



Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının XƏBƏRLƏRİ

HERALD
of the Azerbaijan Engineering Academy

ВЕСТНИК
Азербайджанской Инженерной Академии

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

Cild 8. № 2
Vol. 8. № 2
Том 8. № 2

BAKİ – 2016

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

BAŞ REDAKTOR – AKADEMİK A.M. PAŞAYEV

Baş redaktorun müavini – akademik A.Ş. Mehdiyev

Baş redaktorun müavini – akademik Ə.X. 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 İ.R. Sadıqov, müxbir üzv N.A. Əliyev, müxbir üzv H.F. Mirələmov

REDAKSİYA ŞURASI:

akademik B.V. Qusev (Rusiya), prof. N. Antoneski (Rumınıya), akademik Saqdeyev R.Z. (ABŞ),

prof. Bravu Konstantin (İsrail), prof. Baur Reinhard (Almaniya), prof. F. Franek (Avstriya),

akademik B.T. Jumaqulov (Qazaxıstan), prof. P. Jost (Böyük Britaniya), prof. Junq – Younq Son (Koreya),

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

prof. Nejdet Sağlam (Türkiye), akademik V.E. Panin ((Rusiya), prof. S. Pytko (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.Sh. Mehtiyev, academician

Deputy editor – A.Kh. Janahmadov, academician

EDITORIAL BOARD:

A.M. Abasov, academician, **R.I. Abdullayev**, academician, **H.S. Bagirov**, academician,

N.H. Javadov, academician, **B.H. Aliyev**, academician, **J.J. Asgarov**, academician, **A.Z. Quliyev**,

academician, **Q.A. Mamedov**, academician, **G.H. Mamadova**, academician, **I.R. Sadigov**, academician, **N.A. Aliyev**, member of correspondent, **H.F. Miralamov**, member of correspondent

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

B.V. Gusev, academician (Russia), **N. Antonesku**, professor (Romania), **R.Z. Saqdeev**, academician (USA), **Bravu Konstantin**, professor (Israel), **Baur Reinhard**, professor (Germany), **F. Franek**, professor (Austria), **B.T. Zhumagulov**, academician (Kazakhstan), **Piter Jost**, professor (Great Britain),

Jung – Young Son, professor (Korea), **A.V. Karimov**, academician (Uzbekistan), **D. Mavrakis**,

professor (Greece), **N.K. Mishkin**, academician (Belarus), **Nejdet Saglam**, professor (Turkey),

V.E. Panin, academician (Russia), **S. Pytko**, professor (Poland), **A.I. Vasiliyev**, academician (Ukraine)

TƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birligi.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövriliyi ildə 4 dəfədir.

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

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

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

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

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

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvani: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,

Bakı şəhəri, K.Səfərəliyeva 22.

Tel/Faks: (+99412) 598 24 52
(dax. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://ama.com.az>

REKLAMALARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR REDAKSİYAYA
MÜRACİƏT EDƏ BİLƏRSİNİZ

FOUNDER:

Public union “Azerbaijan Engineering Academy”

Journal published since November, 2009.

Issued 4 times a year.

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

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

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

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

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

For juristic and for natural persons – 1156

Address of editorial offices:
Azerbaijan Republic, AZ 1010,

Baku, K.Safaraliyeva 22.

Tel/Fax: (+99412) 598 24 52
(inter. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://ama.com.az>

CONCERNING ADVERTISING
PLACING TO ADDRESS
IN EDITION

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Общественное объединение
«Азербайджанская Инженерная Академия».

Журнал издается с ноября 2009 года.

Выходит 4 раза в год.

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

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

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

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техническим наукам 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
(внутр. 6-59)

E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://www.ama.com.az>

ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ
РЕКЛАМЫ ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ

M Ü N D Ə R İ C A T

M ö h k e m l i k f i z i k a sı

Vəliyev R.G., Cavadov N.H., Dışın O.A.

Ümumiləşdirilmiş qızıl nisbətlərdən istifadə etməklə plastik deformasiya zamanı bərk cismin kritik vəziyyətlərinə nəzarət 7

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

Canəhmədov Ə.X., Pirverdiyev E.S., Skripnik V.S., Juravlyov D.Y., Vitvitskiy V.S.

Qazına bucurqadı əyləc qasnağının çənbərinin elektrotermomexaniki yeyilməsi və dağılması (4 hissə) 18

Mirzəyev O.H.

Fontan armaturunun flans birləşmələrində hermetikləşdirmə dərəcəsinin tədqiqi 34

Kərimov Ö.M., Abbasov E.İ.

Plunjerin silindr daxilində tutduğu vəziyyətin nasosun işinə təsirinin tədqiqi 42

N e f t v e q a z

Səmədəzadə A.T.

Tükənmə rejimində işləyən qazkondensat yataqlarının işlənilmə məsələlərinin modelləşdirilməsi 48

Mürvətov F.T.

Quyuların neft hasılatının artırılması üsullarının tətbiqi məqsədilə obyektlərin şəraitdən asılı olaraq təyini (Siyəzən monoklinal neft yatağı timsalında) 60

Volçenko D.A., Mirələmov H.F., Vozniy V.R.

Su vurmanın tətbiqi ilə neftçixarma artımının potensialı 65

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

Zeynalov E.T., Hüseynova E.Ə., Bağırova N.N., Əcəmov K.Y.

Aktivləşmə üsulunun nikel katalizatorunun aktivliyinə təsiri 72

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

Həsənov M.H., İsgəndərzadə Ş.H.

Səsqəbulu traktının və otağın akustik xarakteristikalarının avtomatlaşdırılmış kompyüter tədqiqi 79

Dışın O.A., Yəhyayeva A.N.

İkinci tip intervallı qeyri-səlis çoxluqların tətbiqi ilə qeyri-səlis məntiq nəticəsi əsasında ən yaxşı alternativin seçilməsi 87

E n e r g e t i k a

Yusifbəyli N.A., Quliyev H.B., Qasimov R.A.

Paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv güc axınlarının qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi əsasında idarə olunma effektivliyinin artırılması 96

I n s a a t

Naqruzova L.P., Yertskina Y.B.

Arxitektura obyektlərinin layihələndirilməsində mühəndis-həndəsi modelləşdirmə 106

E k o l o g i y a

Kəlbəliyev Q.İ., Mustafayeva G.R., Süleymanov G.Z., Rəsulov S.R.

Resirkulyasiya yolu ilə tullantı sularından üzvi məhsulların eskstraksiyası prosesinin ekoloji aspektləri 111

Amanova Ş.S.

Arid meşə landşaftlarının antropogen transformasiyası 121

K e n d t e s e r r ü f a tı

Əliyev B.H., Atabayev E.R.

Azərbaycanda ərzaq təhlükəsizliyi səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və özünütəminetmə strategiyasının xüsusiyyətləri 126

A k a d e m i k B.V. Qusevin 80 illik yubileyi

136

X r o n i k a

138

C O N T E N T S

Physics of strength

Veliyev R.Q., Javadov N.G., Dyshin O.A.

Control of critical conditions of solids using the golden ratio at plastic deformation 7

Mechanics and mechanical engineering

Janahmadov A.Kh., Pirverdiyev E.S., Skrypnyk V.S., Zhuravlev D.Y., Vitvitskiy V.S.

Electro-thermo-mechanical wear and destruction of the pulley rim
of drawworks brake (Part IV) 18

Mirzoyev O.H.

Investigation of hermetic sealing level in flanged connections of well-control equipment 34

Kerimov O.M., Abbasov E.I.

Analyses of the influence of plunger position inside cylinder on the pump efficiency 42

Oil and gas

Samedzade A.T.

Modelling the gas-condensate fields in the exhaustion regime 48

Murvatov T.F.

Definition of objects based on methods to increase well oil flow
(oil fields in Siazan monocline) 60

Volchenko D.A., Miralamov G.F., Vozniy V.R.

Potential to improve oil recovery using water-flooding 65

Chemical technology

Zeynalov E.T., Guseynova E.A., Bagirova N.N., Adjamov K.Yu.

Influence of activation method on nickel catalyst 72

Information Technology

Hasanov M.H., Isgandarzada Sh.H.

Research the automated computer path of sound reproduction and
acoustic characteristics of the building 79

Dyshin O.A., Yahyaeva A.N.

Selection based best alternative fuzzy inference interval of fuzzy sets of the second type 87

Energetics

Yusibayli N.A., Guliyev H.B., Qasimov R.A.

Methods of increasing the efficiency of the fuzzy control of the reactive
stream capacity in the distributive electric networks 96

Building

Nagruzova L.P., Ertskina E.B.

Engineering and geometric modeling in design of architectural objects 106

Ecology

Kelbaliyev G.I., Mustafayeva G.R., Suleymanov G.Z., Rasulov S.R.

Ecological aspects of extraction process of organic solutions from sewage by recycling 111

Amanova Sh.S.

Anthropogenic transformation of landscapes of arid forests 121

Agriculture

Aliyev B.G., Atababayev E.R.

Food security estimation and features of self-sufficiency strategy in Azerbaijan 126

On the 80th anniversary of academician B.V. Gusev 136

Chronicle 138

СОДЕРЖАНИЕ

Физика прочности

Велиев Р.Г., Джавадов Н.Г., Дышин О.А.

Контролирование критических состояний твердого тела при пластической деформации с использованием обобщенных золотых отношений 7

Механика и машиностроение

Джанахмедов А.Х., Пирвердиев Э.С., Скрыпнык В.С., Журавлев Д.Ю., Витвицкий В.С.

Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть 4) 18

Мирзоев О.Г.

Исследование степени герметизации фланцевых соединений фонтанной арматуры 34

Керимов О.М., Аббасов Э.И.

Исследование влияния занимаемого положения плунжера внутри цилиндра на работу насоса 42

Нефть и газ

Самедзаде А.Т.

Моделирование задач разработки газоконденсатных месторождений в режиме истощения 48

Мурватов Ф.Т.

Определение объектов в зависимости от условий с целью применения методов повышения дебита нефти скважин (на примере Сиязаньской моноклиниали) 60

Вольченко Д.А., Мираламов Г.Ф., Возный В.Р.

Потенциал повышения нефтеизвлечения с применением заводнения 65

Нефтехимические технологии

Зейналов Э.Т., Гусейнова Э.А., Багирова Н.Н., Аджамов К.Ю.

Влияние метода активации на активность никелевого катализатора 72

Информационные технологии

Гасанов М.Г., Искендерзаде Ш.Г.

Автоматизированное компьютерное исследование тракта звуковоспроизведения и акустических характеристик помещения 79

Дышин О.А., Яхъяева А.Н.

Выбор наилучшей альтернативы на основе нечеткого логического вывода с применением интервальных нечетких множеств второго типа 87

Энергетика

Юсифбейли Н.А., Гулиев Г.Б., Гасымов Р.А.

Методика повышения эффективности нечеткого управления потоком реактивной мощности в распределительных электрических сетях 96

Строительство

Нагрузова Л. П., Ерцкина Е.Б.

Инженерно-геометрическое моделирование при проектировании архитектурных объектов 106

Экология

Келбалиев Г.И., Мустафаева Г.Р., Сулейманов Г.З., Расулов С.Р.

Экологические аспекты процесса экстракции органических растворов из сточных вод рециркуляцией 111

Аманова Ш. С.

Антropогенные трансформации аридно-лесных ландшафтов 121

Сельское хозяйство

Алиев Б.Г., Атабаев Э.Р.

Оценка уровня продовольственной безопасности и особенности стратегии самообеспечения в Азербайджане 126

К 80-летию академика Б.В. Гусева 136

Хроника 138

КОНТРОЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННЫХ ЗОЛОТЫХ ОТНОШЕНИЙ

Р.Г. ВЕЛИЕВ, Н.Г. ДЖАВАДОВ, О.А. ДЫШИН

Дан анализ методов контроля критических состояний твердого тела при пластической деформации с использованием обобщенных золотых отношений. Установлены зависимости золотых отношений с числами Фибоначчи и с точками бифуркации в сценарии Фейгенбаума перехода к детерминированному хаосу.

Ключевые слова: классические и обобщенные золотые пропорции, числа Фибоначчи, универсальность Фейгенбаума, точки бифуркации.

Введение. Использование идей синергетики [1], учитывающей закономерности самоорганизующихся структур, позволяет исследовать эволюционный процесс изменения механических свойств деформируемого твердого тела под влиянием внешних факторов (напряжение, температура, скорость и вид нагружения, размеры образца, состояние поверхности, степень агрессивности окружающей среды и т. д.) и определить фундаментальные свойства материала, инвариантные к внешним условиям.

Критические точки, контролирующие переход системы через кризис, содержат уникальную информацию о свойствах материала. Это делает необходимым определение механических свойств именно вблизи точек неустойчивости системы, обладающих свойством автомодельности и универсальности [2]. Высокая информативность и инвариантность к внешним условиям параметров, контролирующих точки бифуркаций, дают возможность осуществлять многопараметрическую оптимизацию механических свойств конструируемых композитных материалов [3] и обеспечивать благоприятное сочетание их сопротивления пластической деформации и разрешению. Нестационарные условия работы конструкционных сплавов в эксплуатации провоцируют проявление динамической нестабильности структуры, особенно в случае многофазных сплавов. Структурные изменения, протекающие в сплавах под нагрузкой, внешне проявляющиеся в изменении микроструктуры и морфологии составляющих фаз, определяют реализацию различных механизмов пластической деформации.

Цель работы – показать возможность контроля критических состояний теоретической прочности на сдвиг и отрыв и точек бифуркации, отвечающих смене механизма диссипации энергии при пластической деформации твердого тела, с использованием

обобщенных золотых пропорций; рассмотреть связи золотых отношений с параметрами самоподобных (автомодельных) фрактальных структур, образующихся в процессе деформации, и связи с числами Фибоначчи и универсальностью Фейгенбаума.

1. Закон «золотого отношения» и его связь с числами Фибоначчи и универсальностью Фейгенбаума

Классический пример золотого сечения («золотой пропорции») – деление отрезка в среднепропорциональном отношении, когда целое так относится к своей большей части (b), как большая часть (b) к меньшей (a):

$$\frac{a+b}{b} = \frac{b}{a} \quad (1.1)$$

Это свойство было известно еще в античные времена и получило название «закон золотого сечения» (ЗС).

Следует отметить аналогию между золотым отношением (1.1) и числами Фибоначчи. Числами Фибоначчи называются [4] члены численной последовательности, каждый из которых, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих, например: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, ... или 2, 5, 7, 12, 19, 31, 50, 81, 131, 212, 343, 555, ... и т.д.

Очевидно, что никакая арифметическая прогрессия, кроме тривиальной, все члены которой равны нулю, не образует последовательности чисел Фибоначчи. Что касается геометрической прогрессии вида

$$a_n = a_1 q^{n-1}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (1.2)$$

то ее члены являются числами Фибоначчи

$$a_n = a_{n-2} + a_{n-1}, \quad (1.3)$$

если знаменатель (q) геометрической прогрессии (1.2) будет корнем квадратного уравнения

$$q^2 = q + 1. \quad (1.4)$$

Это уравнение имеет два корня:

$$q_1 = (\sqrt{5} + 1)/2 = \Phi, \quad q_2 = (\sqrt{5} - 1)/2 = \Phi^{-1}, \quad (1.5)$$

где $\Phi = 1,618$ – так называемая константа Фибоначчи. Отсюда, конечно, не следует, что ряд чисел Фибоначчи обязательно является геометрической прогрессией. Если $\{a_n\}$ – последовательность чисел Фибоначчи, то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_{n+1}/a_n = \Phi \quad (1.6)$$

Обозначим $d_1 = \Phi$, $\Delta_1 = 1/d_1 = \Phi^{-1} = 0,618$.

Золотым сечением называется деление отрезка AB на пропорциональные части a и b ($a < b$) такие, что

$$b : a = \Delta_1 : (1 - \Delta_1) = 0,618 : 0,312 = 61,8 : 38,2 \quad (1.7)$$

Возрастающая последовательность положительных чисел $\{a_n\}$ ($a_n > 0$) удовлетворяет закону золотого сечения, если

$$a_n : a_{n-1} = 61,8 : 38,2 = 1,617801 \quad (1.8)$$

Обратим внимание на явную аналогию между свойством (1.6) последовательностей чисел Фибоначчи и универсальной константой Фейгенбаума.

Пусть задан временной ряд вида

$$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n, \dots . \quad (1.9)$$

Если этот ряд представляет собой геометрическую прогрессию (1.2) со знаменателем $0 < q < 1$, то существует зависимость

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_n - k_1}{k_2 - k_1} = \frac{1}{1 - q} \quad (1.10)$$

Пусть члены ряда (1.9), начиная с некоторого $n = n_0$, представляют собой точки бифуркации $k = 1/\mu$ квадратичного отображения

$$y = \mu x(1 - x), \quad 0 < \mu < 4, \quad 0 < x < 1. \quad (1.11)$$

Связь между точками $k_{n_0}, k_{n_0+1}, \dots$ соответствующими точками бифуркации $\mu_{n_0}, \mu_{n_0+1}, \dots$ отображения (1.11), всегда имеет вид

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_{n+1} - k_n}{k_n - k_{n-1}} = 0,2141693 \dots, \quad (1.12)$$

т.е. ряд (1.9) – геометрическая прогрессия со знаменателем $q = 0,2141693 \dots$

Соотношение (1.12) вытекает из полученного Фейгенбаумом [5] предельного соотношения для точек бифуркации μ_n отображения (1.11):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\mu_n - \mu_{n-1}}{\mu_{n+1} - \mu_n} = 4,6692016 \dots, \quad (1.13)$$

где $F = 4,6692016$ – универсальная константа Фейгенбаума, причем соотношение (1.13) выполняется и для других квадратичных отображений интервала в себя, таких как $x^2 + c, 1 - cx^2, c\sin(\pi x), cx^2\sin(\pi x)$, определенных на подходящих интервалах и получаемых из (1.11) заменами переменной x и параметра μ [6]. Из (1.12) и (1.13) следует, что

$$q = \frac{1}{F} = \frac{1}{4,6692016}. \quad (1.14)$$

В этом случае выражение (1.10) принимает значение

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_n - k_1}{k_2 - k_1} = \frac{1}{1 - q} = \frac{1}{0,7858} = 1,2725. \quad (1.15)$$

Это соотношение можно интерпретировать следующим образом [7].

Число $1,2725 \approx 1,2720 = \Phi^{0,5}$, где $\Phi = 1,618034 \dots$ – константа Фибоначчи. Тогда из (1.15) следует $1/(1 - q) = \Phi^{0,5}$, откуда

$$q = \frac{\Phi^{0,5} - 1}{\Phi^{0,5}}. \quad (1.16)$$

С учетом (1.14) получаем связь между константами Фейгенбаума и Фибоначчи в виде

$$F = \frac{1}{q} = \frac{\Phi^{0,5}}{\Phi^{0,5} - 1}. \quad (1.17)$$

Такая связь имеет взаимообратимый характер, что следует из очевидных преобразований равенства (1.15):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_{n+1} - k_1}{k_2 - k_1} = \frac{1/q}{1/q - 1} = \frac{F}{F - 1} = \Phi^{0,5}. \quad (1.18)$$

Соотношения (1.17), (1.18) путем умножения и перегруппировки членов легко приводятся к другим разновидностям, например

$$F\Phi^{0,5} = F + \Phi^{0,5}, \quad \frac{1}{F} + \frac{1}{\Phi^{0,5}} = 1. \quad (1.19)$$

Общий закон золотого отношения заключается в пропорциональности соотношения между целым и его частями с использованием обобщенной золотой p – пропорции [8]. Обобщенной золотой p – пропорцией называют положительный корень уравнения

$$x^{p+1} = x^p + 1 \quad (1.20)$$

При $p=1,2,3,4,\dots$ решение этого уравнения дает следующую последовательность обобщенных золотых p -пропорций (рис.1.1)

$$d_1 = 1,618 \rightarrow d_2 = 1,465 \rightarrow d_3 = 1,380 \rightarrow d_4 = 1,324, \dots \quad (1.21)$$

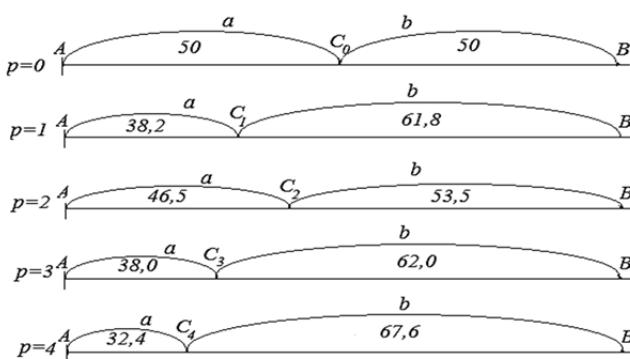


Рис.1.1. Схема деления отрезка AB в золотой p -пропорции при $p=1,2,3,4$.

При $p=0$ получается деление отрезка пополам, а при $p=1$ – классическое золотое сечение.

Зададимся числовым параметром p , который может принимать любые значения: $0,1,2,3,4,5,\dots$. Рассмотрим числовой ряд, $p + 1$ первых членов которого – единицы, а каждый из последующих равен сумме двух членов предыдущего и отстоящего от предыдущего на p шагов. Если n -й член этого ряда обозначить через $\varphi_p(n)$, то получим общую формулу

$$\varphi_p(n) = \varphi_p(n - 1) + \varphi_p(n - p - 1) \quad (1.22)$$

Очевидно, что при $p = 0$ мы получим «двоичный» ряд $1,2,3,4,5,6,8,16,\dots$ при $p = 1$ – ряд Фибоначчи, при $p = 2,3,4,\dots$ – новые ряды чисел, которые получили название p – чисел Фибоначчи. Отношения соседних p – чисел Фибоначчи с абсолютной математической точностью совпадают в пределе с золотыми p – пропорциями. Математики

в таких случаях говорят, что золотые p – сечения являются числовыми инвариантами p – чисел Фибоначчи.

Факты, подтверждающие существование золотых p – сечений в природе, приводит белорусский ученый Э.М. Сороко в книге [9]. Оказывается, например, что хорошо изученные двойные сплавы обладают особыми, ярко выраженными функциональными свойствами (устойчивы в термическом отношении, тверды, износостойки, устойчивы к окислению и т.п.) только в том случае, если удельные веса исходных компонентов связаны друг с другом одной из золотых p – пропорций. Это позволило автору выдвинуть гипотезу о том, что золотые p – сечения есть числовые варианты самоорганизующихся систем. Будучи подтвержденной экспериментально, эта гипотеза может иметь фундаментальное значение для развития синергетики.

Золотая p – пропорция обладает теми же свойствами, что и классическая золотая пропорция (1 – пропорция): при вычитании единицы она переходит в числа, обратные его p – й степени, т.е.

$$d_p - 1 = 1/d_p^p, \quad (1.23)$$

где d_p^p – p -я степень числа d_p . Это означает, что ряду обобщенных золотых p – пропорций (1.21) отвечает следующий ряд из $\Delta_p = 1/d_p^p$ p – пропорций:

$$\Delta_1 = 0,618 \rightarrow \Delta_2 = 0,465 \rightarrow \Delta_3 = 0,380 \rightarrow \Delta_4 = 0,324, \dots \quad (1.24)$$

В работе [2] Δ_p – пропорции использованы для классификации металлов на отдельные группы.

2. Связь обобщенных золотых пропорций с отношением теоретической прочности на сдвиг и отрыв

Одним из важнейших свойств критических точек (точек перехода «устойчивость – неустойчивость – устойчивость») при деформировании материалов является взаимосвязь параметров, контролирующих эти точки. Критерием устойчивости кластера при деформации твердого тела является условие [10]

$$W_d/W_v \leq W_d^c/W_v^c, \quad (2.1)$$

где W_d, W_d^c – плотность энергии дисторсии (изменения формы) и ее критическое значение; W_v, W_v^c плотность энергии дилатации (изменения объема) и ее критическое значение. Для микрокластера они могут быть выражены через напряжения в виде

$$W_d = \frac{\tau^2}{2G}, \quad W_d^c = \frac{\tau_c^2}{2G}, \quad (2.2)$$

$$W_v = \frac{\sigma^2}{2G}, \quad W_v^c = \frac{\sigma_c^2}{2G}, \quad (2.3)$$

где G - модуль сдвига и упругий модуль (модуль Юнга) для неповрежденного материала в кластере; τ, τ_c – напряжение сдвига и его критическое значение; σ, σ_c – напряжение отрыва и его критическое значение.

Отношение τ_c/σ_c характеризует критическое состояние кластера при достижении им неустойчивости. При рассмотрении такого кластера с точки зрения теории переколяции (протекания) [11] можно говорить об образовании при $\tau/\sigma = \tau_c/\sigma_c$ бесконечного кластера, отвечающего фазовому переходу.

Критические безразмерные константы, контролирующие устойчивость микрокластера в деформированном твердом теле, также как и критические показатели в теории протекания взаимосвязаны. Зависимость между ними вытекает из соотношений (2.2) и (2.3) для W_d^c и W_v^c , из которых следует, что:

$$\frac{\tau_c}{\delta_c} = \left(\frac{W_d^c}{W_v^c} \cdot \frac{G}{E} \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

Из энергетической аналогии плавления и разрушения [12] следуют равенства $W_d^c = L_m$ и $W_v^c = H_{T_S}$, где H_{T_S} – плотность внутренней энергии при температуре плавления T_S , связанная с колебаниями атомов

$$H_{T_S} = \int_{T_c}^{T_S} C_p(T) dT, \quad (2.5)$$

где T_c – температура, ниже которой можно пренебречь вкладом в энергию решетки колебаний атомов. Тогда соотношение (2.4) можно представить в виде

$$\frac{\tau_c}{\sigma_c} = \left(\frac{L_m}{H_{T_S}} \cdot \frac{G}{E} \right)^{1/2} \quad (2.6)$$

Обозначив

$$\frac{L_m}{H_{T_S}} \cdot \frac{G}{E} = \Delta, \quad (2.7)$$

получим

$$\frac{\tau_c}{\sigma_c} = \Delta^{1/2} \quad (2.8)$$

Соотношение (2.8) с учетом (2.4) можно представить в виде

$$\frac{W_d^c}{W_v^c} = \Delta \cdot \frac{E}{G} \quad (2.9)$$

Как было указано нами в работе [13], соответствующая (2.9) формула выписана в работе [2] неверно, в правой части вместо G/E должен быть множитель E/G .

Принимая во внимание выражение для коэффициента Пуассона $\nu = \frac{E}{2G} - 1$, можно записать (2.9) в виде

$$\frac{W_d^c}{W_v^c} = 2\Delta(1+\nu). \quad (2.10)$$

Таким образом, константой подобия неустойчивости микрокластера является

$$W_d^c/W_v^c [2(1+\nu)] = \Delta \quad (2.11)$$

Как показано в [10], параметр Δ обладает свойством универсальности и инвариантности к химическому составу сплава (для сплавов на одной и той же основе), исходной структуре и условиям деформирования. Установлено, что расчет Δ по формуле (2.7) при T_c , отвечающей комнатной температуре, для различных металлов и сплавов дает значения, инвариантные к химическому составу сплава и близкие к значению Δ для основы сплава.

В [2,табл.10] приведены расчетные значения для ряда металлов и сплавов (Fe, Ti, Al), а в [2,табл.11] – характеристики упругости, отношение максимальных прочностей на сдвиг и отрыв ($\tau_c/\sigma_c = \Delta^{1/2}$) и значения W_d^c/W_v^c для металлов.

Проведенный в [2] анализ значений Δ позволил разделить металлы из вышенназванной табл. 10 на три группы (см. [2, табл.12]), в каждой из которых значения Δ согласуются с одним из значений обобщенного золотого отношения (либо $\Delta_{p_4}^2$, либо $\Delta_{p_3}^2$, либо $\Delta_{p_2}^2$), под p_k здесь понимается $p = k$.

Отсюда следует, что комплекс механических свойств $(L_m/H_{T_s})(G/E)$ для металлов и сплавов контролируется золотым отношением (либо $\Delta_{p_4}^2 = 0,1049$, либо $\Delta_{p_3}^2 = 0,144$, либо $\Delta_{p_2}^2 = 0,2162$).

3. Контролирование критических точек механического состояния при пластической деформации с использованием обобщенных золотых пропорций

Изменения механизмов пластической деформации можно контролировать не только путем непосредственного изучения деградации структуры, но и по данным анализа изменения термоактивационных параметров (таких как энергия активации и активационный объем), если использовать параметрическую зависимость прочности.

Для прогнозирования характеристик жаропрочности используется параметр $p = T(C + lgt)$, который объединяет время t до разрушения и температуру T материала, где C – постоянный коэффициент, близкий к 20. Этот вид зависимости был проанализирован Геминовым [14] на основе термофлуктуационной теории прочности, развитой Журковым [15], в результате получена характеристическая зависимость

$$p = p_t = T(C + lgt) = p_\varepsilon = T(C + lg\delta - lg\varepsilon) = L - K\delta, \quad (3.1)$$

где δ – деформация к моменту разрушения; ε – скорость ползучести; L и K – характеристики термоактивационного процесса, связанные с максимальной энергией активации процесса разрушения u_0 и структурно-чувствительным параметром γ (связанным с активационным объемом) соотношениями $L = u_0q$ и $K = \gamma q$, где $q = 52$.

Из соотношения (3.1) следует, что параметрическая зависимость p от σ , выраженная через термоактивационные параметры, является единой для скорости ползучести $\dot{\varepsilon}$ и времени до разрушения t при $C = 16,6$.

Для того чтобы перейти к анализу разрушения при ползучести, необходимо рассмотреть механизм стадии повреждаемости при длительной температурной деформации. Как известно, повреждаемость при ползучести связана с преобразованием на границах зерен, инициируемом коллективными дислокационными процессами. Они так или иначе зависят от термически-активируемых процессов скольжения и переползания дислокаций с развитием диффузии по дислокационным трубкам или объемной диффузии. Накопленные к настоящему времени экспериментальные данные позволяют составить иерархическую последовательность $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV$ включения механизмов пластической деформации в зависимости от параметра $p = L - K\delta$ [2]: I - скольжение дислокации; II - переползание дислокаций, диффузия по дислокационным трубкам; III - переползание дислокаций, объемная диффузия; IV - приграничное скольжение.

Поскольку существует иерархическая последовательность включения системой новых каналов диссипации энергии, а переход от одного механизма к другому определяется условием

$$p_e = L - K\delta = 0, \quad (3.2)$$

возможно построение карты механизмов диссипации энергии, которая является одновременно параметрической диаграммой механического состояния (рис. 3.1).

Условие (3.2) для двух экстремальных значений K_{\min} и K_{\max} записывается в виде

$$\frac{K_{\min}}{K_{\max}} = \frac{\sigma_C^{N-1}}{\sigma_C^N}, \quad (3.3)$$

а с учетом того, что смена активационных объемов в условиях автомодельности разрушения при $u_0 = \text{const}$ контролируется параметром

$$\frac{\tau_C}{\sigma_C} = \Delta^{1/2} \quad (\text{см. формулу (2.8)}), \text{ получим}$$

$$\frac{K_{\min}}{K_{\max}} = \frac{\sigma_C^{N+1}}{\sigma_C^N}, \quad (3.4)$$

На рис. 3.1 σ_C^{IV} отвечает нижней границе реализации отрыва при $L = L_1 = \text{const}$. Верхняя граница, характеризуемая σ_C^I , определяется с учетом иерархии пороговых напряжений согласно соотношению

$$\frac{\sigma_C^{IV}}{\sigma_C^{III}} = \frac{\sigma_C^{III}}{\sigma_C^{II}} = \frac{\sigma_C^{II}}{\sigma_C^I} = \Delta^{1/2} = \text{const}. \quad (3.5)$$

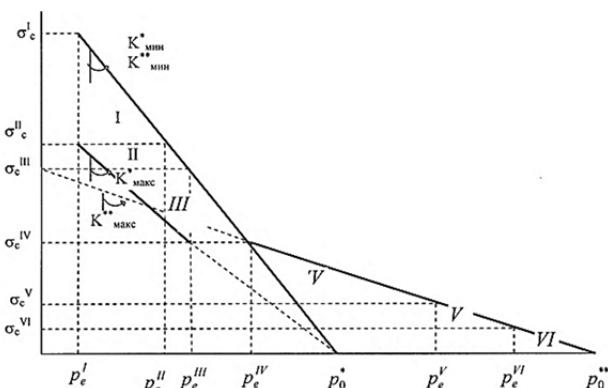


Рис.3.1. Параметрическая диаграмма механического состояния материала

Соответствующие пороговые значения эффективной энергии активации

ции p_e обозначены p_e^{IV}, p_e^{III} и т.д. Таким образом, p_e^N и σ_e^N характеризуют координаты точек бифуркаций, отвечающих смене механизма диссипации энергии. На диаграмме выделены области I-IV, соответствующие указанный выше иерархической последовательности включения механизмов пластической деформации в зависимости от параметра p .

Пороговые напряжения для областей I-VI определяются с помощью соотношений

$$\sigma_c^{II} = \sigma_c^I \Delta^{1/2}; \quad \sigma_c^{III} = \sigma_c^{II} \Delta^{1/2}; \quad \sigma_c^{IV} = \sigma_c^{III} \Delta^{1/2}; \quad \sigma_c^V = \sigma_c^{IV} \Delta^{1/2}; \quad \sigma_c^{VI} = \sigma_c^V \Delta^{1/2}, \quad (3.6)$$

экстремальные значения К и пороговых p_0 и p_e для областей I-IV – с помощью соотношений

$$K_{\min}^* = \frac{p_0^* - p_e^I}{\sigma_c^I}; \quad K_{\max}^* = K_{\min}^* \cdot \Delta^{-1/2}; \quad p_e^{II} = p_e^I + K_{\min}^* (\sigma_c^I - \sigma_c^{II}), \quad (3.6)$$

$$p_e^{III} = p_e^{II} + K_{\min}^* (\sigma_c^{II} - \sigma_c^{III}); \quad p_e^{IV} = p_e^{III} + K_{\min}^* (\sigma_c^{III} - \sigma_c^{IV}) \quad (3.7)$$

а экстремальные значения параметра K и пороговых p_0 , p_e для областей V-VI определяются как

$$K_{\min}^{**} = K_{\min}^*; \quad K_{\max}^* = \frac{p_e^{IV} - p_e^I}{\sigma_c^{III} - \sigma_c^{IV}};$$

$$p_e^V = p_e^{IV} + K_{\max}^{**} (\sigma_c^{IV} - \sigma_c^V); \quad p_0^{**} = p_e^{IV} + K_{\max}^{**} \cdot \sigma_c^{IV}. \quad (3.8)$$

Использование соотношений (3.6) – (3.8) позволяет определять долговечность материала при ползучести методом экспрессной оценки на основе кратковременных данных статического напряжения.

Для построения параметрической диаграммы механического состояния материала необходимо определить экспериментально, на основе растяжения образцов при различных температурах, пороговое разрушающее напряжение σ_c^I (принимается предел прочности) и соответствующий ему параметр p_e^I .

Установленная верхняя граница реализации разрушения, в пределах которого сохраняется постоянной энергия активации u_0^I (или L_I), позволяет придать точке с координатами σ_c^I и p_e^I смысл точки бифуркации, характеризующей верхнюю границу реализации разрушения отрывом. Тогда область пороговых напряжений в интервале $\sigma_c^I \geq \sigma_c^N \geq \sigma_c^{IV}$, отвечающих смене активационных объемов при $L_I = \text{const}$, можно выделить с помощью постоянной Δ .

В разделе 2 отмечалась связь между Δ и обобщенным значением золотой пропорции Δ_p^2 , представленная в виде (2.7), что позволяет зависимость (3.5) между пороговыми напряжениями выразить через золотую пропорцию:

$$\frac{\sigma_c^{IV}}{\sigma_c^{III}} = \frac{\sigma_c^{III}}{\sigma_c^{II}} = \frac{\sigma_c^{II}}{\sigma_c^I} = \Delta_p, \quad (3.9)$$

где Δ_p принимает одно из обобщенных значений золотой пропорции с учетом класса материала, определяемое универсальной постоянной Δ .

Заключение. Таким образом, можно считать, что точки бифуркаций деформируемого твердого тела контролируются золотой пропорцией. Последнее указывает на универсальность золотого отношения и в физико-химических неравновесных процессах, протекающих в твердых телах и связанных с критическими точками. Достижение критических условий при разрушении обуславливает спонтанные изменения размера микрокластера и, следовательно, активационного объема. Так как в критических точках параметры, контролирующие неустойчивость системы, взаимосвязаны между собой, то, зная P_e^I и σ_c^I , можно рассчитать весь спектр значений P_e^I и σ_c^N , отвечающих соответствующим областям I (скольжение дислокаций), 2 и 3 (переползание дислокации с реализацией диффузии по дислокационным трубкам) и 4 (переползание дислокаций с реализацией объемной диффузии).

Использование взаимосвязи между критическими параметрами, контролирующими точки бифуркации, открывает перспективы резкого повышения информативности отдельных опытов и фундаментальности результатов эксперимента. Возможность установления универсальных связей между комплексом механических свойств и фрактальной структурой деформируемого твердого тела с использованием золотых отношений связаны с универсальностью принципов синергетики и общностью особенностей фракталов как живой, так и неживой природы.

REFERENCE

1. **Haken G.** Sinergetika: Ierarhiya neustoychivostey v samoorganizuyushchihsya sistemah / Per. s angl. – M.: Mir, 1985. - 419 s.
Хакен Г. Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 419 с.
2. **Ivanova V.S., Balankin A.S., Bunin I.Zh., Oksogoev A.A.** Sinergetika i fraktaly v materialovedenii. – M.: Nauka, 1994. - 383 s.
Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоеv А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. – 383 с.
3. **Ivanova V.S., Lagutin V.G.** Metally, 1992, №2, s.68-72.
Иванова В.С., Лагутин В.Г. Металлы, 1992, №2, с.68–72.
4. **Stahov A.P.** Kody zolotoj proporcii. – M.: Radio i sviaz, 1984. – 151s.
Стахов А.П. Коды золотой пропорции. – М.: Радио и связь, 1984. – 151с.
5. **Feigenbaum M.J.** The universal metric properties of nonlinear transformation // J. Stat. Phys. 1978. V.13. #1. P.25–52.
6. **Kronover R.M.** // Fraktaly i haos v dinamicheskikh sistemah / Per. s angl. – M.: Postmarket, 2000. - 352 s.
Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах / Пер. с англ. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
7. **Janahmadov A.Kh., Dyshin O.A., Javadov M.Y.** Sinergetika i fraktaly v tribologii. - Baku, «APOSTROFF», 2014. - 504 s.
Джанахмедов А.Х., Дышин О.А., Джавадов М.Я. Синергетика и фракталы в трибологии. - Баку, «АПОСТРОФ», 2014. – 504 с.
8. **Shaporenko P.F., Luzheckiy V.A.** Garmonicheskaya soizmerimost chastej tela cheloveka i princip obobshhennogo zolotogo secheniya // Morfologiya, 1992. T.103, №11 - 12, s.122-133.

- Шапоренко П.Ф., Лужецкий В.А.** Гармоническая соизмеримость частей тела человека и принцип обобщенного золотого сечения // Морфология, 1992. Т.103, №11 – 12, с.122–133.
9. **Soroko E.M.** Strukturnaya garmoniya sistem. – Minsk: Nauka i tehnika, 1984. – 264 s.
Сороко Э.М. Структурная гармония систем. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.
10. **Ivanova V.S.** Sinergetika. Prochnost i razrushenie metallicheskikh materialov. – M.: Nauka, 1992. – 160 s.
Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. – М.: Наука, 1992. – 160 с.
11. **Sokolov I.M.** Razmernosti i drugie geometricheskie kriticheskie pokazateli v teorii protekaniya. // Uspehi fizicheskikh nauk, 1986, t. 150, vyp.2, s.221-255.
Соколов И.М. Размерности и другие геометрические критические показатели в теории протекания. // Успехи физических наук, 1986, т. 150, вып.2, с.221–255.
12. **Ivanova V.S.** Ustalostnoe razrushenie metallov – M.:Metallurgiya, 1963. – 271 s.
Иванова В.С. Усталостное разрушение металлов – М.:Металлургия, 1963. – 271 с.
13. **Pashaev A.M., Mehtiev A.Sh., Janahmadov A.Kh., Dyshin O.A.** Avtomodelnost i fraktalnaya mehanika razrusheniya. // Vestnik Azerbaijanskoy Inzhenernoy Akademii, 2009, t.1, №1, s. 93-103.
Пашаев А.М., Мехтиев А.Ш., Джанахмадов А.Х., Дышин О.А. Автомодельность и фрактальная механика разрушения // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, 2009, т.1, №1, с. 93-103.
14. **Geminov V.N.** Dlitelnaya prochnost materialov vysokotemperaturnyh agregatov (Obzor. inform. // Mingazprom SSSR; №10). - M., 1989. - 24 s.
Геминов В.Н. Длительная прочность материалов высокотемпературных агрегатов (Обзор. информ. // Мингазпром СССР; №10). - М., 1989. – 24 с.
15. **Zhurkov S.N.** Fizika prochnosti i plastichnosti. L.: Nauka, 1986. - с. 5-11.
Журков С.Н. Физика прочности и пластичности. Л.: Наука, 1986. – с. 5–11.

ÜMÜMİLƏŞDİRİLMİŞ QIZIL NİSBƏTLƏRDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ PLASTİK DEFORMASIYA ZAMANI BƏRK CİSMİN KRİTİK VƏZİYYƏTLƏRİNƏ NƏZARƏT

R.G. VƏLİYEV, N.H. CAVADOV, O.A. DIŞİN

Ümumiləşdirilmiş qızıl nisbətlərdən istifadə etməklə plastik deformasiya zamanı bərk cismin kritik vəziyyətlərinə nəzarət edilməsi metodlarının analizi verilmişdir.

Fibonacci ədədləri ilə qızıl nisbətlərin və determinasiya olunmuş хаосun keçidinə Feygenbaum ssenarisində bifurkasiya nöqtələri ilə asılılıqlar müəyyən olunmuşdur.

Açar sözlər: klassik və ümumiləşdirilmiş qızıl nisbətlər, Fibonacci ədədi, Feygenbaum universallığı, bifurkasiya nöqtələri.

CONTROL OF CRITICAL CONDITIONS OF SOLIDS USING THE GOLDEN RATIO AT PLASTIC DEFORMATION

R.Q. VELIYEV, N.G. JAVADOV, O.A. DYSHIN

The paper provides the analysis of methods of controlling the critical conditions of solids at plastic deformation using the golden ratio. It establishes the relations between the golden ratio comprised of the Fibonacci numbers with the bifurcation points of the feigenbaum scenario for the transition to the determined chaos.

Key words: classical and generalized golden ratios, Fibonacci numbers, feigenbaum universality, bifurcation points.

ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗНОС И РАЗРУШЕНИЕ ОБОДОВ ТОРМОЗНЫХ ШКИВОВ БУРОВЫХ ЛЕБЕДОК (часть IV)

А.Х. ДЖАНАХМЕДОВ, Э.С. ПИРВЕРДИЕВ,
В.С. СКРЫПНЫК*, Д.Ю. ЖУРАВЛЕВ**, В.С. ВИТВИЦКИЙ**

В статье проиллюстрированы конструктивные решения, направленные на применение составных тормозных шкивов во фрикционных узлах ленточно-колодочного тормоза. Показано, что с помощью указанных шкивов достигается снижение его энергонагруженности, и как следствие, температурных градиентов и напряжений.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, полимерная накладка, составной тормозной диск, пакет кольцевых дисков, Т-образный теплопроводный элемент.

Введение. В соответствии с термодинамикой необратимых процессов, явлений и эффектов неравномерное тепловое поле, аккумулированное поверхностными и подповерхностными слоями обода тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки в процессе спуска колонны бурильных труб в скважину, приводит к возникновению их деформаций и напряжений. В свою очередь, процесс деформирования указанных слоев обода шкива вызывает изменение их теплового поля. Таким образом, в реальном ободе тормозного шкива поля перемещений, следовательно, напряжений и температуры, являются взаимосвязаны.

Постановка задачи. Рассмотрены следующие вопросы применительно к данной проблеме:

- особенности конструкций составных тормозных шкивов с кондуктивным охлаждением в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки;
- энергонагруженность и циркуляция тепловых токов в элементах составных тормозных шкивов;
- динамика распределения напряжений в составных элементах тормозных шкивов.

Цель работы – интенсификация охлаждения рабочей поверхности обода тормозного шкива путем снижения его энергоемкости кондуктивным теплообменом.

Состояние проблемы. Ограниченный объем знаний о влиянии температур (вспышки, поверхностных и объемных) и возникающих при этом температурных градиентов (поверхностных и глубинных), и как следствие, температурных напряжений, спо-

* Научно–консультационный центр Национального транспортного университета (г. Ивано–Франковск, Украина)

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

существующих зарождению и развитию микротрещин на поверхностях фрикционного взаимодействия при электротермомеханическом трении [1, 2, 3], требуют новых подходов к исследованиям. При этом снижаются износо-фрикционные характеристики металлополимерных трибосистем, что сказывается на применении полимерных и металлических материалов в узлах трения тормозных устройств [4, 5]. В реальных узлах трения весьма часто приходится сталкиваться с присутствием негативного температурного градиента по толщине поверхностного и подповерхностного слоя полимерной накладки через фазовые переходы первого и второго рода, вызванных деструктивными и сублимационными процессами. В этом случае максимальная объемная температура находится внутри объема полимерной накладки, то есть на границе раздела жидкой и твердой фазы ее материалов. В ленточно-колодочном тормозе с металлополимерными парами трения металлический обод шкива является в процессах электротермомеханического трения и пауз между торможениями аккумулятором тепловой энергии, а полимерная накладка - аккумулятором положительных и отрицательных зарядов. Кроме того, в процессах торможения они выполняют роль якоря и статора генератора.

Наличие «букета» процессов, явлений и эффектов в поверхностном и подповерхностном слоях полимерных накладок заставляет обратить внимание на их характеристики.

На основании ТУ У6-05495578.006.97 в табл. 1 приведены эксплуатационные и физико-механические характеристики фрикционного изделия «Трибонит ТР-9», которое используется в настоящее время для накладок в тормозных устройствах. Проанализируем некоторые из характеристик данного материала.

Таблица 1
Эксплуатационные и физико-механические характеристики
фрикционного изделия «Трибонит ТР-9»

Характеристики:	
эксплуатационные	физико-механические
Удельные нагрузки – до 1,15 МПа;	Плотность материалов – 1,8 – 2,0 г/см ³ .
Толщина накладки – до 14,0 мм.	Твердость по Шору – 70-95.
Температуры: допустимая поверхностная - 300°C; окружающего воздуха – до (-60°C).	Динамический коэффициент трения – 0,4-0,5. Линейный износ не более – 0,25мм. Температуры: вспышки – 375°C; самовспышки – 425°C.

Удельные нагрузки превышают 1,15 МПа и способствуют разрушению поверхностного слоя накладки. Линейный износ (максимальный) за одно торможение регламентирован до 0,25 мм. Допустимая величина износа накладки по толщине составляет 8,0-9,0 мм.

Разница температур между вспышкой и допустимой с одной стороны и самовспышкой и допустимой с другой стороны составляет соответственно 75,0 и 125,0°C. Температуры вспышки и самовспышки поверхностных слоев полимерных накладок являются предохранительным фактором, который исключает электрический или тепловой

взрыв металлических включений, находящихся в их слоях. Таким образом достигается предотвращение явления пиролиза в поверхностных и подповерхностных слоях накладок [5].

Известно, что в отношении процессов нагревания пар трения тормозов установлены три возможных режима их работы (кратковременный, длительный и циклический).

Указанные режимы являются систематизированными, и в них не учитывается тот факт, что темп нагревания поверхностей трения тормоза на два порядка выше, чем темп их вынужденного охлаждения. Кроме этого, в тепловых режимах не учитывается то обстоятельство, что подповерхностные слои пар трения являются источником теплоты и холода, которые способствуют зарождению и развитию микротрещин на поверхностях пар трения за счет процессов их «сжатия - расширения».

Особенности конструкций составных тормозных шкивов с кондуктивным охлаждением в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки. Для снижения общей энергонагруженности тормозных шкивов предложены их конструкции, которые выполнены составными, т.е. состоящими из нескольких элементов. Это обстоятельство позволяет делить общую энергонагруженность обода тормозного шкива на составляющие. Так, в первой конструкции составного шкива теплота распределяется между его боковинами и торцевыми поверхностями пакета дисков и отводится от пар трения кондуктивным теплообменом.

На рис. 1 *а* показана кинематическая схема буровой лебедки с ленточно-колодочным тормозом; на рис. 1 *б* - поперечный разрез по А-А ленточно-дискового тормоза; на рис. 1 *в* - вид Б на шарик в сепараторной обойме [6].

Ленточно-колодочный тормоз буровой лебедки содержит первый (1) и второй (2) полушкивы. Первый полушкив 1 имеет выступ 3, которым он с помощью болтового соединения 4 крепится к фланцу 5 барабана 6. На фланце 5 имеется кольцевой цилиндрический выступ 7. Ступица 8 барабана 6 с фланцем 5 посредством призматической шпонки 9 закреплена на коленчатом валу 10 лебедки.

Второй полушкив 2 в своей средней части соединен посредством болтов 4 также с фланцем 5 барабана 6. Рабочие поверхности 11 полушкивов 1, 2 соединены между собой теплоизоляцией 12 и трехкратной комбинацией «металл-полимер» 13, выполненных в виде кольцевых дисков, имеющих толщину, равную толщине серийного обода. Между внутренними поверхностями 14 полушкивов 1 и 2 расположен пакет дисков с аналогичной выше указанной комбинацией «металл-полимер» 15. Сверху в пакете дисков выполнено сквозное отверстие 16 большего диаметра, чем диаметр болтов 5, которые соединяют полушкивы 1 и 2. Между внутренними поверхностями 14 полушкивов 1 и 2 и наружными поверхностями 17 дисков 18, в которых выполнены кольцевые канавки 19 на различных радиусах, установлены шарики 20 одинакового радиуса, заключенные в сепараторные обоймы 21 различных диаметров. Снизу пакет дисков посажен на подшипник скольжения 22, а второй полушкив 2 - на подшипник качения 23 и при этом они покоятся на ступице 24. Последняя крепится с помощью призматической шпонки 25 к оси 26, а нижняя ее часть связана с установочной лапой 27. К тормозной ленте 28 с по-

мошью усиков 29 прикреплены фрикционные накладки 30. Тормозная лента 28 имеет набегающую (I) и сбегающую (II) ветви. Набегающая ветвь (I) тормозной ленты 28 присоединена к мотылевым шейкам 31 и 32 коленчатого вала 10, а ее сбегающие ветви II - к балансиру 33. Управление тормозом осуществляется рычагом 34.

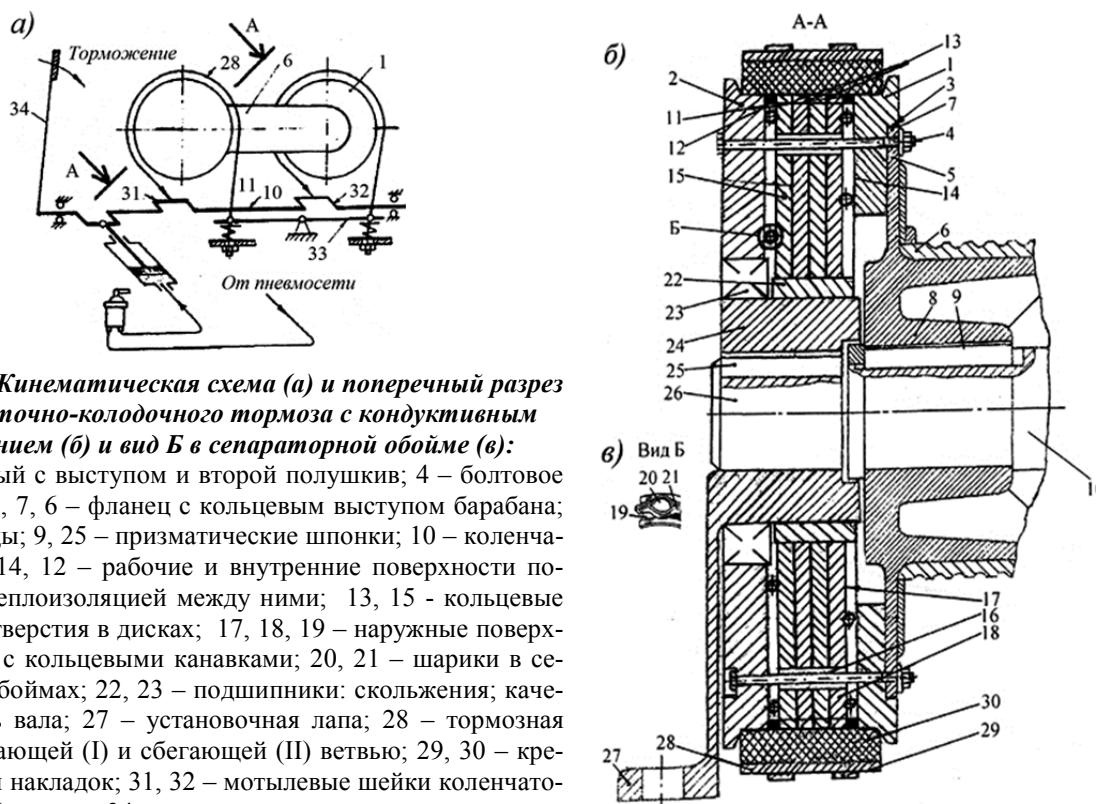


Рис. 1 а, б, в. Кинематическая схема (а) и поперечный разрез по А-А ленточно-колодочного тормоза с кондуктивным охлаждением (б) и вид Б в сепараторной обойме (в):

1, 2, 3 – первый с выступом и второй полушкив; 4 – болтовое соединение; 5, 7, 6 – фланец с кольцевым выступом барабана; 8, 24 – ступицы; 9, 25 – призматические шпонки; 10 – коленчатый вал; 11, 14, 12 – рабочие и внутренние поверхности полушкивов с теплоизоляцией между ними; 13, 15 – кольцевые диски; 16 – отверстия в дисках; 17, 18, 19 – наружные поверхности дисков с кольцевыми канавками; 20, 21 – шарики в сепараторных обоймах; 22, 23 – подшипники скольжения, качения; 26 – ось вала; 27 – установочная лапа; 28 – тормозная лента с набегающей (I) и сбегающей (II) ветвью; 29, 30 – крепежные усики накладок; 31, 32 – мотылевые шейки коленчатого вала; 33 – балансир; 34 – рычаг управления

Ленточно-колодочный тормоз буровой лебедки работает следующим образом. Перемещением рукоятки 34 осуществляется поворот коленчатого вала 10, в результате которого бурильщик затягивает тормозные ленты 28, с фрикционными накладками 30 они садятся на общую рабочую поверхность металлического фрикционного элемента, состоящую из рабочих поверхностей 11, вращающихся полушкивов 1 и 2, соединенные между собой теплоизоляцией 12 и трехкратной комбинацией «металл-полимер» 13.

Двухстороннее прижатие пакета дисков осуществляется посредством болтовых соединений 4 при условии, что их затяжка обеспечит вращение шариков 20 в сепараторных обоймах 21 относительно внутренних поверхностей 14 полушкивов 1 и 2 и наружных поверхностей 17 дисков 18. Пакет дисков посажен с натягом на подшипник скольжения 22, который, в свою очередь, посажен с натягом на ступицу 24. При этом суммарный натяг между поверхностями подшипника скольжения 22 и ступицей 24 намного больше, чем на участке взаимодействия пакета дисков с подшипником скольжения 22.

Ленточно-дисковый тормоз буровой лебедки работает в двух режимах. При первом тормозном режиме происходит взаимодействие рабочих поверхностей фрикцион-

онных накладок 30 с общей поверхностью металлического фрикционного элемента, в результате чего генерируются ЭДС термопотоков и возникают тепловые токи электризации из-за электронных свойств приповерхностных слоев полимерных накладок, и как следствие, аккумулируется теплота в приповерхностных слоях контактирующих элементов. В дальнейшем происходит сток теплоты в тела полушкивов 1, 2 и по парам «полимер-металл» в тело дисков 18, собранных в пакет. После чего теплота от их поверхностей рассеивается в окружающую среду. Первый тормозной режим по времени считается кратковременным.

Второй тормозной режим по времени является длительным. Повторяются все процессы первого тормозного режима, когда работают внешние пары трения и к ним подключаются внутренние пары трения «металл-металл», возникающие в результате вращения комбинированного тормозного шкива, взаимодействующего с неподвижной торцевой поверхностью пакета дисков. В этом случае трибоэффект будет меньше, генерируемые ЭДС термопотоков меньше и возникают меньшие тепловые токи, чем во внешних парах трения, и как следствие, будет аккумулироваться меньшее количество теплоты. Если рассматривать одновременно взаимодействие внешних и внутренних пар трения, т.е. как многопарную систему, то по толщине взаимодействия возникает положительный градиент электрического и теплового токов, что будет способствовать эффективному кондуктивному отводу теплоты по следующей схеме: пары трения «полимер-металл» - пакет дисков - подшипник скольжения 22 - ступица 24 - ось 26 - установочная лапа 27. После чего теплота рассеивается в окружающую среду от поверхностей перечисленных выше узлов и элементов.

Во втором тормозном режиме тормоз может работать как ленточнодисковый, поскольку суммарная сила трения в зонах контактного взаимодействия во внутренних парах трения способна сместить пакет дисков в сторону, противоположную вращению комбинированного шкива, сорвав натяг между торцевой поверхностью пакета дисков и поверхностью подшипника скольжения 22. При этом поверхности пар трения «металл-полимер» 13 начинают взаимодействовать, увеличивая общую суммарную силу трения, и, как следствие, повышается эффективность торможений.

Во второй конструкции составного шкива теплота распределяется между кольцевой вставкой с выступами и между боковинами шкива, которые в своей нижней части взаимодействуют с Т-образным теплопроводным элементом и его телом. Конструкция ленточно-колодочного тормоза с составным тормозным шкивом с вмонтированными в его боковины Т-образным теплопроводным элементом проиллюстрирована на рис. 2 а, б [7].

Перейдем к тепловой оценке работы составного тормозного шкива с вмонтированным в его боковины (полушкивы) Т-образным теплопроводным элементом. Работа фрикционных узлов второй конструкции тормоза ничем не отличается от работы первой конструкции тормоза.

Отличительной особенностью данного составного шкива является то, что его первый 1 и второй 2 полушкивы, а также внутренняя поверхность кольцевой вставки 11 теплоизолированы. Не теплоизолированы только кольцевые выемки 15 в боковинах полушкивов 1 и 2, которые взаимодействуют с выступами Т-образного теплопроводного элемента 16.

В процессе электротермомеханического взаимодействия пар трения тормоза в их поверхностных и подповерхностных слоях аккумулируется теплота, потоки которой при кондуктивном теплообмене движутся по следующим схемам: «правая часть кольцевой вставки 11 – первый полушкив 1 – правая часть Т-образного теплопроводного элемента 16 и его тело 17 – ступица 18 теплопроводного элемента 16». Вторая тепловая схема реализуется аналогично первой, только применительно к левой части кондуктивного теплообмена. При этом необходимо иметь в виду тот факт, что металлоемкость левой части ступицы 18 теплопроводного элемента 16 является большей, нежели ее правой части, поскольку теплопроводной элемент 16 выполнен со смещением вправо по отношению к ступице 18. Кроме того, в левой части ступицы 18 имеется установочная лапа 21.

Вынужденному теплообмену подвержены внутренняя поверхность кольцевой вставки 11, внутренние и наружные поверхности правого 1 и левого 2 полушкива за счет токов омывающего воздуха при их вращении. Естественному теплообмену подвержены поверхности теплопроводного элемента 16 его ступица 18, сидящая на валу 19, и установочной лапы 21 за счет их взаимодействия с циркулирующим воздухом.

Энергонагруженность и циркуляция тепловых токов в элементах составных тормозных шкивов. Перенос теплоты от поверхности контакта «беговая дорожка трения шкива – рабочая поверхность накладки» в их глубь осуществляется упругими тепловыми колебаниями электронов и ионов и их тепловым движением проводимости. В начальные моменты фрикционного взаимодействия происходит нагревание поверхностного слоя и фронт прогрева распространения вглубь контактирующих элементов с некоторой конечной скоростью.

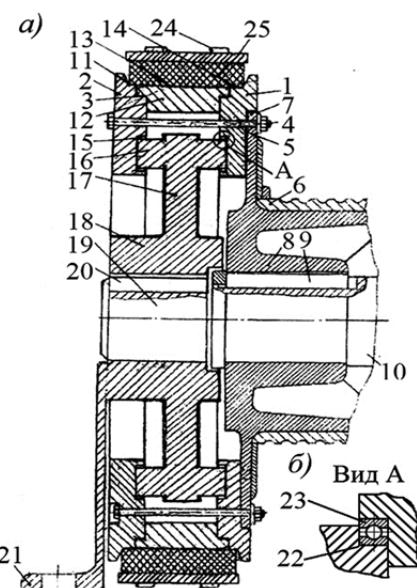


Рис. 2 а, б. Ленточно-колодочный тормоз с составным тормозным шкивом с вмонтированными в его боковины Т-образным теплопроводным элементом (а) и вид А с подшипником качения (б);

1, 2, 3 – первый и второй полушкивы; 4 – болтовое соединение; 5, 7, 6 – фланец с кольцевым выступом барабана; 8, 18 – ступицы; 9, 20 – призматические шпонки; 10, 19 – валы: коленчатый и поддерживающий; 11, 12 – рабочая поверхность кольцевой вставки с выступом; 13, 14 – рабочая поверхность фрикционной накладки; 15 – кольцевые выемки в боковинах полушкивов; 16, 17 – Т-образный теплопроводный элемент и его тело; 21 – установочная лапа; 22 – кольцевые выемки на Т-образном элементе; 23 – подшипник качения; 24 – крепежные планки накладок; 25 – тормозная лента

Продолжительность действия теплового потока при торможении характеризуется числом Фурье

$$Fo = \frac{\alpha \tau_m}{\delta^2}, \quad (1)$$

где α – коэффициент температуропроводности материала элемента; τ_m – время торможения; δ – толщина нагреваемого элемента.

В табл. 2 приведен параметр A , рассчитанный для фрикционных элементов из различных материалов. Критерий Фурье может быть определен по формуле $Fo = 10^3 A \tau_m$.

Таблица 2
Зависимость параметра А от толщины нагреваемого элемента

Материалы нагреваемого элемента	Параметр A при глубине нагревания, δ , мм						
	10	20	30	50	60	70	80
Сталь	114,0	28,5	12,667	4,560	3,167	2,327	1,781
Чугун	104,0	26,0	11,556	4,160	2,889	2,122	1,625
Композиция	4,0	1,0	0,444	0,160	0,111	0,0816	0,0625

По утверждению академика А. Х. Джанахмедова [4], зарождение и развитие микротрещин на рабочей поверхности ободов тормозных шкивов буровых лебедок происходит тем медленней, чем быстрее обеспечивается отвод тепловой энергии в подповерхностные слои обода, и тем меньше будет поверхностный температурный градиент.

Остановимся на анализе термограмм, приведенных на рис. 3 а и 4 а, для оценки энергонагруженности составных элементов ободов тормозных шкивов. Последние содержат полушкивы, поверхности которых теплоизолированы, кроме кольцевых выемок в нижней части полушкивов, в которых располагаются выступы Т-образного теплопроводного элемента. В верхней части между полушкивами находится кольцевая вставка с выступами, внутренняя поверхность которой также теплоизолирована (см. рис. 3 а).

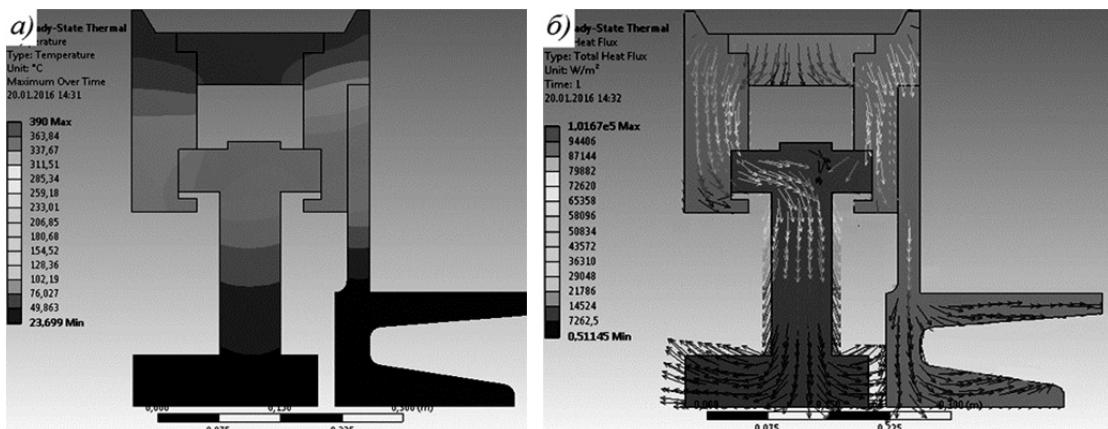


Рис. 3 а, б. Термограмма (а) и циркуляция тепловых токов (б) в теле составного тормозного шкива (с термоизоляцией) с монтированным в его полушкивы Т-образным теплопроводным элементом в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки (вариант I)

Теплоизоляция указанных выше поверхностей исключает воздействие токов омывающего воздуха при вынужденном охлаждении элементов составного обода шкива. Последний является полностью прогретым, что способствовало минимальным поверхностным и глубинным температурным градиентам.

Согласно термограмме (рис. 4 а), на которой приведен вариант конструкции нетеплоизолированных элементов составного шкива, на ней проиллюстрирован частично прогретый его обод. В этом случае часть тепловой энергии от матовых поверхностей кольцевой вставки и полушкивов с вынужденным конвективным теплообменом отводится в омывающий их воздух. В этом случае поверхностные и глубинные температурные градиенты будут максимальные, и как следствие, будут формировать большие температурные напряжения на поверхности обода составного обода шкива.

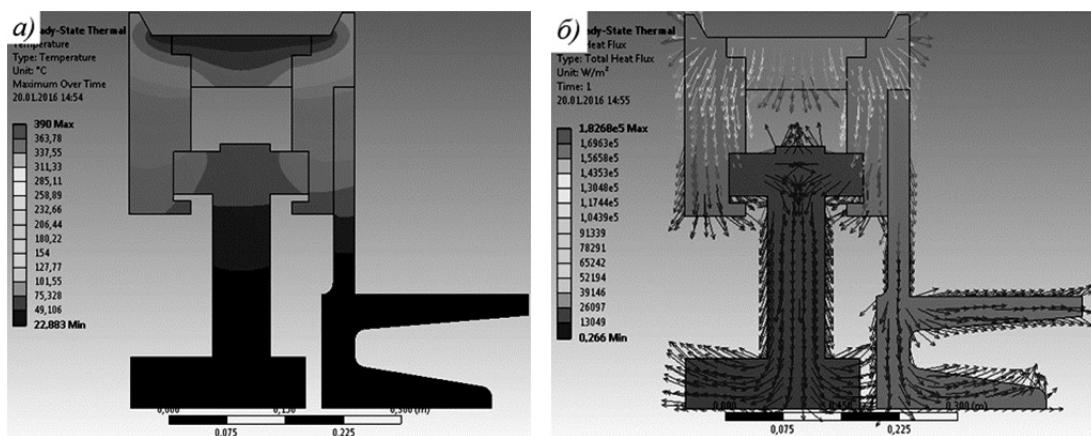


Рис. 4 а, б. Термограмма (а) и циркуляция тепловых токов (б) в теле составного тормозного шкива с вмонтированным в его полушикви Т-образным теплопроводным элементом в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки (вариант II)

При этом циркуляция тепловых токов в теле составных тормозных шкивов с вмонтированными в его полушикви Т-образными теплопроводными элементами, согласно рис. 3 б и 4 б, происходит по следующим схемам:

- «правая часть кольцевой вставки – первый полушик – правая часть Т-образного теплопроводного элемента и его тело – ступица теплопроводного элемента - поддерживающий вал». К схеме левой части конструкции добавляется еще установочная лапа; при данной схеме наблюдается два вида теплообмена – кондуктивный и естественный конвективный, включающий в себя и радиационный теплообмен;

- во второй конструкции составного тормозного шкива без теплоизоляции его элементов уже реализуется три вида теплообмена – вынужденный и естественный конвективный теплообмен совместно с радиационным теплообменом, а также кондуктивный теплообмен.

Как видно из термограммы, приведенной на рис. 5 а, применительно к составному тормозному шкиву, полученному путем применения пакета теплопроводных дисков, разделенный между их боковыми сторонами теплоизоляционными кольцами, контакти-

рующими в своей верхней части с внутренними поверхностями правого и левого полушкивов, имеет место равномерный прогрев поверхностных слоев обода шкива, что свидетельствует о минимальных поверхностных температурных градиентах. Однако в этой конструкции обода шкива наблюдаются максимальные глубинные температурные градиенты.

Что касается тепловых токов, проиллюстрированных на рис. 5 б, в теле составного шкива с пакетом теплопроводных дисков, то их циркуляция происходит по следующей схеме: «полимер-металл – пакет теплопроводных дисков – подшипник скольжения – ступица – ось – установочная лапа»; при данной схеме наблюдается два вида теплообмена – кондуктивный и вынужденный конвективный, включающий в себя и радиационный теплообмен.

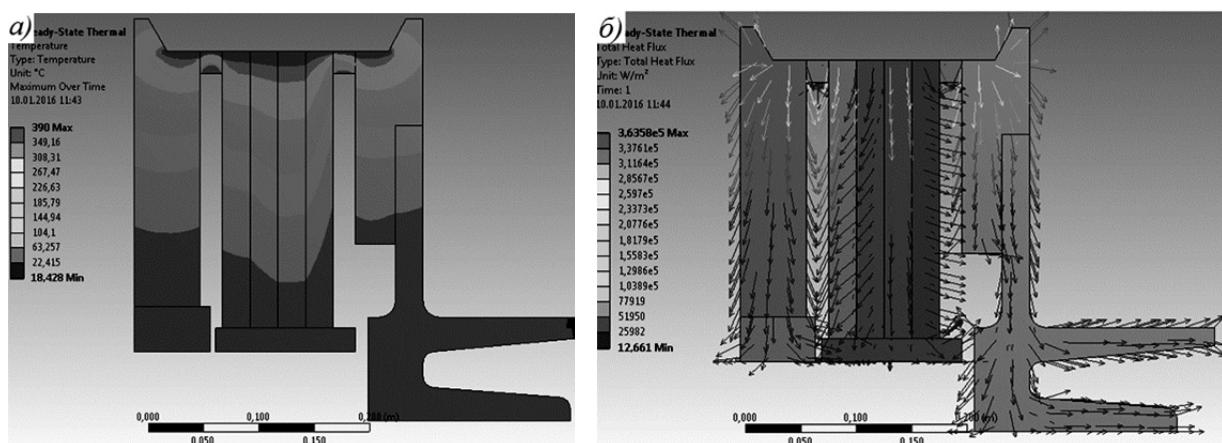


Рис. 5 а, б. Термограмма (а) и циркуляция тепловых токов (б) в теле составного тормозного шкива с пакетом теплопроводных дисков в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки

В табл. 3 приведены прогнозируемые температурные градиенты составных ободов тормозных шкивов, исходя из вышеизложенного материала.

Таблица 3

Температурные градиенты составных ободов тормозных шкивов

Составные тормозные шкивы с:	Температурные градиенты, °C/мм:		
	поверхностные	глубинные	
вмонтированными в нижней части полушкивов Т-образными теплопроводными элементами	кольцевыми вставками, полушкивами с теплоизоляцией их поверхностей	1,52	0,532
	кольцевыми вставками и полушкивами	3,45	1,112
полушкивами, разделенными теплоизоляционными кольцами от пакета теплопроводных (с различным коэффициентом теплопроводности) дисков по ширине обода		12,0	2,45

Анализ интенсивности теплообмена металлических элементов трения ленточно-колодочного тормоза указывает на то, что коэффициенты теплоотдачи $\alpha_{\text{л}}$ отличаются по модулю и закону изменения и зависят от линейной скорости обода тормозного шкива. Кроме того, матовые и полированная (рабочая) поверхности металлического элемента трения омыются различными по химическому составу и термодинамическим параметрам средами.

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

$$C_{\text{л}} = \frac{\left[\left(\frac{T_H}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_B}{100} \right)^4 \right]}{T_H - T_B}, \quad (2)$$

где T_H – температура нагревания поверхностей металлического элемента трения, К; T_B – температура окружающей среды, К; $c_{\text{л}}$ – коэффициент излучения, Вт/(м²·К⁴).

Результаты расчета по формуле (2) представлены на рис. 6 а, б, из которых следует, что коэффициент $\alpha_{\text{л}}$ увеличивается с повышением температуры.

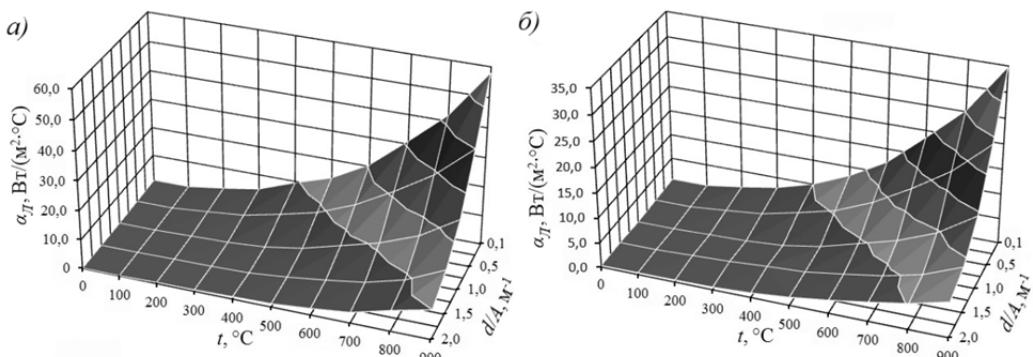


Рис. 6 а, б. Зависимость коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{\text{л}}$ лучеиспусканием матовых (а) и полированных (б) поверхностей металлических элементов трения от температуры нагревания t при различных значениях отношения диаметров поверхности трения к площадям поверхностей dA

Установлено, что величина отношения коэффициентов излучения матовой поверхности к полированной должна быть равна отношению охлаждаемой площади к нагреваемой поверхности металлического элемента трения. По ее значению можно судить о наступлении его установившегося теплового состояния.

В виде соотношений получаем для ленточно-колодочного тормоза (тормозной шкив изготовлен из стали):

$$\frac{c_{\text{л}_M}}{c_{\text{л}_P}} = \frac{5,0}{1,1512} = 3,31 \quad \frac{A_{\text{окл}}}{A_{\text{нагр}}} = \frac{2,767}{1,048} = 2,64$$

В данном случае рассматриваем площади поверхностей теплообмена тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки У2-5-5 (табл. 4). Процентное

расхождение между величинами отношений для ленточно-колодочного тормоза составляет 23,0 %. В составных тормозных шкивах указанная величина процентного отклонения будет намного меньше, поскольку величина соотношения $A_{окр}/A_{нагр}$ будет намного меньше из-за использования дополнительных матовых поверхностей охлаждения.

Таблица 4

**Площади поверхностей теплообмена тормозного шкива
ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки**

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

*Примечание: Площадь рабочей поверхности тормозного шкива: в числителе – перекрываемой накладками, в знаменателе – не перекрываемой накладками

Установлено, что после реализации апериодических циклических торможений температура поверхности трения достигает максимальной для данного режима работы величины $t_{уст}$ и является установившейся температурой. Дальнейший рост температуры прекращается, поскольку количество теплоты, поглощаемой при торможении, становится равным количеству теплоты, рассеиваемой в окружающую среду.

Установлено, что 15,5 % теплоты отводится естественным вынужденным конвективным и кондуктивным теплообменом от поверхностей составных тормозных шкивов с теплопроводными элементами ленточно-колодочного тормоза в интервале невысоких температур (100...400°C).

Динамика распределения напряжений в составных элементах тормозных шкивов. Для исследования механических и температурных напряжений, а также их градиентов использовался метод конечно-элементного моделирования с помощью программы Ansys Workbench, в которой рассматривался фрикционный узел «накладка-шкив» со следующими исходными конструктивными и эксплуатационными параметрами: материал тормозного шкива – сталь 35ХНЛ, удельная нагрузка составляла $p=1,2$ МПа, поверхностная температура $t_n=390^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды $t_0=22^{\circ}\text{C}$, материал фрикционной накладки Ретинакс ФК-24А, допустимая температура материалов накладки 390°C .

Моделирование процессов механического и теплового воздействия на рабочие и нерабочие поверхности обода тормозного шкива, состоящего из правого и левого полушкива, собственно обода, выполненного в виде кольцевой вставки с выступами, а в своей нижней части полушкивы взаимодействуют с Т-образным теплопроводным элементом, тело которого выполнено совместно со ступицей, сидящей на валу, а ее нижняя

часть покоится на установочной лапе (см. рис. 2 а, б). В сопряжениях составного тормозного шкива, показанных на рис. 2, уже при изготовлении заложены концентраторы механических напряжений, внутренняя и внешняя поверхности теплоизолированы от омывающих токов окружающего воздуха (первый конструктивный вариант). Исследования механических и температурных напряжений позволили констатировать следующее применительно к зонам их действия:

механических напряжений (рис. 7 а)

– возникают четыре очага напряжений (зона I – 12,4МПа, зона II – 11,4МПа, максимальные напряжения - зона III – 15,3МПа, и зона IV – 9,4 МПа) отвечающие сопряжению, соответственно, левого и правого полушкива с кольцевой вставкой (вверху) и Т-образным теплопроводным элементом (внизу) Первые две зоны сформированы сжатием поверхностного слоя материала обода от действия удельных нагрузок.

– появляется зона V с напряжениями в среднем 5,2МПа, возникающая вследствие прогиба левого полушкива, из-за того что он находится на свободном конце обода и крепится только болтовым соединением к правому полушкиву;

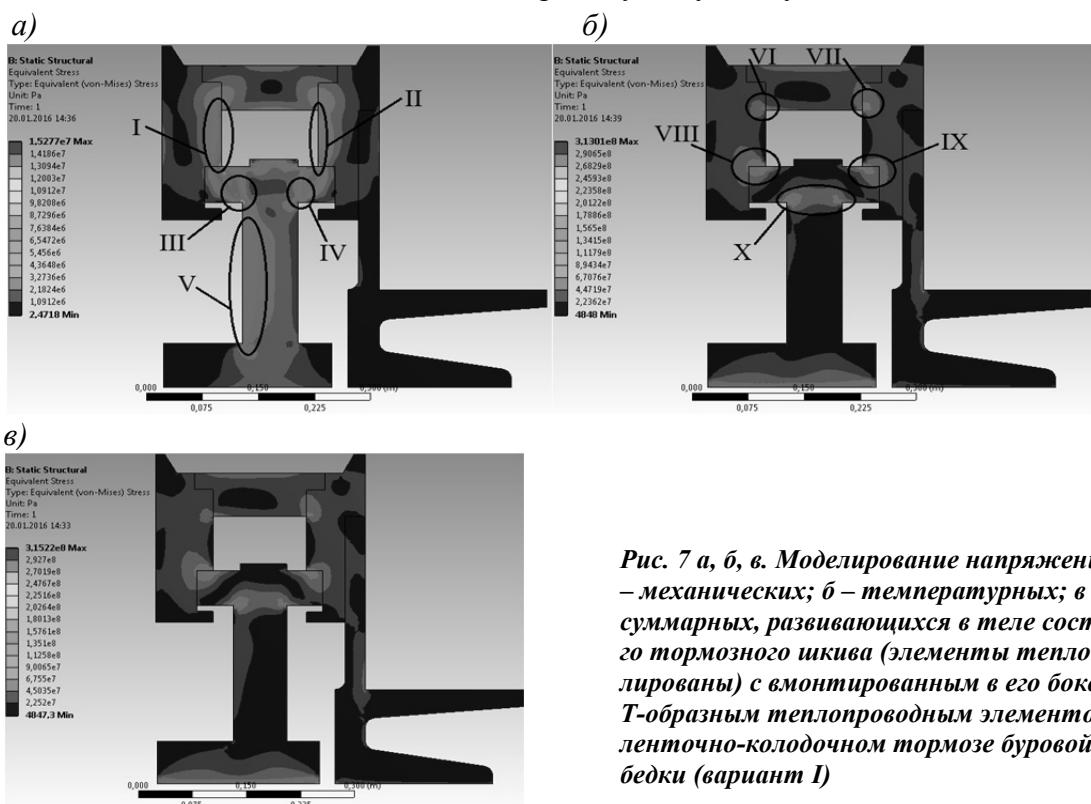


Рис. 7 а, б, в. Моделирование напряжений: а – механических; б – температурных; в – суммарных, развивающихся в теле составного тормозного шкива (элементы теплоизолированы) с вмонтированным в его боковины Т-образным теплопроводным элементом в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки (вариант I)

температурных напряжений (рис. 7 б)

– возникают также пять зон напряжений (зона VI – 53,9 МПа, зона VII - 108,2Мпа, зона VIII – 138,4МПа, зона IX – 101,27МПа и зона X – 113,02МПа) отвечающие тем самым местам, в которых сформировались механические напряжения;

суммарных напряжений (механические + температурные) (рис. 7 в)

– поскольку температурные напряжения на порядок больше, чем механические, то величины суммарных напряжений совпадают с порядком величин температурных напряжений в зонах максимальных напряжений в местах концентрации напряжений.

При рассмотрении второго конструктивного варианта составного тормозного шкива, когда его элементы не теплоизолированы от взаимодействия с омывающими токами окружающего воздуха, исследования механических и температурных напряжений позволили констатировать следующее применительно к зонам их действия:

механических (рис. 8 а)

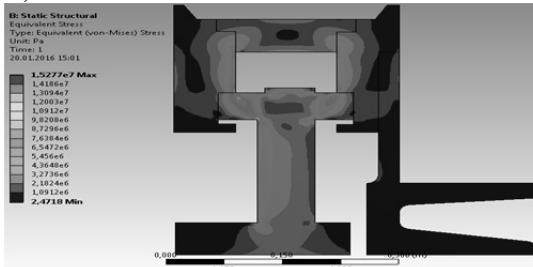
– поскольку наличие или отсутствие естественного и вынужденного конвективного теплообмена не влияет на механические напряжения, то во втором конструктивном варианте они такие же, как и первом;

температуры (рис. 8 б)

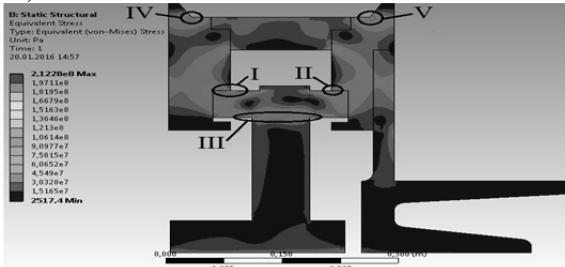
– максимальные напряжения (зона I – 153,1 МПа, зона II - 212,3МПа и зона III – 140,5МПа) возникают в местах сопряжения элементов составного шкива, имеющих концентраторы напряжений;

– в местах сопряжения реборд также возникают большие напряжения (зона IV – 136,4МПа и зона V - 134,8МПа), имеющие предварительные концентраторы напряжений;

a)



б)



в)

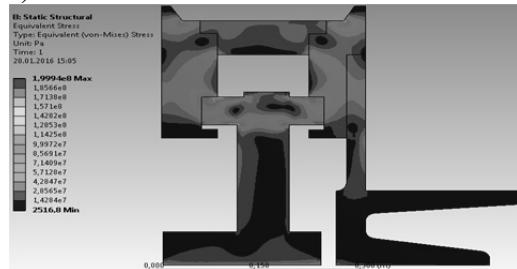


Рис. 8 а, б, в. Моделирование напряжений: а – механических; б – температурных; в – суммарных, развивающихся в теле составного тормозного шкива с вмонтированным в его боковины Т-образным теплопроводным элементом в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки (вариант II)

суммарных (механические + температурные) (рис. 8 в)

– поскольку температурные напряжения на порядок больше, чем механические, то величины суммарных напряжений совпадают с величинами температурных напряжений в зонах максимальных напряжений в местах концентрации напряжений.

При сравнении двух вариантов составных шкивов ленточно-колодочного тормоза (с изолированными их элементами (первый вариант) и с естественным и вынужденным

теплообменом их поверхностей и усиленным в двух вариантах кондуктивным теплообменом) следует отметить следующее:

– во втором конструктивном варианте вынужденное охлаждение поверхностей кольцевой вставки с выступами и двух полушкипов, а также кондуктивное охлаждение путем применения Т-образного теплопроводного элемента способствуют, в целом, снижению температурных градиентов по глубине составного тормозного шкива;

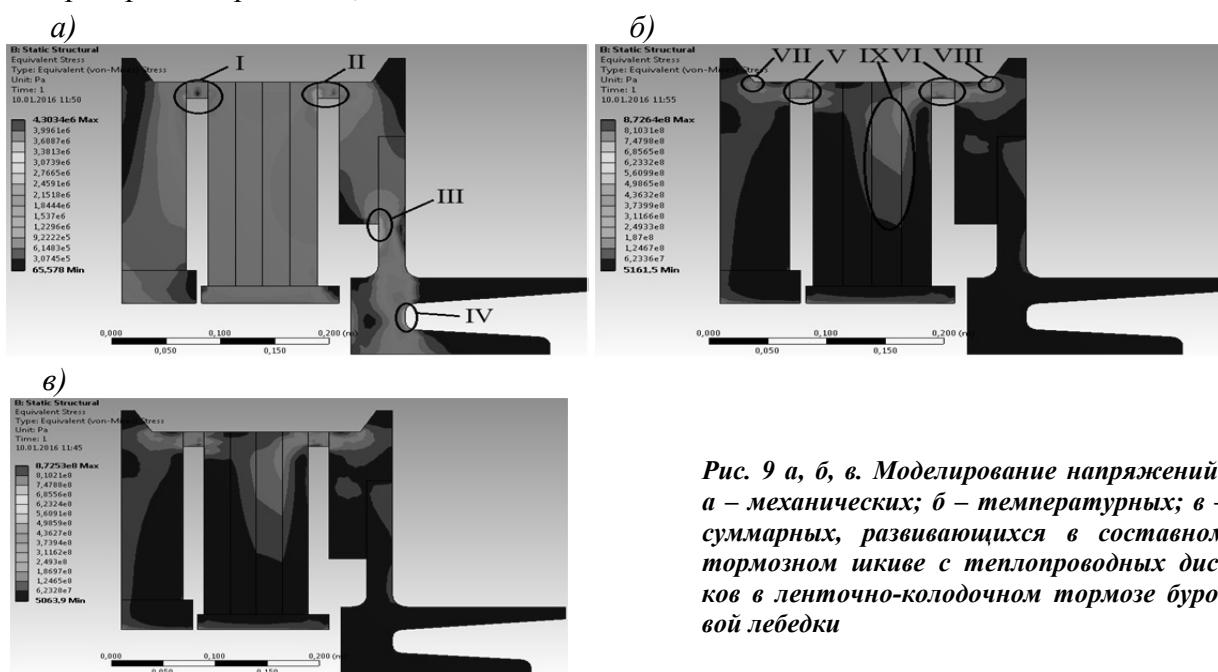
– вследствие большего градиента в первом варианте возникают большие температурные напряжения, значения которых в среднем на 49% больше, чем во втором варианте;

– из-за большого градиента температур возникают дополнительные очаги напряжений в местах сопряжения с ребордами в первом конструктивном варианте.

Моделирование процессов механического и теплового воздействия на рабочие и нерабочие поверхности составного тормозного шкива, имеющего правый и левый полушкивы, разделенные теплоизоляционными кольцевыми дисками от кольцевых металлических дисков различной теплопроводностью, образующих обод шкива (см. рис. 1 *a*, *b*, *v*), а также с наличием концентраторов напряжений в местах сопряжения рабочей поверхности обода с ребордами и правого полушкива с фланцем барабана позволяет констатировать следующее. Применительно к зонам различных видов напряжений (исходные данные взяты те же, что и для первой конструкции составного шкива):

*механических (рис. 9 *a*)*

– наблюдаются четыре очага напряжений (зона I - 2,87 МПа, зона II – 3,54 МПа, зона III – 4,3 МПа, IV – 3,5 МПа), отвечающие сопряжению, соответственно левого и правого теплоизоляционного кольца с полушкивами, правого полушкива с фланцем барабана, и конструктивной особенности фланца барабана, являющейся своего рода концентратором напряжений;



*Рис. 9 *a*, *b*, *v*. Моделирование напряжений: *a* – механических; *b* – температурных; *v* – суммарных, развивающихся в составном тормозном шкиве с теплопроводных дисков в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки*

– все вышеуказанные зоны возникают из-за прогиба правой части составного обода шкива от действия удельных нагрузок с максимальными напряжениями в зоне III (поскольку толщина фланца барабана в этой зоне является наименьшей);

температурных (рис. 9 б)

– наблюдается два очага напряжений (зона V - 872,6 МПа и зона VI - 648,2 МПа), отвечающих сопряжению теплоизоляционных колец, соответственно, с левым и с правым полушкивом. Объясняется это тем, что правый и левый полушкив, а также металлические кольцевые имеют суммарное расширение большее (из-за большого коэффициента теплопроводности), чем теплоизоляционные кольца, что и ведет к их сжатию;

– следует отметить также места концентраторов напряжений в местах сопряжения левого и правого полушкива с ребордами (зона VII – 234,2 МПа и зона VIII – 296,8 МПа), которые сливаются с зонами V и VI, соответственно;

– наблюдается также зона повышенных напряжений (зона IX), которая образовалась вследствие разной теплопроводности соседних кольцевых дисков.

суммарных (механические + температурных) (рис. 9 в)

– поскольку температурные напряжения на порядки больше, нежели механические, то картина суммарных напряжений совпадает с картиной температурных напряжений с зонами максимальных напряжений в местах сопряжений теплоизоляционных колец с правым и с левым полушкивом.

Выводы. Таким образом, предложены новые конструкции составных тормозных шкивов, позволяющие снижать поверхностную энергонагруженность их ободов, а также произведена оценка температурных градиентов и напряжений поверхностных слоев элементов составных шкивов ленточно-колодочного тормоза.

REFERENCE

1. Elektrotermicheskiy iznos i razrushenie obodov tormoznyh shkivov burovyh lebedok (chast I) / A.Kh. Janahmedov, A.I. Volchenko, E.S. Pirverdiyev [i dr.] // Vestnik Azerbaydzhanskoy inzhenernoy akademii. – Baku, 2015, №7(1). – с. 36-56.
Электротермический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть I) / А.Х. Джанахмедов, А.И. Вольченко, Э.С. Пирвердиев [и др.] // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку, 2015, №7(1). – с. 36-56.
2. Elektromehanicheskiy iznos i razrushenie obodov tormoznyh shkivov burovyh lebedok (chast II) / A.I. Volchenko, N.A. Volchenko, M.Ja. Javadov [i dr.] // Problemy treniya i iznosa: nauch.-tehn. sb. – Kiev: NAU, 2014. Vyp. 3 (64). – с. 4-16.
Электромеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть II) / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, М.Я. Джавадов [и др.] // Проблемы трения и износа: науч.-техн. сб. – Киев: НАУ, 2014. Вып. 3 (64). – с. 4-16.
3. Elektrotermomechanicheskiy iznos i razrushenie obodov tormoznyh shkivov burovyh lebedok (chast III) / A.Kh. Janahmedov, B.V. Korey, L.M. Zamihovskiy [i dr.] // Vestnik Azerbaydzhanskoy inzhenernoy akademii – Baku, 2016, №8 (1). – с. 27-51.
Электротермомеханический износ и разрушение ободов тормозных шкивов буровых лебедок (часть III) / А.Х. Джанахмедов, Б.В. Копей, Л.М. Замиховский [и др.] // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку, 2016, №8 (1). – с. 27-51.

4. **Janahmadov A.Kh.** Sinergetika i fraktaly v tribologii / A.Kh. Janahmadov, O.A. Dyshin, M.Y. Javadov. – Baku: Apostroff, 2014. – 504 s.
Джанахмедов А.Х. Синергетика и фракталы в трибологии / А.Х. Джанахмедов, О.А. Дышин, М.Я. Джавадов. – Баку: Апострофф, 2014. – 504 с.
5. Triboliya. Elektrotermomehanicheskie osnovy, analiz i sintez na nano-, mikro- i milliurovnyah i tehnicheskie prilozheniya: uchebnik dlya vuzov / A.I. Volchenko, M.A. Kindrachuk, D.A. Volchenko [i dr.]. – Kiev; Krasnodar, 2015. – 371 s.
Трибология. Электротермомеханические основы, анализ и синтез наnano-, микро- и милли- уровнях и технические приложения: учебник для вузов / А.И. Вольченко, М.А. Киндрачук, Д.А. Вольченко [и др.]. – Киев; Краснодар, 2015. – 371 с.
6. Patent 2013 0077 (Azerbaydzhanskoy respublikı)
7. Patent 2013 0076 (Azerbaydzhanskoy respublikı)

QAZIMA BUCURQADI ƏYLƏC QASNAĞININ ÇƏNBƏRİNİN ELEKTROTERMOMEXANİKİ YEYİLMƏSİ VƏ DAĞILMASI (IV hissə)

Ə.X. CANƏHMƏDOV, E.S. PİRVERDİYEV, V.S. SKRIPNİK,
D.Y. JURAVLYOV, V.S. VİTVİTSKİY

Məqalədə qazima bucurğadının lentli-kündəli əyləcinin friksion düyünlərində əyləc qasnağının tətbiqinə yönəlmış konstruktiv həllər göstərilmişdir. Qeyd olunan qasnaqların köməyi ilə onun enerji yüklenməsinin azaldılmasına nail olunur və nəticədə temperatur qradientlərinin və gərginliklərinin azalması baş verir.

Açar sözlər: *lentli-kündəli əyləc, friksion düyüün, polimer kündə, həlqəli disk'lər paketi, T-şəkilli istilik keçirən element, tabii və məcburi konvektiv, həmçinin konduktiv istilik mübadiləsi.*

ELECTRO-THERMO-MECHANICAL WEAR AND DESTRUCTION OF THE PULLEY RIM OF DRAWWORKS BRAKE (Part IV)

A.Kh. JANAHMADOV, E.S. PIRVERDIYEV, V.S. SKRYPNYK,
D.Y. ZHURAVLEV, V.S. VITVITSKIY

The article illustrates the constructive solutions directed towards using the composite pulleys in the friction nodes of the band-shoe brakes. It shows that by means of this pulley we achieve the lowering of energy-loading, and as a result, the thermal gradients and stresses.

Key words: *band-shoe brake, friction unit, polymer overlay, composite brake disk, packet of ring disks, T-shaped heat-conducting element, natural and forced convective and conductive heat transfer.*

FONTAN ARMATURUNUN FLANS BİRLƏŞMƏLƏRİNDE HERMETİKLƏŞDİRİMƏ DƏRƏCƏSİNİN TƏDQİQİ

O.H. MİRZƏYEV

Məqalədə fontan armaturunun flans birləşmələrində hermetikləşdirmə dərəcəsinin tədqiqi məsələsinə baxılmışdır. Təklif olunan analitik ifadə araqatının (kipləndirici) istənilən nöqtəsində xüsusi təzyiqin qiymətini təyin etməyə imkan verir.

Açar sözlər: flans birləşməsi, kipləndirmə, fontan armaturu, hermetikləşdirmə, kələ-kötürlük, araqatı.

Giriş. Neftin fontan üsulu ilə çıxarılması özünün məhsuldarlığı və səmərəliliyi ilə seçilir. Burada tətbiq olunan fontan armaturlarının konstruksiyaları, eləcə də tipik sxemləri və əsas parametrləri müvafiq standartlarla tənzimlənir.

Avadanlığın etibarlı iş rejimi flans birləşməsində hermetikliyin təmin olunma dərəcəsindən asılıdır [1].

Beləliklə, flans birləşmələri arasındaki kipləndirici elementlər uzun müddət yüksək təzyiq, temperatur və aqressiv mühitin təsirindən özlərinin işgörmə qabiliyyətini itirərək hermetikliyin pozulmasına gətirib çıxarırlar [1, 2]. Deyilənləri nəzərə alaraq məqalədə fontan armaturunun flans birləşmələrində hermetikləşdirmə dərəcəsinin tədqiqi məsələsinə baxılmışdır.

Kipləndirmə birləşmələrin hermetikləşdirmə dərəcəsinə həndəsi parametrlərin təsirini dəyərləndirmək üçün aşağıdakı kriteriyaları yazmaq olar:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Pi_1}{\Pi_2} \quad (1)$$

və

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Pi_1 D_2}{\Pi_2 D_1} \quad (2)$$

Burada Q_1 və Q_2 - uyğun iki müxtəlif kipləndirmə birləşməsində kipləndirmə yuvalarının yalnız eni ilə fərqlənən halda maye sızmاسının sərfidir.

Π_1, Π_2 - uyğun olaraq kipləndirmə birləşmələrinin enidir.

D_1, D_2 - uyğun olaraq kipləndirmə birləşmələrinin diametrləridir.

(1) və (2) ifadələrindən məlum olur ki, kipləndirmə birləşməsində mühitin sızması kipləndirmənin eninə tərs mütənasib olur. Bu isə onunla izah edilir ki, kipləndirmə enini artıranda kapilyarların uzunluğunu və məsaməli cismin hidravlikı müqavimətini artırır. Bundan əlavə (1), (2) ifadələrinə əsasən Π_r (ixtiyari en) kəmiyyəti təyin edilir ki, bu da kontakt səthlərində xüsusi təzyiqin intensivliyini azaldır. Həmçinin Π_r artlıqca, ona mütənasib olaraq təzyiqin kontakt səthlərində təsiri azalır. Beləliklə, Π_r (kipləndirmənin eni) parametri birləşmənin kipləndirmə xüsusiyyətlərinə müsbət təsir edir.

Analoji olaraq sərflərin (sızmada) nisbətini diametrlərin tərs nisbəti kimi yazmaq olar:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (3)$$

Burada D_1, D_2 - uyğun birləşmələrin kipləndirmə diametrləridir. Kipləndirməyə ən çox təsir edən amillərdən biri kontakt səthlərinin kələ-kötürlüyüdür. Hermetikliyin kipləndirmə birləşməsində təmin olunma dərəcəsini bilmək üçün məsaməliyin- k və məsaməli cismin hündürlüğünün h , kələ-kötürlük parametrindən R_z asılı olaraq dəyişməsini öyrənək. h kəmiyyəti (hündürlüyü) belə təyin edilə bilər

$$h = R_z(2 - \bar{a}) \quad (4)$$

Burada \bar{a} - kontakt səthlərdə olan kələ-kötürlüklərin bir-birinə yaxınlaşdırılmasını xarakterizə edən parametrdür (yaxınlaşma kəmiyyəti). Müxtəlif kələ-kötürlük modelləri üçün belə təyin edilir [3]:

$$\bar{a} = \left(\frac{6q_c}{k\gamma_1\gamma_2} \right)^{1/3} \quad (5)$$

Burada $k = D_1 D_2 \frac{I}{k_1 + k_2}$ - göstirilmiş sərtlikdir.

$$D_i = \frac{E_i}{2\bar{\rho}(1 - \mu^2)}, \quad (6)$$

ifadəsini yazmaq olar.

$\bar{\rho}$ - kontaktın (kipləndirmə sahəsi üzrə) paylanması;

γ_i - tangens bucağı olub hamarlığı üçün paylanma qanununun parametridir;

q_g - kipləndirmə-metal görüş yerində cəm xüsusi təzyiqdir.

K parametri məsaməliyə görə təyin edilir. Onda m və Σ -ni aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$m = \frac{V_{mes}}{V_0} = \frac{V_0 - K_n \cdot V_0 - \bar{a} \cdot R_z}{V_0} = 1 - K_n - \frac{1}{2}\bar{a}, \quad (7)$$

$$\Sigma = \frac{S_{mes}}{V_0} = \frac{S_0 - \eta F_n}{V_0 \cdot K_n} = \frac{S_0 - \eta \cdot K}{R_z \cdot EK_n} \quad (8)$$

$\eta(R_z)$ və $\bar{a}(R_z)$ olduqca mürəkkəb struktura malikdir, ona görə yalnız R_z parametrinin konkret metal-metal kipləndirmə birləşməsinin kiplik effektinə təsirini tədqiq edək.

Cədvəl 1-də \bar{a} və $\bar{\eta}$ kəmiyyətlərinin 4 kələ-kötürlük səthləri üçün kipləndirmə səthlərin $q_0 = 2 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$ qiymətində hesablanmış qiyməti verilmişdir.

Cədvəl 1.

Kələ-kötürlük sinifləri

	7	8	9	10
R_z , mkm	6,3	3,2	1,6	0,8
a	0,125	0,125	0,124	0,124
η	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$

Hesablamaların nəticələrinə görə deyə bilirik ki, \bar{a} və $\bar{\eta}$ kəmiyyətləri praktiki olaraq R_z -dən asılı deyildir. Onda

$$h \cdot K = R_z^3 \frac{(1 - K_n - \frac{l}{2}a)^3 \cdot (r - \bar{a}) \cdot F_c^2 \cdot K_n}{(S_0 - \eta F_c)^2} = const R_z^3 \quad (9)$$

Burada K -məsaməliyin parametri, K_n -doldurma əmsalı (kipləndircilərin metalla kələ-kötürlüklərini doldurma əmsalı), S_0 -kipləndirici metal kontakt səthlərinin ilkin kontakt sahəsi, F_c -kontakte (təmasın) konturunun sahəsi.

Bu ifadədən görünür ki, sızmanın bu qiyməti R_z^3 -lə mütənasibdir. Yəni kontaktda olan səthlərin təmizlik sinfini bir vahid artırıqlıqda, sızma 8 dəfə azalır. Şəkil 1-də metal kipləndirmə birləşməsi üçün, hava və su mühitləri üçün sızmanın hesablanmış qiymətlərinin asılılığı verilmişdir. Burada $D_u=45\text{mm}$; $q_0=2 \cdot 10\text{N/m}^2$ -dir. Asılılıq kontakt səthlərinin təmizliyinin onun hermetiklik dərəcəsinə təsirini bildirir. Əgər kontakt kipləndirmə səthlərinə sıxıcı qüvvə perpendikulyar istiqamətdə təsir göstərsə, onda xüsusi təzyiq müstəsna hal kimi bu qüvvənin nominal kontakt sahəsinə bölünməsinə görə təyin edilir. Lakin kontakt səthləri qüvvənin təsir istiqaməti ilə müəyyən bucaq əmələ gətirərsə, onda xüsusi təzyiq aşağıdakı kimi təyin edilə bilər. Müvazinət şərtindən yaza bilərik:

$$\frac{G_p}{2} = G \sin \frac{\gamma \alpha}{2} + T \cos \frac{\alpha}{2} \quad (10)$$

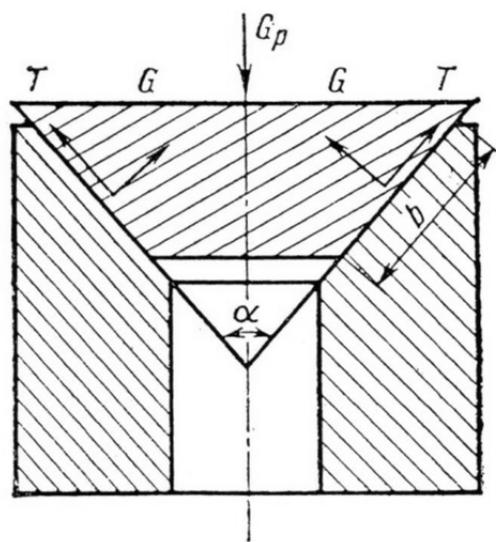
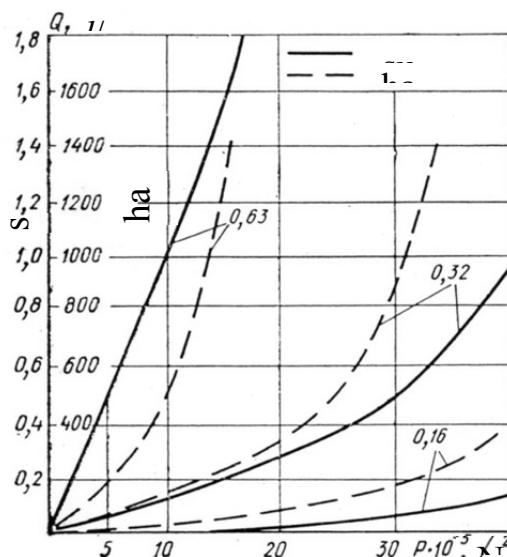
Necə ki, $T = f \cdot G$ - bərabərdir, onda (10) ifadəsinə görə yazmaq olar:

$$G \sin \frac{\alpha}{2} \left(I + f \frac{l}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{G_p}{2} \quad (11)$$

Onda kontakt kipləndirmə səthlərindəki xüsusi təzyiq, hansı ki, qüvvələrin təsir xəttinə perpendikulyar olmazsa, aşağıdakı ifadə ilə təyin edilə bilər:

$$q = G_p / 2 \sin \frac{\alpha}{2} \left(I + f \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) \cdot \pi D b \quad (12)$$

Kombinə edilmiş araqatlarında olan metal içlik yük dəyişdikdə nominal kontakt sahəsi də dəyişir. Bu dəyişiklik rezin halqanın deformasiyasının dəyişməsilə təyin olunur. Ona görə xüsusi təzyiqi təyin edəndə təkcə yükün dəyişməsini deyil, həmçinin kontakt sahənin dəyişməsini də nəzərə almaq lazımdır (şək.3).



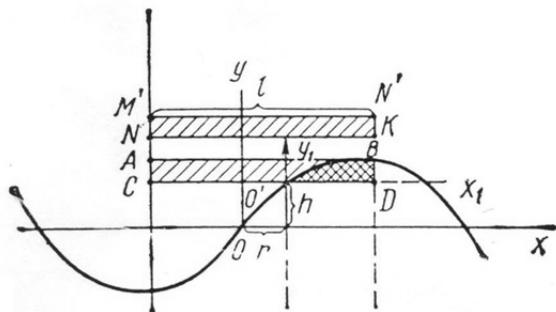
Şək.1. Müxtəlif kələkötürlü səthləri olan zatvorun, mühitin təzyiqi ilə maye və qazın sizmasının hesablama asılılığı

Elastomerlərin sıxlıkmamazlıq şərtinə əsasən sıxıcı yük artdıraqca, araqatın (rezin halqanın) ümumi qalınlığı azalır. Rezin halqanın həcmminin dəyişməsi ondan keçən içliyin həcmində bərabərdir [1].

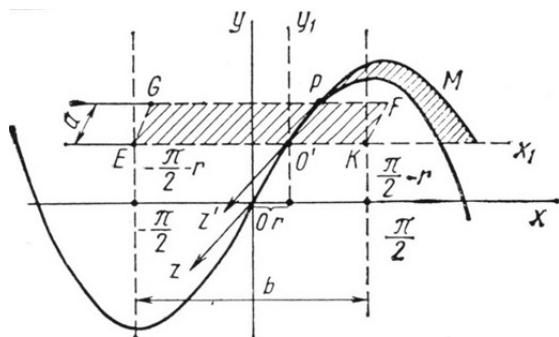
Bu şərtdən istifadə edərək halqanın keçmə dərinliyi (içliyə dərinliyi) belə təyin edilə bilər:

$$H = A - h \quad (13)$$

H kəmiyyətini təyin etmək üçün kipləndirmə birləşməsinin içliyinin profilini $y = A \sin x$ əyrisinə approksimasiya edirik.



Şək.3. Kombinə edilmiş araqatında kontakt sahəsinin dəyişməsi



Şək.4. Kombinə edilmiş araqatının səthində xüsusi təzyiqin paylanması

ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$S_{O'BD} = A \cos\left(\arcsin \frac{h}{A}\right) - h\left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{A}\right) \quad (18)$$

Beləliklə, rezin halqanın sahəsi (13) və (18)-ni nəzərə almaqla belə təyin edilə bilər:

$$S_{ABO'C} = \pi(A-h) - A \cos\left(\arcsin \frac{h}{A}\right) - h\left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{A}\right) \quad (19)$$

Rezin halqanın \$S_{MNKV'}\$ sahəsinin dəyişməsi sıxıcı xarici qüvvənin (yükün) təsirindən ön deformasiyası \$\Delta y\$ kəmiyyəti qədər bərabər olacaq. \$\Delta y \cdot \frac{l}{2}\$, onda, \$\Delta y \cdot l = \Phi\$.

\$S_{MNKV'} = S_{ABO'C}\$ olduğunu nəzərə alsaq, (\$h\$ kəmiyyətini təyin etmək üçün) alarıq:

$$\text{harcsin} \frac{h}{A} + h \frac{\pi}{2} = \pi A - A \cos\left(\arcsin \frac{h}{A}\right) - \frac{\Phi}{2} \quad (20)$$

(20) tənliyini qrafiki həll etmək olar. (20) ifadəsi ilə araqatının səthlərindəki xüsusi təzyiqin paylanması təyin etmək olar. Alınmış ifadədən görünür ki, xüsusi təzyiqin və yükün

paylanması əyrisi sinusoidal xarakterdədir (şək.4). Bu yanaşma ilə təzyiqin yükdən asılılığı O'X'Y'Z' koordinat sistemində belə bir şəkil alar [3]:

$$y(x) = \begin{cases} k[A \sin(x' + r) - h] & x \in \left[0, \frac{\pi}{2} - r\right] \text{ olunda} \\ 0 & x \in \left[-\frac{\pi}{2}, -r, 0\right] \text{ olunda} \end{cases} \quad (21)$$

Burada $K_{təz}$ – təzyiq əmsalıdır (təklif etdiyimiz hermetiklik kriteriyasıdır).

EGFK hissəsində yükün paylanması, hansı ki, $S = ab$ sahəsinə bərabərdir, onda aşağıdakı münasibəti yazmaq olar:

$$\int_0^a \int_{-\frac{\pi+2r}{2\pi} \cdot b}^{\frac{\pi-2r}{2\pi}} f(x; z) dx' dz = G \quad (22)$$

Burada $f'(x; z)$ -təzyiq əyrisidir. Lakin $f(x; z) = f(x')$, yəni O'Z oxu üzrə təzyiq əyrisi eyni xarakterə malikdirlər, onda (22) ifadəsi belə yazıla bilər:

$$\int_0^a \int_0^b f(x) dx' dz = G \quad (23)$$

Ölçülü kəmiyyətlərin ölçüsüz kəmiyyətlərə çevirək:

$E = b(\text{sm})$ -lə olduğunu nəzərə alsaq

$$(x')_{\text{ölçülü}} = \left(\frac{b}{\pi} \cdot x' \right)_{\text{ölçüsüz}}, (z)_{\text{ölçülü}} = \left(\frac{b}{\pi} \cdot z \right)_{\text{ölçüsüz}} \quad (24)$$

Bu ifadəni diferensiallaşaqla, alarıq

$$\begin{aligned} (dx')_{\text{ölçülü}} &= \left(\frac{b}{\pi} dx' \right)_{\text{ölçüsüz}}, \\ (dz)_{\text{ölçülü}} &= \left(\frac{b}{\pi} dz' \right)_{\text{ölçüsüz}}, \end{aligned} \quad (25)$$

Onda (22) ifadəsi aşağıdakı şəkli alar

$$\int_0^{\frac{a}{b}\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}-r}^{\frac{\pi}{2}-r} \left(\frac{b}{\pi} \right)^2 \cdot K_d [A \sin(x' + z) - h] (dx') (dz)_{\text{ölçüsüz}} = G \quad (26)$$

Z-ə görə, sonra $a=G$ isə x' -ə görə integrallasaqla, alarıq:

$$\frac{a}{b} \cdot \pi \left(\frac{b}{\pi} \right)^2 \cdot K_{dez} \left[A \cos r - h \left(\frac{\pi}{2} - r \right) \right] = G \quad (27)$$

Buradan yükdən asılı olan təzyiq əmsalı $K_{təz}$ -ni təyin edək:

$$K_{təz} = \frac{\pi G}{ab \left[A \cos r - h \left(\frac{\pi}{2} - r \right) \right]}, \quad (28)$$

$r = \arcsin \frac{h}{A}$ olduğu üçün, r -i (28) yerinə yazsaq, alarıq:

$$K_{təz} = \frac{\pi G}{ab \left[A \cos \left(\arcsin \frac{h}{2} \right) - h \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{A} \right) \right]}. \quad (29)$$

Onda təzyiq əyrisi (23) yükdən asılı olan təzyiq əmsalı aşağıdakı şəkilə düşər:

$x' \in \left[0, \frac{\pi}{2} - r \right]$ olanda

$$y = \frac{\pi G \left[A \sin \left(x' + \arcsin \frac{h}{2} \right) - b \right]}{ab \left[A \cos \left(\arcsin \frac{h}{2} \right) - h \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{A} \right) \right]}. \quad (30)$$

Xüsusi təzyiqin maksimum qiyməti ara qatının $x' = \frac{\pi}{2} - r = \frac{\pi}{2} \arcsin \frac{h}{A}$ nöqtəsində alınır:

$$y \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{2} \right) = \frac{\pi G (A - h)}{ab \left[A \cos \left(\arcsin \frac{h}{2} \right) - h \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{h}{A} \right) \right]}. \quad (31)$$

Deməli, alınan (31) ifadəsindən istifadə edərək ara qatının istənilən nöqtəsində xüsusi təzyiqi təyin etmək olar. Xüsusi təzyiq kontakt səthlərində məsaməli layın (qatın) hündürlüyündən və onun keçiriciliyindən asılıdır.

Nəticə.

Beləliklə, aparılan nəzəri və praktiki tədqiq nəticəsində müəyyən edilmişdir ki,

- fontan armaturlarının flans birləşməsində hermetikliyin təmini kipləndirici elementin həndəsi və ölçülərinin düzgün təyin edilməsindən ciddi şəkildə asılıdır;
- flans birləşməsinin konstruktiv cəthində hermetikliyin təyini burada yaranan xüsusi təzyiqin qiymətindən asılı olaraq onun hündürlüyü və keçiriciliyi ilə tənzimlənir;
- təklif olunan analitik ifadə ara qatının (kipləndirici) istənilən nöqtəsində xüsusi təzyiqin qiymətini təyin etməyə imkan verir.

REFERENCE

1. **Janahmadov A.Kh.** Mehanika elastomerov v neftegazovom oborudovanii. – Bakı: Chashyogly, 2002. – 308 s.
Джанахмедов А.Х. Механика эластомеров в нефтегазовом оборудовании. – Баку: Чашыоглы, 2002. – 308 с.
2. **Janahmadov A.Kh.** Neftyanaya tribologiya. – Bakı: Elm, 2003. – 320 s.
Джанахмедов А.Х. Нефтяная трибология. – Баку: Элм, 2003. – 320 с.
3. **Goryacheva I.G., Dobychin M.I.** Kontaktnye zadachi v tribologii. - M.: Mashinostroenie, 1988. - 250 s.
Горячева И.Г., Добычин М.И. Контактные задачи в трибологии. - М.: Машиностроение, 1988. - 250 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ФОНТАННОЙ АРМАТУРЫ

О.Г. МИРЗОЕВ

В статье исследована степень герметизации фланцевых соединений фонтанной арматуры. Приводится аналитическое выражение, позволяющее определить значение удельного давления в уплотнительном элементе.

Ключевые слова: фланцевое соединение, уплотнение, фонтанная арматура, герметизация, шероховатость, прокладка.

INVESTIGATION OF HERMETIC SEALING LEVEL IN FLANGED CONNECTIONS OF WELL-CONTROL EQUIPMENT

O.H. MIRZOYEV

The paper investigates the problem of hermetic sealing in the flanged connections of well-control equipment. The analytical expression is provided to indicate the value of the surface pressure in the sealing element.

Key words: flanged connections, sealing, well-control equipment, sealing, roughness, sealing rings.

PLUNJERİN SİLİNDR DAXİLİNDƏ TUTDUĞU VƏZİYYƏTİN NASOSUN İŞİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQİQİ

Ö.M. KƏRİMOV, E.İ. ABBASOV

Məqalədə şanqli quyu nasoslarında plunjər və silindrin ara boşluğunundan mayenin geriyə sızmasının azaldılması və eyni zamanda plunjərin silindr daxilində düzoxlu hərəkətinin təmin olunması məsələsinə baxılır. Səthində müxtalif növ kanallar açılmış yeni tip plunjər təklif olunur. Baxılan konstruksiya plunjərin silindrələ eyni oxlığının saxlanması təmin edir. Təklif olunan konstruksiyanın eksperimental tədqiqi verilir və konstruksiyanın kütləvi plunjərlərlə müqayisədə mayenin geriyə sızma miqdarını 50-60% azaldılmasına imkan verdiyini göstərilir.

Açar sözlər: şanqli quyu nasosu, plunjər, silindr, geriyə sızma, eyni oxluluq.

Texnoloji tələb olaraq şanqli quyu nasoslarında silindr ilə plunjər arasında diametr üzrə 0...170 mkm ara boşluğu nəzərdə tutulur ki, bu da istismar prosesində plunjərin silindr daxilində konsentrik, paralel oxlu ekssentrik və ya çəp vəziyyətlər almasına səbəb olur. Bu vəziyyətlərdən ən əlverişlisi plunjərin silindrələ konsentrik vəziyyətdə olmalıdır, çünki, bu halda ara boşluğunundan mayenin geriyə sızması minimal olur. Plunjər silindr daxilində ekssentrik vəziyyətdə, lakin paralel oxlu olduqda ara boşluğunundan mayenin geriyə sızması sürətlə artır.

Məlumdur ki, plunjər və silindr konsentrik vəziyyətdə olduqda onların ara boşluğununda mayenin geriyə sızması

$$q_k = \frac{\pi D \delta^3 g H}{12 \nu l}, \quad (1)$$

ekssentrik lakin paralel oxlu olduqda isə

$$q_{eks} = (2 + 3C^2) \frac{\pi D \delta^3 g H}{12 \nu l} \quad (2)$$

düsturları ilə hesablanır [1].

Burada D – plunjərin diametri;
 δ – bir tərəfə olan ara boşluğu;
 g – sərbəst düşmə tacili;
 ν – mayenin kinematik özlülüyü;
 l – plunjərin uzunluğu;
 H – plunjənin uclarındakı təzyiqlər fərqi;
 C – nisbi ekssentriklikdir.

Nisbi ekssentriklik mütləq ekssentrikliyin e ara boşluğununa δ olan nisbətidir, yəni

$$C = \frac{e}{\delta}. \quad (3)$$

(3)-ü nəzərdə tutmaqla (1) və (2) ifadələrinin nisbətindən alarıq:

$$q_{eks} = q_k \left(2 + 3 \frac{e^2}{\delta^2} \right). \quad (4)$$

Əgər $e = \delta$ olarsa, onda $q_{eks} = 5q_k$ olar.

Sonuncu ifadədən görünüşü kimi plunjерlə silindrin ara boşluğundan onların tam ekssentrik vəziyyətində mayenin geriyə sızması konsentrik vəziyyətindəki geriyə sızmasından 5 dəfə çox olur.

Bir məsələni də qeyd edək ki, plunjerin silindr daxilində istər konsentrik və eləcə də ekssentrik paralel oxlu vəziyyətlərində plunjerin yan səthinə təsir edən təzyiq müntəzəm paylanmış olur ki, bu da plunjerin silindrə mərkəzi vəziyyət tutmasına və nəticədə sürtünmə qüvvəsinin azalmasına səbəb olur.

Plunjerin silindr daxilində konsentrik və ya paralel oxlu ekssentrik vəziyyətlərindən fərqli olaraq çəp vəziyyətində mayenin geriyə axması istiqamətində ara boşluğu bir tərəfdə getdikcə genişlənmiş, əks tərəfdə isə daralmış olur. Belə halda plunjerin yan səthinə təsir edən təzyiq qeyri-müntəzəm paylanır. Təzyiqin bu cür paylanması plunjerin hidravlikı «srixılmasına» səbəb olur ki, nəticədə plunjerin hərəkəti vaxtı böyük sürtünmə qüvvəsi yaranır.

“Plunjər-silindr” tipli cütlərdə plunjerin silindr daxilində mərkəzləşməsini təmin etmək və təzyiqin qeyri-müntəzəm paylanması nəticəsində yaranan hidravlikı «srixılmanı» aradan qaldırmaq üçün onların səthlərinin birində həlqəvi qanovcuqların açılması ideyası mövcuddur [2].

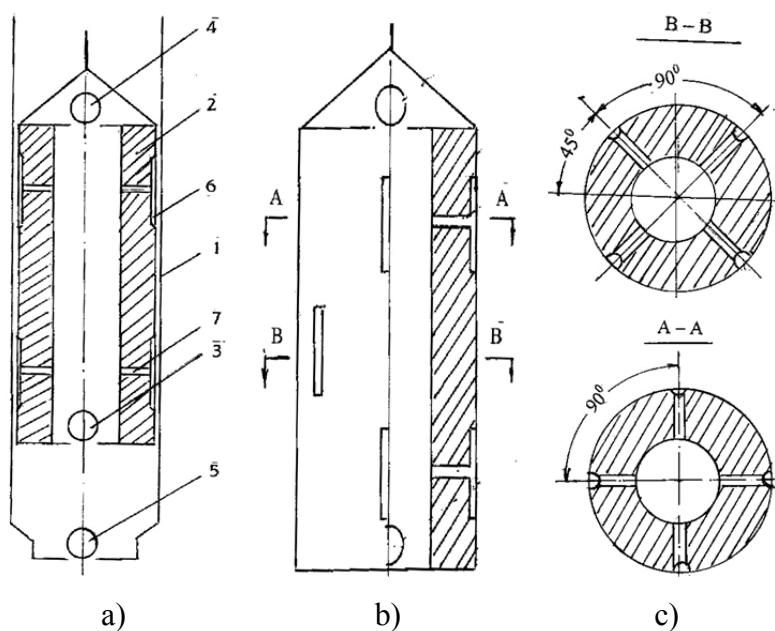
Məlumdur ki, şanqlı quyu nasoslarının plunjeleri səthləri hamar və oxuna perpendikulyar müstəvilər üzərində bir-birindən bərabər məsafələrdə olmaqla səkkiz ədəd həlqəvi qanovcuqlar açılmış şəkildə də konstruksiya edilir. Qeyd edək ki, səthində qanovcuqlar olan plunjelerin tətbiqində əsas məqsəd plunjeler silindrin ara boşluğununa daxil olmuş mexaniki qarşıqların tutulub sixlanması yolu ilə onlarda yeyilməni azaltmaqdən ibarətdir. Düzdür, bu plunjeler hamar səthli plunjelerə nisbətən qumlu quyuların istismarında yeyilmə baxımından üstünlüklərə malikdir. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, istismarın müəyyən dövrü ərzində göstərilən qanovcuqlar mexaniki qarşıqlarla dolaraq öz fəaliyyətini dayandırır. Qanovcuqlarda mexaniki qarşıqların istismar vaxtı müxtəlif formalarda yerləşməsi qanovcuqlara müxtəlif cür həndəsi formalar verir ki, bu da plunjerin səthində təzyiqin qeyri-müntəzəm paylanması və hidravlikı «srixılma» nəticəsində sürtünmə qüvvəsinin artmasına gətirib çıxardır. Nəzərə almaq lazımdır ki, plunjerin silindr daxilində mərkəzləşməsini təmin etmək üçün qanovcuqlar simmetrik və sabit ölçülərə malik olmalıdır. Təəssüf ki, kütləvi istehsalda olan plunjeler üzərində açılmış qanovcuqlar yuxarıda göstərilən səbəblərdən onların silindr daxilində mərkəzləşməsini təmin edə bilmir.

Deyilənləri nəzərə alaraq aşağıda şərh olunan nasos konstruksiyası təklif olunur.

Təklif olunan şanqlı quyu nasosu (şək.1a) silindr daxilində yerləşdirilmiş plunjər 2 vurma klapanları 3,4 və sorma klapanı 5-dən ibarətdir.

Nasosun plunjерinin səthi üzərində uclarından 15 sm məsafə istisna olmaqla oxuna paralel və bir-biri ilə üfüqi müstəvidə 90^0 bucaq əmələ gətirən 4 ədəd qanovcuqlar 6 açılmışdır. Qanovcuqların pillələr sayı 3 ədəddir. Hər bir pillədə qanovcuqlar öz əvvəlki vəziyyətinə nisbətən üfüqi müstəvidə 45^0 döndərilmiş şəkildədir. Qanovcuqların uzunluğu 25 sm, dərinliyi isə 1 mm nəzərdə tutulmuşdur. Hər bir qanovcuğun orta hissəsindən plunjərin en kəsiyi üzərində oxuna doğru diametri 1-2 mm olan deşiklər 7 açılmışdır. Plunjər ayrıca olaraq şək.1.b-də və onun kəsikləri üzrə görünüşləri isə şək.1.c-də göstərilmişdir.

Nasosun iş prinsipi aşağıdakı kimiidir. Plunjərin yuxarı hərəkəti vaxtı vurma klapanları 3 və 4 bağlı olur. Nasosun qəbulundakı təzyiq plunjərin alt fəzasındaki təzyiqindən böyük olduğundan sorma klapanı 5 açılır və maye silindrədə genişlənən həcmi doldurmağa çalışır.



Şək.1. Plunjəri şaquli qanovcuqlara malik şanqli quyu nasosu:

a) nasosun ümumi görünüşü; b) nasosun plunjəri; c) plunjərin yuxarıdan birinci və ikinci pillələr üzrə en kəsiyinin görünüşləri. 1-silindr; 2-plunjər; 3,4-vurma klapanları; 5-sorma klapanı; 6-plunjər üzərində açılmış şaquli qanovcuq; 7-oyuq.

maye ilə əhatə olunması nəticəsində sürtünmə qüvvəsinin azalmasına və sərbəst olaraq enməsinə şərait yaradır. Plunjərin yuxarı hərəkəti vaxtı artıq plunjər daxili və plunjər ətrafi boşluqlar maye ilə dolu şəkildə olur. Plunjərin üstündə olan maye sütununun təzyiqi sızmaya nəticəsində plunjər ətrafi fəzaya ötürülür. Bu zaman boyuna açılmış kanallarda yaranan radial təzyiq qüvvələri plunjəri mərkəzləşməyə məcbur edir ki, nəticədə plunjər hidravlikı «sixılmadan» azad olur və sürtünmə qüvvəsinin azalmasına səbəb olur. Əgər vurma klapanıancaq plunjərin aşağı hissəsində olarsa, mərkəzləşmə daha effektiv icra oluna bilər. Beləliklə, açılmış kanallar və oyuqlar plunjər ətrafi sahədə təzyiqin müntəzəm paylanması və onun mərkəzləşməsini təmin etmiş olar.

Qeyd edək ki, təqdim olunan plunjər tutucu ştoka malik boru tipli nasoslar istisna olmaqla bütün tip nasoslarda tətbiq oluna bilər. Tutucu ştoka malik boru tipli nasoslarda təklif

Plunjər aşağı hərəkət etdikdə silindrədə təzyiqin artması ilə sorucu klapan 5 bağlanır və vurma klapanları açılır. Bu vaxt maye plunjərləti fəzadan sorma klapanları və plunjərin daxili kanalı ilə axaraq nasos-kompressor boru kəmərinə daxil olur.

Plunjərin aşağı hərəkəti vaxtı onun aşağı və yuxarı hissələrində praktiki olaraq təzyiq eyni olur. Bu vaxt plunjərdə olan deşiklərdən nasosun silindrinə ötürülən təzyiq qüvvələri plunjəri silindr daxilində mərkəzi vəziyyət almağa məcbur edir ki, bu da plunjərin hər tərəflə

olunan plunjeleri tətbiq etdikdə onların səthində olan kanallarda deşiklərin olmadığı variantından istifadə etmək olar.

Təqdim olunan konstruksiyanın qarşıya qoyulan məqsədi doğrultmasını yoxlamaq üçün aşağıdakı eksperimental qurğudan istifadə edilmişdir. Qurğu aşağıdakı elementlərdən ibarətdir

(şək.2): çən 1, yüksək təzyiq nasosu 2, ventillər 8, 9, 10, kompensator 7, manometrlər 6,7, tədqiq olunan şanqlı quyu nasosu 4 və ölçü qabı 5.

Mayenin plunjər və silindrin ara boşluğunundan geriyə sızmاسının təyini metodikası aşağıdakı kimiidir.

Qurğunun sistemi adı məişət suyu ilə doldurulur. Çəndən 1 su yüksək təzyiq nasosu 2 vasitəsilə kompensatora 3 və oradan 8 ventilinin köməyi ilə tədqiq olunan şanqlı quyu nasosuna 5 vurulur. Maye nasosdan axaraq ölçü qabına 5 tökülr. 8 və 9 ventillərinin köməyi ilə nasosun qəbulunda olan təzyiq tənzimlənir. Təzyiqin

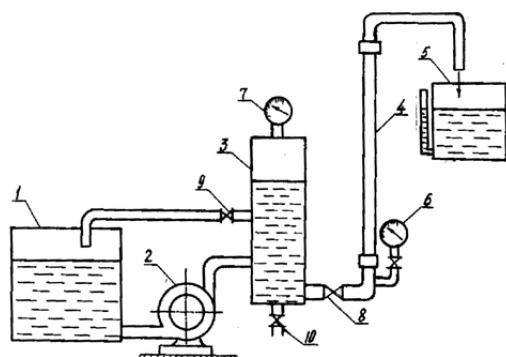
müəyyən olunmuş qiymətinə uyğun olaraq nasosdan keçən maye sərfi ölçülür, sonra təzyiq dəyişdirilir və sərfin yeni qiyməti ölçülür. Nasosun qəbulundakı təzyiqə 6 manometri ilə nəzarət edilir. Yüksək təzyiq nasosunun 2 verimi 9 ventili vasitəsilə tənzimlənir. 10 ventili vasitəsi ilə sistemdəki su boşaldılır. Qeyd edək ki, hər bir təzyiqdə mayenin axması 5-6 dəqiqə davam edir. Mayenin sərfi həcmi üsulla ölçülür. Hər bir təzyiqdə mayenin sərfi 3 dəfə ölçülür və onun orta hesabı qiyməti müəyyənləşdirilir. Təcrübənin sonunda mayenin saniyədəki sərfi

$$q = \frac{W}{t} \text{ təyin olunur. Burada } W \text{ - t zaman ərzində axan mayenin həcmidir.}$$

Təcrübə 44 mm şərti diametri şanqlı quyu nasosundan istifadə edilərək aparılmışdır. Nasosun silindri nazik divarlı bütöv seçilmiştir. Onun daxili diametri $d_s = 44,45 \text{ mm}$ -ə bərabərdir. Nasosun plunjərinin uzunluğu $l = 1200 \text{ mm}$; xarici diametri $d_p = 44,350 \text{ mm}$. Plunjərə silindr arasındaki ara boşluğu diametr üzrə 100 mkm-dir. Müqayisə kütləvi istehsal olunan hamar səthli və səthində həlqəvi qanovcuqlar olan plunjərlərlə aparılmışdır. Qeyd edək ki, müqayisə üçün seçilmiş plunjərlərin və müqayisəsi aparılacaq təklif olunan plunjərlərin hər üçünün texniki ölçüləri (uzunluğu və xarici diametrləri) eynidir.

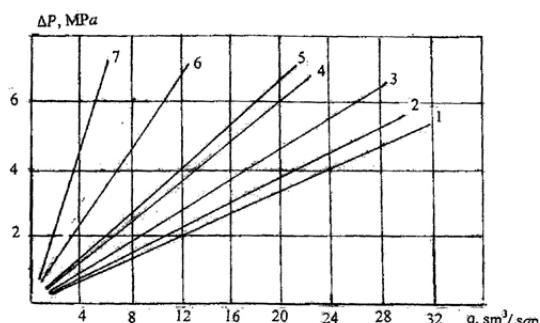
Təcrübələrin nəticələri $q = f(\Delta P)$ şəklində işlənmişdir. Burada q vahid zamanda ara boşluğunundan axan mayenin miqdarı, ΔP -isə nasosun qəbulundakı təzyiqdir (şək.3).

Şək.3-də 1, 3 əyrilərinin müqayisəsi göstərir ki, plunjərlərin silindr daxilində eksentrik vəziyyətlərində ara boşluğunundan mayenin geriyə sızmاسının azaldılması baxımından təklif olunan və qanovcuğa malik kütləvi plunjərlər hamar plunjərlərə nisbətən müəyyən üstünlüyü malikdirlər. Qeyd edək ki, təcrübə vaxtı plunjərlərin ekssentrik vəziyyətdə saxlanılması mexaniki yolla icra olunmuşdur. Belə ki, plunjər silindrindən açılmış iki ədəd yivli oyuga taxılan



Şək.2. Eksperimental qurğunun sxemi.

1-çən; 2-yüksək təzyiq nasosu; 3-kompensator; 4-tədqiq olunan şanqlı quyu nasosu; 5-ölçü qabı; 6,7-manometrlər; 8,9,10-ventillər.



Şək.3. Şənqli quyu nasosunun plunjər və silindr cütünün ara boşluğundan mayenin geriyə sızmasının plunjərin ucları arasındakı təzyiqlər fərqindən asılılığı qrafiki:

plunjərin eksentrik vəziyyətində: 1-hamar plunjər; 2-8 ədəd həlqəvi qanovcuğa malik plunjər; 3-təklif olunan plunjər.

plunjərin cari vəziyyətində: 4-hamar plunjər, 5-8 ədəd həlqəvi qanovcuğa malik plunjər; 6-təklif olunan şaquli qanovcuqlu plunjər; 7-təklif olunan şaquli qanovcuqlu və oyuqlu plunjər.

sor borusunda olan maye sütununun təzyiqi silindrinə olan təsiri nəticəsində yaranan əks təsir qüvvələri plunjərin mərkəzi vəziyyətdə saxlanılmasını təmin edir.

Onu da qeyd edək ki, plunjərlər üzərində olan qanovcuqların yaratdığı yerli hidravlikı müqavimət böyük təzyiq altında kiçik uzunluğa malik kanalda maye axımına lazımı müqavimət göstərə bilmir. Odur ki, baxılan hallarda ara boşluqlarından mayenin geriyə sızmasının azalmasını yalnız hidravlikı müqavimət hesabına deyil eyni zamanda ara boşluğunda təzyiqin müntəzəm paylanması hesabına plunjərin silindr daxilində mərkəzləşməsi və konsentrik vəziyyət alması ilə izah etmək olar.

Təbii ki, plunjər üzərində açılmış şaquli qanovcuqlar mayenin geriyə sızmasını sürətləndirə bilər. Lakin bu sızmanın miqdarını plunjər eksentrik vəziyyətdə olduğu haldakı geriyə sızma ilə müqayisə etsək, onun daha çox olduğunu söyləmək olar. Bu səbəbdən icra olunmuş yanaşmalar hesabına plunjərin silindr daxilində müntəzəm təzyiq paylanması ilə əhatə olunaraq mərkəzləşməsini və bunun nəticəsində nasosların istismar göstəricilərinin yüksəldilməsində müstəsna əhəmiyyətə malik olduğunu qeyd etmək lazım gəlir.

Nəticə. Şənqli quyu nasoslarında plunjərin silindr daxilində tutduğu vəziyyətdən asılı olaraq onlar arasında olan ara boşluğundan mayenin geriyə sızması təhlil olunmuşdur.

Mayenin geriyə sızmasını azaltmaq üçün səthində müxtəlif növ kanallar və oyuqlar açılmış plunjərin konstruksiyası işlənmiş və eksperimental qurğuda onun tədqiqatı aparılmışdır.

Təklif olunan plunjərin tətbiqi nəticəsində plunjərin-silindr daxilində konsentrik vəziyyət alması təmin edilmiş və bunun nəticəsində geriyə sızmanın miqdarını, 50-60% azaldılmasına nail olunmuşdur.

şiftlə sıxılmışdır. Eksentrik vəziyyətdə qanovcuqlara malik plunjərli nasosda mayenin geriyə sızmasının azalmasını onların yaratdığı hidravlikı müqavimətin artması ilə izah etmək olar.

Şək.3-də 4, 5, 6, 7-əyirləri müvafiq olaraq hamar, 8 ədəd həlqəvi qanovcuğa malik və təklif olunan plunjərlər silindr daxilində sərbəst olduğu hallarda mayenin geriyə sızmasını göstərən əyirləridir. Əyirlərin müqayisəsi göstərir ki, təklif olunan plunjər mayenin geriyə sızmasına daha böyük müqavimət göstərir. 6 və 7 əyirlərinin müqayisəsi göstərir ki, təklif olunan plunjərin səthində şaquli qanovcuqlarla yanaşı en kəsikləri üzərində oxuna perpendikulyar oyuqların açılması onun səmərəsinin daha da artmasına səbəb olur. Şübhəsiz nasos-kompres-

REFERENCE

1. **Janahmadov A.Kh.** Neftyanaya tribologiya. – Baku: Elm, 2003. – 326 s.
Джанахмедов А.Х. Нефтяная трибология. – Баку: Элм, 2003. – 326 с.
2. AZS 012-98 Nasosy skvazhinnye shtangovye. Azgosstandart, 1998
AZS 012-98 Насосы скважинные штанговые. Азгосстандарт, 1998

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАНИМАЕМОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПЛУНЖЕРА ВНУТРИ ЦИЛИНДРА НА РАБОТУ НАСОСА

О.М. КЕРИМОВ, Э.И. АББАСОВ

В статье рассматриваются вопросы по снижению утечки жидкости в зазоре между плунжером и цилиндром скважинного насоса, а также обеспечение соосности движения плунжера в цилиндре. С этой целью предлагается новый тип плунжера, который содержит различные виды каналов в поверхности. Данная конструкция позволяет сохранить соосность плунжера и цилиндра в процессе эксплуатации. Результаты экспериментов показали, что конструкция позволяет уменьшить утечку жидкости на 50-60% по сравнению с существующей конструкцией.

Ключевые слова: скважинный штанговый насос, плунжер, цилиндр, утечка, соосность.

ANALYSES OF THE INFLUENCE OF PLUNGER POSITION INSIDE SYLINDER ON THE PUMP EFFICIENCY

O.M. KERIMOV, E.I. ABBASOV

The problems of reducing of liquid leakage in the clearance between the plunger and cylinder of well pump and also providing coaxial plunger movement in the cylinder have been considered. With this purpose a new type of plunger containing various types of channels in the surface has been offered. The given construction allows to keep coaxially the plunger and cylinder in the process of exploitation. The results of experimental investigations showed that the given construction allows to reduce liquid leakage by 50-60% in comparison with existing constructions.

Key words: downhole sucker rod pumps, plunger, cylinder, leaks, alignment.

TÜKƏNMƏ REJİMİNDE İŞLƏYƏN QAZKONDENSAT YATAQLARININ İŞLƏNİLMƏ MƏSƏLƏLƏRİNİN MODELLƏŞDIRİLMƏSİ

A.T. SƏMƏDZADƏ

Məqalədə qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin tükənmə rejimi qazkondensat sisteminin ikiölçülü çoxkomponentli modeli bazasında modelləşdirilmiş və konkret yataq timsalında işlənilmənin texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılmışdır.

Aparılmış hesabatlar nəticəsində tükənməyə işlənən qazkondensat yataqlarının işlənməsinin başa çatdırılması mərhələsində texnoloji göstəricilərinin yaxşılaşdırılması üçün laylara «quru» qaz və ya tərkibində az miqdarda azot olan «quru» qazla təsir üsulu təklif olunmuşdur.

Açar sözlər: qazkodensat yataqları, tükənmə rejimi, çoxkomponentli model, texnoloji göstəricilər.

Məlumdur ki, qazkondensat və qazkondensatneft yataqlarının çoxu layın təbii enerjisinin tükənməsi hesabına, yəni qaz rejimində istismar olunur [1-3, 8, 11, 12 və s.].

Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənilmə təcrübəsi göstərir ki, lay təzyiqinin qiymətinin sistemin kondensasiyasının başlanılma təzyiqinin qiymətindən aşağı olduqda layda və quyudibi zonada retrograd kondensatın çökməsi prosesi baş verir [1-3, 8, 10, 11 və s.]. Bunun nəticəsində qaza görə fazaya keçiriciliyi pisləşir və istismar quyularının məhsuldarlığı aşağı düşür.

Kondensatın çökməsi ilə əlaqədar quyuların məhsuldarlığının aşağı düşməsi bir sıra yataqlarda, o cümlədən-Qaradağ [2], Xara-Zirə-dəniz [3], Bahar və başqa yataqlarda müşahidə olunmuşdur.

Quyuların məhsuldarlığının aşağı düşməsi nəinki onların istismarında bir sıra problemlər yaradır, həmçinin yataqların işlənilməsinin idarə olunmasında müəyyən çətinliklər əmələ gətirir və son nəticədə istismar prosesinin iqtisadi göstəricilərinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Çox zaman məhsuldarlığın aşağı düşməsi, quyuların istismarının dayandırılmasının əsas səbəblərindən biri olur.

Tükənmə rejimində işləyən qazkondensat yataqlarında kondensatın çökməsinə təsir edən əsas amillər [1,2] işlərində öyrənilmişdir. Lay təzyiqinin azalması prosesi zamanı qazkondensat sistemindən maye halında kondensatın ayrılması və bu hadisənin quyuətrafi zonada daha sürətlə baş verməsi quyuların məhsuldarlığının azalmasının əsas səbəblərindən biri kimi müəyyənləşdirilmişdir [2]. Bu işdə retrograd kondensatın toplanma dərəcəsinə açılan

horizontların effektiv qalınlığı və strukturlarda quyuların yerləşməsinin də təsiri qeyd edilmişdir. Göstərilmişdir ki, retroqrad hadisə zamanı birinci növbədə ağır komponentli karbohidrogenlər qazkondensat sistemində ayrıılır və bununla əlaqədar olaraq yatağın istismarı zamanı yüngül çəkiyə malik kondensat çıxarılır və onun fraksiya tərkibində yüksək qaynama temperaturuna malik fraksiyaların miqdarı azalır. Bu nəticə Qarabağ yatağının 115 №-li quyu timsalında alınmışdır. Burada 30 ay istismar müddətində kondensatın sıxlığının 777 kq/m^3 -dan 765 kq/m^3 -a qədər azalması müşahidə olunmuşdur. Eyni analoji mənzərə "Yujnaya", Vuktil və digər yataqlarda da müşahidə edilmişdir. Məsələn, Vuktil yatağında lay təzyiqinin 35Mpa-dan 17,4Mpa-a qədər düşməsi zamanı kondensatın sıxlığı $753,3 \text{ kq/m}^3$ -dan $712,4 \text{ kq/m}^3$ -a qədər azalmışdır [6].

Quyuların məhsuldarlığının yuxarıda qeyd olunan səbəblərə görə azalması Doqqər, Timofeev, Novoqroiçeski, Xara-Zirə-dəniz və s. yataqlarında da qeyd olunmuşdur [3, 6]. Bu amillər quyuların istismarı və yataqların işlənilməsinin idarə olunması ilə bağlı bir çox problemlər yaratmaqla yanaşı, onların texniki-iqtisadi göstəricilərin pişləşməsinə də gətirib çıxardır.

Yuxarıda qeyd olunanlardan başqa, digər amillər də qazkondensat yataqlarının işlənilmə prosesində retroqrad hadisələrin baş verməsinə təsir göstərir. Lay qazında pentan və ondan yuxarı molekulyar kütləyə malik komponentlərin miqdarı $300\text{-}350 \text{ g/m}^3$ -dən çox olduqda quyuların məhsuldarlığının azalması baş verir [6]. Həmçinin göstərilir ki, belə hallarda kondensatladoymayanın qiyməti kifayət qədər böyük olur və fazaların yenidən paylanması nəticəsində quyuların məhsuldarlığı aşağı düşür. Maye fazasının doyması 50% olduqda kiçik keçiricilikli kollektorların keçiriciliyi hətta qaza görə tamamilə itir. Belə hal Nols-Bromayd yatağının quyularında baş vermişdir [6].

Kollektorun qeyri-bircinsliliyinin quyudibi zonada retroqrad kondensatın toplanmasına böyük təsir göstərməsi [10]-da qeyd olunmuşdur. Belə hal laylarda keçiriciliklərin qiymətləri arasındaki müxtəliflik və bu müxtəlifliyin quyuətrafi zonalarda kondensatladoymaya kəskin təsirinin olması ilə izah edilir.

Digər tədqiqatlarda quyudibi zonada retroqrad kondensatın çökməsinə yuxarıda qeyd olunan amillərdən başqa, qazkondensat sisteminin termodinamik və fiziki-kimyəvi xassələrinin də təsir etməsi göstərilir [5,13].

Bir sıra tədqiqatçılar retroqrad kondensatın quyuətrafi zonada toplanmasını dinamik kondensasiya prosesi kimi qəbul etmişlər [6, 11 və s.].

Məlumdur ki, bütün lay üzrə və quyuətrafi zonada termobarik şərait kəskin dəyişdiyindən retroqrad kondensatın toplanması sahə üzrə qeyri-bircinsdir. Məsaməli mühitdə retroqrad kondensatın çökməsi xarakterik olaraq əsasən iki zonada baş verir. Quyudan kifayət qədər uzaq məsafədə formalanış dayanıqlı (statik) və quyuətrafında formalanış dinamik kondensasiya zonası.

Dayanıqlı kondensasiya zonasında toplanan retroqrad kondensat təzyiqdən və qarışığın başlanğıc tərkibində asılı olmaqla differensial kondensasiya prosesi ilə ifadə edilir. Dinamik kondensasiya zonasında isə retroqrad kondensatın toplanması karbohidrogen sisteminin faza hallarından və karbohidrogenlərin kütlə mübadiləsindən asılıdır.

Dinamik kondensasiya zonasında kondensatın toplanması mexanizmi aşağıdakı qaydada baş verir: İstismar prosesində lay təzyiqi kondensasiya təzyiqindən aşağı düşən andan məsaməli mühitdə retroqrad kondensat çökməyə başlayır. Təzyiqlər fərqliin böyük olduğu zonada çökən maye kondensat (kondensatlı doymamanın qiymətinin onun böhran qiymətindən kiçik olduqda) tərpənməz olur. Qazla birlikdə quyuya süzülməyə imkan tapmadığından (sürətinin zəif olmasına görə) lay boyunca mayenin toplanması baş verir. Bu proses məsaməli mühitdə lay qazının tərkibinin çökmüş maye fazasının tərkibi ilə tarazlıq halına gələnə qədər davam edir. Nəticədə qeyd olunan zonada məsaməli mühitin maye ilə doymasının qiyməti layda orta kondensatlı doyma qiymətini aşır.

Bütün qeyd olunanlar qazkondensat yataqlarının kifayət qədər mürəkkəb işlənilmə obyekti olduğunu göstərir. Belə yataqların işlənilməsi intensiv faza kecid prosesləri və süzülən fazaların fiziki-kimyəvi xassələrinin kəskin dəyişməsi ilə müşahidə edilir. Ona görə də qazkondensat yataqlarının tükənmə rejiminin modelləşdirilməsi zamanı yuxarıda qeyd olunanların işlənilmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılmasında daha dəqiq nəzərə alına bilinməsi nöqtəyi-nəzərindən qazkondensat sisteminin ikifazalı çoxkomponentli süzülmə tənliklərindən istifadə edilməsi daha münasibdir.

1. Qazkondensat qarışığının süzülmə prosesinin hidroqazodinamik modelləşdirilməsi

Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejiminin məsələlərinin həll edilməsi üçün qazkondensat sisteminin ikifazalı çoxkomponentli süzülmə modeli nəzəri baza kimi seçilir. Baxılan hidroqazodinamik modeldə təzyiq və qarışığın tərkibi asılı olmayan dəyişənlər qəbul edilir. Bu model çoxkomponentli qarışığın halını süzülmənin bütün hallarında, o cümlədən, lay təzyiqinin kondensasiya təzyiqindən böyük və kiçik olan hallarında təyin etmək və fazaların termodinamik-tarazlıq məsələlərini həll etmək, tərkibi və fazaların doyma funksiyalarını tapmaq və qarışığın fiziki xassələrini təyin etmək üçün hesablama üsullarından istifadə etməyə imkan verir.

Kapilyar və qravitasiya qüvvələrinin, molekulyar diffuziyanın, qeyri-tarazlıqlı faza kecidlərini nəzərə almadiqdə çoxkomponentli qarışığın izotermik süzülməsininin differensial tənliklər sistemi və sistemi qapayan münasibətlər aşağıdakı şəkildə daxil edilir [10]:

$$\begin{aligned} \nabla \left[\left(\frac{k hf_m(S_m) \rho_m}{\mu_m M_m} x_i + \frac{k hf_q(S_q) \rho_q}{\mu_q M_q} y_i \right) \nabla p \right] = \\ = \frac{\partial}{\partial t} \left[mh \left(\frac{\rho_m S_m}{M_m} + \frac{\rho_q S_q}{M_q} \right) z_i \right] + \\ \pm \sum_{v=1}^n Q_i^v(t) \delta(x - x_v) \delta(y - y_v), \quad i = \overline{I, N}, \quad (x, y) \in D, \quad t \in (0, T), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N y_j = 1, \quad \sum_{i=1}^N z_i = 1. \quad (2)$$

$$\rho_q = \rho_q(P, T, z_1, z_2, \dots, z_{N-1}, z_N),$$

$$\rho_m = \rho_m(P, T, z_1, z_2, \dots, z_{N-1}, z_N),$$

$$\mu_q = \mu_q(P, T, z_1, z_2, \dots, z_{N-1}, z_N),$$

$$\mu_m = \mu_m(P, T, z_1, z_2, \dots, z_{N-1}, z_N),$$

$$S_q = 1 - S_m, \quad S_q = \frac{(1 - F_q) \rho_q M_q}{(1 - F_q) \rho_q M_q + \rho_m M_m}, \quad (3)$$

burada $f_q(S_q)$, $f_m(S_m)$ - uyğun olaraq qaz və maye fazalarının nəzəri faza keçiricilikləri funksiyalarıdır; S_q , S_m - uyğun olaraq məsaməli mühitdə qaz və maye fazalarının doyma əmsallarıdır; p - təzyiq; t -zaman; x_i, y_i - uyğun olaraq qaz və maye fazalarında i -ci komponentin molyar miqdarıdır; z_i - qarışqda i -ci komponentin cəmlənmiş molyar miqdarıdır; ρ_q və ρ_m - uyğun olaraq qaz və maye fazalarının molyar sıxlıqlarıdır; M_q və M_m - uyğun olaraq qaz və maye fazalarının orta molekulyar çəkiləridir; $Q_i^\nu(t)$ - t - zaman müddətində i -ci komponentə görə ν -cü mənbəyin sıxlığıdır; x_ν, y_ν - ν -cü elementar mənbəyin koordinatlarıdır; n - elementar mənbələrin sayıdır.

Konkret olaraq tükənmə rejiminin məsələlərin həlli üçün tənliklər sistemi təzyiqə və komponent miqdalarına görə uyğun başlangıç və sərhəd şərtləri ilə tamamlanır:

$$p(x, y, t)|_{t=0} = p_0(x, y), \quad (x, y) \in D, \quad (4)$$

$$z_i(x, y, t)|_{t=0} = z_i^0(x, y), \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (x, y) \in D, \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial p(x, y, t)}{\partial n} \right|_{\Omega} = 0, \quad (x, y) \in \Omega, \quad t \in (0, T). \quad (6)$$

burada Ω - məhsuldar layın xarici sərhədidir.

(1)-(6) tənliklər sisteminin həlli zamanı qaz və maye fazalarının fiziki xassələri aşağıdakı hesablama üsuluna görə təyin edilir.

2. Verilən tərkibli maye-qaz sisteminin maye-qaz tarazlığının hesablanması

Qarışığın təzyiqi P , temperaturu T , molyar komponent tərkibi z_i , $i = \overline{1, N}$ verilir. Verilmiş termobarik şəraitdə başlangıç qarışığın ayrılmasına görə qaz fazasının y_i , $i = \overline{1, N}$ molyar tərkibi, karbohidrogenlərin maye fazasının x_i , $i = \overline{1, N}$ tərkibi, mövcud fazaların F_q, F_m molyar miqdalarının təyin olunması tələb olunur. Beləliklə, sadalanan $2N + 2$ sayda dəyişənlərin tapılmasını aşağıdakı $2N + 2$ sayda balans tənlikləri sisteminin

$$\begin{cases} f_{i,q} - f_{i,m} = 0, i = \overline{I, N} \\ x_i L + y_i V - z_i = 0, i = \overline{I, N} \\ \sum_{i=1}^N y_i - I = 0 \\ F_q + F_m = I \end{cases} \quad (7)$$

həllindən alınır [5,12].

(7) sistemində birinci ($N+1$) sayda tənliklər uyğun olaraq qaz və maye fazalarından komponentlərin uçuculuqlarının bərabərliyinə görə termodinamik tarazlıq şərtini ifadə edir. Buxar $f_{i,q}$ və maye $f_{i,m}$ fazalarında komponentlərin uçuculuqları məlum termodinamik münasibətlər əsasında fazaların aşağıdakı hal tənliyindən [5] istifadə etməklə hesablanır:

$$p = \frac{RT}{v - \epsilon} - \frac{a}{(v + c)(v + d)} . \quad (8)$$

Qeyd edək ki, fazaların tarazlığının hesablanması üsulu hal tənliyinə görə kifayət qədər rahatdır və verilən sistem haqqında maksimal informasiyanın kompakt şəkildə analitik formada özündə saxlayır [5, 12].

Hal tənliyindən istifadə etməklə fazaların tarazlığının hesablanması çoxkomponentli sistemin klassik termodinamiki halının adlı şəkildə tətbiqinə bütün uyğun fazalarda qarışığın komponentlərinin kimyəvi potensiallarının bərabərliyinə əsaslanır.

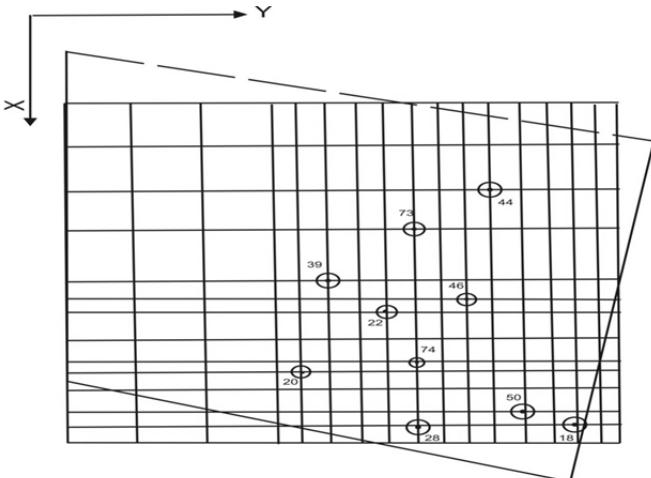
3. Qazkondensat yatağının tükənmə rejiminin texnoloji göstəricilərinin proqnozlaşdırılması

Dərində yerləşən Bulla-dəniz qazkondensat yatağının əsas obyekti olan VII horizontunun V bloku timsalında işlənilmənin tükənmə rejiminin texnoloji göstəricilərinin proqnozlaşdırılması yerinə yetirilmişdir.

Bulla-dəniz qazkondensat yatağının VII horizontunun V blokunun bəzi xüsusiyyətlərini qeyd edək: $71 MPa$ -dan yuxarı başlangıç lay təzyiqinə malikdir və quyular yüksək məhsuldarlıqla işləyir. Layın temperaturu $102^{\circ}S$ -dir. Layın karbohidrogen qarışığının başlangıç kondensasiya təzyiqi təxminən $71 MPa$ -dır. Layda maye fazanın sıxlığı $0.8 g/m^3$, molekulyar kütlə 160, qaz fazasında kondensatın miqdarı $0.362 kg/m^3$ -dur. Kollektorun məsaməliliyi 16.9% və keçiriciliyi isə $0.042 mkm^2$ -dir.

Tədqiq olunan obyekti layının qazkondensat qarışığı aşağıdakı başlangıç ortalaşdırılmış tərkiblə xarakterizə olunur(molyar miqdar, %): metan – 88.59; etan – 4.11; propan – 1.47; butan – 0.77; C_{5+} – 4.86; karbon qazı – 0.2;

Şəkil 1-də VII horizontun V blokunun struktur xəritəsi göstərilmişdir.



Şəkil 1. Yatağın sxemi və quyuların paylanması

işlənilmə tarixi verilənlərinə görə, o cümlədən kondensatın illik hasilatına və lay təzyiqinin ortalaşdırılmış qiymətlərinə görə hidrodinamik modelin yatağa sazlanması yolu ilə təyin edilmişdir (Şəkil 2). Bununla əlaqədar olaraq nəzəri faza keçiricilikləri funksiyaları aşağıdakı şəkildə qəbul edilmişdir:

$$k_l = \begin{cases} \alpha_l \left(\frac{\rho_l - \rho_{l\min}}{\rho_{l\max} - \rho_{l\min}} \right)^{\beta_l}, & \rho_{l\min} \leq \rho_l \leq \rho_{l\max} \\ 0 & 0 \leq \rho_l \leq \rho_{l\min}. \end{cases}$$

burada $\rho_{l\max}$ - l -ci fazanın maksimal doması fazı, $\rho_{l\min}$ - l -ci fazanın minimal doması, α_l və β_l - yatağın işlənilməsinin tarixi verilənlərinə görə, yəni işlənilmə müddətində ortalaşdırılmış təzyiqin və kondensata görə illik hasilatın hesablaşma qiyməti ilə faktiki qiymətləri arasındaki fərqiin praktiki olaraq qəbul edilə biləcəyi yaxınlığın təmin olunması şərtindən, təyin olunmalı hər hansı əmsallardır. Yataq şəraitinə uyğun olaraq parametrlərin təqibləri təqibləri $\alpha_e = 0,9$; $\beta_e = 2,89$; $\alpha_k = 0,78$; $\beta_k = 2$ olmuşdur.

Bulla-dəniz qazkondensat yatağının istismar olunan quyularında hesablamalar quyudibi zonalarda təzyiqin $71.6 MPa$ -dan $12.0 MPa$ -ya düşməsi intervallarında aparılmışdır və qazkondensat qarışığının maksimal kondensasiya təzyiqi $26-27 MPa$ intervalında təyin edilmişdir. Bunun üçün [5] içində təklif olunan üsulla qarışq üçün diferensial kondensasiya prosesi modelləşdirilmişdir.

Təklif olunan karbohidrogenlərin çoxkomponentli süzülmə modeli bazasında layda və quyudibi zonada retrograd kondensatın toplanma mexanizmi və yatağın işlənilməsi prosesində onun hərəkətdə ola bilməsi xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Baxılan yatağın müvafiq bloku üzrə hesablamaların nəticələri Şəkil 3-4-də göstərilmişdir.

Qeyd edək ki, baxılan blok 10 sayda istismar quyu ilə istismar edilir. Lakin bu quyuların bir çoxu müəyyən müddətdən sonra dayanmış və cari məlumat olaraq 39, 46, 73

Tədqiq olunan obyekt üzrə quyuların qaza və kondensata görə illər üzrə debitləri [10]-dan götürülmüşdür. Fazaların bütün fiziki xassələri və hər bir fazada komponentlərin miqdarı cari təzyiq və temperaturda qarışığın komponent tərkibi əsas götürülməklə (8) hal tənliyinin köməyi ilə analitik yolla təyin edilmişdir. Yatağın tükənmə rejimi üçün qeyd olunan verilənlərin dəyişməsi Cədvəl 1-də verilmişdir. Qaza və kondensata görə nisbi faza keçiricilikləri yatağın

quyuları işləyirlər. Ümumiyyətlə, 1975-ci ildə açılan yatağın qaza və kondensata görə ümumi ehtiyatı uyğun olaraq $33,5 \cdot 10^9 m^3$ və $10,7 \cdot 10^6 t$ olmuşdur.

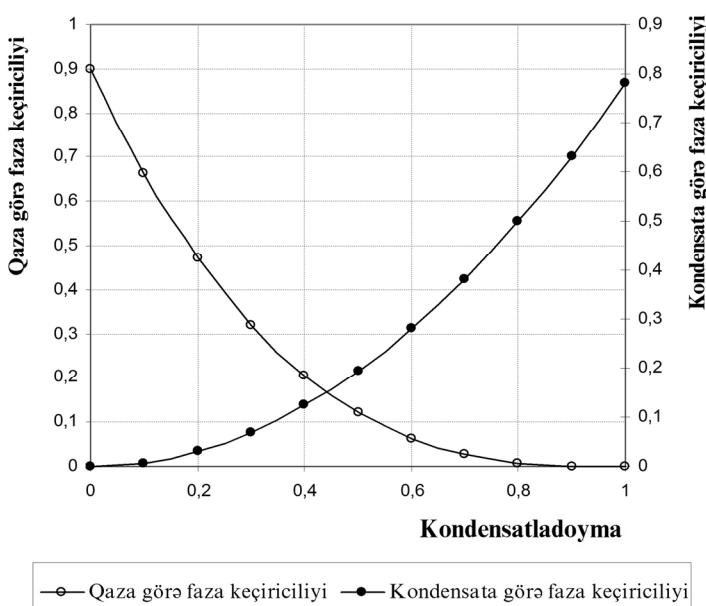
Cədval.

Lay mayesi və qazının xassələri

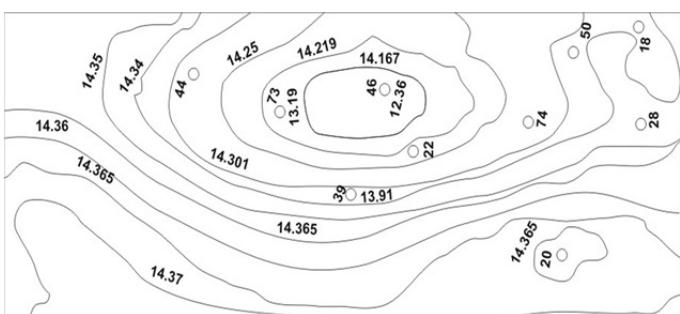
P (MPa)	Qazın sıxlığı	Kondensatın sıxlığı	Qazın özlülüğü	Kondensatın özlülüğü	Kondensatla-durma
71.6	0.465	0.465	0.062	0.121	0
65.0	0.411	0.485	0.056	0.133	0.129
60.0	0.383	0.511	0.051	0.144	0.192
55.0	0.341	0.535	0.046	0.154	0.25
50.0	0.304	0.553	0.04	0.173	0.29
45.0	0.262	0.591	0.035	0.201	0.33
40.0	0.221	0.618	0.029	0.233	0.36
35.0	0.183	0.644	0.024	0.271	0.387
30.0	0.144	0.682	0.021	0.31	0.4
25.0	0.114	0.707	0.018	0.35	0.395
20.0	0.079	0.734	0.015	0.4	0.37
15.0	0.044	0.758	0.012	0.47	0.34
10.0	0.031	0.773	0.01	0.55	0.29
5.0	0.0025	0.781	0.008	0.63	0.25

Hesablaşmanın nəticəsi olaraq təzyiqin və kondensataldoymanın işlənilmənin sonu üçün V blokun VII horizontu sahəsi üzrə paylanma xəritəsi şəkil 3-4-də verilmişdir. Şəkil 4-dən görünür ki, quyular və onların quyudibi zonasında kondensataldoymanın qiyməti böyük intervallarda dəyişir. Məsələn, işləyən 39, 46, 73 №-li quyularda kondensatla doymanın maksimal qiymətləri uyğun olaraq 0,64; 0,76; 0,38, quyuətrafi zonalarda isə orta qiymətlər: 0,39; 0,41; 0,27 olur (şəkil 3). Bu hallar üçün horizont üzrə lay təzyiqi çox da böyük olmayan 12-14,5 MPa intervalında dəyişir (şəkil 4).

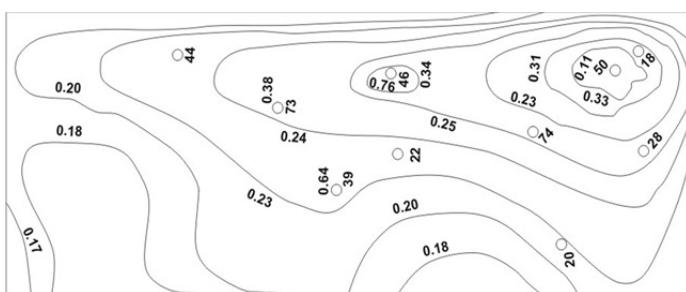
Baxılan quyular üzrə kon-densatla doymanın statik, dinamik və böhran zonaları lay boyu quyu oxuna doğru drenləmə sahəsi üzrə uyğun olaraq dəyişir. Həmin verilənlər və həmçinin layın həndəsi ölçüləri, kollektoranın məsaməliliyi,



Şekil 2. Faza keçiricilikleri ayrırları



Şəkil 3. Təzyiqin işlənilmənin sonu üçün Bulla-dəniz qazkondensat yatağının V blokun VII horizontu sahəsi üzrə paylanması xəritəsi



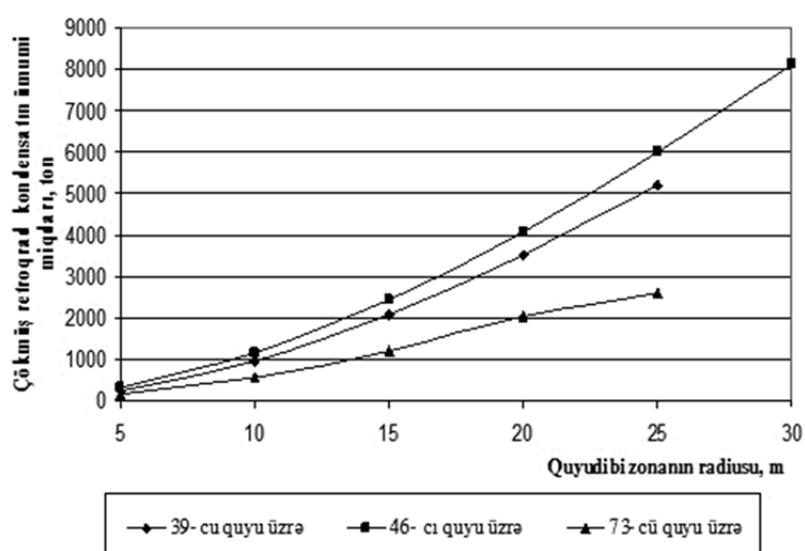
Şəkil 4. Kondensatlı doymamanın işlənilmənin sonu üçün Bulla-dəniz qazkondensat yatağının V blokun VII horizontu sahəsi üzrə paylanması xəritəsi

qavmətin artması ilə əlaqədardır.

Layda çökən maye fazanın miqdarının artması kondensasiya təzyiqinin kondensatın (39, 46, 73 sayılı quyular üzrə) ümumi miqdarları qiymətinə çatma halına qədər davam edir. Lay təzyiqinin növbəti azalması çökən retrograd kondensatın qaz fazasında buxarlanması ilə müşahidə edilir. Qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin tükənmə rejiminin başa çatma mərhələsində layda qazkondensat qarışığının faza halına uyğun baş verən histerizis hadisəsi maye karbohidrogenlərin gözlənildiyindən az miqdarda buxarlanmasına təsir edir.

layı doyduran flyidlərin fiziki-kimyəvi xassələri əsasında quyu divarlarının müxtəlif sahələrində toplanan kondensat miqdaları hesablanmış və nəticələr şəkil 5-də verilmişdir. Şəkildən görünür ki, eyni şəraitdə istismar olunan quyular üzrə kondensatın daha çox toplanma həcmi digər quyular ilə müqayisədə 46 №- li quyuda daha çoxdur. Bu, 46 № -li quyunun digər quyular ilə müqayisədə daha çox və uzun müddət üçün böyük debitlə istismar edilməsi ilə izah oluna bilər.

Quyuətrafi zonada kondensatın toplanması quyuların məhsuldarlığını xeyli aşağı salır. Bu, əsasən quyudibə zonada meydana çıxan yerli qüvvələrin qarışığın quyuya süzülməsinə qarşı mü-



Şəkil 5. Quyudibə zonanın müxtəlif sahələrində çökmüş retrograd kondensatın ümumi miqdari, ton

Ümumiyyətlə, 2000-ci il daxil olmaqla yataqdan $15,7 \cdot 10^9 m^3$ qaz və $3,508 \cdot 10^6$ ton kondensat çıxarılmışdır. Qaza və kondensata görə qalıq ehtiyat baxılan horizont üçün uyğun olaraq $17,8 \cdot 10^9 m^3$ və $7,2 \cdot 10^6 t$ təşkil edir.

Göründüyü kimi, baxılan horizont tükənmə rejimi ilə istismar edildikdə laydan çıxarılmamış külli miqdarda karbohidrogenlər, xüsusən yüksək qaynama qabiliyyətli karbohidrogenlər itkisi yaranır. Belə itkilərin həcmini azaltmaq və işləyən quyuların məhsuldarlığını artırmaq üçün işlənilmənin son mərhələsində istismardan kənar edilmiş quyuları vurucu quyulara keçirməklə həmin quyular vasitəsilə laya bir çox üsullarla, məsələn “quru” qaz və ya tərkibində 50% azot olan “quru” qazla təsir effektivli üsul ola bilər.

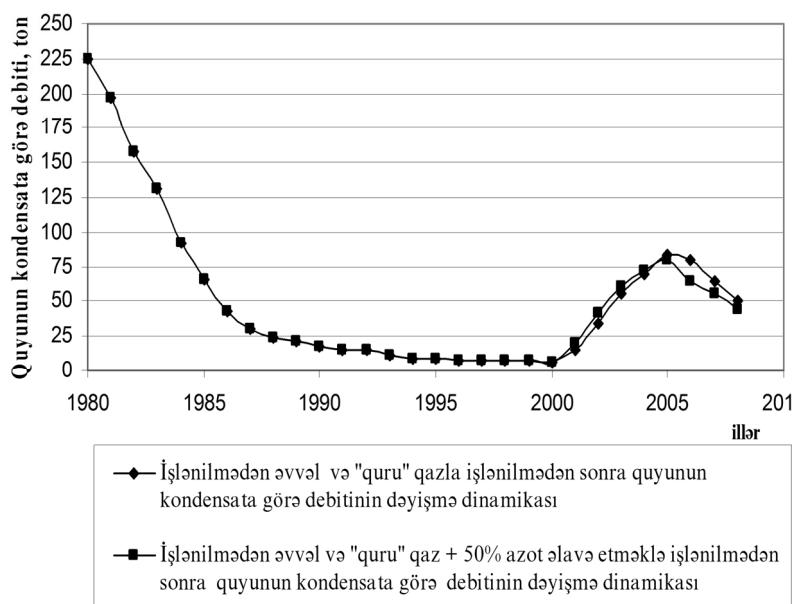
4. Tam tükənməmiş qazkondensat yatağına müxtəlif tərkibli qazlarla təsir etməklə çökmüş retroqrad kondensatın çıxarılmasının texnoloji göstəricilərinin təyini

Baxılan horizontda 22 və 44 №-li quyular öz istismar müddətini başa vurmuşdur və işləyən 39, 46, 73 №-li quyular həmin quyuların təsir sahəsinin mərkəzində yerləşmiş quyular hesab oluna bilər. 22 və 44 №-li quyular vasitəsilə baxılan horizonta qaz vurma üsullarını tətbiq etməklə işləyən quyular və onların drenləmə zonasında və həmçinin vurucu quyular, onların quydibi zonasında çökmüş külli miqdarda maye karbohidrogenləri hərəkətə gətirmək, onları istismar quyularına tərəf sıxışdırmaq və qaz fazasında buxarlandırmıq mümkündür.

Təklif olunan variantlarda vurucu quyulara vurulan işçi agentlərin miqdarı laydan çıxarıla bilən qazkondensat qarışığının həcmindən müəyyən həcm çox olmalıdır.

Aparılan hesablamaların nəticəsi olaraq birinci texnoloji variantda hər il vurulan “quru” qazın ümumi həcmi $0,85 \cdot 10^9 m^3$ və bir qədər çox, ikinci texnoloji variantda isə eyni həcmdə - $0,425 \cdot 10^9 m^3$ həcm “quru” qaz və həmin həcm qədər də azot “quru” qaza qarışdırılırla vurucu quyulara təsir edilmişdir. Vurulan işçi agentin həcmi vurucu quyularda mövcud təzyiqi bir qədər artırmaq və sonradan sabit saxlanılmaqla istismarın aparılması halına uyğun olaraq identifikasiya olunmuşdur.

Şəkil 6-da 39-cu quyu timsalında çıxarılan qaz və kondensatın zamana görə dəyişməsi hər iki variant üçün göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, kondensat veriminə görə artım tempi 5 ilə qədər davam edir və sonra tədricən



Şəkil 6. İşlənilmədən əvvəl və işlənilmədən sonra 39 sayılı quyunun kondensata görə debitinin illər üzrə dəyişmə dinamikası

azalma müşahidə edilir. Ümumiyyətlə, təsirdən sonra işlənilmənin 8 il ərzində baxılan variantlar üzrə uyğun olaraq drenləmə zonasının kondensat ehtiyatının 47,5% və 46%-ni çıxarmaq mümkün olmuşdur. İstismarın sonrakı dövrlərində vurulan işçi agetin istismar quyularına daha çox daxil olması ilə əlaqədar olaraq kondensata görə debitin kəskin azalması müşahidə edilmişdir. Qeyd edək ki, digər istismar olunan 46, 73

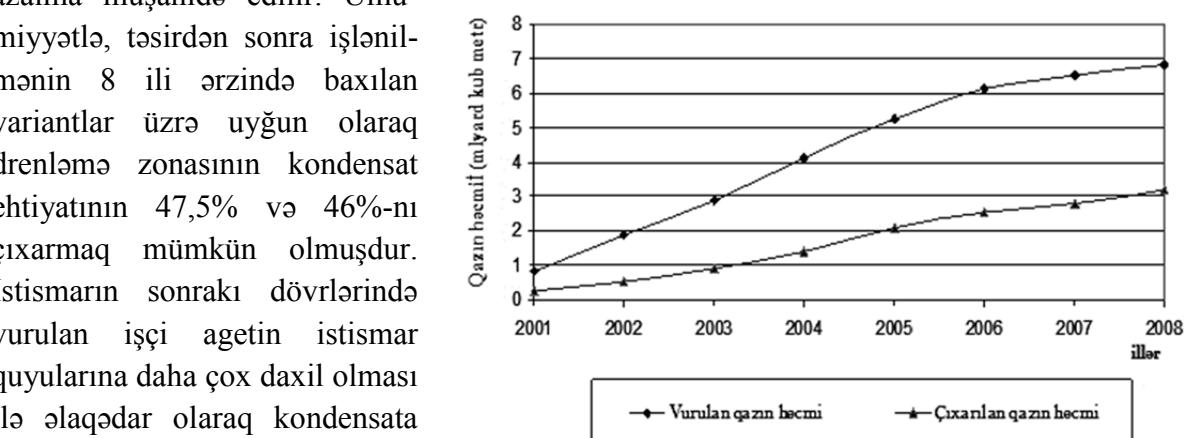
saylı quyular üzrə analoji mənzərə müşahidə edilmişdir. Laya təsir zamanı vurulan və çıxarılan qazın miqdarı istismar müddətləri üzrə şəkil 7-də göstərilmişdir.

Baxılan ikinci təsir variantında vurulan qazın miqdarına nəzərən çıxarılan qazın miqdarı arasındaki fərq xeyli az olmuşdur və istismar quyularının drenləmə zonasında qalıq ehtiyat qazın 23% çıxarılması təmin olunmuşdur (şəkil 8).

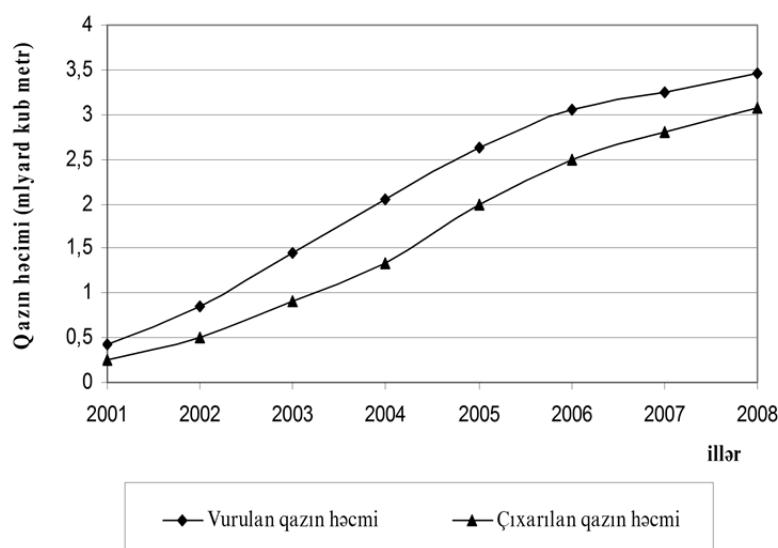
Baxılan variantların nəticəsinin ümumiləşməsindən yatağın tükənmə rejiminin sonunda onun quyularına “quru” qaz və “quru” qazın tərkibində 50% azot olmaqla təsir göstərilməsi üsullarının effektli olması və axırıncının əvvəlki üsulla müqayisədə xeyli miqdar “quru” qaza qənaət etmək baxımından daha səmərəli olması müəyyənləşdirilmişdir.

Nəticə. Qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin tükənmə rejimi qazkondensat sisteminin ikiölçülü çoxkomponentli modeli bazasında modelləşdirilmiş və konkret yataq

timsalında işlənilmənin texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılmışdır. Tam tükənməmiş qazkondensat yatağının texnoloji göstəricilərini yaxşılaşdırmaq üçün “quru” qaz və ya tərkibində müəyyən miqdar azot olan “quru” qazla təsir üsulları təklif edilmiş və onların effektivli olması, həmçinin, ikincinin birinci texnoloji üsulla müqayisədə daha səmərəli olması göstərilmişdir.



Şəkil 7. Layın işlənilməsi zamanı vurulan və çıxarıla bilən qazın həcmiin zamana görə dəyişmə dinamikası (I variant)



Şəkil 8. Layın işlənilməsi zamanı vurulan və çıxarıla bilən qazın həcmiin zamana görə dəyişmə dinamikası (II variant)

REFERENCE

1. **Abasov M.T.** Nekotorye voprosy proektirovaniya razrabotki gazovyh i gazoneftyanых mestorozhdeniy. // ANH. – 1961, N8. - с. 24-26.
Абасов М.Т. Некоторые вопросы проектирования разработки газовых и газонефтяных месторождений. // АНХ. - 1961, N8. - с. 24-26.
2. **Abasov M.T., Babaev M.B., Gasanov F.G. i dr.** Sostoyanie i kratkiy analiz razrabotki VII-h gorizontov gazokondensatnogo mestorozhdeniya Karadag. Trudy AzNIIDN, 1960, vyp.9, s.212-222.
Абасов М.Т., Бабаев М.Б., Гасанов Ф.Г. и др. Состояние и краткий анализ разработки VII-х горизонтов газоконденсатного месторождения Карадаг. Труды АзНИИДН, 1960, вып.9, с.212-222.
3. **Abasov M.T., Orudzhaliев F.G.** Gazogidrodinamika i razrabotka gazokondensatnyh mestorozhdeniy. – M.: Nedra, 1989. – 262 s.
Абасов М.Т., Оруджалиев Ф.Г. Газогидродинамика и разработка газоконденсатных месторождений. – М.: Недра, 1989. – 262 с.
4. **Aziz H., Settari E.** Matematicheskoe modelirovanie plastovyh sistem: Per. s angl. M.: Nedra, 1982. 407 s.
Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем: Пер. с англ. М.: Недра, 1982. 407 с.
5. **Brusilovskiy A.I.** Fazovye prevrashheniya pri razrabotke mestorozhdeniy nefti i gaza. M.: Graal, 2002, 575s.
Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. М.: Грааль, 2002, 575с.
6. **Gricenko A.I., Shandrygin A.N., Podyuk V.G.** Metody povysheniya produktivnosti gazokondensatnyh skvazhin. M.: Nedra, 1997, 239 s.
Гриценко А.И., Шандрыгин А.Н., Подюк В.Г. Методы повышения продуктивности газоконденсатных скважин. М.: Недра, 1997, 239 с.
7. **Zakirov S.N., Somov B.E., Gordon V.Y, Palatnik V.M., Yufin P.A.** Mno-gomernaya i mnogokomponentnaya filtraciya: Spravochnoe posobie. M.: Nedra, 1988, 335 s.
Закиров С.Н., Сомов Б.Е., Гордон В.Я, Палатник В.М., Юфин П.А. Многомерная и многокомпонентная фильтрация: Справочное пособие. М.: Недра, 1988, 335 с.
8. **Mirzadzhanzade A.H., Kovalev A.G i dr.** Razrabotka ga-zokondensatnyh mestorozhdeniy. Nedra, M.: 1967, 356 s.
Мирзаджанзаде А.Х., Ковалев А.Г и др. Разработка газоконденсатных месторождений. Недра, М.: 1967, 356 с.
9. **Feyzullaev H.A., Rzaeva V.G.** Adaptaciya gidrodinamicheskoy modeli po dannym istorii razrabotki gazokondensatnoy zalezhi. Izv.AN.Azerb., seriya Nauk o Zemle, Baku, 2001, vyp.2, s.19-21.
Фейзуллаев Х.А., Рзаева В.Г. Адаптация гидродинамической модели по данным истории разработки газоконденсатной залежи. Изв.АН.Азерб., серия Наук о Земле, Баку, 2001, вып.2, с.19-21.
10. **Feyzullaev H.A.** Osobennosti vliyaniya neodnorodnosti kollektora na process obrabotki prizaboynyh zon gazokondensatnyh skvazhin “suhim” gazom. // Izv. NAN Azerb., seriya Nauk o Zemle, 2008, №3, s.43-51

- Фейзуллаев X.А.** Особенности влияния неоднородности коллектора на процесс обработки призабойных зон газоконденсатных скважин “сухим” газом. // Изв. НАН Азерб., серия Наук о Земле, 2008, №3, с.43-51
11. **Cuciat I.M.** Supercritical fluids for enhancing recovery in a gaz condensate reservoir. Lab. Experiments and field test // 6th. European IOR-Symposium in Itavanger, Norway. – May 21-23/ - 1991. – Pp.923-927.
12. **Robinson D.B., Peng D.Y. Ng. H.Y.** Capability of the Peng-Robinson programs. – Hidrocarbon Processing, 1978, N.4, Pp.95-98.
13. **Sage B.H.** Thermodynamies of multicomponent systems. Reihold Publishing Corporation. – New-York: 1965, 91 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ РАЗРАБОТКИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РЕЖИМЕ ИСТОЩЕНИЯ

А.Т. САМЕДЗАДЕ

В статье смоделирован режим истощения газоконденсатных месторождений на базе двухмерной многокомпонентной модели газоконденсатной системы и прогнозированы технологические показатели разработки на примере конкретного месторождения.

В результате проведенных расчетов предлагается метод закачки в залежи «сухого» газа или «сухого» газа с небольшим содержанием азота, который улучшает технологические показатели доразработки газоконденсатных месторождений, разрабатываемых на истощение.

Ключевые слова: газоконденсатные месторождения, режим истощения, многокомпонентная модель, технологические показатели.

MODELLING THE GAS-CONDENSATE FIELDS IN THE EXHAUSTION REGIME

A.T. SAMEDZADE

The paper models the exhaustion regime of the gas-condensate fields on the basis of the two-dimensional multicomponent model of the gas-condensate system, and it forecasts the technological indicators of development on the example of a specific field. As a result of calculations the method of “dry” gas, or “dry” gas with a little content nitrogen injected into the reservoirs to improve a performance of the depleted oil and gas fields as the further development stage is suggested.

Key words: oil and gas fields, exhaustion regime, multicomponent model, technological indicators.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДЕБИТА НЕФТИ СКВАЖИН

(На примере Сиязаньской моноклинали)

Ф.Т. МУРВАТОВ

В статье даны рекомендации для определения нефтяных и водных объектов по охватывающему фильтр разрезу в нефтедобывающих скважинах с целью достижения эффективного применения методов, повышающих дебит нефти в соответствии со специфическим геологическим и эксплуатационным состоянием нефтяных месторождений конкретно Сиязаньской моноклинали.

Ключевые слова: перфорация, песчаная пробка, длинные фильтры, объект, дебит.

Текущее состояние нефтяных месторождений Сиязаньской моноклинали (НМСМ) характеризуется очень низким темпом добычи нефти, что объясняется сложностью геолого-энергетических особенностей месторождения и, соответственно, ограниченностью возможностей используемых методов разработки.

Различные методы, применяемые в настоящее время с целью повышения дебита нефти скважин, не дают достаточно эффективных результатов, и их применение сталкивается с большим числом геологических, технологических и экологических проблем. Подробная информация по этому поводу приведена в [1-3].

Учитывая, что НМСМ обладают большим энергетическим потенциалом, при указанных обстоятельствах определенную часть остаточных нефтяных запасов можно получить только путем применения прогрессивных методов и методов, соответствующих только специфическим геологическим и эксплуатационным условиям месторождения.

Следует отметить, что одной из основных причин неэффективности ряда методов, применяемых с целью повышения дебита нефти скважин на указанном месторождении, является невозможность определения нефтяных и водных объектов на основании диаграмм электрического каротажа с резким усложнением условий эксплуатации месторождения. Так, часто происходят неточности касательно нефтеносности отдельных структур, показывающих себя в качестве нефтеносных, после работ по перфорации которых в большинстве случаев поступает вода.

Рассмотрим данный вопрос на примере нефтедобывающей скважины № 1720, эксплуатируемой на месторождении: скважина была сдана в эксплуатацию 16.10.2001 года. Объект эксплуатации (эксплуатационный объект) состоит из отложений Майкопа и Кона. Эксплуатационная колонна (146 мм) была спущена на глубину 1500м. Цементировочные работы в скважине были выполнены в интервале 1500-388м. Интервал первого (первичного) фильтра составил 1390-1169 м (длина фильтра 221м). Продуктивные объекты на основании каротажных диаграмм для скважины приведены на рисунке 1. Согласно диаграммам, в скважине 05.01.2002 года в интервалах 1000-900 м, а 17.01.2002 года в интервалах 260-220 м, 205-176 м были выполнены работы по перфорации, однако результат оказался совершенно (полностью) неэффективным. Так, после работ по перфорации дебит нефти скважины снизился с 1.7 тонн в день до 0.5 тонн в день, а дебит воды повысился с 7.0 тонн в день до 15 тонн в день. В настоящее время скважина ликвидирована.

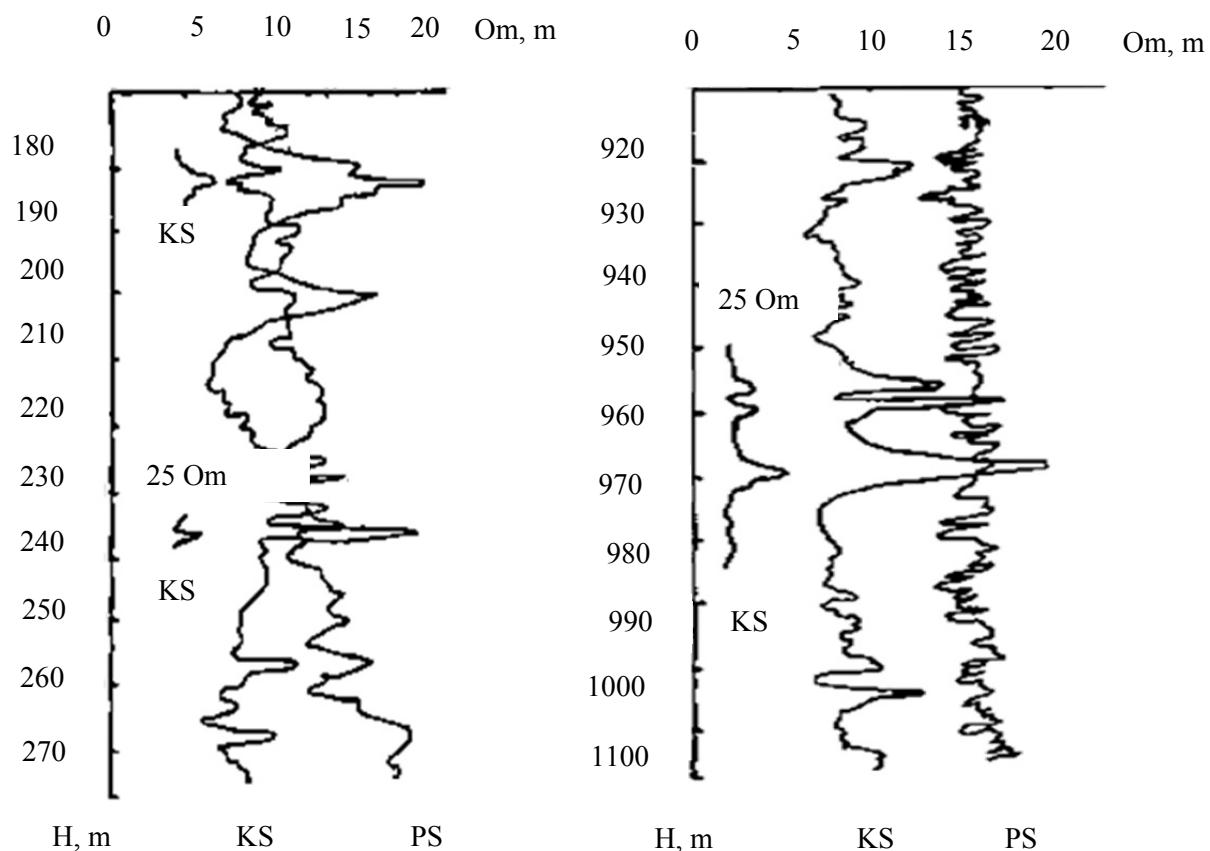


Рис. 1. Каротажные диаграммы продуктивных объектов в разрезе для добывающей скважины №1720

Отметим, что аналогичные результаты были получены и в других многочисленных нефтедобывающих скважинах, эксплуатируемых на НМСМ. Так, неудачные работы по перфорации, вызвав известные экологические проблемы, создали условия для резкого падения дебита нефти. Поэтому для установления нефтяных, водных объектов в таких

месторождениях следует использовать более современные методы, включая ядерно-геофизические методы.

Наряду с этим водные, нефтяные объекты на НМСМ с резко усложненными условиями эксплуатации и в то же время нефтедобывающие скважины которых характеризуются песчаными пробками большой плотности, можно уточнять и косвенным образом. Так, используя плотности песчаных пробок, возникших в скважинах в различные временные рамки, можно определить (установить) потоки жидкости по охватывающему фильтр разрезу. С этой целью в скважинах, оснащенных длинными фильтрами, в начале их эксплуатации в зависимости от толщины возрастающей песчаной пробки, предлагаются построение кривых, показывающих дебиты нефти и воды в установленных режимах скважины, что характеризует профили распределения потоков жидкости по всему фильтру. Таким образом, сравнивая результаты этих кривых с диаграммами KS, PS (KS—собственное сопротивление, PS—само-возникающий электрический потенциал), возможно, получить правильные данные о находящихся в разрезе нефтяных, водных (водяных) пластах. Недостаток определения (установления) профилей потока данным способом состоит в том, что измеренные дебиты относятся к различным времененным периодам и, учитывая проводимость пробки, он не может полностью покрыть (закрыть) жидкость, поступающую из участка фильтра, покрытого песчаной пробкой. Но поскольку состав песчаной пробки в НМСМ состоит из цементированных глинами и растворенных в воде песчаников (песков), он в большинстве случаев хорошо изолирует жидкость, поступающую из пласта на покрытом пробкой участке фильтра. Так что в наших условиях влияние данного фактора в значительной степени мало.

Рассмотрим решение вопроса на примере нефтедобывающей скважины №37: Скважина была сдана в эксплуатацию 17.05.1958 года. Объект эксплуатации (эксплуатационный объект) состоит из отложений Коуна и Майкопа. Диаметр эксплуатационной колонны составляет 146 мм, длина готового фильтра находится в интервале 1958-395 м. Эксплуатационная колонна не зацементирована. Для указанной скважины, как видно из графика зависимости добычи нефти и воды от толщины песчаной пробки (рисунок 2), при снижении призабойной глубины до 1400 м добыча воды принимает различные значения, а добыча нефти повышается. С последующим снижением призабойной глубины снижается и добыча нефти. С уменьшением данной глубины с 1300 м до 1000 м продолжается снижение добычи нефти. Также, с уменьшением глубины с 1100 м до 800 м, наблюдается снижение добычи нефти и воды. А при дальнейшем уменьшении глубины происходит резкое повышение добычи воды, хотя на добычу нефти данное снижение никак не влияет.

В диаграммах KS, PS для скважины нефтяные объекты определены в интервале 1310-1340 м, что подтверждает полученные результаты на основании профиля потока нефти вдоль фильтра (рисунок 3.).

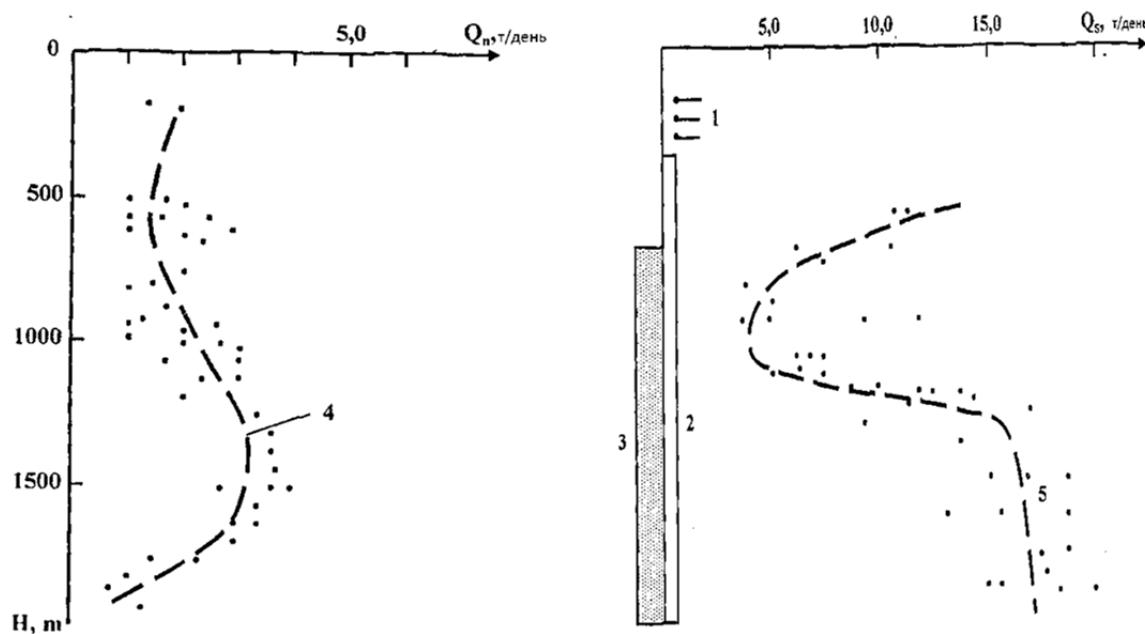


Рис. 2. Зависимость добычи нефти и воды для скважины №37 от толщины песчаной пробки 1 – интервал открытия дополнительного фильтра, 2 – готовый фильтр, 3 – толщина песчаной пробки, 4, 5 – соответствующие профили потока для нефти и воды

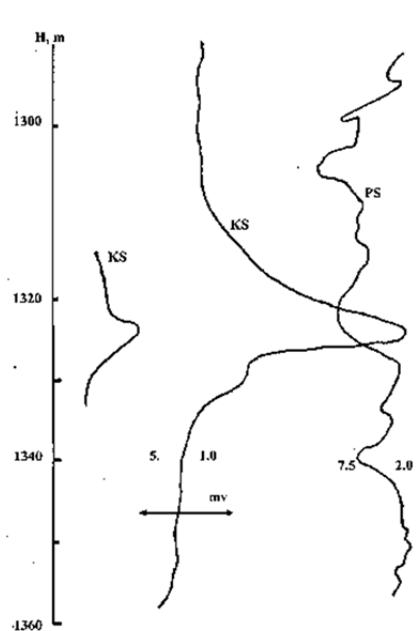


Рис. 3. Диаграмма KS, PS объектов с большой производительностью в период эксплуатации скважины №37

В целом, анализ показывает, что из-за того, что в последние годы в скважинах песчаной пробкой покрываются в основном нефтяные объекты, а также учитывая, что они находятся под натиском водных объектов высокого давления, добыча нефти резко сократилась и проведенные меры по разработке призабойного участка оказались неэффективными. Анализы, проведенные в данном направлении в скважинах Сиязаньской моноклинали №33, 41, 51, 62, 65, 121, 212, 777, 842, 843, 1012, 1239, 1342 и др., оснащенных эксплуатационной колонной с длинными фильтрами, давшие достаточно убедительные результаты, оказались аналогичными.

Таким образом, в нефтедобывающих скважинах НМСМ с резко усложненными условиями эксплуатации, используя толщину песчаной пробки, возможно определение (установление)

потоков жидкости по охватывающему фильтр разрезу, и этим можно воспользоваться в применении различных методов с целью повышения дебита нефти скважин.

REFERENCE

1. **Ismaylov G.G., Murvatov F.T.** Effektivnost mer vozdeystviya na prizaboynyy uchastok i ohrana okruzhayushhey sredy (na primere mestorozhdeniy Siyazanskoy monoklinali) // Neftyanoe hozyaystvo Azerbaiyana. – 2003, №2. - s.56-58.
Исмайлов Г.Г., Мурватов Ф.Т. Эффективность мер воздействия на призабойный участок и охрана окружающей среды (на примере месторождений Сиязаньской моноклинали) // Нефтяное хозяйство Азербайджана. – 2003, №2. - с.56-58.
2. **Ismaylov G.G., Murvatov F.T.** Nekotorye ekologicheskie rezulaty obvodneniya ekspluatacionnyh skvazhin na neftyanyh mestorozhdeniyah Siyazanskoy monoklinali // Novosti Vysshih Tehnicheskikh Shkol Azerbaiyana. – 2002, №5 (21). - s.72-77.
Исмайлов Г.Г., Мурватов Ф.Т. Некоторые экологические результаты обводнения эксплуатационных скважин на нефтяных месторождениях Сиязаньской моноклинали // Новости Высших Технических Школ Азербайджана. – 2002, №5 (21). - с.72-77.
3. **Ismaylov G.G., Murvatov F.T., Alekperova G.A.** Nekotorye ekologicheskie aspekty otkrytiya dopolnitelnyh filtrov // Neftyanoe hozyaystvo Azerbaiyana.-2005, №5. - s.60-63.
Исмайлов Г.Г., Мурватов Ф.Т., Алексперова Г.А. Некоторые экологические аспекты открытия дополнительных фильтров // Нефтяное хозяйство Азербайджана. – 2005, №5. - с.60-63.

QUYULARIN NEFT HASILATININ ARTIRILMASI ÜSULLARININ TƏTBİQİ MƏQSƏDİLƏ OBYEKTLƏRİN ŞƏRAİTDƏN ASILI OLARAQ TƏYİNİ (SIYƏZƏN MONOKLİNAL NEFT YATAĞI TİMSALINDA)

F.T. MÜRVƏTOV

Məqalədə, Siyəzən monoklinal neft yatağında quyuların neft hasilatının artırılması üsullarının effektiv tətbiqi məqsədilə, yatağın spesifik geoloji quruluşu və istismar şəraitindən asılı olaraq kəsilişdə nefli, sulu obyektlərin təyini üçün tövsiyələr verilir.

Açar sözləri: süzgəcin açılması, qum tıxacı, uzun süzgəclər, obyekt, debit.

DEFINITION OF OBJECTS BASED ON METHODS TO INCREASE WELL OIL FLOW (OIL FIELDS IN SIAZAN MONOCLENE)

T.F. MURVATOV

This article provides recommendations for the determination of oil and water bodies by enclosing the filter section in the oil producing wells in order to achieve the effective application of the methods to increase oil production in accordance with the specific geological and operational state of the oil fields specifically for the Siyazan monocline.

Key words: perforation, sand plug, long filters, object, output.

ПОТЕНЦИАЛ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАВОДНЕНИЯ

Д.А. ВОЛЬЧЕНКО*, Г.Ф. МИРАЛАМОВ, В.Р. ВОЗНЫЙ*

Рассмотрены пути повышения нефтеизвлечения с применением заводнения за счет регулирования свойств водных растворов реагентов.

Ключевые слова: методы увеличения нефтеотдачи пластов, заводнение, электрокинетический потенциал, двойной электрический слой, электропроводность.

Введение. Проблема повышения степени извлечения нефти из пластов уже в течение нескольких десятилетий является одной из наиболее значимых и обсуждаемых в нефтедобывающих странах мира. Во всем мире с каждым годом возрастает интерес к разработке новых методов повышения нефтеотдачи пластов и расширяются исследования, направленные на поиск научно обоснованного подхода к выбору наиболее эффективных технологий разработки месторождений.

Факторы, влияющие на неполное извлечение нефти и правильный выбор методов воздействия на пласт. Известно, что при применении традиционных методов нефтеизвлечения в пласте остается более половины балансовых запасов нефти. Более того, ежегодно значительное количество нефти при использовании традиционных технических и технологических средств переходит в неизвлекаемое состояние. Повышение нефтеотдачи может быть достигнуто путем ликвидации причин, приводящих к неполному извлечению нефти из недр в процессе разработки нефтяных месторождений при природном режиме работы пласта или с применением заводнения. Существует три основных физических фактора, которые являются причиной высокой остаточной нефтенасыщенности после применения первичных и вторичных методов нефтедобычи: высокая вязкость нефти; значительные силы поверхностного натяжения; пластовая неоднородность.

Природа распределения остаточной нефтенасыщенности крайне разнообразна. Это рассеянная нефть в заводненных и загазованных участках залежи, слабопроницаемые зоны и пропластки в заводненных пластах с достаточно высокой нефтенасыщенностью, а также отдельные, обособленные линзы, практически неохваченные дренированием.

Очевидно, что известные методы увеличения нефтеотдачи (МУН) в основном характеризуются целенаправленным, избирательным действием, каждое из которых воздействует на отдельные причины и последствия возникновения остаточной нефтенасыщенности. За редким исключением в основе всех известных методов повышения нефте-

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

отдачи и интенсификации добычи нефти лежит заводнение, т.е. вода является первичным элементом всех рабочих химических агентов воздействия на пласт. Заводнение нефтяных пластов является основой современной технологии разработки нефтяных месторождений. Для месторождений с разнообразными физико-геологическими условиями создан большой комплекс систем воздействия на пласты методом заводнения.

Наиболее эффективное применение МУН возможно при правильном выборе объекта воздействия. Можно выделить следующие критерии применимости методов:

- геолого-физические (особенности геологического строения залежи, свойства пластовых жидкостей, глубина залегания и толщина пласта, свойства нефтесодержащего коллектора, свойства насыщающих коллектор флюидов, насыщенность порового пространства пластовыми жидкостями, стадия разработки месторождения и пр.);
- технологические (размер оторочки, концентрация агентов в растворе, сетка скважин, давление нагнетания);
- технические (обеспеченность оборудованием, состояние транспортной и трубопроводной сетей, энергообеспеченность месторождений).

Критерии применимости МУН в определенной степени включают в себя также технико-экономические показатели, обобщающие опыт реализации инновационных технологий в различных геолого-физических условиях.

Перспективные технологии МУН. На сегодняшний день обычное заводнение практически исчерпало свои возможности и для повышения его эффективности разрабатываются новые, более современные его виды. Одной из перспективных технологий, позволяющих добиться существенного роста коэффициента нефтеизвлечения при снижении операционных затрат, является внутрипластовая генерация диоксида углерода. Как известно, углекислое заводнение (CO_2) занимает второе место в мире после тепловых методов воздействия на пласт, и интерес к этому методу из года в год возрастает. Закачиваемый в пласт диоксид углерода в процессе CO_2 -заводнения, выделяясь в свободную фазу, приводит к существенному перераспределению насыщенностей воды и нефти в зоне вытеснения. Учитывая этот эффект и оценивая опыт применения МУН, технологию внутрипластовой газогенерации – оторочки псевдогазожидкостной системы можно считать приемлемой при определенных физико-геологических и технологических условиях. В этой технологии двуокись углерода генерируется в пластовых условиях в результате термохимической реакции последовательно закачиваемых в пласт водных растворов газообразующих и газовыделяющих химреагентов. Образуемый в результате химической реакции диоксид углерода CO_2 выступает в качестве газовой фазы при генерации газожидкостной оторочки в процессе заводнения нефтяного пласта. Кроме того, диоксид углерода, растворяясь в нефти, уменьшает вязкость углеводородов, а растворение газа в воде сопровождается увеличением ее вязкости, что позволяет значительно снизить эффект вязкостной неустойчивости при вытеснении нефти водными растворами. Наряду с этим, щелочные свойства водного раствора кальцинированной соды позволяют снизить набухаемость глинистых включений пористой среды [1, 2].

Пути повышения эффективности завоdнения. Значительного повышения нефтеизвлечения можно добиться, осуществляя регулирование свойств водных растворов реагентов и добиваясь изменения величины электролитического потенциала при

фильтрации вытесняющих агентов в пористых средах. Повысить эффективность заводнения можно также снижением электрохимического потенциала или изменением толщины двойного электрического слоя (ДЭС), а также повышением электрической проводимости вытесняющего агента, что достигают путем изменения минерализации закачиваемой воды или добавлением к ней специальных реагентов, понижающих заряд поверхности пор [3]. Рассмотрим более детально эти вопросы.

Электрохимические явления (связь между скоростью протекания (кинетикой) и электрическим полем) были открыты профессором Московского университета Ф.Ф. Рейсом в 1808 г. при исследовании электролиза воды. Строение ДЭС впервые было описано немецким ученым в области естествознания Германом Гельмгольцем (1853 г.). Последующее развитие этих представлений осуществлено французским физиком Жаном Батистом Перреном (1904 г.) по аналогии со строением плоского конденсатора.

Электрохимические явления в течение длительного времени не находили объяснения. Теперь на основании сформулированных представлений об электрических свойствах границы раздела жидкостных фаз, причиной этих явлений можно считать существование ДЭС. Действительно, разноименность зарядов фаз в случае пребывания неподвижного пористого тела в электрическом поле приводит к перемещению подвижных противоионов вместе с жидкой фазой к соответствующему полюсу (одноименного с твердой фазой знака). Действие же внешней механической силы (давление) вызывает вынос подвижного заряда диффузного слоя и, следовательно, возникновение разности потенциалов. Потенциал, возникающий на плоскости скольжения при отрыве части диффузного слоя, называется электрохимическим потенциалом или ζ -потенциалом. ζ -потенциал, отражая свойства ДЭС, характеризует природу фаз и межфазного взаимодействия.

Электрохимический потенциал является частью общего скачка потенциала на границе двух фаз, определяющего относительное перемещение этих фаз при электрохимических явлениях. Общий скачок потенциала при пересечении межфазной границы в дисперсных системах обусловлен существованием ДЭС. Электрохимический потенциал – это перепад потенциала по той части диффузного слоя, в пределах которой жидкость может быть вовлечена в тангенциальное движение относительно межфазной поверхности при внешнем воздействии на систему. Под влиянием сильно адсорбирующихся на поверхности ионов или изменения pH жидкости может произойти изменение знака на противоположный (т.е. "перезарядка" поверхности).

Величину электрохимического потенциала регулируют составом дисперсионной среды. Возможность изменения заряда частиц в широких пределах позволяет получать осадки из поликомпонентных суспензий даже в том случае, когда дисперсные частицы отдельных веществ резко отличаются по величине заряда. Величина электрохимического потенциала может быть определена по скорости передвижения границы золь-раствор электролита по электрофорезу или по скорости передвижения жидкости при электроосмосе для низкодисперсных систем. Явление перемещения жидкости в пористых телах под действием электрического поля получило название электроосмоса, а явление перемещения ее частиц – электрофореза. Электрохимический потенциал может быть определен по аналитическим зависимостям либо электрофоретическими методами.

Скорость электрофореза и электроосмоса при постоянной разности потенциалов пропорциональна величине ζ . Поэтому, определяя скорость перемещения заряженных частиц или скорость перемещения жидкости, можно вычислить величину электрокинетического потенциала. При наложении электрического поля происходит разрыв ДЭС по плоскости скольжения. Электрическая сила, действующая на частицу при наложении внешнего электрического поля, вызывающая ее движение к противоположно заряженному электроду, уравновешивается силой трения, возникающей в жидкости. При этом скорость перемещения коллоидной частицы в электрическом поле будет зависеть:

- от свойств дисперсионной среды (вязкости μ , диэлектрической проницаемости ε);
- от строения ДЭС коллоидной частицы (величины электрокинетического потенциала ζ),
- от напряженности внешнего электрического поля H .

Линейная скорость v движения дисперсной фазы (дисперсионной среды), отнесенная к единице напряженности H электрического поля, называется электрофоретической (электроосмотической) подвижностью (U_0):

$$U_0 = \frac{v}{H},$$

где U_0 – электрофоретическая подвижность, $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$; v – линейная скорость движения границы золь-боковая жидкость, $\text{м}/\text{с}$; H – напряженность электрического поля, $\text{В}/\text{м}$.

Электрокинетический потенциал связан с электрофоретической (электроосмотической) подвижностью, уравнением Гельмгольца-Смолуховского:

$$\zeta = \frac{\mu}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot U_0 = \frac{\mu \cdot v}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H},$$

где ζ – величина электрокинетического потенциала, В ; μ – вязкость среды, $\text{Па}\cdot\text{с}$; ε - диэлектрическая проницаемость среды, для воды $\varepsilon=81$; ε_0 – электрическая константа, $\varepsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{м}$.

Линейную скорость движения границы раздела фаз рассчитывают как отношение величины ее смещения ко времени электрофореза:

$$v = \frac{h}{t},$$

где h – смещение границы раздела за время электрофореза, м ; t – время электрофореза, с .

Величина электрокинетического потенциала зависит от концентрации ионов электролитов в растворе и от их заряда.

ДЭС – это электрически нейтральный слой, который возникает при контакте двух фаз, из которых хотя бы одна является жидкостью. Стремление системы понизить поверхностную энергию приводит к тому, что частицы на поверхности раздела фаз ориентируются особым образом. Вследствие этого контактирующие фазы приобретают заряды противоположного знака, но равной величины, что приводит к образованию ДЭС. ДЭС можно рассматривать как пространственное разделение зарядов противоположного знака в межфазном слое. О наличии и толщине ДЭС можно судить по величине электрокинетического потенциала.

Толщина ДЭС и значение ζ -потенциала зависят от концентрации электролитов. С увеличением концентрации, а особенно с увеличением валентности ионов, толщина ДЭС должна уменьшаться. Чем больше концентрация ионов, тем большее количество противоионов накапливается в слое Гельмгольца и тем меньше их оказывается в диффузном слое. На распределение противоионов в двойном и диффузном слоях оказывает влияние валентность (точнее, заряд) противоионов. Чем больше заряд противоионов, тем сильнее они притягиваются к заряженной поверхности твердого тела, тем тоньше диффузный слой и соответственно меньше величина ζ -потенциала. При повышении температуры интенсифицируется тепловое движение молекул, и величина ζ -потенциала растет вместе с толщиной ДЭС. Существенным также является поляризумость и гидратация противоионов.

Изменение толщины ДЭС при добавлении электролита к раствору объясняется тем, что при этом в растворе изменяется соотношение между влиянием электростатического притяжения и диффузии, которые определяют распределение ионов в наружной обкладке двойного слоя:

1. Диффузия противоионов в раствор уменьшается, так как уменьшается разность концентраций между диффузным слоем и раствором. Соответственно уменьшается и число ионов в диффузной части ДЭС, большее число противоионов будет находиться в плотном слое; это приведет к уменьшению электрохимического потенциала.

2. Ионы наружной обкладки ДЭС могут заменяться другими одноименными ионами, добавляемыми в раствор. Это явление ионного обмена (или обменной адсорбции), сопровождающееся увеличением ионной силы раствора, приводит к сокращению радиуса ионной атмосферы. Способность к обменной адсорбции возрастает с увеличением валентности иона.

ζ -потенциал также будет снижаться и с уменьшением диэлектрической проницаемости среды, например, при добавлении в водный раствор спиртов, эфиров и других органических веществ.

Электрическая проводимость воды основывается на содержании в ней ионов. Зависимость удельной электропроводности воды от температуры приведена в табл. 1.

Как следует из табл. 1, при увеличении температуры удельная электропроводность воды увеличивается.

Электропроводность зависит от следующих факторов: концентрации ионов, природы ионов, температуры раствора, вязкости раствора.

Следует отметить, что жидкости становятся хорошими проводниками лишь при растворении в них определенных веществ. При растворении в воде, например, NaCl в количестве 0,01 мг/л, ее проводимость возрастает в 30 тыс. раз. Подобный эффект наблюдается при растворении кислот и оснований в воде и

Таблица 1
Изменение удельной электропроводности воды в зависимости от температуры

$t, {}^{\circ}\text{C}$	$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}, \times 10^{-6}$
0	1,58
2	1,80
4	2,12
10	2,85
18	4,41
26	6,70
34	9,62
50	18,9

других растворителях. При этом электропроводность электролитов является одним из основных и наиболее изученным их параметром. Электролитом называют вещества, растворы, которые проводят электрический ток. Переносчиками электричества являются ионы, образовавшиеся в результате диссоциации молекул электролита. Электролиты обеспечивают преимущественную фильтрацию оторочки в низкопроницаемые области пласта. Значения удельной электропроводности некоторых электролитов при температуре 18 °С приведены в табл. 2.

Таблица 2
Удельная электропроводность ($\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$) некоторых электролитов

Процентное содержание безводного электролита	Хлористый калий KCl	Хлористый натрий NaCl	Едкий натрий NaOH	Серная кислота H ₂ SO ₄
5	0,0690	0,0672	0,1969	0,2085
10	0,1359	0,1211	0,3124	0,3915
15	0,2020	0,1642	0,3460	0,5435
20	0,2677	0,1957	0,3270	0,6527
30	—	—	0,2022	0,7388
40	—	—	0,1164	0,6800
50	—	—	—	0,5405
70	—	—	—	0,2157
90	—	—	—	0,1075

Поскольку в растворах электролитов электричество переносится ионами, то удельная электропроводность зависит от концентрации и заряда ионов, скоростей их движения в электрическом поле и температуры. Для сильных электролитов (те, которые практически полностью диссоциированы, способность деления молекул на ионы велика) удельная электропроводность тем выше, чем больше концентрация ионов и абсолютные скорости их движения. Удельная электропроводность слабых электролитов (способность деления молекул которых на ионы низка) с повышением концентрации растет незначительно. Несмотря на общее повышение концентрации электролита, концентрация ионов в растворе повышается незначительно вследствие уменьшения степени диссоциации. Поэтому с повышением концентрации слабого электролита удельная электропроводность раствора медленно возрастает, достигает максимума, а затем уменьшается.

Чем больше концентрация электролита в коллоидном растворе, тем больше противоионов накапливается в адсорбционном слое, тем тоньше становится диффузный слой и соответственно снижается электрохимический потенциал [4, 5, 6].

Заключение. Целенаправленно изменения свойства водных растворов реагентов за счет изменения величины электролитического потенциала при фильтрации вытесняющих агентов в пористых средах можно повысить эффективность заводнения пласта и тем самым увеличить коэффициент нефтеизвлечения. Однако эти утверждения нуждаются в экспериментальной проверке.

REFERENCE

1. **Surguchev M.L.** Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov / M.L. Surguchev. – M: Nedra, 1985. – 308 s.
Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М.Л. Сургучев. – М: Недра, 1985. – 308 с.
2. **Volchenko D.A.** Klassifikaciya i sravnitelnyy analiz effektivnosti sistem zavodneniya / D.A. Volchenko // Razvedka i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdeniy. - Ivano-Frankovsk (Ukraina), 2010, №3(36). - s. 5-9.
Вольченко Д.А. Классификация и сравнительный анализ эффективности систем заводнения / Д.А. Вольченко // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ивано-Франковск (Украина), 2010, №3(36). – с. 5-9. (На укр. яз.)
3. **Mandrik I.E.** Potencial povysheniya nefteizvlecheniya na osnove novyh tehnologiy stimulirovaniya neftyanogo plasta / I.E. Mandrik // Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennyh nauk. – M., 2007, №4. – s. 14-19.
Мандрик И.Э. Потенциал повышения нефтеизвлечения на основе новых технологий стимулирования нефтяного пласта / И.Э. Мандрик // Вестник Российской академии естественных наук. – М., 2007, №4. – с. 14-19.
4. **Izmaylov N.A.** Elektrokhimiya rastvorov / N.A. Izmaylov. – M.: Nauka, 1976. – 488 s.
Измайлова Н.А. Электрохимия растворов / Н.А. Измайлова. – М.: Наука, 1976. – 488 с.
5. **Samoylov O.Ya.** Struktura vodnyh rastvorov elektrolitov i gidrataciya ionov / O.Ya. Samoylov. – M.: Nauka, 1976. – 256 s.
Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов / О.Я. Самойлов. – М.: Наука, 1976. – 256 с.
6. **Harned G.N.** Fizicheskaya himiya rastvorov elektrolitov / G.N. Harned. – M.: Nauka, 1969. – 629 s.
Харнед Г.Н. Физическая химия растворов электролитов / Г.Н. Харнед. – М.: Наука, 1969. – 629 с.

SU VURMANIN TƏTBİQİ İLƏ NEFTÇIXARTMA ARTIMININ POTENSİALI

D.A. VOLÇENKO, H.F. MİRƏLƏMOV, V.R. VOZNIY

Reaqentlərin su məhlullarının xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsi hesabına su vurmanın tətbiqi ilə neft çıxartma qabiliyyətinin artımı yollarına baxılmışdır.

Açar sözlər: layların neftvermə qabiliyyətinin artımı metodları, su vurma, elektrokinetik potensial, ikiqat elektrik pərdəsi, elektrik ötürürcülüyü.

POTENTIAL TO IMPROVE OIL RECOVERY USING WATER-FLOODING

D.A. VOLCHENKO, G.F. MIRALAMOV, V.R. VOZNIY

Considered ways to enhance oil recovery using water-flooding by adjusting the aqueous solutions of reagents properties.

Key words: methods of enhanced oil recovery, water flooding, zeta potential, electrical double layer, the electrical conductivity.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА АКТИВАЦИИ НА АКТИВНОСТЬ НИКЕЛЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Э.Т. ЗЕЙНАЛОВ, Э.А. ГУСЕЙНОВА, Н.Н. БАГИРОВА, К.Ю. АДЖАМОВ

Представлены результаты сравнительного анализа влияния метода активации на каталитические свойства никелькизельгурowego катализатора в процессе превращения изопропилового спирта в ацетон. Показано, что природа активатора определяет особенности формирующихся поверхностных никелевых комплексов. Установлено, что активация никелькизельгурового катализатора механическим методом обладает большей эффективностью по сравнению с традиционными (термическим восстановлением и окислением), а также ИК-облучением.

Ключевые слова: никелевый катализатор, активация, активность, дегидратация.

Введение. Катализаторы на основе никеля широко используются в промышленном катализе. Их исследованию посвящено большое число работ [1-3]. Никелевые катализаторы являются активными катализаторами разнообразных реакций превращения углеводородов (конверсия метана, гидрирование примесей ацетиленовых соединений, растительных масел, животных жиров и жирных кислот, получение кетонов и др.) и широко используются на практике [4-6]. Однако, несмотря на это, постоянно ощущается острыя необходимость в повышении их активности и селективности. Эти задачи успешно решаются путем подбора методов и определения оптимальных технологических параметров процессов физико-химической активации каталитических систем. Анализ обширного материала, представленного в научно-технической литературе, показывает, что в настоящее время наряду с разработкой целого ряда новых оригинальных методов предварительной активации металлоконтактных катализаторов, продолжают исследоваться также и традиционные процессы [7-10].

Ранее было показано, что промышленный никелькизельгуровый катализатор эффективен в процессах дегидрирования алифатических спиртов до кетонов [11-14]. Была установлена взаимосвязь между каталитической активностью и процессами фазовых превращений, электронными, магнитными, морфологическими свойствами катализатора.

В настоящей работе рассматриваются данные сравнительного анализа эффективности применения различных методов активации на каталитические свойства промышленного никелькизельгурового катализатора в процессе дегидрирования изопропилового спирта в ацетон.

Методика эксперимента. В ходе экспериментов были использованы образцы никелькизельгурового катализатора в виде таблеток 4x4 мм, отобранных из промышленной партии (ТУ 38.101396-89Е).

Исследования активности катализатора в реакции газофазного дегидрирования спирта были проведены на лабораторной установке проточного типа при температуре 150-350°C. Опыты проходили при объемной скорости подачи спирта 600 ч⁻¹. Методика анализа сырья и получаемых продуктов подробно освещена в работах [11-14].

Механическую активацию никельизельгурого катализатора проводили в планетарной мельнице МП/0,5 стальными шарами диаметром 5-10 мм при частоте вращения барабана 10 с⁻¹ и объеме барабана 200 см³.

Традиционная активация включала предварительную термическую обработку никельизельгурого катализатора в атмосфере O₂ и H₂ при 250°C. Активационную среду на поверхность катализатора подавали со скоростью 20 мл/мин в течение 2 ч.

ИК-облучение проводили с помощью лампы накаливания, конструктивно представляющей собой стеклянную колбу с внутренним зеркальным покрытием, в которую помещена вольфрамовая спираль. ИК-активацию проводили при комнатной температуре в течение 2 ч.

Результаты и их обсуждение. В условиях катализа никельизельгуровый катализатор находится в восстановительной среде, содержащей образующийся в ходе реакции водород. Его воздействие на катализический процесс заключается не только в изменении равновесного состава газовой фазы, но также степени окисления металла, формированию активной никелевой фазы и, соответственно, ее катализических свойств.

Согласно [11-14] в процессе дегидрирования спирта на поверхности никельизельгурового катализатора формируется гомогенная никелевая фаза, имеющая структуру шпинели: кубическая плотноупакованная решетка ионов кислорода, в тетраэдрических и октаэдрических пустотах которой находятся ионы никеля. Под воздействием реакционной среды восстановленный металлический никель внедряется в кристаллическую решетку оксида никеля, деформируя ее, и делает более благоприятной для проведения реакции дегидрирования.

С другой стороны, любое предварительное физико-химическое воздействие на катализатор неизбежно приведет к изменению состава, свойств и механизма формирования поверхностных комплексов.

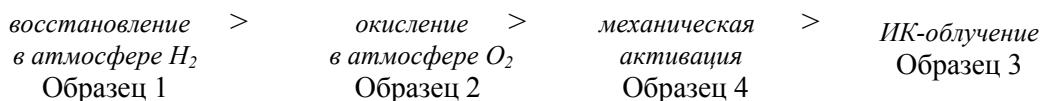
В этой связи для изучения особенностей состояния активной фазы, формирующейся на поверхности катализатора в условиях различной предварительной активации никельизельгурового катализатора, была изучена серия катализаторов (табл.1).

Таблица 1
Условия проведения активации

Номер образца	Метод активации катализатора	Условия активации	Длительность активации
1	Термическое восстановление	В атмосфере H ₂ , 523 K	2 ч
2	Термическое окисление	В атмосфере O ₂ , 523 K	2 ч
3	ИК-облучение	В атмосфере воздуха, 295 K	2 ч
4	Механическая активация	В атмосфере воздуха, 295 K	90 сек

Сравнительный анализ количественных показателей (конверсии, выхода ацетона и селективности) процесса свидетельствовал о существенном влиянии метода активации (рис.1). Важно отметить, что на всех образцах дегидрирование спирта до ацетона имело

место, однако с некоторыми особенностями. Было выявлено, что активность исследуемых образцов уменьшалась в ряду:



Сопоставим результаты активированных образцов. В первом случае (образец 1) водород предположительно наряду с участием в восстановлении поверхностного оксида никеля также физически адсорбировался на поверхности катализатора. С этим связан высокий выход ацетона: реакция протекает одновременно по двум маршрутам: через поверхностное разложение спирта и его взаимодействие из газовой фазы с имеющимся адсорбированным водородом.

Более низкий выход ацетона в присутствии образца 2 можно объяснить тем, что подаваемый кислород частично заполняет поверхность, с образованием более или менее термически нестабильного поверхностного соединения, которое удерживается неспецифической ванн-дер-ваальсовой адсорбцией. Вероятно, образование поверхностной формы адсорбированного кислорода препятствует селективному восстановлению ионов никеля и является «виновником» относительно низкой активности катализатора.

Известно, что при механической обработке твердых тел происходит накопление точечных дефектов, дислокаций, аморфных областей на поверхности и в объеме, увеличение площади межзеренных границ, сильное разрыхление, образование новых поверхностей, а также активации химических связей и др. изменения [7-10, 15, 16].

Проведенные исследования показали, что явного изменения цветовой гаммы катализатора (исходно имеющего интенсивно черный окрас), при механической активации не наблюдалось. Отсутствие видимых признаков фазового перехода, тем не менее, не исключает возможности аморфизации системы и частичного восстановления никеля, что

хорошо согласуются с имеющимися в литературе данными [13], согласно которым механическая обработка кобальт-железного прекурсора сопровождалась образованием металлического кобальта.

Наименьшая активность была характерна для образца 3, подвергнутого ИК-облучению. В его присутствии выход ацетона составлял 34%, что на 19, 28 и 31% соответственно ниже, чем в присутствии образца, активированного механическим методом, а также в атмосфере H_2 и O_2 . Необходимо отметить, что степень превращения спирта при этом достигала 71%. Обладая хорошей проникающей спо-

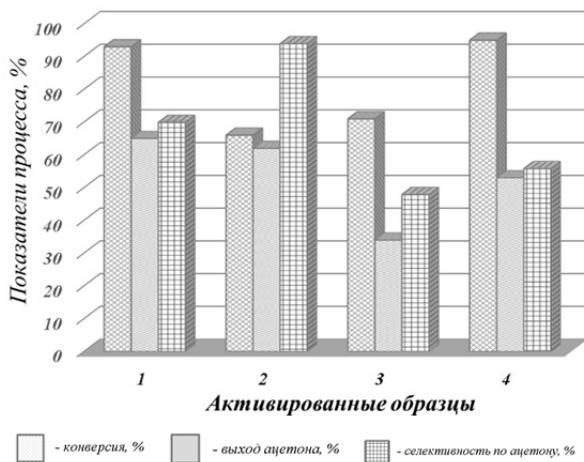


Рис.1. Сравнительный анализ активированных образцов никелькизельгурового катализатора. (1-4 – номера активированных образцов, см.табл.1).

собностью инфракрасное излучение, тем не менее, не способствовало изменению валентного состояния никеля, его фотовосстановлению и формированию активной фазы.

Более детальное исследование механизма активации было продолжено с использованием такого удобного с точки зрения характеристики эксплуатационных свойств катализатора фактора, как длительность процесса (рис.2).

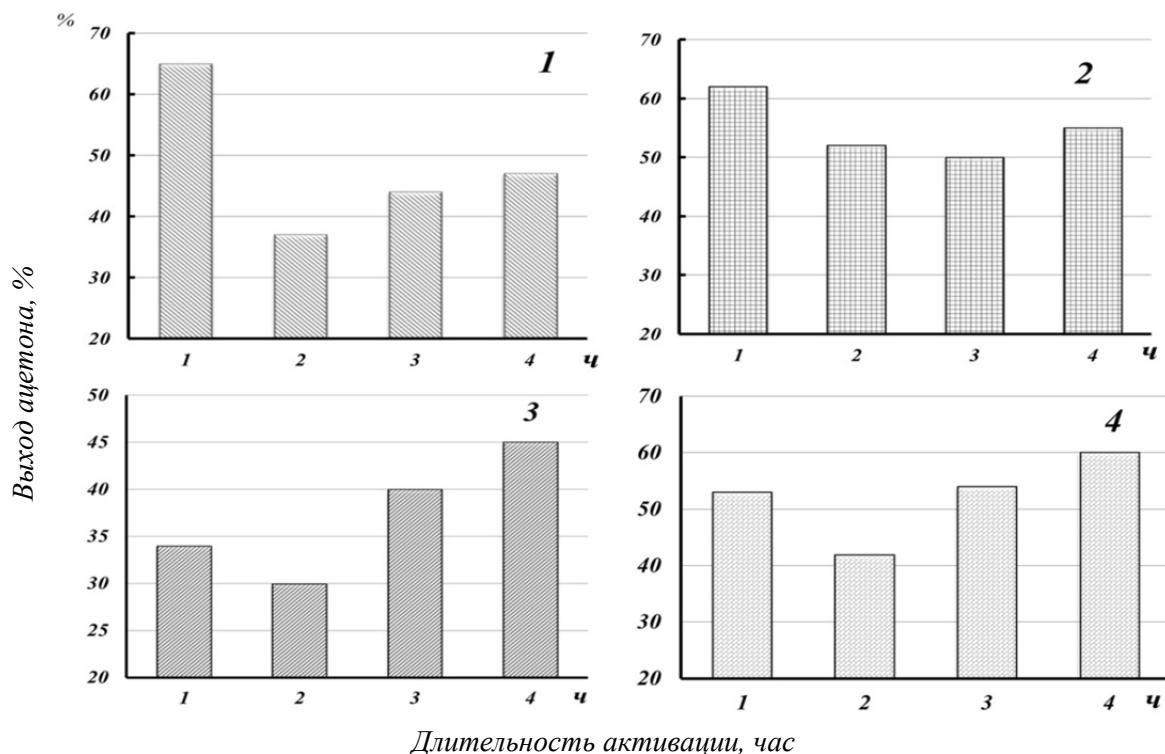


Рис.2. Динамика выхода ацетона от длительности процесса в присутствии образцов, активированных:

- 1. термическим восстановлением; 2. ИК-облучением;
- 2. термическим окислением; 3. механической активацией.

При рассмотрении экспериментальных результатов обращает на себя внимание наличие определенных периодов индукции: с изменением длительности процесса динамика выхода ацетона для всех четырёх образцов становится стабильной после прохождения через определенный минимум.

На начальном этапе ведения процесса образец, подвергнутый термическому восстановлению, проявлял высокую активность по целевому продукту, которая, вероятно, связана с наличием адсорбированного водорода; по этой же причине на втором часу работы ее первоначальные показатели резко уменьшаются и с течением времени не достигают вновь прежних показателей. Не исключено, что повторная подача водорода может привести к эффекту кратковременного подъема активности. Однако в конечном счете избыточное присутствие водорода может привести к генерации широкого набора валентных состояний ионов никеля, многие из которых в катализе участия не принимают.

В отличие от термически восстановленного, каталитическая активность окисленного образца хоть и немного уступает последнему (28% против 12%), в ходе процесса изменяется не столь резко. Возможно, что часть адсорбированного кислорода (не переходящего в хемосорбированное состояние) принимает непосредственное участие в формировании поверхностных никелевых комплексов, являющихся предшественниками активных центров [14].

Данные, полученные с участием ИК-активированного образца, показывают, что их каталитическая активность существенно уступает восстановленным в среде O_2 и H_2 . При этом следует отметить, что спустя 8 часов работы катализатора показатели выхода ацетона у ИК- и H_2 – активированных образцов становятся практически одинаковыми, что свидетельствует о том, что на этом этапе влияние метода активации практически исчерпывается.

Активность механоактивированного образца с течением времени сопоставима с активностью одного из наиболее лучших образцов, термически окисленного (образец 2). Очевидно, что механоактивация, так же, как и присутствие кислорода, индуцирует активность. Однако следует отметить два интересных факта: наличие индукционного периода в данном случае ограничивается 2 часами (против 3 часов в присутствии O_2), спустя которые катализатор начинает проявлять более высокую, чем первоначальная, активность. А вторым эффектом механоактивации является существенно большая стабильность каталитических свойств (активность сохраняется на протяжении всего эксперимента), чем в случае применения других методов. Вероятно, механическая активация никелькизельгурового катализатора способствует накоплению энергии в кристаллах в виде дефектов или других изменений в твердом веществе, которые позволяют снизить энергию активации последующего химического превращения вещества и улучшают стерические условия для протекания процесса. Кроме того, как было отмечено выше, возможность увеличения соотношения глубоко восстановленного никеля в поверхностном слое отразится на соотношении $Ni/Ni_2O_3/NiO$. В свою очередь это приведет к повышению скорости образования активных поверхностных интермедиатов «реагент-катализатор» и в целом – к ускорению протекания реакции превращения изопропилового спирта в ацетон.

Таким образом, активность образцов никелькизельгурового катализатора, подвергнутых активации термическим восстановлением и термическим окислением, а также ИК-облучением, свидетельствовала о низкой эффективности данных методов. Анализ всей совокупности экспериментальных данных позволяет сделать вывод о перспективности применения активации никелькизельгурового катализатора нетрадиционным механическим методом. Механоактивированный образец характеризуется более высокой активностью и стабильностью.

REFERENCE

1. **Krylov O.V., Kiselev V.F.** Adsorbciya i kataliz na perehodnyh metallah i ih oksidah. M.: Himiya, 1981. – 286 s.
Крылов О.В., Киселев В.Ф. Адсорбция и катализ на переходных металлах и их оксидах. М.: Химия, 1981. – 286 с.
2. **Isaeva V.I., Kustov L.M.** Primenenie metallorganicheskikh karkasnyh struktur v katalize (obzor) // Neftehimiya. – 2010. – T.50. – № 3. – S.179-193.
Исаева В.И., Кустов Л.М. Применение металлорганических каркасных структур в катализе (обзор) // Нефтехимия. – 2010. – Т.50. – № 3. – С.179-193.
3. **Hasin A.A., Yuryeva T.M., Kaichev V.V.** Osobennosti struktury aktivnogo komponenta i katalicheskikh svoystv katalizatorov, poluchennyh vosstanovleniem sloistyh alyumosilikatov nikelya. Kinetika i kataliz. – 2006. – T.47. – №3. – S.420-430.
Хасин А.А., Юрьева Т.М., Каичев В.В. Особенности структуры активного компонента и каталических свойств катализаторов, полученных восстановлением слоистых алюмосиликатов никеля. Кинетика и катализ. – 2006. – Т.47. – №3. – С.420-430.
4. **Elkin A.B., Lapidus A.L., Zhagfarov F.G. i dr.** Razrabotka katalizatorov uglekislotnoy konversii prirodnogo gaza // Neftepererabotka i neftehimiya. 2011. – №8.– S.39-42.
Елкин А.Б., Лапидус А.Л., Жагфаров Ф.Г. и др. Разработка катализаторов углекислотной конверсии природного газа // Нефтепереработка и нефтехимия. 2011. – №8.– С.39-42.
5. **Knyazheva O.A., Baklanova O.N., Lavrenov A.V.** Mechanochemical synthesis of nanocrystalline nickel-molybdenum compounds, their morphology and application in catalysis: I. Effect of the Ni : Mo atomic ratio on the structure and properties of nickel-molybdenum compounds prepared under mechanochemical synthesis conditions // Kinetics and Catalysis. 2011. – T. 52. – № 6. – C.886-895.
6. **Matyshak V.A., Burdeynaya T.N., Tretyakov V.F. i dr.** O mehanizme selektivnogo vostanovleniya NO_x uglevodordami v prisutstvii kisloroda na oksidnyh katalizatorah VII. Priroda sinergizma na mehanicheskoy smesi katalizatorov // Kinetika i kataliz. – 2008. – №3. – s.434-441.
Матышак В.А., Бурдейная Т.Н., Третьяков В.Ф. и др. О механизме селективного восстановления NO_x углеводородами в присутствии кислорода на оксидных катализаторах VII. Природа синергизма на механической смеси катализаторов // Кинетика и катализ. – 2008. – №3. – с.434-441.
7. **Kustov L.M., Sinev I.M.** SVCh-aktivaciya katalizatorov i kataliticheskikh processov // Zhurnal fizicheskoy himii. 2010. – T.84. – № 10.– s. 1835–1856.
Кустов Л.М., Синев И.М. СВЧ-активация катализаторов и каталитических процессов // Журнал физической химии. 2010. – Т.84. – № 10.– с. 1835–1856.
8. **Shelimov B.N.** Netradicionnye metody aktivacii oksidnyh katalizatorov s nanesennymi ionami perehodnyh metallov // Rossiyskiy Hi-micheskiy Zhurnal. 2000. – T.XLIV. – № 1. – s. 57-70.
Шелимов Б.Н. Нетрадиционные методы активации оксидных катализаторов с нанесенными ионами переходных металлов // Российский Химический Журнал. 2000. – Т.XLIV. – № 1. – с. 57-70.
9. **Hodakov G.S.** Fiziko-himicheskaya mehanika tehnologicheskikh processov obrabotki materialov // Ross. him. zhurn. – 2000. – T. 44. – № 3. – s. 93-107.
Ходаков Г.С. Физико-химическая механика технологических процессов обработки материалов // Росс. хим. журн. – 2000. – Т. 44. – № 3. – с. 93-107.
10. **YANG N.-R.** Processes and effects of mechanochemistry. (I). Chemical effects of mechanochemistry // Yianzhu Cailiao Xuebao. – 2000. – Vol. 3. – N 1. – Pp. 19-26.
11. **Guseynova E.A., Adzhamov K.Yu.** Elektronnye processy na poverhnosti katalizatora Ni/kizelgur // Zhurnal fizicheskoy himii. 2011.– T.85. –№ 11.– s.2105-2111.
Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Электронные процессы на поверхности катализатора Ni/кизельгур // Журнал физической химии. 2011.– Т.85. –№ 11.– с.2105-2111.

12. **Guseynova E.A., Adzhamov K.Yu.** Elektronnye svoystva poverhnostnyh soedineniy nikelya v reakciyah prevrashheniya izopropilovogo spirta // Vestnik Azerbaydzhanskoy Inzhenernoy Akademii. 2014.– Т.6.– №1.– s.113-119.
Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Электронные свойства поверхностных соединений никеля в реакциях превращения изопропилового спирта // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, 2014, Т.6, №1. – с.113-119.
13. **Zeynalov E.T., Guseynova E.A., Adzhamov K.Yu.** Fiziko-himicheskie i kataliticheskie svoystva nanonikelya v processe prevrashheniya izopropilovogo spirta v acetona // Nanoindustriya. 2014.– №5 (51).– s.46-53.
Зейналов Э.Т., Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Физико-химические и каталитические свойства наноникеля в процессе превращения изопропилового спирта в ацетон // Наноиндустрия. 2014.– №5 (51).– с.46-53.
14. **Zeynalov Ye.T., Guseynova E.A., Adzhamov K.Yu.** Nikelkizelgurovyy katalizator: kataliticheskie, morfologicheskie i elektronnye svoystva // Kataliz v promyshlennosti. 2015.– № 2.– s. 28-34.
Зейналов Э.Т., Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Никелькизельгурный катализатор: каталитические, морфологические и электронные свойства // Каталит в промышленности. 2015.– № 2.– с. 28-34.
15. **Zyryanov V.V.** Mehanohimicheskiy sintez slozhnyh oksidov. // Uspehi himii. 2008.– № 77 (2). – s.107-137.
Зырянов В.В. Механохимический синтез сложных оксидов. // Успехи химии. 2008.– № 77 (2). – с.107-137.
16. **Boldyrev V.V.** Mehanohimiya i mehanicheskaya aktivaciya tverdyh veshhestv // Uspehi himii. 2006, №75 (3). – s.203-216.
Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии. 2006, №75 (3). – с.203-216.

AKTİVLƏŞMƏ ÜSULUNUN NİKEL KATALİZATORUNUN AKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ

E.T. ZEYNALOV, E.Ə. HÜSEYNOVA, N.N. BAĞIROVA, K.Y. ƏCƏMOV

İzopropil spirinin asetona çevrilmesi prosesində aktivləşmə üsulunun nikelkizelqur katalizatorunun aktivliyinə təsirinin müqayisəli analizinin nəticələri verilmişdir. Göstərilmişdir ki, aktivatorun təbiəti formallaşan səthi nikel komplekslərinin xüsusiyyətini təyin edir. Müəyyən edilmişdir ki, ənənəvi üsulla (termiki bərpa və oksidləşmə), həmçinin İQ-şüalanma ilə müqayisədə mexaniki üsulla alınan nikelkizelqur katalizatorunun aktivləşməsi böyük effektivliyə malikdir.

Açar sözlər: nikel katalizatoru; aktivləşmə; aktivlik; dehidratlaşma.

INFLUENCE OF ACTIVATION METHOD ON NICKEL CATALYST

E.T. ZEYNALOV, E.A. GUSEYNOVA, N.N. BAGIROVA, K.Yu. ADJAMOV

The results of comparative analysis are presented for the activation method nickel/diatomaceous earth catalytic properties of the catalyst in the conversion of isopropyl alcohol to acetone. It is shown that the nature of the activator determines the characteristics of the emerging surface of nickel complexes. It has been established that activation of the catalyst nickel/diatomaceous earth mechanical method is more effective as compared with conventional (thermal reduction and oxidation), as well as IR-radiation.

Key words: nickel catalyst, activation, activity, dehydration.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАКТА ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОМЕЩЕНИЯ

М.Г. ГАСАНОВ, Ш.Г. ИСКЕНДЕРЗАДЕ

Рассматривается использование компьютерных программ, позволяющих в автоматизированном режиме исследовать электроакустические параметры сквозного тракта звуковоспроизведения в помещении для субъективной оценки качества звука или зала для прослушивания, производить измерения акустических характеристик – времени реверберации помещения прослушивания или зала, обрабатывать данные и выводить на экран или распечатывать на бумажном носителе результаты исследований.

Ключевые слова: автоматизированная компьютерная система, компьютерная программа, тракт звуковоспроизведения, электроакустические параметры, уровень звукового давления, реверберация, время реверберации.

Введение. При проведении субъективно-статистических экспертиз по оценке качества звука и при оценке качественных показателей систем звукового вещания, при проектировании залов и помещений различного назначения – концертных студий, театрально-концертных залов, кинозалов, залов заседаний, больших лекционных аудиторий и т.п. высокие требования предъявляются к качеству систем звукоусиления, качеству звуковоспроизводящей аппаратуры и к акустическим характеристикам используемых помещений, зависящих от времени реверберации на разных частотах, защищенности от внешних шумов и помех, уровня внутренних шумов, уровня звукового сигнала во всех местах слушателей.

Основным акустическим качеством помещения, характеризующим его пригодность для обеспечения качественного звучания музыки или высокой разборчивости речи является реверберация. Оптимальное время реверберации должно быть разным в зависимости от назначения помещения прослушивания или зала.

Соотношение уровня прямого звукового сигнала и помехи от реверберирующего звука, заметное влияние которой может изменить временную структуру исследуемого сигнала и ухудшить точность получаемых результатов, важно учитывать при исследовании разборчивости речи, являющейся количественной характеристикой тракта передачи речи.

В последнее время большое внимание уделяется проблеме создания различных звеньев автоматизированной компьютерной системы для проведения акустических экс-

пертиз по оценке качества речевого и музыкального сигналов, однако, в известной нам литературе отсутствуют ответы на многие вопросы.

Постановка и решение задачи. Главной задачей является создание звеньев автоматизированной компьютерной системы для проведения акустических экспертиз с использованием компьютерных программ, позволяющих в автоматизированном режиме исследовать электроакустические параметры сквозного тракта звукоспроизведения в помещении для субъективной оценки качества звука или зала для прослушивания, производить измерения в разных местах и на разных частотах акустические характеристики времени реверберации помещения прослушивания или зала, обрабатывать полученные данные и выводить на экран или распечатывать на бумажном носителе результаты исследований.

1. Исследование электроакустических параметров тракта звукоспроизведения

Экспертизы по сравнительной субъективной оценке качества систем звукового вещания проводятся с использованием рекомендаций МСЭ «Субъективная оценка качества звука» [1], в соответствии с которыми выбираются метод и шкала для оценки качества, выбирается и компонуется звуковой материал для прослушивания, производится подбор и обучение группы экспертов, определяются процедура, время проведения экспертиз и условия прослушивания, устанавливается необходимый уровень громкости звука. Предварительно производится проверка параметров и качества электроакустического тракта звукоспроизведения.

Традиционные измерения параметров тракта звукоспроизведения в помещении для субъективной оценки качества звука или зала для прослушивания являются громоздкими и требуют больших затрат времени на обработку и оформление результатов измерений.

С целью повышения эффективности и качества проведения экспертиз предлагается использовать метод исследования в автоматизированном режиме электроакустических параметров тракта звукоспроизведения в помещении для субъективной оценки качества звука с помощью разработанной компьютерной программы «Определение электроакустических параметров сквозного тракта звукоспроизведения» [2].

Достоинством программы является то, что снятие и построение характеристик сквозного тракта звукоспроизведения, включающего источник сигнала (ИС), усилитель звуковых частот (УЗЧ), звукоспроизводящую акустическую систему (АС) с учетом влияния акустических условий прослушивания, автоматизировано и производится в течение нескольких минут.

Структурная схема измерений представлена на рис.1, где ИС – источник сигнала, УЗЧ – усилитель звуковых частот, АС – акустическая система, ИМ – измерительный микрофон, МУ – микрофонный усилитель, ПК – персональный компьютер.

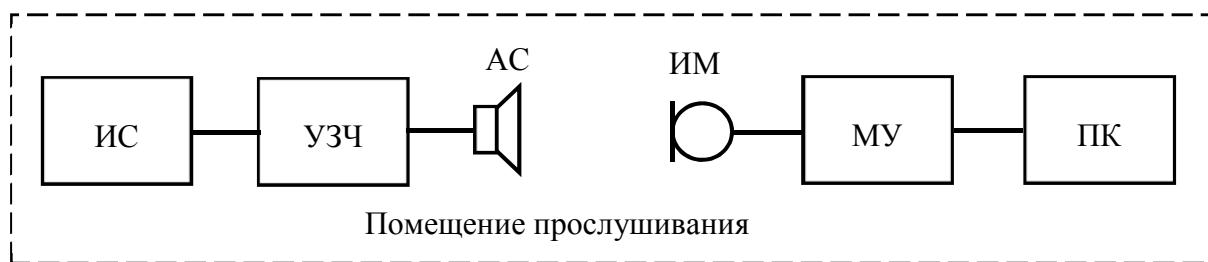


Рис. 1. Структурная схема измерений

Исследование электроакустических параметров сквозного тракта звуковоспроизведения осуществляется при воспроизведении акустической системой в помещении прослушивания семи предварительно записанных на компакт-диске фрагментов белого шума у выделенных третьоктавных полосах с центральными частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Одновременно с помощью измерительного микрофона, микрофонного усилителя и персонального компьютера с программой «Cool Edit 2.0» производится запись на цифровой носитель соответствующих значений сигналов звукового давления» (рис.2).

В процессе выполнения компьютерной программы [2] получаем цифровые значения рассчитанных уровней звукового давления в каждой из частотных полос, а именно, у выделенных третьоктавных полосах с центральными частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц (см. табл.1) и график относительных усредненных уровней звукового давления сквозного тракта звуковоспроизведения в каждой из третьоктавных полос, представленный на рис.3.

Таким образом, разработанная компьютерная программа [2] позволяет в автоматизированном режиме производить исследование электроакустических параметров сквозного тракта звуковоспроизведения в помещении для субъективной оценки качества звука или зала для про-

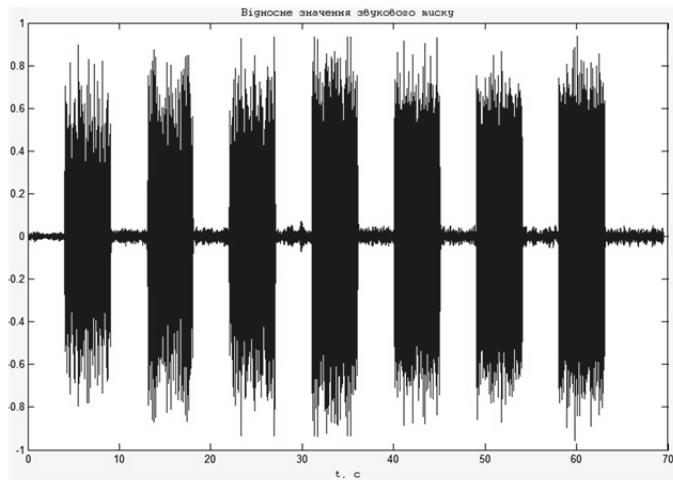


Рис. 2. Относительные значения уровней звукового давления в третьоктавных полосах

Таблица 1
Рассчитанные значения уровней звукового давления в третьоктавных полосах

Центральная частота третьоктавной полосы, Гц	Уровень звукового давления, дБ
125	84,4
250	85,8
500	83,6
1000	79,6
2000	78,9
4000	79,7
8000	80,5

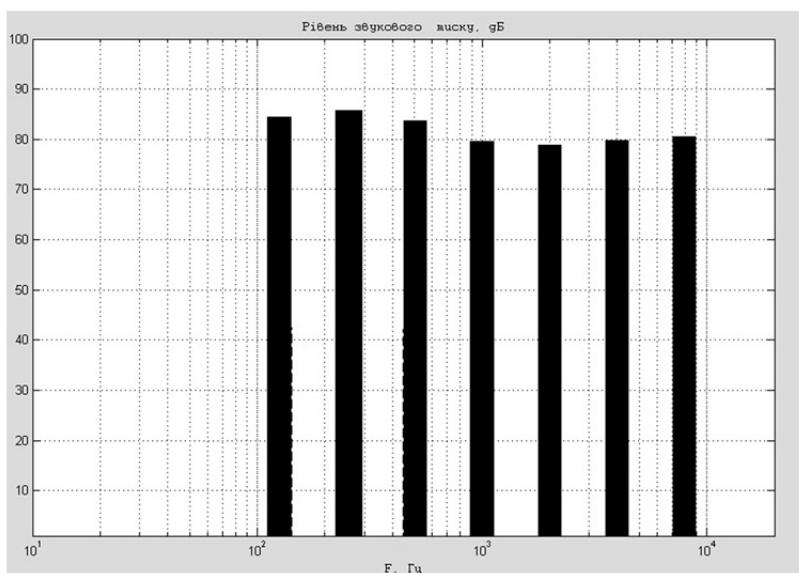


Рис. 3. График усредненных уровней звукового давления

слушивания и выводить на экран персонального компьютера сигналограмму уровней звукового давления в третьоктавных полосах и рассчитанные цифровые значения соответствующих уровней звукового давления в виде таблицы, выводить на экран график усредненных уровней звукового давления, а также производить распечатку всех материалов исследований на бумажном носителе.

2. Автоматизированное измерение времени реверберации в помещении прослушивания

Основными требованиями, которые должны быть соблюдены при проведении субъективно-статистических экспертиз, являются следующие требования [3]:

- подготовка группы экспертов, не имеющих дефектов слуха и умеющих правильно оценивать качество звука или его ухудшение;
- правильный выбор звукового материала для прослушивания;
- выбор шкалы для оценки качества звука;
- подготовка звукоусилительной и звуковоспроизводящей аппаратуры с параметрами, обеспечивающими высокое качество звуковоспроизведения;
- выбор помещения с высокими акустическими параметрами, без выраженных стоячих волн, с временем реверберации, удовлетворяющим требованиям для помещений прослушивания.

Одной из важнейших акустических характеристик помещения является реверберация – это заметный на слух и играющий важную роль в слуховом восприятии процесс спадания звуковой энергии в помещении. Время реверберации влияет на разборчивость речи и условия восприятия смысловой информации, может изменять четкость и прозрачность звучания. Критерием акустического качества помещения, характеризующим его акустические свойства, является стандартное время реверберации T_p помещения – времени, в течение которого плотность звуковой энергии уменьшается в 10^6 раз или на 60 дБ и может быть определено по формуле [4]:

$$T_p \approx 0,164V / [-S\ln(1 - \alpha) + 4\mu V],$$

где V – объем помещения, S – площадь поверхностей, ограничивающих помещение, a – средний коэффициент звукопоглощения ограничивающих поверхностей, μ – коэффициент поглощения звука в воздухе.

Время реверберации, в зависимости от назначения помещения, должно быть регламентировано для частотного диапазона 125 – 8000 Гц.

Поскольку при расчете времени реверберации возникают ошибки из-за невозможности учета формы помещения, параметров звукопоглощающих материалов и особенностей размещения источников звука, то рассчитанные значения времени реверберации не всегда бывают точными и их можно принимать как ориентировочные.

Более точные значения времени реверберации на разных частотах можно получить практически при выполнении экспериментальных измерений времени реверберации с последующей автоматизированной обработкой полученных данных.

Компьютерная программа [5] позволяет реализовать автоматизированный метод измерения времени реверберации на разных частотах в разных точках помещения с последующей компьютерной обработкой данных измерений и представлением полученных результатов для просмотра на экране компьютера или распечаткой их на бумажном носителе. Компьютерная программа позволяет произвести автоматизированную обработку результатов измерений при произвольном выборе количества точек измерений – от пяти и больше (количество точек измерений зависит от размеров помещения).

Акустические измерения производятся при воспроизведении полос белого шума в третьоктавных полосах со средними частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Измеренные относительные значения звукового давления на всех частотах, например, в точке №1 и графики спадания звукового давления в каждой из третьоктавных полос белого шума со средними частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, полученные в результате компьютерной обработки участка спадания звукового давления, представлены на рис. 4.

Аналогичные графики относительного значения звукового давления и графики спадания звукового давления на частотах третьоктавных полос получают и для точек №2 – №5.

Программа вычисляет время реверберации, как время, за которое звуковое давление после отключения источника звука падает на 60 дБ.

Поскольку в реальных помещениях уровень шумов составляет 20 – 25 дБ и не позволяет измерить снижение звукового давления в достаточно больших пределах (на 60 дБ), то разработанная компьютерная программа [5] позволяет выбрать участок снижения звукового давления в меньших 60 дБ пределах (реально на 50 дБ) и произвести пересчет полученного времени к расчетному времени реверберации, соответствующему снижению звукового давления на 60 дБ.

С целью проверки работы компьютерной программы при измерении времени реверберации в широких пределах, в качестве примера, выбрано помещение с посредственными акустическими характеристиками (лекционная аудитория).

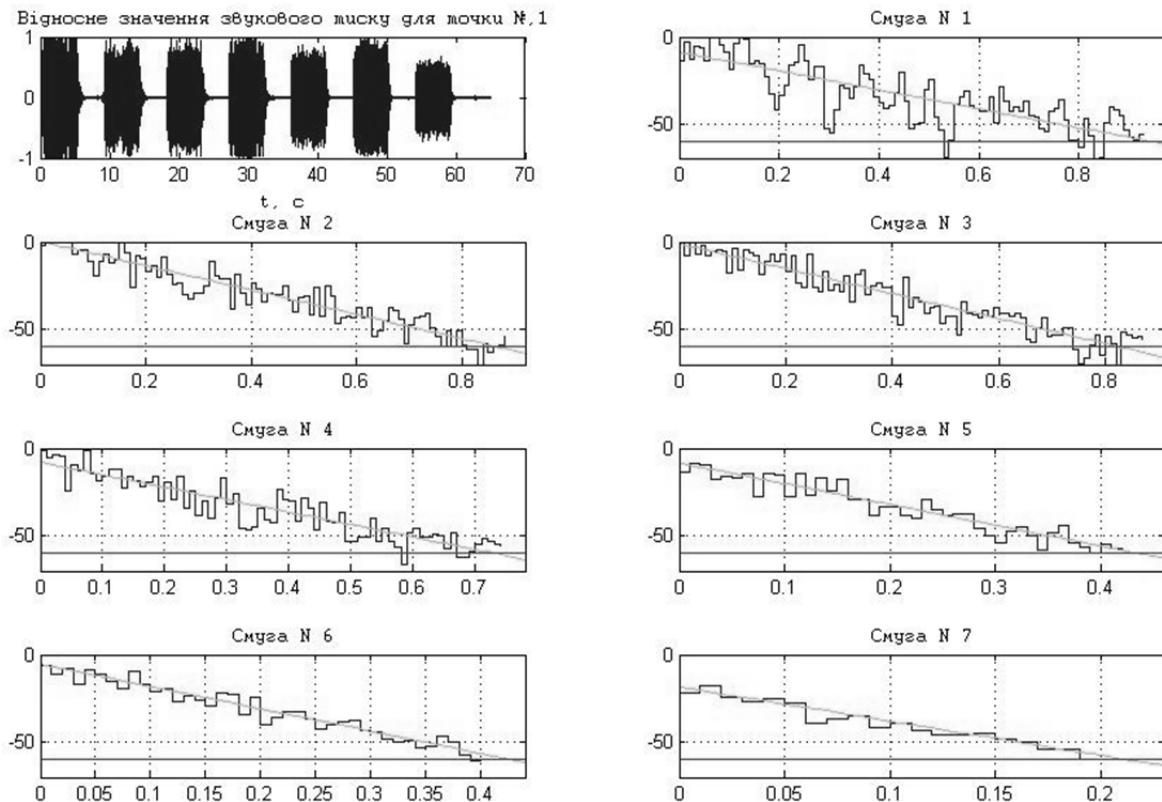


Рис. 4. Относительные значения звукового давления в точке №1 и графики спадания звукового давления на частотах третьектавных полос со средними частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, соответственно – полосы (укр.: «смуга») №1 – №7

Значения времени реверберации в пяти точках исследуемого помещения, измеренные на частотах семи третьектавных полос белого шума и полученные с помощью компьютерной программы [5] представлены в таблице 2, а усредненные значения времени реверберации $T_{p\text{-ср}}$ – в нижней строке таблицы 2 и на рис.5.

Таблица 2
Значения времени реверберации исследуемого помещения
на частотах третьектавных полос измерений

Номер точки	Центральная частота третьектавной полосы частот, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	1,11	0,88	0,86	0,85	0,52	0,48	0,32
2	1,07	0,95	0,91	0,77	0,55	0,52	0,39
3	0,86	0,82	0,90	0,84	0,55	0,50	0,30
4	1,12	1,01	0,93	0,82	0,54	0,49	0,31
5	1,14	0,85	0,92	0,84	0,52	0,52	0,32
$T_{p\text{-ср}}, \text{с}$	1,06	0,90	0,90	0,83	0,54	0,50	0,33

Полученные в результате работы компьютерной программы, в качестве примера, усредненные значения времени реверберации на разных частотах в пределах 1,06 – 0,33

с показывают, что такое помещение (в частности – лекционная аудитория) не может быть использовано для проведения акустических экспертиз.

Заключение. Проведение исследований электроакустических параметров тракта звуковоспроизведения и автоматизированное измерение времени реверберации в помещении прослушивания с использованием разработанных компьютерных программ [2, 5], позволяющих в автоматизированном режиме производить измерения, обрабатывать полученные данные и выводить на экран или распечатывать на бумажном носителе результаты исследований, показывают эффективность внедрения новых информационных технологий при решении проблемы создания различных звеньев автоматизированной компьютерной системы для проведения акустических экспертиз по оценке качества речевого и музыкального сигналов.

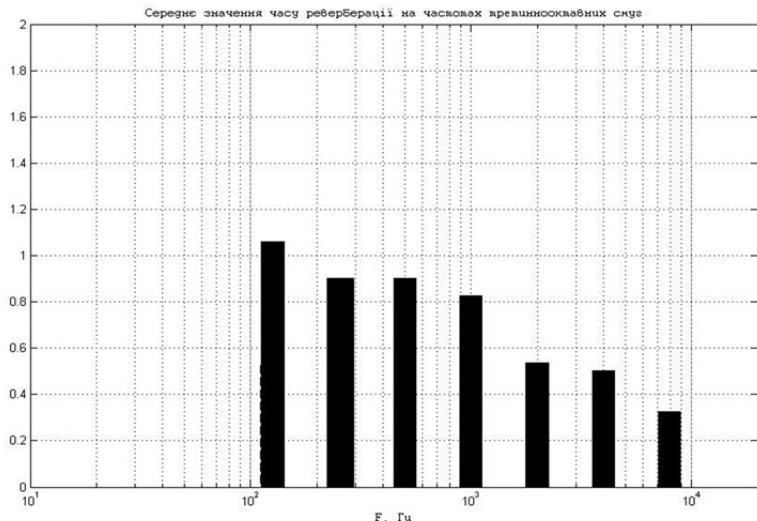


Рис. 5. Усредненные значения времени реверберации T_{prcp} на частотах третьоктавных полос

REFERENCE

1. Subyektivnay otzenka kachestva zwuka // Rekomendatziy MSE-R. Radioweshatelnay sluzhba, tom 1997 g., seriy BS. Rek. 562-3, S. 219 – 224.
Субъективная оценка качества звука // Рекомендации МСЭ-Р. Радиовещательная служба, том 1997 г., серия BS. Рек. 562-3, с. 219 – 224.
2. **Balan M.M., Isgandarzada Sh.H., Khomych S.V.** Computerna programma «Wyznachennya elektro-acoustichnyh parameterov naskrznogo traktu zwukowidtwarennya». Swidotzwo pro reestratziyu autorskogo prawa na twir №39060. Computerna programma. Odeska natzionalna akademiya zwyazku im. O.S. Popowa. Data registratzii 07.07.2011.
Балан М.М., Іскендерзаде Ш.Г., Хомич С.В. Комп’ютерна програма «Визначення електроакустичних параметрів наскрізного тракту звуковідтворення». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №39060. Комп’ютерна програма. Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова. Дата реєстрації 07.07.2011.
3. **Balan M.M., Isgandarzada Sh.H.** Automated measuring of time of reverberation. 67-a naukovo-tehnichna konferenziya profesorsko-wykladatzkogo skladu, naukowtziw, aspirantiw ta studentiw. Materialy konferenziyi, 5 – 7 grudnya 2012. Chastyna II. Sektziya 3. Suchasny informatziyni systemy i technologii. Odesa. 2012. S. 11 – 13.
Балан Н.М., Іскендерзаде Ш.Г. Автоматизированное измерение времени реверберации. 67-а научово-технична конференція професорсько-викладацького складу, науковців,

- аспірантів та студентів. Матеріали конференції, 5 – 7 грудня 2012. Частина II. Секція 3. Сучасні інформаційні системи і технології. Одеса. 2012. С. 11 – 13.
4. Elektroacustica i zwukowoe weshanie: Uchebnoe posobie dla wusov / I.A. Aldoshina, E.I. Vologdin, A.P. Efimov i dr.; pod red. Y.A. Kovalgina. – Goryachaya liniya–Telekom. Radio b swjaz, 2007. – 872 c.
Электроакустика и звуковое вещание: Учебное пособие для вузов / И.А. Алдошина, Э.И. Вологдин, А.П. Ефимов и др.; под. ред. Ю.А. Ковалгина. – Горячая линия–Телеком. Радио и связь, 2007. – 872 с.
5. **Balan M.M., Isgandarzada Sh.H., Khomych S.V.** Computerna programma « Automatyzowane wymiruwannya chasu reverberatzii prymishen prosluhowuwannya ta saliv» / Swidotzwo pro reestratziyu awtorskogo prawa na twir №40466. Computerna programma. Data registratzii 13.10.2011.
Балан М.М. Искендерзаде Ш.Г., С.В. Хомич. Компьютерна програма «Автоматизоване вимірювання часу реверберації приміщення прослуховування та залів» / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №40466. Компьютерна програма. Дата реєстрації 13.10.2011.

SƏSQƏBULU TRAKTININ VƏ OTAĞIN AKUSTİK XARAKTERİSTİKALARININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ KOMPYÜTER TƏDQİQİ

M.H. HƏSƏNOV, Ş.H. İSGƏNDƏRZADƏ

Səsin keyfiyyətinin subyektiv qiymətləndirilməsi üçün xüsusi otaqlarda səsqəbulunun birbaşa traktinin elektroakustik parametrlərin avtomatlaşdırılmış rejimlərdə tədqiqat etməyə imkan verən kompüter programlarından istifadə olunmaya baxılır. Səs qulaq asılması üçün zəlin xüsusi otaqlarında elektroakustik xarakteristikalarından hesab edilən - eks-səda müddətinin ölçüməsi və alınmış tədqiqat nəticələrinin vərəqlərə çap olunması və verilənlərin emal edilməsi və ya ekrana çıxarılması yerinə yetirilir.

Açar sözlər: avtomatlaşdırılmış kompyüter sistemləri, kompyüter programları, səsqəbulu trakt, elektroakustik parametrləri, səsin təzyiqinin səviyyəsi, eks-səda, eks-səda müddəti.

RESEARCH THE AUTOMATED COMPUTER PATH OF SOUND REPRODUCTION AND ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF THE BUILDING

M.H. HASANOV, Sh.H. ISGANDARZADA

Considered the computer programs allowing to investigate electro-acoustic parameters of a through path of sound reproduction in building for value subjective of quality of a sound or the hall for listening, to perform measurements of acoustic characteristics – time of reverberation of the building of listening or the hall, to process data and to display or unpack results of researches on paper in the automated mode is considered.

Key words: the automated computer system, the computer program, a path of sound reproduction, electro-acoustic parameters, level of sound pressure, reverberation, reverberation time.

ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ВТОРОГО ТИПА

О.А. ДЫШИН, А.Н. ЯХЬЯЕВА

Разработана лингвистическая модель выбора наилучшей кандидатуры на замещение вакантной должности на факультете института. Решение задачи основано на алгоритме нечеткого логического вывода Мамдани с применением интервальных нечетких множеств второго типа, позволяющих использовать пессимистические и оптимистические оценки экспертов.

Ключевые слова: нечеткая логика, логистическая модель, алгоритм, нечеткое множество второго типа.

Введение. Лингвистический подход на базе теории нечетких множеств является одним из перспективных направлений разработки методов принятия решений при нечеткой исходной информации. Анализ конкретных практических и теоретических результатов, полученных в этом направлении, позволяет сформулировать основные вопросы, возникающие при разработке и реализации методов принятия решений на основе лингвистических моделей.

В работе разработана лингвистическая модель выбора наилучшего кандидата на замещение вакантной должности на факультете института. Для решения задачи используются правила нечетких продукций (ПНП) с антецедентами и консеквентами, задаваемыми интервальными нечеткими множествами второго типа (ИНМТ2), которые, в отличие от обычных нечетких множеств (нечетких множеств первого типа (НМТ1)), обладают «нижней» и «верхней» функциями принадлежности (ФП).

Постановка задачи. Пусть руководство института рассматривает кандидатов на замещение вакантной должности на факультете технического вуза. Задача заключается в выборе лучшего из них. При этом используются пять критериев: X_1 – исследовательские способности; X_2 – производственный стаж; X_3 – опыт преподавания технических дисциплин; X_4 – опыт преподавания информационных систем; X_5 – способность найти заказчика для получения внешнего фонда.

Будем измерять переменные X_i ($i = 1, \dots, 5$) на базовом множестве кандидатов $U = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$. При выборе лучшего кандидата будем руководствоваться следующими правилами нечетких продукций (ПНП):

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

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

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

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

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

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

Переменная Y «Удовлетворительность» есть лингвистическая переменная (ЛП) с термами: удовлетворяющий (satisfactory (S); не удовлетворяющий (unsatisfactory (US)); более чем удовлетворяющий (more satisfactory (MS)); очень удовлетворяющий (very satisfactory (VS)); безупречный (prime (P)). Определим Y на дискретном множестве $J = \{0; 0,1; 0,2; \dots, 1\}$, а каждый из термов ЛП Y определим в виде интервального нечеткого множества второго типа (ИНМТ2) с «нижней» $\underline{\mu}(x)$ и «верхней» функциями принадлежности (ФП). При этом будем полагать:

$$\underline{\mu}_{\tilde{S}}(x) = x\sqrt{x}, \quad \bar{\mu}_{\tilde{S}}(x) = x, \quad x \in J;$$

$$\underline{\mu}_{\tilde{U}S}(x) = 1 - \bar{\mu}_{\tilde{S}}(x) = 1 - x, \quad \bar{\mu}_{\tilde{U}S}(x) = 1 - \underline{\mu}_{\tilde{S}}(x) = 1 - x\sqrt{x}, \quad x \in J;$$

$$\underline{\mu}_{\tilde{M}S}(x) = x^2, \quad \bar{\mu}_{\tilde{M}S}(x) = x\sqrt{x}, \quad x \in J; \quad \underline{\mu}_{\tilde{V}S}(x) = x^3, \quad \bar{\mu}_{\tilde{V}S}(x) = x^2, \quad x \in J;$$

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

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

Пусть для каждого элемента множества $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$ имеются верхние и нижние экспертные оценки обладания следующими значениями критериев X_1, \dots, X_5 .

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

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

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

$D = \text{СПОСОБНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ}$

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

$E = \text{СПОСОБНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ}$

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

Здесь числитель и знаменатель дробей означают соответственно оптимистическую и пессимистическую групповые экспертные оценки степени обладания кандидатом данного свойства, т.е. A, B, C, D, E можно интерпретировать как ИНМТ2 с «верхней» и «нижней» ФП, определенными на дискретном базовом множестве U . Так, для множества $\tilde{A} \bar{\mu}_{\tilde{A}}(u)$ принимает в точках u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 значения 0,8; 0,6; 0,5; 0,1; 0,3, а $\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)$ – значения 0,6; 0,5; 0,3; 0,05; 0,2, соответственно.

Таким образом, ПНП d_1, \dots, d_6 принимают вид:

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

Метод решения задачи. Для решения поставленной задачи обычно используется метод многокритериального выбора альтернатив на основе композиционного правила агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях лица, принимающего решения (ЛПР), заданных в виде нечетких множеств первого типа (НМТ1) [4].

В общем случае высказывание d_k имеет вид:

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

Обозначим пересечение $(X_1 = A_{k,1} \cap X_2 = A_{k,2} \cap \dots \cap X_q = A_{k,q})$ через $X = A_k$. Каждое правило d_k состоит из части ЕСЛИ (IF), называемое посылкой (антецедент – antecedent), и части ТО (THEN), называемое следствием (консеквент – consequent). Переменные X_1, \dots, X_q и Y могут принимать как лингвистические (например, «малый», «средний», «большой»), так и числовые значения. Базу правил, представляющую собой множество нечетких правил d_k ($k = 1, \dots, N$) вида (1) с лингвистическими переменными, называют *лингвистической моделью*.

Операции пересечения нечетких множеств соответствует нахождение минимума их ФП:

$$\mu_{A_k}(v) = \min_{v \in V} (\mu_{A_{k1}}(u_1), \mu_{A_{k2}}(u_2), \dots, \mu_{A_{kq}}(u_q)), \quad (2)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

и для каждого $(w, i) \in W \times I$)

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

Пусть альтернатива j описывается нечетким подмножеством G_j из W . Удовлетворительность альтернативы j находится на основе композиционного правила нечеткого вывода

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

где E_j – нечеткое подмножество интервала I . Тогда

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

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

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

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

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

Тогда точечное значение для нечеткого множества \tilde{A}

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

где α_{max} – максимальное значение параметра α , при котором A_α не есть пустое множество.

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

Изложенный выше метод выбора альтернатив основан на нечетких множествах первого типа. Более общая система поддержки принятия решений на основе ИНМТ2 с использованием алгоритма нечеткого вывода Мамдани [5] рассмотрена в [6] для системы, содержащей несколько входов и выходов.

Численное решение задачи. Сформулированная в разделе 1 задача о выборе кандидата на замещение вакантной должности на факультете является системой поддержки принятия решений с MISO структурной (Multi Inputs – Single Output; много входов – один выход).

дов – один выход), содержащий $q = 5$ входов, один выход и $N = 6$ правил нечетких продуктов, т.е. является частным случаем систем, рассмотренных в [6], в которой в качестве антецедентов и консеквентов используются ИНМТ2 и фактические входные ЛП задаются ИНМТ2 $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \tilde{D}, \tilde{E}$.

Проведем сначала вычисление «верхней» ФП для результирующего ИНМТ2, помечая все выкладки чертой сверху, поскольку будут использованы только «верхние» ФП входных и выходной ЛП. Отметим, что с каждым ИНМТ2 \tilde{A} можно сопоставить два НМТ1 \bar{A} и \underline{A} такие, что

$$\mu_{\bar{A}}(u) = \bar{\mu}_{\tilde{A}}(u) \text{ и } \mu_{\underline{A}}(u) = \underline{\mu}_{\tilde{A}}(u).$$

Используя правило (2), получим

$$\begin{aligned} \text{для } d_1: \mu_{\bar{M}_1}(u) &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u)); \\ \bar{M}_1 &= \{0,5/u_1; 0,6/u_2; 0/u_3; 0,1/u_4; 0,3/u_5\}; \\ \text{для } d_2: \mu_{\bar{M}_2}(u) &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{D}}(u)); \\ \bar{M}_2 &= \{0,5/u_1; 0,3/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\}; \\ \text{для } d_3: \mu_{\bar{M}_3}(u) &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{D}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u)); \\ \bar{M}_3 &= \{0/u_1; 0,3/u_2; 0/u_3; 0/u_4; 0/u_5\}; \\ \text{для } d_4: \mu_{\bar{M}_4}(u) &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u)); \\ \bar{M}_4 &= \{0/u_1; 0,5/u_2; 0/u_3; 0,1/u_4; 0,1/u_5\}; \\ \text{для } d_5: \mu_{\bar{M}_5}(u) &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}^2(u), \bar{\mu}_{U\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u)) = \\ &= \min(\bar{\mu}_{\tilde{A}}^2(u), 1 - \underline{\mu}_{\tilde{B}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{C}}(u), \bar{\mu}_{\tilde{E}}(u)) \\ \bar{M}_5 &= \{0/u_1; 0,1/u_2; 0,25/u_3; 0,01/u_4; 0,09/u_5\}; \\ \text{для } d_6: \mu_{\bar{M}_6}(u) &= \max(\bar{\mu}_{U\tilde{A}}(u), \bar{\mu}_{U\tilde{C}}(u)) = \\ &= \max(1 - \underline{\mu}_{\tilde{A}}(u), 1 - \underline{\mu}_{\tilde{C}}(u)) \\ \bar{M}_6 &= \{0,6/u_1; 0,5/u_2; 0,7/u_3; 0,95/u_4; 0,09/u_5\}. \end{aligned} \tag{12}$$

Таким образом:

$$\begin{aligned} d_1: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_1) \text{ ТО } (Y = \bar{S}); \\ d_2: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_2) \text{ ТО } (Y = \bar{MS}); \\ d_3: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_3) \text{ ТО } (Y = \bar{P}); \\ d_4: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_4) \text{ ТО } (Y = \bar{VS}); \\ d_5: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_5) \text{ ТО } (Y = \bar{S}); \\ d_6: \text{ЕСЛИ } (X = \bar{M}_6) \text{ ТО } (Y = \bar{US}). \end{aligned} \tag{13}$$

Используя правило (4) преобразования импликации

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

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_5 & 0,9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 0,5 & 0,53 & 0,59 & 0,66 & 0,75 & 0,85 & 0,96 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_3 & 0,7 & 0,73 & 0,79 & 0,86 & 0,95 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_3 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 1 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_3 & 0,5 & 0,51 & 0,54 & 0,59 & 0,66 & 0,75 & 0,86 & 0,99 & 1 & 1 & 1 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_5 & 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,99 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ u_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,99 \\ u_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,91 \\ \hline \end{array}$$

$$= \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \hline u_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,94 & 0,82 & 0,79 & 0,55 & 0,4 \\ u_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,92 & 0,79 & 0,65 & 0,5 & 0,3 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 0,89 & 0,8 & 0,70 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ u_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \\ \hline \end{array}$$

(14)

В результате получим общее функциональное решение

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

$$= \begin{array}{c|cccccccccc|c} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ u_2 & 0,5 & 0,53 & 0,59 & 0,66 & 0,75 & 0,85 & 0,9 & 0,82 & 0,79 & 0,55 & 0,4 \\ u_3 & 0,4 & 0,5 & 0,54 & 0,59 & 0,66 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,65 & 0,5 \\ u_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,95 & 0,84 & 0,72 & 0,59 & 0,45 & 0,3 \\ u_5 & 0,9 & 0,91 & 0,94 & 0,89 & 0,8 & 0,7 & 0,59 & 0,47 & 0,34 & 0,2 & 0,05 \\ u_6 & 0,7 & 0,8 & 0,94 & 0,99 & 0,95 & 0,85 & 0,74 & 0,62 & 0,49 & 0,35 & 0,2 \end{array} \quad | \quad 15)$$

Для вычисления удовлетворительности каждой из альтернативы применим правило композиционного вывода (7) в нечеткой среде:

$E_j = G_j \circ D$, где E_j - степень удовлетворения альтернативы j ; G_j - изображение альтернативы j в виде нечеткого подмножества в $U = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$, где G_j является синглтоном: $\mu_{G_j}(u) = 0$, $u \neq u_j$, $\mu_{G_j}(u) = 1$, $u = u_j$; D - функциональное решение. Тогда

$$\mu_{\bar{E}_j}(i) = \max_{u \in U} \left(\min \left(\mu_{G_j}(u), \mu_{\bar{D}}(u, i) \right) \right) \quad (16)$$

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

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

Для первой альтернативы ($j = 1$):

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

Вычисляем уровневые множества $\bar{E}_{1\alpha}$:

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

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

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

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

$$\bar{E}_{1\alpha} = \{0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}; M(\bar{E}_{1\alpha}) = 0,55; \\ 0,7 < \alpha \leq 0,85; d_\alpha = 0,15$$

$$\bar{E}_{1\alpha} = \{0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}; M(\bar{E}_{1\alpha}) = 0,4; \\ 0,85 < \alpha \leq 0,94; d_\alpha = 0,09$$

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

$$F(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) = \frac{1}{\alpha_{max}} \int_0^{\alpha_{max}} M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) d\alpha = \frac{1}{0,94} \int_0^{0,94} M(\bar{\bar{E}}_{1\alpha}) d\alpha = \\ = 1/0,94 (0,5 \cdot 0,4 + (0,45 + 0,5 + 0,55) \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,15 + 0,6 \cdot 0,09) = 0,49$$

Для второй альтернативы ($j=2$):

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

Для третьей альтернативы ($j=3$):

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

Для четвертой альтернативы ($j=4$):

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

Для пятой альтернативы ($j=5$):

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

Аналогичным образом производится вычисление «нижней» ФЛ для результирующего ИНМТ2

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

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

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

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

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

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

Заключение. Принципиальной особенностью задач поддержки принятия решений в условиях неопределенности является необходимость учета того факта, что измерения входных и выходных данных выполняются на уровне «мягких измерений» (soft measuring). Использование понятий «лингвистическая переменная» и «лингвистическая модель» в решении задач принятия решений позволяет адекватно отразить приблизи-

тельное словесное описание некоторых параметров объектов и критериев, которым они должны удовлетворять.

Применение интервальных нечетких множеств второго типа (ИНМТ2) позволяет более полно учесть всю экспертную информацию, не прибегая к усредненным экспертным оценкам на основе нечетких множеств первого типа (НМТ1), определяемых однозначной функцией принадлежности.

REFERENCE

1. **Zade L.A.** Ponyatiye lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k ponyatiyu priblizhennyh resheniy. Per. s angl. – M.: Mir, 1976. -165 s.
Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к понятию приближенных решений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. -165 с.
2. Modeli prinyatiya resheniy na osnove lingvisticheskoy peremennoy / Borisov A.N., Alekseev A.V., Krumberg O.A. i dr. – Riga: Zinatne, 1982. -256 s.
Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А. и др. – Рига: Зинатне, 1982. -256 с.
3. **Borisov A.I., Krumberg O.A., Fedorov I.P.** Prinyatiye resheniy na osnove nechetkih modeley: Primery ispolzovaniya. – Riga: Zinatne, 1990. – 184 s.
Борисов А.И., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
4. Yager R.R. Multicriteria decisions with soft information: on applications of fuzzy set and possibility theory // Fuzzy Mathematics, 1992, - Pt.1, vol.2, №2. –Pp.20-28; Pt.2, vol.2, №3, - Pp.7-16.
5. **Mamdani E.H.** Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic system //IEEE Transactions on Computer C-26, 1977, pp.1182-1191
6. **Castillo O., Mellin P., Kacprzyk J., Pedrycz W.** Type-2 fuzzy logic: Theory and applications / IEEE International Conference on Granular Computing, 2007. Pp. 145-150.

İKİNCİ TİP İNTERVALLI QEYRİ-SƏLİS ÇOXLUQLARIN TƏTBİQİ İLƏ QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ NƏTİCƏSİ ƏSASINDA ƏN YAXŞI ALTERNATİVİN SEÇİLMƏSİ

O.A. DIŞİN, A.N. YƏHYAYEVA

Seçim modeli dilçilik institutunun fakültəsində ən yaxşı namizəd vakant vəzifənin tutulması üçün hazırlanıb. Qərar vəzifələri alqoritm də qeyri-səlis məntiq əsasında ikinci tip qeyri-səlis çoxluqları intervalın tətbiqi ilə Mamdani ekspertlərinin bədbin və nikbin qiymətləndirilməsində istifadə etməyə imkan verir.

Açar sözlər: qeyri-səlis logika, logistik model, alqoritm, ikinci tip qeyri-səlis çoxluq.

SELECTION BASED BEST ALTERNATIVE FUZZY INFERENCE INTERVAL OF FUZZY SETS OF THE SECOND TYPE

O.A. DYSHIN, A.N. YAHYAEVA

A linguistic model to choose the best candidate for the vacant position on the faculty of the institute. The solution is based on the algorithm of fuzzy inference Mamdani using interval fuzzy sets of the second type, allowing the use of pessimistic and optimistic estimates of experts.

Key words: fuzzy logic, logistic model, an algorithm, a fuzzy set of the second type.

PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDE REAKTİV GÜC AXINLARININ QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ NƏZƏRİYYƏSİ ƏSASINDA İDARƏ OLUNMA EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI

N.A. YUSİFBƏYLİ, H.B. QULİYEV, R.A. QASIMOV

Müasir paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv gücün optimal paylaşılması qeyri-səlis məntiq nəzərİyyəsi əsasında idarə olunma effektivliyinin daha da yüksəldilməsi məqsədi ilə mənsubiyyət funksiyasının seçilməsi metodikası verilmişdir. Təklif olunan metodikanın alqoritmi əsasında standart IEEE-14 düyünlü elektrik şəbəkəsi sxemi üzrə hesabi eksperiment aparılmış, alınmış nəticələr təhlil edilmiş, həmçinin təqdim olunan metodika əsasında seçilmiş mənsubiyyət funksiyasının şəbəkə gərginliyinin profilinə və reaktiv güc əmsalına təsiri qiymətləndirilmişdir.

Açar sözlər: paylayıcı elektrik şəbəkəsi, reaktiv güc əmsali, gərginliyin profili, kompensasiya, qeyri-səlis idarəetmə, neyron şəbəkəsi, mənsubiyyət funksiyası.

Giriş. Enerjisistemin paylayıcı elektrik şəbəkələrində real böyük həcmli ilkin informasiya mühitində qollar üzrə reaktiv güc axınlarının və düyünlərdə gərginliklərin idarə olunmasının qeyri - səlis neyron şəbəkə modeli ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) özünü doğruldur [1-5]. Aparılan tədqiqatlar göstərmışdır ki, reaktiv güc axınlarının idarə olunmasında qeyri-səlis neyron modellərinin tətbiqində əsas məsələlərdən biri də düyün gərginlikləri və reaktiv güc təlabatlarından ibarət həqiqi giriş siqnallarının fazifikasiyasını həyata keçirən mənsubiyyət funksiyasının (MF-membership function) formasının təyin edilməsidir [6, 7]. Belə ki, MF-in formasının düzgün təyin edilməsi qeyri-səlis neyron modeli əsasında idarəetmənin effektivliyinə bilavasitə təsir göstərir. Bir çox idarəetmə məsələlərinin həllində bu məsələ daha çox ekspertin ixtiyarına buraxılır. Başqa sözlə, məsələ ekspertlər qrupunun fikirlərinin statistik işlənməsinə əsaslanır [8-10]. Nəticədə ekspert informasiyaları əsasında qurulmuş mənsubiyyət funksiyasının approksimasiyası üçün analitik ifadə verilir.

Mənsubiyyət funksiyasının parametrik şəkildə ifadə edilməsi bir çox hallarda əlverişlidir və bu zaman MF-in qurulması məsələsi onun sazlanma parametrlərinin təyin olunması vəziyyətinə götirilir. Adətən MF-lər 2-4 parametrlə və ən geniş yayılan üçbucaq, trapesiya, eksponensial, quas, sigmoid, "zəng" və pi-formalı olurlar. Eyni zamanda, dəqiq ədədləri qeyri-səlis çoxluq şəklində təsvir etmək məqsədilə sinqlton MF-dən istifadə məsələləri xeyli maraqlıdır. Daha dəqiq desək, bu sahədə baxılan məsələlərin məxsusiyətindən asılı olaraq bu

və ya digər formalı MF-in qəbul edilməsi istiqamətində mövcud araşdırmałar hələlik tam qənaətbəxş dərəcədə aparılmamışdır.

Maraqlı burasıdır ki, paylayıcı elektrik şəbəkələrində, qeyri-səlis idarəetmə zamanı optimal idarəedici təsirlərin formalasdırılması göstərilən faktordan əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Eyni zamanda nəzərə alınmalıdır ki, qeyri-səlis məntiq və genetik alqoritmlərin hibrid kombinasiyası biliklər bazasında verilmiş qaydaların optimal sayını və linqvistik dəyişənlərin termlərinin MF-lərinin tiplərini müəyyənləşdirməyə imkan verir [8].

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, enerjisistemin sxem-rejim parametrlərinə əhəmiyyətli qarşılıqlı təsir imkanı olan paylayıcı elektrik şəbəkələrində (PEŞ) reaktiv güc axınlarının intellektual idarə olunması məqsədilə işlənmiş ANFIS - modelin effektivliyinin yüksəldilməsi üçün aşağıda reaktiv güc və gərgənlilik linqvistik dəyişənlərin qəbul olunmuş termlərinin MF-lərinin seçilməsi metodikası təqdim edililmişdir.

MF-lərin tipləri. Texnoloji proseslərin qeyri-səlis məntiq əsasında idarə olunması məqsədilə layihələndirmə zamanı ən çox istifadə olunan MF-lər aşağıdakılardır [4, 5, 10]:

1. «Zəng» formalı MF modeli

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}} \quad (1)$$

burada, MF-in parametrləri vektoru $P = [a,b,c]$; a,b,c - ixtiyari həqiqi qiymətlər olan müəyyən ədədi parametrlərdir, $a < b < c$ və $b > 0$;

a – mənsubiyyət funksiyasının konsentrasiya əmsali;

b – mənsubiyyət funksiyasının diklik əmsali; c – mənsubiyyət funksiyasının maksimumunun koordinatıdır.

2. Sigmoid MF modeli

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \exp(-a(x - c))} \quad (2)$$

burada $P=[a,c]$; a - diklik əmsalı; c - 0,5-dən keçən koordinat.

3. Qaus MF modeli

$$\mu(x) = \exp\left(\frac{-(x - c)}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

burada $P=[c,sig]$; c - maksimumun koordinatı; sig - konsentrasiya əmsalı.

4. Pi - formalı MF

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \cdot \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x-c}{d-c} \right)^2, & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2 \cdot \left(\frac{x-d}{d-c} \right)^2, & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (4)$$

burada $P=[a,b,c,d]$; $[a,d]$ - qeyri-səlis çoxluğun daşıyıcısı; $[b,c]$ - qeyri-səlis çoxluğun nüvəsidir.

MF tiplərinin seçilməsinin əsaslandırılması. Sugeno alqoritminin parametrik identifikasiyasına (sazlanmasına) əsasən elə bir (P,B) vektoru tapmaq lazımdır ki,

$$E = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{r=1}^M (y_r - F(P, B, X_r))^2} \rightarrow \min \quad (5)$$

şərti ödənilsin [4, 5].

Burada, M – seçmə verilənlərinin sayı; P – giriş linqvistik dəyişənlərinin termlərinin mənsubiyyət funksiyalarının sazlanma parametrləri vektoru; B – Sugeno biliklər bazası qaydalarının konsekventlərini ifadə edən xətti funksiyaların əmsalları matrisi; $F(P, B, X_r)$ – (y_r, X_r) seçmə verilənlərindən götürülmüş X_r vektoru giriş vektoru üçün (P, B) parametrləri Sugeno qeyri-səlis biliklər bazasının qeyri-səlis çıxarış nəticəsidir.

Mənsubiyyət funksiyasının formasını (3) siqma funksiyası kimi qəbul edək (*desiqmf*).

Bu halda j-cı qaydanın nisbi yerinə yetirilmə dərəcəsi aşağıdakı kimi olar [6]:

$$\tau_{rj}^* = \frac{\prod_{i=1}^n \exp\left(-\left(x_i - c_{ji}\right)^2 / 2\sigma_{ji}^2\right)}{\sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp\left(-\left(x_i - c_{ji}\right)^2 / 2\sigma_{ji}^2\right) \right]} \quad (6)$$

k-ci iterasiya üçün mənsubiyyət funksiyasının parametrlərinin hesablanması ifadələri növbəti (7) və (8) ifadələrdə verilir:

$$c_{ji}^{(k+1)} = c_{ji}^{(k)} - \alpha \cdot \frac{\partial E^{(k)}}{\partial c_{ji}} \quad (7)$$

$$\sigma_{ji}^{(k+1)} = \sigma_{ji}^{(k)} - \alpha \cdot \frac{\partial E^{(k)}}{\partial \sigma_{ji}} \quad (8)$$

Müvafiq olaraq $\frac{\partial E}{\partial c}$ və $\frac{\partial E}{\partial \sigma}$ qradiyent vektorları üçün alırıq:

$$\frac{\partial E^{(k)}}{\partial c_{ji}} = e \cdot \sum_{j=1}^m \left(b_{i,0} + \sum_{i=1}^n b_{ji} x_i \right) \frac{\partial \tau_i}{\partial c_{ji}} \quad (9)$$

$$\frac{\partial E^{(k)}}{\partial \sigma_{ji}} = e \cdot \sum_{j=1}^m \left(b_{i,0} + \sum_{i=1}^n b_{ji} x_i \right) \frac{\partial \tau_i}{\partial \sigma_{ji}} \quad (10)$$

(2) və (6) əsasında $\frac{\partial \tau_i}{\partial c_{ji}}$, $\frac{\partial \tau_i}{\partial \sigma_{ji}}$ xüsusi törəmələrini $j = \overline{1, m}$ üçün aşağıdakı kimi alırıq:

$$\frac{\partial \tau_i}{\partial c_{ji}} = \frac{\partial}{\partial c_{ji}} \left\{ \frac{\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2)}{\sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right]} \right\} \quad (11)$$

$$\frac{\partial \tau_i}{\partial \sigma_{ji}} = \frac{\partial}{\partial \sigma_{ji}} \left\{ \frac{\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2)}{\sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right]} \right\} \quad (12)$$

(11) və (12) ifadələrinə uyğun olaraq $\frac{\partial \tau_i}{\partial c_{ji}}$, $\frac{\partial \tau_i}{\partial \sigma_{ji}}$ xüsusi törəmələri aşağıdakı şəkildə alınacaqdır:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tau_i}{\partial c_{ji}} &= \frac{\prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i - c_{ji}}{\sigma_{ji}^2} \right) \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right] - }{\partial c_{ji}} \\ &\rightarrow \frac{- \prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i - c_{ji}}{\sigma_{ji}^2} \right) \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right]}{\left\{ \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right] \right\}^2} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \tau_i}{\partial \sigma_{ji}} &= \frac{\prod_{i=1}^n \frac{(x_i - c_{ji})^2}{\sigma_{ji}^3} \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right] - }{\rightarrow} \\
 &\rightarrow \frac{- \prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \frac{(x_i - c_{ji})^2}{\sigma_{ji}^2} \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right]}{\left\{ \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \exp(- (x_i - c_{ji})^2 / 2\sigma_{ji}^2) \right] \right\}^2} \quad (14)
 \end{aligned}$$

(13) və (14) ifadələrini və (2)-ni (7) və (8)-da nəzərə alsaq, MF-in sazlanma parametrləri üçün aşağıdakı müvafiq düsturları alarıq:

$$\begin{aligned}
 c_{ji}^{(k+1)} &= c_{ji}^{(k)} - \alpha \cdot e \cdot \sum_{j=1}^m \left(b_{i,0} + \sum_{i=1}^n b_{ji} x_i \right) \cdot \frac{\prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i - c_{ji}}{\sigma_{ji}^2} \right) \cdot \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right] - }{\rightarrow} \\
 &\rightarrow \frac{- \prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i - c_{ji}}{\sigma_{ji}^2} \right) \cdot \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right]}{\left\{ \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right] \right\}^2} \quad (15)
 \end{aligned}$$

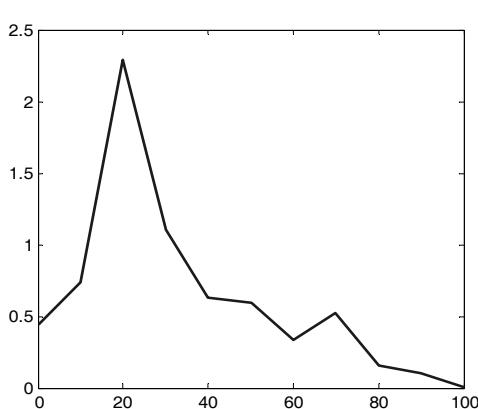
$$\begin{aligned}
 \sigma_{ji}^{(k+1)} &= \sigma_{ji}^{(k)} - \alpha \cdot e \cdot \sum_{j=1}^m \left(b_{i,0} + \sum_{i=1}^n b_{ji} x_i \right) \cdot \frac{\prod_{i=1}^n \frac{(x_i - c_{ji})^2}{\sigma_{ji}^3} \cdot \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right] - }{\rightarrow} \\
 &\rightarrow \frac{- \prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \cdot \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \left(\frac{(x_i - c_{ji})^2}{\sigma_{ji}^3} \right) \cdot \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right]}{\left\{ \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n \mu(x_i, c_{ji}, \sigma_{ji}) \right] \right\}^2} \quad (16)
 \end{aligned}$$

MF-in parametrik identifikasiyası Matlab program paketinin tətbiqi ilə yerinə yetirilmişdir. Bu məqsədlə linqistik dəyişənlər üçün dörd term qəbul edilmiş [8-10], nəticədə 144 qaydadan ibarət birtərtibli Sugeno modeli sintez olunmuş və bununlada ANFIS-öyrətmə alqoritminin köməyi ilə modelin identifikasiyası həyata keçirilmişdir.

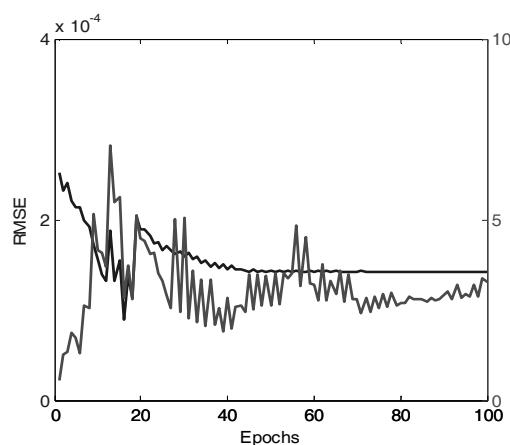
ANFIS-modelin öyrədilməsi üçün öyrətmə-seçmə verilənlərinin formalasdırılması məqsədilə 14 düyünlü elektrik şəbəkə sxemi üzrə rejim hesabatları aparılmışdır. Hesabatlar ETAP program paketinin tətbiqi ilə yerinə yetirilmişdir. Hesabat nəticələri olan düyun gərginlikləri və reaktiv güclərə görə meyletmələr modelin giriş parametrlərini təşkil edir. Öyrətmə zamanı həm öyrədici, həm də test seçmələrindən istifadə edilmişdir.

Qeyri-səlis neyron şəbəkənin öyrədilmə tsikllərinin sayı 40 epox təşkil etmişdir. Yaradılmış şəbəkədə 4 giriş (2 gərginliyin meyi və 2 reaktiv güc üzrə) siqnalı və hər birinin termləri üçün, eyni zamanda çıxış parametrinin termləri üçün sigmoid mənsubiyət funksiyaları qəbul edilmişdir. Şəbəkənin öyrədilmə proseduru xarakterik yüksək rejimləri üçün aparılmış 100 seçmə hesabat nəticələri əsasında yerinə yetirilmişdir.

Şəkil 1-də qeyri-səlis modelin öyrədilmə əyrisi, şəkil 2-də isə öyrətmə xətalarının epoxlar sayından asılı müqayisəli dəyişmə əyriləri təsvir olinmuşdur. Əyri öyrətmə seçimləri üzrə identifikasiya xətasının seçimlərin özünün həcmindən asılılığını göstərir. Öyrətmə əyrisinin hər bir nöqtəsi 10 müxtəlif öyrətmə seçimləri üçün hesabat nəticələrinin orta qiyməti kimi hesablanmışdır. Qeyri-səlis modelin sazlanma prosesinin tədqiqi üçün 10, 20,..., 100 “giriş-chıxış” öyrətmə seçimləri istifadə olunmuşdur. Şəkil 1-dən göründüyü kimi, öyrətmə seçimlərinin həcmi arttıkca modelin identifikasiya xətası müxtəlif qiymətlər alır və 100 seçmə üzrə 0,000231 təşkil edir. Şəkil 2-də təsvir olunan öyrətmənin dinamikasından göründüyü kimi, xəta qiymətləri arasındaki fərq əhəmiyyətli dərəcədə olaraq 70-cı epoxdan başlayaraq orta kvadratik xəta (RMSE) tədricən artmağa başlayır və ifrat öyrətmə effektinin baş verməsi ilə davam edir.



Şəkil 1. Sigma MF-li qeyri-səlis Sugeno modelinin öyrədilmə əyrisi



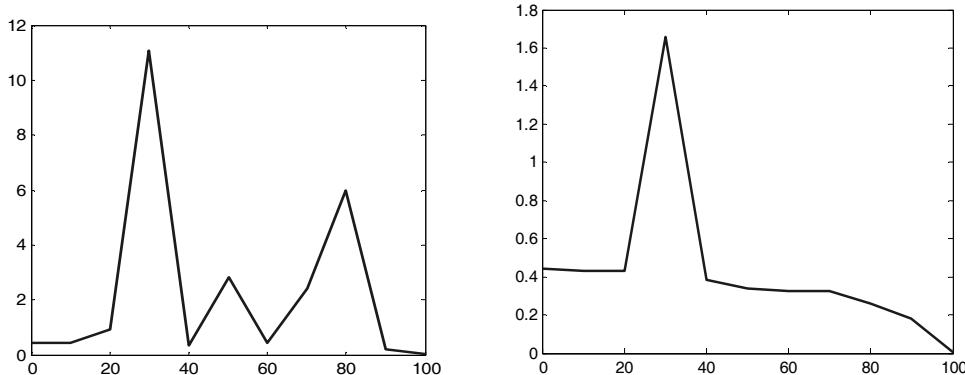
Şəkil 2. Qeyri-səlis neyron şəbəkənin öyrədilmə və test xətalarının epoxların sayından müqayisəli asılılıq əyriləri

Beləliklə, paylayıcı elektrik şəbəkəsində reaktiv güc axınlarının idarə olunması üçün yaradılmış qeyri-səlis neyron şəbəkəni öyrədilmiş hesab etmək olar. Lakin ifrat öyrətmə effektinin baş vermə mümkünlüyü olduğundan elektrik şəbəkələrində reaktiv güc axınlarının idarə olunmasında Qaus MF-dən istifadə məqsədə uyğun hesab edilmir.

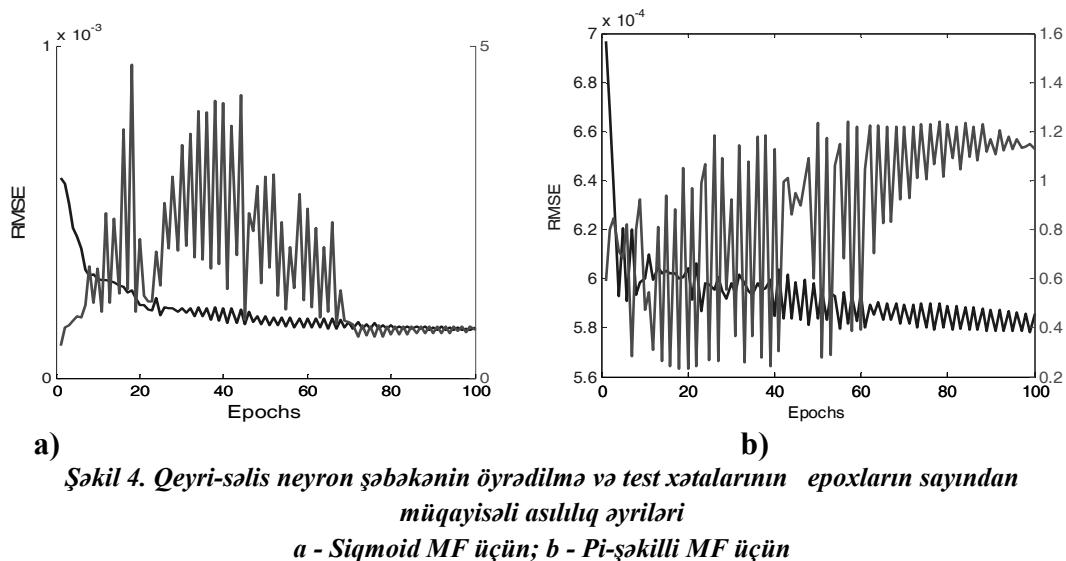
Yuxarıda qeyd olunan analoji alqoritm əsasında (2) sigmoid və (4) Pi-şəkilli MF-lər üçün öyrədilmə prosedurları yerinə yetirilmişdir. Şəkil 3 a,b-də uyğun olaraq sigmoid (a) və Pi-şəkilli (b) MF-lər üçün Sugeno qeyri-səlis modelinin öyrədilmə əyriləri təsvir olinmışdır.

Öyrətmədə istifadə olunan və olunmayan seçimə verilənləri əsasında yoxlama aparılmış və müvafiq öyrətmə xətalarının epoxlar sayından asılı müqayisəli dəyişmə əyriləri şəkil 4, a,b-də təsvir olunmuşdur. Öyrətmənin dinamikasından göründüyü kimi (şəkil 4,a), sigmoid MF

üçün xəta qiymətləri arasındaki fərq kiçik olsa da, 70-ci epoxdan başlayaraq orta kvadratik xətanın artması və beləliklə də ifrat öyrətmə effektinin baş verməsi mümkündür. Pi-şəkilli MF üçün isə şəkil 4,b-dən göründüyü kimi, xəta qiymətləri arasındaki fərq böyük və stabil olmayıb, 20-ci epoxdan başlayaraq orta kvadratik xəta artır və beləliklə də ifrat öyrətmə effekti baş verir.



*Şəkil 3. Qeyri-səlis Sugeno modelinin öyrədilmə əyrisi
a - Sigmoid MF üçün; b - Pi-şəkilli MF üçün*



*Şəkil 4. Qeyri-səlis neyron şəbəkənin öyrədilmə və test xətalarının epoxların sayından müqayisəli asılılıq əyrləri
a - Sigmoid MF üçün; b - Pi-şəkilli MF üçün*

Cədvəldə qeyri-səlis idarəetmə modelinin termlərinin müxtəlif formalı MF üçün öyrədilməsinin müqayisəli xarakteristikaları verilmişdir. Göründüyü kimi enerjisistemin PEŞ-ində reaktiv güc axınlarının və düyünlərdə gərginliklərin idarə olunması üçün termlər üzrə "zəng" formalı MF-in seçilməsi daha məqsədə uyğundur.

Cədvəl.

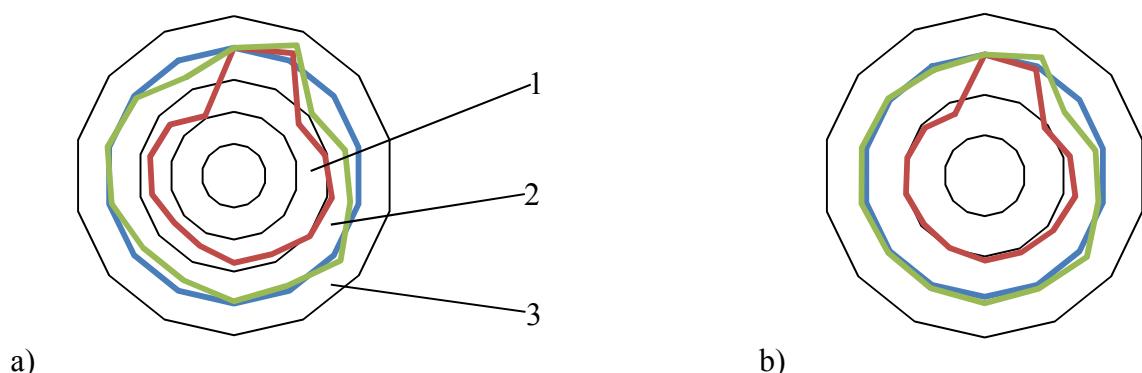
Müxtəlif formalı MF üzrə modelin öyrədilmə xarakteristikaları

Mənsubiyət funksiyaları	Öyrədilmə xətaları		Öyrədilmə epoxlarının sayı		Modelin öyrədilmə müddəti, San
	Hesabat verilənləri üzrə	Test verilənləri üzrə	Hesabat verilənləri üzrə	Test verilənləri üzrə	
"Zəng" formalı MF	0,0000596	0,2	2	40	17
Sigmoid MF	0,000296	0,625	9	70	29
Qauss MF	0,000231	3,71	2	60	50
Pi-formalı MF	0,000593	1,18	4	63	>60

4. Reaktiv güc axınlarının idarə olunmasının modelləşdirmə nəticələri

Şəkil 5-də 14 düyünlü IEEE test sxemi üçün "zəng" formalı MF ilə işlənmiş və öyrədilmiş qeyri-səlis neyron modelin idarəetmə effektivliyini yoxlamaq məqsədilə iki hal üçün - reaktiv gücün kompensasiyasına qədər və kompensasiyadan sonra müxtəlif yük rejimlərində gərginliyin profilləri üzrə idarəetmə diaqramları verilmişdir. Reaktiv gücün kompensasiyası məqsədilə statik kondensator batareyası nəzərdə tutulmuşdur. İki yük rejimi - $1,0P_n$ və $1,2P_n$ rejimləri üçün qərarlaşmış rejimlərin hesabatları aparılmışdır. Burada P_n - nominal aktiv yükdür. Qeyd edək ki, yük rejimi Azərbaycan enerji sisteminin qovşaqları üzrə SCADA sisteminin on-line rejimində əldə edilən real ölçü qiymətləri əsasında model-ləşdirilmişdir.

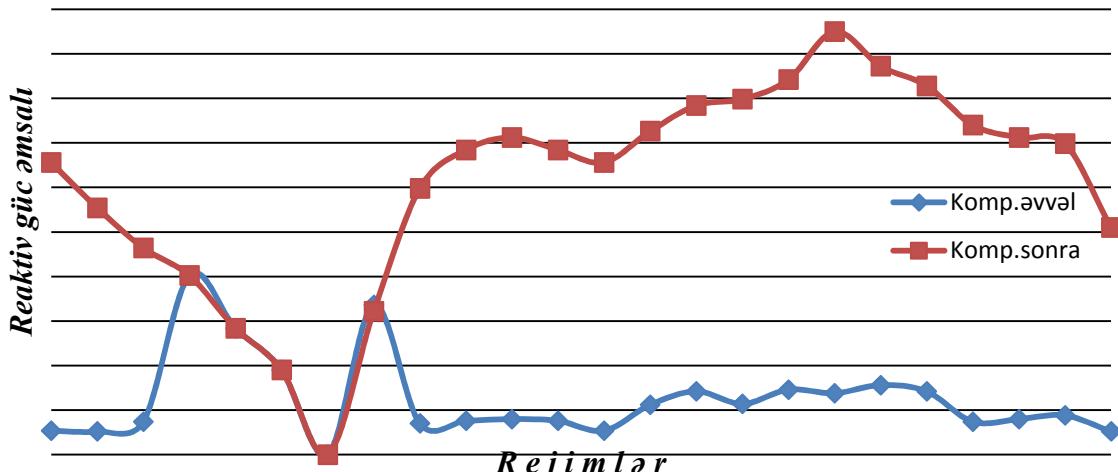
Şəkil 5-dən göründüyü kimi, reaktiv güc axınlarının seşilmiş "zəng" formalı MF üzrə qeyri-səlis idarə olunması nəticəsində gərginliyin profilləri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşır və düyun gərginliklərinin qiymətləri GOST 13109-94 beynəlxalq standartının tələbləri səviyyəsində təmin edilir.



Şəkil 5. Müxtəlif rejimlər üçün düyun gərginliklərinin profilləri
a - $1,0P_n$; b - $1,2P_n$

1 – nominal gərginlik profili; 2 – kompensasiyaya qədər gərgilik profili;
 3 – kompensasiyadan sonra gərginlik profili

Şəkil 6-da verilmiş şəbəkə sxemi üçün reaktiv güc əmsalının ($\text{tg}\varphi = Q/P$) rejimlər üzrə kompensasiyadan əvvəl və kompensasiyadan sonrakı dəyişmə əyriləri göstərilmişdir. İdarəetmə əyrilərin müqayisəsi baxılan metodikanın effektivliyini bir daha təsdiqləyir.



- Алиев Р.А., Алиев Р.Р.** Теория интеллектуальных систем и ее применение. – Баку: Чашыоглы, 2001. - 720 с.
- 6. **Yusifbayli N.A., Guliyev H.B.** Intelligent Control System of Voltage Regimes in the Electrical Networks. IEEE PES Innovative Smart Grid Europe 2011, December 5-7 Manchester, United Kingdom.
 - 7. **Yusifbayli N.A., Guliyev H.B.** Intelligent Voltage Regulation on Base of Fuzzy Sets Theory. The 12th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems. PMAPS 2012, 10-14th June 2012, Istanbul, Turkey, pp.447-453
 - 8. **Guliyev H.B.** Enerjisistemin yük düyünlərində reaktiv güc axınının fuzzy-məntiq əsasında intellektual idarə olunması metodu. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Cild 7, 2015, №1, s. 85-94.
 - 9. **Guliyev H.B.** Statik kondensator batareyasının fuzzy-texnologiya əsasında idarə olunması üsulunun işlənməsi. // Az ET və LAEI-nin Elmi Əsərlər Toplusu, 2013, s.104-117.
 - 10. **Guliyev H.B.** Paylayıcı elektrik şebəkələrində reaktiv güc axını və düyün gərginliklərinin idarə olunmasının ANFIS-modelinin sazlanma alqoritmi. // Energetikanın problemləri, 2014, №1, s.19-30.

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Н.А. ЮСИФБЕЙЛИ, Г.Б. ГУЛИЕВ, Р.А. ГАСЫМОВ

Дана методика выбора типа функций принадлежности для повышения эффективности управления потоком реактивной мощности на основе теории нечеткой логики в распределительной электрической сети. Пронализированы результаты расчетных экспериментов на основе предложенного алгоритма по стандартной IEEE 14 узловой схеме электрической сети, показаны степени улучшения профиля напряжения и значение коэффициента реактивной мощности.

Ключевые слова: распределительная электрическая сеть, коэффициент реактивной мощности, профиль напряжения, компенсация, нечеткое управление, нейронная сеть, функция принадлежности.

METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE FUZZY CONTROL OF THE REACTIVE STREAM CAPACITY IN THE DISTRIBUTIVE ELECTRIC NETWORKS

N.A. YUSIFBAYLI, H.B. GULIYEV, R.A. QASIMOV

There are given methods of choosing the type of integration functions to increase the efficiency of fuzzy control of the reactive stream capacity in the distributive electric network. The paper analyzes the results of experiments on the basis of the suggested algorithm according to the standard IEEE 14 node scheme of an electric network, the degree of improvement of voltage profile and the value of reactive power factor are shown.

Key words: distributive electric network, coefficient of reactive capacity, voltage profile, indemnification, fuzzy control, neural network, integration function.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Л.П. НАГРУЗОВА, Е.Б. ЕРЦКИНА

Статья посвящена обзору программных средств, используемых в проектировании архитектурных объектов. Особое внимание обращается на особенности современных программных средств и возможности их использования в архитектурном проектировании. На основании проведенного анализа выявлена тенденция развития инженерно-геометрического моделирования при проектировании архитектурных объектов.

Ключевые слова: инженерная деятельность, геометрическое моделирование, архитектурные объекты, проектирование.

В настоящее время в проектно-конструкторской деятельности инженера наступил переходный период: в процессе профессиональной деятельности увеличивается темп восприятия информации, информация становится реальной производственной силой, от количества и качества зависит результат многих производственных процессов.

Инженерная деятельность предполагает регулярное применение научных знаний (т.е. знаний, полученных в научной деятельности) для создания искусственных технических систем - сооружений, устройств, механизмов, машин и т.п. [3].

В инженерной деятельности вычислительная техника применяется для выполнения расчетов, автоматизации проектирования и для других целей. Компьютер исполняет роль инструмента в профессиональной инженерной деятельности, компьютерные технологии становятся неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. Таким образом, инженерная деятельность тесно связана с использованием информационных технологий.

Одним из направлений сокращения объема трудозатрат времени при проектировании зданий является использование автоматизированных методов. При автоматизированном проектировании появляется возможность расширения объема задания в сторону многовариантного структурного и параметрического анализа проектируемого объекта, получить большое число вариантов проектов и возможность выбора более оптимального. Таким образом, применение элементов Современной Системы Автоматизированного Проектирования (САПР) в проектировании позволяет экономить время проектировщика, избежать возможных ошибок.

Проекты проходят жесткую экспертизу, характерным признаком которой являются изменения или дополнения деталей проекта. Технологические системы при изменении конструктивных параметров проекта должны количественно и качественно перена-

лаживаться в сжатые сроки при минимальных затратах. Обеспечение гибкости и эффективности такого процесса возможно при внедрении интегрированных автоматизированных систем, включающих конструирование и проектирование.

Актуальность данной статьи связана с тем, что современное проектирование развивается в направлении автоматизации с широким использованием программ, позволяющих быстро и эффективно обосновать и разработать инженерно-графическую модель процесса решения архитектурных объектов.

Основные преимущества САПР:

- удобство исправления: легко менять и убирать линии; свободно передвигать изображения по полю и копировать их; можно отменить неверно выполненные операции и пр.;
- получение чертежей в цвете: цветные чертежи облегчают его чтение;
- электронные чертежи удобно хранить на электронных носителях информации и для их передачи;
- создание чертежа происходит без применения чертежных инструментов, позволяя экономить время проектировщика;
- высокое качество чертежа.

Современные системы автоматизированного проектирования, основывающиеся на объемном моделировании, в настоящее время стали стандартом для создания конструкторской и технологической документации, что обуславливает специальные требования к подготовке обучающихся технического профиля в образовательном учреждении. Достижения в области науки и техники позволили осуществлять трех- и четырехмерное геометрическое моделирование.

Совершенствование компьютерных графических систем, применяемых в процессе обучения, объективно ставит задачу развития визуальной грамотности (способности восприятия зрительной информации) и воспитания визуальной культуры обучающихся. Вместе с тем компьютеризация обучения направлена на развитие восприятия и формирование умений и навыков воспроизведения готовой инженерно-графической информации.

Специалисты, занимающиеся инженерным геометрическим моделированием, должны быть способны к творческой деятельности, самостоятельности в принятии решений и владению научно-практическими навыками.

Цель моделирования заключается в том, чтобы разработать объемно-пространственную концептуальную модель - композицию заданного архитектурного пространства. Композиция основана на авторской интерпретации каждого из элементов и всей структуры в целом по принципу геометрического структурирования. Композиция не является копией реального пространства, а представляет собой самостоятельное произведение, выявляющее характер элементов и их взаиморасположение в пространстве [2].

Геометрическое моделирование – деятельность, направленная на создание геометрической модели, при котором формообразование происходит на основе композиционного построения объектно-пространственной структуры. Форма объекта зависит от

достаточно широкого круга требований – функциональных, потребительских, используемых материалов и технологий. От проектировщика уже на этапе концептуальной разработки объекта требуется не только использование точных расчетов, инженерного подхода, рассматривающего объект как чисто техническую систему, ориентированного на осуществление рабочей функции объекта, позволяющего комплексно подойти к композиционному построению объекта в целом [4].

Непосредственно с инженерно-графическим моделированием у обучающихся по направлению «Строительство» связана графическая система AutoCAD, которая является продуктом компании Autodesk и ориентирована на специалистов разной квалификации – конструкторов, инженеров, строителей, техников. Данная система дает возможность формировать электронные архивы чертежей. Каждый из созданных файлов редактируется, что позволяет быстро получать чертежи-аналоги по чертежам-прототипам. Для процесса выпуска документации разрабатываются «библиотеки стандартных элементов». В качестве стандартных элементов могут выступать как целые файлы, так и их отдельные части.

Архитектура всегда была искусством, и всегда это связано с виртуальным представлением. Одно из самых распространенных определений визуализации – это процесс представления данных в виде изображений с целью максимального удобства их понимания, придания зримой формы мыслимому объекту, проекту или процессу [5].

Для визуального представления проектируемого изделия эффективно пользоваться трехмерными компьютерными моделями, позволяющими выполнить проектирование с высокой точностью особо сложных пространственных объектов в 3D, а также обладающими неограниченными возможностями и легкостью в редактировании трехмерной модели в процессе проектирования и на любом этапе. Установленная ассоциативная связь: модель изделия – чертеж – документация на изделие, что позволяет на любом этапе корректировать выполняемое задание. При внесении изменения в 3D-модель оно автоматически отображается в остальных документах, связанных с этой моделью – например, в чертеже и спецификации. В связи с этим достигается значительная экономия времени на проектирование.

Для графического моделирования архитектурно-строительных объектов в 3D используют систему ArchiCAD – профессиональный САПР для архитекторов, разработанный компанией Graphisoft. В основу системы заложена концепция «виртуального здания», позволяющая строить чертежи и 3D модели из привычных конструктивных элементов (стен, колонн, перекрытий), проектировать масштабные строительные объекты (жилые дома, общественные здания). Проектирование архитектурного объекта выполняется на основе подобранных конструкций, элементов, форм, с учетом пропорциональности и масштабности, функционального назначения и художественного образа. При проектировании в области архитектуры, строительства и дизайна, для архитектурных решений система позволяет вести всю документацию по строительству – от поэтажных планов и разрезов зданий до спецификации материалов и строительно-технической документации.

Полученный трехмерный объект – это материально воплощенное здание, строительное сооружение или его часть, его фрагменты, узлы и детали. Проект "ArchiCAD" представляет собой выполненную в натуральную величину объёмную модель реального здания, существующую в памяти компьютера. Для её выполнения проектировщик на начальных этапах работы с проектом фактически «строит» здание, используя при этом инструменты, имеющие свои полные аналоги в реальности: стены, перекрытия, окна, лестницы, разнообразные объекты и т.д. [6].

Процесс этапов инженерно-геометрического моделирования архитектурно-строительных объектов, включает: постановку задачи и анализ объекта моделирования, разработку модели объекта моделирования, сбор необходимой информации, составляющей информационную модель исследуемого объекта, определение набора и геометрию архитектурных форм или их частей, а затем выбор способа их моделирования, анализ результатов моделирования.

После обработки полученных данных и преобразования этих данных происходит формирование архитектурной модели объекта, геометризация модели (компьютерная визуализация) и выполнение геометрических построений. В общем виде формирование архитектурного пространства представляет собой геометрическую комбинаторную задачу, учитывающую различные аспекты функционирования архитектурного объекта.

После завершения работ над "*виртуальным зданием*" обучающийся получает возможность извлекать разнообразную информацию о спроектированном объекте: поэтажные планы, фасады, разрезы, экспликации, спецификации.

Архитектурное моделирование в 3D пользуется повышенным спросом, так как дает возможность оценить внешний вид здания до его постройки, в отличие от того же AutoCAD. В то же время, создание 3D объектов архитектуры доступно даже для начинающих пользователей.

Процесс формирования архитектурного пространства можно представить в следующем общем виде: определить набор и геометрию исходных элементов (архитектурных форм или их частей), а затем выбрать способ их комбинирования (моделирования). То есть в общем виде формирование архитектурного пространства представляет собой геометрическую комбинаторную задачу, учитывающую различные аспекты функционирования архитектурного объекта [1].

Эффективность представления проектного замысла – одна из главных задач работы инженера, строителя, архитектора. AutoCAD/ArchiCAD предоставляют для решения этой задачи самые широкие возможности.

Таким образом, инженерно-геометрическое моделирование архитектурных объектов позволяет создать модель объекта на базе описания характеристик объекта, геометрии, пропорциональной зависимости и отношений, информационной оболочки, реализуемой в соответствующей программной среде. При проектировании архитектурных объектов позволяет увеличить поиск новых архитектурных форм, выполнить анализ пространственной формы проектируемого объекта и разработать проекционную архитектурную модель здания.

REFERENCE

1. **Ievleva O. T.** Koncepciya i razrabortka metodologii avtomatizirovannogo reshe-niya geometricheskikh zadach arhitekturnogo proektirovaniya. Avtoref. dis... d. t. n. - Rostov-na-Donu, 2000. – 45 s.
Иевлева О. Т. Концепция и разработка методологии автоматизированного решения геометрических задач архитектурного проектирования. Автореф. дис... д. т. н. - Ростов-на-Дону, 2000. – 45 с.
2. **Lekareva N.A.** Modelirovanie kak tvorcheskiy metod v vysshem obrazovanii arhitektora // Fundamental'nye issledovaniya. – 2007, № 7. – s. 97-99. URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=3345
Лекарева Н.А. Моделирование как творческий метод в высшем образовании архитектора // Фундаментальные исследования. – 2007, № 7. – с. 97-99. URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=3345
3. Nauchno-tehnicheskiy progress: Slovar. - M.: Politizdat, 1987. – 366 s.
Научно-технический прогресс: Словарь. - М.: Политиздат, 1987. – 366 с.
4. **Sosnin N.V.** Dizayn kak osnova kompetentnostnoy modeli inzhenernogo obrazovaniya // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2009, №12. – s. 20–26.
Соснин Н.В. Дизайн как основа компетентностной модели инженерного образования // Высшее образование в России. 2009, №12. – с. 20–26.
5. **Truhan I.A., Truhan D.A.** Vizualizaciya uchebnoy informacii v obuchenii matematike, ee znachenie i rol // Uspehi sovremennoego estestvoznanija. – 2013, № 10. – s. 113-115; URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10002174
Трухан И.А., Трухан Д.А. Визуализация учебной информации в обучении математике, ее значение и роль // Успехи современного естествознания. – 2013, № 10. – с. 113-115; URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10002174
6. <http://www.archicad.ru/>

ARXİTEKTURA OBYEKTLƏRİNİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİNDE MÜHƏNDİS-HƏNDƏSİ MODELLƏŞDİRİMƏ

L.P. NAQRUZOVA, Y.B. YERTSKİNA

Məqalə, arxitektura obyektlərin layihələndirilməsində istifadə olunan program vəsaitlərin icmalına həsr olunur. Əsas diqqət müasir program vəsaitlərin və onların arxitektura layihələndirilməsində istifadəsi imkanlarına diqqət yetirilir. Aparılan analiz əsasında arxitektura obyektlərin layihələndirilməsində mühəndis – həndəsi modelləşdirmənin inkişaf tendensiyası aşkar olunmuşdur.

Açar sözlər: mühəndis fəaliyyəti, həndəsi modelləşdirmə, arxitektura obyektləri, layihələndirmə.

ENGINEERING AND GEOMETRIC MODELING IN DESIGN OF ARCHITECTURAL OBJECTS

L.P. NAGRUZOVA, E.B. ERTSKINA

The article is devoted to overview of software used in the design of architectural sites. Particular attention is given to the peculiarities of modern software and the possibility of their use in the design of constructions. Based on this analysis showed a trend of engineering and development of geometric modeling for the design of sites.

Key words: engineering activities, geometric modeling, architectural sites, project.

ECOLOGICAL ASPECTS OF EXTRACTION PROCESS OF ORGANIC SOLUTIONS FROM SEWAGE BY RECYCLING

G.I. KELBALIYEV, G.R. MUSTAFAYEVA, G.Z. SULEYMANOV, S.R. RASULOV

Ecological aspects of treatment process of sewage in paint-and-varnish industry were considered by extracting with isopropyl ether, then by separating and recycling. Experimental researches and analysis of extraction products both in sewage and extraction agent were suggested. According to calculations we have proposed three-stage scheme for design of extraction unit. Mass transfer in liquid phase extraction process was evaluated.

Key words: extraction, sewage, stratification, curve equilibrium, apparatus, mass transfer, distillation.

Introduction. Treatment of sewage in industry is an important ecological and economical problems, which is connected with the protection of environment. The selection of a method for revealing valuable products and utilization of wastes, development of technology and implementation are necessary problems in modern production. The specific object of the present research is sewage of paint-and-varnish and dying workshops of motor industry. Waste waters of these workshops contain number of organic components with different compositions, which are the main polluters of water resources and harmful for living flora and fauna.

For an effective realization of utilization process of organic impurity, to select a method for solution of technical problem is a matter of no little consequence. First of all it must be marked that the for solving the mentioned problems it is important to select the type of solution or adsorbent, method and utilization process, among which is possible to mark the adsorption and absorption [1-3], extraction [4], use of membrane, plasma chemical and plasma membrane technology [5-7] and so on. Problems in implementation of treatment processes of sewage are solved by different methods in the works [8-10].

The main goal of the present research is the development and selection of corresponding ecologically safe technology and apparatus for treatment and recycling wastes of industrial sewage in paint-and-varnish production. The suggested technology for sewage treatment from organic compounds by isopropyl ether has an essential ecological value, so far as different organic wastes, which pollute environment, are sterilized and above all the process is non-waste and energetic profitable.

Isopropyl ether dissolves slightly in water (0.94 % mass), its surface tension is equal to $20 \frac{\mu N}{m} \left(\frac{dyne}{sm} \right)$ and that's why forms emulsion in water medium. As its density ($\rho=724.4$

kg/m^3 at $T=25^\circ\text{C}$) [11,12] is less comparing with water, then the obtained emulsion is non-stable, and inclined to phase immiscibility. By intensive mixing in the extraction processes of sewage the phases of isopropyl ether are dispersed till drops with wide sizes in order to increase inter phase mass exchange surface, forming quasi-homogeneous system, which is not inclined to stratification. Phase immiscibility is quite important factor for further separation of extractant, which is passed to rectification and pure water in settling basins.

Liquid phase extraction of organic impurities from sewage with isopropyl ether. Experimental research of liquid phase extraction of organic impurities from waste waters in paint-and-varnish industry showed, that efficiency of extraction process by using diethyl ether $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ makes 90.3%, isobutyl ether $(\text{iC}_4\text{H}_9)_2\text{O}$ – 97-99 %, isopropyl ether $(\text{iC}_3\text{H}_7)_2\text{O}$ – 98-99 %, while for the adsorption on betonies the efficiency makes 86 %. Such experimental analysis allowed selecting isopropyl ether as more effective solution to extract definite groups of hydrocarbons – isopropyl ether. Below in the table 1 experimental data and composition of organic hydrocarbons in sewage were given.

Table 1
Content of different organic components in sewage of paint-and-varnish industry

	Components	Quantity, % (mass)
1	Butyl glycol, $\text{C}_4\text{H}_8(\text{OH})_4$	10,17
2	Phenylisopropanol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$	6,53
3	Acetic acid, CH_3COOH	8,72
4	Formylic acid, HCOOH	0,38
5	Acetone, CH_3COCH_3	1,25
6	Pigment, $\text{TiO}_2(\text{FeCl}_2)$	13,025
	<i>Total sum</i>	40,075

Residue of organic substances in pure water is 0,002-0,003 % (mass). Below in the table 2 experimental content and composition of organic products after extraction at $T = 40^\circ\text{C}$ in extractant were presented.

Unlike extraction, in adsorption processes for calculation of multi component systems, there is sectioning method – successive calculation of equilibrium, established on each elementary layer of sorbent when passing the analyzed or treated solution through column. For calculating extraction processes of dissolved solids, we have developed a method of interval-iteration analysis, based on suggestion of linear change of concentration of extracted component in solution at ranges of calculated interval.

Table 2.
Composition of extractant at the inlet to distillations column

	Components	Quantity, % (mass)	Molecular mass, kg/mol	Diffusion coef- ficients, $\times 10^{11}$, m ² /s
1	Butyl glycol, C ₄ H ₈ (OH) ₄	9,87	124	4,80
2	Phenylisopropanol, C ₆ H ₅ C(CH ₃) ₂ OH	6,49	131	2,40
3	Acetic acid, CH ₃ COOH	8,66	60	6,04
4	Formylic acid, HCOOH	-	44	-
5	Acetone, CH ₃ COCH ₃	1,18	58	5,71
6	Isopropyl ether, (i-C ₃ H ₇) ₂ O	73,8	102	-
	Sum of organic impurity	26,2		

While analyzing such processes it is necessary to transform to calculations at separate intervals of coordinates, in which all parameters can be considered practically constant. Intervals must not be too small to contain data about concentrations. From the other side intervals must not be too big, that parameters of process should be considered constant, but the change of concentration of extracted component in extractant along interval-linear. Difficulty in defining and plotting equilibrium curve is that in extraction process unlike binary mixture, there is a multi component system with different degrees of mutual solubility of substances. However, more likely, without mutual solution, solution in water, such systems should be calculated by component with weak solubility in selected limiting solvent, so far as solubility degree of this component determines all basic characteristics (extraction time, efficiency of treatment and so on) of extraction process. However, the lack of any knowledge about mutual solubility and solubility of separate components in the selected solvent (isopropyl ether) rises definite difficulties while plotting equilibrium curve, its effect on calculation and implementation of the process, that is indefiniteness of the task appears. Estimation of equilibrium curve is quiet sensitive to errors during measuring the concentrations of all components in emulsion, and under the terms of indefiniteness is determined by solving inverse non-correct task by successive approximate method. The beginning approximate is equation $Y = X$. We have established certain theoretical approximation to equilibrium curve between content of organic impurity in solvent-isopropyl ether and sewage by the following equation:

$$Y = K(X)X \quad (1)$$

where Y – balance content of total organic impurity in isopropyl ether, $\frac{kg}{kg}$ extractant; X – balance content of total organic impurity in sewage, $\frac{kg}{kg}$ water; $K(X) = \frac{K_0(T)}{X^{1/3}}$ distribution

coefficient, depending on content of organic impurity in sewage and temperature (fig.1), $\ln K_0(T) = A - \frac{B}{T}$, $A = 3.08$ and $B = 944.6$ – coefficients, T – absolute temperature 0K .

According to equilibrium curve, below in the figure 2 we have suggested the principle for defining number of successive connected extractors with cross feeding solvent – isopropyl ether.

Cross extraction unit apparatus consists of three extractors with intermediate settling and removing extractant from each apparatus and feeding isopropyl ether to each extractor. According to figure 2 distribution of solvent-isopropyl ether will be: on the first stage – 60 %, on the second – 30 % and on the third – 10 %. We established the distribution of isopropyl ether on each stage at cross implementation of extractor process by the following way: a) for summer period I – 50 %, II – 25 %, III – 25 %; b) for winter period I – 60 %, II – 20 %, III-20 %. Boiling temperature of mixture III, which is passed to rectification, is $T_u = 32 - 34^0C$, but for the end of boiling it is $T_k = 158 - 162^0C$. Temperature of below column is equal to 220^0C . Scheme of three-stage extraction with intermediate output of extractant and cross feeding of solvent is shown in fig.2.

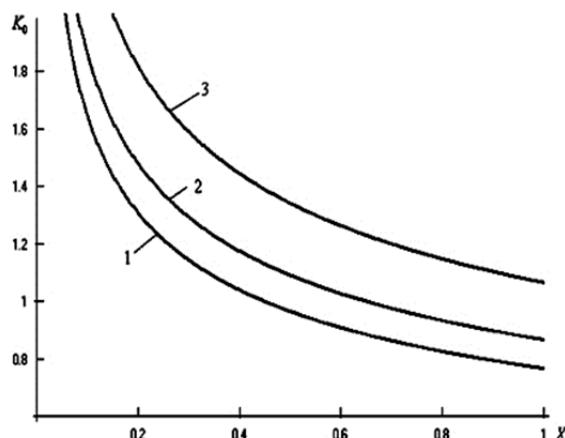


Figure 1. Dependence of distribution coefficient on composition organic impurity in sewage and temperature, equal to:

1 – 283^0C ; 2 – 293^0C ; 3 – 313^0C

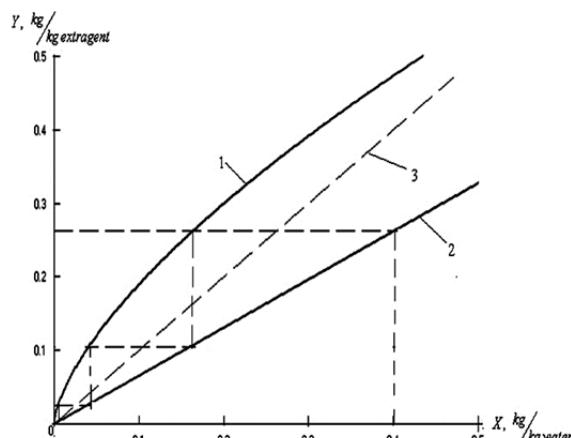


Figure 2. Determination of theoretical stage values in extraction process of sewage with isopropyl ether for multi component mixture:

1 – approximate equilibrium curve; 2 – working line in extractor; 3 – equation of diagonal, $Y=X$.

As it appears from fig.3 phase immiscibility is an important process in this technology (isopropyl ether with organic impurities and pure water), moreover this process may be limiting for the entire scheme.

Efficiency and model of stratification processes with account of diffusion and gravity (differences of densities of isopropyl ether and water) can be realized in a similar way to work [13].

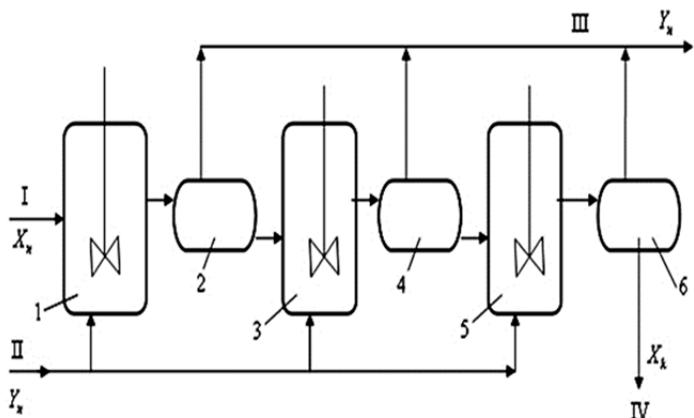


Figure 3. Scheme of three-stage extractor with cross flow:

1,3,5 – extractors; 2,4,6 – settling basin; I – sewage flow;
II – extractant – isopropyl ether; III – extract; IV – treated water

phase extraction process of organic impurity in waste water with isopropyl ether proceeds by intensive mixing and dispersing, due to which the isotropy of turbulent flow is reached in extractor. If we exclude mutual solubility between components of organic impurity in waste water, so for big values of $Pe > 10^3$ (Pe – is peclet number) the transition process of mass can be considered fulfilled and viewed in approximation of diffusive boundary layer with

$\delta \sim \left(\frac{aD}{V} \right)^{1/2}$ width [16]. Distribution of concentrations of substances in approximation of

boundary layer on drop surface unit of isopropyl ether is expressed by the following equation:

$$\tilde{V}_r \frac{\partial \tilde{C}}{\partial r} + \frac{\tilde{V}_\theta}{r} \frac{\partial \tilde{C}}{\partial \theta} = \frac{\partial}{\partial r} \left[D_T(r) \frac{\partial \tilde{C}}{\partial r} \right] \quad (2)$$

Boundary conditions are:

$$\begin{aligned} r \rightarrow \infty, \quad \tilde{C} &= \tilde{C}_0 \\ r = R, \quad \tilde{C} &= \tilde{C}_P \end{aligned}$$

where \tilde{V}_r and \tilde{V}_θ - velocity component of flow, \tilde{C} - root mean square value of substance concentration, r – radii of drop, V_0 – flow on drop surface, a – size drop in isopropyl ether, D – coefficient of molecular diffusion, θ – azimuth angle, D_T – coefficient of turbulent diffusion, \tilde{C}_0 and \tilde{C}_P – average concentrations of organic substance in medium and on drop surface of isopropyl ether.

For $\lambda > \lambda_0$, let's determine diffusion coefficient $D_T = \alpha \varepsilon_M^{1/3} r^{4/3}$ (Levich, 1962). If we pass to new variables θ and ψ , after simple transformations for the first part (2) we'll get

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[D_T(r) \frac{\partial \tilde{C}}{\partial r} \right] = \alpha \varepsilon_M^{1/3} R^{7/3} \frac{\partial}{\partial \psi} \left[V_\theta \sin^2 \theta \frac{\partial \tilde{C}}{\partial \psi} \right] \quad (3)$$

where λ – scale of turbulence, λ_0 – kolmogorov scale of turbulence, ε_M – dissipation energy per unit mass, ψ – stream function, α – coefficient.

Mass transfer in extraction processes of sewage. Efficiency of mass exchange in extractors is defined by drop size of isopropyl ether, obtained by breakage during mixing. Breakage frequency of drops depends on many factors, among which is important to mark the diffusion coefficient, property of isopropyl ether and sewage (viscosity, density, surface tension) and specific energy of dissipation, depending on characteristics of mixer (rotation frequency, diameter of stirrer) [14,15]. Liquid

Leaving out the specialties for solution of such type equation, given in [16,17] diffusive flow will be determined finally:

$$J = D_T \frac{\partial \tilde{C}}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{\alpha \varepsilon_M^{1/3} R^{7/3} V_0 \Delta \tilde{C} \sin^2 \theta}{\sqrt{\alpha \pi \varepsilon_M^{1/3} R^{13/3} V_0 \left(\frac{2}{3} - \cos \theta + \frac{\cos^3 \theta}{3} \right)}} = \sqrt{\frac{3\alpha}{\pi}} (\varepsilon_M R)^{1/6} V_0^{1/2} \Delta \tilde{C} \frac{1 + \cos \theta}{\sqrt{2 + \cos \theta}} \quad (4)$$

where $y = r - R$ – new variable, expressing the distance up to the drop surface, $y \ll R$. Comparing this equation with the expression for mass-transfer $J = \beta_L \Delta \tilde{C}$ and expressing the rate on drop surface through the velocity of its flows $V_0 = \frac{U}{2(1+\gamma)}$, we'll determine coefficient of mass-transfer between turbulent flow and drop:

$$\begin{aligned} \lambda > \lambda_0, \quad \beta_L &= C_{11} (\varepsilon_M R)^{1/6} U^{1/2} \left(\frac{\alpha}{1+\gamma} \right)^{1/2} \\ \lambda < \lambda_0, \quad \beta_L &= C_{12} \left(\frac{\varepsilon_M}{\nu_c} \right)^{1/4} (UR)^{1/2} \left(\frac{\alpha}{1+\gamma} \right)^{1/2} \end{aligned} \quad (5)$$

where β_L – mass transfer coefficient, γ – viscosity ratio of drop in isopropyl ether to viscosity of water, C_{11} , C_{12} – coefficient, ν_c – kinematic viscosity of medium, U – flow velocity away from drop.

Sherwood number ($\lambda < \lambda_0$), using the expression (5), will be:

$$\text{Sh} = \frac{\beta_L R}{D_T} = C_{12} \text{Sc}^{1/2} \left(\frac{\nu_c^3}{\varepsilon_M R^4} \right)^{1/4} \left(\frac{\text{Re}_d}{1+\gamma} \right)^{1/2} \quad (6)$$

where – Sc – schmidt number, $\text{Re}_d = \frac{\nu_a}{\nu_c}$ - Reynolds number for drop.

Similar for condition $\lambda > \lambda_0$, Shewood number will be determined:

$$\text{Sh} = C_{11} \text{Sc}^{1/2} \left(\frac{\nu_c^3}{\varepsilon_M R^4} \right)^{1/6} \left(\frac{\text{Re}_d}{1+\gamma} \right)^{1/2} \quad (7)$$

Leaving out simple gravity transformations (floating or deposition of drops), the equation (6) may be transformed to:

$$\frac{\text{Sh}}{\text{Sc}^{1/3}} = C_{13} \left[\left(\frac{\varepsilon_M R^4}{\nu_c^3} \right)^{1/3} \right]^k \quad (8)$$

where $C_{13} = \frac{C_{11}}{\text{Sc}^{1/6}} \frac{\text{Re}^{11/12}}{(1+\gamma)^{1/2}}$, k – indices of degree, which is estimated by experimental data.

Below in fig. 4 the comparison of equation is given for defining mass-transfer coefficient

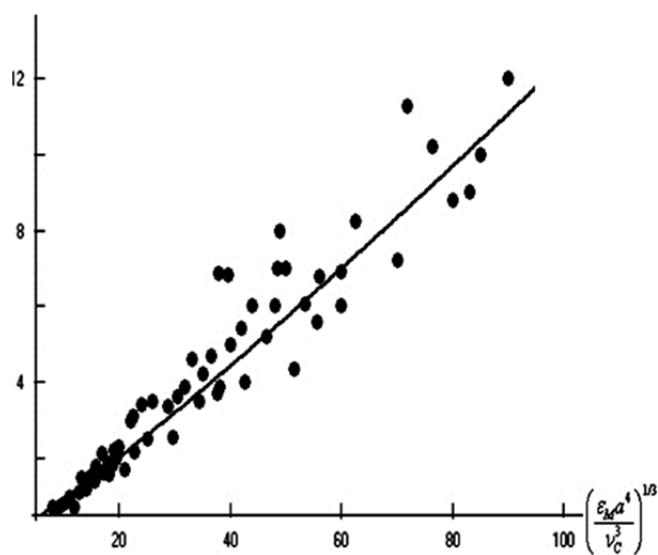


Figure 4. Comparison of mass transfer coefficient with experimental data [12] for different values of number Sc.

between drops and turbulent flow in Stokes regime for different values of Schmidt number ($Sc = 419 - 2013$) and different concentrations of solvent in water solution (from 12,5 to 37,5 %) with experimental data [18].

$$\frac{Sh}{Sc^{1/3}} = 0.0686 \left[\left(\frac{\varepsilon_M a^4}{\nu_c^3} \right)^{1/3} \right]^{1.13} \quad (9)$$

This equation can be also used for calculation of mass-transfer in extraction process of organic impurity with isopropyl ether for different coefficients C_{13} and k . As to the second equation (5), mass-transfer coefficient, besides other

parameters (character and parameters of mixing, viscosity of medium and so on), essentially depends on coefficients of molecular diffusion $D_i^{1/2}$ component in sewage $\alpha = Sc^{-1} = D_i / \nu_c$,

defining degree of their solubility in isopropyl ether. In table 2 we have shown values of diffusion coefficients of separate components in sewage in isopropyl ether at $20^\circ C$ and dynamic viscosity of isopropyl ether $\eta_d = (0.36 - 0.1) \times 10^3$, $P_a \cdot c$ [11,12] for temperature range $(10-90)^\circ C$. According to this table, among all components phenylisopropanol has a small molecular diffusion coefficient, and dissolves slightly than others. The harder soluble product in isopropyl ether was found to be phenylisopropanol that is limiting component for extraction process. In mixers at isotropic turbulence for liquid-liquid system the coefficient of turbulent diffusion, according to the work (Levich, 1962) is expressed by $D_T \approx \left(\frac{\varepsilon_M}{\nu_c} \right)^{1/2} \lambda^2$. During intensive mixing it is possible to set that mixing length of liquid particles is equal to radii of stirrer, that is $\lambda \approx d_M / 2$. Then setting $\varepsilon_M = f(Re) \frac{n^3 d_M^5}{\nu}$ [19], coefficient of turbulent diffusion will be

$$D_T \approx \frac{1}{4} \sqrt{f(Re)} \left(\frac{n^3 d_M^7}{\nu_c \nu} \right)^{1/2} \quad (10)$$

where $f(Re)$ – drag coefficient of medium, depending on number Re [20], ν – volume of liquid in stirrer, d_M – diameter of stirrer, n – rotation frequency of stirrer. As it appears from this equation, coefficient of turbulent diffusion is directly proportional to rotation number $n^{3/2}$ and diameter of stirrer, inverse proportional to viscosity of medium $\nu_c^{1/2}$, that is by increasing viscosity of isopropyl ether (at low temperatures) coefficient of turbulent diffusion decreases. In

principle an effective coefficient of diffusion is determined $D_E = D + D_T$, moreover at intensive mixing $D_T \gg D$, that is coefficient of turbulent diffusion is more (for some orders) than molecular diffusion coefficient.

Processes of stratification and separation of extractant. Processes of stratification of products after extraction in settling basins (fig.3) due to gravity or difference of densities between extractant and water ($\Delta\rho \approx 200 \text{ kg/m}^3$) are found to be important for the entire technological scheme, as qualitative separation of these immiscible phases may be limiting for all the process of extraction treatment. If liquid extractant is dispersed, that is like drops, so for an effective separation of these phases, the condition must be created for collision, coalescence and coarsening of drops. Two-dimensional tensions and difficulty of its distribution on surface of interphase film between collided drops show that when thinning, effect of Marangoni prevents drop coalescence, that is in some degree stabilizes the emulsion [13,21]. Rates of coalescence and drop floating (sizes of drops, viscosity and density of medium) and coefficient of effective diffusion of drops in isopropyl ether in water have an essential influence on the efficiency of drop stratifying. Coalescence of drops in flow depends on the frequency of their collision, their concentration, specific energy of turbulent flow and properties of waste water. After separation in settling basins extractant is separated into isopropyl ether in distillation column, which is recycled and into organic impurities, which are removed from the system. According to experimental analysis on distillation of extractant we could evaluate equilibrium curve between content of isopropyl ether in vapor and liquid phase.

In fig.5 the technological scheme of distillation of extractant was presented, moreover the extractant, entering into column, is heated by warmth of waste organic products.

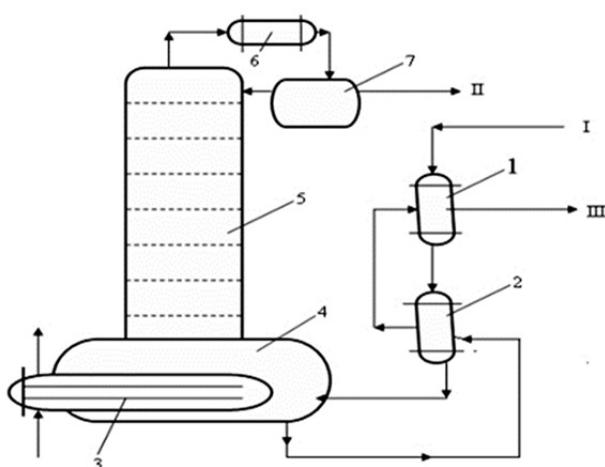


Figure 5. Technological scheme for distillations unit of an extractant:

1,2,3 –heat exchangers; 4 – capacity; 5 – rectification column; 6 – cooler-condenser; 7 – capacity; I – isopropyl ether; II – extractant; III – organic impurity.

organic impurity in sewage (1). Effects of mass-transfer in these processes were evaluated and criteria dependencies of Sh number on parameters of process (6)–(8) were obtained (fig.4).

Analysis of results and conclusions. The solution of the important ecological task was suggested for creation of technology and treatment apparatus and separation of waste water in paint-and-varnish industry basing to experimental researches by extracting organic impurities with isopropyl ether. The process may be realized in three series-connected extractors, giving isopropyl ether to each device and removing extractant from every settling basin (fig.3). Researching the extraction process we could estimate the equilibrium curve by the method of successive approximations (fig.2) and determine distribution coefficient as a function of

Extractant is directed to rectification column, where isopropyl ether is separated and passed back to the beginning of scheme for recycling. Efficiency of the technology is determined by stages of extraction, stratification of phases in settling systems and separation stage in rectification column.

REFERENCE

1. **Patel, H.; Vashi, P.T.** Treatment of textile waste water by adsorption and Coagulation. European Journal of Chemistry, (2010). 7 (4), 1483–1487.
2. **Amuda, O.S.; Ibrahim A.O.,** Industrial waste water treatment using natural material as adsorbent. African Journal of Biotechnology, (2006). 5(16), c. 1483–1487.
3. **Aksiyanov, A.V.** (1994). Investigation of adsorption processes of treatment waste water, Ph.D. Dissertation, University of Kazan. Russian.
4. **Mikhaylov, A.V.,** (1984). Chemistry of extraction. Nauka, Novosibirsk (Russian).
5. **Chang, I.S.; Clech, P.I.; Jefferson, B.; Judd, S.,** (2002). Membrane fouling in membrane Bioreactor for wastewater treatment. Journal Environmental Engineering, 128 (11), 1018–1029.
6. **Judd, S. J.** (2004). A review of fouling of membrane bioreactors in sewage treatment. Water Sci. Tech., 49 (2), 229–235.
7. **Tuszler, D.; Zynter, R.G.; Batsch, A.; Brugger, A.; Geissler, S.; Zhou, H.; Klee, D.; Melin, T.,** (2006). Reduced fouling tendencies of ultrafiltration membranes in wastewater treatment by plasma modification . Desalination, 189, 119–126.
8. **Wiese, J.,** (1993). Process and apparatus for waste water treatment. United States Patent № 5209843, 05.11.1993.
9. **Honji, A.; Ishii, H., Mochizuki, A., Saho, N., Tsuyama, T. and Isogami H.,** (Japan). (2010). Treatment method of organic compounds included in waste water, a treatment apparatus of organic compounds included in waste water, a treatment system of organic compounds included in waste water and a bitumen collecting system. United States Patent № 201001176039, 15.07.2010.
10. **Yamasaki, K.; Chuo, K.; Okamoto, S.; Tao, Y.,** (Japan). (2002). Waste water treatment apparatus. United States Patent № 6413417, 02.07.2002.
11. **Xianyang Meng; Jrangtao Wu; Zhigang Liu,** (2009). Viscosity and density measurement of diisopropyl ether and dibutyl ether at different temperatures and pressures. J. Chem. (China), 54 (9), 2353–2361.
12. **Wohlfarth, Ch.,** (2008). Viscosity of diisopropyl ether. In: Springer Materials – The Landolt–Bornstein Database. Springer–Verlag Berlin Heidelberg, 123–129.
13. **Kelbaliyev, G.; Ceylan, K.,** (2001). A theoretical model for the distribution in a polydispersed solid mixture under hydrodynamics and gravitational effects. Powder Technology, 115, 84-89 .
14. **Sarimeseli, A.; Kelbaliyev, G. I.,** (2003). Modeling of the break-up of deformable particles in developed turbulent flow. Chemical Engineering Science, 59(6), 1233-1240.
15. **Sis, H.; Kelbaliyev, G., Chander, A.,** (2005). Kinetics of drop breakage in stirred vessel under turbulent conditions. Journal of Dispersions Science and Technology, 26, 565-573.
16. **Levich, V.G.,** (1962). Physicochemical Hydrodynamics. Prentice–Hall Inc. Cliffs, Canada.

17. **Protodyakonov, I.O.; Lyublyanskaya, I.E.; Rijkov, A.E.**, (1987). Hydrodynamics and mass transfer in dispersed systems. Leningrad: Khimiya,. (Russian).
18. **Kress, T.S.**, (1972). Mass transfer between small bubbles and liquids in co-current turbulent pipeline flow. Ph. D. Dissertation of University of Tennessee. UK.
19. **Marko, Laakkonen**, (2006). Development and validation of mass transfer models for the design of agitated gas–liquid reactors. Chemical Engineering Report series, 51, 76–92.,
20. **Kelbaliyev, G.I.**, (2011). Drag coefficient of solid and deformable particles. Theoretical Foundation of Chemical Engineering, 45(2), 1–20. (Russian).
21. **Leo, L.Y.; Matar, O.K.; Perez de Ortir, E.S.; Hewitt, G.F.**, (2002). A description of phase inversion behavior in agitated liquid-liquid dispersions under the of Marangoni effect, Chem. Eng. Sci., 57, 3505-3520.

RESİRKULYASIYA YOLU İLƏ TULLANTI SULARINDAN ÜZVİ MƏHSULLARIN ESKSTRAKSİYASI PROSESİNİN EKOLOJİ ASPEKLƏRİ

Q.İ. KƏLBƏLİYEV, G.R. MUSTAFAYEVA, G.Z. SÜLEYMANOV, S.R. RƏSULOV

Məqalədə izopropil efirindən, həmçinin ekstraksiya və resirkulyasiya proseslərindən istifadə etməklə ləkboya sənayesində tullanti sularının təmizlənməsi prosesinin ekoloji aspektlərinə baxılır.

Tullanti sularında ekstraksiya məhsullarının alınması üzrə eksperimental tədqiqat və analiz işləri yerinə yetirilmişdir. Aparılan hesablamalara müvafiq olaraq ekstraksiya qurğusunun konstruksiyası üçün üçpilləli sxem təklif olunmuşdur. Ekstraksiya prosesinin maye fazasında kütlə dəyişməsi qiymətləndirilmişdir.

Açar sözlər: ekstraksiya, tullanti suları, təbəqələşmə, tarazlıq əyrisi, aparat, kütlə dəyişməsi, distilyasiya.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Г.И. КЕЛБАЛИЕВ, Г.Р. МУСТАФАЕВА, Г.З. СУЛЕЙМАНОВ, С.Р. РАСУЛОВ

В статье рассматриваются экологические аспекты процесса очистки сточных вод в лако-красочной промышленности с помощью изопропилового эфира, процессов экстракции и рециркуляции.

Проводятся экспериментальные исследования и анализ полученных экстракционных продуктов в сточных водах. В соответствии с проведенными вычислениями предложена трехступенчатая схема для конструкции экстракционной установки. Произведена оценка массопереноса в жидкостной фазе экстракционного процесса.

Ключевые слова: экстракция, сточные воды, расслоение, кривая равновесия, аппарат, массоперенос, дистилляция.

ARID MEŞƏ LANDŞAFTLARININ ANTROPOGEN TRANSFORMASIYASI

Ş.S. AMANOVA

Məqalədə Acinohur öndağlığı və ona bitişik ərazilərdə yayılmış arid seyrək meşə və kol landşaftlarının antropogen transformasiyası coğrafi informasiya sistemi mühitində ArcGis programında təhlil edilib. Təbii landşaftlar daxilində antropogen modifikasiyaların (bağlar, otlak və biçənəklər, yaşayış məntəqələri, yollar) faiz tərkibi öyrənilib.

Açar sözlər: antropogen transformasiya, arid meşə landşaftı, antropogen modifikasiya.

Giriş. Azərbaycanın dağlıq ərazilərindəki arid geosistemlər xarici təsirlərə, o cümlədən antropogen fəaliyyətə qarşı zəif dayanıqlığı ilə seçilir. Relyefin şaquli və üfüqi parçalanmasının yüksək kəmiyyəti kifayət qədər meyilli (67° -dən çox) yamaclar, tez yuyulan gilli, gilli-qumlu dəniz və kontinental çöküntülərin geniş yayılması dağ geosistemlərinin antropogen yüklenməsinin artması ilə torpaqların deqredasiyası güclənir və bedlənlərin əmələ gəlməsinə şərait yaradır [2].

Aparılmış arxeoloji qazıntılar göstərir ki, Acinohur öndağlığı Azərbaycanın ən qədim yaşayış məntəqələri olmuşdur. Bunu qədim Qəbələdə, Mingəçevirdə tapılmış maddi mədəniyyət nümunələri təsdiq edir. Bu dövrlərdə Acinohur öndağlığının əsas landşaftı friqanoidli müxtəlif otlu arid seyrək meşə olmuşdur. Sonrakı tarixi dövrlərdə ərazinin dominant landşaftları tədricən daha az məhsuldar geokomplekslərə çevrilmişdir [2].

Son zamanlar tədqiq olunan ərazidə taxıl əkinin sahələrinin genişlənməsi, otarmanın yol verilə bilən ekoloji normanı keçməsi, yeni yolların çəkilməsi, yaşayış məntəqələrinin genişlənməsi təbii landşaftların transformasiyasını sürətləndirmiş və ekoloji gərgin ocaqların yaranmasına səbəb olmuşdur. Buna görə də arid geosistemlərin kompleks şəkildə coğrafi informasiya sistemlərinin texnologiyaların tətbiqinə geniş imkanlar yaradan ArcGis programlarının tətbiqi ilə öyrənilməsi geosistemlərdəki inkişaf tendensiyalarını düzgün qiymətləndirməyə və antropogen yüklerin ekoloji idarə olunmasına imkan verəcəkdir.

Məsələnin qoyuluşu və tədqiqat metodu. Məqalədə antropogen transformasiyanın öyrənilməsində aerokosmik şəkillərdən, topoqrafik xəritələrdən, ədəbiyyat və fond materialları, tarixi materiallar, internet saytlarından əldə olunan xəritələrdən istifadə edilmişdir. Məqalənin hazırlanmasında çöl tədqiqatı metodundan istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın nəticələri və müzakirəsi. Tədqiqat ərazisi daxilində yayılan arid seyrək meşə və kol landşaftı lokal xarakterlidir. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, bu kompleks lokal xarakterli olsa da böyük ərazini əhatə edir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, arid seyrək meşə və kol landşaftı vaxtilə geniş ərazini əhatə edib. Lakin sonradan antropogen təsir nəticəsində qırılaraq çox az bir hissədə qalıb. Arid seyrək meşə və kol landşaftının əsas bitki növləri içərisində ardıc, saqqızağac, yabanı nar kolları, qaratikan kolları və d. üstünlük təşkil edir.

Açınohur öndağlığı və ona bitişik ərazilərdə arid seyrək meşə və kol landşaft tipinin ümumi sahəsi $306,5 \text{ km}^2$ -dir. Arid seyrək meşə və kolluq landşaft kompleksi daxilində ərazinin 3%-i (10 km^2) yaşayış məntəqələrinə, 1%-i ($0,1 \text{ km}^2$) yollarla, 13%-i (42 km^2) əkinlərə, 2%-i ($3,8 \text{ km}^2$) bağlara, 15%-i (46 km^2) meşələrə, 22%-i (69 km^2) otlaq və biçənəklərə, 43%-i isə digərlərinə aiddir (Cədvəl 1).

Cədvəl 1.
Arid seyrək meşə və kolluq landşaft tipində torpaqdan istifadə

Yaşayış məntəqələri	Əkinlər	Otlaq və biçənəklər	Qoruq və yasaqlıqlar	Yollar	Digərləri
1%	13%	22%	1%	1%	62%

Landşaft tipi daxilində relyefin minimal hündürlüyü 80m, maksimal hündürlüyü isə 920 m-dir. Orta mütləq hündürlük 500 m-dir. Yaşayış məntəqələri 200 m yüksəklikdən başlayaraq müşahidə edilir. Ən yüksəkdə yerləşən yaşayış məntəqəsi 720 m hündürlükdə yerləşir. Tip daxilində yaşayış məntəqələrinin ümumi sayı 18-dir. Bu göstəricidən 10-u inzibati ərazi dairələrinə, 8-i isə kəndlərə aiddir (Şəkil. 2). Ümumi yaşayış məntəqələrinin sahəsi 10 km^2 -dir ki, bunun da $3,7 \text{ km}^2$ -i, yəni 37%-i inzibati ərazi dairələrinə, $6,3 \text{ km}^2$ -i, yəni 63%-i kəndlərə aiddir. İnzibati ərazi dairələrinin biri 100- 200 m hündürlükdə, beşi 200-400 m hündürlükdə, dördü 400-720 m hündürlükdə yerləşir (Cədvəl. 2).

Cədvəl 2.
Arid seyrək meşə və kol landşaft tipində məntəqələrin statistik göstəriciləri

Növü	Sayı	Sahəsi (km^2 -lə)
İnzibati Ərazi Dairələri	10	3,8
Kəndlər	8	6,3
Süd Əmtəə Fermaları	2	0,4
Quş Əmtəə Fermaları	1	0,04

Arid seyrək meşə və kol landşaft tipində antropogen differensiasiya ərazinin mütləq yüksəkliyi və meylliyindən asılı olaraq müxtəlif xarakter daşıyır. Mütləq yüksəklikdən asılı olaraq inzibati ərazi dairələrinin $1,5 \text{ km}^2$ -i 0-200 m hündürlükdə yerləşir. 400-600 m

hündürlükdə 1,2 km² inzibati ərazi dairəsi yerləşir. Əksər inzibati dairəsi isə (3,6 km²) 600-800m hündürlükdə yerləşir. Bundan yuxarıda yerləşən ərazilər yaşayış məntəqələri kimi mənimsənilməyib. Kənd və qəsəbələrin isə 3,5 km²-i 200-400 m, 170 000 m²-i 400-600 m mütləq hündürlükdə salınıb. 200 m-dək və 8000 m-dən yüksək ərazilər yaşayış məntəqələri kimi mənimsənilməyib. Bunun səbəbi təbii şəraitin əlverişsizliyidir.

Meyllikdən asılı olaraq kəndlərin və qəsəbələrin tamamilə hamısı 0-20° meylli yamaclarda yerləşir. Lakin inzibati ərazi dairələrinin 55 000 m²-i 40°-dən yüksəkdə yerləşir. 20-40 ° meyllikdə 0,4 km², 0-20 ° meyllikdə isə 62,5 km² ərazi yerləşir.

Əhalinin ümumi sayı orta hesabla 50 000 nəfərdir [6]. Arid seyrək meşə və kol landşaft tipi daxilində əhalinin orta sıxlığı hər km²-də 0,0001 nəfərdir.

Yolların ümumi uzunluğu 99 699 m-dir. Bu yollardan 16 602 m-i magistral yollardır. Bu yol ümumi yolların 17%-ni əhatə edir. Ümumi yolların 18%-i isə örtülü yollara aiddir ki, bunun da uzunluğu 18 203 m-dir. Örtüksüz avtomobil yolları və çöl yolları yolların müvafiq olaraq 20 və 65%-ni əhatə edir. Örtüksüz avtomobil yollarının uzunluğu 20 500 m, çöl yollarının uzunluğu isə 44 394 m-dir. Yolların tutduğu ümumi sahə 10,9 m²-dir. Qeyd edək ki, bu sahənin 166 020 m²-i magistral yollara, 109 218 m²-i örtülü yollara, 92 250 m²-i örtüksüz yollara, 53 273 m²-i çöl yollarına aiddir (Cədvəl. 3).

*Cədvəl 3.***Arid seyrək meşə və kol landşaft tipində yolların statistik göstəriciləri**

	Yolların növü	Uzunluğu (m-lə)	Sahəsi (m ² -lə)
1	Magistral	16602	166020
2	Örtülü	18203	109218
3	Örtüksüz	20500	92250
4	Çöl	44394	53273
	Cəmi	99699	10874456

Əkinlərin ümumi sahəsi 42 km²-dir. Əkinçilikdə suvarmadan düzgün istifadə edilməməsi torpaqların eroziyasını gücləndirir. Yeraltı suların səviyyəsi qalxır. Bunun nəticəsində şorlaşma baş verir. Nisbətən meylli ərazilərdə düzgün tətbiq edilməyən suvarma növü torpaqların fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə mənfi təsir göstərir.

Arid seyrək meşə və kol landşaft tədqiqat ərazisinin şimal və şimal-qərb hissəsində (Əyriçay və Qanıx çayının sol sahilində) subasar alüviał çəmən, qismən qalıq, şorlaşmış açıq şabalıdı torpaqlarda yayılıb. Bu ərazilər əsasən qış otlaqları kimi mənimsənilib. Subasar alüviał çəmən torpaqlarında humusun miqdarı 3-3,2% təşkil edir (1). Bu isə normadan ($3,2 \pm 0,4\%$) azdır (3). Otlaq və biçənəklərdə məhsuldarlıq 6-6.5 s/ha-dır. Məhsuldarlığın azalmasına səbəb otlaqlardan istifadə zamanı qaydalara əməl olunmamasıdır. Heyvanların otarılması landşaft növündə bitkilərin növ tərkibinə təsir edir. Həssas bitkilər məhv olur və daha dözümlü bitkilər həssas bitkiləri sıxışdıraraq geniş arealı əhatə edir. Həmçinin otarma zamanı təbii komponent olan torpaq örtüyü də dəyişikliyə uğrayır. Belə ki, qış otlaqlarında hər il eyni yollardan istifadə edilməsi həmin cığır boyu torpaqların tapdanmasına və torpaqların üst qatının korlanmasına,

həmçinin bitki örtüyünün məhv olmasına səbəb olur. Digər təsir isə torpaqların eroziyasında özünü göstərir.

Lakin qərb hissədən fərqli olaraq şərq hissə əkinlər altında daha çox istifadə olunur. Burda da qismən qalıq, şorlaşmış açıq şabalıdı, açıq dağ boz qəhvəyi torpaqlar yayılıb. Uzun illər torpaqlardan davamlı olaraq əkinçilikdə istifadə edilməsi və torpağın dincə qoyulmaması torpaqda humusun miqdarını azaldıb (açıq dağ boz qəhvəyi torpaqlarda - 1,4-2,2%) (1). Lakin bu ərazilər tədqiqat ərazisi daxilində məhsuldarlığına görə fərqlənir. Əkinlər altında məhsuldarlıq 17s/ha, bəzən isə 19 s/ha qədər təşkil edir (6). Ovlaqlarda isə 5,5-6 s/ha-dır. Əkin zamanı torpağa gübrə verilməsi məhsuldarlığı artırır.

Türyançay hövzəsində bu landşaft tipi subasar alüvial çəmən, açıq dağ boz qəhvəyi və tünd şabalıdı torpaqlar yayılıb. Əsasən olaq və biçənəklər istifadə edilir. Torpaqda humusun miqdarı tiplərə müvafiq olaraq 3-3,2%, 1,4-2,2%, 3,2% təşkil edir. Məhsuldarlıq olaq sahələsində 5,5-6 s/ha təşkil edir (5). Lakin bağlarda məhsuldarlıq 15 s/ha-dır (6). Göyçay çayının orta axınında Böyük Əmili və Mücəhəftəran yaşayış məntəqələri arasında yerləşən arid seyrək meşə və kolluq landşaftında ən məhsuldar tipik qəhvəyi dağ-meşə, yuyulmuş qəhvəyi dağ-meşə torpaqları ilə yanaşı humusun miqdarının nisbətən azlığı ilə fərqlənən tipik və karboatlı çəmən qəhvəyi torpaqlar da yayılıb. Tipik qəhvəyi dağ meşə torpaqlarında humusun miqdarı 5,4-6,4% təşkil edir (1). Lakin bu göstərici 7-8% olmalıdır. Yuyulmuş qəhvəyi dağ meşə torpaqlarında bu göstərici 4,78-7,93% olmalıdır (3). Lakin arid seyrək meşə və kol landşaftının yayıldığı bu torpaq tipində humusun göstəricisi 4,7-7,3% təşkil edir (1). Əkinlər altında istifadə olunan torpaqlarda məhsuldarlıq 17 s/ha təşkil edir (6).

Bozqır yaylada ardıc nisbətən meylli yamaclarda yayılıb. Tədqiqat ərazisi daxilində ardıcır tirələrin şimal yamaclarında rast gəlinir. Cənub yamaclar əksər hallarda çıarpaqdır. Bitki örtüyü torpağı bərkidir, eroziyanın qarşısını alır. Bu səbəbdən cənub yamaclarda eroziya intensiv gedir. Bedlənd sahələr geniş yayılır. Ardıc saqqızıağacla birlikdə geniş meşə kolluqlar yaradır. Bu landşaft tipinin digər bitki növləri badam, yabanı nar kolları və b.-dır (6).

Nəticə. Tədqiqat ərazisi daxilində arid seyrək meşə və kol landşaftının ArcGis programınada təhlili zamanı müəyyən olunub ki, bu landşaft kompleksinin ümumi ərazisinin 9%-i (28 km^2) mənimsənilməyib. Əksər ərazilər ($78\%-239 \text{ km}^2$) zəif və orta dərəcədə mənimsənilib. Lakin daha çox əkinçilikdə istifadə olunan 13% (40 km^2) ərazi intensiv mənimsənilib. Bu landşaft tipi əsasən olaq və biçənəklər kimi, həmçinin əkin sahələri kimi istifadə edilir. ArcGis programında aerokosmik şəkillərin təhlili zamanı müəyyən edilib ki, əkinlərin sahəsi 42 km^2 , olaq və biçənəklərin sahəsi 69 km^2 , meşələrin sahəsi isə 46 km^2 -dir.

Əvvəllər meşə landşaftı olan bu tip hazırda meşə və kollarla əvəz olunur. Otarma normalarına əməl olunmur. Olaq sahələrində əkinlərin sahəsi getdikcə artır. Ovlaqlarda əkinin norması 3 dəfə artıqdır. Belə ki, əkin olaq sahələrinin ancaq 3%-də aparıla bilər, lakin tədqiqat ərazisində bu göstərici 9% təşkil edir. Həmçinin hər hektara düşən mal-qaranın sayı da normaya (5-6 baş) müvafiq gəlmir. Bunun qarşısını almaq üçün müvafiq tədbirlər görülməlidir. Əkin sahələrindən istifadə zamanı torpağa mineral gübrələrin verilməsi məhsuldarlığı artırısa da, torpağın dincə qoyulmaması humusun miqdarını azaldır, torpaqda deqredasiyani gücləndirir.

REFERENCE

1. Babayev M.P., Həsənov V.H., Cəfərova Ç.M., Hüseynova S.M. Azərbaycan torpaqlarının morfogenetik diaqnostikası, nomenkulaturası və təsnifatı. - Bakı, 2011. – 500 s.
2. İsmayılov M.C, Məmmədbəyov E.Ş, Yunusov M.İ, Amanova Ş.S. Acınohur öndağlığının landşaft-ekoloji müxtəlifliyi və onun qorunması. Qloballaşma və Coğrafiya. – Bakı, 2012. – s. 289-295
3. Məmmədov Q.Ş. Torpaqşunaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları. – Bakı, 2007. - 383 s.
4. Məmmədov Q.Ş, Xəlilov M. Azərbaycanın meşələri. – Bakı, 2002. – 366 s.
5. Jarullaev A. Sh. Geoekologicheskaja ocenka erodirovannyh pochv zimnih pastbishh Azerbaijana (Adjinourskogo massiva). – Baku, 2015. –132 s.
Джаруллаев А. Ш. Геоэкологическая оценка эродированных почв зимних пастбищ Азербайджана (Аджиноурского массива). – Баку, 2015. – 132 с.
6. <http://www.stat.gov.az>

АНТРОПОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ АРИДНО-ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Ш.С. АМАНОВА

В статье проанализирована антропогенная трансформация геосистем аридных редких лесов и кустарников Аджиноурского предгорья и прилегающих к нему участков с помощью географической информационной системы программы ArcGis. Определена степень антропогенизации природных ландшафтов путем процентной оценки антропогенных модификаций (посадки, сады, пастбища, луга, поселки, дороги) внутри природных ландшафтов.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, аридно-лесные ландшафты, антропогенная модификация.

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF LANDSCAPES OF ARID FORESTS

Sh.S. AMANOVA

The article analyzes the anthropogenic transformation of ecosystems of rare woods and bushes in Ajynour foothills and the surrounding areas with the help of geographic information systems the ArcGis program. The anthropogenic degree of natural landscapes is estimated by the percentage of anthropogenic modifications (planting, gardens, pastures, meadows, villages, roads) inside the natural landscape.

Key words: anthropogenic transformation, landscape of arid forest, anthropogenic modification.

AZƏRBAYCANDA ƏRZAQ TƏHLÜKƏSİZLİYİ SƏVIYYƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ ÖZÜNÜTƏMINETMƏ STRATEGİYASININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

B.H. ƏLİYEV, E.R. ATABABAYEV

Məqalədə ərzaq təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsində qidalanma problematikasında şəhərlə kənd yerləri arasında fərqli mövcudluğunu nəzərə almaqla şəhəryani kənd təsərrüfatının (*urban farming*) inkişafı məsələsi araşdırılır, aqrar sektora aid xərclərin Meyillilik indeksi ilə ölçülməsi, yerli istehsal xərclərinin kəskin artması, qiymətləndirmənin obyektiv meyarlara yaxın olması üçün itkilər əmsalının nəzərə alınması təklif olunur. Bir integrallı meyar kimi qida təhlükəsizlik indeksinin geniş tətbiqi təklif edilir.

Açar sözlər: ərzaq təhlükəsizliyi, ərzaq balansları, etibarlı ərzaq təminati, təmin etmə səviyyəsi, ərzaq istehlak normaları, özünütəminetmə strategiyası.

Giriş. Dünya ərzaq bazarlarında müşahidə olunan qeyri-sabitlik Azərbaycanda da ərzaq məhsullarının qiymətinə öz təsirini göstərir. Mövcud vəziyyət daxili ərzaq bazarının idxaldan asılılığının maksimum azaldılması və ərzaq ehtiyatlarının yaradılması məsələsinə kompleks yanaşma tələb edir [1].

Tanınmış mütəxəssislər inkişaf etməkdə olan ölkələrdə ərzaq qiymətləri dəyişkənliliyinin iki mənbəyini fərqləndirirlər: dünya bazarlarından idxal edilən dəyişkənlilik və daxili səbəblərdən qaynaqlanan dəyişkənlilik [2]. Eyni zamanda göstərilir ki, inkişaf etməkdə olan ölkələrdə daxili bazarda müşahidə olunan qiymət dəyişkənliliyinin əsas mənbəyi məhz daxili səbəblədir. BMT-nin Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı Təşkilatının (*FAO – ing*) tövsiyyələrinə əsasən, əgər istehlak olunan ərzağın 50%-dən çoxu idxal hesabına həyata keçirilirsə, bu həmin ölkə üçün kritik həddi keçməklə iqtisadi təhlükəli hal hesab olunur.

FAO-nin son təhlilləri göstərir ki, dünya üzrə acliq səviyyəsinin aşağı düşmə prosesi davam edir: bu arada xroniki kifayət qədər qidalanmayan insanların miqdarı 2012-2014 illər arasında 805 million nəfər qalır və bu rəqəm son on il ərzində bu göstəricinin 100 million nəfər azalması deməkdir [3]. Başqa sözlərlə, əgər on il bundan əvvəl dünya əhalisinin 18,7 % qida baxımından əziyyət çəkirdisə, bu gün bu rəqəm 11,3 % -ə enmişdir.

Ərzaq təminatı məsələsinin çərçivəsini müəyyənləşdirən əsas dövlət sənədləri aşağıdakılardır:

- 2008-2015-ci illərdə Azərbaycan Respublikasında yoxsulluğun azaldılması və davamlı inkişaf Dövlət Programı (15 sentyabr 2008);
- 2008-2015-ci illərdə Azərbaycan Respublikasında əhalinin ərzaq məhsulları ilə etibarlı təminatına dair Dövlət programı (25 avqust 2008);
- "Azərbaycan - 2020: gələcəyə baxış" inkişaf konsepsiyası.

Dövlət Programının (Ərzaq) 2015-ci il üçün aqrar sektora aid icra meyarlarını təşkil edən hədəf göstəriciləri aşağıdakılardır:

- dənli bitkilərin əkin sahələrini 900 min hektara, məhsuldarlığı 32 s/ha-ya, ümumi istehsalı 2,8 milyon tona;
- ət istehsalını 340 min tona, süd və süd məhsullarının istehsalını 2,4 milyon tona;
- sənaye üsulu ilə illik quş əti istehsalını 80 min tona, yumurta istehsalını 1,3 milyard ədədə;
- kartof istehsalının həcmini 1,12 milyon tona;
- tərəvəz və bostan bitkilərinin istehsalını 1,72 milyon tona;
- meyvə istehsalını 800 min tona;
- yağılı bitkilərin əkin sahələrini 135 min hektara;
- şəkər çuğundurunun əkin sahəsini 20 min hektara;
- çay yarpağı istehsalını 3 min tona;
- yem bitkilərinin əkin sahələrini 500 min hektara;
- yüksək keyfiyyətli, balanslaşdırılmış qarışq yem istehsalını ildə 2 milyon tona çatdırmaq.

Məsələnin aktuallığı. Əhalinin etibarlı ərzaq təminatının başlıca şərtlərindən biri makroiqtisadi sabitliyə əsaslanan davamlı inkişafın əldə olunması və əhalinin gəlirlərinin fizioloji normalara əsaslanan tələbatının ödənilməsini təmin etməsidir [1].

Ümumilikdə, ərzaq təminatı problematikasının metodoloji əsasını Ərzaq balansları veriləri təşkil edir. Azərbaycan Respublikasının Nazirlər Kabinetinin 2009-cu il 20 noyabr tarixli, 181 nömrəli Qərarı ilə Ərzaq balanslarının tərtib edilməsi qaydaları təsdiq edilmiş və onların işlənməsi Dövlət Statistika Komitəsinə həvalə edilmişdir [4].

Eyni zamanda nəzərdə saxlamaq lazımdır ki, ərzaq təminatı istehlak səbətini təşkil edən üç komponentdən biridir (Yaşayış minimumu haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu).

Həmçinin qeyd olunmalıdır ki, yoxsulluq konsepsiyası ərzaq təminatı daxil olmaqla bir çox elementi əhatə edir. Ən son məlumatlara əsasən, Milli Məclisin sosial siyaset üzrə Komitəsi 2015-ci il üçün yaşayış minimum həddini 131 AZN səviyyəsində (1 ABŞ dollarının məzənnəsi 1,28 AZN bərabərdir), ehtiyac meyarının həddini 105 AZN səviyyəsində müzakirə üçün təklif etmişdir [5].

İstifadə olunan düsturlar^{*}:

İdxaldan asılılıq əmsali (Import dependency ratio (İDR) aşağıdakı düsturla hesablanır [6] ^{**}:

$$\Omega_{\text{IDR}} = \dot{I} / (P + \dot{I} - E) \times 100$$

Özünü təminetmə əmsali (Self-sufficiency ratio (SSR)) aşağıdakı düsturla hesablanır [6]:

$$\Psi_{\text{SSR}} = P / (P + \dot{I} - E) \times 100$$

Mövcud normativlər:

Cədvəl 1.

Minimum istehlak səbəti üzrə əsas növ ərzaq məhsullarının istehlak normaları

(Orta hesabla adambaşına bir ildə, kq)

	Uşaqlar	Əmək qabiliyyətli	Yaşlılar	Orta hesabla bütün əhalinin hər nəfəri üçün*
Əhalinin xüsusi çəkisi, faiz*	23.8	66.9	9.3	100.0
Çörək və çörək məhsulları (una çevirməklə)	98.0	150.0	109.0	133.8
Kartof	40.2	46.7	36.5	44.2
Tərəvəz və bostan məhsulları	101.2	95.7	85.5	96.1
Meyvə və giləmeyvə	76.0	38.0	38.0	47.0
Ət və et məhsulları	25.0	30.0	19.2	27.8
Süd və süd məhsulları (südə çevirməklə)	247.5	193.6	223.1	209.2
Balıq və balıq məhsulları	5.0	5.0	5.0	5.0
Yumurta (ədəd)	169.0	135.0	91.0	139.0
Şəkər və qənnadı məmulatları (şəkərə çevirməklə)	19.5	16.3	14.6	16.9
Bitki yağları, marqarin və digər piylər	8.3	11.0	7.9	10.1
Mal-qara yağı	6.0	8.0	5.5	7.3
Digər məhsullar (çay, duz)	3.3	3.6	2.8	3.5

Beynəlxalq təşkilatlar tərəfindən Azərbaycanda ərzaq təhlükəsizliyini qiymətləndirməsi.

Qida təhlükəsizliyi nöqteyi-nəzərdən FAO Azərbaycan üçün aşağıdakı indikatorları verir:

* Burada müəllif metodoloji məhdudiyyətlərə və ərzaq balansları formatlarına toxunmur

** Ω_{IDR} – idxaldan asılılıq əmsali, Ψ_{SSR} – özünütəminetmə əmsali, P – istehsal həcmi, \dot{I} – idxal həcmi, E – ixrac həcmi.

kifayət qədər qidalanmayan əhalinin hissəsi $< 5\%$, qida enerjisi ilə təmin olunma səviyyəsi – 129 %, içməli su ilə təmin olunma səviyyəsi – 80 %, qida ixracından asılılıq səviyyəsi – 37,8 %.

Azərbaycanda ərzaq təhlükəsizliyinin coğrafi və texnoloji xarakterli məhdudlaşdırıcı faktorlarının dəyərləndirilməsində nəzərə alınmalıdır ki adambaşına 0,15 ha əkin sahəsi düşür, yerüstü su ehtiyatlarının yalnız 10 mlrd. kub metri (və yaxud 30 %) ölkənin öz ərazisində formalaşır.

Cədvəl 2.
Ərzaq məhsullar ilə özünü təmin etmə səviyyəsi, %.

Nö	Məhsulun adı	2012 il
1	Ət və ət məhsulları	92
2	Yumurta	96
3	Bitki yaqları	70
4	Kərə yağı	50
5	Süd və süd məhsulları	73
6	Taxıl	65
7	Kartof	100
8	Tərəvəz	99

Azərbaycanda ərzaq təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsinə toxunmazdan əvvəl kənd təsərrüfatı sektorunun əsas ərzaq istehsalçı kimi qalmasını nəzərə alaraq bəzi statistik tendensiyaları göstərmək yerinə düşərdi. Belə ki, əhalinin 46,4 % kənd əhalisi olaraq, 2000-2011 illər ərzində əhalinin ümumi artımı 1,6 % olan halda, kənd əhalisinin artımı 0,8 % təşkil etmişdir [7]. Və əgər aqrar sektor ümumi məşğulluğun 38,2 % formalaşdırırsa, bu rəqəm qadınlar arasında 44,5 %, kişilər arasında 32,3 % təşkil edir. Məşğulluq mövzusuna toxunarkən, burada BMT-nin Sosial İnkışafın Tədqiqatı Mərkəzinin alımlarının bir fikrini göstərməkdə maraqlıdır. Mütəxəssislərin fikrincə, məşğulluq dəyər zəncirində əldə edilən dəyərin bərabər paylanması kanalı kimi sosial təbəqələşmə trendinin qarşısını ala biləcək bir vasitədir [8].

BMT-nin Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı təşkilatı (FAO UN) Azərbaycana aid aşağıdakı rəqəmləri verir [9]:

- Adambaşına gündəlik qida enerjisi təminatı – 3149 kkal/ad.b./gün (2012-2014 illər)
- Qida enerjisi ilə təmin olunma səviyyəsi – 131 (2012-2014 illər)
- Adambaşına illik istehsal olunan ərzaqın dəyəri - 256 \$ (2010-2012 illər)
- Nişasta tərkibli qidanın xüsusi çəkisi - 63 % (2009-2011 illər)
- Proteinlə təmin olunma səviyyəsi - 88 qr/ad.b./gün (2009-2011 illər)
- Heyvan mənşəli proteinlə təmin olunma səviyyəsi – 28 qr/ad.b./gün (2009-2011 illər)

Britaniyanın "The Economist Intelligence Unit" araştırma mərkəzi ərzaq təhlükəsizliyi reytinqi tərtib edib. Azərbaycan 109 ölkə arasında 62-ci yerdədir. Reyting ərzaq bolluğu, insanların yüksək gəlirləri, başqa mal və məhsullarla müqayisədə ərzağa daha az pul xərclənməsi, kənd təsərrüfatı sahəsində elmi-tədqiqat və inkişafa böyük sərmayə yatırılması meyarlarına əsaslanır.

Azərbaycanda adambaşına 6207 manatlıq (7913 dollarlıq), alıcılıq qabiliyyəti paritetinə görə isə Beynəlxalq Valyuta Fonduñun hesablamalarına əsasən 11 min, Dünya Bankının hesablamalarına görə isə 16 min dollardan artıq ÜDM istehsal olunmaqla dünyanın 181 ölkəsi arasında 66-cı yeri tuturuq, MDB-də isə Rusiya və Qazaxıstandan sonra üçüncüyük.

Enerji (kaloriya) baxımından təmin olunmasına baxmayaraq, FAO-nun ekspertləri Azərbaycanın ərzaq təhlükəsizliyi məsələsində müəyyən həllini tapmamış aspektlərlə bağlı narahatlıqlarını bildirirlər. Belə ki, 5 yaşına qədər uşaqlarda inkişafda geriləmə səviyyəsi (25 %) xəbərdarlıq səviyyəsindədir [10]. Eyni zamanda ölkəmizin əhalisinin qida enerji mənbəsinin 63 %-ni nişasta tərkibli qidalardan təşkil edir [10]. Və bu tərz qidalanmanın nəticəsi olaraq əhalinin 56 % -nin çəkisi normadan artıq və yaxud piylənməyə məruzdur. Ümumiyyətlə, təşkilat mütəxəssisləri əhalinin ərzaq təhlükəsizliyindən xaric qalmasının vacib səbəblərindən yoxsulluğu görür [11].

Bu baxımdan Oksford Universiteti alımlarının tədqiqatları maraq kəsb edir. Oksford Yoxsulluq və İnsan İnkişafi Təşəbbüsü (Oxford Poverty and Human Development Initiative, 2014) çərçivəsində Qlobal Çoxölçülü Yoxsulluq İndeksi tətbiq edir. Ölkə (Azərbaycan) profiline nəzər salanda, görürük ki, ölkə üzrə yoxsulluq səviyyəsinin göstəricisində qidalanmanın payı 22 % təşkil edir, lakin bu göstərici şəhərlərdə 29,2 %, kənd yerlərində isə 19,7 % təşkil edir [12].

Dünya Ərzaq və kənd təsərrüfatı təşkilatının (FAO) hər il dərc etdiyi ərzaq və kənd təsərrüfatına aid vəziyyət haqqında hesabatında (The state of food and agriculture) müqayisə apardığı indikatorlar arasında hökumətin aqrar sektora aid xərcləri əsasında bu sektorda məşğul olan hər işçiyə düşən xərclərin payı (Government expenditures per agricultural worker –ing.) və xərclərin dinamikasını eks etdirən Kənd təsərrüfatına meyillilik indeksi (Agricultural Orientation Index –ing) kimi göstəricilər öz eksini tapır [13]. Hesab edirik ki, gələcəkdə Azərbaycana da aid belə göstəricilərin dərc edilməsi sektora aid səlahiyyətli orqanlar və potensial investorlar üçün işgüzər alət ola bilər.

Ümumilikdə, qidalanma nöqtəyi-nəzərdən ölkəmizin göstəricilərini təsnifatlaşdıraraq, FAO-nun metodologiyası Azərbaycanı kifayət qədər qidalanmayan amilləri mövcud olan, qidada mikroelementlərin çatışmaması və nisbətən aşağı səviyyədə artıq çəkililik faktorun mövcud olan ölkələr qrupuna daxil edir [14].

Etibarlı ərzaq təminatının yerli istehsal hesabına ödənilməsinin perspektivləri.

Yerli istehsal hesabına etibarlı ərzaq təminatında əsas iqtisadı kriteriya kimi onu qəbul etmək olar ki, bu gün Azərbaycanda aqrar-sənaye kompleksinin 270 sayda məhsul üzrə məhsullararası balansı tərtib edilmiş, rəqabətqabiliyyətliliyin üstünlüğünün qiymətləndirilməsi modeli yaradılmışdır. Model üzrə aparılmış hesablamalar göstərir ki, respublikamızın həm

bitkiçilik, həm də heyvandarlıq məhsullarının əksəriyyəti beynəlxalq rəqabət üstünlüğünə malikdir [15].

Tədqiqatlar göstərilir ki, aqrar sahədə islahatların ikinci mərhələsinin dərinləşdirmək-lə, hər il kənd təsərrüfatına 500 milyon manat, torpaqların şorlaşmadan, eroziyadan və digər mənfi meyllərdən təmizlənməsinə isə 200-250 milyon manat sərmayə qoymaqla, 5-6 il ərzində Azərbaycanda ötən ildəkindən 2 dəfə yüksək templə, yəni 8 faiz templə artan rəqabət qabiliyyətli kənd təsərrüfatı yaratmaq olar.

Burada kənd təsərrüfatına aid subsidiyalar haqqında bəzi açıqlamalar versək yerinə düşər.

Kənd təsərrüfatına aid subsidiyalar			
Məhsullara aid subsidiyalar		Qeyri-İstehsal subsidiyalar	
1	Bugda və düyü əkilmiş sahələrin hər hektar başına 40 AZN yardım	1	Aqrar istehsalçılara vergi azadlığı
2	Toxum alışına 50 % dövlət dotasıyası	2	Aqrar istehsalçılara yumşaldılmış kredit şərtləri
3	Mineral gübrələrin alınması üçün bugda istehsalçılara 70% subsidiya	3	İstehsalçılara yanacağın və motor yağının alışına 50 % endirim
4	Damazlıq mal-qara alımı üçün 50% endirim	4	Mineral gübrələrin alınması üçün 70 % endirim
5		5	İstehsalçılara güzəştli lizinq şərtləri ilə texnika satışı
6		6	Aqrar istehsalçılar üçün suvarma suyuna güzəştli qiymət

Sxemdə göstərilən məqamlara baxmayaraq, bu rəqəmlər inkişaf etmiş Qərb ölkələrindəki tətbiq olunan aqrar subsidiyalardan dəfələrlə azdır.

Eyni zamanda ölkə səviyyəsində etibarlı ərzaq təminatını reallaşdırmaq addımları sırasında təxminən 200.000 ha sahədə 50 yaxın iri taxılçılıq təsərrüfatının yaradılması haqqında sərəncamı müsbət qiymətləndirmək olar. Amma, burada ən əsas nəticə etibarilə olacaq amil – ekoloji tarazlığı saxlamaq qabiliyyəti ortaya çıxacaq. Ekoloji tarazlıq isə öz növbəsində dayanıqlı inkişaf konsepsiyasının tərkib hissəsidir. Bütövlükdə, istehsal sisteminin dayanıqlığının qiymətləndirilməsi üçün Əliyev-Atababayev düsturu əsasında hesablanan dayanıqlılıq indeksini istifadə etmək olar [16].

Özünütəminetmə strategiyasının xüsusiyyətləri: Lakin yerli istehsalla bağlı biz təhlükəli tendensiyanın şahidi oluruq. Bu tendensiyanın adı yerli istehsal xərclərinin kəskin artmasıdır.

*Cədvəl 3.***İstehsalın qiymət indeksi (dənlilər-süd)**

Ölkələr İllər (*)	2008		2009		2010	
	Dənli	Süd	Dənli	Süd	Dənli	Süd
Azərbaycan	185	160	175	175	182	207
Ermənistan	120	112	99	102	125	110
Gürcüstan	84	71	103	89	106	74
Türkiyə	156	124	140	125	143	143
Finlandiya	156	123	97	124	118	111
Çexiya	100	109	90	77	96	91

* 2004-2006 illər 100 % kimi götürülüb [17].

Kataloniya Universitetinin tədqiqatları [18] bu baxımdan maraqlı rəqəmlər təqdim edirlər. 2010-cu ildə taxıl istehsalında 1 ton məhsulun maya dəyəri 288 ABŞ dolları təşkil etmişdir ki, müvafiq rəqəmlər Rusiya istehsalçılarında 127 ABŞ dollarına, Ukraynada 136, Qazaxıstanda isə 148 dollara bərabər idi. Və həmin nəticə Azərbaycanda 25 million dollar hər hektar başı subsidialar və 64 million ABŞ dolları əlavə toxum və taxıl subsidiaları fonunda yer alır. Tədqiqatın müəllifləri 100 % özünü təmin etmə konsepsiyasının hədəf olmasına nəzərə alaraq, subsidiyalarda fərqli subsektorlara fərqli yanaşmanı daha səmərəli görürənlər. Fərqli yanaşma ondan irəli gəlir ki, taxılda 1 hektarın gəliri 237 dollarla dəyərləndirilir, 1 hektar kartof ortalama 2.543 dollar, tərəvəzlər 2.113, qarpız sahələri isə 1.450 ABŞ dollara kimi gəlir verə bilirlər [18].

Burada bir əlavə də etmək lazımdır. İstehsalat üzərində qurulmuş ərzaq təminatı hesablanmasında əsas məhsullar üçün qəbul olunmuş itkilər əmsalını nəzərə almaq. Məsələn meyvə-tərəvəz qrupu üçün təminat həddi itkilərin təşkil etdiyi 10-15 % artırılmalıdır [1].

İkinci bir əlavə ərzaq təminatı ilə bağlı risklərin idarə olunması məqsədi ilə yaradılan ehtiyat fondlarını (Dövlət taxıl Fondu) nəzərə alınmasıdır.

Nəzərə alınacaq üçüncü amil ondan ibarətdir ki etibarlı ərzaq təminatı tədbirlərinin reallaşdırıldığıda şəhərdə və kəndlərdə olan yanaşma fərqli olmalıdır. Bunu yoxsulluq dəyərləndirməsində qida komponentinin nisbi çəkisinin şəhərlə kənd göstəriciləri arasında mövcud olan kifayət qədər olan [12] fərq tələb edir. Praktiki olaraq bu o deməkdir ki, artıq Azərbaycanda şəhəryani kənd təsərrüfatının (*urban farming*- ing.) inkişaf zamanı çatmışdır.

Dördüncü xüsusiyyət onu eks etdirir ki, ərzaq təminatı proqramları ilə bağlı bütün tədbirlər Azərbaycan hökümətinin apardığı Dünya Ticarət Təşkilatına (*WTO* – ing) qəbul olunmaq haqqında danışqlar fonunda keçirilir. Və əgər, misal üçün, aqrar sektora aid ümumi istehsal həcmi 6,2 milliard \$ təşkil edərsə (Azərbaycanda 2012 ildə məhz bu rəqəm müşahidə

olunmuşdur), o zaman hökumətin toplam subsidiyalar həcmi 310 million \$ aşağı olmamalıdır [19].

Beşinci xüsusiyyət aşağı gəlirli ailələrin ərzaq təminatı məsələsinə fərqli yanaşmadan gedir. Misal olaraq, Beynəlxalq Əmək Təşkilatının (International Labour Organization – ing.) 2008-ci ilin Azərbaycana aid vergilərində 46 rayon üzrə apardığı müşahidələrdə alkoqolsuz içkilər və tütün məhsulları daxil olmaqla, ərzaq xərclərinin ailə-təsərrüfat xərclərində nisbi çəkisi 0,8 əmsalını üstələyir [20]. Bu o deməkdir ki, qiymətlər indeksinin kiçik belə tərəddüd etdiyi müddətdə normativ ərzaq təminatı təhlükə altına alınır.

Yerli istehsal hesabına təminat səviyyəsinin qaldırılmasında potensial amillər sırasında aşağıdakıları sadalamaq olardı:

- Suvarıla bilən ərazilərin sahəsi 3.200 min ha olduğu halda, reallıqda suvarma sistemləri ilə təchiz olunmuş ərazilərin sahəsi 1.433 ha təşkil edir [17].

- Gübrə istifadəsində hektar başına 10,4 kq (N + P) istifadə edərək, bu rəqəm qabaqcıl ölkələrlə müqayisədə xeyli aşağıdır (Türkiyədən 8 dəfə, Çexiyadan 8 dəfə, Finlandiyadan 10 azdır) [17].

- İdarəcilik nöqtəyi-nəzərdən aqrar sektor mürəkkəb sistem kimi təsnifatlandırılır. Belə sistemlərin dayanıqlığının artırılması üsullarından biri sistemin təminat bazasının genişlənməsidir. Torpaq islahatları aparmış Azərbaycan reallığında bu kooperasiya əlaqələrinin genişlənməsinin qaçırlılmaz olduğu deməkdir.

- Ərzaq təhlükəsizliyinin təminatı prosesində prioritetlərin düzgün müəyyənləşdirilməsi aqrar sektorun idarəsində ən təşkilatlanmış korporativ idarəci kimi çıxış edən hökumətin investisiya siyasetinin səmərəliliyinin təməl daşıdır. İdarəcilik modelinin qraf diaqramı əsasında tərtib edilmiş və tam matrisa vasitəsi ilə müəyyən edilmiş komponentin nisbi çəkisinin rəqəmsal hesablanması [21] idarəcilik prosesinin adekvat modelləşdirilməsində kifayət qədər səmərəli alət kimi dəyərləndirilə bilər.

Nəticə. Tədqiqatımızı yekunlaşdıraraq vurğulamaq istərdik ki, insanın təməl haqlarından biri olan müvafiq qida haqqına istiqamətlənmiş ərzaq təminatı məsələlərində artıq Azərbaycanda da ərzaq təhlükəsizliyinin ölçülməsində daha mütərəqqi olan və dörd komponentdən (normativ, çıxış, istifadə və davamiyyət) ibarət olan Qida təhlükəsizlik indeksinin [22] də geniş istifadə olunması zamanı gəlib çatmışdır.

Lakin müşahidə olunan mütəxəssislərin məhsullarımızın rəqabətdavamlılığı qənaəti və istehsalçı indeksinin kəskin artması ortaya bir iqtisadi ziddiyət qoyaraq, davamlı araşdırmaşın zərurətini aşqar edir. Dövlət Programında qoyulan hədəf rəqəmlər realdır. Təbii və iqlim şərtləri məhsuldar fəaliyyət üçün zəmin yaradır. FAO-nun 2050-ci ilə olan bölgə üçün proqnozları adambəşəna istehlakın kəskin dəyişməyəcəyini göstərir. Lakin əhali artımının göstəriciləri müvafiq sürətdə yerli istehsalın artmasını tələb edir.

REFERENCE

1. "2008-2015-ci illərdə Azərbaycan Respublikasında əhalinin ərzaq məhsulları ilə etibarlı təminatına dair DÖVLƏT PROQRAMI". Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2008-ci il 25 avqust tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmişdir. Bakı şəhəri, 25 avqust 2008-ci il № 3004. <http://www.e-qanun.az/>.
2. Committee on World Food Security, the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Price volatility and food security. Report N 1. Rome, 2011, 79 p.
3. The State of Food Insecurity in the World 2014. FAO. Rome, 2014. ISBN 978-92-5-108542-5.
4. **Əlisa Zeynallı.** Azərbaycanın Ərzaq balansları. Statistik məcmə. Azərbaycan Dövlət Statistika komitəsi. Bakı, 2012, 311 s.
5. Büdcə zərfindəki social səhifəyə dair qanun layihələri müzakirə olundu. Milli Məclisin Mətbuat xidməti. 07.11.2014. <http://www.meclis.gov.az/?/az/news/view/2739/>.
6. Food balance sheets. A handbook. FAO UN. Rome, 2001. <http://www.fao.org/docrep/003/X9892E/X9892E00.HTM>
7. FAO Statistical year book 2014. Europe and Central Asia food and agriculture. Budapest, 2014. ISSN 2306-1170.
8. Decent rural employment for food security: A case for action. FAO, Economic and Social Development Department. Rome, 2012, p.40. ISBN 978-92-5-107243-1.
9. FAO-Food Security Indicators. 15 October 2014 Release – Second release for 2014. Rome, 2014.
10. State of Food and Agriculture in the Region, Including Future Prospects and Emerging Issues. FAO. Regional Conference for Europe, 29 session. Agenda item 6, p.2 . Bucharest, Romania. 2-4 April 2014.
11. **Sedik, D., Kurbanova, G., G. Szentpali.** "The Status and Challenges of Food Security in Central Asia", FAO Regional Office for Europe and Central Asia. 2011. Background paper for the 3rd Central Asia Regional Risk Assessment Meeting in Astana, Kazakhstan.
12. Oxford Poverty and Human Development Initiative (OPHI) / OPHI Country briefing 2014: Azerbaijan, p.3. Global Multidimensional Poverty Index (MPI – Alkire Foster method). www.ophi.org.uk
13. FAO UN. The state of food and agriculture 2012. FAO, Rome, 2012, 165 s. ISBN 978-92-5-107317-9.
14. **Sara Cappacci, Mario Mazacchi** and others. The triple burden of malnutrition in Europe and Central Asia: a multivariate analysis. FAO regional offices for Europe and Central Asia. Policy Studies on Rural Transition N 2013-7. Rome, 2013, p. 7.
15. **Vaqif Bayramov.** Etibarlı ərzaq təminati Azərbaycanın iqtisadi sabitliyinin mühüm şərtidir. Xalq qəzeti. 04.08.2014. (www.xalqqazeti.com).
16. **Aliev B.G., Atababaev E.R.** Instrumentariy ocenki i prognozirovaniya ustoychivosti agroprodovolstvennyh sistem. // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy. Baku. Vol 5, N 1, 2013, Pp. 118-123
Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р. Инструментарий оценки и прогнозирования устойчивости агропродовольственных систем. // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy. Baku. Vol 5, № 1, 2013, Pp. 118-123
17. FAO Statistical year book 2014. Europe and Central Asia food and agriculture. Budapest, 2014, p.84, table 17. ISSN 2306-1170.
18. EC/FAO Program on information systems to improve food security decision making in the European Neighborhood Policy East Area. Policy Brief. Recommendations to reorient the agricultural subsidy policy so that it further contributes to growth, food security and poverty reduction. Azerbaijan 2013. (www.foodsec.org).

19. **Lars Brink.** Countries in the Commonwealth of Independent States: Agricultural policy issues in the context of the World Trade Organization. FAO, Rome, 2014. E- ISBN 978-92-5-108499-6 (PDF)
20. ILO. Source and Methods: Labor Statistics. Volume 1: Consumer Price Indices. Azerbaijan. <http://laborsta.ilo.org/apply8/data/SSM1/E/AZ.html>
21. **Aliev B.G., Atababaev E.R., Rzaev R.R.** Osobennosti algoritmov v modelah upravleniya agrarnym sektorom v Azerbajjane. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. Bakı. Cild 6, N 2, 2014, ss. 117-127.
Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р., Рзаев Р.Р. Особенности алгоритмов в моделях управления аграрным сектором в Азербайджане. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. Bakı. Cild 6, N 2, 2014, ss. 117-127.
22. **Piero Conforti.** New approach to measurement of food security. FAO, Statistics Division, 2013. www.fao.org/economic/ess

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИИ САМООБЕСПЕЧЕНИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Б.Г. АЛИЕВ, Э.Р. АТАБАБАЕВ

В статье рассматриваются проблемы развития пригородного сельского хозяйства, оценки затрат на нужды сельского хозяйства с помощью *индекса предрасположенности*, а также вопрос резкого роста уровня затрат на продукцию местного производства, принимая во внимание величины индекса потерь. В качестве интегрального критерия предлагается использовать Индекс безопасности питания.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, продовольственные балансы, надежное продовольственное обеспечение, уровень обеспечения, нормы продовольственного потребления, стратегия самообеспечения.

FOOD SECURITY ESTIMATION AND SELF-SUFFICIENCY STRATEGY FEATURES IN AZERBAIJAN

B.G. ALIYEV, E.R. ATABABAYEV

The article deals with the problem of suburban agriculture, estimates of the costs to agriculture by means of the predisposition of the index, as well as the question of a sharp rise in the level of the cost of local production, taking into account the magnitude of the loss index. As an integral criterion is proposed to use food security index.

Key words: food security, food balances, reliable food provision, provision level, food consumption norms, self-sufficiency strategy.

К 80-летнему юбилею академика Бориса Владимировича Гусева



Б.В. Гусев родился 13 мая 1936 года в рабочем поселке Шилово Рязанской области.

Окончил с отличием Тырновскую семилетнюю школу и 15-летним юношей поступил в Рязанский техникум железнодорожного транспорта, затем поступил в Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. Как отличник учебы был направлен по обмену студентами для завершения образования в Польшу – Варшавский политехнический институт, и в 1961 году получил степень магистра-инженера путей сообщения.

Трудовая деятельность Бориса Владимировича началась в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта в должности инженера, затем - главного инженера Отдела капитального строительства и лекционного ассистента. В 1964 году Гусев Б.В. поступил в аспирантуру Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта и через два года защитил кандидатскую диссертацию в области механики грунтов, оснований и фундаментов. Его работы получили признание на международных конференциях по механике скальных пород в Казахстане и Португалии.

В 1970 году Гусев Б.В. возглавил кафедру «Строительные материалы» Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. Борису Владимировичу пришлось начинать с нуля, создавая лабораторию и новый молодой коллектив исследователей. Исследовательскую работу начали проводить на Днепропетровском домостроительном комбинате (ДСК) по повышению качества изготовления железобетонных изделий для жилищного строительства, а также на заводе «Стройдеталь».

Работы на заводах сборного железобетона позволили организовать хоздоговорную научно-исследовательскую лабораторию «Технология бетона», где были развернуты научно-исследовательские работы по прочности бетона и процессам вибрационного уплотнения. Защищено патентами ряд новых явлений (ударно-вибрационные воздействия, управление процессом взаимодействия «бетонная смесь - виброорган» и другие).

Результаты исследований были опубликованы в ряде технических журналов Москвы и Киева. Это позволило авторскому коллективу под руководством Бориса Владимировича получить признание, начать издание трудов кафедры, работами над диссертациями сотрудникам лаборатории. Работы кафедры и лаборатории были отмечены наградами.

Гусева Б.В. пригласили на работу в «Главмоспромстройматериалы» (г. Москва). В 1973 году Гусев Б.В. был назначен заместителем директора по науке Конструкторско-технологического бюро (КТБ) «Мосоргстройматериалы».

В 1975 году принял участие в строительстве объектов Олимпиады-80 в г. Москве: комплекса спортивных и транспортных сооружений, олимпийской деревни и целого ряда других объектов, украшая облик Москвы новыми фасадами.

За эти работы в 1979 году работники Главмоспромстройматериалов с участием Гусева Б.В. были отмечены Государственной премией СССР «За разработку и внедрение новых методов изготовления сборных железобетонных изделий на предприятиях строительной индустрии г. Москвы», а в 1977 году Борис Владимирович защитил докторскую диссертацию по теме: «Теория и практика уплотнения бетонных смесей при низкочастотных режимах вибрации».

В конце 1980 года возглавил лабораторию «Совершенствование заводской технологии сборного железобетона» в научно-исследовательском институте Бетона и железобетона (НИИЖБ Госстроя СССР). Работа в НИИ бетона и железобетона была направлена на повышение технического уровня всей отрасли сборного железобетона Советского Союза.

В 1990 году Гусев Б.В. был избран Президентом инженерной академии СССР, а после распада СССР возглавил Российскую и Международную инженерные академии.

В 1994 году Гусев Б.В. был назначен генеральным директором Государственного научного центра (ГНЦ) «Строительство» в составе 3-х головных научно-исследовательских институтов (Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций, Научно-исследовательский институт Бетона и железобетона, Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений и Завода опытно-механического оборудования). Российская инженерная академия совместно с ГНЦ «Строительство» решала много научных и прикладных задач.

Б.В.Гусев - известный ученый и организатор науки, образования и просветительской деятельности. Является основателем научной школы, под его руководством защитились 10 докторов технических наук и 80 кандидатов наук в ряде стран мира. Автор более 700 научных статей, 38 книг на английском, грузинском, польском, русском, украинском языках и на других иностранных языках. Он крупный изобретатель, им получено более 130 патентов на изобретения.

Среди книг можно назвать: «Ударно-вибрационная технология уплотнения бетонных смесей», «Technologia formowania prefabrykatow betonowych» (Polska), «Развитие инженерного дела в Москве. Исторические очерки», «Формирование структуры композиционных материалов и их свойства», «Strength and durability of concrete as composite material (theory)», «Advanced technologies in precast concrete manufacture», «Перспективные технологии при производстве сборного железобетона» и многие другие.

Заслуги Гусева Б.В. отмечены Государственными премиями СССР и РФ, 4-мя премиями Правительства РФ, а также высокими государственными наградами Советского Союза, Армении, Казахстана, Российской Федерации, Украины, многими отраслевыми и общественными наградами РФ и других стран.

Решением Президиума Азербайджанской инженерной академии за огромный вклад в консолидацию инженерно-технического и научного сообщества стран СНГ академик Б.В. Гусев награжден Золотой медалью «Инженерная Доблесть».

Президиум Азербайджанской инженерной академии, коллектив журнала от всей души поздравляют академика Б.В. Гусева с 80-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья и творческих успехов в его многогранной деятельности!



Xronika

Bakı, 28 aprel, AZERTAC

Moskvada Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının 2011-2015-ci illərdə fəaliyyətinin yekunlarına dair ümumi yığıncaq keçirilib.

AZERTAC xəbər verir ki, Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının prezidenti akademik Boris Qusev 12 ölkədən Akademianın üzvü olan 623 nəfərin iştirak etdiyi yığıncaqda məruzə ilə çıxış edib.

Yığıncaq ərəfəsində "Инженерная газета" Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti akademik Arif Paşayevin "Ориентируясь на запросы практики" adlı geniş məqaləsini dərc edib. Qəzətin həmin nömrəsi yığıncaq iştirakçılara paylanılıb. Akademik A.Paşayevin məqaləsi tədbirin iştirakçıları tərəfindən yüksək qiymətləndirilib.

Ümumi yığıncağın işinə sədrlik tədbir iştiraklarının yekdil qərarı ilə Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının vitse-prezidenti akademik Əhəd Canəhmədova həvalə olunub. O, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının 2011-2015-ci illərdə fəaliyyətinin yekunlarına dair ətraflı məlumat verib.

Sonra Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının prezidentinin, vitse-prezidentinin, yeni həqiqi və müxbir üzvlərinin seçkisi olub.

Akademik Boris Qusev yenidən Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının prezidenti seçilib. Yığıncaq iştirakçıları vitse-prezident vəzifəsinə akademik Arif Paşayevin yenidən namizədliyini yekdilliklə dəstəkləyiblər. Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasına Azərbaycandan üç həqiqi və bir müxbir üzv seçilib.

Хроника

Баку, 28 апреля, АЗЕРТАДЖ

В Москве по итогам деятельности за 2011-2015 годы состоялось общее собрание Международной инженерной академии (МИА).

Как сообщает АЗЕРТАДЖ, президент Международной инженерной академии академик Борис Гусев выступил на собрании, в котором приняли участие 623 члена академии из 12 стран, с отчетным докладом.

Накануне собрания в «Инженерной газете» была опубликована большая статья президента Азербайджанской инженерной академии, академика Арифа Пашаева под названием «Ориентируясь на запросы практики». Этот номер газеты был распространен среди участников собрания. Статья академика А.Пашаева была высоко оценена участниками мероприятия.

Единогласным решением общего собрания председательствование собранием было возложено на вице-президента Азербайджанской инженерной академии академика Ахада Джанахмедова. Он подробно проинформировал об итогах деятельности Азербайджанской инженерной академии за 2011-2015 годы.

Затем состоялись выборы президента, вице-президента и новых действительных членов и членов-корреспондентов Международной инженерной академии.

Президентом Международной инженерной академии вновь был избран академик Борис Гусев. Участники собрания единогласно поддержали кандидатуру академика Арифа Пашаева на должность вице-президента.

От Азербайджана в Международную инженерную академию избраны 3 действительных члена и 1 член-корреспондент.

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

Jurnalın redaksiya heyəti jurnalın elmi istiqamətinə uyğun gələn, heç bir yerdə nəşr olunmayan, digər jurnallara verilməyən məqalələrin əlyazmalarına baxır.

Məqalə azərbaycan, rus və ya ingilis dillərində yazılı bilər və onun bir nüsxəsi redaksiyaya təqdim olunmaqla, aşağıdakılardı özündə eks etdirməlidir:

1. Məqalənin adı, müəlliflərin adı (3 dildə tərcüməsi), işin yerinə yetirildiyi müəssisənin ünvanı;
2. UDK kodu;
3. Annotasiya, 5 cümlədən çox olmayıraq (3 dildə tərcüməsi);
4. Açıq sözlər, 10 sözdən çox olmayıraq (3 dildə tərcüməsi);
5. Məqalənin mətni;
6. Ədəbiyyat siyahısı (mənbə haqqında tam məlumat);

7. Şəkilaltı yazılar və cədvəllər;

8. Müəlliflər haqqında məlumatlar (adı, 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 göndərilməlidir.

Əlyazmanın nəşri üçün müəlliflərdən ödəniş alınmır.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Редколлегия журнала рассматривает рукописи статей, которые соответствуют научному профилю журнала, нигде не опубликованы и не переданы в редакции других журналов.

В редакцию следует представить 1 экземпляр статьи на азербайджанском, русском или английском языке, который включает:

1. Название статьи, имена авторов (с переводом на три языка), адреса учреждений, где была выполнена работа;
2. Коды UDK;
3. Аннотацию, до 5 предложений (с переводом на три языка);
4. Ключевые слова, до 10 слов (с переводом на три языка);
5. Текст статьи;

6. Список литературы (с указанием полных сведений об источнике);

7. Подрисуночные подписи и надписи к таблицам.

8. Сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, e-mail) с указанием автора для переписки.

К рукописи необходимо приложить сопроводительное письмо с подписью руководителя учреждения.

С целью исключения опечатки при верстке статьи просьба прислать текст и рисунки в электронном виде в формате Word for Windows, шрифт Times New Roman.

Плата с авторов за публикацию рукописи не взымается.

ARTICLE FORMATTING RULES

The Editorial Board reviews manuscripts of potential articles matching the profile of scientific journal, never were published or submitted for review to other publications.

The Author/s should submit one copy of article in Azerbaijani, Russian or English, including next:

1. Title, authors' names (translated into three languages), address where the actual research was conducted;
2. UDK codes;
3. Annotations up to 5 sentences (translated into three languages);
4. Keywords, up to 10 words (translated into three languages);

5. Article full text;

6. References (with full information about sources);

7. Captions to figures and tables;

8. Informations about authors (surname, first name, academic degree, academic rank, position, phone, e-mail) with correspondence detail.

It is necessary to include a cover letter with a signature of head of institution.

In order to avoid typographical errors in a layout article, please send text and pictures electronical Word format, and Times New Roman font.

No fees charged for the manuscript publication.

**Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ**

**HERALD
of the Azerbaijan Engineering Academy**

**ВЕСТНИК
Азербайджанской Инженерной Академии**

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

Cild 8. № 2
Vol. 8. № 2
Том 8. № 2

BAKİ – 2016

İnformasiya şöbəsinin müdürü
N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdürü
A.M. Dənzliyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və
“A P O S T R O F F” mətbəəsində
ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.
(akif0706@mail.ru / 050-313-07-06)

*Çapa imzalanmış 10.06.2016,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli, f.q.v. 17,5
Tirajı 1310 ad.*