməsi);
4. Açıq sözlər, 10 sözdən çox olmayıaraq (3 dildə tərcüməsi);
5. Məqalənin mətni;
6. Ədəbiyyat siyahısı (mənbə haqqında tam məlumat);

7. Şəkilaltı yazılar və cədvəller;

8. Müəlliflər haqqında məlumatlar (adi, soyadı, atasının adı, elmi dərəcəsi, elmi rütbəsi, vəzifəsi, telefon nömrəsi, e-mail adresi), hansı müəlliflə yazışma aparılmış olunduğu qeyd edilməli;

Məqalənin əlyazmasına müəssisə rəhbərinin imzası ilə razılıq məktubu əlavə olunmalıdır.

Mətnin yenidən yiğilması zamanı yarana biləcək nöqsanları aradan qaldırmaq məqsədi ilə məqalə mətni Word for Windows formatında, Times New Roman şrifti ilə elektron şəklində də redaksiyaya təqdim edilməlidir.

Əlyazmanın nəşri üçün müəlliflərdən ödəniş alınmir.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Редколлегия журнала рассматривает рукописи статей, которые соответствуют научному профилю журнала, нигде не опубликованы и не переданы в редакции других журналов.

В редакцию следует представить 1 экземпляр статьи на азербайджанском, русском или английском языке, который включает:

1. Название статьи, имена авторов (с переводом на три языка), 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. Подрисуночные подписи и надписи к таблицам.

8. Сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, e-mail) с указанием автора для переписки.

К рукописи необходимо приложить сопроводительное письмо с подписью руководителя учреждения.

С целью исключения опечатки при верстке статьи просьба прислать текст и рисунки в электронном виде в формате Word for Windows, шрифт Times New Roman.

Плата с авторов за публикацию рукописи не взымается.

ARTICLE FORMATTING RULES

The Editorial Board reviews manuscripts of potential articles matching the profile of scientific journal, never were published or submitted for review to other publications.

The Author/s should submit one copy of article in Azerbaijani, Russian or English, including next:

1. Title, authors' names (translated into three languages), 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 10. № 2
Vol. 10. № 2
Том 10. № 2

BAKİ – 2018

İnformasiya şöbəsinin müdürü
N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdürü
A.M. Dənziyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və
hazır diapozitivlərdən “Apostroff”
mətbəəsində ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.

*Çapa imzalanmış 7.06.2018,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli, f.ç.v. 16.5
Tirajı 1255 əd.*

