



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 6. № 1
Vol. 6. № 1
Том 6. № 1

BAKİ – 2014

**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

Məsul redaktor – müxbir üzv H.F. Mirələmov

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**

REDAKSİYA ŞURASI:

akademik **B.V. Qusev** (Rusiya), prof. **N. Antoneski** (Rumınıya), prof. **S. Sureş** (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** (Yunanıstan), akademik **N.K. Mışkin**

(Belarusiya), prof. **Nejdet Sağlam** (Türkiyə), prof. **S. Putko** (Polşa), akademik **A.İ. Vasilyev** (Ukrayna)

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

A.M. PASHAYEV – CHIEF EDITOR, ACADEMICIAN

A.Sh. Mehtiyyev, academician – deputy editor

A.Kh. Janahmadov, academician – deputy editor

H.F. Miralamov, member of correspondent-managing editor

EDITORIAL BOARD:

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

N.H. Javadov, academician, **B.H. Aliyev**, academician, **J.J. Asgarov**, academician,

A.Z. Quliyev, academician, **Q.A. Mamedov**, academician, **G.H. Mamadova**, academician,

I.R. Sadigov, academician, **N.A. Aliyev**, member of correspondent

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

B.V. Gusev, academician (Russia), **N. Antonesku**, professor (Romania), **S. Suresh**, professor (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),

S. Pytko, professor (Poland), **A.I. Vasilyev**, academician (Ukraine)

ТƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası” ictimai birliyi.

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

Jurnalda abunə “Azərpoçt” ASC-nin poçt bölmələrində yazılımaq olar.

Abunə il boyu davam edir.

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvani: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,

Bakı şəhəri, K.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
MURACİƏT EDƏ BİLƏRSİNİZ

FOUNDER:

Public union “Azerbaijan Engineering Academy”

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 edication for publication of result of candidate and doctoral thesis by the supreme Attestation Commission Attached to the President of the Republic of Azerbaijan.

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».

Издается с ноября 2009 года.

Выходит 4 раза в год.

Официально зарегистрирован
Министерством Юстиции Азербайджанской Республики. № регистрация: 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 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

ISSN 2076-0515

© Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası, 2014

© Azerbaijan Engineering Academy, 2014

© Азербайджанская Инженерная Академия, 2014

M Ü N D Ə R İ C A T

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

Pashayev A.M., Canəhmədov Ə.X., Volçenko A.İ., Volçenko D.A., Cavadov M.Y., Volçenko M.A., Canəhmədov E.Ə.	
Elektrotermomexaniki sürtünmə zamanı metalpolimer cütlərin işçi qatlarında proses, təzahür və effektərin dəyişmə qanunauyğunluqlarının xarakteristikaları	7
Gözəlov S.K., Dişin O.A.	
Hədəf funksiyaları haqqında bir apriori informasiya kiçik bir məbləğ ilə multikriteria nəqliyyat probleminin həllinə genetik yanaşma	25
Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V.A.	
Ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların məsul detallarının yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarının analizi və qiymətləndirilməsi	41

E n e r g e t i k a

Pirverdiyev E.S.	
Azərbaycanda alternativ və bərpaolunan enerji mənbələrindən istifadənin vəziyyəti və perspektivləri	47

E k o l o g i y a

Mehdiyev A.Ş., Əzizov B.M., Mehdiyev C.S.	
Bitki örtüyünün spektral xarakteristikalarının diffuz-polyarlaşmasının dəyişməsi haqqında	53

A v i a s i y a

Paşayev A.M., İsgəndərov İ.Ə., Hüseynov V.S.	
Uçuş aparatlarının elektrik sistemlərinin xüsusiyyətləri və onların işçi parametrlərinə nəzarətin problemləri	59
Cəfərzadə R.M., Cəfərzadə T.R.	
Uçuşların təhlükəsizliyinin ehtimalla dəyərləndirilməsi və təminatlı təhlükəsizliyinin problemləri	67

C i h a z q a y i r m a

Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., Ağayev N.B., Sultanov V.Z., Babayev H.B.	
4D mühitində radiosignalın riyazi modelinin qurulması problemlərinin sistemli təhlili ..	79
Cavadov N.H., Mehtiyev Ə.M.	
Turbinli saygacın kalibrlaşmə əmsalının və xəta əyrisinin tədqiqi	89

N e f t v e q a z

İskəndərov D.Ə., Bağırov Ə.N.	
Neft-mədən kompressor qurğularının flikker-səs spektroskopiya əsasında rejim parametrlərinin tədqiqi	96

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

Hüseynova E.Ə., Əcəmov K.Y.	
İzopropil spiritinin çevrilməsi reaksiyasında səthi nikel birləşmələrinin elektron xassələri	113

Akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayevin yubileyinə 120

Cənəhmədov Ə.X. Həqiqətin fəlsəfəsi..... 123

Xronika..... 127

C O N T E N T S

Mechanics and mechanical engineering

**Pashayev A.M., Janahmadov A.Kh., Volchenko A.I., Volchenko D.A.,
Javadov M.Y., Volchenko N.A., Janahmadov E.A.**

The characteristic analysis of changes in the processes, phenomena and effects within working layers of metal polymer pairs during electro-thermo-mechanical friction..... 7

Gezalov S.K., Dyshin O.A.

Genetic approach to the solving of the multicriteria transportation problems with a small amount of apriori information based on the objective functions..... 25

Gafarov A.M., Suleymanov P.H., Gafarov V.A.

The performance analysis and evaluation of the wear resistance characteristics of the machinery critical parts working in extreme conditions..... 41

Energetics

Pirverdiyev E.S.

The current status and prospects on renewable and alternative energy sources in Azerbaijan..... 47

Ecology

Mekhtiev A.Sh., Azizov B.M., Mekhtiev J.S.

The effect of changes in the diffuse polarization on the spectral characteristics of vegetation 53

Aviation

Pashayev A.M., Isgandarov I.A., Huseynov V.S.

Features of the aircraft electrical systems and the operation parameters problems management..... 59

Jafarzade R.M., Jafarzade T.R

The safety probability assessment and the guaranteed security problems..... 67

Instrumentation

Pashayev A.M., Nabihev R.N., Aghaev N.B., Sultanov V.Z., Babayev H.B.

The mathematical analysis of the radio signal modelling problems in 4d environment 79

Javadov N.G., Mehtiyev A.M.

Examining methods of the calibration coefficient and the error curve of the turbine flow meter 89

Oil and gas

Iskenderov D.A., Bagirov A.N.

The regime parameters study of oilfield compressor units based on the flicker-noise methodology 96

Chemical technology

Guseynova E.A., Adzhamov K.Yu.

Electronic properties of the nickel surface compounds in the conversion of isopropyl alcohol..... 113

To birthday of the academician Arif Mir Jalal oglu Pashayev 120

Janahmadov A.Kh. Philosophy of truth 123

Chronicle 127

С О Д Е Р Ж А И Е

Механика и машиностроение

Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Джавадов М.Я., Вольченко Н.А., Джанахмедов Э.А.	
Закономерности изменения характеристик процессов, явлений и эффектов в рабочих слоях металлополимерных пар при электротермомеханическом трении.....	7
Гезалов С.К., Дышин О.А.	
Генетический подход к решению многокритериальных транспортных задач с малым объемом априорной информации относительно целевых функций	25
Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.	
Анализ и оценка износостойкостных характеристик ответственных деталей машин, работающих в экстремальных условиях.....	41

Энергетика

Пирвердиев Э.С.	
Состояние и перспективы использования альтернативных и возобновляемых источников энергии в Азербайджане	47

Экология

Мехтиев А.Ш., Азизов Б.М., Мехтиев Д.С.	
О влиянии изменения диффузной поляризации на спектральные характеристики растительного покрова	53

Авиация

Пашаев А.М., Искендеров И.А., Гусейнов В.С.	
Особенности электрических систем летательных аппаратов и проблемы контроля их рабочих параметров	59
Джафарзаде Р.М., Джаджарзаде Т.Р.	
Вероятностная оценка безопасности полетов и проблема гарантированной безопасности	67

Приборостроение

Пашаев А.М., Набиев Р.Н., Агаев Н.Б., Султанов В.З., Бабаев Г.Б.	
Системный анализ проблем построения математической модели радиосигнала в 4D среде	79
Джавадов Н.Г., Мехтиев А.М.	
Методика исследования коэффициента калибровки и кривой погрешности турбинного расходомера	89

Нефть и газ

Искендеров Д.А., Багиров А.Н.	
Исследование режимных параметров нефтепромысловых компрессорных установок на основе метода фликкер-шумовой спектроскопии	96

Нефтехимические технологии

Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю.	
Электронные свойства поверхностных соединений никеля в реакциях превращения изопропилового спирта	113

Юбилейная дата К 80-летию академика А.М. Пашаева	120
Джанахмедов А.Х. Философия истины	123
Хроника	127

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ, ЯВЛЕНИЙ И ЭФФЕКТОВ В РАБОЧИХ СЛОЯХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ ТРЕНИИ

А.М. ПАШАЕВ, А.Х. ДЖАНАХМЕДОВ, А.И. ВОЛЬЧЕНКО*, Д.А. ВОЛЬЧЕНКО*,
М.Я. ДЖАВАДОВ, Н.А. ВОЛЬЧЕНКО**, Э.А. ДЖАНАХМЕДОВ

Проиллюстрирована волновая природа закономерностей изменения внешних и внутренних характеристик металлополимерных пар при электротермомеханическом трении.

Ключевые слова: характеристики, процессы, явления и эффекты, поля взаимодействия: механические, электрические, тепловые, электромагнитные, химические.

Введение. Механотепловое взаимодействие микровыступов металлополимерных пар трения носит импульсный характер. В результате пластической деформации пятен контактов на них генерируется одновременно электрический и тепловой токи (соблюдается принцип суперпозиции); быстрое нагревание (импульсное) и охлаждение (длительное) при соблюдении принципа суперпозиции («генерирование-сток теплоты») приводят к структурным и фазовым превращениям пары «металл-полимер» в контактной зоне. Процессы нагревания и охлаждения, закалки и отпуска в этом случае носят апериодический характер. Все это в присутствии большой контурной удельной нагрузки способствует дроблению вторичных структур и в конечном счете разрушает рабочий слой металла и преждевременно выводит из строя рабочую поверхность полимерной накладки. Аналогичным образом можно рассматривать следующие взаимодействия: механоэлектрическое; -электромагнитное и -химическое.

В реальных условиях микровыступы металлополимерных пар трения тормозных устройств подвергаются следующим электрическим и тепловым токам: импульсное нагревание и медленное охлаждение; нагревание и охлаждение с большим темпом; медленное нагревание и интенсивное охлаждение; нагревание и охлаждение с малым темпом.

* Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

** Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

Кроме того, боковые поверхности микровыступов металлополимерных пар трения омываются токами сред, а также подвержены химическому воздействию как при замкнутом так и разомкнутом их состоянии.

Экспериментальные данные, касающиеся предлагаемого материала, нашли отражение в многочисленных публикациях школы А.Х. Джанахмедова и А.И. Вольченко, а также в работах [1-14] многих советских, российских и зарубежных ученых.

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

- последовательность протекания процессов, явлений и эффектов в рабочих слоях металлополимерных пар трения тормозов;
- линии токов скоростного поля омывающих сред металлополимерные пары трения тормозов;
- основные и дополнительные характеристики, параметры и условия в полях взаимодействия металлополимерных пар трения тормозных устройств;
- волновые закономерности изменения характеристик электротермомеханического трения микровыступов металлополимерных пар тормозов.

Цель работы. Обосновать новую трактовку знаменитой триады И.В. Крагельского, исходя из современного состояния нанотрибологии.

Последовательность протекания процессов, явлений и эффектов в рабочих слоях металлополимерных пар трения. Противоречивые данные в отечественной и зарубежной литературе по вопросу определения динамических параметров пар трения ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок [2, 5, 10] заставляют многих исследователей искать методы их уточнения и усовершенствования. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования уровня эксплуатационных параметров ленточно-колодочных тормозов позволили свести их в четыре группы.

В ленточно-колодочных тормозах буровой лебедки при квазилинейному законе изменения частоты вращения тормозного шкива от установившегося значения до нуля при спуске загруженного элеватора определение его эксплуатационных параметров, сведенных в первую группу, выполняют в следующей последовательности: оценивают режим вращения тормозного шкива; определяют: время торможения; натяжение набегающей ветви тормозной ленты; максимальные и минимальные удельные нагрузки в парах трения; тормозной момент, который развиваются фрикционные узлы, коэффициент запаса тормозного момента; энергоемкость фрикционных узлов, коэффициент полезного действия тормоза. Значение эксплуатационных параметров, которые включены во вторую группу, определяют в следующей последовательности: коэффициент запаса прочности для сечения тормозной ленты; деформации тормозной ленты при размещении на дуге ее охвата фрикционных накладок с переменным и постоянным шагом; радиальные деформации накладки; оценивают общую деформацию элементов тормозной системы. Определение эксплуатационных параметров, составляющих третью группу, выполняют в следующей последовательности: теплота, температуры и их распределение по толщине обода шкива при квазилинейном закономерности изменения удельных нагрузок во

фрикционных узлах тормоза; интенсивность тепловыделения от поверхностей шкива; коэффициенты распределения тепловых потоков между парами трения тормоза. Вычисление проводят при квазилинейных законах изменения: частоты вращения тормозного шкива от установившегося значения до нуля; деформаций тормозной ленты и количества генерируемой, аккумулированной и рассеиваемой теплоты от фрикционных узлов при спуске элеватора. Закономерность износа рабочих поверхностей фрикционных накладок (четвертая группа) аналогична закономерности изменения удельных нагрузок в парах трения тормоза (положительное решение на выдачу патента на изобретение России по заявке №2010145348/11 от 05.04.2013г.) Аналогичным образом можно свести в группы и эксплуатационные параметры фрикционных узлов барабанно-колодочных тормозов транспортных средств. Все выше рассмотренные эксплуатационные параметры относятся к внешним параметрам. Внутренние параметры металлополимерных пар трения исследованы в последующих материалах.

Линии токов скоростного поля омывающих сред металлополимерные пары трения тормозов. Качественный и количественный состав токов омывающих сред в зазорах между микровыступами металлополимерных пар трения значительно влияет на их трибологические характеристики. Установлено, что состав токов омывающих сред также оказывает значительное влияние и на процессы, явления и эффекты, происходящие на пятнах контактов микровыступов пар трения и их изнашивание, в особенности фрикционных материалов на основе Fe, работающих в паре с металлическим контроллером. При работе в таких омывающих средах, содержащих в своем составе O₂, на пятнах контактов трения происходит образование окисных пленок, обеспечивающих работу во фрикционных контактах в режиме окислительного износа, что исключает скрепление.

Токи омывающих сред необходимо рассматривать с позиций газовой динамики, нестационарной диффузии и химической кинетики и потреблении активных компонентов среды как микровыступами не взаимодействующими между собой в данный момент так и боковыми поверхностями микровыступов, находящихся в контактировании при условии, что коэффициент взаимного перекрытия K_{вз}<1,0.

Площадь зоны трения, свободная от непосредственного контакта и доступная для химического взаимодействия с активными компонентами омывающей среды определяется по зависимости

$$A_a - A_r = A_a(1 - \eta_r), \quad (1)$$

где A_a, A_r – площади: номинальная трения; фактическая контакта, мм; η_r – относительная фактическая площадь контакта; η_r = A_r/A_a.

Газодинамическая модель контактного зазора представляет собой полость, в которой имеет место течение токов омывающей среды, содержащей активные компоненты. Характер течения токов омывающей среды оценивается критерием Кнудсона

$$K_{\pi} = l/h_{\phi}, \quad (2)$$

где l – длина свободного пробега молекул токов омывающих сред, мм; h_φ – высота контактного зазора.

Контактный зазор высотой $h_{\text{эф}}$ рассматривать как химический нанореактор, на стенках которого протекают гетерогенные химические реакции с образованием окисных пленок. В процессы трения (при торможении) регенерация окисных пленок взамен изношенных осуществляется путем нестационарного химического потребления активных компонентов токов омывающей среды стенками микровыступов с последующей их доставкой извне в межконтактный зазор.

Однако при этом необходимо учитывать условие теплового равновесия, которое требует, как известно, наряду с постоянством температуры также и постоянства вдоль среды суммы $\mu + U$, где μ - химический потенциал частиц, а U - их энергии во внешнем электрическом поле. В данном случае речь идет о равновесии по отношению к электронам, так что под μ надо понимать их химический потенциал, а $U = -e\phi$, где (ϕ - потенциал электрического поля). Соответственно, этому электрический ток j_1 и диссипативный поток энергии q' обращаются одновременно в нуль лишь при условиях $\vartheta_1 = \text{const}$, $\mu - e\phi = \text{const}$, т.е. при $\nabla\vartheta_1 = 0$, $\nabla\mu + eE = 0$. Выражение для j_1 и q' записывают в виде следующих соотношений, удовлетворяющих указанному условию.

$$E + \frac{1}{e} \nabla \mu = \frac{1}{\sigma} j_1 + \alpha \nabla \vartheta_1, \quad (3)$$

$$q' = q - \left(\phi - \frac{\mu}{e} \right) j_1 = \alpha \vartheta_1 - \chi \nabla \vartheta_1, \quad (4)$$

где σ - электрическая проводимость среды; χ - коэффициент теплопроводности; α - термоэлектрический коэффициент; соотношение между коэффициентами $\nabla\vartheta_1$ в (3) и j_1 в (4) - следствие принципа Онсагера [9]. Величина $\left(\phi - \frac{\mu}{e} \right) j_1$, вычтенная из полного потока энергии, представляет собой плотность конвективного потока энергии. Последнюю и необходимо учитывать при оценке термостабилизационного состояния металлического фрикционного элемента в тормозных устройствах.

Указанное стабилизационное тепловое состояние обода шкива поддерживается возникновением в элементарных объемах приповерхностных слоев фрикционных элементов множества микротермобатарей, создающих внешние и внутренние электрические поля с различными двойными электрическими слоями, и работающими в режимах микротермоэлектрогенераторов и микротермоэлектрохолодильников, а при преобладании внутреннего электрического поля происходит инверсия токов от приповерхностного слоя шкива в приповерхностные слои накладок.

Основные и дополнительные характеристики, параметры и условия в полях взаимодействия металлополимерных пар трения тормозных устройств. Основные и дополнительные характеристики, параметры и условия в полях взаимодействия в металлополимерных парах трения рассмотрим применительно к конкретным полям, в которых они возникают.

Оценку того или иного поля дают с помощью концептуального подхода, касающегося возникающих потенциалов в нем, а также непосредственно с помощью градиент-

ной теории. Обязательным условием при рассмотрении механического, электрического, электромагнитного и теплового полей является наличие в их расчетных зависимостях квазимпульсов электронов в периодическом поле кристаллической решетки металло-полимерных материалов, вызванной ее дислокацией. По своим свойствам квазимпульс похож на импульс так же, как квазиволновой вектор на волновой вектор. При столкновении электронов их структура сохраняется: квазимпульс сложнее, чем закон сохранения импульса: квазимпульс либо сохраняется, либо изменяется на дискретную величину. Кроме того, необходимо помнить, что сама электромагнитная волна также обладает импульсом.

Основные и дополнительные характеристики, параметры и условия при взаимодействии микровыступов пар трения зависят, в первую очередь, от типа контакта и от того какой силы импульс (механический – импульс нормальной силы; электрический импульс – силой электрического тока) формируется на его пятнах контакта согласно уравнения Максвелла электромагнитный импульс распределяется в пространстве объема между контактирующими микровыступами плотностью $g = \frac{1}{c^2} [EH]$ (где c – скорость свет; $[EH]$ – векторное произведение напряженностей электрических E и магнитных H полей).

В процессе работы металлополимерных пар трения ленточно-колодочных тормозов (как и в других фрикционных системах) возможно одновременное взаимодействие рабочей поверхности фрикционной накладки с:

- ювенильной и неювенильной поверхностью обода тормозного шкива;
- окисными и неокисными пленками поверхности обода тормозного шкива;
- перенесенным на обод тормозного шкива слоем фрикционного материала.

Указанное взаимодействие пар трения «металл–полимер» и определяет тип контакта и его энергетический уровень (рис. 1 а, б, в). При этом основной характеристикой энергетического уровня того или иного контакта является работа выхода электронов из приповерхностного слоя металлического обода тормозного шкива (W_M) и ионов из приповерхностного слоя полимерной накладки (W_{Pi}).

Фрикционные накладки ленточно-колодочного тормоза изготовлены из неоднородных материалов, в объеме которых существуют аморфные и кристаллические фазы. В связи с этим на межфазных границах происходит захват зарядов иного рода. Особенно это заметно при выгорании связующих компонентов из приповерхностного слоя полимерной накладки, что приводит к образованию жидких островков на ее поверхности. Жидкость является своего рода электролитом, сопротивление которого резко уменьшается в зависимости от степени его нагревости. Накапливание зарядов на границах обусловлено разницей в проводимостях рассматриваемых фаз (эффект Максвелла–Вагнера). При электризации такого материала носители будут или собираться вблизи данной межфазной границы, или наоборот, удаляться от нее в зависимости от того, какой из двух токов проводимости больше: притекающий к границе зарядов или уходящих от нее. Различия в локальных токах проводимости приводят также к диссипации зарядов

при последующем проведении термостимулированных разрядов, так как в этом случае токи текут уже в противоположных направлениях [1].

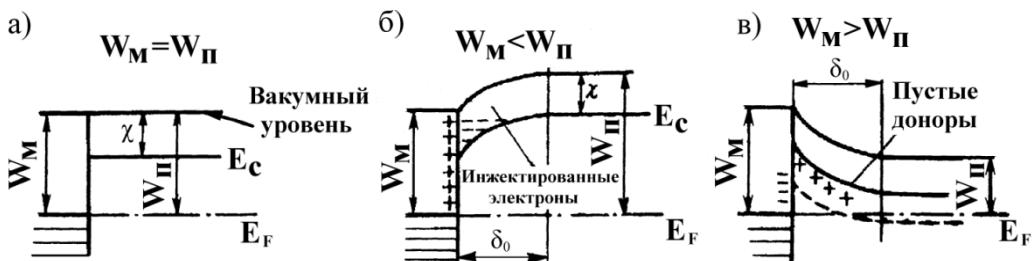


Рис. 1 а, б, в Энергетические уровни взаимодействующих пар трения «металл-полимер» с различными типами контактов:
а – нейтральный; б – омический или инжектирующий; в – блокирующий:
 E_C , E_F – энергетические уровни: критического движения, Ферми; W_M , W_P – работы выхода электронов и ионов из металла и полимера; δ_0 – толщина обогащенного (б) и обедненного (в) электронами слоя; χ – электронное средство

Для процессов нейтрализации зарядов немаловажную роль играют также свойства kontaktов взаимодействия.

На рис. 1 а, б, в условно показано различие между нейтральными, омическими и заблокированными kontaktами. Нейтральные kontaktы не препятствуют нейтрализации зарядов, поступающих из приповерхностного слоя металлического элемента трения в течение термостимулированного разряда. То же можно сказать и об омических kontaktах, хотя в этом случае добавляется возможность инжекции носителей противоположного знака внутрь заряженной поверхности накладки. Блокирующие kontaktы действуют противоположным образом: они препятствуют как инжекции, так и нейтрализации зарядов. Таким образом, если kontaktы заблокированы, нейтрализация должна протекать внутри металлического элемента трения независимо от вида kontaktа (является он инжектирующим электронами или заблокирующим). Это зависит лишь от того, какая из работ выхода электронов или ионов больше: металлического или полимерного фрикционного элемента. Если работа выхода из первого элемента больше, чем со второго образуется заблокирующий барьер. Наличие последнего позволяет изучать методом термостимулированного разряда полуизоляторы и полупроводники, которым свойственны большие токи проводимости.

«Чистых» процессов, явлений и эффектов, развивающихся в том или ином поле, не бывает. Основные параметры, которые характеризируют поля непременно сопровождаются побочными процессами, явлениями и эффектами.

Остановимся на электрическом поле взаимодействия более детально. При импульсном взаимодействии микровыступов металлополимерных пар трения генерируются следующие токи:

- суммарный термический ток (I_T);

- суммарный ток, который возникает за счет трения скольжения и контакта взаимодействующих макроучастков поверхностей (I_{CK});
- составляющую суммарного тока, возникающую за счет трения скольжения (I_{TC});
- составляющую суммарного тока, образованную движением заряженных частиц массопереноса (I_M);
- суммарный ток, обусловленный сорбционно-десорбционными процессами в приповерхностных слоях накладки, которые находятся при температуре выше допустимой для ее материалов (I_D).

Составляющие вышеперечисленных токов в зависимости от направления вращения металлического фрикционного элемента представлены в виде векторной диаграммы на рис. 2 а.

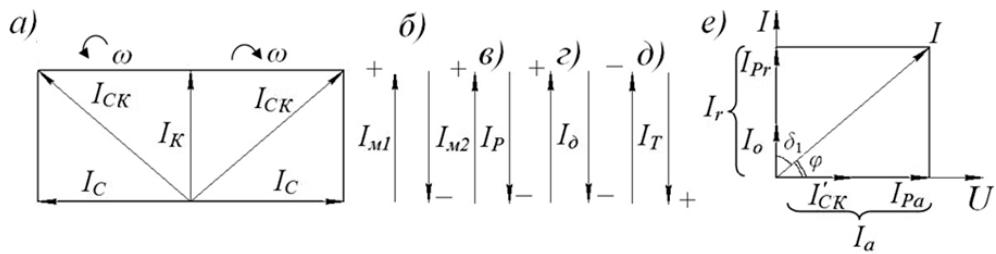


Рис. 2 а, б, в, Схемы направлений составляющих электрических токов в металлополимерных парах трения при температурах до (а) и выше (б - д) допустимой для материала полимерной накладки; е – векторная диаграмма электрических токов и напряжений в приповерхностных слоях полимерной накладки

Метод определения направлений составляющих генерируемых электрических токов в парах трения «полимер-металл» освещен в [5]. В его основу положена величина работы выхода электронов и ионов, соответственно, из металлического и полимерного фрикционных элементов. В конечном итоге, экспериментально регистрируемый суммарный ток (I_C) электризации с учетом направлений составляющих токов зависит от следующих условий:

$$W_M > W_\Pi - I_C = I_{CK} + I_M + I_P - I_T; \quad (5)$$

$$W_\Pi > W_M - I_C = I_{CK} - I_M - I_P + I_T, \quad (6)$$

где I_P – импульсный (разрядный) ток; W_M , W_Π – работа выхода электронов и ионов.

На рис. 2 б, в, г, д представлены схемы направлений составляющих электрических токов в металлополимерных парах трения при температуре выше допустимой для материала полимерной накладки. На рис. 2 б, в показаны токи I_{M1} и I_{M2} , вызванные движением заряженных частиц массопереноса по схеме «полимер-металл» и «металл-полимер».

Рассмотрим электродинамику поверхности слоя полимерной накладки.

Поскольку в приповерхностном слое полимерной накладки протекают активный I_a и реактивный I_r токи (см. рис. 2 е), составляющими последнего являются реактивные токи I_{C_p} и I_{R_p} , обусловленные быстрыми и замедленными видами поляризации составляющими активного тока является токи сквозной проводимости I'_{C_p} и активный ток I_{P_a} , обусловленный замедленными видами поляризации. Заменим токи I_a и I_r эквивалентной электрической схемой, содержащей идеальные сопротивления R и емкость C_p , которые обеспечивают протекание указанных токов. Идеальные R и C_p соединены параллельно (рис. 3 а).

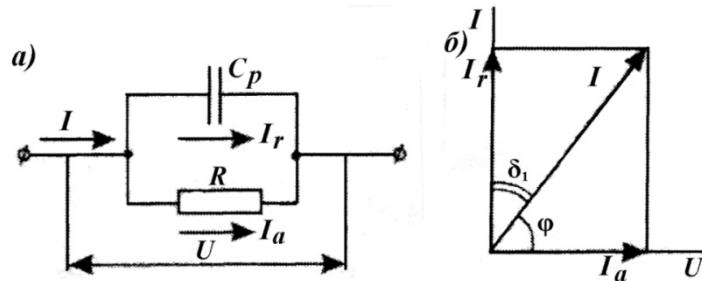


Рис. 3 а, б Эквивалентная схема (а) и векторная диаграмма (б) параллельного замещения приповерхностного слоя полимерной накладки

Условиями эквивалентности схемы замещения реальному приповерхностному слою полимерной накладки является равенство:

- сдвига фаз между током I и напряжением U в реальном слое и в схеме замещения;
- мощностей, выделяемой в схеме замещения и теряемой в приповерхностном слое реальной полимерной накладки.

Рассмотрим схему замещения, поскольку при оценке податливости фрикционного стыка металлополимерной пары трения микровыступы соединены между собой параллельно. Векторная диаграмма токов и напряжений для параллельной схемы замещения (рис. 3 б) позволяет рассчитывать $\operatorname{tg}\delta_1$ и мощность, теряемую в приповерхностном слое полимерной накладки.

Согласно векторной диаграмме (см. рис. 3 б) для параллельной схемы замещения имеем:

$$I_a = \frac{U}{R}, \quad I_r = \frac{U}{x_C} = \omega C_p U \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\delta_1 = \frac{I_a}{I_r} = \frac{1}{\omega C_p R}. \quad (7)$$

Из (7) следует:

$$\frac{1}{R} = \omega C_p \operatorname{tg}\delta_1. \quad (8)$$

Поскольку мощность, теряемая в приповерхностном слое накладки, определяется только активной составляющей тока, то с учетом (8) получаем:

$$W_{nap} = UI_a = \frac{U^2}{R} = U^2 \omega C_p \operatorname{tg}\delta_1. \quad (9)$$

Из (9) следует, что для данной схемы замещения потеря мощности пропорциональна $\operatorname{tg}\delta_1$, ω и U^2 . Следовательно, правомерно характеризовать потери в приповерхно-

стном слое полимерной накладки количественным параметром $\operatorname{tg}\delta_1$. Для слоев с малым значением сопротивления r , т.е. с большими токами утечки и, следовательно, большими потерями необходимо использовать неравенство $\operatorname{tg}\delta_1 < 5,0 \cdot 10^{-2}$.

Если приповерхностные слои полимерных накладок находятся в переменном электрическом поле, векторная диаграмма имеет вид, показанный на рис. 3 б.

Согласно векторной диаграмме реактивный ток $I_r = I_0 + I_{Pa}$ опережает напряжение U на 90° . Активный ток $I_a = I_{CK} + I_{Pa}$ совпадает по фазе с напряжением U . Полный ток I сдвинут относительно приложенного напряжения на угол ϕ . Угол δ_1 , дополняющий угол сдвига фаз ϕ между током и напряжением до 90° , называется углом диэлектрических потерь. Тангенс угла диэлектрических потерь характеризирует потери в приповерхностном слое полимерной накладки, которые легко понять из векторной диаграммы $\operatorname{tg}\delta_1 = I_a / I_r$.

Чем больше активный ток I_a , нагревающий приповерхностный слой полимерной накладки, тем больше δ_1 и $\operatorname{tg}\delta_1$ и, следовательно, больше потери. По значению $\operatorname{tg}\delta_1$ оценивается энергетическое состояние приповерхностного слоя полимерной накладки: чем больше значение $\operatorname{tg}\delta_1$, тем выше температуры приповерхностного слоя накладки, а, следовательно, большими будут площади пятен контактно-импульсного взаимодействия и меньшими удельные нагрузки на пятнах контакта. Рациональные величины не должны превышать $\operatorname{tg}\delta_1 \leq 10^{-4}$.

Особый интерес представляет образование и работа инверсионного слоя на поверхностях металлополимерных пар трения.

С окисных пленок на поверхности накладок благодаря попаданию на них металла за счет массопереноса, формируются полупроводниковые элементы с инверсионным слоем, в котором равновесная концентрация неосновных носителей больше чем основных. Инверсионный слой возникает, когда поверхность полупроводника п-типа (р-типа) по отношению к объему находится под достаточно большим отрицательным (положительным) потенциалом

$$\varphi > \frac{2\kappa T}{e} [\ln p_0/n_0] \quad (10)$$

Инверсионный слой реализуется вблизи контакта «полупроводник-металл», когда работа выхода электронов из металла превышает работу выхода электронов их полупроводника, более чем на ширину запрещенной зоны полупроводника при наличии поверхностных состояний, захватывающих основные носители. Если толщина инверсионного слоя меньше длины свободного пробега носителей, то в нем возможно образование квазидвухмерной проводимости, что улучшает электрические свойства контакта.

При рассмотрении теплового поля металлополимерных пар трения необходимо учитывать импульсный и длительный подвод теплоты к их поверхностям. Кроме того, расчетные зависимости должны отражать связь темпов нагревания и вынужденного охлаждения металлического трикционного элемента с поверхностными градиентами температуры и градиентами температуры по его толщине.

Таблица

**Основные и дополнительные характеристики, параметры и условия
в полях взаимодействия металлополимерных пар трения**

Поля взаимо- действия	Характеристики, параметры и условия	
	Основные	Дополнительные
Механическое	Удельные нагрузки; деформации; напряжения; прочность; твердость; градиент механических свойств.	Условия: независимости поля; распределения удельных нагрузок.
Тепловое	Температуры: вспышки, поверхностная и объемная; тепловой поток и коэффициенты его распределения; темпы нагревания и охлаждения; градиенты температуры.	Условия: термического сопротивления; подвода и распределения тепловых потоков; теплообмена при омыании средой; возникновения эффектов Пельтье и Томпсона.
Электриче- ское	Токи*: $I_T, I_{CK}, I_{TC}, I_M, I_D$; энергия: W_M, W_H ; разность потенциалов $\varphi_1-\varphi_2$.	Токи I_a, I_r ; диэлектрические потери $\operatorname{tg}\delta_1=I_a/I_r$.
Электромаг- нитное	Напряженность электрического поля E ; магнитная индукция B ; ϵ и μ - диэлектрическая и магнитная проницаемость среды; потенциалы электрического (φ) и магнитного (A) полей; фазовая скорость волн.	Условия: электромагнитного сопротивления; соблюдения уравненийMaxвелла и преобразования Лоренца.
Химическое	Реакции и их скорости: окисления, восстановления, коррозии, катализу, гальванические, хемосорбция: ковалентная, ионная и физическая сорбция; деструкция приповерхностного слоя; фазовые переходы I-го и II-го рода; химический потенциал	Переходные процессы между скоростями доставки и потребления активных компонентов среды в зону трения; конвективные процессы теплообмена.

* **Примечание:** I_T, I_{CK}, I_D – суммарные токи: термический; возникающие за счет трения и контактного взаимодействия; обусловленные сорбционно-десорбционными процессами в приповерхностных слоях накладки при температуре выше допустимой для его материалов; I_{TC}, I_M – составляющие суммарные тока: возникающие за счет трения скольжения; образованные движением заряженных частиц массопереноса; I_a, I_r – токи: активный и реактивный, где e – заряд электрона; n_0 и p_0 – концентрация электронов и дырок в объеме полупроводника; k – постоянная Больцмана.

На основании обобщения представленного материала и введение в него новых идей и гипотез применительно к различным полям взаимодействия металлополимерных пар трения тормозов сформирована таблица. В ней приведены основные и дополнительные характеристики, параметры и условия в полях взаимодействия металлополимерных пар трения тормозных устройств. Представленная таблица не претендует на полную информацию о полях взаимодействия. Однако она служит отправным рубежом для дальнейшей разработки теории поля применительно к парам трения тормозных устройств, закладывая фундамент новому перспективному направлению в науке.

Волновые закономерности изменения характеристик электротермомеханического трения поверхностей микровыступов металлополимерных пар тормозных устройств. В энергетическом аспекте трение представляет собой процесс трансформирования поступающей в систему механической энергии в электрическую, тепловую и другие виды энергии. Перераспределение энергетических потоков на поверхностях пар трения тормозных устройств наблюдаются только в процессах самого трения и поэтому необходимо развивать и использовать *in-situ* методы исследований.

Контактно-импульсное взаимодействие металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза, выражющееся закономерностью изменения нормального усилия по времени торможения, представлено на рис. 4. Из последнего следует, что закономерность изменения нормального усилия по времени имеет волновую природу и приближается к квазисинусоидальному закону его изменения [2].

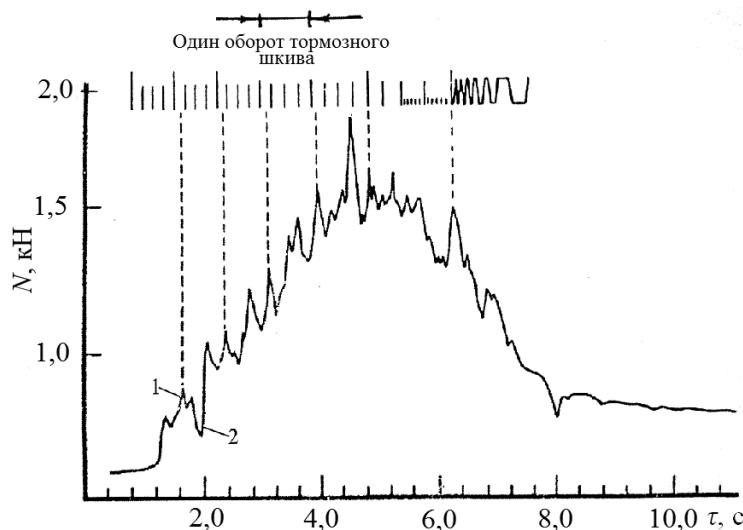
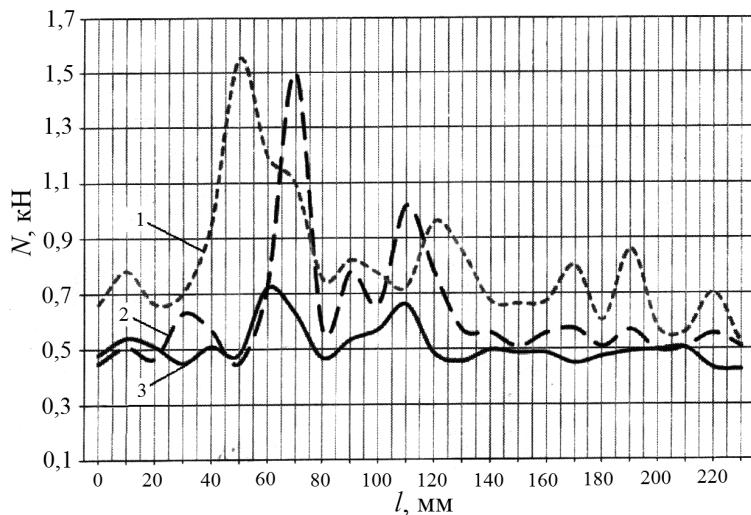


Рис. 4 Фрагмент осциллограммы изменения нормального усилия в контакте пары трения «шкив-накладка» при импульсном взаимодействии (1 – положительном; 2 - отрицательном) ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки по времени торможения

Закономерности импульсного изменения контактного нормального усилия в паре трения «шкив-накладка» ленточно-колодочного тормоза по длине накладки в различных зонах ее ширины (*a*) взаимодействия проиллюстрирована на рис. 5. При этом накладка по ширине была разбита на три зоны: первая ($a_1=30,0\text{мм}$); вторая ($a_2=60,0\text{мм}$) и третья ($a_3=90,0\text{мм}$). Первая и вторая зоны фрикционной накладки находились на ее набегающей части, а третья зона располагалась на сбегающей части накладки. Максимальные нормальные усилия имели место в первой и второй зоне (кривые 1 и 2), а минимальные – в третьей зоне (кривая 3). Если рассматривать изменение нормальных усилий по длине фрикционной накладки, то со стороны незашемленного края обода шкива примерно на одной третьей его длины наблюдалось квазивыравнивание нормальных усилий.



**Рис. 5 Импульсное изменение контактного нормального усилия в паре трения «накладка-шкив» тормоза по длине накладки в различных зонах ее ширины
(a) взаимодействия: кривая 1 ($a=30,0$ мм); кривая 2 ($a=60,0$ мм); кривая 3 ($a=90,0$ мм)**

Закономерности изменения эпюру удельных нагрузок и их величин в парах трения во взаимосвязи со скоростью скольжения и поверхностной температурой влияют на:

- напряженно-деформированное состояние материалов под действием нормальной силы;
- напряженно-деформированное состояние, вызванное изменением структуры поверхностных и приповерхностных слоев материалов (дефектами);
- термическое напряженно-деформированное состояние материалов;
- скорость изменения динамического коэффициента трения, и как следствие, тормозного момента;
- время циклов разрушения поверхностей и средние размеры частиц, освобождающихся от них;
- генерируются прямые и обратные токи при взаимодействии контактирующих поверхностей;

На рис. 6 а приведена закономерность изменения удельных нагрузок в паре трения «шкив-накладка» ленточно-колодочного тормоза, характеризующиеся различными амплитудами их изменения с периодом π .

Если гармонические колебания температуры в рабочем слое обода тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза выразить синусоидой, то получим уравнение

$$t = A \sin\left(\frac{360\tau}{z} + \varphi'\right), \quad (11)$$

где A – амплитуда температурных колебаний, $^{\circ}\text{C}$;

τ – время, отсчитываемое от некоторого заданного начального момента, с;

φ – начальный фазовый угол колебаний температуры, град; $\varphi' = 90 - \varphi$;

z – период колебаний, с.

Для заданной кривой угол φ' зависит от начального момента отсчета времени; для этого момента ($\tau=0$) из уравнения (11) следует

$$t = A \sin \varphi'. \quad (12)$$

Максимум температуры получим при τ равном

$$\tau = \frac{(360 - \varphi')z}{360}.$$

Уравнение (12) дает колебание температуры с течением времени около некоторой постоянной температуры, принимаемой при отсчете колебаний в качестве нулевой.

Гармонические колебания тепловых потоков ($\text{кДж}/(\text{с}\cdot\text{см}^2)$) выражаются аналогичным уравнением. При своих колебаниях тепловые потоки имеют направления либо в сторону движения волны, либо в обратную сторону. Считаем первое направление положительным, а второе – отрицательным.

При гармонических колебаниях положительный тепловой поток в течении полу-периода переносит тепло в сторону движения волны, а в течение следующего полупериода – столько же тепла в обратную сторону.

На рис. 6 б представлены закономерности изменения кривых нагревания (2) и вынужденного охлаждения (3) при циклических испытаниях пары трения «шкив-накладки» на модельном ленточно-колодочных тормозах в стендовых условиях. Из графических зависимостей, приведенных на рис. 6 б следует, что поверхностные температуры при нагревании и вынужденном охлаждении пар трения тормоза имеют одинаковые амплитуды с периодом $\pi/2$.

Изучение во времени зависимостей динамического коэффициента трения фрикционных узлов тормозных устройств (рис. 6 в) позволяет говорить о динамической картине общего баланса подведенной и отведенной к трибосистеме энергии.

Внешняя работа, подводимая к трибосистеме, затрачивается на упругое и пластическое деформирования поверхностных слоев и на образование микротермобатарей, которые работают в режимах микротермоэлектрогенераторов и микротермоэлектроходильников, и как следствие, прямого нагревания и охлаждения поверхностных и приповерхностных слоев пар трения тормозных устройств. Другие виды трансформации механической энергии при низких скоростях скольжения пар трения тормозов являются несущественными (например, излучение). Работа трения зависит от площади фактического контакта и от физико-механических и химических свойств поверхностных и приповерхностных слоев материалов пар трения тормозных устройств, которые упрочняются и разупрочняются в процессе трения сравнительно медленно. Поэтому часть кривой 4'' (рис. 6 в) динамического коэффициента трения, которая описывается низкочастотной составляющей, связанной с поступающей в трибосистему механической энергией. Последняя затрачивается на ее перераспределение и обеспечение работы микротермобатарей, которые генерируют электрическую энергию с последующим ее превращением в тепловую в приповерхностных слоях элементов фрикционных узлов тормозных устройств.

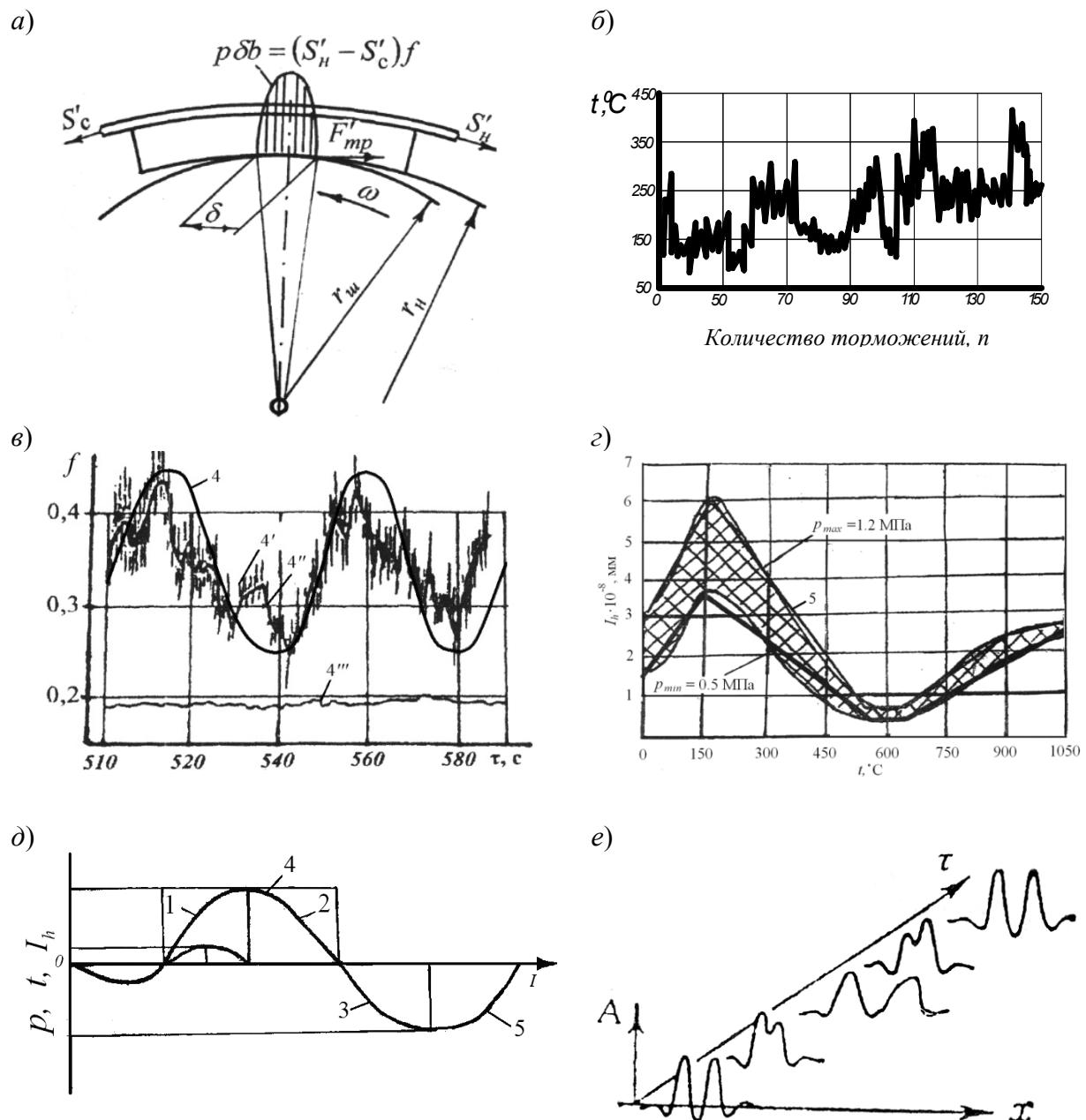


Рис. 6 а, б, в, г, д, е Метод электродинамического установления закономерностей изменения эксплуатационных параметров металлокомпозитных пар трения ленточно-колодочных тормозов буровой лебедки при оценке:
а - удельных нагрузок (1); б - поверхностных температур при нагревании (2) и вынужденном (3) охлаждении; в - динамических коэффициентов трения (4); г - износ фрикционной накладки (5); д - общих закономерностей; е - солитонового эффекта

Природа высокочастотной составляющей (кривая 4' на рис. 6 в), по нашему мнению, связана с дискретностью контакта, а высокочастотные пики динамического коэффициента трения отвечают мгновенно происходящим энергетическим процессам в контактируемых поверхностных слоях, которые являются источником теплоты и холода, за-

счет генерирования в них прямых и обратных токов. Кривые 4' 4'' и 4''' на рис. 6 в содержат информацию о влиянии направления тока, генерируемого в парах трения «металл–полимер», на величину динамического коэффициента трения. При прохождении прямых микротоков от контактирующих поверхностей обода тормозного шкива к рабочим поверхностям фрикционных накладок (анодно–поляризованные поверхности накладок) f оказываются всегда больше (см. рис. 6 в интервалы времени (510 – 520) с и (550 – 570) с для кривых 4' и 4''), чем у катодно–поляризованных участках поверхностей накладок, материалы которых находятся при температурах выше допустимой температуры, и при этом возникают обратные микротоки (см. рис. 6 в интервал времени (510 – 580) с для кривой 4'''). Причем во всех случаях f снижается с увеличением плотности тока j_n на контакте пар трения тормозных устройств. Динамический коэффициент трения катодно–поляризованных участков фрикционных накладок всегда меньше динамического коэффициента трения их анодно–поляризованных участков, т.е. ($f_a > f_k$), при возрастании j_n изменяется для разных материалов по–разному.

На рис. 6 в приведена систематизированная синусоидальная кривая с одинаковой амплитудой с периодом 2π , которая описывает высокочастотную (кривая 4') и низкочастотную (кривая 4'') составляющие «сухого» трения.

Таким образом, переполяризация участков фрикционных накладок в парах трения тормозных устройств вызывает инверсию микротоков и изменение их величин, и как следствие, изменение динамического коэффициента трения, характеризующего энергетические процессы в их поверхностных и приповерхностных слоях пар трения.

Электрические токи, генерируемые на поверхности трения взаимодействующих металлополимерных пар трения ленточно–колодочного тормоза, нагревают их приповерхностные слои и проникают в них вглубь. Таким образом, генерируемые на поверхности трения токи способствуют возникновению поверхностной температуры, а проникающая вглубь пар трения теплота способствует развитию объемной температуры. Возникающие при взаимодействии пар трения разрядные токи способствуют появлению температур вспышки.

Закономерности изменения линейного износа (I_h , мм) рабочих поверхностей фрикционных накладок ФК-24А при минимальной и максимальной удельной нагрузке (p) в парах трения ленточно–колодочного тормоза буровой лебедки У2-5-5 в зависимости от их поверхностной температуры (t) наглядно иллюстрируются на рис. 6 г. Из последней следует, что с увеличением поверхностной температуры в зоне контакта пар трения тормоза линейный износ рабочей поверхности фрикционной накладки уменьшается. При этом износы рабочей поверхности обода шкива и фрикционной накладки изменяются по различным амплитудам с периодом π .

Плоская электромагнитная волна при тлеющем и искровом режимах разряда, которая возникает при генерировании электрического тока в парах трения ленточно–колодочного тормоза подчиняется синусоидальному закону ее изменения. Линейный износ (I_h) металлического фрикционного элемента характеризуется различными амплитудами их изменения с периодом π . Точно такая же зависимость только для металлопо-

лимерных пар трения тормоза является справедливой и для закономерности изменения удельных нагрузок, возникающих между ними (см. рис. 6 а). Что касается поверхностных температур пар трения и их вынужденного охлаждения, то кривые 1 и 2 (см. рис. 6 д) характеризуются одинаковой амплитудой их изменения с периодом $\pi/2$ (положительное решение на выдачу патента на изобретение России по заявке №2012105664 от 28.06.2013г.).

При естественном охлаждении на конденсированное состояние элементарных объемов приповерхностных слоев фрикционных накладок (находящихся при температуре выше допустимой для их материалов) влияет наличие солитонов (см. рис. 6 е), т.е. структурно устойчивых единственных волн в нелинейной диспергирующей среде. Солитон ведет себя подобно частицам. При взаимодействии между собой или с некоторыми другими возмущениями (силой трения) солитоны не разрушаются, а расходятся, сохраняя свою структуру неизменной. Структура солитона поддерживается стационарной за счет баланса между действием нелинейной системы и дисперсии.

Установлено, что солитоны могут сохранять свою структуру длительное время при наличии небольшого затухания или в результате плавного цилиндрического искривления фронта волны в пространстве между взаимодействующими парами трения тормозных устройств.

Солитоны, как и частицы, могут образовывать связанные состояния из двух или более импульсов (рис. 6 е).

В системе из многих солитонов происходит сложное стохастическое движение частиц в пространстве между взаимодействующими парами трения тормозных устройств. Согласно рис. 6 е солитоны в межконтактном зазоре пар трения тормоза распространяются с различными амплитудами, имеющими разную длину волны, с периодом π .

Таким образом, на основе электродинамики установлены закономерности изменения эксплуатационных параметров пар трения ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок, изменяющиеся с разными амплитудами с периодом от $\pi/2$ до 2π и при этом смещение по фазе может быть от $\pi/4$ (см. рис. 6) до $\pi/2$, а в случае слабого импульсного подвода теплоты к рабочему слою обода шкива смещения по фазе может достигать π .

Выводы. На основании вышеизложенного представляется возможным дополнить и расширить знаменитую триаду И.В. Крагельского исходя из современных достижений нанотрибологии, в зависимости от энергонагруженности поверхностных и приповерхностных слоев металлического фрикционного элемента и фрикционной накладки (ниже и выше допустимой температуры для ее материалов) и рассмотреть три последовательных и взаимосвязанных стадии процесса трения, а именно:

- импульсное взаимодействие микровыступов поверхностей с генерированием электрических и тепловых токов с учетом влияния линий токов скоростного поля омывающих сред;

- при различных энергетических уровнях поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения зарождаются, развиваются и совершаются процессы и явления в строгой последовательности и с соблюдением переходных процессов,

принципов суперпозиции и с возникновением дополнительных эффектов и при этом закономерности изменения линий токов динамического, электрического, магнитного, теплового и химического полей во взаимодействии с линиями токов скоростного поля омывающих сред подчиняются волновой природе со сдвигом по фазе;

- разрушение микровыступов за счет электротермомеханического сопротивления дискретных контактов с различной энергетической активностью микро- конденсаторов и – термобатарей с мгновенным их переключением при изменении площадей пятен контактов микровыступов, вызывающих их переполяризацию, и градиента механических свойств, а также темпов проникновения взаимодействующих между собой импульсов электрического и теплового токов, способствующих интенсивному износу микровыступов, ведущей к дестабилизации динамического коэффициента трения металлополимерных пар трения.

Дополнить и расширить триаду А.В. Чичинадзе, регламентируя при этом следующие характеристики электротермомеханического трения и износа:

- свойства поверхностных и приповерхностных слоев металлополимерных пар трения и омывающей среды;

- микро- и макрографию микровыступов контактно-импульсного взаимодействия с учетом нанотрибологии протекающих процессов на электронно-ионном уровне и коэффициентов взаимного перекрытия (статического и динамического);

- режим трения по нагрузке, скорости скольжения, электрические и тепловые токи и их градиенты по поверхностям и по толщине элементов трения рассматриваемых по координатам и времени.

Из явлений, сопровождающих электротермомеханическое трение, отметим два, оказывающих наибольшее влияние на работоспособность металлополимерных пар трения:

- генерирование электрических и тепловых токов;
- изнашивание микровыступов металлополимерных пар трения.

Изнашивание микровыступов металлополимерных пар при электротермомеханическом трении и его непосредственный результат – износ, который является непременным следствием процесса трения и основной причиной выхода из строя самого слабого звена пары – фрикционной накладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамедов Р.К.** Контакты металл-полупроводник с электрическим полем пятен / Р.К. Мамедов. – Баку: Госуниверситет, 2013. – 231 с.
2. **Джанахмедов А.Х.** Нефтяная трибология / А.Х. Джанахмедов. – Баку: Элм, 2003. – 326 с.
3. Трение, износ и смазка / Под общ. редакцией А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576с.
4. Поверхностная прочность материалов при трении / Под общ. редакц. Б.И. Костецкого. – Киев: Техника, 1976. – 296с.

5. Контактно-импульсное взаимодействие материалов типа «металл-металл» и «полимер-полимер» в металлополимерных парах трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки / А.Х. Джанахмедов, А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, С.И. Крыштопа, Д.Ю. Журавлев, Н.М. Стебелецкая // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку. – 2013. - №5(2). – С.29 – 41.
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
7. Георгиевский Г.А. Моделирование изнашивания пластмасс с учетом физико-химических процессов / Г.А. Георгиевский, Л.А. Лебедев. – В кн. Моделирование трения и износа. – М.: ВНИИТМАШ, 1970. – С. 276 – 281.
8. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия / И.Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 475 с.
9. Градиентные полимерные материалы // [А.А. Аскадский, Л.М. Голенева, К.А. Бичко, В.В. Казанцева и др.] / Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – М., 2001, т. XLV, № 3. – С. 123 – 128.
10. Вольченко Н.А. Динамика многопарных фрикционных узлов / Вольченко Н.А. - Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский науч. центр высш. школы, 2005. - 238 с.
11. Дедков Г.В. Нанотрибология: экспериментальные факты и теоретические модели / Г.В. Дедков // Успехи физических наук. Том 170, № 6. – 2000. – С. 585 – 618.
12. Крагельский И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский - М.: Машиностроение, 1986. - 480 с.
13. Мусалимов В.М. Динамика фрикционного взаимодействия / В.М. Мусалимов, В.А. Валетов. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2006. – 191 с.
14. Сопронюк П.М. Диагностика материалов и сред. Энергетические характеристики поверхностных слоев / П.М. Сопронюк, В.М. Юзевич. – Львов: ФМИ им. Г.В. Карпенко НАН Украины, изд-во «СПОЛОМ». – 2005. – 292с. – На укр. яз.

ELEKTROTERMOMEXANİKİ SÜRTÜNMƏ ZAMANI METALPOLİMER CÜTLƏRİN İŞÇİ QATLARINDA PROSES, TƏZAHÜR VƏ EFFEKT'LƏRİN DƏYİŞMƏ QANUNAUYĞUNLUQLARININ XARAKTERİSTİKALARI

A.M. PAŞAYEV, Ə.X. CANƏHMƏDOV, A.İ. VOLÇENKO, D.A. VOLÇENKO,
M.Y. CAVADOV, M.A. VOLÇENKO, E.Ə. CANƏHMƏDOV

Elektrotermomexaniki sürtünmə zamanı metalpolimer cütlərində xarici və daxili xarakteristikaların dəyişməsinin dalğası təbiətinin qanunauyğunluqları göstərilmişdir.

THE CHARACTERISTIC ANALYSIS OF CHANGES IN THE PROCESSES, PHENOMENA AND EFFECTS WITHIN WORKING LAYERS OF METAL POLYMER PAIRS DURING ELECTRO-THERMO-MECHANICAL FRICTION

A.M. PASHAYEV, A.Kh. JANAHMADOV, A.I. VOLCHENKO, D.A. VOLCHENKO,
M.Y. JAVADOV, N.A. VOLCHENKO, E.A. JANAHMADOV

The wave nature of the changes in the external and internal characteristics of the metal polymer pairs at the electro-thermo-mechanical friction.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ С МАЛЫМ ОБЪЕМОМ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

С.К. ГЕЗАЛОВ, О.А. ДЫШИН

Разработан критерий ранжирования нечетких множеств со ступенчатой функцией принадлежности. Дано обоснование генетического алгоритма для построения Парето-оптимальных решений многокритериальной транспортной задачи с коэффициентами частных целевых функций, относительно которых имеется априорная информация малого объема.

Ключевые слова: транспортно-логистическая система, твердотельная транспортная задача, генетический алгоритм, Парето-оптимальное решение.

Введение. Современные масштабы интеграции транспортной системы Азербайджана с мировой транспортной системой и формирование единого внешне интегрированного транспортного пространства требуют нового подхода к развитию транспорта страны. Достижение наибольшей эффективности транспортных процессов и снижение доли транспортной составляющей в стоимости конечной продукции в современных условиях возможны с применением транспортно-логистических систем.

В современной экономической науке и деловой практике логистика определяется как интегрированный процесс управления материальными и информационными потоками, призванный обеспечить максимально возможное удовлетворение нужд потребителей с минимальными общими издержками [1]. Логистическая система (ЛС) – это сложная организационно завершенная (структурированная) экономическая система, которая состоит из элементов-звеньев, взаимосвязанных в едином процессе управления материальными и сопутствующими им потоками [2].

При решении задач по оперативному планированию грузовых автомобильных перевозок основными экономико-математическими моделями являются модели транспортной задачи и задач маршрутизации. При организации движения по схеме «многие-

ко-многим» требуется на первом этапе решить транспортную задачу, а затем задачу маршрутизации (второй этап).

На практике необходимо не наличие оптимальных планов, но адаптивных и анализируемых планов, обеспечивающих достижение целевых значений многих показателей эффективности с требуемой степенью устойчивости. Оптимизация цепи поставок должна рассматриваться именно с позиции целостного анализа цепи создания стоимости и ключевых показателей эффективности (KPI), а не локальной оптимизации времени производственного цикла или запасов [3]. Это приводит к необходимости решения многоокритериальных транспортных задач.

Цепи поставок являются сложной многоструктурной системой с активными элементами, функционирующей в условиях динамично развивающейся рыночной среды.

Функционирование цепи поставок связано со значительной неопределенностью. Источниками необходимости могут служить колебания спроса, ошибки прогнозов, выход из строя ресурсов, неточность данных, ошибочные решения менеджеров, неточная передача информации и интерпретация тех или иных событий, целенаправленные действия по разрушению цепи поставок (терроризм, хищение грузов), а также такие крайние случаи, как изменение политических и природных условий [3].

Одной из особенностей изучения сложных систем, в том числе и цепей поставок, является учет факторов, количественное описание которых либо существенно затруднено в силу их неопределенности, либо нецелесообразно (например, факторов репутации фирм, степени срочности заказов и т.д.). Для решения подобных проблем в рамках системного анализа получила развитие теория «нечетких множеств» (*Fuzzy-метод*) [4-6].

Fuzzy-метод (нечеткая логика) основан на принципе, что многие явления объективной реальности могут быть классифицированы с использованием особой шкалы свойств, а не на основе каких-то физических решений. Применение данного метода можно разбить на несколько этапов: определение основной структуры системы, соотнесение ей производственных данных, разработка концепции *Fuzzy-модели* и описание ее в *Fuzzy-терминах*. При разработке концепции *Fuzzy-модели* определяются основные характеристики исследуемого объекта, подлежащие сравнению и оценке. Затем происходит описание данной модели с помощью *Fuzzy-терминов*, в которых используются лингвистические переменные.

Многообразие факторов, влияющих на планирование и управление транспортными потоками, порождает неопределенность в некоторых или во всех коэффициентах целевой функции. Например, стоимости транспортных услуг, время доставки товаров и т.п. не могут быть детерминированными.

Рассмотрим так называемую твердотельную транспортную задачу (*solid transportation problem – STP*), в которой однородные средства перевозки (*conveyances*) могут использоваться для погрузки товаров. Наибольший интерес на практике представляют многоокритериальные задачи STP (*multi-objective STP – MSTP*). Примерами целевых функций (критериев) транспортной задачи являются: среднее время доставки товара, надежность транспорта, удобство для пользователей, сроки использования скопорта-

щихся продуктов и т.д. Решение задачи при наличии нескольких целевых функций состоит в нахождении компромиссного решения во множестве недоминируемых решений (т.е. Парето-решений). [7].

В настоящей работе рассмотрена многокритериальная твердотельная транспортная задача с нечеткими коэффициентами целевых функций (*fuzzy multi-objective STP*). Для решения данной задачи (кратко *f-MSTP*) показана возможность применения генетического алгоритма не только в случае [8] представления коэффициентов целевых функций треугольными нечеткими числами (ТНЧ), но и в условиях малого объема априорной информации относительно коэффициентов целевых функций. В этих условиях получено представление коэффициентов целевых функций в виде нечетких множеств с функциями принадлежности, выражаемыми ступенчатыми функциями, и разработан критерий ранжирования таких нечетких множеств, ориентированный на минимизацию рассматриваемых целевых функций.

1. Постановка многокритериальной транспортной задачи с нечеткими коэффициентами целевых функций.

Впервые транспортная задача с нечеткими коэффициентами (*fuzzy transportation problem*) была исследована в работе [9]. Ген и др. [10-12] предложили улучшенный генетический алгоритм для решения задачи MSTP с нечеткими числами (*fuzzy MSTP – f-MSTP*).

Задача *f-MSTP* формулируется в следующем виде [6]. Пусть имеется m пунктов отправки (или истоков), n пунктов доставки (*destinations*) и k средств перевозки (*conveyances*). Для каждого пункта отправки (*origin*) заданы количества a_i однородных товаров, которые перевозятся в n пунктов доставки с заявками b_j на общее количество товаров, которое должно быть доставлено в n -й пункт доставки.

Пусть, далее, e_k – число единиц товара, которое может быть перевезено k перевозочным средством. Нечеткие коэффициенты \tilde{c}_{ijk}^q характеризуют единицу товара, вывозимую из пункта отправки i в пункт назначения j с помощью k -го перевозочного средства, в q -й целевой функции ($q = 1, 2, \dots, Q$). Переменная x_{ijk} – это неизвестное количество товаров, которое должно быть доставлено из пункта i в пункт j посредством k -го перевозочного средства. Тогда задача *f-MSTP* запишется в виде:

$$\min L_q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \tilde{c}_{ijk}^q \cdot x_{ijk}, \quad q = 1, 2, \dots, Q, \quad (1.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K x_{ijk} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (1.2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K x_{ijk} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (1.3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ijk} = e_k, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (1.4)$$

$$x_{ijk} \geq 0, \quad \forall i, j, k \quad (1.5)$$

где $a_i \geq 0, \forall i; b_j \geq 0, \forall j; e_k \geq 0, \forall k; \tilde{c}_{ijk}^q \geq 0, \forall i, j, k$.

Условие баланса

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = \sum_{k=1}^K e_k \quad (1.6)$$

является необходимым и достаточным условием существования допустимых решений задачи (1.1) - (1.5).

Будем полагать, что ограничения (1.2)-(1.6) поставленной задачи оптимизации являются четкими, а коэффициенты \tilde{c}_{ijk}^q – случайные величины, заданные выборками наблюдений очень малых объемов, вследствие чего имеет место высокая степень их неопределенности.

2. Нечеткое моделирование переменных при малой выборке наблюдений

Пусть X непрерывная случайная величина, заданная выборкой малого объема. Под малой выборкой понимается множество

$$\{x_1, \dots, x_n\} \quad (2.1)$$

экспериментальных значений x_i , полученных при соответствующих испытаниях, причем n настолько мало, что применение классических методов определения закона распределения X невозможно. При малом n для получения оценки плотности вероятности $f(x)$ непрерывной случайной величины X возможно использование метода прямоугольных вкладов [13]. Прямоугольный вклад представляет собой результат «размазывания» каждого значения x_i на некотором интервале $2d$ в пределах от $x_i - d$ до $x_i + d$ [13]. Ширина вклада $2d$ в отличие от известных рекомендаций может выбираться субъективно.

Пусть $x_1^*, x_2^*, \dots, x_{n_0}^*$, ($n_0 \leq n$) различные значения X в заданной выборке (2.1), причем

$$x_1^* < x_2^* < \dots < x_{n_0}^*. \quad (2.2)$$

При условии (2.2) можно принять

$$d = \max_{k=1, n_0-1} (x_{k+1}^* - x_k^*) \quad (2.3)$$

Искомая оценка плотности вероятности при этом записывается так:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{n_0} \sum_{k=1}^{n_0} \varphi_k(x), \quad (2.4)$$

где

$$\varphi_k(x) = \begin{cases} \frac{1}{2d}, & x \in [x_k^* - d, x_k^* + d], \\ 0, & x \notin [x_k^* - d, x_k^* + d]. \end{cases} \quad (2.5)$$

- элементарная равномерная плотность (или функция вклада в терминологии [14]), приписываемая каждой отдельной реализации x_i выборки (2.1).

Границные точки отрезков $[a_k, b_k] = [x_k^* - d, x_k^* + d]$ ($k = \overline{1, n_0}$) разбивают отрезок $[a, b] = [x_k^* - d, x_k^* + d]$ на n_1 отрезков $\Delta_l = [\gamma_l - \frac{\rho_l}{2}, \gamma_l + \frac{\rho_l}{2}]$, ($l = \overline{1, n_1}$), примыкающих друг к другу и имеющих длину ρ_l , кратную числу ρ , т.е. $\rho_l = \lambda_l \cdot \rho$ (λ_l - целые положительные числа), где

$$\rho = \min_{k=1, n_0-1} (x_{k+1}^* - x_k^*) \quad (2.6)$$

Любая непрерывная или дискретная случайная величина X с неизвестным законом распределения в результате анализа малой выборки ее значений может быть представлена в универсальном множестве $X = [a, b]$ соответствующим непрерывным нечетким множеством \tilde{X} , которое записывается как

$$\tilde{X} = \mu_{\tilde{X}}(\Delta_1)/\Delta_1 + \dots + \mu_{\tilde{X}}(\Delta_{n_1})/\Delta_{n_1}. \quad (2.7)$$

Для этого следует, во-первых, получить малую выборку, т.е. найти несколько значений x_i рассматриваемой случайной величины. Во-вторых, необходимо по значениям случайной величины X с помощью анализа малой выборки получить субъективную оценку $\hat{f}(x)$ плотности вероятности $f(x)$, т.е. непрерывную функцию принадлежности $\mu_{\tilde{X}}(x)$. Субъективность оценки $\hat{f}(x)$ определяется субъективностью выбора n и d . В-третьих, нужно осуществить фазификацию X в \tilde{X} и перейти от $\hat{f}(x)$ к субъективной функции вероятности $\rho_X(a_k \leq x \leq b_k)$. Для этого воспользуемся процедурой [15].

Пусть A_l принадлежит одновременно отрезкам $[a_k, b_k]$ ($k = k_l^{(1)}, k_l^{(1)} + 1, \dots, k_l^{(2)}$), где $k_l^{(1)}, k_l^{(1)} + 1, \dots, k_l^{(2)} \in \{1, 2, \dots, n_0\}$.

Тогда

$$P\{x \in \Delta_l | x \in \tilde{X}\} = \sum_{k=k_l^{(1)}}^{k_l^{(2)}} P\{a_k \leq x \leq b_k | x \in \Delta_l\}, \quad (2.8)$$

причем

$$P\{a_k \leq x \leq b_k | x \in \Delta_l\} = \frac{\lambda_l \cdot \rho}{n_0} \cdot \varphi_k(x) = \frac{1}{n_0} \lambda_l \cdot \rho \cdot h, \quad (2.9)$$

Здесь P – символ вероятности; $h = 1/2d$ – высота прямоугольного вклада.

Понимая теперь $\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l)$ как

$$\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l) = P\{x \in \Delta_l | x \in \tilde{X}\}, \quad (2.10)$$

получим

$$\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l) = \frac{\check{k}_l}{n_0} \cdot \lambda_l \cdot \rho \cdot h, \quad \check{k}_l = k_l^{(2)} - k_l^{(1)}. \quad (2.11)$$

Таким образом, процедура получения функции принадлежности $\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l)$ для нечеткого множества (2.7) сводится к следующей последовательности шагов:

- 1) экспериментально определяется малая выбора (2.1) и соответствующий ей ранжированный ряд (2.2);
- 2) выбираются ширина $2d$ и высота $h = 1/2d$ прямоугольного вклада, при этом d определяется согласно условию (2.3);
- 3) определяются вклады $\varphi_k(x)$ по формуле (2.5);
- 4) определяются по формуле (2.4) оценка $\hat{f}(x)$ плотности вероятности случайной величины X ;
- 5) по формуле (2.8) вычисляются субъективные вероятности $P\{x \in \Delta_l | x \in \tilde{X}\}$;
- 6) фиксируются в соответствии с (2.10) функции принадлежности $\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l)$ ($l = \overline{1, n_1}$) и нечеткое множество (2.7).

В результате данной процедуры получим ступенчатую функцию принадлежности $\mu_{\tilde{X}}(x)$:

$$\mu_{\tilde{X}}(x) = \begin{cases} 0, & x < \gamma_1 - \frac{\rho_1}{2}, \\ h_l, & \gamma_l - \frac{\rho_l}{2} \leq x < \gamma_l + \frac{\rho_l}{2}, \quad (l = \overline{1, n_1}), \\ 0, & x \geq \gamma_h + \frac{\rho_l}{2}, \end{cases} \quad (2.12)$$

изображенной на рис.2.1. Здесь $h_l = \frac{k_l}{n_0} \cdot \lambda_l \cdot \rho \cdot h$.

Пример [15]. Пусть случайная величина X задана выборкой наблюдений объема $n = 5$:

$$x_1 = 13.8, \quad x_2 = 11.4, \quad x_3 = 4.2, \quad x_4 = 0.2, \quad x_5 = 11.8$$

Согласно описанной выше процедуры выполняем следующую последовательность шагов.

1. Строим соответствующий данной выборке ранжированный ряд (2.2):

$$x_1^* = 0.2, \quad x_2^* = 4.2, \quad x_3^* = 11.4, \quad x_4^* = 11.8, \quad x_5^* = 13.8 \quad (n_2 = 5)$$

2. Выбираем в соответствии с (2.3)

$$2d = \max_{k=1,4} (x_{k+1}^* - x_k^*) = 2(11.4 - 4.2) = 14.4.$$

$$h = 1/2d = 1/14.4 = 0.0694.$$

3. Определим по формуле (2.5) прямоугольные вклады:

$$\varphi_k(x) = \begin{cases} 0.0694 & x \in (a_k, b_k); \\ 0, & x \notin (a_k, b_k); \end{cases} \quad (k = \overline{1, 5})$$

где $(a_1, b_1) = (-7.0; 7.4)$, $(a_2, b_2) = (-3.0; 11.4)$, $(a_3, b_3) = (4.2; 18.6)$,
 $(a_4, b_4) = (4.6; 19.0)$, $(a_5, b_5) = (6.6; 21.0)$

4. Согласно (2.4) находим

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \varphi_k(x),$$

при этом

$$\int_{-7}^{21} \hat{f}(x) dx = 1.$$

Действительно, принимая во внимание, что $n_1 = 9$,

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= [-7.0; -3.0], & \Delta_2 &= (-3.0; 4.2], & \Delta_3 &= (4.2; 4.6], \\ \Delta_4 &= (4.6; 6.6], & \Delta_5 &= (6.6; 7.4], & \Delta_6 &= (7.4; 11.4], \\ \Delta_7 &= (11.4; 18.6], & \Delta_8 &= (18.6; 19.0], & \Delta_9 &= (19.0; 21.0],\end{aligned}$$

с учетом $\rho = 0.4$, $h = 0.0694$ и равенства (2.4), получим

$$\int_{-7}^{21} \hat{f}(x) dx = \sum_{l=1}^9 \int_{\Delta_l} \hat{f}(x) dx = \frac{1}{5} \cdot 0.4 \cdot 0.0694 (1 \cdot 10 + 2 \cdot 18 + 3 \cdot 1 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 10 + 3 \cdot 18 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 5) = \frac{1}{5} \cdot 0.4 \cdot 0.0694 \cdot 185 = 1.027 \approx 1.$$

Здесь первые сомножители внутри скобки означают \tilde{k}_l , а вторые — λ_l .

5. Вычислим по формулам (2.8)-(2.9) субъективные вероятности

$$\begin{aligned}P\{x \in \Delta_1 | x \in \tilde{X}\} &= 0.0555; & P\{x \in \Delta_2 | x \in \tilde{X}\} &= 0.1999; \\ P\{x \in \Delta_3 | x \in \tilde{X}\} &= 0.0166; & P\{x \in \Delta_4 | x \in \tilde{X}\} &= 0.1388; \\ P\{x \in \Delta_5 | x \in \tilde{X}\} &= 0.0555; & P\{x \in \Delta_6 | x \in \tilde{X}\} &= 0.2221; \\ P\{x \in \Delta_7 | x \in \tilde{X}\} &= 0.2298; & P\{x \in \Delta_8 | x \in \tilde{X}\} &= 0.0111; \\ P\{x \in \Delta_9 | x \in \tilde{X}\} &= 0.0278.\end{aligned}$$

Здесь принимается во внимание, что Δ_1 пересекается с (a_1, b_1) ;

$$\begin{aligned}\Delta_2 &- c (a_1, b_1), (a_2, b_2); & \Delta_3 &- c (a_1, b_1), \dots, (a_3, b_3); \\ \Delta_4 &- c (a_1, b_1), \dots, (a_4, b_4); & \Delta_5 &- c (a_1, b_1), \dots, (a_5, b_5); \\ \Delta_6 &- c (a_2, b_2), \dots, (a_5, b_5); & \Delta_7 &- c (a_3, b_3), \dots, (a_5, b_5); \\ \Delta_8 &- c (a_4, b_4), (a_5, b_5); & \Delta_9 &- c (a_5, b_5).\end{aligned}$$

6. Вычисляя $\mu_{\tilde{X}}(\Delta_l)$ ($l = \overline{1, 9}$) по формулам (2.10)-(2.11), получим:

$$\begin{aligned}\tilde{X} = 0.0555/\Delta_1 + 0.1999/\Delta_2 + 0.0166/\Delta_3 + 0.1388/\Delta_4 + 0.0555/\Delta_5 + \\ + 0.2221/\Delta_6 + 0.2998/\Delta_7 + 0.0111/\Delta_8 + 0.0278/\Delta_9.\end{aligned}$$

3. Ранжирование нечетких множеств со ступенчатой функцией принадлежности.

Рассмотрим сначала простой и практический метод ранжирования треугольных нечетких чисел (ТНЧ), предложенный Льюи и Вэнгом [16]. Этот метод основан на вычислении некоторого интеграла, который ставится в соответствие к рассматриваемому нечеткому числу. Левостороннее значение интеграла характеризует принятие пессимистического решения, а правостороннее значение интеграла — оптимистического решения. Выпуклая комбинация этих двух значений интеграла с параметром α , отражающим степень оптимизма, названа в [17] общим значением интеграла.

Пусть \tilde{A} есть ТНЧ, определяемое тройкой чисел (a_1, a_2, a_3) , с функцией принадлежности

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - a_1)/(a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (x - a_3)/(a_2 - a_3), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (3.1)$$

где a_1, a_2, a_3 — вещественные числа; $a_1 \leq a_2 \leq a_3$.

Обычно ТНЧ представляется картежом в виде [18]

$$\tilde{A} = (s, m_1, m_2), \quad (3.2)$$

где s – модальное значение; m_1 и m_2 – левый и правый коэффициенты нечеткости. Тройки чисел (a_1, a_2, a_3) и (s, m_1, m_2) связаны соотношениями:

$$s = a_2, \quad m_1 = a_2 - a_1, \quad m_2 = a_3 - a_2 \quad (3.3)$$

Соответствующие обратные функции для $\mu_{\tilde{A}}(x)^L = (x - a_1)/(a_2 - a_1)$ и $\mu_{\tilde{A}}(x)^R = (x - a_3)/(a_2 - a_3)$ выражаются соответственно функциями

$$g_{\tilde{A}}(y)^L = a_1 + (a_2 - a_1)y, \quad g_{\tilde{A}}(y)^R = a_3 + (a_2 - a_3)y, \quad y \in [0,1]. \quad (3.4)$$

Левые и правые значения интеграла, сопоставляемого с ТНЧ \tilde{A} , формулируются в виде (рис. 3.1.):

$$I(\tilde{A})^L = S_{ADB} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^L dy \quad (3.5)$$

$$I(\tilde{A})^R = S_{BDC} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^R dy \quad (3.6)$$

Здесь S_{ADB} и S_{BDC} – площадь треугольников ADB и BDC ; L – сокращение от англ. *Left* - левый, а R – от англ. *Right* - правый.

Общее значение (total valve) интеграла, сопоставляемого с ТНЧ $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ записывается согласно [8] как

$$I_T^\alpha(\tilde{A}) = \alpha I(\tilde{A})^R + (1 - \alpha)I(\tilde{A})^L = \frac{1}{2}[\alpha a_3 + a_2 + (1 - \alpha)a_1], \quad (3.7)$$

где α - заданная степень оптимума, $\alpha \in [0,1]$.

При $\alpha = 0$ общее значение интеграла $I_T^0(\tilde{A})$ представляет оптимистическое решение, поскольку в этом случае $I_T(\tilde{A})$ совпадает с левосторонним значением интеграла $I(\tilde{A})^L$, вычисляемым по меньшим значениям переменных x_{ijk} , что при условии (1.5) приводит к меньшим значениям соответствующей целевой функции. Для пессимистического решения ($\alpha = 1$) общее значение интеграла $I_T^\alpha(\tilde{A})$ совпадает с правосторонним значением интеграла $I(\tilde{A})^R$. Разумеется, в случае максимизации целевой функции $\alpha = 0$ будет соответствовать пессимистическому решению, а $\alpha = 1$ – оптимистическому. Для умеренного решения, которое получается при $\alpha = 0,5$ (как при минимизации, так и максимизации целевой функции), общее значение интеграла равно $I_T^\alpha(\tilde{A}) = \frac{1}{2}[I(\tilde{A})^L + I(\tilde{A})^R]$, и мы приходим к методу сравнения нечетких чисел [9].

Используя $I_T^\alpha(\tilde{A})$ в качестве функции сравнения, получим следующий критерий ранжирования нечетких чисел \tilde{A}_i и \tilde{A}_j [8]:

1. Если $I_T^\alpha(\tilde{A}_i) < I_T^\alpha(\tilde{A}_j)$, то $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$.
2. Если $I_T^\alpha(\tilde{A}_i) = I_T^\alpha(\tilde{A}_j)$, то $\tilde{A}_i = \tilde{A}_j$.
3. Если $I_T^\alpha(\tilde{A}_i) > I_T^\alpha(\tilde{A}_j)$, то $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$.

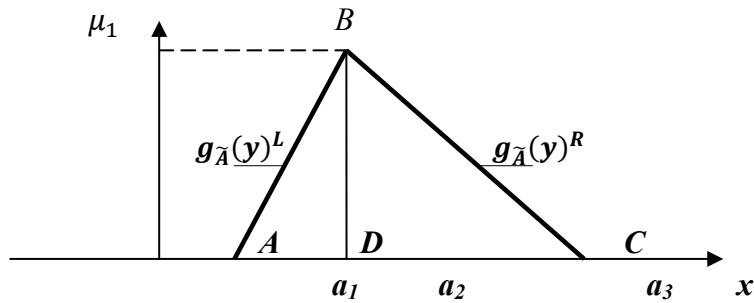


Рис. 3.1. Геометрическая интерпретация $I(\tilde{A})^L$ и $I(\tilde{A})^R$

для ТНЧ $\tilde{A} = < a_1, a_2, a_3 >_{LR}$

$$I(\tilde{A})^L = S_{ADB} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^L dy = \int_0^1 [a_1 + (a_2 - a_1)y] dy = \frac{1}{2} (a_1 + a_2) \quad (3.9)$$

$$I(\tilde{A})^R = S_{BDC} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^R dy = \int_0^1 [a_1 + (a_2 - a_3)y] dy = \frac{1}{2} (a_2 + a_3) \quad (3.10)$$

Здесь S_{ADB} и S_{BDC} — площадь треугольников ADB и BDC .

Для нечеткого множества \tilde{A} с функцией принадлежности (2.12) можно ввести понятие интегральных значений $I(\tilde{A})^L$ и $I(\tilde{A})^R$ следующим образом:

$$I(\tilde{A})^L = \sum_{l=1}^{n_1} (2S_{Q_l^L}), I(\tilde{A})^R = \sum_{l=1}^{n_1} (2S_{Q_l^R}) \quad (3.11)$$

где $S_{Q_l^L}$ и $S_{Q_l^R}$ — площади треугольников $Q_l^L = C_l A_l O_l$ и $Q_l^R = C_l^* O_l B_l$ соответственно, C_l^* — середина отрезка $C_l D_l$.

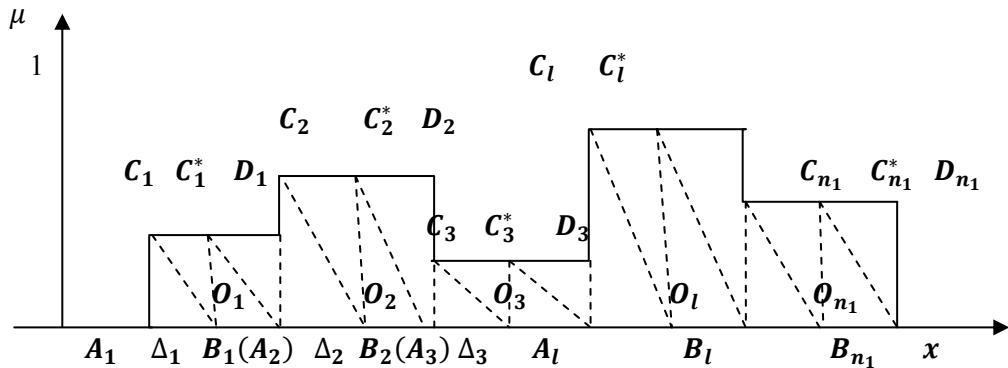


Рис. 3.2. Функция принадлежности $\mu_{\tilde{x}}(x)$

Обозначим через $x = g_l^L(y)$ и $x = g_l^R(y)$ уравнения прямых, проходящих через точки C_l, O_l и C_l^*, B_l соответственно. Так как

$$g_l^L(y) = \gamma_l + \frac{\rho_l}{2}y \text{ и } g_l^R(y) = \gamma_l + \frac{\rho_l}{2} + \frac{\rho_l}{2}y, \text{ то}$$

$$S_{Q_l^L} = \int_0^{h_l} g_l^L(y) dy = \int_0^{h_l} \left(\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} y \right) dy = h_l \left(\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} h_l \right), \quad (3.12)$$

$$S_{Q_l^R} = \int_0^{h_l} g_l^R(y) dy = \int_0^{h_l} \left(\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} + \frac{\rho_l}{2} y \right) dy = h_l \left[\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} \left(1 + \frac{1}{2} h_l \right) \right] \quad (3.13)$$

Из (3.11) – (3.13) находим

$$I(\tilde{A})^L = \sum_{l=1}^{n_1} 2h_l \left[\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} h_l \right], \quad I(\tilde{A})^R = \sum_{l=1}^{n_1} 2h_l \left[\gamma_l + \frac{\rho_l}{2} \left(1 + \frac{1}{2} h_l \right) \right] \quad (3.14)$$

Таким образом, вводя

$$I_T^\alpha(\tilde{A}) = 2I(\tilde{A})^R + (1 - \alpha)I(\tilde{A})^L \quad (3.15)$$

с параметрами α , $0 < \alpha < 1$, где $I(\tilde{A})^L$ и $I(\tilde{A})^R$ определяются формулами (3.14), можно использовать критерии (3.8) для ранжирования нечетких множеств со ступенчатой функцией принадлежности (2.12).

Пусть F есть множество всех нечетких множеств с функцией принадлежности (2.12) и $\tilde{z}_q(x)$ есть значение критерия z_q в (1.1) при некотором $x \in F$. Согласно правилам выполнения арифметических действий над нечеткими множествами [18], $\tilde{z}_q(x)$ есть нечеткое множество из F .

Для сравнения значений $\tilde{z}_q(x)$ при различных x из F возьмем функцию $R[\tilde{z}_q(x)] = I_T^\alpha[\tilde{z}_q(x)]$ и определим с ее помощью понятие Парето-оптимального решения задачи $f - MSTP$.

Определение 3.1. Решение $\tilde{x} = [x_{ijk}]$ назовем Парето-оптимальным (или эффективным) решением задачи $f - MSTP$, если не существует такого $x \in F$, для которого

$$R[\tilde{z}_q(x)] \leq R[\tilde{z}_q(\tilde{x})] \quad \forall q = 1, \dots, Q, \quad (3.16)$$

причем хотя бы одно из неравенств (3.16) являлось бы строгим, т.е. для некоторого $p \in (1, \dots, Q)$

$$R[\tilde{z}_p(x)] < R[\tilde{z}_p(\tilde{x})] \quad (3.17)$$

4. Генетический алгоритм решения задачи $f - MSTP$.

4.1. Инициализация данных

Естественно представлять решение рассматриваемой задачи в виде трехмерного массива. С целью генерации первоначальной популяции, удовлетворяющей всем ограничениям задачи, предлагается следующая процедура [8].

Процедура инициализации.

begin

$\pi := \{1, 2, \dots, m \times n \times K\}$

repeat

выбор случайного числа l из множества π ;

вычисление соответствующих нижних индексов;

$i := [(l - 1)mod(m \cdot n)/n + 1]$;

$j := (l - 1)/m \bmod n + 1;$

$k := [(l - 1) \bmod (m \cdot n)] + 1;$

определение допустимого значения x_{ijk}

$x_{ijk} := \min\{a_i, b_j, e_k\};$

изменить данные;

$$a_i := a_i - x_{ijk}; \quad b_j := b_j - x_{ijk}; \quad e_k := e_k - x_{ijk}; \quad \pi := \pi \setminus \{l\};$$

идти на *repeat* до тех пор пока π станет пустым множеством

end

4.2. Генетические операторы.

Генетические операторы (селекция, скрещивание и мутация) были впервые введены Холландом [19] и усовершенствованы Гольдбергом [20].

Селекция. Процесс селекции является первым оператором в генетическом алгоритме. Он определяет, какие родители принимают участие в процессе скрещивания (рекомбинации) наследственных клеток.

При заданной вероятности скрещивания (crossover rate) p_c выбирается из популяции случайным образом $N_1 = [p_c \cdot pop_size]$ хромосом (индивидуов популяции), где pop_size - размер популяции и $[a]$ - целая часть числа a .

В каждой генерации генетического алгоритма из этих случайно выбранных N_1 хромосом (геномов) составляется последовательность различных родительских пар (в любом порядке следования) (X_1, X_2) , где $X_1 = (x_{ijk}^1)$, $X_2 = (x_{ijk}^2)$. Общее число таких пар равно $C_{N_1}^2$.

Скрещивание. Скрещивание (рекомбинация) означает способ, при котором наследственная единица двух родителей переносится к потомку.

Скрещивание пары (X_1, X_2) (X_1 - "он", X_2 - "она") состоит из следующих трех шагов.

Шаг 1. Построим два вспомогательных вектора $D = (d_{ijk})$ и $R = (r_{ijk})$ с компонентами:

$$d_{ijk} = [(x_{ijk}^1 + x_{ijk}^2)/2], r_{ijk} = (x_{ijk}^1 + x_{ijk}^2) \bmod 2.$$

Вектор D производит усреднение значений переменных x_{ijk} соответствующих обоим родителям, а вектор R уточняет, насколько такое усреднение необходимо. Соотношение между двумя этими векторами задается уравнениями:

$$a_i - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K d_{ijk} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ijk}, \quad (i = 1, 2, \dots, m);$$

$$b_j - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K d_{ijk} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K r_{ijk}, \quad (j = 1, 2, \dots, n);$$

$$e_k - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ijk} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ijk}, \quad (k = 1, 2, \dots, K).$$

Шаг 2. Разобьем вектор R на две матрицы $R^1 = r_{ijk}^1$ и $R^2 = r_{ijk}^2$ так, чтобы удовлетворялись условия:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ijk}^1 &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ijk}^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ijk}, \quad (i = 1, 2, \dots, m); \\ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K r_{ijk}^1 &= \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K r_{ijk}^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K r_{ijk}, \quad (j = 1, 2, \dots, n); \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ijk}^1 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ijk}^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ijk}, \quad (k = 1, 2, \dots, K). \end{aligned}$$

Очевидно, что существует много возможных вариантов разбиения R на части R^1 и R^2 так, чтобы удовлетворялись вышеуказанные равенства.

Шаг 3. Построим теперь два потомка

$$X_1^1 = D + R^1 \text{ и } X_2^1 = D + R^2$$

Сделав ту же операцию для каждой из $C_{N_1}^2$ пар (X_1, X_2) , завершаем процесс скрещивания и полученные потомки X_1^1 и X_2^1 включаем в популяцию вместе с их родителями, если при этом число индивидов популяции не превышает величины *pop_size*.

Мутация. При заданной вероятности мутации (*mutation rate*) p_m выбирается случайным образом $N_2 = [p_m \cdot pop_size]$ хромосом. В каждой генерации из этих N_2 хромосом составляется последовательность различных родительских пар (X_1, X_2) .

Операция мутации векторов X_1 и X_2 осуществляется в три шага.

Шаг 1. Построим для каждого родительского вектора $(X_1$ и $X_2)$ соответствующий субвектор следующим образом. Выберем случайно индексы $\{i_1, \dots, i_x\}$, $\{j_1, \dots, j_y\}$ и $\{k_1, \dots, k_z\}$ и построим $(x \times y \times z)$ -мерный субвектор $W = (w_{ijk})$, где $\{i_1, \dots, i_x\}$ есть подмножество из $\{1, 2, \dots, m\}$ и $2 \leq x \leq m$, $\{j_1, \dots, j_y\}$ - подмножество из $\{1, 2, \dots, n\}$ и $2 \leq y \leq n$, $\{k_1, \dots, k_z\}$ - подмножество из $\{1, 2, \dots, K\}$ и $2 \leq z \leq K$. Придадим w_{ijk} значения элементов x_{ijk} родительского вектора.

Шаг 2. Разместим поставки товаров в соответствии с построенным субвектором W . Допустимые значения количества поставляемых товаров a_i^W , $i \in I_x = \{i_1, \dots, i_x\}$, спросов b_j^W , $j \in J_y = \{j_1, \dots, j_y\}$ и мощностей перевозочных средств e_k^W , $k \in K_z = \{k_1, \dots, k_z\}$ определяются по субвектору W следующим образом:

$$\begin{aligned} a_i^W &= \sum_{j \in J_y} \sum_{k \in K_z} w_{ijk}, \quad i \in I_x; \\ b_j^W &= \sum_{i \in I_x} \sum_{k \in K_z} w_{ijk}, \quad j \in J_y; \\ e_k^W &= \sum_{i \in I_x} \sum_{j \in J_y} w_{ijk}, \quad k \in K_z. \end{aligned}$$

Определим теперь с помощью процедуры инициализации новые значения компонент вектора W , удовлетворяющие ограничениям задачи (1.2)–(1.4) с новыми правыми частями

$$a_i^w(i \in I_x), b_j^w(j \in J_y), e_k^w(k \in K_z).$$

Шаг 3. Заменим элементы каждого из двух родительских векторов с индексами $i \in I_x, j \in J_y, k \in K_z$ элементами соответствующего субвектора W и полученные новые элементы включаем в популяцию.

Проделав ту же операцию для каждой из $C_{N_2}^2$ пар (X_1, X_2) , завершаем процесс мутации и полученную новую пару (X_1^w, X_2^w) включаем в популяцию, если при этом число индивидов не будет превышать величины pop_size .

При создании популяции учитываются четыре аспекта [3]: величина (размер), структура, схема замещения и начальная популяция.

При выборе величины популяции существует проблема согласования между сходимостью при получении субоптимальных (Парето-оптимальных) решений при небольших размерах популяций и высокой вычислительной способностью при хороших результатах в случае больших популяций. Эмпирические исследования показывают, что величина популяции должна находиться в интервале от 20 до 200. Самой простой возможностью является разделение популяции на несколько популяций, которые не допускают обмен их индивидов. При этой модели сужается поле решений. Если допускается переход индивидов к другим субпопуляциям, тогда речь идет о миграционной модели, что увеличивает сложность модели.

Основная процедура генетического алгоритма

Шаг 0. Введем величины: размер популяции (pop_size), норма мутации (p_m), норма скрещивания (p_c), максимальное число генераций (max_gen) и номер начальной генерации $t = 0$. Зададим степень оптимизма α , и относительные важности (w_q) для каждой q – ой целевой функции.

Шаг 1. Произведем процедуру инициализации (описана выше).

Шаг 2. Вычислим значение каждой целевой функции для каждого индивидуума (хромосомы) популяции $X_s = \{x_{ijk}^s\}$ ($s = 1, 2, \dots, pop_size$):

$$\tilde{z}_q(X_s) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \tilde{c}_{ijk}^q x_{ijk}^s;$$

$$\tilde{Z}_q = [\tilde{z}_q(X_1), \tilde{z}_q(X_2), \dots, \tilde{z}_q(X_{pop_size})], \quad q = 1, 2, \dots, Q$$

Выделим Парето-оптимальные решения в смысле определения 3.1 с функцией сравнения $R\{\tilde{z}_q(x)\} = I_T^\alpha\{\tilde{z}_q(x)\}$. Исключим из дальнейшего рассмотрения решения x , не являющиеся Парето-оптимальным.

Шаг 3. Выберем решение, соответствующее минимуму $I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{min})$ (или максимуму $I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{max})$) каждой целевой функции и сравним его с решениями, выбранными на предыдущей генерации:

$$I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\min(t)}) = \min_s \left\{ I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\min(t-1)}), I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{(t)}(X_s)) \mid s = 1, 2, \dots, pop_size \right\}$$

$$(q = 1, 2, \dots, Q);$$

$$I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\max(t)}) = \max_s \left\{ I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\max(t-1)}), I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{(t)}(X_s)) \mid s = 1, 2, \dots, pop_size \right\}$$

$$(q = 1, 2, \dots, Q).$$

Шаг 4. Вычислим веса каждой целевой функции в функции полезности

$$\delta_q = I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\max(t)}) - I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\min(t)}), \quad q = 1, 2, \dots, Q$$

$$\beta_q = \frac{\delta_q}{\sum_{q=1}^Q \delta_q}, \quad q = 1, 2, \dots, Q.$$

Шаг 5. Вычислим функцию полезности

$$eval(X_s) = \sum_{q=1}^Q \beta_q I_T^\alpha(\tilde{z}_q(X_s)), \quad \forall s = 1, 2, \dots, pop_size.$$

Для того чтобы построить наилучшее компромиссное решение, применим метод TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), предложенный впервые Хуангом и Ионом [17] для многоальтернативной задачи принятия решения. Обозначим

$$PIS: I_T^\alpha(\tilde{z}_q^*(t)) = \min\{I_T^\alpha(\tilde{z}_q^*(t-1)), I_T^\alpha(\tilde{z}_q^1(t)), \dots, I_T^\alpha(\tilde{z}_q^v(t))\}, q = 1, 2, \dots, Q;$$

$$NIS: I_T^\alpha(\tilde{z}_q^-(t)) = \max\{I_T^\alpha(\tilde{z}_q^*(t-1)), I_T^\alpha(\tilde{z}_q^1(t)), \dots, I_T^\alpha(\tilde{z}_q^v(t))\}, q = 1, 2, \dots, Q;$$

где t – номер генерации, v – число Парето-оптимальных решений *PIS* и *NIS*

- означают соответственно «позитивное идеальное решение» (*Positive Ideal Solution*) и «негативное отрицательное решение» (*Negative Ideal Solution*).

Вычислим взвешенные евклидовые расстояния:

$$s_k^* = \sqrt{\sum_{q=1}^Q w_q^2 (h_q^* - h_q^k)^2}, \quad s_k^- = \sqrt{\sum_{q=1}^Q w_q^2 (h_q^k - h_q^-)^2}, \quad k = 1, 2, \dots, v,$$

где h_q^k – нормировка для \tilde{z}_q^k , определяемая выражением

$$h_q^k = \frac{I_T^\alpha(\tilde{z}_q^k)}{\sqrt{\sum_{p=1}^v (I_T^\alpha(\tilde{z}_q^p))^2 + (I_T^\alpha(\tilde{z}_q^*))^2 + (I_T^\alpha(\tilde{z}_q^-))^2}}, \quad k = 1, 2, \dots, v,$$

h_q^* и h_q^- – нормализации для \tilde{z}_q^* и \tilde{z}_q^- соответственно и $w_q, q = 1, 2, \dots, Q$ – относительные важности (веса) целевых функций, удовлетворяющие условию $\sum_{q=1}^Q w_q = 1$ (при одинаковых относительных важностях всех целевых функций $w_q = 1/q$).

Далее вычисляются евклидовые расстояния

$$d_k = \frac{s_k^-}{s_k^* + s_k^-}, \quad k = 1, 2, \dots, v$$

Наилучшим считается решение для которого d_k наиболее близко к 1.

Если через некоторое число генераций видно, что улучшение (т.е. уменьшение) средней полезности популяции незначительно, то можно остановить процесс, выбирая наилучшее Парето-оптимальное решение по методу TOPSIS (описанному выше).

Шаг 6. Произвести операцию мутации (описанную выше).

Шаг 7. Произвести операцию скрещивания (описанную выше).

Шаг 8. Если $t = \max _gen$, то остановить процесс и выбрать наилучшее решение из множества Парето-оптимальных решений по методу TOPSIS.

Иначе, полагаем $t := t + 1$ и идем на шаг 2.

Для задачи $f - MSTP$ в случае, когда коэффициенты \tilde{c}_{ijk}^q целевых функций являются нечеткими множествами со ступенчатой функцией вида (2.12), интегралы $I(\tilde{z}_q)^L$ и $I(\tilde{z}_q)^R$, входящие в выражение для $I_T^\alpha(\tilde{z}_q)$, вычисляются по формулам (3.14).

Заключение.

1. Получен критерий ранжирования нечетких множеств с функцией принадлежности в виде ступенчатой функции.

2. На основе представления случайных величин нечеткими множествами со ступенчатой функцией принадлежности показана возможность применения генетического алгоритма решения многокритериальной транспортной задачи с четкими ограничениями и коэффициентами частных целевых функций, относительно которой имеется малый объем априорной информации.

3. Алгоритм допускает обобщение на случай мультииндексных многокритериальных транспортных задач, включая задачи о доставке разнородных товаров различными видами (автомобильными, железнодорожным и морским) транспорта и разными перевозочными средствами каждого вида транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бауэрске Д.Дж., Клосс Д.Дж.** Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640с.
2. Модели и методы теории логистики/ Под ред. В.С. Лукинского – СПб.: Питер, 2003. – 203с.
3. **Иванов Д.А.** Управление цепями поставок – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 660 с.
4. **Заде Л.А.** Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
5. **Поспелов Д.А.** (ред.) Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука, 1986.
6. **Бочарников В.П.** Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике. – М.: Наука, 2001.
7. **Подиновский В.В. Ногин В.Д.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, Главная редакция, физ.-мат. материалы, 1982. - 256 с.
8. **Li, V.Z., M. Gen, and K. Ida.** Solving multicriteria solid transportation problem with fuzzy numbers by genetic algorithm., IEEE International conference on Systems, Man and Cybernetics. October 14-17, 1996.
9. **Kaufmann A. and M Gupta.** Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, 2nd edition, North-Holland, Amsterdam, 1991.

10. **Li, V.Z., and M. Gen.** Spanning tree-based genetic algorithm for bicriteria transportation problem with fuzzy coefficients, Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems, vol. 4, no 3, pp. 220-229, 1998.
11. **Li, V.Z., M. Gen, and K. Ida.** Improved genetic algorithm for solving multiobjectivesolid transportation problem with fuzzy members, Japanese Journal of fuzzy Theory and Systems, vol. 9, no. 2, pp. 239-250, 1997.
12. **Gen, M., K. Ida, and Li, V.Z.** Solving bicriteria solid transportation problem with fuzzy numbers by genetic algorithm, Computer and Industrial Engineering, vol. 29, pp. 537-543, 1995.
13. **Гаскарев Д.В., Шаповалов В.И.** Малая выборка. - М.: Статистика, 1978. 248 с.
14. **Чевчанидзе В.В., Кулисишвили В.А.** Об определении законов распределения на основе малого числа наблюдений. - В кн.: Применение вычислительной техники для автоматизации производства (Труды совещания 1959г.) - М.: Машгиз, 1961, с. 71-75.
15. **Искендеров Р.К., Дышин О.А.** Прогнозирование численности экономически активного населения на основе модели нечетких временных рядов//”Bilgi dərgisi” Fizika, riyaziyyat, yer elmləri, Bakı-2002, №3, 49-60s.
16. **Lion, T.S. and Wang M.J.** Ranking fuzzy numbers with integral value, Fuzzy Sets and Systems, vol. 50, pp. 247-252, 1992.
17. **Hwang C.L., Yoon K.** Multiple attribute Decision making: Methods and Applications, Springer-Verilog, 1994.
18. **Леоненков А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB иfuzzyTECH. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005-736 с.
19. **Holland, J.** Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 1975; MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
20. **Goldberg, D.** Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.

**ΗƏDƏF FUNKSIYALARI HAQQINDA BİR APRIORİ İNFORMASIYA
KİÇİK BİR MƏBLƏĞ İLƏ MULTİKRİTERİA NƏQLİYYAT PROBLEMİNİN
HƏLLİNƏ GENETİK YANAŞMA**

S.K. GÖZƏLOV, O.A. DIŞİN

Pilləli mənsubiyyət funksiyalı qeyri səlis çoxluqların ranqlaşdırma kriteriyaları işlənib hazırlanıb. Kiçik həcmli apriori informasiyaya malik olan xüsusi məqsəd funksiyaları əmsallı çoxkriteriyalı nəqliyyat məsələlərinin Pareto-optimal həllərinin qurulması üçün genetik alqoritmin əsaslandırılması verilmişdir.

**GENETIC APPROACH TO THE SOLVING OF THE MULTICRITERIA
TRANSPORTATION PROBLEMS WITH A SMALL AMOUNT OF A PRIORI
INFORMATION BASED ON THE OBJECTIVE FUNCTIONS**

S.K. GEZALOV, O.A. DYSHIN

The ranking criteias are developed on the base of a choice function for the fuzzy sets. The genetic algorithm to construct a Pareto-optimal solutions for the multicriteria transportation problems with coefficients of the private objective functions is substantiated with respect to which there is a small amount of a priori information.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

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

В статье рассматриваются вопросы изменение работоспособности машин и оборудования в зависимости от скорости, характера и распределение износа поверхностей высокоточных ответственных деталей. Анализируются полученные закономерности.

Ключевые слова: детали машин, поверхность, износ, сопротивление, работоспособность, надежность.

Введение. При износе деталей на их рабочих поверхностях возникают сложные процессы, обусловленные микрорезанием, пластическим деформированием, усталостными явлениями, окислительными процессами, температурными влияниями и т.д.

Из-за износа рабочих поверхностей деталей машины и оборудования теряют свои первоначальные показатели и их технические характеристики резко ухудшаются. Исследованиями, проводимыми во время эксплуатации, может быть оценена связь между износом отдельных узлов и рабочими характеристиками машин и получена информация об основных причинах изменения технических характеристик, о длительности работы до ремонта, о показателях надежности и др.

Результаты многочисленных исследований по определению срока службы машин и оборудования в зависимости от износа рабочих поверхностей основных деталей показывают, что они принадлежат к категории случайных процессов. Законы изнашивания являются случайными функциями, так как заранее нельзя установить, какая из реализации данной функции будет иметь место при существующих условиях работы.

Существует два основных способа выявления законов распределения: 1) изучение физических явлений, приводящих к отказам, построение соответствующей математической модели и нахождение для этой модели функции распределения вероятностей; 2) статическое исследование отказов и времени безотказной работы, предусматри-

вающее накопление более или менее обширного материала и обработку полученных фактических данных методом математической статистики [1].

Первый способ основан на разработке специальной области знаний физики отказов. В этом направлении представляют интерес попытки интерпретации применяемых в теории надежности законов распределения на основе построения моделей отказов. Второй способ – эмпирический, его часто используют из-за отсутствия других возможностей [2].

Отсутствие внезапных отказов характеризует нормальное состояние как отдельных узлов, так и машин и оборудований в целом. Влияние износа в таких случаях незначительно, можно им пренебречь и оно не снижает общих показателей надежности.

Отсутствие износовых отказов является основным показателем и количественной характеристикой надежности машин и оборудований. В отличие от массовых изделий, для очень дорогих машин и оборудований, эксплуатируемых в экстремальных условиях, испытания по надежности проводятся для одного-двух экземпляров. Основные показатели измеряются до испытания на надежность. Кроме того, для исключения приработочных отказов производится обкатка, и внезапные отказы не учитывается при анализе наблюдений. По такой методике можно производить и испытания основных узлов и сопряжений машин и механизмов.

Основное значение при потере работоспособности имеют характер и величина изношенных поверхностей ответственных деталей машин и оборудований. Зная скорость, характер изнашивания и ее распределение, можно выявить влияние отдельных деталей, узлов и соединений на работоспособность машин и механизмов, время эксплуатации с необходимыми технологическими параметрами и вероятность безотказной работы. При заданных скоростях и формах изношенных поверхностей основных деталей и узлов машин и оборудований можно определить основные параметры их работоспособности и допустимый износ.

При определении потери резерва работоспособности из-за износа основных узлов и сопряжений машин и оборудований, работающих в экстремальных условиях можно произвести расчеты для выявления формы изношенных поверхностей ответственных деталей и установить влиянию износа на эксплуатационные показатели.

Результаты исследований показывают, что износ ответственных деталей связан не только с износстойкостью материалов и конструкции деталей, но и с интенсивностью эксплуатации машин и оборудований, характером и условиями выполняемых работ, с циклическим изменением влияющих факторов, перепадом различных видов нагрузок, условием среды и др. Исследования, проводимые в условиях эксплуатации, дают наиболее достоверное и точное представление о влиянии отдельных факторов на характер и интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей и на потерю работоспособности машин и оборудований.

Для увеличения срока службы ответственных деталей машин и оборудований следует обратить особое внимание на конструкцию тонкостенных нежестких высокоточных деталей, повышение износстойкости материала, а также правильный выбор

условий эксплуатации и обеспечение равномерного износа рабочих поверхностей деталей.

Исследования [3] показывает, что протекание износа во времени в период нормального износа подчиняется линейному закону с некоторыми отклонениями, которые не носят закономерный характер. Таким образом, износ ответственных деталей машин и оборудования выпускаемых одним и тем же предприятием, может быть представлен во времени как случайная функция.

Применяя методы математической статистики, в результате точных измерений можно установить величину износов поверхностей деталей, определить математическое ожидание и дисперсию случайных функций износа во времени для каждого конкретного случая.

Согласно теории вероятностей случайная величина ξ ($-\infty \leq \xi \leq +\infty$) имеет нормальное распределение, если ее плотность распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (1)$$

где a и σ – параметры нормального распределения вероятностей.

Функция нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left[-\frac{(z-a)^2}{2\sigma^2}\right] dz . \quad (2)$$

Введя в рассмотрение функцию

$$f_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right), \quad (3)$$

значения которой табулированы, можно записать

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} f_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) \quad (4)$$

и

$$F(x) = \frac{1}{\sigma} \int_{-\infty}^x f_0\left(\frac{z-a}{\sigma}\right) dz = \int_{-\infty}^{\frac{x-a}{\sigma}} f_0(y) dy = F_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right). \quad (5)$$

где $F_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right)$ – функция нормального распределения вероятностей центрированной и нормированной случайной величины.

Поскольку случайной величиной в теории вероятностей во многих случаях является время, которое не может быть отрицательным, то вместо закона нормального распределения можно применять усеченное нормальное распределение [4].

Согласно методики, изложенной в работе [4], случайная величина ξ , принимающая только положительные значения, имеет усеченное нормальное распределение, если ее плотность распределения является

$$f(x) = \frac{c}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-a_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] . \quad (6)$$

Функция усеченного нормального распределения записывается в виде

$$F(x) = \frac{c}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left[-\frac{(z-a_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] dz . \quad (7)$$

Нормирующий множитель С находится из условия

$$\frac{c}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \exp\left[-\frac{(z-a_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] dz = 1. \quad (8)$$

Используя функцию $f_0(x)$, можно записать выражение (6) в виде

$$f(x) = \frac{c}{\sigma_0} f_0\left(\frac{x-a_0}{\sigma_0}\right). \quad (9)$$

Учитывая зависимость (9) и заменив переменную интегрирования $\frac{z-a_0}{\sigma_0} = y$; $dz = \sigma_0 dy$, выражение (7) представим в виде

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{C}{\sigma_0} \int_0^x f_0\left(\frac{z-a_0}{\sigma_0}\right) dz = 1 - C \left[1 - \int_{-\infty}^{\frac{x-a_0}{\sigma_0}} f_0(y) dy \right] = \\ &= 1 - C [1 - F_0\left(\frac{x-a_0}{\sigma_0}\right)]. \end{aligned} \quad (10)$$

где C – нормирующий множитель;

σ_0 – параметр усеченного нормального закона распределения вероятностей;

X – выборочное среднее арифметическое значение.

После соответствующих преобразований из условий (8) находим:

$$C = \frac{1}{F_0\left(\frac{a_0}{\sigma_0}\right)}. \quad (11)$$

Поставляя значение C из формулы (11) в выражение (10) и учитывая свойство условия $F_0(-x) = 1 - F_0(x)$, окончательно запишем выражение для функции распределения усеченного нормального распределения

$$F(x) = 1 - \frac{F_0\left(\frac{a_0-x}{\sigma_0}\right)}{F_0\left(\frac{a_0}{\sigma_0}\right)}.$$

Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, распределенной по усеченному нормальному закону, определяются соответственно из выражений

$$M[\xi] = \frac{C}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty z \exp\left[-\frac{(z-a_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] dz$$

и

$$D[\xi] = \frac{C}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty (z - M[\xi])^2 \exp\left[-\frac{(z-a_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] dz$$

Проведя преобразования и учитывая формулы (11), получим

$$M[\xi] = \sigma_0 [b_0 + \varphi_0(b_0)] \quad (12)$$

и

$$D[\xi] = \sigma_0^2 [1 - b_0 [\varphi](b_0) + \varphi_0^2(b_0)], \quad (13)$$

где b_0 – отношение параметров усеченного нормального закона распределения вероятностей,

$$b_0 = \frac{a_0}{\sigma_0};$$

$\varphi_0(b_0)$ – вспомогательная функция,

$$\varphi_0(b_0) = \frac{f_0(b_0)}{F_0(b_0)}.$$

Результаты экспериментальных исследований показывают, что после периода приработки протекание износа рабочих поверхностей цилиндров во времени подчиняется линейному закону и заканчивается после 4-6 месяцев эксплуатации насосов. Во время

установившегося износа скорость изнашивания постоянна, и по ее величине можно определить среднюю величину износа и форму изношенной поверхности цилиндров. Анализ изношенных поверхностей показывает, что наибольший износ происходит на расстоянии 80-100 мм от торца цилиндра.

Надежность и долговечность машин и оборудования непосредственно связаны с износом рабочих поверхностей их ответственных деталей. Машины и оборудования выполняют свои рабочие функции в полном объеме до тех пор, пока точностные и качественные параметры их ответственных деталей находятся в пределах установленного для них поля допуска. Переход за границы поля допуска обычно приводит к отказам. После появления первого отказа заканчивается межналадочный период времени и приходится осуществлять очередную переналадку. Этот процесс относится и к машинам и оборудованием, эксплуатируемым в экстремальных ситуациях.

Эксплуатация машин и оборудования в тяжелых экстремальных условиях не только ухудшает сопротивляемость рабочих поверхностей ответственных деталей износу, но и одновременно снижаются точностные параметры отдельных узлов и посадок, повышается их погрешность. Например, для подшипников качения к таким погрешностям можно отнести торцовое, радиальное и боковое биение по дорожке качения внутреннего кольца, радиальное и боковое биение по дорожке качения наружного кольца, некруглость тел качения и т.д.

Повышение износостойкости ответственных деталей приводит к увеличению работоспособности почти всех машин и механизмов. Износостойкость рабочих поверхностей деталей следует повышать с учетом интенсивности работы и загруженности отдельных узлов и соединений машин и оборудования.

Существенное значение при прогнозировании надежности имеют потери работоспособности машин и механизмов из-за износа отдельных деталей и сопряжений в целом.

Интенсивный износ рабочих поверхностей ответственных деталей и узлов характерны для машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Износом ухудшаются технические параметры, особенно показатели надежности машин и оборудования, работающих при сверхнормативных нагрузках и в неблагоприятных атмосферных средах. Искажения геометрических форм и неравномерность износа высокоточных рабочих поверхностей ответственных деталей также оказывают существенное влияние на качество выполняемых работ, на производительность и эксплуатационную надежность машин и оборудования.

Заключение. Для компенсации износа рабочих поверхностей высокоточных ответственных деталей машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях, можно применять различные методы, такие как автокомпенсация, автоматические регулирование зазоров, система саморегулирования, способы активного контроля, принцип сближения изношенных поверхностей с приложением постоянно действующих сил, система обратной связи, принцип уравновешивания, система экстремального регулирования и др.

ЛИТЕРАТУРА

- Костецкий Б.И., Носовский И.Г.** Износостойкость и антифрикционность деталей машин. – Киев: “Техника”, 1965. - 225 с.
- Технологическая надежность станков. Под общей ред. А.С.Проникова. - М.: “Машиностроение”, 1971. - 344 с.
- Проников А.С.** Износ и долговечность станков. - М.:”Машгиз”, 1957. - 321 с.
- Бабаев С.Г.** Основы теории надежности нефтепромыслового оборудования. – Баку: “АЗнефтехим”, 1976. - 95 с.

EKSTREMAL VƏZİYYƏTLƏRDƏ İŞLƏYƏN MAŞIN VƏ AVADANLIQLARIN MƏSUL DETALLARININ YEYİLMƏYƏ DAVAMLILIQ XARAKTERİSTİKALARININ ANALİZİ VƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

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

Məqalədə ekstremal şəraitdə istismar olunan maşın və avadanlıqların işləmə qabiliyyətlərinin
yeylimənin sürətindən, xarakterindən və yüksək dəqiqliyə malik məsul detalların səthlərində paylanmasından asılı olaraq dəyişməsi məsələlərinə baxılmışdır. Alınan qanuna uyğunluqlar şərh edilmişdir.

THE PERFORMANCE ANALYSIS AND EVALUATION OF THE WEAR RESISTANCE CHARACTERISTICS OF THE MACHINERY CRITICAL PARTS WORKING IN EXTREME CONDITIONS

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

The research paper examines the changes in performance of the machines and equipment depending on the speed, nature, and wear distribution on the surface of high-precision critical parts. The obtained functionality results are analyzed.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Э.С. ПИРВЕРДИЕВ

В статье проанализированы состояние и перспективы использования альтернативных и возобновляемых источников энергии. Приводятся технико-экономические показатели создания морского ветряного парка (Offshore Wind Park) на стационарных платформах в Азербайджанском секторе Каспия. Показано, что для удовлетворения потребности в электроэнергии на стационарных нефтяных морских платформах, очевидно, еще некоторое время будет наиболее экономичным вариант размещения ветроэнергетических установок в виде ветрового парка (Wind Park) на побережье и транспортировки произведенной электроэнергии по подводным кабелям.

Ключевые слова: ветроэнергетика, возобновляемые источники энергии, альтернативная энергия, морской ветряной парк, морская платформа.

В настоящее время ветроэнергетика быстро развивается во многих странах мира. Мировые ветроэнергетические ресурсы чрезвычайно велики и, согласно источникам [1-4], технически доступная суммарная энергия ветра оценивается величиной порядка 53000 ТВт ч/г, что примерно в 4 раза превышает уровень ежегодного мирового потребления электроэнергии. Необходимость решения при этом еще экологических проблем приводит к увеличению доли энергии, производимой возобновляемыми источниками, к общей структуре выработки энергии, прежде всего за счет развития водородной энергетики, использования биотоплива, развития солнечной и ветровой энергетики.

Следует отметить, что ветроэнергетика к началу XXI века стала полноправной и заметной областью электроэнергетики, несмотря на то, что доля ВЭС в производстве электроэнергетики в мире в 1999 году составила чуть более 0,5%. Учитывая успехи отдельных стран, международные организации – Европейская ветроэнергетическая ассоциация (EWEA), Форум по энергетике и развитию (Forum for Energy and Development) и международный Гринпис (Greenpeace International) – выдвинули программу «Wind Force

10», цель которой является достижение 10 процентов доли ветроэнергетики в мировом производстве электроэнергии в 2020 году (табл.1).

При этом предполагалось, что общее производство электроэнергии в мире увеличится с 14919 ТВт·ч в 1999 году до 27351 ТВт·ч в 2020 году, т.е. почти в 2 раза. На момент появления программы цель ее многим специалистам казалась нереальной. Однако мониторинг программы, проведенный специалистами, показал, что за период с 1999 года по 2006 год развитие ветроэнергетики идет с опережением намеченных темпов. Как видно из табл. 1, по программе в 2006 году установленная мощность должна быть 66929 МВт, фактически же она составила 74223 МВт.

В 2004-2005 годах авторы программы «Wind Force 10» решили, что условия развития ветроэнергетики в мире позволяют поставить более амбициозную задачу – достижение в 2020 году доли ветроэнергетики в мировом производстве электрической энергии, равной 12%, соответственно, программа получила название «Wind Force 12».

Программа «Wind Force 10»

Годы	Процент роста в год, %	Годовой ввод мощности, МВт	Общая установленная мощность на конец года, МВт		Годовое производство электрической энергии на ВЭС, ТВт·ч	Годовое потребление электроэнергии в мире, ТВт·ч	Доля ветровой электроэнергии, %
			Прогноз	Факт			
1999	20	3120	13273	13520	29,1	14919	0,19
2000	20	3744	17017	18449	37,3	15381	0,24
2001	20	4493	21510	23794	47,1	15858	0,30
2002	20	5391	26901	30278	58,9	16350	0,36
2003	20	6470	33371	39357	73,1	16857	0,43
2004	30	8411	41781	46880	91,5	17379	0,53
2005	30	10939	52715	59084	115,4	17918	0,64
2006	30	14214	66929	74223	146,6	18474	0,79
2007	30	18478	85407		187,0	19046	0,98
2008	30	24021	109428		268,4	19937	1,37
2009	30	31228	140656		245,0	20245	1,70
2010	30	40596	181252		444,6	20873	2,13
2015	20	94304	537059		1333,8	23894	5,58
2020	10	150000	1209466		2966,6	27351	10,86
2030	10	15000	2545232		6242,9	33178	18,82
2040	10	15000	3017017		7928,7	38509	20,60

Задачи, поставленные этой программой для различных континентов планеты, представлены в табл. 2. По этой программе, установленная мощность ВЭС в мире в 2020 году должна составить 1254 ГВт против 1209 ГВт по программе «Wind Force 10».

Таблица 2

**Программа «Wind Force 12». Достижение к 2020 году за счет
ветровой энергии 12% мирового производства электроэнергии.
Прогнозные данные по регионам мира.**

	OECD Европы	Страны с переходной экономикой	Китай	Восточная Азия	OECD Тихого океана	Южная Азия	Средний Восток	Африка	Латинская Америка	OECD Северной Америки	Мир
Установленная мощность в 2020 г., ГВт	230	130	170	70	90	50	25	25	100	310	1254,030
Производство электроэнергии на ВЭС в 2020г., ТВт·ч	626	318,9	416,9	171,5	230,1	122,6	61,3	61,3	245,2	800	3054
Предотвращение эмиссии CO ₂ , млрд.т/год	375,6	221,6	325,2	133,9	138,1	95,6	36,8	36,8	147,1	480	1832
Инвестиции за период до 2020 г., млрд. евро	130,6	79,8	104,7	43	51,1	30,8	14	15,4	61,4	176,1	706,9
Годовой ввод мощности, ГВт	15	22	30	10	10	18	3	3	17	30	158,728
Занятость тыс. рабочих мест в год	222	325,6	444	148	148	266,4	44,4	44,4	251,8	444	2300
Удельная стоимость установленной мощности в 2020 году – Евро/Квт; Себестоимость электроэнергии от ВЭС в 2020 Году – 2,45 Евроцент/Квт·ч; OECD Европы – ЕС-15 плюс Чешская Республика, Венгрия, Исландия, Норвегия, Швейцария, Турция; Страны с переходной экономикой: Албания, Болгария, Румыния, Словакская Республика, бывшая Югославия, бывший СССР и Польша; Восточная Азия: Бруней, Дем. республика Корея, Индонезия, Малайзия, Филиппины, Сингапур, Республика Корея, Тайвань, Таиланд, Вьетнам и некоторые малые страны, включая Полинезийские острова. OECD Тихого океана: Япония, Австралия, Новая Зеландия. Южная Азия: Индия, Пакистан, Бангладеш, Шри-Ланка и Непал. Средний Восток: Бахрейн, Иран, Ирак, Израиль, Иордания, Кувейт, Ливан, Оман, Катар, Саудовская Аравия, Сирия, Объединенные Арабские Эмираты, Йемен; Африка: большинство африканских государств. Латинская Америка: все центральные и южные государства. OECD Северной Америки: США и Канада.											

Цели программы «Wind Force 12» были серьезно восприняты всеми ветроэнергетическими ассоциациями стран.

Отличительной особенностью развития ветроэнергетики последнего десятилетия является быстрое развитие морских ВЭС (Offshore Wind Force) в связи с тем, что в Европе суши явно недостаточно. В предстоящее пятилетие морские ВЭС получают мощное развитие, особенно в Великобритании и Германии (см. табл. 3).

Таблица 3
Состояние и перспективы строительства морских (offshore) ВЭС

п/ п	Страна	Установленная мощность, МВт		
		На конец 2002 г.	В период 2003-2010 г.г.	Планы до 2020 г.
1	Бельгия	0	216	–
2	Великобритания	124	1406,5	7583
3	Германия	0	5442,3	25000
4	Дания	397,9	158,4	400
5	Ирландия	25	547	1205
6	Испания	0	20	2563
7	Канада	0	20	–
8	Нидерланды	18	219	100
9	Польша	0	120	–
10	США	0	472,5	–
11	Франция	0	102	60
12	Финляндия	0	207	–
13	Швеция	23,3	419,5	2364
	Итого		9350,2	

Источник: 1. Renewable Energy World, July-August, 2005 г. EWEA. The current status the wind industry. 2003 г. Bimonthly Magazine – July/August 2003 г. 4.German Wind Energy Association (BWE).

В последнее время делается много попыток запустить ветряные турбины. Первый опыт такого строительства применен в Эгейском море и успешно работает уже в течение четырех лет. Это инновационный экологический проект, разработанный в Элладе и отмеченный наградами Европейского Союза. На специальной плавучей платформе устанавливаются ветряные турбины и фотоэлектрические системы и за счет использования современных электрических и электронных компонентов преобразования энергии производится энергия блока орошения. Таким образом, используя метод обратного осмоса, из морской воды получают питьевую. Технические решения важны еще и потому, что они позволяют использовать различные мощности (например, производятся почти все системы возобновляемых источников энергии, которые не имеют постоянной частоты и напряжения), а также обслуживать любые системы, нуждающиеся в постоянной работе (например, орошение воды, производство водорода и т.д.).

Опыт показывает, что во многих районах Азербайджана использование ветроэнергетических установок имеет большие перспективы. По расчетам установлено, что годовой ветроэнергетический запас Азербайджанской Республики по географическому расположению, природным ресурсам и экономической инфраструктуре составляет примерно 800 МВт. По предварительным расчетам этот запас означает 2,4 млрд. кВт/ч электри-

ческой энергии. Это, в свою очередь, означает экономию 1 млн. тонн условного топлива и, самое главное, предотвращение огромного количества выбросов CO₂ в атмосферу.

В результате многолетних метеонаблюдений выявлено, что на Абшеронском полуострове ветровой режим за период 1965-2000 гг. характеризуется следующим образом (табл. 4) [5]:

Таблица 4

Среднегодовая Скорость, м/с	Годовая максимальная скорость, м/с	Кол. дней в году, когда скорость ветра достигает до 15 м/с	Кол. дней в году, когда скорость ветра достигает выше 15 м/с
5,8	40	67	154

Как известно, одной из наиболее энергоемких отраслей экономики Азербайджана является нефтегазодобывающая отрасль, которая ежегодно потребляет свыше 1 млрд. кВт часов электроэнергии. Отсюда главным образом вытекает заинтересованность Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики (ГНКАР) в применении ВТЭУ, которые достаточно обстоятельно изучены как с позиций источника, позволяющего сэкономить значительную часть потребляемой энергии, так и с точки зрения экологической чистоты производства и непрерывного обеспечения электроэнергией предприятий ГНКАР в чрезвычайных ситуациях, связанных с перебоями в энергоснабжении.

Необходимо учесть, что за 1 млрд. кВт часов электрической энергии ГНКАР выплачивает компании «Бакэнержи» более 150 млрд. манатов и, кроме того, с учетом специфики особенности нефтяной промышленности, с целью удовлетворения собственной потребности хозяйства, ГНКАР вырабатывает 73,4 млн. кВт часов электроэнергии, израсходовав при этом 2,32 тыс. м³ газа на сумму 4,5 млрд. манатов.

С учетом нормативных документов, принятых в Азербайджане, для производства 1 кВт часов электроэнергии необходимо 409,4 г мазута, или 269 г диз. топлива, или 0,5 м³ газа. Фактически, со стороны ОАО «Азерэнержи» в течение одного года расходуются 1,6 млн. тонн мазута и 3,81 млрд. м³ газа, а ГНКАР за это время расходует 2,32 млн. тонн диз. топлива и 33,4 млн. м³ газа.

ВТЭУ, со своими техническими и технологическими параметрами, характеризуется синергетическими особенностями, как использование экологически допустимых и безвредных для окружающей среды возобновляемых источников энергии (отсутствие выбросов CO₂, NO, SO и т.д.) и обеспечение непрерывной электрической энергией нефтяных скважин.

ВТЭУ мощностью 1 МВт может в год вырабатывать 5 млн. кВт часов электроэнергии и в течение 5-6 лет окупает свою стоимость, беспрерывно производя электроэнергию в течение 20-25 лет с минимальными эксплуатационными расходами.

Проведенные технико-экономические расчеты показали, что при производстве в Азербайджане ВТЭУ мощностью 150, 1000 и 1600 кВт можно сэкономить общие расходы до 40-45%, по сравнению с производством этих установок в Германии (с учетом расходов на транспортировку).

Планируется, что в год в Азербайджане будет изготовлено 50-60 комплектов ВТЭУ. Это позволит в течение 6-7 лет удовлетворить потребности ГНКАР в электрической энергии и тем самым сэкономить объем углеводородных энергоносителей, необходимых для производства 1 млрд. кВт часов электроэнергии.

Заключение. «Морской ветряной парк», который будет создан на стационарных платформах в Азербайджанском секторе Каспия, в перспективе представляет большой экономический, экологический и технический интерес.

Можно констатировать, что конструкции ветроустановки включают в себя многочисленные новейшие достижения в большом перечне инженерных наук, таких как аэrodинамика, механика, электротехника, машиностроение, химия, электроника, система управления и коммуникация и метрология.

Производство и использование в Азербайджанской Республике ВТЭУ позволит создать на хозяйственных объектах ГНКАР экологически чистую, надежную и экономически эффективную энергетическую систему.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Джанахмедов А.Х., Амиров Ф.Г.** Состояние и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Сборка в машиностроении, приборостроении, № 10, 2009, с. 51-55.
2. **Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю.** Нетрадиционные возобновляющие источники энергии. - М.: Радио Софт. 2009. – 232с.
3. **Попель О.С., Туманов В.Л.** Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы развития. // Альтернативная энергетика и экология, 2007, № 22 (46)
4. www.clean-wind.ru
5. **Джанахмедов А.Х. и др.** Ветроэнергетические установки. – Баку: Чашыоглы, 2009. – 164 с.

AZƏRBAYCANDA ALTERNATİV VƏ BƏRPAOLUNAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDEN İSTİFADƏNİN VƏZİYYƏTİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

E.S. PİRVERDİYEV

Məqalədə alternativ və bərpaolunan enerji mənbələrindən istifadə olunmasının vəzibəyliyi və perspektivləri təhlil olunmuşdur. Xəzərin Azərbaycan sektorunda, stasionar platformalarda dəniz külək parkının yaradılmasının texniki-iqtisadi göstəriciləri verilmişdir. Stasionar dəniz neft platformalarının elektrik enerjisini tələbatını ödəmək məqsədilə, iqtisadi baxımdan sahil boyunca külək enerji qurğularının yerləşdirilməsi və kabel vasitəsi ilə enerjinin platformalara ötürülməsinin daha səmərəli olması göstərilmişdir.

THE CURRENT STATUS AND PROSPECTS ON RENEWABLE AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN AZERBAIJAN

E.S. PIRVERDIYEV

The paper analyzes the current status and prospects of the alternative and renewable energy sources usage. It also provides technical and economic indicators of creating the Offshore Wind Park (OWP) on stationary platforms in the Azerbaijan sector of the Caspian Sea. It shows that to meet the electricity needs on the stationary offshore platforms, obviously, it will be rational, for some time, to deploy the wind turbines in the form of the Wind Park along the shore and transport electricity by means of underwater cables.

О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИФФУЗНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

А.Ш. МЕХТИЕВ, Б.М. АЗИЗОВ, Д.С. МЕХТИЕВ

Представлены результаты исследования поляризационно-диффузной характеристики растительного покрова. Поляризационный свет в отличие от диффузно-отраженного сигнала никогда не проникает в листья. Таким образом, поляризационная, так называемая зеркально отраженная порция света от растительности, может являться важным источником информации о различных видах растительности и их состоянии. В данной статье рассматриваются свойства поляризационно-диффузного отраженного света от пшеницы в вегетационном периоде колошения.

Ключевые слова: поляризация, диффузное отражение, растительный покров, коэффициент спектральной яркости.

Введение. К важнейшим задачам спутникового мониторинга растительных ценозов суши, а также развитию наземных дистанционных оптических методов относятся разработки в области идентификации растительного покрова (РП), определение видового состояния растительности и оценка их морфологических характеристик [1, 2].

Отражательная способность растительного покрова несет в себе значительный объем информации о морфофизиологическом состоянии растений. Известно, что поверхность листьев никогда не может быть оптически ровной, а представляет собой различного, сложного построения многоуровневую архитектуру. Кожица листьев, будучи многослойной, включает также и поверхностный восковой слой, т.е. относительно гладкие отложения восковых пленок на ней.

Так, например, микроснимки колосьев пшеницы и кукурузной листвы показывают наличие нерегулярных иглообразных восковых структур, которые распространены на плоской восковой поверхности.

Исследованиями [1, 3, 4] установлено, что величина поляризационной составляющей существенно зависит от угла падения света на поверхность листьев, показателя преломления воскового слоя и шероховатости поверхности.

Получаемая информация зависит от вида растительности и потенциально связана с морфофизиологическим состоянием и стадией развития РП.

При изучении полученной информации было выявлено четыре оптических явления, которые очень важны для понимания рассеяния света на граничащей поверхности между воздухом и кожей растений. Первое заключается в том, что свет будет зеркально отражен от оптически ровных и аналогично ориентированных участков кожиц. Второе: зеркально отраженный свет от многослойных кожиц будет создавать помехи, причиной которых являются сами зеркальные отражения от листьев. Третье и четвертое явления заключаются в том, что иглообразные структуры на поверхности кожицы листьев рассеивают свет по критериям согласно теории Релеевского и Ми-излучения. Зеркально отраженный рассеянный свет Релеевского излучения при этом поляризуется линейно.

Теоретическое обоснование. Полностью поляризованное состояние информативно обуславливается, в основном, амплитудой и фазой колебаний двух компонент вектора напряженности электрического поля в плоскости поляризации. Амплитуда и фаза получаемой информации может быть представлена в виде двумерного комплекса вектором Джонса [5, 7]:

$$e = \begin{bmatrix} a_1 & e^{i\theta_1} \\ a_2 & e^{i\theta_2} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где a_1 и a_2 - амплитуда волн в двух компонентах вектора напряженности электрического поля; θ_1 и θ_2 - фазы указанных волн.

Физически электрическое поле, действительно являясь частью вектора Джонса, будет изменено, но состояние поляризации само по себе не зависит от абсолютной фазы.

Таким образом, при поляризации света растительным покровом любые ортогональные состояния могут быть использованы. При этом ортогональный вектор определяется как вектор, имеющий нулевое скалярное произведение.

В случае частично поляризованного излучения РП вектор Джонса меняется во времени и в пространстве. Таким образом, здесь наблюдается отличие от постоянной скорости вращения фазы монохроматических чистых поляризованных волн. В этом случае волновое поле вероятно стохастическое, и только статистическая информация может быть собрана о вариациях и корреляциях между компонентами электрического поля. Эта информация воплощена в согласованность матрицы

$$\psi = \left\langle \begin{bmatrix} e_1 e_1^* & e_1 e_2^* \\ e_2 e_1^* & e_2 e_2^* \end{bmatrix} \right\rangle = \left\langle \begin{bmatrix} a_1^2 & a_1 a_2 e^{i(\theta_1 - \theta_2)} \\ a_1 a_2 e^{-i(\theta_1 - \theta_2)} & a_2^2 \end{bmatrix} \right\rangle, \quad (2)$$

где условные скобки означают усреднение по многим циклам волны.

Несколько вариантов когерентности матриц были предложены Винером и Баракатом [6, 8, 9].

Когерентность матрицы содержит статистическую информацию о поляризации. Матрица может быть разложена на сумму двух компонентных матриц, которые представляют состояние поляризации, ортогональности одной к другой.

Когерентность матрицы не легко представить и применять для практических це-

лей. Поэтому для решения практических вопросов поляризации РП особое внимание уделяют трем физическим параметрам: индексу листовой поверхности (LAI), проективному (LHD) и угловому распределение листьев.

В общем случае оптические свойства РП определяются следующими физическими факторами: оптическими свойствами листа, геометрией покрова (LAI), отражательной способностью почвы, угловым освещением и визированием, а также атмосферным пропусканием солнечного излучения [1-4].

Индекс LAI определяется следующей формулой:

$$LAI = k l d N , \quad (3)$$

где k - коэффициент пропорциональности определенный экспериментально для листьев данной культуры; l - длина листа; d - наибольшая ширина листа; N - количество листьев растений отнесенных к единице площади почвы.

Проективное покрытие определяется соотношением:

$$B = 1 - e^{-\frac{1}{D - \left(\frac{G}{\cos(j)L} \right)}}, \quad (4)$$

где D - относительная дисперсия, которая характеризует тип размещения фитоэлементов в пространстве; j - угол визирования; G - интегральная функция распределения наклона фитоэлементов.

Методика и объект исследования. В исследованиях по оценке поляризованного, зеркального и диффузного отражения света от посева пшеницы были получены более 30 спектров (в видимом диапазоне волн от 0,46 до 0,72 мкм) с помощью спектрофотометра UNIKO-2100, который устанавливают на регулируемой от почвы высоте. Анализатор поляризации света, вмонтированный во вращающуюся скобу, прикрепляется к спектрофотометру со стороны входной части. Измерения проводились в 4 зенитных углах (15, 20, 60, 65 градусах). В каждом направлении наблюдения были получены два спектра: один тогда, когда анализатор поляризации света на максимальную амплитуду сигнала детектора, а другой – когда анализатор ориентировался на минимальный сигнал. При каждой длине волны, выбранной для анализа, вычислялась линейная поляризация света, приведенная на рис. 1,а.

Степень линейной поляризации растительности, измеренная в определенном направлении, представляет собой отношение (процентное) линейного поляризованного излучения к его общей излучательной способности.

Количество излучения, зеркально отраженного от пшеничной культуры, вычислялось с помощью уравнения Френеля [7, 10, 11]. При этом, зная угол падения света на растительный покров и предполагая, что коэффициент преломления кожицы листа составляет величину 1,5, получим кривые СКЯ, приведенные на рис. 1,б.

Диффузная часть коэффициента отражения (рис. 1,с) представляет разницу между общим коэффициентом отражения растительности и его зеркально отраженной частью. Степень способности к зеркальному отражению и степень рассеяния определяется аналогичным образом по степени поляризации.

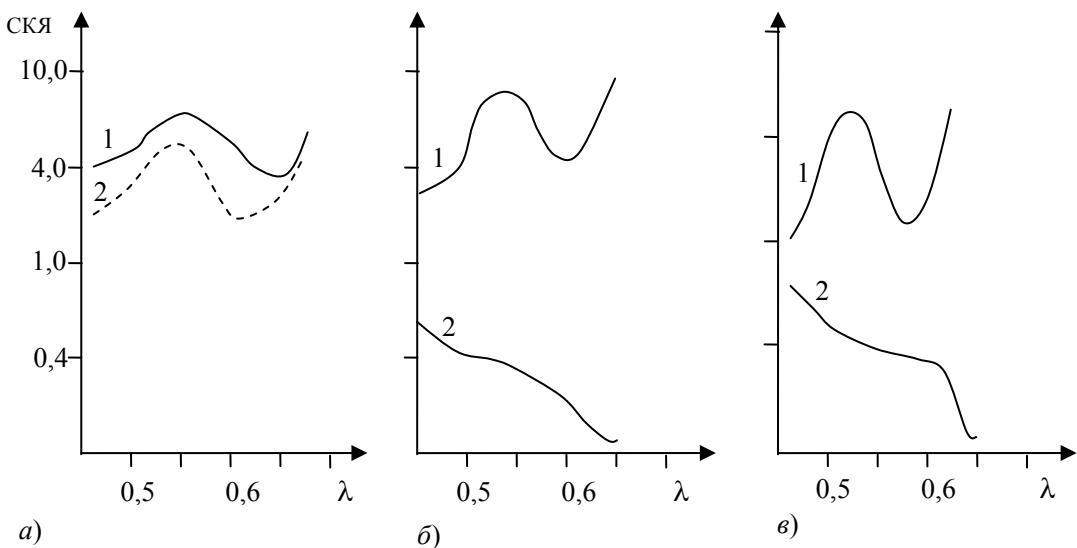


Рис. 1. Кривые СКЯ (спектрального коэффициента яркости) посева пшеницы в зависимости от угла визирования – поляризационные (а), зеркальные (б) и диффузные (в).
1- угол визирования – 90° ; 2 - угол визирования – 0° .

Для измерения поляризационной части отраженного света применяется поляриметр. Широкое применение при дистанционном исследовании нашли поляриметры, в которых степень поляризации определяется методом амплитудной модуляции при вращении самого анализатора. На основании закона Малюса, прошедшую через поляриметр радиацию при его вращении можно представить в следующем виде:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (5)$$

где I_{\max} и I_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значение амплитуды поляризованного света. $I_{\min} = 0$; $P = 1$, для неполяризованного света $I_{\max} = I_{\min}$; $P = 0$.

На рис. 2 представлена картина изменения спектрального коэффициента яркости (СКЯ) для поляризованного и неполяризованного света в зависимости от длины волны для пшеницы в вегетационном периоде колошения.

Обсуждение результатов. Известно, что информация, которая содержит в себе поляризованную составляющую СКЯ растительного покрова, потенциально связана с физиологическими параметрами, видовым составом и фазой вегетации растительности [3, 4].

Из всех процессов рассеяния только зеркальное отражение и поляризованный свет Релеевского рассеяния являются главными процессами, поляризующими свет, отраженным от посева пшеницы. Во-первых, если бы рассеянное Релеевское излучение являлось значительной долей всего отраженного потока, то тогда поверхность листьев отражала бы значительное количество голубого света и, возможно, даже имело бы заметно голубоватую окраску. Но это не так (рис. 2). В действительности, измерения СКЯ при

нормальном угле падения излучения показывают, что обычно листья пшеницы рассеивают примерно равное количество красного и голубого света (и даже более зеленый, нежели голубой).

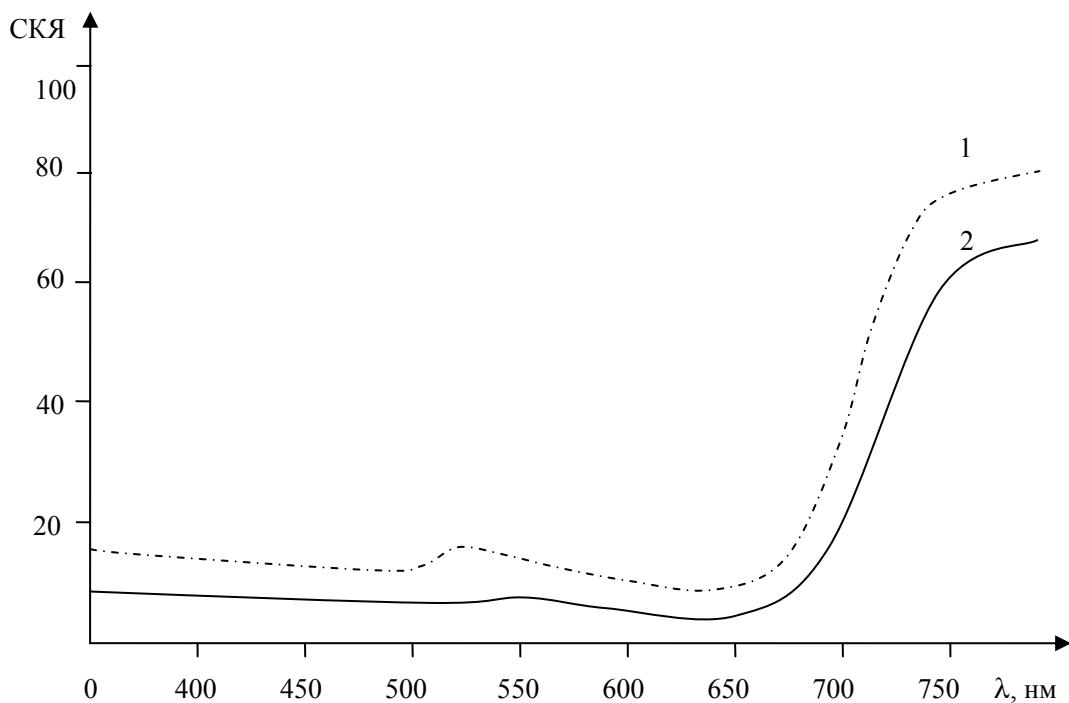


Рис. 2. СКЯ посева пшеницы: 1 - неполяризованное отражение; 2 - поляризованное отражение (угол поляризации 90°).

Во-вторых, угловые свойства рассеянного поляризованного света подтверждают главенство зеркального отражения для процесса поляризации. Зеркальные отражения образуются на тех поверхностях листьев пшеницы, которые достаточно ровные и ориентируются на повторное направление падающего света к наблюдающему. Легко наблюдать, что отражение от верхних листьев растения поляризуется. Если бы свет Релеевского рассеяния был доминирующим источником поляризованного света, то солнечное излучение, отраженное от всей облученной солнечным светом площади листьев, поляризовалось бы, но этого не происходит.

Заключение. Вышеизложенное означает, что зеркальное отражение, а не Релеевское рассеяние, является доминирующим процессом поляризации лиственной поверхности. Установлено, что в вегетационном периоде колошения пшеницы доля зеркального отражения в общем коэффициенте отражения уменьшается в зависимости от угла падения излучения (т.е. в направлении обзора в сторону солнечного азимута). Визуальные наблюдения показывают, что в направлении солнечного азимута растительность пшеницы появляется в белой окраске вместо зеленой. Следовательно, отраженный свет будет полностью поляризованным, если угол отражения совпадает с углом Брюдтера (примерно 60°). При других углах наблюдения излучение, отраженное от пшеничного покрова, будет только частично поляризовано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выгодская Н.Н., Горшкова Н.Н. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 245 с.
2. Азизов Б.М., Кулиев Р.Б., Аббас-заде А.А. Оценка содержание хлорофилла в растениях подвергнутых антропогенному воздействию спектрометрическим методом. // Оптика и спектроскопия РАН. - Москва. 2009, том 106, №3.
3. Сидько А.Ф., Пугачева И.Ю., Шеварногов А.П. Исследование динамики спектральной яркости посевов сельскохозяйственных культур в период вегетации на территории Красноярского края. //ДАН. 2008. Т. 419. №3. - с. 417-420
4. Черепанов А.С., Дружинин Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. // Геоматематика, 2009. №3, с. 28-31.
5. Jetter R., Schaffer, Riederer M. Leaf cuticular waxes are arranged in chemically and mechanically distinct layers: evidence from Prunus laurocerasus L.// Plant Cell & Environment. 2000 Vol. 23. P. 619 - 628.
6. Vanderbilt V.C., Grant L., Daughtry. C.S.T. Polarization of light scattered by vegetation // Proc. IEEE. 1985. Vol. 73. P. 1012-1024.
7. Sid'ko A.F., Shevyrnogov A.P. Seasonal dependence of the spectral brightness of agricultural crops on plant chlorophyll content and physiological parameters// Earth. Obs. Rem. Sens. 2000. No. 16. P. 487-500.
8. Suomalainen J., Hakala T., Puttonen E., Peltoniemi J. Polarised bidirectional reflectance factor measurements from vegetated land surfaces // J. Quantitat. Spectrosc. Radiat. Transfer. 2009. V. 110. P. 1044-1056.
9. Pugacheva I.Yu., Sid'ko A.F., Shevyrnogov A.P. A study of backscattered spectra dynamics of agricultural crops during growth period on the territory of the Krasnoyarskii Krai (Russia) //Adv. Space Res. 2010. V. 450. P. 1224-1230.
10. Gitelson A.A., Vin a A., Ciganda V., Rundquist D.C., Arkebauer T.J. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops // Geophys. Res. Lett. 2005. V. 32. No. L08403. Doi:10.1029/2005GL02688.
11. Sid'ko A. Remote assay for chlorophyll photosynthetic potential of crops on the example of wheat // Bion. Bull. 2004. V. 31. No. 5. P. 450-456.

BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN SPEKTRAL XARAKTERİSTİKALARININ DİFFUZ-POLYARLAŞMASININ DƏYİŞMƏSİ HAQQINDA

A.Ş. MEHDİYEV, B.M. ƏZİZOV, C.S. MEHDİYEV

Məqalədə bitki örtüyünün polyarizasiya – diffuz xarakteristikalarının öyrənilməsi əsasında bugdanın inkişaf etmə - vegetasiya mərhələsi xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir.

THE EFFECT OF CHANGES IN THE DIFFUSE POLARIZATION ON THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF VEGETATION

A.Sh. MEKHTIEV, B.M. AZIZOV, J.S. MEKHTIEV

This research presents the results from studying of the polarization and diffusion characteristics of vegetation. The polarized light unlike the diffusive-reflective signal never gets through the plants leaves. Thus, the polarization, the portion of light that mirror reflected from the vegetation, can be an important information source about the different types of flora and their conditions. This paper discusses the polarization-diffusion properties of the light reflected from the wheat during the vegetation period.

UÇUŞ APARATLARININ ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ ONLARIN İŞÇİ PARAMETRLƏRİNƏ NƏZARƏTİN PROBLEMLƏRİ

A.M. PAŞAYEV, İ.Ə. İSGƏNDƏROV, V.S. HÜSEYNOV

Məqalədə təyyarə elektrik sistemlərinin normal iş rejiminə təsir edən amillər araşdırılmış, sistemin saz işləməsini təmin etmək üçün istifadə olunan metod və vasitələr nəzərdən keçirilmiş, elektrik təchizat sisteminin qovşaqlarının işçi parametrlərinə nəzarətin problemləri təhlil olunaraq, yeni növ nəzarət vasitələrinin yaradılması imkanlarına baxılmışdır.

Açar sözlər: uçuş aparatlarının elektrik təchizatı, elektrik parametrlərinə nəzarət, gərginlik tənzimləyici bloku, qoruyucu avtomatlar, cərəyan vericiləri, optoelektron vericilər.

Giriş. Uçuş aparatlarının, ilk növbədə təyyarələrin uçuşunun idarə olunması zamanı pilotaj-naviqasiya sistemlərinin göstəricilərinin düzgünlüyü hava nəqliyyatının elektrik təchizat sisteminin parametrlərinin stabilliyindən və dayanıqlığından birbaşa asılıdır. Digər tərəfdən elektrik qida gərginliklərinin sıçrayışlı dəyişmələri və elektrik dövrələrdən işçi cərəyanların normadan artıq olması hallarında yarana biləcək nasazlıqların qarşısını almaq üçün etibarlı mühafizə sisteminin yaradılması uçuşların təhlükəsizliyinin artırılması baxımından ən vacib məsələlərdən biridir [1,2].

İşin məqsədi. Uçuş aparatlarının elektrik təchizat sistemlərinin xüsusiyyətlərinin və istismar-texniki xarakteristikalarının təhlili, onların işçi parametrlərinə nəzarət üsul və vasitələrinin funksional imkanlarının öyrənilməsi və uçuş istismarı zamanı yarana bilən problemlərin araşdırılması, yeni nəzarət üsullarının və optoelektron vericilər əsasında qurulan elektrik parametrlərinə nəzarət vericilərinin təklif olunmasıdır.

Məsələnin həll olunma metodikası. Elektrik təchizat sisteminin müxtəlif dövrələrində parametrlərə nəzarət zamanı yaranan problemlər nəzərə alınmaqla elektrik qida sisteminin müxtəlif qovşaqlarının istismar-texniki xarakteristikalarını yaxşılaşdırmağa imkan verən optoelektron vericilərin işlənib tətbiq olunması variantları ətraflı baxılmış, maqnitooptik və elektrooptik effektlərə əsaslanmış optoelektron vericilərinin yaradılıb tətbiq olunması konstruktiv-texnoloji baxımdan daha məqsədə uyğun olduğu müəyyən edilmişdir. Optocütlər

əsasında qurulan gərginlik tənzimləyicisi blokunun və maqnitooptik Kerr effektinin istifadəsinə əsaslanan optoelektron cərəyan vericisinin tətbiqinin mümkünlüyü tədqiq edilmişdir [1,2].

Elektrik təchizat sistemlərinin işi zamanı onun elementlərində baş verən müxtəlif nasazlıqlar və sıradan çıxmalar sistemin normal iş rejimini pozur. Oxşar hadisələr, əgər xüsusi tədbirlər görülməzsə təkcə elektrik enerjisi işlədici lərinə deyil təyyarənin digər avadanlıq və sistemlərinin sıradan çıxmasına və imtinasına gətirib çıxarar.

Hava gəmilərində elektrik enerjisi istifadəçilərinin normal işini təmin etmək üçün bort şəbəkəsinin gərginliyi nominala bərabər olmalıdır. Lakin hava gəmilərində elektrik təchizat sistemlərinin işinə onların iş rejimlərini poza biləcək müxtəlif amillər təsir edə bilər. Hava gəmilərinin istismarı prosesində generatorun rotorunun fırlanma tezliyi müəyyən hədlərdə dəyişə bilər. Belə ki, sabit və dəyişən cərəyanlı, dəyişən tezlikli generatorların rotorlarının fırlanma tezliyinin dəyişmə həddi (sabit dövrlər intiqalı olmadan) $1 \div 2,5$ və bəzən də daha çox olur [3,6,7].

Generatorların yüksək cərəyanı (elektrik təchizatı şəbəkəsinin sərf etdiyi cərəyan) uçuş prosesində elektrik enerjisi istifadəçilərinin sayının dəyişməsindən, eləcə də uçuş şəraitindən asılı olaraq qiymətini dəyişir. Elektrik təchizat sistemlərinin işinə təsir edən amillər ilk növbədə generatorların təyin olunmuş nominal gərginliklərinin qiymətlərinin dəyişməsinə gətirib çıxarır.

Generatorun gərginliyi, onun rotorunun fırlanma tezliyinin verilmiş həddə dəyişməsi, istismarın texniki şərtlərində yükün sıfırdan nominala qədər dəyişməsi anında müəyyən dəqiqliklə stabillaşdırılmalıdır.

Statik və dinamik rejimlərdə generatorların gərginliyini verilmiş hədlərdə saxlamaq üçün gərginlik tənzimləyicilərindən istifadə olunur. Bununla yanaşı, gərginlik tənzimləyiciləri paralel işləyən sabit cərəyan generatorları arasında cərəyanların bərabər paylanması təmin edir, elektron bloku şəklində yerinə yetirilən müasir dəyişən cərəyan generatorlarının tənzimləyici blokları, həm də parametrlərin kənar hədd qiymətlərinə nəzarət funksiyasını yerinə yetirir.

Generatorun misalında elektrik qida sisteminin qovşaqlarında dayanıqlı iş rejimlərinin təmin olunması xüsusiyyətlərini və bu zaman yaranan problemləri nəzərdən keçirək.

Generatorun elektromaqnit gücünü P_{el} – generatorun sinxron e.h.q.-si və qəbul sistemi şinlərindəki gərginlik (U_c) arasında faza üzrə sürüşmə bucağını δ ilə işaret edək. Vektor diaqramından (şək.1) tapırıq ki,

$$P_{el} = \sqrt{3}E_d J \cos \varphi \quad (1)$$

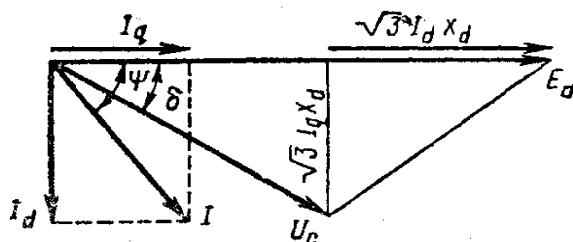
$\sqrt{3}I_q X_d = U_c \sin \delta$, $I_q = I \cos \varphi$ olduğundan aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\sqrt{3}I \cos \varphi = (U_c / X_d) \sin \delta \quad (2)$$

Gətirilmiş düsturlarda və vektor diaqramında cərəyanın I_q və I_d eninə və uzununa toplananları X_q , X_d induktiv müqavimətlərində onlara uyğun lövbər reaksiyasının m.h.q.-ni yaradır. (2) ifadəsini (1) ifadəsində yerinə qoysaq alarıq:

$$P_{el} = (E_d U_c / X_d) \sin \delta \quad (3)$$

(3) ifadəsindən görünür ki, gücün bucaqdan asılılığı sinusoidal xarakterlidir (şək. 2). $\delta = 90^\circ$, $\sin \delta = 1$ olan və qəbul sisteminin şinlərində gərginliyin sabit saxlanan zaman verilə bilən ən böyük güc maksimal hədd güc olub, $P_{el,max} = E_d U_c / X_d$ kimi təyin olunur.

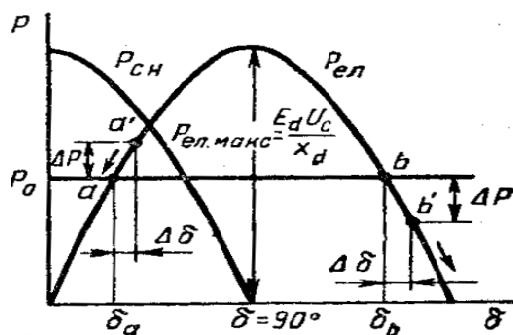


Şəkil 1. Sinxron generatorun vektor diaqramı

Beləliklə, əgər bucaq artımı və generatorun gücü eyni işarəyə malikdirlər, yəni əgər $dP/d\delta > 0$ yaxud $dP/d\delta > 0$ -dırsa, sistemin statik dayanıqlığı təmin edilir. $dP/d\delta$ törəməsi sinxronlaşdırıcı güc adlanır və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$P_{sn} = (E_d U_c / X_d) \cos \delta \quad (4)$$

$\Delta = 90^\circ$ ($\cos \delta = 0$) olan zaman sinxronlaşdırıcı güc $P_{sin} = 0$ (şək. 2). Deməli, $\delta = 90^\circ$ olan zaman generator sinxronlaşdırıcı gücü malik olmur və digər generatorlarla paralel işləyə bilmir. Buna görə də praktik surətdə sistemin statik dayanıqlığını təmin etmək üçün $\delta = 25^\circ$ ($\sin \delta = 0,42$; $\cos \delta = 0,9$) qəbul olunur. Onda nominal rejimdə $P_{nom} = 0,42 P_{maks}$; $P_{en} = 0,9 P_{maks}$. Bu istismar zamanı bort elektrik qida sisteminin tələb olunan dayanıqlı iş rejiminə uyğun gəlir (şək. 2, a nöqtəsi). Bu isə öz növbəsində dəyişən cərəyan generatorunun gərginlik tənzimləyicisi blokunun iş rejimi ilə müəyyən olunur [3,6].



Şəkil 2. Sinxron generator gücünün bucaq xarakteristikası

Məlumdur ki, dəyişən cərəyan elektrik dövrələrində parametrlərin tənzim olunması üçün gərginlik və cərəyan transformatorlarından geniş istifadə olunur.

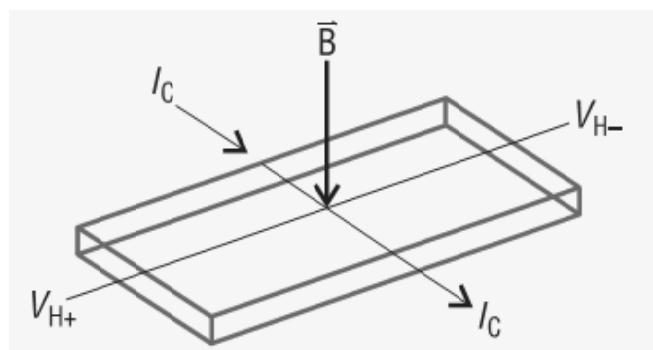
Cərəyan və gərginlik transformatorlarının tətbiqi aşağıdakılara imkan verir:

- Ölçmələrin təhlükəsizliyini, cihazlara və relelərə xidmətin münasibliyini təmin edir;

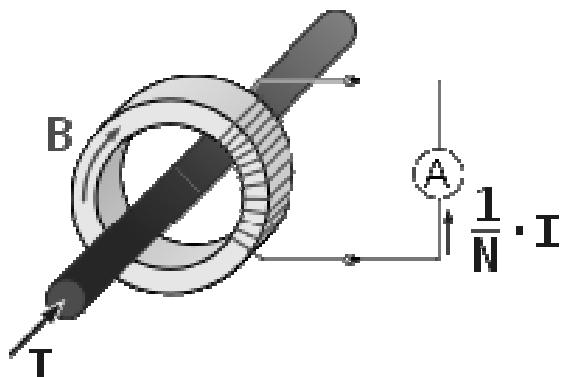
2. Cihazları və releləri, onların dolaqlarını 5A cərəyanaya və 100V gərginliyə hesablanaraq onları standartlaşdırmağa imkan verir;

3. Nəzarət edilən dövrələrdə ardıcıl qoşulan dolaqları qısa qapanma cərəyanının təsirindən mühafizə etməyə və s.

Elektrik cihazlarının və aparatlarının yüksək etibarlı işləməsi üçün energetik qurğu və avadanlıqların cərəyanının nominal həddə tənzimlənməsi ən vacib şərtlərdən sayılır. Bildiyimiz kimi cərəyanın ölçmə üsulları çoxdur. Ən çox istifadə olunan üsullar rezistiv, Xoll effektinə əsaslanan və cərəyan transformatoru vasitəsilə ölçmələrdir. Dəyişən cərəyan dövrələrində isə ölçmələr əsasən cərəyan transformatoru vasitəsilə həyata keçirilir.



Şəkil 3. Xoll elektrik hərəkət qüvvəsinin yaranması



Şəkil 4. Cərəyan transformatorunun sadə elektrik sxemi

Cərəyan transformatorlarını bütün gərginlikli elektrik qurğularında elektrik ölçü cihazlarının və relelərin cərəyan dolaqlarını qidalandırmaq üçün, həmçinin mühafizələrin əməliyyat dövrələrini qidalandırmaq üçün tətbiq edirlər. Cərəyan transformatorları birinci tərəf cərəyanını ölçü cihazları və relelər üçün daha münasib qiymətlərə qədər çevirmək, ölçü və mühafizə dövrələrini yüksək gərginlikli birinci tərəf dövrələrindən ayırmak üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu transformatorlar daxili və xarici qurğular üçün bütün cərəyanlar və gərginliklər şkalasına hazırlanırlar.

Cərəyan transformatorları cərəyan və bucağa görə xətalar ilə xarakterizə olunurlar.

Cərəyan transformatorunun cərəyan üzrə xətası aşağıdakı düsturla təyin olunur (%):

$$\Delta I\% = \frac{K_T I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100$$

Bucaq xətası δ birinci tərəf cərəyanın vektoru ilə ikinci tərəf cərəyanın 180° çevrilmiş vektorunun arasındaki bucaq sürüşməsi ilə təyin edilir.

Cərəyan ölçü transformatorları beş dəqiqlik sinifində 0,2; 0,5; 1; 3; 10 hazırlanırlar.

0,2 dəqiqlik sinifinə aid olan cərəyan transformatorları dəqiq laboratoriya ölçmələri üçün; 0,5 dəqiqlik siniflilər elektrik enerjisi sayğaclarının qoşulması üçün; 1 siniflilər - yoxlama sayşaclarını, vattmetrləri, fazometrləri, müqavimət və güc relelərini qoşmaq üçün; 3 siniflilər – ampermətr və cərəyan relelərini qidalandırmaq üçün; 10-cu siniflilər – cərəyan relelərinin dolaqlarını qoşmaq və rele mühafizəsinin əməliyyat dövrələrini qidalandırmaq üçün istifadə edirlər [3,4,5].

Müasir təyyarələrdə elektrik sistem və avadanlıqlarının iş keyfiyyətini yüksəltmək, onların fasıləsiz və faydalı işə malik olmaları üçün yeni texnologiyalar üzrə hazırlanmış avtomatlaşdırılmış sxem üzrə qurulmuş qurğulardan geniş istifadə olunmaqdadır. Hər bir hava gəmisində generatorun çıxış gərginliyi müəyyən sxem üzrə qurulmuş bloklar vasitəsilə tənzimlənilərlər.

Generatorların idarəetmə blokları GCU (Generator control unit) hər iki İDG (Integrated drive generator) generatoru və APUG (Auxiliary power unit generator) köməkçi güc qurğusunun generatoru üçün avtomatik idarəetmə və mühafizə funksiyalarını yerinə yetirir.

Hər idarəetmə bloku mühərrik işə salınanda və ya dayandırılonda qida gərginliyini müvafiq generatora avtomatik qoşur və ya dövrədən açır. GCU həmçinin generatorun çıxış gərginliyini tənzim edir və İDG çıxış istismar şərtlərini aşarsa dövrəni açır. GCU blokunun qida gərginliyi xüsusi xarici sabit maqnitli generatordan və ya təyyarənin 28V sabit gərginlik şəbəkəsindən alınır. Blokun giriş signalları bir sıra vericilərdən, açarlardan, relelərdən və onların kontaktorlarından alınır. Daxil olunan signallar blokun girişindəki formalaşdırıcı sxemlərdən keçərək diskret signallara çevirilir, hansıların ki, amplitudası sxemin parametrlərinə uyğun gəlir. Çıxdakı formalaşdırıcı dövrələr informasiyanı rəqəm şəklindən analoq şəklinə çevirir və diskret signalların amplitudasını formalaşdırır.

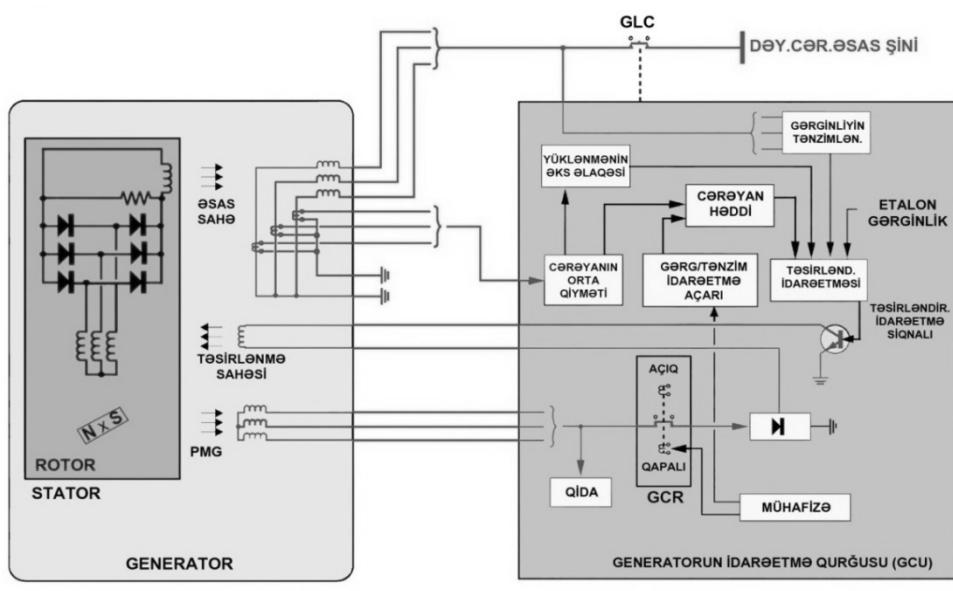
GCU generatorun idarəetmə bloku və BPCU (bus power control unit) şinlərinin qidalanmasının idarəetmə bloku arasında informasiya mübadiləsinin nəticələri paralel kodda BİTE (built-in test equipment) daxil edilmiş nəzarət aparatusuna ötürülür [4,5].

Airbus tipli təyyarələrdə generator gərginliyinin tənzimlənməsi sxemi aşağıdakı kimiidir.

Aparılan təhlillərin və müasir təyyarələrin elektrik təchizat sisteminin ətraflı öyrənilməsi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, elektrik qida sisteminin effektivliyini və dayanıqlığını artırmaq üçün optik-elektron vericilərin işlənib tətbiq olunması ən əhəmiyyətli məsələlərdən biridir [1,2].

Normal uçuş vaxtı təyyarələrdə bütün avadanlıqlar əsasən, mühərriklərdə quraşdırılmış, mexaniki enerjini elektrik enerjisini çevirən dəyişən cərəyan generatorlarından qidalanırlar. Bu generatorların hasil etdiyi gərginliyin qiymətinin stabil saxlanması, onların yüklənmə və

enerjilərinin paylanması rejimlərinə nəzarət olunması məsələləri xüsusi yer tutur. Belə ki, gərginliyin verilmiş normativ qiymətdən kənara çıxması müasir tələblərə cavab verən bort elektron cihaz sistemlərinin göstəricilərini pisləşdirir və normadan çox kənara çıxdıqda isə bir sıra zədələnmələrə gətirib çıxarır. Boeing, Aerobus, Cessna 172S və digər müasir növ təyyarələrin generatorlarının idarəetmə sxemlərinin təhlili göstərir ki, generatorun çıxış gərginliyinin tənzimlənməsi onun təsirləndirici (idarəedici) dolağınə verilən cərəyanın dəyişdirilməsi hesabına yerinə yetirilir. Bu funksiyani yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulmuş gərginlik tənzimləyicisi, müasir təyyarələrdə generatorun idarəetmə bloku (GCU) adlanan qurğularда bir qayda olaraq eninə impuls modulyasiyalı idarəetmə (EİM) sxemlərindən istifadə olunur. Bu cür tənzimləmə üsulu gərginliyi kifayət qədər dəqiqliklə ($115\pm1V$, $28\pm1V$) stabil saxlamağa imkan versə də, tənzimləmə diapazonu məhdud olur və sxemin köklənməsi nisbətən mürəkkəb olur [1,2,6,7].



GCR: GENERATORUN İDARƏETMƏ RELESİ
GLC: GENERATORUN KONTAKTORU
PMG: SABIT MAQNİTLİ GENERATOR

Şəkil 5. GCU blokunun funksional elektrik sxemi

Belə ki, generatorun çıxış gərginliyinin daha rəvan tənzimlənməsi və həddindən artıq gərginlik artması, həmçinin cərəyan artması hallarında daha etibarlı mühafizə təmin olunması məsələlərinin həllində optoelektron vericilərinin tətbiq olunması, qalvanik ayırmnanın təmin olunması və mühafizənin sürətinin artırılması nöqtəyi-nəzərdən ən əlverişli variantlardan hesab oluna bilər.

İlkin tədqiqatlar zamanı müəyyən olmuşdur ki, müasir təyyarələrin generatorlarının çıxış gərginliyinin tənzimləyici blokları bir qayda olaraq “eninə impuls modulyasiyası” prinsipi əsasında qurulurlar. Tezlik-impuls modulyasiyası prinsipi əsasında qurulan gərginlik tənzimləyicisinin yaradılması və tətbiqinin mümkünlüyü araşdırılaraq müəyyən edilmişdir ki,

optoelektron verici generatorun, məsələn AOT102B markalı birkecidli tranzistor əsasında qurulan relaksasiya generatorunun istifadə olunması tezlik-impuls modulyasiyasına (TİM) əsaslanmış gərginlik tənzimləyici blokunu qurmağa imkan verə bilər. Bununla yanaşı generatorun çıxış gərginliyinə nəzarət dövrəsində presizion 140UD14 tipli əməliyyat gücləndiricisi istifadə etməklə 0,1mV dəyişməyə 1Hs tezlik dəyişməsini təmin edən və bu hesaba gərginliyin $\pm 0,2 \div 0,4$ V və daha çox dəqiqliklə stabil saxlanılmasını və geniş intervalda tənzimlənməsini təmin edən gərginlik tənzimləyici bloku, eyni zamanda generatora nəzarət bloku (GCU) imkan verir [1,2,7,8].

Digər tərəfdən statik invertorların sxemində optoelektron verici elementlərindən istifadə etməklə onun daxili dövrələrində və həmçinin, tələbatçı dövrələrində dövrələrin dəyişdirilməsi, gərginlik və cərəyanların normadan artıq olması hallarında invertorun uyğun dùyulnərinin qorunmasını təmin etmək olar.

Qeyd olunanlarla yanaşı elektrik dövrələrində gərginlik və cərəyanların həddən artıq artmalarına görə yüksək cəldiliyə malik olan qorunma sxemlərinin işlənilib tətbiq olunması daha vacib məsələlərdən biridir. Məsələn, məlumdur ki, uçuş aparatlarında tətbiq olunan qoruyucu avtomatlar, elektromexaniki element kimi onların təyinatı və istismar xüsusiyyətləri ilə bağlı olan bir çox çatışmazlıqlara malikdirlər. Bir çox elektrik dövrələrində elektromexaniki qoruyucu avtomatların tətbiqi onların ətalətliliyi və kontaktların bəzi hallarda yapışması ilə bağlı olan problemlər yaradır. Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün çox vaxt əlavə elektrik açarı, yaxud qoruyucu element, məsələn, əriyən qoruyucu istifadə olunur. Optoelektron verici əsasında qurulan qoruyucu dövrə həm tələb olunan qalvanik ayırmayı təmin etməyə imkan verir, həm də mühafizənin cəldiliyini və etibarlığını yüksəldir.

Uçuş aparatlarının dəyişən cərəyan generatorlarının çıxışındaki böyük işçi cərəyanlara (yüzlərlə amper) nəzarət etmək üçün yuxarıda qeyd olunduğu kimi bir qayda olaraq cərəyan transformatorundan istifadə olunur. Hal-hazırda cərəyan transformatorları ən effektiv cərəyan vericiləridir, lakin bu vericilərin quraşdırılması, sökülüb dəyişdirilməsi, təmiri və köklənməsi çətin yerinə yetirilən məsələlərdir. Eyni zamanda son illər xətti Xoll cərəyan vericilərinin də tətbiqinə xüsusi yer verilir. Lakin bu vericilər xarici parazit təsirlərə həssas olduğundan, vericinin həm həssaslığını, həm də maneədavamlılığını artırmaq üçün maqnit seli konseñtratoru rolunu oynayan kəsikli toroidal maqnit içliyi istifadə edilir və Xoll vericisi kəsik sahəyə yerləşdirilir, bu isə vericinin konstruksiyasını xeyli mürəkkəbləşdirir. Bunları nəzərə alınmaqla elektrik qida sisteminin müxtəlif qovşaqlarının istismar-texniki xarakteristikalarını yaxşılaşdırmağa imkan verən optoelektron vericilərin işlənilib tətbiq olunması variantları ətraflı baxılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, maqnitooptik Faradey effektinə, elektrooptik Pokels və Kerr effektlərinə əsaslanmış optoelektron vericilərinin yaradılüb tətbiq olunması konstruktiv-texnoloji baxımdan daha məqsədə uyğun hesab oluna bilər. Belə ki, son illər yüksəkgərginlikli elektrik şəbəkələrində gərginliyə və cərəyanaya nəzarət üçün bu effektlərə əsaslanmış optoelektron vericilər geniş tətbiq tapmaqdadır. Digər tərəfdən ferromaqnit materialın səthindən əks olunan şüanın intensivliyinin ona təsir edən maqnit sahəsinin hesabına maqnitlənməsinin dəyişməsi hesabına dəyişməsinə əsaslanan Kerr effektinin istifadəsinin mümkünüyü də təhlil olunmuşdur. Nəticədə müəyyən olunmuşdur ki, optoelektron verici bloku kimi İQ-şüalandırıcıdan və fotoqəbulədicidən ibarət olan açıq kanallı optocüt yaratmaq olar. Bu vericinin elementlərini nazik maqnit metal, yaxud ferromaqnit ərinti lövhəsinin

üzərində quraşdıraraq, lövhənin səthinə yönəldilmiş İQ-şüanın səthdən əks olunan hissəsinin intensivliyinin, güc kabelindəki cərəyanə uyğun olan, kabel ətrafindakı maqnit sahəsinin təsiri ilə dəyişməsini qeydə almaqla cərəyanın qiymətləndirilməsini təmin etmək olar [1,2,7].

Nəticə. Aparılan təhlil və tədqiqatlardan göründüyü kimi müxtəlif fiziki effektlərə əsaslanan optoelektron vericilərinin işlənib uçuş aparatlarının elektrik qida sistemlərinin işçisi elektrik parametrlərinə (gərginlik, cərəyan və s.) nəzarət üçün tətbiq olunması bu sistemlərin daha da etibarlı və dayaniqli işini təmin edərək, uçuşların təhlükəsizliyinin artırılmasına şərait yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. **Пашаев А.М., Тагиев Б.Г., Искендеров И.А., Гусейнов В.С.** Перспективы разработки и применения оптоэлектронных датчиков для системы электропитания летательного аппарата. // Тез.докл. мат. 11-й межд. конф. «Авиация и космонавтика-2012», Москва, 2012, с. 264-265.
2. **Пашаев А.М., Искендеров И.А., Гусейнов В.С.** Анализ возможностей применения оптоэлектронных датчиков в системе защиты электропитания летательных аппаратов. // Тез.док. МНТК ГА на сов. эт. разв. науки, тех. и общ. Меж. НТК, посв. 90-лет ГА России, 2013, с.67.
3. **Синдеев И.М.** Электроснабжение летательных аппаратов. – М.: «Транспорт», 1982
4. **Aslan S.** (2003) Power Plant Instruments and Their Applications on Boeing 737-800
5. **Aslan Ö.** (2003) Power Plant Instruments and Their Applications on Airbus A340
6. **Бутушин С.В., Никонов В.В., Семин А.В.** Анализ статистики эксплуатационных повреждений воздушных судов гражданской авиации с большим налетом. // Научный вестник МГТУ ГА №179, Москва, 2012, с.19.
7. **Артеменко Ю.П., Шарапов С.С.** Применение MATLAB в моделировании бортовой системы электроснабжения переменного тока. // Научный вестник МГТУ ГА №185, Москва, 2012, с.77.
8. **Гаранин С.А.** О точности оценивания параметров радиоэлектронных систем в сложных электромагнитных условиях. // Научный вестник МГТУ ГА, №186, Москва, 2012, с.118.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ИХ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ

А.М. ПАШАЕВ, И.А. ИСКЕНДЕРОВ, В.С. ГУСЕЙНОВ

В статье проанализированы факторы, влияющие на нормальный рабочий режим самолетных электрических систем, изучены методы и средства обеспечения исправной работы системы. Проведен анализ проблем контроля рабочих параметров узлов системы электроснабжения, рассмотрены возможности создания новых средств контроля.

FEATURES OF THE AIRCRAFT ELECTRICAL SYSTEMS AND THE OPERATION PARAMETERS PROBLEMS MANAGEMENT

A.M. PASHAYEV, I.A. ISGANDAROV, V.S. HUSEYNOV

The research paper analyses the factors affecting the normal operation mode of the aircraft electrical systems, the means and techniques to provide a stable operation are examined. The problems occurring with the management of the operational parameters of the power supply system are analyzed; the approaches to develop a new management system are reviewed.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ И ПРОБЛЕМА ГАРАНТИРОВАННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Р.М. ДЖАФАРЗАДЕ, Т.Р. ДЖАФАРЗАДЕ

Задача обеспечения безопасности полетов рассмотрена с точки зрения определения норм и критериев риска возникновения потенциально опасных (базисных) событий, приводящих к нарушению безопасности. Показано преимущество вероятностных методов оценки риска столкновений самолетов по сравнению с геометрическими методами, особенно в условиях кооперативного управления воздушным движением. Анализируется состояние безопасности полетов по относительным и абсолютным показателям в мире и СНГ и ставится вопрос о проблеме гарантированной безопасности.

Ключевые слова: фактор риска, значимость риска компоненты системы, вероятностный анализ безопасности, базисные события нарушения безопасности, гарантированная безопасность, стохастический процесс.

Вопросам безопасности – авиационной, техногенной, экологической, криминогенной, радиационной, энергетической, промышленной, продовольственной – всегда уделялось большое внимание. В большинстве публикуемых работах акцент делается на современной концепции безопасности [1], на вопросах терминологии [2], методологических аспектах безопасности, системном анализе безопасности, образовательных аспектах безопасности. Этот список следует дополнить ежегодными «Анализами безопасности полетов в гражданской авиации», которые проводятся со стороны ICAO, IATA, ECAC, MAK [3, 4].

Обеспечение надежности и безопасности функционирования воздушного транспорта является одной из стратегических целей ЗАО «Азербайджан Хава Йоллары» и авиапредприятий гражданской авиации Азербайджана. Азербайджанская Республика, являясь членом ICAO с 1993 года, поддерживает и старается внедрять все инициативы этой международной организации в деле обеспечения безопасности полетов, создав для этих целей специальное Управление Безопасности полетов. В Гражданской авиации (ГА) Азербайджана продолжаются работы по внедрению Глобальной концепции аeronavигационной системы – CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance/ Air Traffic Management), которая включает в себя комплекс необходимых технических средств,

предусматривающих широкое и повсеместное использование спутниковых систем связи [5].

Вопросы использования коммуникационных систем с целью управления воздушным движением (УВД) определены для нашей страны Международной программой «Глобальный аэронавигационный план внедрения системы CNS/ATM» [6-9], где для всех стран-участниц авиатранспортных перевозок сформулированы задачи по использованию современных всемирных компьютерных систем, решение которых позволит повысить интенсивность потоков воздушных судов, безопасность, надежность и эффективность авиатранспорта.

Для современного этапа развития и внедрения CNS/ATM System актуальна проблема качества управления летательным аппаратом (ЛА) на всех режимах, необходимых для обеспечения:

- безопасности полета;
- свободного полета;
- предотвращения столкновений;
- высокоточной стабилизации при эшелонировании;
- инструментальной посадки (ILS и MLS);
- обучения и тренинга выведения воздушного судна из аварийных режимов в штатный режим;
- предотвращения несанкционированного вмешательства управления воздушным судном.

Создание надежных и эффективных систем управления полетом, обеспечивающих полное решение всей проблемы в целом, пока достаточно сложно для реализации. Решение данной проблемы стало бы возможным, если бы удалось решить задачу динамического управления ЛА при помощи наземных мощных вычислительных средств и передачи на борт вычисленных управляющих сигналов в виде аналоговой или цифровой функции [10].

Для создания научно-методических основ комплексного решения задачи повышения уровня безопасности полетов необходимо проведение исследований и разработок по следующим направлениям [11-14]:

- системный подход к организации планирования обеспечения полетов и воздушного движения;
- моделирование и практическое внедрение методов оценки профессиональной подготовки пилотов с учетом психологических особенностей, влияющих на человеческий фактор в авиационных происшествиях;
- совершенствование методов обеспечения полетов и управление воздушным движением необходимой аэронавигационной информацией, с внедрением спутниковых систем связи;
- создание автоматизированных систем контроля над рабочими параметрами воздушных судов и двигателей непосредственно в полете.

Решение задачи повышения уровня надежности и безопасности полетов воздушных судов (ВС) требует комплексного системного подхода. Главным при этом является всесторонний анализ всех возможных факторов и условий, влияющих на надежность авиационной техники и безопасность полетов с выделением основных факторов.

Анализ влияния различных факторов и условий на взлет и посадку ВС показал [11], что обязательному рассмотрению и учету подлежат условия, связанные с состоянием ВС и внешней среды, с отказами авиационной техники, действиями наземного персонала и экипажа при управлении ВС. В работе [15] приведены факты, касающиеся авиационных катастроф на режимах взлета и посадки ВС. На взлет, который составляет всего 2% общего времени полета, приходится 24.8 % катастроф, а на этапы захода на посадку и посадки, занимающие в среднем всего 4% общего полетного времени, приходится 43.4% авиационных происшествий. Объяснение столь весомой доли авиационных происшествий, приходящихся на эти этапы полета, вытекают, в основном, из дефицита времени экипажа на принятие решения при попадании воздушного судна в особые ситуации, имеющие ограничения по запасам скорости и высоты полета. Прежде всего, необходимо отметить, что существует две стороны проблемы безопасности: а) инженерно-техническая – оценка частоты (риска) опасных событий в процессе труда; б) социальная – решение вопросов о возмещении материального и социального ущерба от произошедших опасных событий, т.е. страхование людей от несчастных случаев в процессе труда и от профзаболеваний, приобретаемых на производстве [16].

Цель безопасности заключается в уменьшении частоты (риска) свершения опасных событий. Количественными ориентирами при этом являются допустимые и недопустимые частоты (риски) опасных событий.

Риск допустимый – максимально нормативно определенная, т.е. установленная официальным нормативным документом величина риска опасного события. Согласно нормативным документам (FAR -25, JAR -25, АП 25), «*самолет должен быть спроектирован и построен таким образом, чтобы в ожидаемых условиях эксплуатации при действиях экипажа в соответствии с РЛЭ любое отказное состояние (функциональный отказ), приводящее к возникновению катастрофической ситуации, оценивалось как событие не более частое, чем практически невероятное, или чтобы суммарная вероятность возникновения катастрофической ситуации, вызванной отказными состояниями (функциональными отказами), для самолета в целом не превышала значения, соответствующего 10^{-6} на один час полета*». Справедливо ради заметим, что указанная норма касается практически только воздушного судна, а экипаж выступает в роли оператора, строго выполняющего то, что ему предписывает Flight Crew Operational Manual или Standard Operational Procedures (FCOM-РЛЭ, SOP-Технология взаимодействия экипажа). Разумеется, такая аккуратность при назначении вышеприведенной нормы не является недостатком документов, а указывает на большую сложность нормирования деятельности человека, особенно в экстремальных условиях [5]. Так или иначе, количественное ограничение риска возникновения катастрофической ситуации, равное одной десяти-миллионной на час полета может быть принято отправной точкой для исследования га-

рантированной безопасности. Заметим, что международные организации, нормирующие деятельность гражданской авиации (ICAO, IATA), не дают количественных ориентиров по безопасности полетов и не назначают никаких норм [17].

В этом контексте заслуживает внимания исследование группы анализа САА Великобритании, рассмотревшее доступную информацию по катастрофам 12500 самолетов. Из первого отчета группы анализа, составленного с использованием современной базы данных «Глобальный обзор катастроф за 1980-1998 гг.», а также специальных сообщений Airclaims определены тенденции изменения уровня безопасности полетов в мире за период 1984-98 гг. при эксплуатации реактивных ВС западного и восточного производства. Приводится количество катастроф на 1 млн. полетов для реактивных самолётов (сглаженные коэффициенты, 90%-вероятностные пределы (табл. 1).

Таблица 1

Страна / регион	ВС производства	
	Запад	Восток
Европа и СНГ	0,30	2,87
СНГ.	Нет данных	2,68
Страны JAA	0,11	Нет данных
Прочие страны Европы	2,23	3,14
Северная Америка	0,19	Нет данных
США	0,20	Нет данных
Остальные Страны Сев. Америки.	0	Нет данных
Куба	Нет данных	23,8
Южная и Центральная Америка	1,08	Нет данных
Азия	0,89	19,1
Китай	0,43	11,6
Другие страны Азии	0,98	19,1
Африка	2,10	Нет данных
Австралия	0	Нет данных
Всего в мире	0,46	4,47

По данным Международной организации гражданской авиации (ICAO), в 2012 году коэффициент аварийности составил 3,2 авиационных происшествия (АП) на миллион вылетов, или в общей сложности 99 авиационных происшествий на приблизительно 31 млн. рейсов. В 2012 году количество погибших при авиационных происшествиях также снизилось до 475 человек по сравнению с цифрой 524 чел. в 2011 году. Это самый низкий показатель с 2004 года (табл. 2) (2013 год не берется за основу из-за того, что статья написана в середине года.)

Таблица 2

Годы	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Кол.погибших	1229	696	1147	801	1112	703	454	1073
Авиац.проишш-е	45	46	42	35	43	33	33	39
Годы	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	I половина 2013
Кол.погибших	905	773	589	760	847	524	475	65
Авиац.проишш-е	33	31	34	31	31	36	23	13

При этом в странах СНГ в 2012 году абсолютные показатели безопасности полетов остались практически на уровне 2011 года [18], однако сократилось число погибших: в 2012 г – 51 АП, 30 катастроф с гибелем 114 человек, в 2011 г – 50 АП, 28 катастроф с гибелем 187 человек. Если сравнить число погибших в странах бывшего Союза (кроме стран Прибалтики) 114/187 с данными ИКАО – 524/475, получается соотношение 22% / 39%, что, конечно, не радует: в самые благополучные годы количество жертв в странах бывшего Союза составляет более одной трети от потерь остального мира. Это сравнение по абсолютным показателям. Ниже показано количество авиационных происшествий с 1946 года (черным цветом - 1) и тенденция за 10 лет (серым цветом - 2).

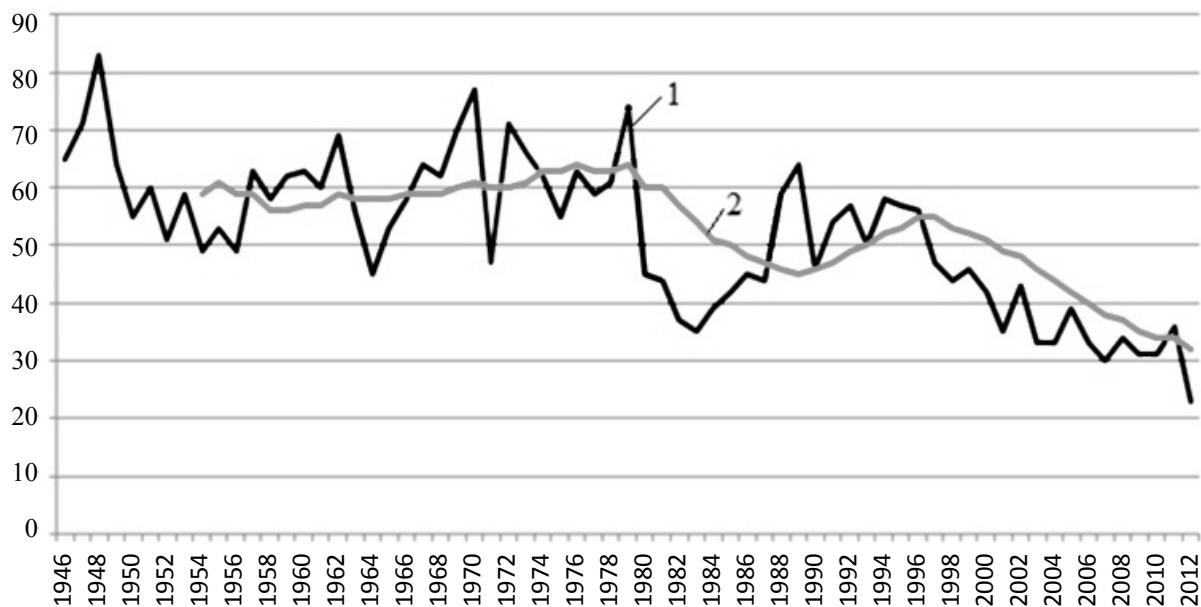


Рис.

Аналогичная картина получится при сравнении относительных показателей уровня безопасности полетов с применением базы «в час» (чаще всего в отчетах используются показатели «Количество АП, количество катастроф и число жертв на 100000 часов налета»). Наиболее объективным показателем уровня безопасности полетов является

показатель с использованием базы «полет» или «рейс». Общепризнано, что подавляющее большинство АП происходит на этапах взлета, захода на посадку и при посадке, а продолжительность этапа крейсерского полета имеет слабое влияние на вероятность авиационного происшествия. **Основная цель состоит в том, чтобы каждый полет закончился благополучно независимо от его продолжительности.**

В контексте нашего исследования, естественно, возникает вопрос: как приведенные данные соотносятся с требованиями «Норм»? Хорошо это или плохо? Допустимо или недопустимо? Ответов на поставленные вопросы нет в силу того, что **нет узаконенных норм безопасности**, а вышеупомянутые «Нормы» касаются скорее разработчиков, чем эксплуатантов. К тому же, существует большая путаница в единицах измерения (критериях безопасности).

Если же взять в качестве «общего знаменателя» и одновременно «нормы безопасности» упомянутую нами ранее суммарную вероятность возникновения катастрофической ситуации, которая не должна превышать значения 10^{-6} на один час полета, тогда видно, что **пока ни одна страна не достигла требования: 1 катастрофа на 10 млн. полетов**. Хотя страны JAA и США близки к этому показателю. А для реактивных самолётов они его достигли (США - 1,1; JAA – 0,6, но это, конечно, приближённые цифры) [18].

Особое место занимает Австралия, которой десятки лет удается поддерживать **нулевую аварийность** (по катастрофам). При всем том, что западные аналитики считают данные по Австралии ненадежными в силу недостаточного числа полетов по сравнению с другими регионами, опыт Австралии заслуживает внимания и изучения.

Вероятностный анализ безопасности полетов.

Рассмотрим процесс полета ВС как сложную систему «С», состоящую из отдельных компонентов: элементы или узлы авиационной техники, летный состав и персонал управления воздушным движением (УВД). Исходной информацией для вероятностного анализа безопасности (ВАБ) являются данные о вероятностях возникновения нежелательных (базисных) событий [19, 20]. Базисные события (БС) нарушения безопасности в нашем случае представляют собой отказы отдельных элементов или узлов авиационной техники, ошибки летного состава и персонала УВД в нештатных ситуациях.

Согласно методическим указаниям [20], оценка вероятности базисных событий производится на основании текущих значений факторов риска. Фактор риска – причина, влияющая на вероятность возникновения БС или на размер потенциального ущерба в результате его реализации.

С этой целью вводится понятие значимости риска компонента системы по Бирнбауму [21] или по Фусселу-Веселы [22]. Ниже дается определение этих понятий, имея в виду, что для полета ВС отказы отдельных указанных выше компонентов (т.е. появление базисных событий) при определенных условиях могут приводить к отказу системы (аварии), который сопровождается тяжелыми последствиями (жертвами и материальным ущербом).

Определение 1. Значимость (по Бирнбауму) компоненты E_k в системе „С” есть величина

$$B = \frac{dP_c^k(ak)}{dP(ak)}, \quad (1)$$

где $P(a_k)$ - вероятность возникновения базисного события на компоненте E_k ;

$P_c^k(ak)$ - вероятность отказа системы, зависящая от $P(a_k)$; $a_k \in \{a_i, i=1, n\}$, n - количество компонентов системы.

Показано [21], что

$$B^k = P_c^k(1) - P_c^k(0), \quad (2)$$

где $P_c^k(1)$, $P_c^k(0)$ - вероятность отказа системы при условиях $P(a_k)=1$, $P(a_k)=0$ соответственно.

В термине «частота отказа системы» показатель B^k характеризует величину увеличения частоты отказа системы при переходе компоненты E_k из состояния абсолютной надежности в состояние абсолютного отказа. Низкий показатель B^k значимости компоненты E_k свидетельствует о высоком уровне функционального резервирования этой системы.

Определение 2. Значимость (по Фусселе-Веселы) компоненты E_k в системе “С” есть величина

$$FV^k = \left[\frac{P_c^k(N) - P_c^k(0)}{P_c^k(N)} \right], \quad (3)$$

где $P_c^k(N)$ - вероятность отказа системы при номинальном значении N вероятности отказа компоненты E_k (т.е. вероятности базисного события a_k).

Показатель FV^k характеризует относительное увеличение частоты отказа системы при переходе компоненты E_k из состояния абсолютной надежности в «номинальное» (состояние, соответствующее регламентным нормам).

Кроме показателей B^k , FV^k , в ВАБ используются показатели «коэффициенты» и «интервалы» изменения риска [23]:

- коэффициент увеличения риска (Risk Increase Ratio),(RIR);
- коэффициент уменьшения риска (Risk Reduction Ratio),(RRR);
- интервал увеличения риска (Risk Increase Interval),(RII);
- интервал уменьшения риска (Risk Reduction Interval),(RRI).

Данные показатели имеют следующие формализованные представления.

$$RIR = P_c(1)/P_c(N), \quad (4)$$

$$RRR = P_c(N)/P_c(0), \quad (5)$$

$$RII = P_c(1) - P_c(N), \quad (6)$$

$$RRI = P_c(N) - P_c(0), \quad (7)$$

Здесь с целью визуального упрощения в обозначениях показателей значимости k -го компонента не проставлены индексы « k », которые надо подразумевать.

Между показателями (2) – (7) имеют место следующие соотношения [20]:

$$B = RRI + RRI, \quad (8)$$

$$RRI=B \cdot N, \quad (9)$$

$$RII=B(1-N), \quad (10)$$

Оттуда получается связь между показателями Ви FV:

$$FV=(B \cdot N) / P_c(N), \quad (11)$$

$$B = \frac{FV \cdot P_c(N)}{N} \quad (12)$$

Оценка вероятности базисного события a^k вычисляется с помощью следующего выражения [24]:

$$P_{(ak)} = 1 - \prod_{j=1}^M [1 - f_j^k(x_j^c)] \quad (13)$$

Здесь x_j^c - текущие значения факторов риска X_j ($j=1, \dots, M$), влияющих на базисные события системы «С»; $f_j^k(x_j^c)$ - функция влияния фактора X_j на базисное событие a_k при $X_j=x_j^c$, определяемая как условное возникновение базисного события a_k при условии что, $X_j=x_j^c$, а все остальные факторы X_j ($j' \neq j$) принимают свои нормы.

Выражение (13) позволяет оценить вероятности отказов компонентов системы на основании значений факторов риска, которые они принимают в момент мониторинга контролируемой ситуации поведения системы.

Вероятностная оценка риска столкновений самолетов.

Проблема безопасности на воздушном транспорте остается актуальной, несмотря на значительные достижения в самолетостроении, создания новых навигационных систем и систем управления воздушным движением. Основной показатель безопасности воздушного движения – риск столкновения самолетов. Важно заблаговременно выявить развитие конфликтной ситуации, определяемой как прогнозируемое сближение самолетов в пространстве и во времени, при котором нарушаются установленные минимумы разделения самолетов. Необходимость оценки риска связана с проблемой достоверности прогнозирования воздушного движения, которая состоит в неопределенности будущего положения самолетов и обусловлена наличием целого ряда факторов, в том числе случайного характера.

В настоящее время наметилась тенденция перехода от централизованного к децентрализованному управлению воздушным движением (УВД), при этом предполагается смещение традиционного УВД в сторону кооперативного УВД [25]. Кооперативное УВД – новая концепция, которая призвана повысить производительность и безопасность воздушного движения путем оптимизации взаимодействия диспетчеров, экипажей самолетов и других служб за счет интеграции цифровой системы передачи данных, улучшения методов наблюдения и автоматизации. При этом вся необходимая информация должна быть доступна всем сторонам, вовлеченным в принятие решений. Новые качества кооперативной системы УВД дают возможность развивать методы выявления и разрешения конфликтных ситуаций, основанные на доступности информации о намерениях участников воздушного движения, методы использования планов полетов в качестве

основы для прогнозирования траекторий, выявления возможных конфликтов и оценки вероятности столкновений самолетов с учетом управляемости процесса полета.

В общем случае процесс полета является стохастическим (случайным) процессом из-за наличия большого количества факторов случайного характера, которые влияют на движение самолета. Вслед за рядом авторов мы полагаем, что вероятностные методы оценки конфликтов в сравнении с геометрическими методами более совершенны и перспективны. Они позволяют учитывать как вероятностные характеристики процесса движения, так и фактор управляемости к особенностям использования методов навигации [26].

Из известных вероятностных методов выявления и оценки конфликтов можно выделить метод оценки вероятности конфликта, предложенный в работе [27], и метод оценки риска столкновений [28]. Первый метод [27] предназначен для среднесрочного прогнозирования потенциально конфликтных ситуаций на время до 15-20 мин. Метод дает аналитическое выражение для оценки вероятности конфликта двух самолетов, он базируется на известной априорной информации о дисперсии отклонения самолета от плановой траектории полета в продольном, боковом и вертикальном направлениях движения. Принимается, что эти отклонения независимы и подчиняются нормальному закону распределения. Геометрически конфликт определяется как вероятностная мера пересечения области неопределенности прогнозируемых положений двух самолетов.

Второй метод [28] имеет преимущество при краткосрочном прогнозировании конфликтов на время до 5-10 мин. и основан на понятии риска столкновений. Процесс разделения самолетов рассматривается как случайный процесс с известными статистическими характеристиками положения и скорости, описываемый стохастическим дифференциальным уравнением. Теоретически вероятность столкновения определяется как вероятность первого пересечения этого процесса с запретной областью, размеры которой соизмеримы с размерами самолетов. Однако, поскольку точное математическое решение представляет собой чрезвычайно сложную задачу, в методе применяется ряд упрощений: допускается возможность многократного вторжения в запретную область и определяется функция интенсивности пересечения области, а затем вероятности пересечения. В результате определяется не вероятность столкновения, а риск столкновения – верхняя граница для вероятности столкновений.

В работе [29] рассматривается более общий подход к решению задачи оценки вероятности потенциального конфликта и риска столкновения самолетов с учетом стохастического характера отклонений от запланированной траектории полета, их корреляционной зависимости во времени в условиях реализации кооперативного УВД. Получено обобщенное дифференциальное уравнение в частных производных (ДУЧП) параболического типа размерностью $N=6$, которое описывает изменение вероятности конфликта (или столкновения) при горизонтальном полете самолетов. При этом выведена модель стохастического процесса относительного движения двух самолетов с учетом случайных отклонений от заданных траекторий полета и корреляционной зависимости этих отклонений во времени. Численное решение полученного ДУЧП для различных сцена-

риев конфликта ситуаций позволяет анализировать получаемые значения вероятности конфликта и ее зависимости от времени прогноза, параметров относительного движения самолетов и возмущающих факторов, с учетом фактора управляемости при кооперативном УВД.

Проблема гарантированной безопасности.

Прежде всего отметим, что собственно проблема безопасности полетов далеко не самая главная среди проблем безопасности человека: безопасность жизни человека важна сама по себе независимо от того, где он живет и работает. Каждому ясно, что ежедневно в мире, в любой стране имеет место значительное количество жертв по самым разным причинам: военные конфликты, стихийные бедствия, болезни, самоубийства. В той же транспортной сфере количество жертв в авиационных происшествиях в мире (1100-1200 человек в год) на несколько порядков ниже по сравнению с числом погибших в дорожно-транспортных происшествиях (3000 ежедневно!). Между тем, потребность в безопасности и заботе является базовой человеческой потребностью, равно как потребность в воздухе, пище, воде.

Понимая, что абсолютная безопасность невозможна, орган, ответственный за безопасность людей, проживающих на территории государства, обязан установить допустимый и гарантированный уровень безопасности и контролировать его. Простое увеличение материальных и человеческих ресурсов на обеспечение безопасности без количественной оценки их общей результативности – стратегически неэффективно.

Для коренного исправления такого положения необходим переход от экстенсивного развития сферы безопасности к интенсивному.

Первым шагом на пути к переходу от экстенсивного развития безопасности к интенсивному должна стать разработка научных основ современной концепции безопасности.

Заключение.

1. Для установления допустимого риска свершения потенциально опасных (базисных) событий в процессе полета воздушного судна (ВС) необходимо провести вероятностный анализ безопасности (ВАБ), в результате которого вычисляются оценки вероятности базисных событий на основании значений факторов риска в момент мониторинга контролируемой ситуации.

2. Вероятностные методы оценки конфликтов (или столкновений) самолетов являются более совершенными и перспективными по сравнению с геометрическими методами, особенно в условиях кооперативного управления воздушным движением.

3. Наиболее точные оценки риска столкновений самолетов получаются при рассмотрении полета ВС как случайного процесса, описываемого стохастическим дифференциальным уравнением, что позволяет моделировать зависимости вероятности конфликта от времени прогноза, параметров относительного движения самолетов и возмущающих факторов.

4. Гарантиированная безопасность полетов может быть обеспечена путем снижения риска появления базисных событий нарушения безопасности полета ВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лейченко С.Д., Малишевский А.В., Михайлик Н.Ф.** Человеческий фактор в авиации; Монография в 2-х книгах. Кн. 2 СПб-Кировоград, 2006, с.359-385.
2. **Клебанов Ф.С.** О современной концепции безопасности. Безопасность труда в промышленности, №6, 2002, с.33-38.
3. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2012 г. // Доклад Межгосударственного авиационного комитета, февраль 2013, 81с.
4. www.mak.ru /Russian/info/ do
5. **Пашаев А.М.** Научно-методические принципы организации безопасности полетов и авиационной безопасности. // Труды республиканской научно-технической конференции. «Современные проблемы гражданской авиации», Баку, 2004. – с. 15-18.
6. Demystifying CNS/ATM// Report CANSO CNS/ATM Working Group/Final Version. June1999-p.81.
7. GATSS:C/I/S/ Air Traffic Management Modernization Study, Summary. January, 1992, p.120.
8. World Wide CNS/ATM Systems Implementer/ICAO, RIO Conference, 1998, p.170.
9. Материалы совещания группы экспертов по авиационной связи. (AMCD), Монреаль, 4-13 февраля 2003. – с.12.
10. **Павлова С.В.** Структурный синтез алгоритма управления компьютерной сетью системы «динамический абонент - динамическая сеть - динамический абонент» // Проблемы управления и информатики, 2006, №5, с. 120-130
11. **Аскеров Д.Д.** Проблемы безопасности полетов при эксплуатации воздушных судов гражданской авиации. // Научные труды Национальной Авиационной Академии. - Баку, 2002, вып.2, с. 8-18.
12. **Аскеров Д.Д.** Надежность и безопасность полетов воздушных судов в условиях неполной и неопределенной информации. // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии- Баку, 2009, т.1. №1, с.27-36.
13. **Аскеров Д.Д.** Модель принятия решения в задаче оценки психофизиологического состояния и работоспособности операторов и диспетчеров воздушного транспорта // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. - Баку, 2010, т.2, №4, с. 51-59.
14. **Джавадов Н.Г.** Диагностика психических состояний и свойств личностей пилотного состава летательных аппаратов с использованием нечетких лингвистических оценок. // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. - Баку, 2010, т.2, №4, с. 83-88.
15. Аварийность самолетов с ГТД стран-членов ИКАО при пассажирских перевозках за период эксплуатации с 1957 по1986 г. // Отчет о НИР №1410-87-8759/ руков. Полтавец В.А. – №ГРХ74579. - М1987 – 74 с.
16. **Михайлик Н.Ф., Джаяфарзаде Р.М., Малишевский А.В.** Проблема эксплуатации воздушных судов в экстремальных условиях. Постановка задачи. // Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий, выпуск 15, М., 2004.
17. Managing Risks in Civil Aviation: A Review of the FAA's Approach to safety 2012
18. <http://aviation-safety.net/statistics/>
19. **Серебровский А.Н.** Анализ подходов оценивания вероятностей базисных событий техногенной опасности. // Математичні машини і системи, 2008, №2, с. 122-127
20. **Серебровский А.Н.** Методические и вычислительные аспекты значимости риска компонентов сложных систем. // Математичні машини і системи, 2012, № 2, с. 145-154; 2012, №3, с. 124-130.

21. **Birnbaum Z.W.** On the importance of different components in a multi- component system/ Multivariate –2– Analyses N.Y: Academic Press, 1969. – p.581-592.
22. **Fussel J.B.** How to Hand- Calculate system reliability characteristics/J.B.Fussel//IEE Fronsactions on Reliability, 1973, №3, p.24.
23. **Можаев А.С.** Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем. – Спб. ВМА им Н.Г.Кузнецова, 2006.-577с.
24. **Серебровский А.Н.** Об одном методе вероятностного анализа безопасности потенциально опасных объектов. // Математичні машини і системи, 2002, № 1, с. 41-48.
25. **Hoffman E., Nicolaon J.P., Zeyhal K.** Transfer of separation responsibilities to aircraft: The free – flight evolutionary air ground co-operative ATM concepts // EUROCONTROL Skyway, Spring issue -1999-4(13) – <http://www.eurocontrol.fr/projects/compare/archive/skyway/html>.
26. **Bakker G.J., Kremer H.J., Blom H.A.P** Geometric and probabilistic approaches towards conflict prediction // 3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Napoli, 13-16 June 2000 – http://atm-seminar-2000.eurocontrol.fr/accepted_papaers/pdf/paper60.pdf
27. **Paielli R.A., Erzberger H.** Conflict probability estimation for free flight //J.of Guidance, Control and Dynamics. - 1977, 20(3), p.588-596.
28. Accident risk assessment for advanced ATM/H.A.P. Blom, G.J.Bakker, P.J.G. Blanker,J. Daams, M.H.C.Everdij, M.B.Klopstra/ Ed.by G.J. Donohue, A.G. Zellweger//Air Transportation Systems Engineering/AIAA-2001, p.463-480.
29. **Харченко В.П., Кукуш Ф.Г., Васильев В.Н.** Вероятностная оценка риска столкновений самолетов при кооперативном управлении воздушным движением // Проблемы управления и информатики, 2005, №5, с. 56-63.

UÇUŞLARIN TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN EHTİMALLA DƏYƏRLƏNDİRİLMƏSİ VƏ TƏMİNATLI TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN PROBLEMLƏRİ

R.M. CƏFƏRZADƏ, T.R. CƏFƏRZADƏ

Məqalədə uçuşun təhlükəsizliyinin təmin olunma məsələsinə, normaların təyini və təhlükəsizliyin pozulmasına gətirən təhlükəli (basis) potensial hadisələrinin yaranma riskinin meyarları nöqtəyinənəzərində baxılmışdır. Hava gəmisinin toqquşma riskinin qiymətləndirilməsində ehtimal edilən üsulların, əsasən hava hərəkətinin kooperativ idarə etmə şərtində həndəsi üsullarla müqayisədə üstünlüyü göstərilmişdir. Dünyada və MDB-də nisbi və mütləq göstərişlərə görə uçuşların təhlükəsizlik vəziyyəti analiz olunur və zəmanət verilmiş təhlükəsizlik problemi haqqında məsələ qaldırılır.

THE SAFETY PROBABILITY ASSESSMENT AND THE GUARANTEED SECURITY PROBLEMS

R.M. JAFARZADE, T.R. JAFARZADE

The safety assessment task is considered from the prospective of the risk valuation of standards and criteria of the potentially dangerous (basis) events leading to the breach of security. The advantage of the probabilistic approach in the risk valuation of aircraft collisions over the geometric methods, especially under cooperative air traffic control conditions, is shown. The flight safety according to the international and CIS relative and absolute indexes is analyzed, and the question about the guaranteed safety problem is raised.

4D MÜHİTİNDE RADIOSİQNALIN RİYAZİ MODELİNİN QURULMASI PROBLEMLƏRİNİN SİSTEMLİ TƏHLİLİ

A.M. PAŞAYEV, R.N. NƏBİYEV, N.B. AĞAYEV,
V.Z. SULTANOV, H.B. BABAYEV

Məqalədə aeronaviqasiya təminatı üzrə mütəxəssis və peşəkar hazırlığının mövcud səviyyəsi və çatışmazlıqlar təhlil edilib. Çoxölçülü mühitlərdə trenajor hazırlığı zamanı radioinformasiya sahələrini yaradan radiosiqnalların riyazi modelinin üç ölçülü mühitə inteqrasiyası və vizuallaşdırmanın riyazi yolları araşdırılıb. Aparılmış tədqiqatlar çoxölçülü mühitlərə inikasın təmin edilməsinə və çoxölçülü kompyuter modelinin yaradılmasına imkan verir.

Açar sözlər: aeronaviqasiya, dispetçer, dörd ölçülü mühit, modelləşdirilmə, radioinformasiya, riyazi model, vizuallaşdırma.

Mütəxəssis və peşəkar hazırlığının mövcud səviyyəsində hazırlıq zamanı vərdiş xüsusiyətlərinin aşılanmasına daha çox əhəmiyyət verilir. Bu halda baş verən proseslərə avtomatik verilən reaksiya real vəziyyəti tam qiymətləndirmək və qərar qəbul etmək üçün kifayət etmir.

Hal-hazırda mülki aviasiyada pilot və HHİE dispetçer heyətinin hazırlıq prosesindən fərqli olaraq aeronaviqasiya təminatı (ANT) üzrə mühəndis-texniki heyət, meteo və digər sahələr üzrə mütəxəssis hazırlığı üçün trenajorlar praktiki cəhətdən yoxdur. Hazırlıq prosesi yalnız müvafiq tövsiyə edici sənədlər ilə reqlamentləşdirilir. Məqalədə təklif olunan aeronaviqasiya təminatının dörd ölçülü mühitdə modelləşdirilməsi (ANT4DM) həm HHİE dispetçerlərinin (hətta pilot hazırlığının ilk mərhələlərində), həm də ANT üzrə mühəndis-texniki heyətin bütün hazırlıq mərhələlərini (tələbəlik dövründən peşəkar iş dövrü də daxil olmaqla istənilən mərhələni) əhatə edir. Eyni zamanda mütəxəssis hazırlığının bu mərhələlərində trenajor hazırlığının sistemləşdirilməsi zəruridir. ANT4DM [1-3] üzrə araşdırmalar göstərir ki, bu üsulan tətbiqində təlim-məşq proseduruna geniş imkanlar yaranır.

Hazırkı tədqiqat aeronaviqasiya mütəxəssislərinin çoxölçülü mühitlərdə trenajor hazırlığı zamanı radioinformasiya sahələrini yaradan radiosiqnalların riyazi modelinin üç ölçülü mühitə nəzərən vizuallaşdırılması problemlərinin tədqiqinə həsr edilib.

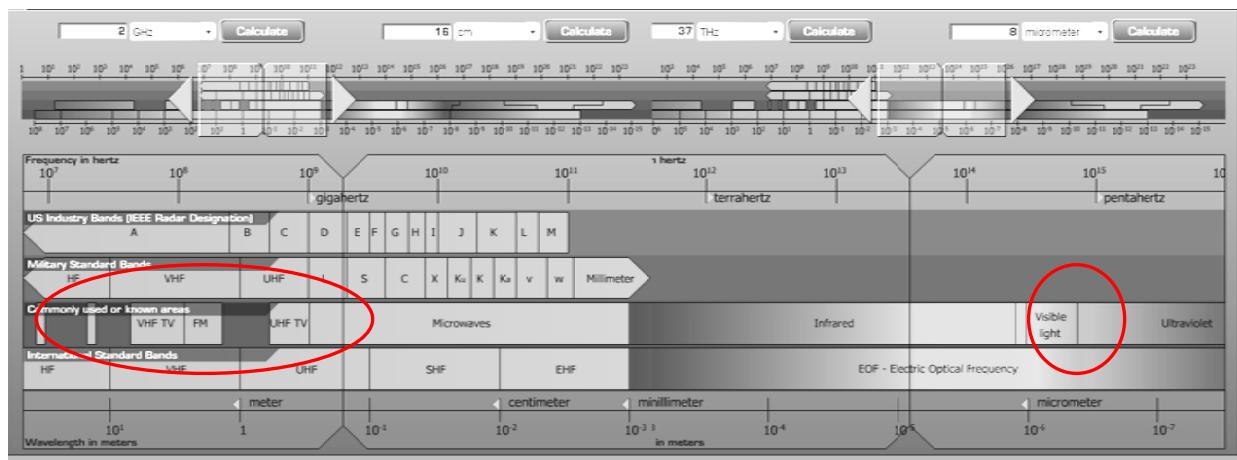
Radiosiqnalların yaratdığı radioinformasiya sahələrini (RİS) təsvir etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. RİS 3D mühitində modelləşdirmənin köməyi ilə vizuallaşdırılaraq göz ilə görünə bilən vəziyyətə gətirilə bilər. RİS-in təsəvvür edilməsi müxtəlif və təhrifli ola bildiyi üçün onun unifikasiya olunmuş variantının yaradılması məqsədə uyğundur. Elektromaqnit siqnalının yaratdığı RİS öz mahiyyəti etibarı ilə mürəkkəb və çox funksiyalıdır. Modulyasiya prinsiplərindən tutmuş, radiosiqnalın dalğa uzunluğu, tezliyi, amplitudası, fazası və radiosiqnalın yayıldığı mühitin xüsusiyyətlərinə qədər çox sayılı dinamik parametrlər mövcuddur ki, onların nəzərə alınması vacib şərt olaraq qalır. Bu məqsədlə 3D mühitdəki modellərin 4D mühitdə imitasiya edilməsi proseslərin bütün zaman intervalında qiymətləndirilməsi və təhlilinə imkan yarada bilir. Problemin qoyuluşu zamanı proseslərin izah edilməsi və aparılan təhlillər müəyyən bir zaman intervalında götürüldüyüdən digər zaman intervallarında baş verən proseslərin və ona təsir edən amillərin rolu diqqətdən kənarda qalır. Proseslərin izah edilməsində əsas rol oynayan müəllim-təlimatçı heyətinin özünün subyektiv rolu və prosesləri izahetmə bacarıqları görmə diapazonunda olmayan proseslərin mənimsədilməsi zamanı həllədici rol oynayır. ANT4DM metodologiyası proseslərin izah edilməsində daha çox ekspertlərin köməyi ilə unifikasiya olunmuş üsullardan istifadəni əsas tutur. Belə olan halda subyektivlik amilləri minimuma endirilir.

İstifadə edilən siqnal tezliklərinin tam spektri $f = 1 - 10^{23} \text{ Hz}$ və dalğa uzunluğu $\lambda = 10^8 - 10^{-15} \text{ m}$ olan diapazonda yerləşir [4]. Tezliklər diapazonu aşağıdakı kimi sinifləşdirilir:

1. Audio dalğalar,
2. Radio dalğalar (LF, MF, HF, VHF, UHF),
3. İstilik dalğaları (mikrodalğalar),
4. İnfraqırmızı dalğalar,
5. Görünən dalğalar,
6. Ultrabənövşəyi dalğalar,
7. Rentgen dalğaları (X-ray),
8. Qamma dalğalar,
9. Kosmik dalğalar.

Tezliklər diapazonunda göstərilən elektromaqnit dalğaları (rəqslər) təbiət etibarı ilə eynidir. Onlar bir-birindən dalğa uzunluğuna və tezliyinə görə fərqlənirlər. Spektrlər arasındaki sərhədlər şərti mahiyyət daşıyır. Çox az hallarda spektrlərin keçid sərhədi sərt olur və spektrlər əsasən örtük zonaları yaratmaqla bir-birinin ardınca davam edirlər. Dalğa uzunluğu nə qədər böyükdürsə və ona uyğun olaraq siqnalın tezliyi nə qədər kiçikdirse, həmin dalğanın nisbətən güclü mexaniki hissiyyat (rezonans) yaratmaq qabiliyyəti var

(məs., audio dalğa diapazonu). Dalğa uzunluğu azaldıqca, təbii olaraq tezlik artır. Nəticədə dalğa diapazonu daha uzaq məsafələrə yayılma bilir.



Şək. 1. Tezliklər diapazonun bir seqmenti [5].

İstilik yaradan dalğa diapazonu (mikrodalğalar) şək. 1-dən göründüyü kimi radiodalğalar və gözlə görünə bilən dalğaların arasında yerləşir. Lakin bu dalğa diapazonu da radiodalğalar kimi gözlə görünə bilmir. Onda istənilən halda vizual görüntünü yaratmaq üçün görmək istədiyimiz prosesləri dalğa uzunluğundan və tezliyindən (diapazondan) asılı olma-yaraq görünə bilən dalğalar diapazonuna gətirməli və yaxud da onu vizual model-ləşdirməliyik.

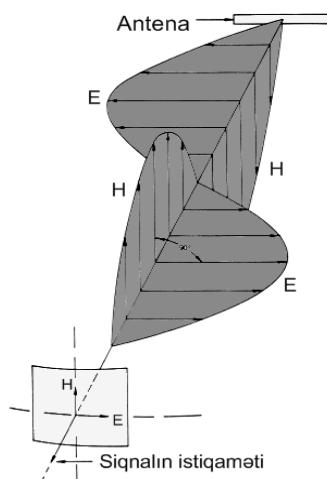
Beynəlxalq elektrorabitə təşkilatının (*International Telecommunication Union, ITU*) radiodalgalara verdiyi təsnifata görə [5] radiodalğalar üçün əsasən (3 Mhz – 30 QHz) diapazon təyin edilib. Bu zaman elektromaqnit dalgasının mühitdə radiodalğa kimi yayılması prinsipləri əsas götürülür. Bizim tədqiqat obyektimiz mülki aviasiyaya aid olduğuna görə ITU tərəfindən radiodalgalara verilən təsnifata əsasən mülki aviasiya üçün ayrılmış alt radio diapazonlardan istifadə edə bilərik. Cədvəl 1-də bu diapazonlar verilib [5].

Cədvəl 1.

Tezlik zolağı	İzahatı
2182 kHz	Qəza tezliyi (yalnız <u>SOS (MAYDAY)</u> siqnallarının ötürülməsi üçündür).
74,8 - 75,2 MHz	Marker radiomayakları
108 - 117,975 MHz	Naviqasiyanın və enmənin radiosistemləri (kurs kanalı)
118 - 135,975 MHz	UQD radiorabitə (bort – dispetçer radiorabitəsi).
121,5 MHz	Qəza tezliyi (yalnız <u>SOS (MAYDAY)</u> siqnallarının ötürülməsi üçündür).
328,6 - 335,4 MHz	Enmənin radiosistemləri (qlissada kanalı)
960 - 1215 MHz	Radionaviqasiya sistemləri
3-40 ГГц	Radarlayıcı sistemlər

Bizim tədqiqatını apardığımız tezlik diapazonu təyyarənin şaquli və üfüqi müstəvilərdəki vəziyyətinin təyin edilməsi ilə əlaqədardır. Qeyd edilən tezliklər əsasən Ultra Qısa Dalğa (UQD) diapazonu daxilindədir. Apardığımız elmi araşdırmaclar cədvəl 1-dəki 3-cü və 6-cı seqmentlərə: 108 – 117,975 MHs və 328,6 – 335,4 MHs tezlik diapazonlarına aiddir.

Elektrik (E) və maqnit (H) sahə vektorları nəticədə hər iki sahənin irəliyə doğru istiqamətlənmış vahid istiqamət vektorunu (Umov-Pointinq vektoru) yaradırlar (Şək. 2). Həmin sahə radioinformasiya üçün daşıyıcı mühit hesab olunur [2 – 8].



Şək. 2. Radiodalganın qrafiki təsviri

M.Ayzinov və A.Bayraşevskiy radiosıgnalın üç ölçülü mühitdəki həcmini [8], A.Monakov üç ölçülü mühitin əsas elementlərindən olan x, y, z fəza koordinat sistemində naviqasiya məsələlərinin həll edilməsi üçün radiotexniki üsulları, fəzada dinamik yerin təyin edilməsi prinsiplərini [9] verməklə əslində radiosıgnalın yaratdığı radioinformasiya sahəsinin müxtəlif yollarla təqdimatını veriblər. Radiosıgnalların təqdimat formalarını təklif edən tədqiqatçılardan V.Soçkov rəqslərin təqdimat üsullarından bəhs edərkən qarşıya qoyulan tapşırıqdan, konkret şəraitdən və vəziyyətdən asılı olaraq rəqs prosesinin müxtəlif formalarda təqdimatını verir [6]. V.Soçkova görə ən çox yayılmış formalar aşağıdakılardır:

- zaman (analitik) forması.
- kompleks forma.
- vektor diaqramı.
- spektral diaqram.

Bu təqdimat formalarının hər biri ayrı-ayrılıqla radiosıgnalın riyazi modelini verir. Lakin bu üsullardan istifadə etməklə vizuallaşdırılmış kompyuter modelini qurmaq çətindir. Qeyd edilən hər bir forma üzrə beynin alt qatında proseslərin riyazi modellən təsəvvür mühitinə integrasiyası aparılır. Prosesləri təsəvvür etmək və mənimsəmək beynin əlavə olaraq daha artıq yüklənməsinə gətirib çıxarır. Bu həm zaman itkisidir və həm də

əksər hallarda səhv qərarların qəbul edilməsi üçün münbit şəraitdir. Belə bir hal insanın malik olduğu bioloji, əqli və fiziki imkanlarla məhdudlaşan bir arqumentdir. Müxtəlif insanlarda müxtəlif (yaxşı və ya pis) qavrama və mənimsəmə bacarıqları mövcuddur. Ona görə də elə bir təqdimat üsulu seçilməlidir ki, prosesləri daha yaxşı başa düşmək mümkün olsun. Bu məqsədlə müxtəlif təqdimat üsullarını təhlil edə bilərik:

a) Zaman (analitik) forması [6]:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = U_m \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) \quad (1)$$

Burada, $f_0 = \omega_0 / 2\pi$ - rəqsin tezliyi (Hz)

$\omega_0 t + \varphi_0$ - rəqsin fazası,

ω_0 - rəqsin tezliyi,

φ_0 - rəqsin başlangıç fazasıdır.

Bu halda proseslər yalnız t - zamanı əsas götürülməklə təqdim edildiyinə görə onların XOY , XOZ və YOZ müstəvilərindəki vəziyyəti tam aydınlaşdırır. Buna görə də çoxölçülü mühitlərə inikas imkanları məhduddur. Təkcə zamana görə təqdimat forması fəza koordinat sistemini yarada bilmir. 4D mühitinin yaradılması üçün t - zaman vektoru ilə birlikdə XYZ koordinat sistemində radiosiqnalın və ya radioinformasiya sahəsinin malik ola biləcəyi qiymətlər təyin edilməlidir.

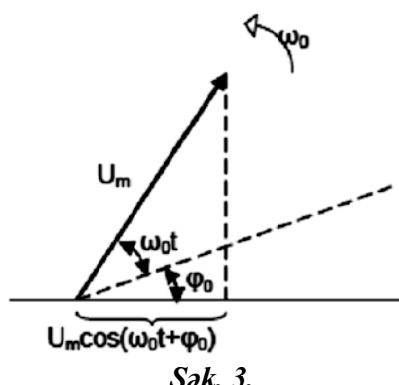
b) radiotexnikada rəqsin kompleks formada yazılışından geniş istifadə edilir:

$$\dot{U} = U_m e^{j\varphi} \quad (2)$$

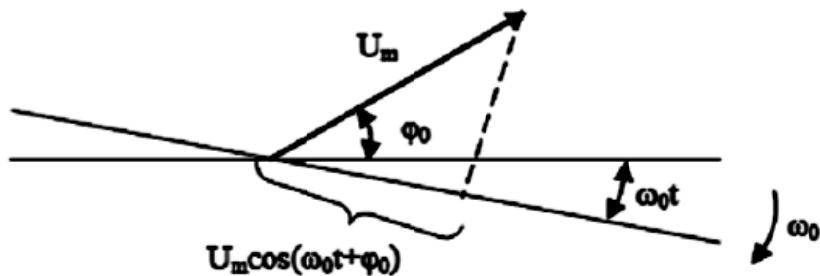
Rəqsin kompleks amplitudasını bilsək, zaman formasını aşağıdakı formada yaza bilərik:

$$\dot{u} = \operatorname{Re}(U_m e^{j\varphi}) = U_m \operatorname{Re}[\cos(\omega_0 t + \varphi_0) + j \sin(\omega_0 t + \varphi_0)] = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (3)$$

c) Digər istifadə edilən formalardan biri vektor diaqramıdır. Qrafiki interpretasiya zamanı bəzi proseslərin təqdimatı üçün rəqsin vektor formasından istifadə edilir. Adətən elektrotexnikada rəqslerin təqdimatı saat əqrəbinin eks istiqamətində φ_0 - bucaq sürəti ilə fırlanan U_m - vektorunun üfüqi oxa olan proyeksiyası kimi təqdim edilir (Şək. 3). $t = 0$ zamanında vektor ilə proyeksiya arasında φ_0 - bucağı yaranır.



Radiotexnikada U_m - amplitudasının dəyişənlərinin proyeksiyasının oxu saat əqrəbi istiqamətində φ_0 – bucaq sürəti ilə fırlanan tərpənməz U_m - vektoru kimi təqdim edilir. U_m - vektoru ilə üfüqi ox arasında qalan bucaq bu halda φ_0 - bucağına, üfüqi ox ilə proyeksiyanın fırlanan oxu arasındaki bucaq isə $\omega_0 t$ – yə bərabərdir (Şək. 4) [6]:



Şək. 4.

d) Rəqslərin spektral diaqramı yalnız şaqli müstəvidə iki ölçülü (2D) mühitdə verilir və spektral təqdimat zamanı rəqslər $U(\varphi)$ - funksiyasının tezliyi kimi təqdim edilir.

Elektrik siqnallarının radiorabitə vasitəsi ilə yayılması üçün modulyasiya olunmuş rəqslərdən istifadə edilir. Modulyasiya zamanı harmonik rəqsin parametrlərindən biri (amplituda, faza və ya tezlik) yayılan aşağı tezlikli siqnalın taktına uyğun olaraq dəyişir. Rəqslərin sadə və daha geniş yayılmış modulyasiya növü amplitudaya görə modulyasiya (AM) olunan rəqslər hesab edilir.

$$u(t) = U_{\text{orta}} [1 + a S(t)] \quad (4)$$

Burada, U_{orta} - rəqsin orta amplitudası,

a – sabit əmsaldır və $U_m(t) \geq 0$ halına uyğun olaraq seçilir,

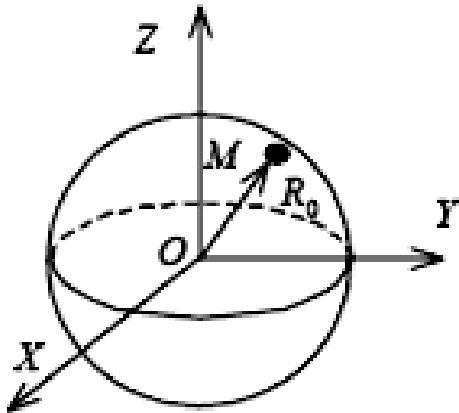
$S(t)$ – siqnalının taktına uyğun olaraq dəyişən amplitudadır,

Qeyd edilən formalar V.Soçkov tərəfindən çoxölçülü mühitlərdə radiosiqnalın təqdimat formalarından biri kimi nəzərdə tutulur və əsasən riyazi-vektorial prinsipləri özündə birləşdirir.

A. Monakov [9] marşrut üzrə hərəkət və ya enmə prosedurları zamanı HG-nin bucaq koordinatlarının ölçülülməsi ilə radionaviqasiya tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi prinsiplərini verərkən yerüstü radiomayak sistemləri (RMS) ilə fəzada yaradılan elektromaqnit sahəsinin müşahidə olunan nöqtənin vəziyyətindən asılılığını nəzərə alıb. Bucaq koordinatlarının ölçülülməsi RMS-də antenanın istiqamət diaqramlarının (İD) skanlanması (yerdəyişməsi) nəticəsində bortda qəbul edilən siqnalın qurşayanının malik olduğu xarakterik nöqtənin müvəqqəti vəziyyətinin qiymətləndirilməsi ilə yerinə yetirilir.

Radiotexniki üsulların köməyi ilə uçuş aparatının (UA) radionaviqasiya nöqtəsinə (RNN) nəzərən uzaqlığı, sürəti və bucaq koordinatları təyin edilir. Lakin bu ölçmələr zamanı maneə və küylərin yaratdığı xətalar mövcuddur. Konkret vəziyyətin malik olduğu

səth qiyməti eyni olan RNN-nin həndəsi yeri kimi nəzərdən keçirilir. Bu anlayış UA-nın yerləşdiyi yerin qiymətləndirilməsindəki xətaların təyin edilməsi zamanı çox vacib yer tutur. Bunun üçün XYZ dekart koordinat sisteminin başlangıcında yerləşən RNN-ə nəzərən UA-nın malik olduğu uzaqlığın ölçülüyü halı nəzərdən keçirək (Şək. 5) [9].



Şək. 5.

Radionaviqasiya sistemləri (RNS) və UA arasındakı məsafə R_0 – a bərabərdirsə, onda SV bu halda mərkəzi O nöqtəsində olan sferanın R_0 - radiusuna bərabər olacaq. Dekart və sferik koordinat sistemlərində bu səthin tənliyi aşağıdakı formada olacaq [9]:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R_0^2 \quad (5)$$

$$R = R_0$$

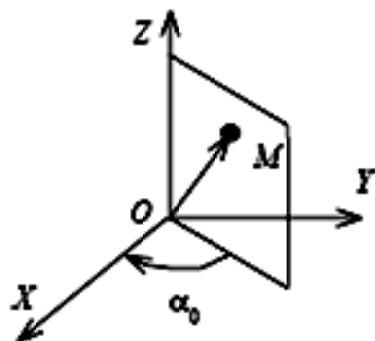
Monakovun və Qelfandın [9–14] bu cür yanaşmaları düzgündür və bu prinsip koordinat sistemlərindəki səthin tənliyidir. Biz bu tənlikdən istifadə etməklə öz təhlilimizi verə bilərik. Lakin çoxölçülü mühitlərə integrasiya prinsiplərini yalnız bu üsulla vermək xətalıdır.

Üç ölçülü dekart koordinat sistemində UA yerinin müstəvilər üzərində təyin edilməsi üçün yuxarıdakı halda olduğu kimi O koordinat başlangıcında RNN-ə nəzərən UA-nın azimutu ölçülür (Şək. 6). UA azimutu α_0 – qiymətinə bərabər olduqda vəziyyətin malik olduğu səth OZ oxundan keçən və müstəvidə OX oxuna nəzərən α_0 - maililik bucağına malik olan müstəvidə yerləşəcək. Belə olduqda dekart və polyar koordinat sistemlərində bu müstəvinin tənliyi aşağıdakı kimi ola bilər:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (6)$$

Bu üsulu fəza koordinat sistemində müstəvilər üzərində RNN vəziyyətinin təyin edilməsinə tətbiq etsək radiosignalın həm üfüqi müstəvidə, həm də şaquli müstəvilərdə yaratdığı radioinformasiya sahəsində nöqtənin vəziyyətini təyin edə bilərik. Bu zaman həmin nöqtənin fəzadakı vəziyyəti antenalardan şüalandırılan radiosignalların şaquli və üfüqi müstəvilərdəki yaratdığı radioinformasiya sahəsinin təsir dairəsində yerləşəcək.

Phstrer (D.Bischoff) [10], Adel Chehade [11], Sosnovski A., Xaymoviç İ., Latun E. [12] və digərləri [13] tərəfindən üfüqi və şaquli müstəvilərdə radioinformasiya sahəsinin yaradılmasına əsaslanmış cihazlarla enmə sistemlərinin (Instrumental Landing System – ILS) iş prinsipinə dair geniş izahatlar verilib.



Şək. 6.

Ayzinova [8] görə zaman funksiyasını iki əsas parametrlə: spektrin eni və davamiyyəti (uzunluğu) ilə səciyyələndirmək mümkündür. Bu iki xüsusiyyətdən (parametrdən) başqa, energetik xassəni də təsvir etmək lazımdır. İnfomasiya maneəsiz yayılmışa bilərsə, siqnalın enerjisini və orta gücünü qiymətləndirmək olar. Lakin real mühitlərdə maneələr həmişə mövcud olduğu üçün, siqnalı onun öz orta gücünə nəzərən yox, siqnalın orta gücünün maneənin orta gücünə olan nisbəti (siqnalın artımı) kimi səciyyələndirilir [8]:

$$H_{signal} = \log \frac{P_{signal}}{P_{mane}} \quad (7)$$

Siqnalın təsvir olunması üçün üç əsas ölçü: spektrin davamiyyəti - Δt , spektrin eni - Δf və artımı - H_{signal} təklif edilir. A.Xarkeviçə görə bu kəmiyyətlərə paralel olaraq üç koordinat oxu (zaman, tezlik və səviyyə) üzərində hissələrlə paylanması kimi baxmaq olar. Bəzi həcmli və üç ölçülü fəzalarda aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$V_{signal} = \Delta f_{signal} \Delta t_{signal} H_{signal} \quad (8)$$

A.Xarkeviç analoji olaraq rabitə kanalını səciyyələndirməyi də təklif edib: kanalın iş ilə məşğul olduğu Tkan - zamanı; buraxılış zolağına uyğun Fkan - tezliklər zolağı; aparatın buraxıla bilən yüklənməsi ilə təyin edilən Hkan - səviyyələr zolağı.

Bu halda kanalın tutumu belə təyin edilə bilər:

$$V_{kan} = T_{kan} F_{kan} H_{kan} \quad (9)$$

Aydındır ki, siqnal bu kanal ilə yalnız o halda verilə bilər ki, bu kanalın tutumu siqnalın həcmindən kiçik olmasın:

$$V_{kan} \geq V_{siqnal} \quad (10)$$

Eyni zamanda qeyd edilmiş bərabərsizlik halında siqnalın həcminə təsir etmədən aparılan bir və ya bir neçə siqnal ölçmələri mümkündür. t3 - zamanında saxlamaqla siqnalı zaman oxu boyunca hərəkət etdirək. Bunu gecikdirici xətt vasitəsi ilə etmək və ya siqnalı tənliklər oxu boyunca gücləndirmək və ya zəiflətmə yolu ilə də hərəkət etdirmək olar. Birzolaqlı modulyasiyada xüsusi çevrilmələrin köməyi ilə siqnalın bir tezlik oxu boyunca hərəkəti mümkündür.

Yuxarıda təhlil edilən təqdimat üsulları mürəkkəb tərkibə malik olan radioinformasiya sahəsini 3 ölçülü mühitdə vizuallaşdırmağa – gözlə görünə bilən mühitlərə inikasına imkan vermir. Bu səbəbdən də radiosignalın çoxölçülü mühitlərə integrasiyasının riyazi modelinin yaradılması vacibdir.

Nəticələr. Hal-hazırda aeronaviqasiya təminatı üzrə mühəndis-texniki heyət üçün trenajor hazırlığının praktiki cəhətdən olmadığını və dispetçer hazırlığında sistemləşmənin mövcud tələblərə cavab vermədiyini nəzərə alaraq ANT4DM əsasında trenajorun hazırlanmasının prinsipləri müəyyənləşdirilib.

Aparılan təhlillər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, təqdim edilən üsullar mürəkkəb tərkibə malik olan radioinformasiya sahəsini 4D mühitdə vizuallaşdırmağa, yəni gözlə görünə bilən mühitlərə inikas etdirməyə imkan vermir və bu baxımdan 4D mühitdə radiosignalın riyazi modelinin qurulması olduqca əhəmiyyətlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. **Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., İsgəndərov İ.Ə., Sultanov V.Z., Babayev H.B.** Aeronaviqasiya təminatında üç ölçülü vizual təsəvvür və yaddaş amili. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. ISSN-2071-1247. №2. Bakı. 2012. - səh. 6-17.
2. **Пашаев А.М., Набиев Р.Н., Султанов В.З., Бабаев Г.Б.** Применение трехмерной визуализации данных с учетом фактора памяти в аэронавигационном обеспечении полетов. // Известия Южного Федерального Университета, №2, 2013. - Таганрог, стр. 181-187.
3. **Пашаев А.М., Набиев Р.Н., Султанов В.З., Бабаев Г.Б.** Моделирование аэронавигационного обеспечения в четырехмерном пространстве. Международный научно-исследовательский журнал. №5 (12) 2013. Часть 1. – Екатеринбург: «Импекс», стр. 57-62.
4. **Nederland B.V.** This is Radar/An Interactive Introduction into Radar. Copyright 2013/ Soft version 4.0. Thales. 2008.

5. ITU Radio Regulations, Volume 1, Article 2; Edition of 2008. Available online at 1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Radio spectrum and /Radio Regulations](http://ru.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum_and_Radio_Regulations).
6. Соцков В.А. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические разработки. Часть 1. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 2004. - 29 с.
7. Вильке Артур. Промышленность и техника. Том III. Электричество, его добывание и применение в промышленности и технике. - С.Пб: «Просвещение», 1904. - стр. 667. <http://84.237.19.2:8081/hoe/books/tom3.pdf>
8. Айзинов М.М., Байрашевский Ф.М. Радиотехника и радионавигационные приборы. Изд. 2-ое. - М.: Транспорт, 1975. – 432 с.
9. Монаков А.А. Теоретические основы радионавигации. Учебное пособие. - СПб., 2002. – 70 с.
10. Phstrer (prepared by Bischoff). Principles of Instrument Landing System (ILS). CSS/SCH 088. Ed. 7/82a. SEL. 22 p. 2001.
11. Adel Chehade. ILS 420 AIRSYS ATM (THALES ATM) / France. 58 s.p. 2002.
12. Сосновский А.А., Хаймович И.А., Лутин Э.А., Максимов И.Б. Авиационная радионавигация: Справочник. - М.: Транспорт, 1990. - 264 с.
13. ILS-420. Technical Manual. Part 1,2,3. Thales. France. 2009.
14. Гельфанд И.М. Метод координат. Математика. - М.: «Наука». 5-ое изд., 1973. - 88с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАДИОСИГНАЛА В 4D СРЕДЕ

А.М. ПАШАЕВ, Р.Н. НАБИЕВ, Н.Б. АГАЕВ, В.З. СУЛТАНОВ, Г.Б. БАБАЕВ

В статье исследованы текущий уровень и недостатки профессиональной подготовки специалистов АНО. Рассмотрена интеграция к трехмерным средам математических моделей радиосигналов, создающих РИП, и математические методы визуализации при тренажерной подготовке в многомерных средах. Проведенное исследование дает возможности обеспечить отображение к многомерным средам и создания многомерной компьютерной модели.

THE MATHEMATICAL ANALYSIS OF THE RADIO SIGNAL MODELLING PROBLEMS IN 4D ENVIRONMENT

A.M. PASHAYEV, R.N. NABIYEV, N.B. AGHAEV, V.Z. SULTANOV, H.B. BABAYEV

The paper examines the current level and shortages of the ANS professional training. It reviews the integration, into three-dimensional environments, of the radio signal mathematical models, creating the radio information fields (RIF), and the mathematical methods of visualization during the simulator training in multi-dimensional environments. The conducted research creates a multi-dimensional computer model, which reflects the multi-dimensional environments.

TURBİNLİ SAYĞACIN KALİBRLƏŞMƏ ƏMSALININ VƏ XƏTA ƏYRİSİNİN TƏDQİQİ

N.H. CAVADOV, Ə.M. MEHTİYEV

Turbinli saygacın kalibrleşmə əmsali və xəta əyri tədqiq olunub. Göstərilib ki, kalibrleşmə əmsalı axının laminar və qarışq ölçü diapazonunda qeyri sabitdir, lakin turbulent axın diapazonunda sabitdir. Eləcə də kalibrleşmə əmsalının saygacın tam ölçü diapazonunda sabit qalma yolları müəyyənləşdirilmişdir.

Açar sözlər: turbin, saygac, xəta əyri, laminar, turbulent, qarışq zonalar.

Turbinin fırlanma momentinin hesabı zamanı mayenin sürətinin pərlərdə paylanması axın düzləndiricisində sürətin paylanması uyğundur. Sərfin kiçik diapazonunda əyri forması laminar və turbulent axının təsiri ilə xarakterizə olunur.

Bu şərt daxilində göstərmək olar ki, xəta əyrisinin formasını mayenin iki fiziki göstəricisi təyin edir.

Bütün mexaniki saygaclarda bucaq sürətinin sərfə nisbəti kalibrleşmə faktoru adlanır, yəni

$$K = \frac{\omega}{Q} \quad (1)$$

Turbinli saygaclarda kalibrleşmə faktoru turbinin orta radiusundakı (r) nəzəri sürətinin u , axının orta sürətinə olan nisbətidir, yəni

$$K = \frac{u}{v} \quad (2)$$

Pərlər turbinin topu üzərində müəyyən α bucağı altında oturduğu üçün turbinin sürəti axının sürəti ilə (əgər özülük nəzərə alınmazsa) düz mütənasib olur

$$U = V \operatorname{tg} \alpha = KV \quad (3)$$

Mayenin sürtünmə qüvvəsi nəzərə alınarsa kalibrleşmə əmsali aşağıdakı kimi alınar

$$K = \frac{KV - \Delta V}{V}, \quad (4)$$

burada ΔV mayenin sürtünmə qüvvəsinin sürətidir. Sürtünmə qüvvəsinin əmsali axının sərfi daxilində müqavimətdən (axının vəziyyətindən) asılı olmayaraq sabit qalmalıdır.

Sürtünmə qüvvəsinin əmsalı

$$K_c = \frac{\Delta V}{V} \approx const$$

düsturu ilə hesablana bilər.

İndi göstərək ki, kalibrleşmə əmsalı Reynolds ədədinin funksiyasıdır. Bunu fiziki faktlar və məntiq əsasında etməyə çalışmalıyıq.

Əgər təsdiq etsək ki, boru kəmərində təzyiq itkisi (və ya təciliin sürtünməyə nisbəti) Reynolds ədədinin funksiyasıdır bu sadəlik olardı, lakin bütün digər təqdimatlar mənasız təcrübə verilənlərdən başqa bir şey olmazdı.

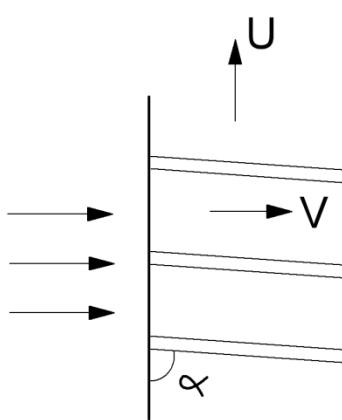
Məlumdur ki, verilmiş temperaturda olan mayeyə görə kalibrleşdirilmiş saygacla başqa mayeni ölçərkən əvvəlki kalibrleşmə əmsalı dəyişir.

Dəqiq konstruksiyalı turbini olan saygac “universal” kalibrleşmə əyrisinə malik olur, bu əri axının təbiətindən və temperaturundan asılı olmur. Bu universal əri kalibrleşmə əmsalını sabit saxlamağın yollarını göstərir.

Bunun üçün aşağıdakı şərtlərə əməl olunmalıdır:

- Mexaniki sürtünmə mənasız dərəcədə kiçik olmalıdır ki, saygacda sürüşmə sürtünməsi minimum olsun;
- Saygac elə konstruksiyaya malik olmalıdır ki, sürüşmə sürtünməsini yaradan qüvvə səthi sürtünmənin müqavimət qüvvəsinə uyğun olsun. Əgər bunlar təmin olunarsa deyə bilərik ki, nəzəriyyə ilə təcrübədən alınanlar üst-üstə düşər.

İndi isə kalibrleşmə əmsalının $\frac{\Delta V}{V}$ Reynolds ədədindən asılılığını təyin edək.



Şəkil 1. Hesablama sxemi

Şəkil 1-də turbinin pərləri orta radiusa (r) görə açılmış vəziyyətdə göstərilmişdir. Kiçik təzyiq itkisində istənilən mayeni ölçən turbinin pərləri arasından keçən sabit sıxlıqlı mayenin oxboyu sürəti V dəyişməz qalır, tangensial sürət ΔV isə fırlanmaya qarşı müqaviməti dəf edən qüvvədən təşkil olunmuş olur. Bu hal üçün Reynolds ədədindən istifadə etmək lazımkən gələcək, yəni

$$R_e = \frac{Vl}{\gamma}$$

burada V - pərlərin arxasında mayenin oxboyu sürətidir;

l – pərin vətərinin uzunluğuudur;

γ - mayenin kinematik özülülüyüdür.

Pərlər bir-birinə müəyyən qədər yaxın olmalıdır ki, maye pərlərə paralel axıñ, lakin çox yaxın olmamalıdır, əks halda basqı itkisi yaranar.

Axında bütün ikinci effektləri nəzərə almadan dinamiki qüvvələrin tarazlaşmış olduğu halda turbinin fırıldanma hərəkətini tədqiq edək. Nyutonun ikinci qanununun (enerjinin vaxtdan asılı dəyişməsinə əsasən qüvvənin təyini) daha sadə formasını yazaq. Pərləri hərəkətə gətirən qüvvə kütłə sərfi ilə sürüşmə sürətinin hasilinə bərabər olar, yəni

$$F = Q\Delta V = K\rho V \frac{\Delta V}{T} \quad (5)$$

burada ρ - mayenin xüsusi sıxlığıdır;

V – pərlər arasından keçən mayenin sürətidir;

ΔV - sürüşmə sürətidir;

K - turbinin canlı en kəsiyinin sahəsidir.

İndi isə laminar axının xüsusiyyətini tədqiq edək. Maye axın düzləndiricisindən keçərkən axına təsir edən müqavimət qüvvələrinin hesabına axın kritik Reynolds ədədinə R_e uyğun hərəkət edir. Bundan sonra axın öz uzunluğu L boyunca laminar axın olur. Ona görə də bütün pərlər boyu sərhəd qatı da laminar olur. Onda L uzunluqda dinamiki qüvvələrin tarazlığı aşağıdakı kimi olar.

$$LK\rho\Delta V V = LK\rho V^2 f(Re) \quad (6)$$

burada $f(Re)$ – pərlərin müqavimət əmsalıdır ki, məlum Blazius nisbətinə bərabər olur,

$$f(Re) \approx \frac{K}{Re^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

Əgər (7) tənliyini (6) tənliyində yazsaq,

$$LK\rho\Delta V V \approx LK\rho V^2 \frac{K}{Re^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

və ya kalibrəşmə əmsalı

$$\frac{\Delta V}{V} \approx \frac{K}{Re^{\frac{1}{2}}} \quad (Re < Re_{kr}) \quad (9)$$

(9) ifadəsi göstərir ki, kalibrleşmə əmsali laminar axın zonasında sabit deyildi. Turbinli saygac isə bütün diapazonda mayeni ölçməlidir.

Turbulent axındakı prosesi tədqiq edək.

Əgər çox böyük Reynolds ədədinə uyğun axını nəzərdən keçirsək turbinli saygacda gedən proses digər mexaniki saygaclarda gedən proseslərə nisbətən daha effektlidir. Reynolds ədədi çox yüksək olan halda pərlərin müqavimət əmsali tam hidravlik kələkötürlüyü uyğun olur, onda qüvvələr balansı

$$K\rho\Delta V V \approx K\rho V^2 \quad (10)$$

və ya

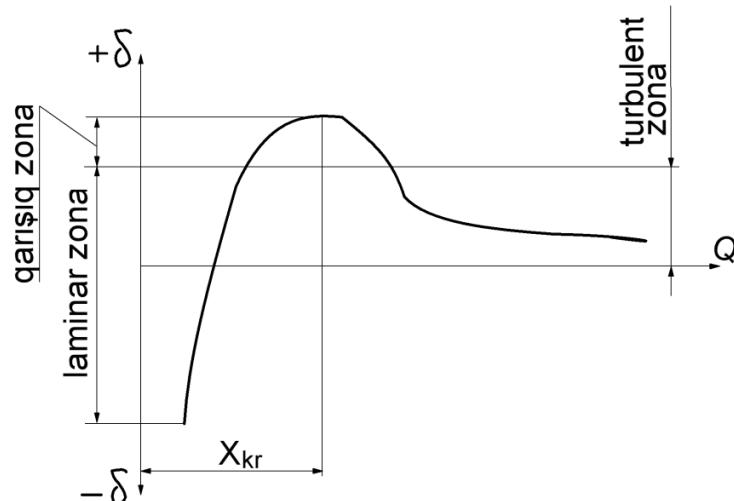
$$\frac{\Delta V}{V} = 1 = \text{const} \quad (11)$$

olar. Bu fakt məlum turbinlərin istismarında özünü doğruldur.

İndi isə üçüncü hala axının qarışq zonasında gedən proseslərə nəzər salaq. Qarışq zonada gedən proses dedikdə əyrinin pik hissəsində gedən proses anlaşılır.

Turbinli saygacalarla mayelərin sərfi və miqdarı ölçülərkən kalibrleşmə əmsali $\frac{\Delta V}{V}$ bütün ölçü diapazonunda sabit qalmalıdır.

Qarışq axın diapazonunda gedən axın prosesinin fiziki mənasını müəyyənləşdirmək maraqlıdır. Belə ki, Reynolds ədədinin böyük qiymətlərində sərhəd qatının arxa hissəsi turbulent axına çevrilir (Şəkil 2).



Şəkil 2. Turbinli saygacın standart xəta əyrisi

Əgər kritik Reynolds ədədini turbinin canlı en kəsiyinin sahəsinə vursaq mayenin getdiyi kritik uzunluqda X_{kr} elə turbinin canlı en kəsik sahəsinə bərabər qiymət alar, yəni

$$Re_{kr} = \frac{VX_{kr}}{\gamma} \cdot K = K \quad (12)$$

olar. Bu o deməkdir ki, sərhəd qatı X_{kr} məsafəsində hələ laminardır.

(12) ifadəsindən X_{kr} məsafəsini təyin etsək

$$X_{kr} = \frac{Re_{kr}\gamma}{KV} = \frac{K}{Re} \quad (Re > R_{kr}) \quad (13)$$

alarıq. Burada Re – turbinin pərlərinin tam uzunluğunda alınan kritik Reynolds ədədidir.

Əgər qarışık zonada sərhəd qatı X_{kr} məsafəsində laminardırsa, pərlərin qalan uzunluğunda ($L - X_{kr}$) turbulent olmalıdır.

Buna əsasən dinamiki qüvvələrin bu zonada tarazlıq şərtlərini yaza bilərik.

$$LK\rho\Delta V V = K\rho V^2(L - X_{kr}) + K\rho V^2 X_{kr} \frac{1}{Re^{1/2}}$$

$$LK\rho\Delta V V = K\rho V^2 L - K\rho V^2 X_{kr} + K\rho V^2 X_{kr} \frac{1}{Re^{1/2}}$$

Bu tənliyi aşağıdakı şəkilə salaq

$$LK\rho\Delta V V = K\rho V^2 L - \rho V^2 X_{kr} \left(K - \frac{K}{Re_{kr}^{1/2}} \right) \quad (14)$$

Nəzərə almaq kimi, $\frac{K}{Re_{kr}^{1/2}} \approx K$,

$$\left(K - \frac{K}{Re_{kr}^{1/2}} \right) = K \quad (15)$$

götürmək olar, əgər

$$(15) \text{ ifadəsini (14)-də və } X_{kr} \text{ əvəzinə } \frac{K}{Re_{kr}} \text{ yazsaq,}$$

$$LK\rho\Delta V V = K\rho V^2 L - K\rho V^2 \frac{K}{Re_{kr}}$$

və ya

$$LK\rho\Delta V V = K\rho V^2 L \left(K - \frac{K}{Re_{kr}} \right)$$

Hər tərəfi $K\rho VL$ -ə bölsək

$$\Delta V = V \left(K - \frac{K}{Re_{kr}} \right) \quad (16)$$

olar. Buradan kalibrəşmə əmsalı

$$\frac{\Delta V}{V} = \left(K - \frac{K}{Re_{kr}} \right) \quad (17)$$

alınar.

(17) ifadəsi göstərir ki, $\frac{\Delta V}{V} = (K - \frac{K}{Re_{kr}})$

$$\frac{\Delta V}{V} = (K - \frac{K}{Re_{kr}}) \neq const \quad (18)$$

Turbinli saygacın kalibrleşmə əmsalı bütün ölçü diapazonunda sabit qalmasını təmin etmək üçün turbinli saygacın oxunu sadə viskozimetrin daxili borusuna bərkidək.

Məlum olduğu kimi sadə viskozimetr bir-birinin içərisində kiçik ara boşluğu ilə oturdulmuş şüşə borudan ibarətdir və bu ara boşluğu sözü gedən maye ilə doldurulmuş olur. Turbinli saygacın turbini firlanarkən ara boşluğunundakı maye borular arasında kəsilir. Mayenin kəsilmə qüvvəsi

$$F_k = K\mu V \frac{1}{R_{or}} \quad (19)$$

burada μ - dinamiki özülülükdür.

R_{or} - iki şüşə silindrin orta radiuslarıdır.

Turbinlə viskozimetri təsir edən qüvvələrin tarazlığı

$$K\rho\Delta V V = \frac{K}{R_{or}} \mu V' \quad (20)$$

və ya

$$K\rho\Delta V V = \frac{K}{R_{or}} \gamma \rho V$$

Buradan

$$\Delta V = \frac{\gamma}{R_{or}} \quad (21)$$

alınar.

$$\gamma = \frac{R_{or} V'}{Re} \quad (22)$$

Əgər (22) ifadəsini (21)-də yazsaq,

$$\Delta V = \frac{R_{or}^2 V'}{Re}$$

alrıq, buradan

$$\frac{\Delta V}{V'} = \frac{R_{or}^2}{Re} \quad (23)$$

olar.

Nəzərə alsaq ki, R_{or}^2 - turbinin canlı kəsiyinin sahəsinə bərabərdir, yəni $R_{or}^2 = K$, onda

$$\frac{\Delta V}{V'} = \frac{K}{Re} \quad (24)$$

olar.

Əgər (17) ifadəsinə (24) ifadəsini əlavə etsək, onda

$$\frac{\Delta V}{V'} = K - \frac{K}{Re} + \frac{K}{Re} = K \quad (25)$$

alariq.

(25) ifadəsi göstərir ki, kalibrleşmə əmsalı K olan turbin bütün ölçü diapazonunda, yəni laminar, qarışiq və turbulent axında müvəffəqiyyətlə işləyə bilər.

Nəticə. Beləliklə, turbinli sauğacın xəta əyrisinə üç ölçü diapazonu laminar, qarışiq və turbulent axın diapazonu daxildir. Kalibrleşmə əmsalı turbinli saygac vasitəsi ilə eyni maye ölçülərkən sabit kəmiyyətdir. Saygacla müxtəlif özülülükli maye ölçülərsə ilkin kalibrleşmə əmsalı dəyişir və bu mayeyə uyğun kalibrleşmə əmsalı ilə əvəz olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. **Джанахмедов А.Х., Мехтиев А.М., Сейдов М.И.** Влияние изменения вязкости на расход измеряемой среды турбинным расходомером. // Труды МНК, посвященной 70-летию академика А.Ш.Мехтиева. - Баку, Национальная Академия Авиации, 2004.
2. **Quliyev F.F., Mehtiyev Ə.M., Abdurəhmanov N.Ə.** Turbinli saygacların həndəsi və kinematik parametrlərinin təyini. – Bakı, 2012. – 66 s.
3. **Рабинович Е.З.** Гидравлика. – М.: изд-во Ф.М., 1981. – 400 с.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КАЛИБРОВКИ И КРИВОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТУРБИННОГО РАСХОДОМЕРА

Н.Г. ДЖАВАДОВ, А.М. МЕХТИЕВ

Произведен анализ коэффициента калибровки и кривой погрешности турбинного расходомера.

Отмечено, что коэффициент калибровки в ламинарном и смешанном диапазоне течения жидкости непостоянный, а в диапазоне турбулентного течения постоянный, также рассмотрены пути достижения постоянства коэффициента калибровки указанного расходомера.

EXAMINING METHODS OF THE CALIBRATION COEFFICIENT AND THE ERROR CURVE OF THE TURBINE FLOW METER

N.G. JAVADOV, A.M. MEHTIYEV

The calibration coefficients along with an error curve of the turbine flow meter are analyzed.

It is noted that the calibration coefficient in the laminar and mixed flow ranges of the liquid substance are unstable, and in the turbulent flow range it is constant. The ways to achieve constancy for the calibration coefficient in the given flow meter are also reviewed.

NEFT-MƏDƏN KOMPRESSOR QURĞULARININ FLİKKER-SƏS SPEKTROSKOPIYA ƏSASINDA REJİM PARAMETRLƏRİNİN TƏDQİQİ

D.Ə. İSKƏNDƏROV, Ə.N. BAĞIROV

Məqalədə göstərilmişdir ki, dinamik dəyişənlərin qeyri-müntəzəmliliklərinin məlumat daşıyıcıları kimi qəbulu nəinki ən ümumi fenomenoloji formada xaotik seriyalarda olan bütün informasiyanı təsnif etməyə, eləcə də onun lazımlı hissəsini fərqli surətdə çıxartmağa imkan verir. Bu halda eyni təhlil edilən kompressor qurğularında müxtəlif keyfiyyətləri aşkar etmək və onun müxtəlif xarakteristikalarının xüsusiyyətlərini ayırmak mümkündür. Bu məlumatlar aşkar edilən "pasport informasiyası" təbii üsulla vahid informasiya blokunu (parametrlərin məcmusu, ölçülü və ölçüsüz) formalasdırmağa imkan verir.

Açar sözlər: neft-mədən kompressoru, flikker-səs spektroskopiya, xaotik siqnal, rejim parametrləri, dinamik informasiya.

Giriş. Flikker-səs spektroskopiyası metodu müxtəlif mahiyyətli xaotik siqnalların analizinə ümumi fenomenoloji (qeyri-model) yanaşma kimi təklif edilmişdir [1, 2].

Metodun adında "flicker-səs (küy)" termini istifadə olunur. Uzun müddətdir ki, aşağı tezlik flikker-səs (və ya $1/f$ – küy) təbiətin tapmacalarından biri hesab edilirdi. Flikker-səs ilk dəfə 1925-ci ildə elektron lampaların katodlarının emissiya qabiliyyətinin yavaş tərəddüdlərinin (parıldamasının) və lampanın cərəyanının tərəddüdlərinin bu parıldama ilə törənən effekti kimi qeyd edilmişdi. Adətən ölçülən siqnaldan – müvəqqəti sıra şəklində təqdim edilən $V(t)$ dinamik dəyişənidən informasiyanın alınması üçün $S(f)$ (f – tezlik) güc spektri təhlil eilir. Flikker-səs üçün güc spektrinin kiçik tezliklər: $S(f) \sim f^{-n}$, burada $n \sim 1$, həddində artması səciyyəvidir. Sonrakı tədqiqatlar müxtəlif hadisələrdə, həmçinin müxtəlif materiallarda və elektron texnikanın cihazlarında elektrik cərəyanının keçməsi zamanı onun meydana çıxmاسının zəruriliyini göstərdi [3, 4, 5].

Mürəkkəb dinamik sistemdə flikker-səsin meydana çıxması qarışma (intermitansa) effekti ilə əlaqələnir, bu isə qeyri-taraz dinamik sistemin xarakteristikalarının davranışının nisbətən uzun müddətli laminar və ya zamana görə müntəzəm məntəqələrinin xaotik sıçrantıların və sıçrayışların məntəqələri ilə dəyişməsini təşkil edir [6, 7].

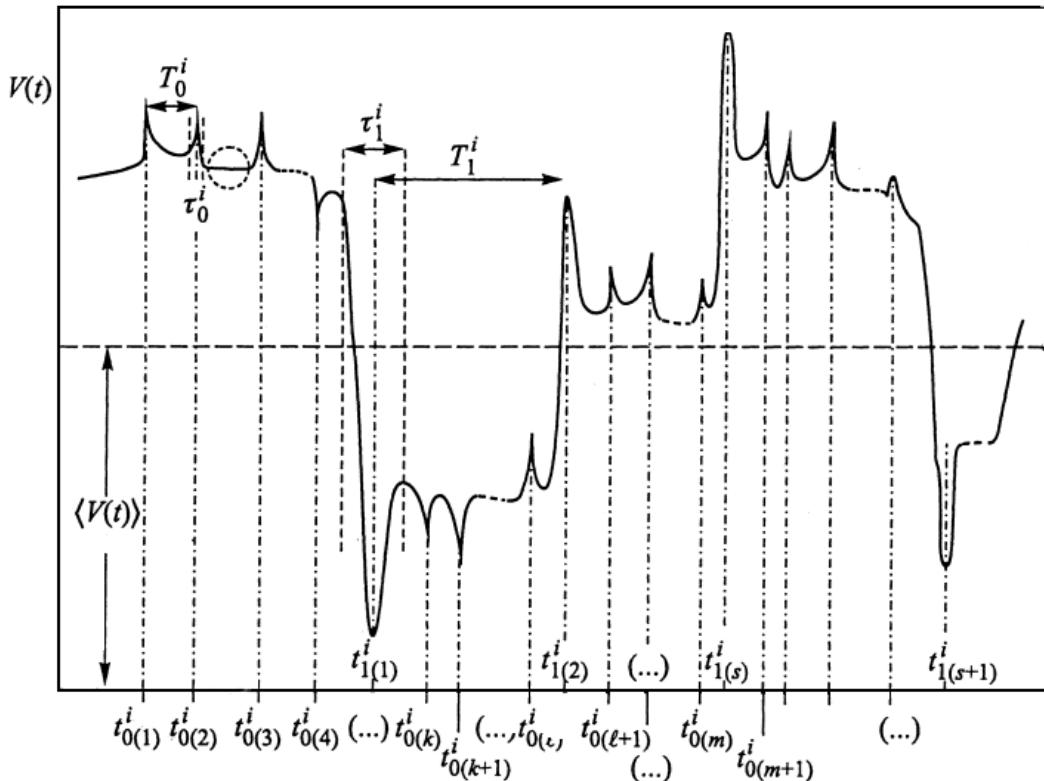
Sıgnalların parametrləşdirməsinin proseduru

FSS parametrləşdirməsi metodu – məhdudlaşdırılmış T intervalında verilən $V(t)$ xaotik sıgnalının parametrləri $\psi(t)$ avtokorrelasiya funksiyasında "rezonans" təşkil edicilərin töhfələrini nəzərə alaraq [2]-də hazırlanmışdır və buna görə də, Furyenin kosinus-çevirməsi $S_C(f)$ və ikinci tərtibli fərq anıdır $\Phi^{(2)}(\tau)$. Sıgnalın parametrləşdirməsinin təklif edilmiş metodu ona əsaslandırılmışdır ki, qeyri-müntəzəmlik-sıçrantılar və qeyri-müntəzəmlik-sıçrayışlar $S(f)$ asılılığının müxtəlif spektral sahələrinə töhfə verir. Faktiki olaraq, qeyri-müntəzəmliliklərin parametrləşdirməsinin birinci iki addımı "sıçrayış", ən kiçik kvadratlar (ƏKK) metodundan istifadə etməklə $S(f)$ -dən ən "yüksəktezlikli" (flikker-səs quyruğu) sıqulyar təşkil edicinin $S_C(f)$ ayırmasından ibarətdir. $S(f)$ spektral asılılığının müntəzəm təşkiledicisinin S_{rR} ("sıçrayış" töhfəsini çıxdıqdan sonra) qalığı əsasında "sıçrantıdan" və onun fonunda yavaş-yavaş dəyişən "rezonans" təşkiledicisinin töhfələrini özündə saxlayan $\Phi_{rR}^2(\tau)$ struktur funksiyası təyin edilir. Sonrakı addımlar daha yüksəktezlikli "sıçrayış" təşkil edənin (qalmış aşağı tezlik təşkil edənlərindən) parametrləşdirməsindən ibarətdir, burada yenidən ƏKK istifadə olunur. Nəzərdə tutmaq lazımdır ki, mürəkkəb sıgnalların parametrləşdirməsinin baxılan problemin həlli zamanı ortalama intervalı T - nin məhdudluğu ilə bağlı problemlər yaranır. Bu səbəbdən, xüsusü halda, "eksperimental" (müşahidə edilən $V(t)$ sıgnalı əsasında qurulmuş) $S(f)$ asılılığı bəzi tezlik intervallarda mənfi ola bilər. Buna görə $S(f)$ -lə yanaşı belə hallarda $|S(f)|$ də müzakirəyə daxil edilir.

Tədqiq edilən dinamik dəyişəni $V(t)$ vasitəsilə göstərək. Fərz edirik ki, i məkan-zaman səviyyəsi üçün müvəqqəti oxda bütün intervallar informasiya cəhətcə ekvivalent olmadıqda $V(t)$ dinamik dəyişənin təkamülünün ümumi görünüşü qarışq (intermittency) formasında təsəvvür edilir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, belə dinamika, dəyişənin nisbətən zəif dəyişikliklərilə geniş intervallarda - "laminar mərhələlərdə" tipik T_0^i müddətlər ilə və müddətin qısa intervallarında τ_0^i ($\tau_0^i \ll T_0^i$) dinamik dəyişənin qiymətinin belə sıçrayışlı şəkildə dəyişikliklərlə təkamülünün kəskin kəsilmələrilə səciyyələnir (şəkil 1).

Sistemin ətalətliyinə görə dinamik dəyişənin qiymətlərinin hər belə sıçrayışlar şəklində tətbiqi – kəskin qısa müddətli böyümələrlə sonrakı "laminar" məntəqədəki qiymətə qədər relaksasiya sönməsiylə qonşu "laminar" məntəqələrin arasında törəmələrin qırılmalarına gətirən dinamik sıçrantılarla müşayiət oluna bilər.



Şək. 1. Məkan-zaman ierarxiyasının bir səviyyəsində dinamik dəyişənin dəyişilməsinə cavab verən mürəkkəb sistemin təkamül dinamikasının sxemi

Belə sıçrantıların qiyməti və müddəti sistemlərdən hər biri üçün spesifik olub, aşağıda göstəriləcəyi kimi, güc spektrinə uyğun olan müəyyən töhfə şərtləndirir. Belə sıçrayışları və törəmələrin qırılmalarını sıçrayışların və törəmələrin qırılmalarının birinci tipinə aid edəcəyik. Fərz olunur ki, $V(t)$ dəyişəni üçün, şəkil 1 - də təsvir edildiyi kimi, "laminar" fonun τ_1^i intervallarında tipik kəskin sıçrayışlar şəklində dəyişiklikləri ola bilər.

Belə kəskin sıçrayışların (onları ikinci tip sıçrayışlarına aid edəcəyik) arasında tipik zaman intervalları üçün T_1^i (hesab edirik ki, $\tau_1^i \leq T_1^i$) işarəsini daxil edək. Fərz edirik ki, i iyerarxiya səviyyəsinin üçün təkamül prosesi haqqında bütün əsas informasiya yalnız göstərilən sıçrantılarda, sıçrayışlarda və tədqiq edilən siqnalın törəmələrinin qırılmalarında olur. Bütün bu qeyri-müntəzəmliliklər təkamül prosesinin əsas və tək "markerləri" kimi baxılacaqlar.

$V(t)$ siqnalının parametrləşdirməsinin proseduru aşağıdakı addımlardan ibarətdir.

1⁰. Δt diskret addımlı T uzunluqlu müvəqqəti intervalda müəyyən edilmiş $k=1, \dots, N$, $N = [T/\Delta t]$ nöqtələrində $V(t)$ siqnalından onun orta qiyməti çıxılır

$$\langle V(t) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N V(k). \quad (1)$$

Gələcəkdə geniş mənada stasionar (yəni stasionar ikinci tərtib)

$$\langle V(t) \rangle = 0. \quad (2)$$

$V(t)$ siqnalı nəzərdən keçirilir.

$\psi(\tau)$ avtokorrelasiya funksiyasını, $S(f)$ güc spektrini və ikinci tərtib fərq anını $\Phi^{(2)}(\tau)$ hesablamaq üçün, fərz edəcəyik ki,

$$f \leq f^* (f^* = f_{max}, \quad f_{max} = 1/\Delta t), \quad (3)$$

$$\tau \leq \tau^* (\tau^* = T/4). \quad (4)$$

Stasionar siqnal üçün güc spektrinin (yəni $\psi(\tau)$) avtokorrelatorundan Furye çevirməsi) $\psi(\tau)$ -dən Furyenin kosinus-çevirməsi ilə üst-üstə düşdüyüünü nəzərə alaraq, "eksperimental" güc spektrini $S(f)$ hesablayaq:

$$S_C(f) = \frac{1}{\Delta t} S_C(q), \quad (5)$$

$$S_C(q) = \psi(0) + \psi\left(\frac{M}{2}\right) \cdot (-1)^q + 2 \sum_{m=1}^{\frac{M}{2}-1} \psi(m) \cos\left(\frac{2\pi q m}{M}\right) \quad (q = 0, 1, \dots, M-1).$$

burada f - tezlik, $q = f \cdot T_M$, $T_M < T$

$M = \left[\frac{T_M}{T} \cdot N \right]$ - tezliklərin oxunda nöqtələrin cüt sayıdır,

$$T_M = M \cdot \frac{T}{N} = M \cdot \Delta t, \quad f = \frac{q}{T_M} = \frac{q}{M \Delta t} = \frac{q/M}{\Delta t} \quad (7)$$

İstənilənin $m_\tau = [\tau/\Delta t]$ və $N = [T/\Delta t]$ üçün "eksperimental" avtokorrelator $\psi(m_\tau)$ aşağıdakı düstur üzrə hesablanır

$$\psi(m_\tau) = \frac{1}{N - m_\tau} \sum_{k=1}^{N-m_\tau} V(k) \cdot V(k + m_\tau) \quad (m_\tau = 0, 1, \dots, M-1). \quad (8)$$

(6) – (8)-dəki M ədədi aşağıdakı təsəvvürlərdən seçilir. Belə ki, $0 \leq q \leq M-10$ onda $0 \leq f \leq f_2$, buradən $f_2 = \frac{M-1}{M} \cdot \frac{1}{\Delta t}$. Sonra $f_2 \leq f_{max} = \frac{1}{4} \Delta t$. Nəticədə $1 - \frac{1}{M} \leq \frac{1}{4}$, yəni $M \geq \frac{4}{3}$. Beləliklə,

$$\frac{4}{3} \leq M < N \quad (9)$$

($M < N$ bərabərsizliyi $T_M < T$ izlənir).

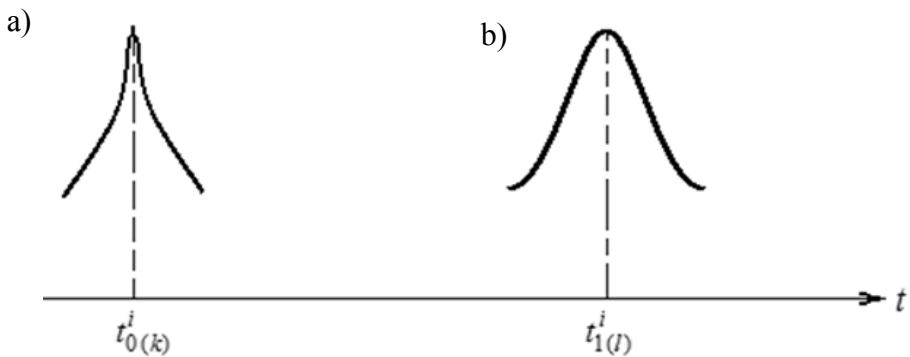
Bu halda analizi nisbətən kiçik ləngimələri τ və nisbətən kiçik tezlikləri f nəzərdən keçirməklə məhdudlaşdırırıq. Əgər baxılan tezliklərin hər hansı kiçik oblastında $S(f) < 0$ olarsa, onda $S(f)$ -in yerinə $|S(f)|$ istifadə edəcəyik.

$V_S(t)$ və $V_{rR}(t)$ müvafiq qiymətlər ilə müşahidələrin tam intervalını $[0, T]$ iki hissəyə T_S və T_{rR} bölək:

$$V(t) = V_S(t) + V_{rR}(t). \quad (10)$$

$V_S - V(t)$ qrafikində $V(t)$ törəmə funksiyası üçün 1-ci növ qırılmalı, yalnız δ -şəkilli sıçrantılarla formalasalan $V(t)$ -nin sinqulyar təşkil edicisi, yəni şəkil 2, a-da təsvir edilmiş formaya malik olur və "turbulent mərhələ" adlandırılan mərhələ ilə xarakterizə edilir:

$$V_{rR}(t) = V(t) - V_S(t) \quad (11)$$



Şək.2. Qeyri-müntəzəmliliklər: sıçrantılar (a) və sıçrayışlar (b).

V_{rR} "laminar mərhələni" xarakterizə edir və $V_r(t)$ "rezonans" təşkiledici və qeyri-müntəzəmliliklərlə - törəmənin qırılması olmadan sıçrayışlarla yaranan spesifik tezliklərlə formalasdırılır. Şək. 2 - də təsvir edilmiş formaya malik olaraq, və $V_R(t)$ təşkiledicisi ilə əmələ gəlir. Beləliklə

$$V_{rR}(t) = V_r(t) + V_R(t). \quad (12)$$

Müvafiq olaraq

$$S(f) = S_S(f) + S_{rR}(f), \quad (13)$$

$$S_{rR}(f) = S_r(f) + S_R(f). \quad (14)$$

$V_r(t)$ rezonans təşkiledicisi ikiqat loqarifm koordinatlarında $S(f)$ qrafikində "daraqlar" formasında müşahidə olunan eksperimental güc spektrində rezonans tezliklər şəklində özünü göstərir [7].

$V(t)$ -nin (10) təşkiledicilərinə bölünməsi zamanı aşağıdakı qaydanı rəhbər tutacaq. Fərz edək ki, $t_{1(l)}^i$ qeyri-müntəzəmliyin bəzi nöqtəsi – δ - şəkilli qeyri-müntəzəmliliklər arasında yerləşən $t_{0(k_1)}^i ut_{0(k_2)}^i (t_{0(k_1)}^i < t_{1(l)}^i < t_{0(k_2)}^i)$ sıçrantılı sıçrayışdır.

Tutaq ki,

$$\left. \begin{aligned} V_{rR}(t) &= 0, \quad t \in [t_{0(k_j)}^i - \varepsilon, \quad t_{0(k_j)}^i + \varepsilon], \quad (j = 1,2) \\ V_S(t) &= 0, \quad t \in [t_{0(k_1)}^i + \varepsilon, \quad t_{0(k_2)}^i - \varepsilon], \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

burada ε - kiçik müsbət ədəddir.

$V_S(t)$ funksiyalarına müvafiq olaraq $V(t)$ -ni $V_S(t)$ ilə əvəz etməklə (8) və (5) düsturlarına görə hesablanan "eksperimental" avtokorrelator $\psi_S(\tau)$ və $S_S(f)$ güc spektri

uyğun gəlir, Oxşar üsulla $V(t)$ -ni $V_R(t)$ ilə əvəz etməklə $\psi_R(\tau)$ və $S_R(f)$ -nin "eksperimental" qiymətləri hesablanır.

$S_r(f)$ -in "eksperimental" qiyməti aşağıdakı düstura görə hesablanır [7].

$$S_r(f) = \sum_{i=1}^m A_i \left[\frac{1}{(f - f_{oi})^2 + (\gamma_i/2\pi)^2} + \frac{1}{(f + f_{oi})^2 + (\gamma_i/2\pi)^2} \right]. \quad (15 \text{ a})$$

Burada və sonrakı hesabatın əvvəlki mərhələlərindən düsturlara istinadlar üç rəqəmlə işarələnəcək, birinci (Roma rəqəmi) hesabatın əvvəlki mərhələsinin nömrəsini bildirəcək.

Sonuncu düsturda f_{oi}, γ_i və A_i ($i = 1, \dots, m$) – müvafiq olaraq tezliyin, "enin" və $V(t)$ siqnalının i rezonans təşkiledicisinin intensivliyinin qiymətləridir.

$\psi_r(\tau)$ avtokorrelatorunu $S_r(f)$ -dən Furyenin əks kosinus-çevirməsi kimi hesablamaq olar:

$$\psi_r(\tau) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} S_r(f) \cos(2\pi f \tau) dt \quad (16)$$

və ya $\Phi_r^{(2)}(\tau) = 2[\psi_r(0) - \psi_r(\tau)]$ münasibətindən:

$$(\tau) = \psi_r(0) - \frac{1}{2} \Phi_r^{(2)}(\tau), \quad (17)$$

burada $\psi_r(0) = \sigma_r^2$ – rezonans təşkiledicilərinin ümumi dispersiyası, $\Phi_r^{(2)}(\tau)$ isə düstur üzrə təyin edilir [8].

$$\Phi_r^{(2)}(\tau) = \sum_{i=1}^m \alpha_i [1 - (-\gamma_i \tau) \cos(2\pi f_{oi} \tau)], \quad \alpha_i = 8\pi^2 A_i \gamma_i. \quad (17 \text{ a})$$

2º. Güc spektrinin $S_S(f)$ təşkiledicisinin parametrləşdirməsi məqsədi ilə onu interpolasiya ifadəsilə approksimasiya edirik

$$S_S(f) \approx \frac{S_S(0)}{(1 + 2\pi f T_0)^n}. \quad (18)$$

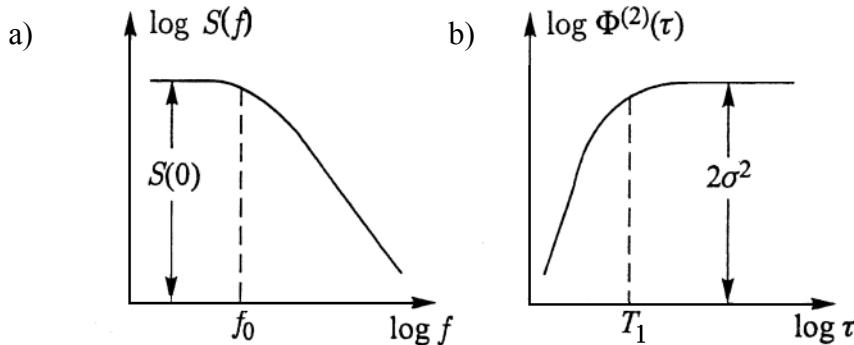
$S_S(0)$ parametrini [1]-də aşağıdakı qaydada seçmək təklif edilir $S(f)$. (və ya $|S(f)|$ qrafikini ikiqat loqarifm miqyasında çəkirik. Tezlik intervalının əvvəli olan bu qrafikin aşağı tezlik oblastında, hansında ki, bu asılılığın əhəmiyyətli dəyişiklikləri baş verir, yəni $V(t)$ dəyişəninin "qeyri-müntəzəmlik-sıçrantıları" (tezliklərin bu intervalını $(\underline{f}^*, \bar{f}^*)$ vasitəsilə göstərəcəyik), $S(f)$ -in (17) interpolasiya ifadəsi ilə parametr mənası verilən hər hansı qiyməti seçilir. Bu qiyməti $S_S^*(0)$ vasitəsilə işarə edək.

Hər şeydən əvvəl qeyd edək ki, stasionar proseslər üçün $S(f)$ asılılığının xarakteri asimptotik düsturla təsvir edilir

$$S_S(f) \sim \begin{cases} \frac{1}{f^n}, & \text{əgər } f \gg f_0, \\ S(0), & \text{əgər } f \ll f_0. \end{cases}$$

İkiqat loqarifmlər koordinatlarında $S(f)$ funksiyasının qrafiki şəkil 3, a-da təsvir edilmişdir.

Şəkil 3, a-dan izlənilir ki, f_0 təqribən f_0^* tezliyinə bərabərdir, $S(f)$ bundan başlayaraq $S(0)$ -a bərabər olan bəzi sabitin ətrafında sabitləşir.



Şək. 3. $S(f)$ (a) və $\Phi^{(2)}(\tau)$ (b) funksiyaları üçün rezonans təşkil edicisiz $V(t)$ -nin xaotik siqnalının tipik əyriləri

$T_0 = 1/(2\pi f_0)$ parametri ölçülən dinamik dəyişənin qiymətlərinin qarşılıqlı əlaqəsi reallaşan bəzi tipik vaxtı müəyyən edir, ölçüsüz n parametri isə necə tezliklərin f -dən $1/(2\pi T_0)$ qiymətlərə qədər azaldığı müddətdə bu qarşılıqlı əlaqənin necə itdiyini effektiv müəyyən edir. Bu halda, düzgün, T_0 parametrinin fiziki məzmununda bəzi qeyri-müəyyənlik qalır: burada söhbət $V(t)$ -nin qiymətlərində korrelyasiyalarınitməsi və ya təhlil edilən $V(t)$ dinamik dəyişənin hansısa bir başqa xarakteristikası haqqında gedirmi.

(17) funksiyanın $S_S(0), T_0$ və n_0 parametrləri, $S_S(f)$ "eksperimental" funksiyasının $V(t)$ -nin $V_S(t)$ ilə əvəz olunması ilə (5) düstur üzrə hesablanır, ən kiçik kvadratlarının (ƏKK) xətt metodunun köməyindən istifadə edərək (17) ifadəsinin sağ tərəfi $\tilde{S}_S(f)$ ilə uyğunlaşdırma yolu ilə təyin edilir. Bunun üçün müvafiq alqoritm təklif edilir.

Alqoritm 1.

1. $f_0^*, \underline{f}^*, \bar{f}^*, S_S^*(0), RSS_1^* = 10^{-10}$ sabitlərini daxil edirik.
2. $T_0^* = 1/(2\pi f_0^*)$ hesablayırıq.
3. $\tau = m \cdot \Delta t$ ($m = 0, 1, \dots, M - 1$) üçün fiksə olunmuş $T_0 = T_0^*$ zamanı (18) ifadəsinin hər iki hissəsini loqarifmləyərək

$$\ln S_S(f) = \ln S_S(0) - n_0 \ln (1 + 2\pi f T_0)$$

və

$$y = \ln S_S(f), x = \ln (1 + 2\pi f T_0)$$

ışarələri daxil edərək $a = -n_0$; $b = \ln S_S(0)$ əmsallı regressiya tənliyini qururuq

$$y = ax + b \quad (19)$$

ƏKK-ə görə – \hat{a} və \hat{b} -nin dəyərləndirilmələrinə görə a və b əmsallarını taparaq, $S_S(0)$ və n_0 parametrlərini qiymətləndiririk:

$$\hat{S}_S(0) = e^{\hat{b}}, \hat{n}_e = -\hat{a}. \quad (20)$$

4. Θ gər $S(\underline{f}^*) \leq S_S(0) \leq S(\bar{f}^*)$, onda 8-ə gedirik.
5. $T_0 := T_0^*$, $S_S(0) := S_S^*(0)$ və (18)-i aşağıdakı şəkildə yazılıraq

$$\frac{S_S(0)}{S_S(f)} = (1 + 2\pi f T_0)^{n_0}.$$

Son ifadənin hər iki hissəsini loqarifmləyərək və işarələri daxil edərək

$$y = \ln\left(\frac{S_S(0)}{S_S(f)}\right), \quad x = \ln(1 + 2\pi f T_0),$$

$a = n_0$ əmsallı regressiyani quraq

$$y = ax + b \quad (b = 0) \quad (21)$$

ƏKK-ə görə \hat{a} -nın dəyərləndirilməsinə görə a əmsalını taparaq, n_0 parametrini qiymətləndiririk:

$$\hat{n}_0 = \hat{a}.$$

6. (19) tənliyi üçün hesablayaq

$$RSS_1^{(1)} = \sum_{m=0}^{M-1} [y_m - (\hat{a}x_m + b)]^2,$$

burada y_m və x_m aşağıdakı qiymətlərə uyğundur

$$f_m = \frac{m}{M \cdot \Delta t} \quad (m = 0, 1, \dots, M-1).$$

7. Θ gər $RSS_1^{(1)} < RSS_1^*$, onda $RSS_1^* := RSS_1^{(1)}$, $n_0^* := \hat{n}_0$ və 10-a gedirik.

8. (21) üçün hesablayaq

$$RSS_1^{(2)} = \sum_{m=0}^{M-1} [y_m - \hat{a}x_m]^2.$$

9. Θ gər $RSS_1^{(2)} < RSS_1^*$, onda $RSS_1^* := RSS_1^{(2)}$, $n_0^* := \hat{n}_0$, $S_S^*(0) := \hat{S}_S(0)$ və 5-ə gedirik. Başqa cür 13-ə gedirik.

10. $n_0^* := n_0$, $S_S(0) := S_S^*(0)$.

(18) ifadəsini başqa şəkildə yazaq

$$\begin{aligned} \left(\frac{S_S(0)}{S_S(f)}\right)^{1/n_0} - 1 &= 2\pi f T_0. \\ y &= \left(\frac{S_S(0)}{S_S(f)}\right)^{1/n_0} - 1, \quad x = 2\pi f, \end{aligned}$$

işarələri daxil edərək, $a = T_0$ əmsallı regressiyani qururuq.

$$y = ax + b \quad (b = 0)$$

ƏKK-ə görə \hat{a} -nın dəyərləndirilməsinə görə a əmsalını taparaq, T_0 parametrini qiymətləndiririk:

$$\hat{T}_0 = \hat{a}.$$

11. Hesablayaq:

$$RSS_1^{(3)} = \sum_{m=0}^{M_1-1} [y_m - \hat{a}x_m]^2.$$

12. Əgər $(RSS_1^{(3)} < RSS_1^*) \cap (\hat{T}_0 > T_0^*)$, onda

$$RSS_1^* := RSS_1^{(3)}, T_0^* = \hat{T}_0 \text{ və } 3\text{-ə gedirik.}$$

13. $S_S(0) := S_S^*(0), T_0 := T_0^*, n_0 := n_0^*$.

14. $S_S(0), T_0, n_0$ parametrlərini çap edirik.

15. Son.

Alqoritm 1-in nəticəsində interpolyasiya edilən düsturun (18) $S_S(0), T_0, n_0$ parametrlərinin qiymətləndirilmələrini alırıq.

3⁰. $V(t)$ siqnalından istifadə etməklə (5) əsasında qurulmuş $S(f)$ "eksperimental" asılılığından tapılmış $S_S(0), T_0$ və n_0 parametrlərilə müəyyən edilən, $S(f)$ "qeyri-müntəzəmliliklərin – sıçrantıların" töhfəsini xarakterizə edən (17) interpolyasiya asılılığı çıxılır. Alınmış $S_{rR}(f)$ fərqi $S_r(f)$ "rezonans" təşkiledicisinin və $S_R(f)$ "qeyri-müntəzəmlilik-sıçrayışlarının" $S(f)$ ümumi asılılığına töhfəsini xarakterizə edir.

4⁰. $S_{rR}(f)$ fərqini almaq üçün Furyenin əks kosinus-çevirməsi götürülür və ψ_{qR} avtokorrelatorunun təşkiledicisi tapılır:

$$\psi_{rR}^{(m)} = \sum_{q=0}^{M-1} S_{rR}(q) \cos\left(\frac{2\pi q m}{M}\right) \quad (m = 0, 1, \dots, M-1), \quad (22)$$

$$\text{burada } S_{rR}(q) = \Delta t S_{rR}(f), \quad f = \frac{q/M}{\Delta t}, \quad m = [\tau/\Delta t].$$

İkinci tərtib keçid fərqləri üçün ümumi düstur əsasında

$$\Phi^{(2)}(\tau) = 2[\psi(0) - \psi(\tau)], \quad (23)$$

$\psi(\tau)$ -ni $\psi_{rR}(\tau)$ -la əvəz edərək, $\Phi_r^{(2)}(\tau)$ rezonans təşkiledicisinin və daha mühüm kiçik dərəcədə $\Phi_R^{(2)}(\tau)$ qeyri-müntəzəmlilik-sıçrayışlarının töhfələrilə müəyyən edilən funksiyani hesablayaq:

$$\Phi_{rR}^{(2)}(\tau) = 2[\psi_{rR}(0) - \psi_{rR}(\tau)], \quad (24)$$

Belə bərpa zamanı fərz edilir ki, istər $V_r(t)$ rezonans təşkil edicisi, istərsə də qeyri-müntəzəmliliklər – sıçrayışlarla müəyyən edilən $V_R(t)$ xaotik təşkil edicisi stasionar asılılıqlardır. Bu halda Furyenin əks kosinus-çeviricisindəki (22) cəmləmənin həddləri uyğun "mənfi" tezliklər oblastı əlavə edilməsilə $f \leq \frac{1}{4}f_{max}$ tezliklərin həminki diapazonu üzrə, yəni $S_{rR}(f) < 0$ olan tezliklər üçün seçilir.

Belə prosedur $\Phi_R^{(2)}(\tau)$ qeyri-müntəzəmlilik-sıçrayışlardan olan, özünü daha "aşağı tezlikli" rezonans təşkil edicisi fonunda nisbətən daha "yüksektezlikli" təşkil edici kimi göstərən, (22), (23) düsturların köməyi ilə alınan $\Phi_{rR}^{(2)}(\tau)$ funksiyasında $\Phi_r^{(2)}(\tau)$ töhfəsini

şərtləndirən töhfənin mühüm dərəcədə yatırılmasına gətirib çıxarır. Bu halda $\Phi_R^{(2)}(\tau)$ qeyri-müntəzəmliliklərdən- sıçrayışlardan "itirilmiş" töhfə faktiki olaraq yalnız kiçik τ oblastında $\Phi_R^{(2)}(\tau)$ ümumi asılılığında aşkarlanır.

5^ə. (14-dən) alıraq:

$$S_R(f) = S_{rR}(f) - S_r(f), \quad (25)$$

Burada $S_r(f)$ (15 a) və ya (17) düsturları üzrə hesablanır.

$S_R(f)$ funksiyasından Furyenin eks kosinus-çevirməsinin köməyi ilə $\psi_R(\tau)$ avtokorrelatoru hesablayaqq:

$$\psi_R(m) = \sum_{q=0}^{M-1} S_R(q) \cos\left(\frac{2\pi q m}{M}\right) \quad (m = 0, 1, \dots, M-1), \quad (26)$$

burada

$$S_R(q) = \Delta t S_R(f), \quad f = \frac{q/M}{\Delta t}, \quad m = [\tau/\Delta t].$$

Sonra, (23) düsturu üzrə $\psi(\tau)$ -ni $\psi_R(\tau)$ ilə əvəz etməklə funksiyani hesablayaqq:

$$\Phi_R^{(2)}(\tau) = 2[\psi_R(0) - \psi_R(\tau)]. \quad (27)$$

İnterpolyasiya edilən ifadənin köməyi ilə $\Phi_R^{(2)}$ funksiyasının təyin edilməyə sövq olunmuş σ_1, T_1, H_1 parametrlə aproksimasiyasını hesablayaqq:

$$\Phi_R^{(2)}(\tau) \approx \begin{cases} 2\sigma_1^2 \frac{1}{\Gamma^2(H_1 + 1)} \left(\frac{\tau}{T_1}\right)^{2H_1} & \text{əgər } \frac{\tau}{T_1} \ll 1; \\ 2\sigma_1^2 \left[1 - \Gamma^2(H_1) \left(\frac{\tau}{T_1}\right)^{H_1-1} \exp\left(-\frac{\tau}{T_1}\right)\right]^2 & \text{əgər } \frac{\tau}{T_1} \gg 1, \end{cases} \quad (28, a)$$

(28) ifadəsinin sağ tərəfini $\tilde{\Phi}_r^{(2)}(\tau)$ vasitəsilə göstərək. $\tilde{\Phi}^{(2)}(\tau) = \Phi_r^{(2)}(\tau) + \tilde{\Phi}_R^{(2)}(\tau)$ funksiyasını (23) düsturu ilə müəyyən edilən $\Phi^{(2)}(\tau)$ "eksperimental asılılığı" ilə müqayisə edək. $\tilde{\Phi}^{(2)}(\tau)$ -nin $\Phi^{(2)}(\tau)$ ilə uyğunlaşdırılması üçün ƏKK-dan istifadə edəcəyik.

Hər şeydən əvvəl qeyd edək ki, stasionar proseslər üçün $\Phi^{(2)}(\tau)$ asılılığının xarakteri ikiqat loqarifmik koordinatlar şəklində təsvir etmək olar (şəkil 3, b):

$$\Phi^{(2)}(\tau) = \begin{cases} \tau^{2H_1}, & \text{əgər } \frac{\tau}{T_1} \ll 1, \\ 2\sigma^2, & \text{əgər } \frac{\tau}{T_1} \gg 1, \end{cases} \quad (29)$$

burada $\sigma = \langle V^2 \rangle - \langle V \rangle^2$; T_1 - "korrelyasiyanın vaxtı"; H_1 parametri isə Xerst sabitidir.

Şəkil 3-dən görünür ki, T_1 parametri $V(t)$ - nin ölçülən qiymətinin "unudulduğu" tipik vaxtı müəyyən edir, yəni əgər arqumentlər T_1 kəmiyyəti qədər fərqlənirsə $V(t)$ dəyişəninin qiymətləri korrelyasiya edilmir və buna görə də $\tau \geq T_1$ olduqda $\psi(\tau)=0$. τ

ləngiməsinin, yəni bu qiymətdən başlayaraq $\psi(\tau)=0$ olan ($V(t)$) qiymətlərinin tapşırıqdakı dəqiqlik daxilində) $\tau \geq T_1^*$ bütün qiymətləri üçün ən kiçik qiymətini T_1^* vəsitəsilə işarə edək

Ümumi halda (28, a) və (28, b) düsturlarında $\sigma_1 \neq \sigma$ və H_1 (29)-dakı H_1 sabitilə (Xerst sabiti) uyğun gəlmir. (28)-dəki σ_1, T_1, H_1 parametrlərini $\tilde{\Phi}^{(2)}(\tau)$ -nin ləngimənin dəyişməsinin bütün $\tau (\tau = 0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, (M-1) \cdot \Delta t)$ intervallarında (23) düsturu ilə müəyyən edilən "eksperimental" $\Phi^{(2)}(\tau)$ struktur funksiyasıyla "ən yaxşı" uyğunlaşması şərtindən müəyyən edəcəyik. Bununla yanaşı (28) düsturlarına daxil edilən H_1 parametri mənaca adətən kiçik τ zamanı $\Phi^{(2)}(\tau)$ asılılıqlarının təsviri üçün daxil edilən (bax. (29)) Xerst parametrindən bir qədər fərqlənir.

Fərz edək ki, M nöqtələrinin ümumi sayı $\tau = m \cdot \Delta t (m = 0, 1, \dots, M-1)$. Elə M_1, M_2 sayıları mövcuddur ki, bunlar üçün

$$m = 0, 1, \dots, M_1 (M_1 < M_2 \leq M-3) (2 \leq M_1 < M-1)$$

olduqda, τ ləngiməsi zamanı $\frac{\tau}{T_1^*} \ll 1$ şərti, $m = M_2, M_2 + 1, \dots, M-1$ olduqda isə $\frac{\tau}{T_1^*} \ll 1$ şərti təmin edilir.

$$T_1^* \text{ və } RSS_2^* = 10^{10} \text{ hədd sabitlərini daxil edək.}$$

Növbəti addımlardan ibarət olan alqoritmin köməyi ilə σ_1, T_1, H_1 parametrlərini müəyyən edək.

Alqoritm 2.

1. Fiksə olunmuş $T_1 = T_1^*$ zamanı $\tau = m\Delta t \ll T_1$ $m = 0, 1, \dots, M_1 - 1$ üçün (28, a) düsturuna uyğun olaraq alırıq

$$\Phi_R^{(2)}(\tau) \approx 2\sigma_1^2 \frac{1}{\Gamma^2(H_1+1)} \left(\frac{\tau}{T_1}\right)^{2H_1}. \quad (30)$$

Loqarifmləmədən sonra

$$\ln \Phi_R^{(2)}(\tau) \approx \ln \left(\frac{2\sigma_1^2}{\Gamma^2(H_1+1)} \right) + 2H_1 \ln \left(\frac{\tau}{T_1} \right). \quad (31)$$

$$y = \ln \Phi_R^{(2)}(\tau) \text{ və } x = 2 \ln \left(\frac{\tau}{T_1} \right) \text{ işarələrini daxil edərək,}$$

$$y = ax + b, \quad (32)$$

regressiyasını nəzərdən keçirək.

Burada

$$a = H_1,$$

$$b = \ln \left(\frac{2\sigma_1^2}{\Gamma^2(H_1+1)} \right)$$

ƏKK - ə görə - \hat{a} və \hat{b} -nin dəyərləndirilmələrinə görə (32) regressiyasının a və b əmsallarını taparaq, H_1, σ_1 parametrlərini qiymətləndiririk:

$$H_1^{(1)} = \hat{a}, \quad \sigma_1^{(1)} = \Gamma(\hat{a} + 1) \left(\frac{e^b}{2} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (33)$$

2. Hesablayırıq

$$RSS_2^{(1)} = \sum_{m=0}^{M_1-1} [y_m - (\hat{a}x_m + \hat{b})]^2, \quad (34)$$

burada y_m və $x_m = \tau = \tau_m$, ($\tau_m = m \cdot \Delta t$) olduqda y və x qiymətlərinə uyğun gəlir.

3. Əgər $RSS_2^{(1)} < RSS_2^*$, onda $RSS_2^* := RSS_2^{(1)}$, $\sigma_1 := \sigma_1^{(1)}$, $H_1 := H_1^{(1)}$.

4. Məlum σ_1 zamanı H_1, T_1 parametrlərinin yeni qiymətlərini alırıq. Bu məqsədlə (30) aşağıdakı şəkildə yazılır.

$$\ln \left\{ \frac{\Phi_R^{(2)}(\tau)}{2\sigma_1^2} \right\} \approx -\ln \{ \Gamma^2(H_1 + 1) T_1^{2H_1} \} + 2H_1 \ln \tau. \quad (35)$$

$$y = \ln \left\{ \frac{\Phi_R^{(2)}(\tau)}{2\sigma_1^2} \right\}, \quad y = 2\ln \tau \text{ işarələrini daxil edərək, (32) növlü rəgressiyaya baxaq,}$$

burada $a = H_1$, $b = -\ln \{ \Gamma^2(H_1 + 1) T_1^{2H_1} \}$.

ƏKK-ə görə a və b əmsallarının dəyərləndirilmələrinə görə H_1 və T_1 parametrlərini qiymətləndiririk:

$$H_1^{(2)} = \hat{a}, \quad T_1^{(2)} = \left(\frac{e^{-b}}{\Gamma^2(\hat{a}+1)} \right)^{1/(2\hat{a}+1)}. \quad (36)$$

5. Hesablayırıq

$$RSS_2^{(2)} = \sum_{m=0}^{M_1-1} [y_m - (\hat{a}x_m + \hat{b})]^2. \quad (37)$$

6. Əgər $RSS_2^{(2)} > RSS_2^*$, onda 8-ə gedirik.

7. Əgər $T_1 > T_1^*$, onda $T_1^* := T_1^{(2)}$, $H_1 := H_1^{(2)}$, $T_1 := T_1^{(2)}$ $RSS_2^* := RSS_2^{(2)}$ və 1-ə gedirik.

8. Məlum H_1, T_1 -də σ_1 -in yeni qiymətləndirilməsini alırıq. Bu məqsədlə aşağıdakı işarələri daxil edərək

$$y = \Phi_R^{(2)}(\tau), \quad x = \frac{2}{\Gamma^2(H_1 + 1)} \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{2H_1}$$

$$y = ax + b \quad (b = 0) \quad (38)$$

$a = \sigma_1^2$ əmsallı rəgressiyaya baxacaqıq.

ƏKK üzrə \hat{a} -nın qiymətləndirilməsinə görə σ_1 parametrinin qiymətini tapırıq:

$$\sigma_1^{(3)} = \sqrt{\hat{a}}. \quad (39)$$

9. Hesablayaq

$$RSS_2^{(3)} = \sum_{m=0}^{M_1-1} [y_m - \hat{a}x_m]^2 \quad (40)$$

10. Əgər $RSS_2^{(3)} < RSS_2^*$, onda $RSS_2^* := RSS_2^{(3)}$, $\sigma_1 := \sigma_1^{(3)}$.

11. Deyək ki, $M_2 \gg T_1$, onda $\tau = m\Delta t \gg T_1$, $m = M_2, M_2 + 1, \dots, M - 1$ üçün (28,b) düsturuna uyğun olaraq alırıq

$$\Phi_R^{(2)}(\tau) \approx 2\sigma_1^2 \left[1 - T^{-1}(H_1) \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{H_1-1} \exp \left(-\frac{\tau}{T_1} \right) \right]^2.$$

12. Məlum H_1, T_1 üzrə σ_1 parametrinin yeni qiymətini. Bunun üçün aşağıdakı işarələri daxil edərək

$$y = \Phi_R^{(2)}(\tau), \quad x = 2 \left[1 - T^{-1}(H_1) \left(\frac{\tau}{T_1} \right)^{H_1-1} \exp \left(-\frac{\tau}{T_1} \right) \right]^2$$

$a = \sigma_1^2$ əmsallı (38) növlü regressiyaya baxacaqıq.

ƏKK üzrə \hat{a} -nın qiymətləndirilməsinə görə σ_1 parametrinin qiymətini tapırıq:

$$\sigma_1^{(4)} = \sqrt{\hat{a}}.$$

13. Hesablayaq

$$RSS_2^{(4)} = \sum_{m=M_2+1}^{M-1} [y_m - \hat{a}x_m]^2.$$

14. Əgər $RSS_2^{(4)} < RSS_2^*$, onda $\sigma_1 := \sigma_1^{(4)}$, $RSS_2^* := RSS_2^{(4)}$.

15. Çap etmək: σ_1, H_1, T_1 .

16. Son.

Alqoritm 2 nəticəsində $\tilde{\Phi}_R^{(2)}(\tau)$ – nin "eksperimental" $\Phi_R^{(2)}(\tau)$ struktur funksiyası ilə "ən yaxşı" uyğunlaşdırılması alınan σ_1, H_1, T_1 parametrlərinin qiymətlərini tapırıq.

$x = n$ tam ədədlərində $\Gamma(x)$ qamma – funksiyasının hesablanması üçün aşağıdakı bərabərlik tətbiq edilir:

$$\Gamma(n+1) = n!, \quad 0! = 1$$

natamam x üçün isə, məsələn $x = n + \alpha$, $0 < \alpha < 1$, $\Gamma(1 + x) = x \cdot \Gamma(x)$ funksional münasibətindən istifadə edərək $\Gamma(\alpha)$, $0 < \alpha < 1$ hesablaya bilmək kifayətdir, çünki, cari yolla tapırıq:

$$\begin{aligned} \Gamma(1 + \alpha) &= \alpha \cdot \Gamma(\alpha), \\ \Gamma(2 + \alpha) &= (1 + \alpha) \cdot \Gamma(1 + \alpha) = (1 + \alpha) \cdot \alpha \cdot \Gamma(\alpha), \\ \Gamma(3 + \alpha) &= (2 + \alpha) \cdot \Gamma(2 + \alpha) = (2 + \alpha) \cdot (1 + \alpha) \cdot \alpha \cdot \Gamma(\alpha), \\ &\dots \\ \Gamma(n + \alpha) &= (n - 1 + \alpha)(n - 2 + \alpha) \dots \alpha \cdot \Gamma(\alpha). \end{aligned} \tag{41}$$

$0 < \alpha < 1$ olduqda $\Gamma(\alpha)$ hesablanması üçün $z = \frac{1}{\alpha}$ qəbul edərək və Stirlingin asimptotik ayrılmاسını [9] tətbiq edək:

$$\Gamma(z) = e^{-z} z^{z-1/2} \sqrt{2\pi} \left[1 + \frac{1}{12z} + \frac{1}{288z^2} - \frac{139}{51840z^3} - \frac{571}{2488320z^4} + O(z^{-5}) \right] \tag{42}$$

Stirlingin (42) sırası xüsusilə böyük $|z|$ (yəni kiçik α) üçün faydalıdır.

6⁰. (18) düsturundakı $S_S(0), T_0, n_0$ parametrlərinin düzəlişini növbəti alqoritmin köməyi ilə etmək olar.

Alqoritm 3.

1. Fərz edək ki, $S_R(f)$ – qeyri-müntəzəmliliklərin – sıçrayışların eksperimental güc spektrinə töhfəsidir. $S_R(f)$ - i interpolasiya edilən ifadəylə təsvir edək [1]:

$$S_R(f) \approx \frac{S_R(0)}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}}, \quad (43)$$

burada

$$S_R(0) = 4\sigma_1^2 T_1 H_1 \left\{ 1 - \frac{1}{2H_1 \Gamma^2(H_1)} \int_0^\infty I^2(H_1, \xi) d\xi \right\}, \quad (44)$$

σ_1, H_1, T_1 parametrləri (28)-də olduğu kimi (28)-də olduğu kimi təyin edilir:

$$\Gamma(a, x) = \int_x^\infty u^{a-1} e^{-u} du, \quad a > 0. \quad (45)$$

$\Gamma(a, x)$ funksiyası $\Gamma(a)$ qamma funksiyası ilə aşağıdakı münasibətlə əlaqədardır:

$$(a, x) = \Gamma(a) - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m x^{a+m}}{m! (a+m)}. \quad (46)$$

(18) və (43) ifadələrinin $S(f)$ müvafiq olaraq qeyri – müntəzəmlik sıçrantılarla və qeyri – müntəzəmlik sıçrayışlarla müəyyən edilən güc spektrinə töhfələri eyni tezlik xarakterinə malikdirlər, Hərçənd (18) və (43) – də uyğun olan parametrlər müxtəlifdir:

$$S_R(0) \neq S_S(0), \quad T_1 \neq T_0, \quad 2H_1 \neq n_0 - 1,$$

həm də T_1 və T_0 tipik vaxtları göstərilən qeyri-müntəzəmliliklərin güc spektrinə effektiv töhfələrin müxtəlif tezlik diapazonlarını ayıraq əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənə bilər. "Qeyri – müntəzəmlik – sıçrayışların" "qeyri – müntəzəmlik – sıçrantıların" dəyişikliyi ilə müqayisədə daha müntəzəm xarakteri daha aşağı tezlik oblastında "qeyri – müntəzəmlik – sıçrantıların" töhfəsilə müqayisədə "qeyri – müntəzəmlik – sıçrayışlar" töhfəsinin təzahürünü şərtləndirir.

(44) – ün fiqurlu mötərizələrdəki ifadənin hesablanması çətinliyinə görə (onu $C(H_1)$ -lə göstərək) σ_1, H_1, T_1 parametrlərinin fiksə olunmuş qiymətlərində bu ifadəni qiymətləndirək.

2. Tutaq ki, alqoritm 2 nəticəsində alınmış σ_1, H_1, T_1 fiksə olunmuş qiymətlərə malikdir.
3. $\widetilde{RSS}_1^* := RSS_1^*$, burada RSS_1^* alqoritm 1 nəticəsində alınmışdır.
4. $C(H_1)$ - in əhəmiyyətini σ_1, H_1, T_1 parametrlərinin 2 bəndində verilmiş tezliklərin seçilməsi üzrə qiymətləndirək:

$$f_m = \frac{m}{M \cdot \Delta t} \quad (m = 0, 1, \dots, M - 1)$$

interpolasiya edilən (43) düsturunun köməyi ilə onu aşağıdakı şəkildə yazırıq:

$$\frac{S_R(f)}{4\sigma_1^2 T_1 H_1} = C(H_1) \cdot \frac{1}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}}. \quad (47)$$

$$y = \frac{S_R(f)}{4\sigma_1^2 T_1 H_1}, \quad x = \frac{1}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}},$$

ışarələrini daxil edərək:

$$y = ax + b \quad (b = 0) \quad (48)$$

$a = C(H_1)$ əmsallı regressiyani qururuq.

ƏKK üzrə \hat{a} -nın qiymətləndirilməsinə görə a əmsalını tapırıq:

$$\hat{C}(H_1) = \hat{a}. \quad (49)$$

Bir halda ki, $\hat{a} = \sigma_1, H_1, T_1$ -dən asılıdır, onda (49)-un qiymətləndirilməsini $\hat{C}(\sigma_1, H_1, T_1)$ kimi işarə edəcəyik.

5. Hesablayaq:

$$RSS_3 = \sum_{m=0}^{M-1} [y_m - \hat{a}x_m]^2. \quad (50)$$

$$S(f) - S_r(f) = S_S(f) + S_R(f) \approx \frac{S_S(0)}{(1 + 2\pi f T_1)^{n_0}} + \frac{4\sigma_1^2 T_1 H_1 \hat{C}(\sigma_1, H_1, T_1)}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}}, \quad (51)$$

bu halda

$$S_S(f) + S_R(f) = \frac{S_S(0)}{(1 + 2\pi f T_1)^{n_0}} + \frac{4\sigma_1^2 T_1 H_1 \hat{C}(\sigma_1, H_1, T_1)}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}} + \widetilde{RSS}_1^* + RSS_3. \quad (52)$$

(51) – i aşağıdakı kimi yazaq:

$$S_S(f) - S_r(f) - \frac{4\sigma_1^2 T_1 H_1 \hat{C}(\sigma_1, H_1, T_1)}{(1 + 2\pi f T_1)^{2H_1+1}} \approx \frac{S_S(0)}{(1 + 2\pi f T_1)^{n_0}} \quad (53)$$

və (53) ifadəsinə bu ifadənin sol hissəsini $S_S(f)$ ilə əvəz etməklə alqoritm 1-i tətbiq edək.
RSS_1^* ≥ (RS)~S_1^* + RSS_3.,

7. Əgər $RSS_1^* \geq \widetilde{RSS}_1^* + RSS_3$, onda 9-a getməli.

8. $S_S(0), T_0, n_0$ parametrlərinin yeni qiymətlərini çap etmək

9. Son.

7⁰. Zəruri olduqda, f_0 tezlikli, γ "enli" və A intensivlikli hər bir rezonans zolağının model təsvirinin $\Phi_r^{(2)}(\tau)$ struktur funksiyası üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edərək:

$$\Phi_r^{(2)}(\tau) = 8A\gamma^{-1}\pi^2[1 - \exp(-\gamma\tau)\cos(2\pi f_0\tau)],$$

f_0, γ parametrlərinin fiksə olunmuş qiymətlərində A parametrinin qiymətini dəyişirləndirmək olar.

Bu məqsədlə son düsturu aşağıdakı şəkildə yazırıq:

$$\begin{aligned} \frac{\gamma}{8\pi^2} \Phi_r^{(2)}(\tau) &= A[1 - \exp(-\gamma\tau)\cos(2\pi f_0\tau)] \\ y &= \frac{\gamma}{8\pi^2} \Phi_r^{(2)}(\tau), \quad x = 1 - \exp(-\gamma\tau)\cos(2\pi f_0\tau), \end{aligned}$$

ışarələri daxil edərək, $a = A$ əmsallı

$$y = ax + b \quad (b = 0)$$

regressiyasını qururuq.

Ləngimənin $\tau_m = m \cdot \Delta t$ ($m = 0, 1, \dots, M - 1$) qiymətlərinin seçilməsinə görə ƏKK ilə a əmsalının \hat{a} dəyərləndirilməsini hesablayaraq, tapırıq: $A = \hat{a}$.

Beləliklə, parametrləşdirmənin proseduru nəticəsində aşağıdakı parametrlərin qiymətləndirilmələrini alacaqıq:

$S_s(0), T_0, n_0$ – qeyri-müntəzəmliliklərin – sıçrantıların xarakteristikaları;

σ_1, H_1, T_1 – qeyri-müntəzəmliliklərin – sıçrayışların xarakteristikaları;

f_{0i}, γ_i, A_i ($i = 1, \dots, m$) – rezonans zolaqların xarakteristikaları.

Fərqli şəkildə eksperimental ölçülən xaotik seriyalar əsasında hesablanan $S(f)$ və $\Phi^{(p)}(\tau)$ asılılıqlarından götürülə bilən informasiyanın FSS-də istifadə edilən "əlamətlərin qeyri-müntəzəmliliklərin tipi üzrə fərqləndirilməsi" məntiqinin daxil edilməsi system haqqında empirik biliyin əsasını təşkil edir, "abstrakt məlumat nəzəriyyəsinin" [10] əsas prinsiplərinə tam şəkildə uyğun gəlir.

Ortodoksal statistik fizikanın çərçivələrindən "çıxmaq" ehtiyacı, onun əsasında mürəkkəb, o cümlədən təbii siqnallardan informasiyanın çıxardılması problemlərinin həllinin qeyri-mümkünlüyü ilə şərtlənir.

Məhz qeyri-ortodoksal, ideal "termostatın" obrazından imtina ilə əvvəlcə təkamülün hər bir dönməz səviyyəsində Vaytszekkerin təkamül sxemi üzrə "addımlar-hadisələr" ardıcılıqları kimi təkamül dinamikasının müzakirəsi bu "təcrubi bilik" nöqteyi-nəzərindən prinsipial və əhəmiyyətli problemi həll etməyə imkan verir. Bu halda faktiki olaraq zamanın fasılısız dəyişən kimi dinamika tənliyinə daxil edilməsinin çoxdan bəyənilmiş metodu şübhəyə məruz qalır.

Nəticə. Dinamik dəyişənlərin qeyri-müntəzəmliliklərinin məlumat daşıyıcıları kimi qəbulu nəinki ən ümumi fenomenoloji formada xaotik seriyalarda olan bütün informasiyanı təsnif etməyə, həm də onun lazımlı hissəsini fərqli surətdə çıxartmağa imkan verir. Bu halda eyni təhlil edilən obyektdə müxtəlif keyfiyyətləri aşkar etmək və obyektin təşkilinin müxtəlif səviyyələrinin xüsusiyyətlərini ayırmak mümkündür. Bütün aşkar edilən "pasport informasiyası" təbii üsulla vahid informasiya blokunu (parametrlərin məcmusu, ölçülü və ölçüsüz) formalasdırır, "dinamik fərqlərin informasiyası" (Information of Dynamic Distinguishes – IDD) kimi müəyyən edilən çox parametrlı ümumiləşdirmə - Kolmaqorov entropiyası K olan, determinə olunmuş xaos nəzəriyyəsində skalyar kimi daxil edilən, informasiyanınitməsi sürətləridir.

ӘДӘВІYYAT

1. Тимашев С.Ф. Фликкер-шумовая спектроскопия: информация в хаотических сигналах. – М.: Физматлит, 2007. – 248 с.
2. Timashev S.F., Polyakov Yu.S. Review of flicker noise spectroscopy in electrochemistry// Fluctuation and Noise Letters, 2007. V.7.N2.P.R15-R47.
3. Bak P. How Nature works. The Science of Self – Organized Critically. Oxford: Oxford University Press, 2004. - 365 p.
4. Dutta P., Horn P.M. Low – frequency fluctuations in solids: $1/f$ noise// Rev. Modern. Phys. 1981. v.53. p.497-516.
5. Жигольский Г.П. Неравновесный $1/f^\gamma$ шум в проводящих пленках и контактах// Успехи физических наук. 2003. Т.173. с. 465-490.
6. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. - 240 с.
7. Тимашев С.Ф., Беляев В.Е., Тимашев П.С., Соловьева А.Б. О параметризации поверхностных структур // Коллоидный журнал. 2006. Т. 68. с.525-538.
8. Lure H. Time and Information // Time, Temporality, Now. Experiencing Time and Concept of Time in an Interdisciplinary Perspective / Editors: Harald Atmanspacher, Eva Ruhnau. – Berlin, Helderberq, New-York: Springer – Verlag, 1997. P.81-89.
9. Справочник по специальным функциям. Под ред. М. Абрамовича и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. - 830 с.
10. Lure H. Time and Information // Time, Temporality, Now. Experiencing Time and Concept of Time in an Interdisciplinary Perspective / Editors: Harald Atmanspacher, Eva Ruhnau. – Berlin, Helderberq, New-York: Springer – Verlag, 1997. P.81-89.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ МЕТОДА ФЛИККЕР-ШУМОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Д.А. ИСКЕНДЕРОВ, А.Н. БАГИРОВ

В статье приводятся результаты исследования нерегулярностей динамических переменных в качестве носителей информации, что позволяет не только в наиболее общей феноменологической форме классифицировать всю содержащуюся в хаотических сериях информацию, но и различимо извлекать необходимую её часть. При этом в одном и том же анализируемом объекте возможно выявлять разные качества и различать особенности разных уровней организации объекта. Вся выявляемая «паспортная информация» естественным образом формирует единый информационный блок, определяемый как «информация динамических различий». Приводятся также алгоритмы расчета рассматриваемых задач.

THE REGIME PARAMETERS STUDY OF OILFIELD COMPRESSOR UNITS BASED ON THE FLICKER-NOISE METHODOLOGY

D.A. ISKENDEROV, A.N. BAGIROV

The paper presents the research results of the irregular dynamic variables as an information carrier, which allows not only to classify all information contained in the chaotic series, but also to distinguishably extract the necessary parts. Besides within the same analyzed object, it is possible to expose different qualities and to identify various characteristics at the different levels of the object organization. All revealed "Passport Information" naturally forms a single information module, defined as "information of dynamic differences". We also give algorithms for the problems under consideration.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИКЕЛЯ В РЕАКЦИЯХ ПРЕВРАЩЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Э.А. ГУСЕЙНОВА, К.Ю. АДЖАМОВ

Представлены результаты проведенных *in situ* кондуктометрических исследований промышленного никелькизельгурowego катализатора в процессе превращения изопропилового спирта в ацетон. Установлена взаимосвязь между его каталитической активностью и электронными свойствами. Обнаружено, что проявляющий высокую активность катализатор характеризуется как проводниковыми, так и полупроводниковыми свойствами.

Предполагается, что наряду с металлическим никелем оксидная составляющая также играет ключевую роль.

Ключевые слова: никелькизельгуровый катализатор, дегидрирование изопропилового спирта, кондуктометрические исследования, морфология поверхности.

Введение. История применения никеля в качестве катализатора насчитывает более чем 100-летнюю историю. Наряду с разработкой новых никельсодержащих систем большое внимание уделяется уже известным промышленным катализаторам. Проявляя высокую активность в различных процессах нефтехимии и нефтепереработки, таких как изомеризация, окисление, дегидрирование, гидрирование непредельных и серосодержащих соединений, гетероциклических, галоидсодержащих и карбокси- групп, в производстве синтетических алмазов, восстановлении эфиров, органических перекисей и жиров, они продолжают расширять сферы своего применения, в частности – в сфере получения кетонов [1-6].

Универсальной теории, объединяющей все случаи действия никельсодержащих катализаторов, до сих пор нет. Природа каталитического действия и эффективность этих катализаторов включает в себя совокупность таких факторов, как состав, метод приготовления, природа формирующихся активных центров и многие другие факторы, в том числе технологические (температура, давление, реакционная среда) [7-10]. Теория механизма действия этих катализаторов чрезвычайно сложна и требует детального анализа накопленных экспериментальных данных.

В рамках данного подхода были проведены исследования *in situ* электронных свойств промышленного никелькизельгурого катализатора в процессе превращения изопропилового спирта в ацетон.

Методика эксперимента. В работе использовали образцы промышленного никелькизельгурого катализатора (ТУ 38.101396-89Е), произведенного на Новокуйбышевском нефтехимическом комбинате. Массовая доля никеля в образцах составляла не более 54%, насыпная масса – 1,15 г/см³, а средний размер таблеток – 4×4 мм.

Исследования активности катализатора в реакции газофазного дегидрирования спирта были проведены на лабораторной установке проточного типа при температуре 150–350°C. Опыты проводились при объемной скорости подачи спирта 600 ч⁻¹.

Изучение морфологических особенностей образцов никелевого катализатора, как исходных, так и отработанных, проводили на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Philips 515 с энергией первичного электронного пучка 30 кВ.

Кондуктометрические исследования осуществлялись с применением тераомметра Е6-13А (диапазон измеряемых тераомметром сопротивлений от 10 до 1014 Ом; основная погрешность не превышала +2,5%).

Образец катализатора поместили в измерительную камеру, которая одновременно служила каталитическим проточным реактором. Образцу прессованием предали форму бруска прямоугольного сечения, площадь которого известна. В поперечном сечении в него были вставлены платиновые зонды. Образец укреплялся в зажиме, который имел также два зонда, крепящиеся к имеющимся на поверхности образца платиновым зондам.

Полученные в процессе эксперимента продукты подвергались качественному и количественному анализу хроматографическим методом [11–13].

Результаты и их обсуждение. В результате исследований, проведенных на растровом электронном микроскопе, нами было изучено влияние реакционной среды на формирование активной фазы никелькизельгурого катализатора.

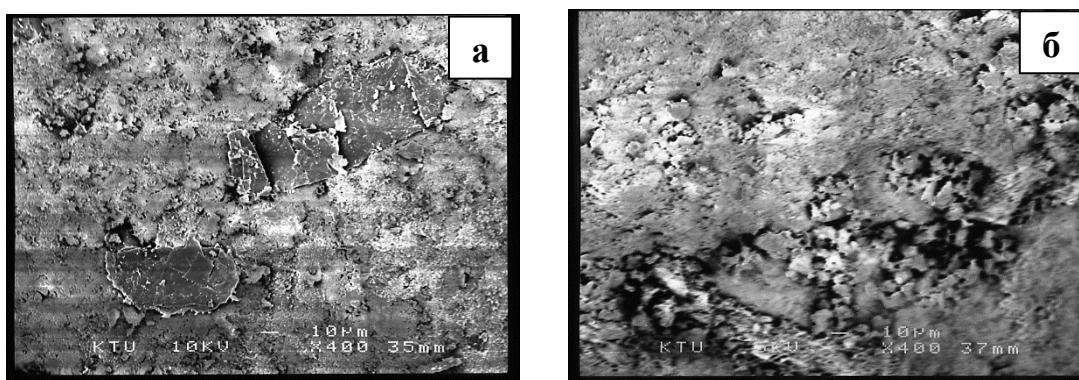


Рис.1. Рельеф поверхности образца никелевого катализатора до (а) и после (б) каталитической реакции.

На снимке (рис.1 а) видно, что до проведения каталитических экспериментов исходный образец имеет структуру типичной металлической системы, гладкую со сколами, представляя собой совокупность агломератов неправильной формы, размером до нескольких десятков мкм. Морфология образца, участвующего в реакции дегидрирования изопропилового спирта, сопровождается значительным развитием поверхности под воздействием реакционной среды и образованием наноразмерных образований (рис.1 б). Проведение процесса проходит на фоне разрыхления исходной однородной глобулярной структуры катализатора, с образованием нанонокластеров никеля с преимущественным размером 7 нм. На поверхности вновь образованных агломератов видны зародыши новой фазы, которые, учитывая данные рентгенофазового анализа [11], можно отнести к углеродным отложениям на поверхности, образованным в термодинамически благоприятных для этого процесса условиях дегидрирования изопропилового спирта. Образование поверхностных углеродных соединений, вероятно, приводит к разрушению крупных агломератов Ni, так называемому «карбидному растрескиванию», и в конечном счете – к образованию нанонокластеров никеля.

Согласно теоретическим представлениям, при протекании гетерогенных каталитических химических реакций на границе металлов и газов стабилизация образующихся молекул происходит преимущественно посредством генерации электронно-дырочных пар. Этот подход, опирающийся на развитую теорию полупроводников, приводит к определенной связи электронных и каталитических свойств между реагирующими компонентами и полупроводниковыми свойствами твердых катализаторов [7-10]. Отсюда и появилась заманчивая возможность сознательного исследования связи электронных и каталитических свойств активной никелькизельгуровой системы.

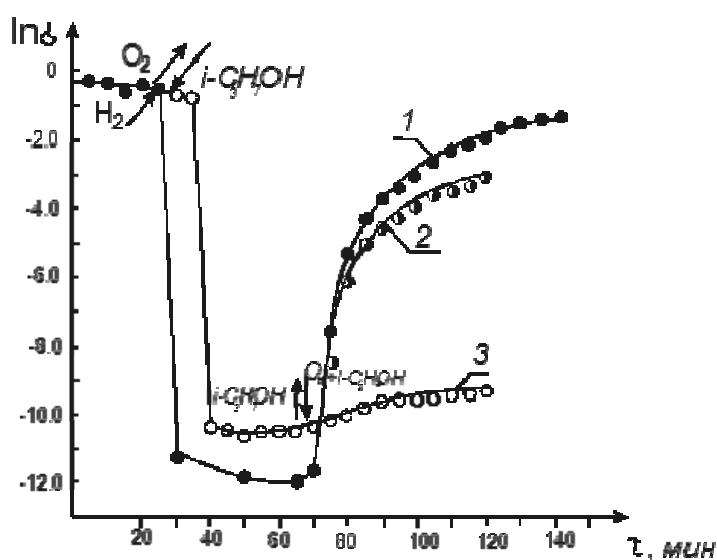


Рис.2. Удельная проводимость образца никелевого катализатора:

- 1- в воздушно/водород/воздушной среде ($W=40$ мл/мин; $T=503$ К);
- 2 - в воздушно/спирт/воздушной среде ($W=40$ мл/мин; $T=533$ К);
- 3 - в воздушно/спирт/спирт+воздушной среде ($W=40$ мл/мин; $T=533$ К).

Для детализации механизма взаимодействия реагирующих веществ и поверхности никелевого катализатора нами была измерена электропроводность в момент проведения на его поверхности каталитических превращений изопропилового спирта, а также в момент подачи водорода, кислорода воздуха и его смеси со спиртом.

Структура образца (или гетероструктура) при этом выполняла функцию «зонда», детектора этих воздействий, а сами воздействующие факторы были направлены на выявление изменения характеристик структур или в качестве сенсора, на исследование параметров применяемого катализатора.

При анализе «отклика» образца катализатора на внешнее воздействие возможность изменения параметров в ходе процесса от времени проведения позволяет заметить большое число “медленных” процессов в исследуемом материале.

На начальном этапе при температуре 503 K на поверхность тестового образца никелевого катализатора подавался кислород воздуха. После того, как показатели удельной проводимости стабилизировались, поток воздуха был приостановлен, его заменили водородом, температуру и объемный расход оставляя неизменными. В течение первых 5 минут после ввода водорода наблюдался резкий скачок удельной проводимости: она уменьшилась с 0.65 до $0.118 \cdot 10^{-4}$. Подача водорода в течение последующих 40 минут не привела к каким-либо значительным изменениям – удельная проводимость стабилизировалась на уровне $0.06 \cdot 10^{-4}$. Приостановив подачу водорода, на поверхность катализатора на 65 минуте от начала эксперимента подали кислород воздуха. Обращает на себя внимание, что после подачи кислорода увеличение проводимости происходит не сразу, занимая продолжительный промежуток времени (70 мин.). Этот факт может быть объяснен, если предположить, что часть атомов, образовавшихся при диссоциации адсорбирующихся молекул, диффундирует вглубь никелевого катализатора. Эта часть водорода при подаче кислорода вновь подходит к поверхности и, рекомбинируя, удаляется в виде молекул H_2 и H_2O , что занимает определенный промежуток времени. В целом, результат воздействия водорода продолжительностью 40 минут на структуру катализатора оказался достаточно малым, т.е. структуры были устойчивыми к такому воздействию, и после повторной подачи кислорода значения удельной проводимости изменились незначительно.

Однако этого нельзя сказать о случае подачи спирта: протекание реакции дегидрирования изопропилового спирта сопровождалось необратимыми изменениями в структуре катализатора. Так, последующая после спирта подача кислорода не привела к возврату исходных значений удельной электропроводности.

При подаче спирта на поверхность образца проводимость падает позднее, чем в присутствии водорода (15 минут против 5), а значения удельной проводимости имели сравнительно большее значение, следовательно, на никеле адсорбируется образующийся водород. По-видимому, выделяющийся водород лишь частично восстанавливает оксид никеля, а поверхность оказывается частично занятой адсорбирующими молекулами спирта или фрагментами реакции, что и является причиной более высоких значений электропроводности в присутствии водорода.

Наиболее вероятным механизмом является частичная диссоциация молекул спирта при соударении с поверхностью, с вытягиванием электронов с поверхности металла и образованием устойчивой металлической фазы. Присутствие последней и определяет меньший эффект проводимости по сравнению с исходным при последующей подаче кислорода.

Слабое увеличение проводимости при одновременной подаче на поверхность кислорода и спирта указывает, по-видимому, на то, что образующийся при дегидрировании спирта водород не адсорбируется и вступает в реакцию между адсорбированными и подходящими из газовой фазы молекулами кислорода.

Происходящие на поверхности образца изменения проводимости под воздействием кислорода, водорода и спирта можно объяснить с точки зрения электронных представлений. Вероятно, имеет место следующий механизм процесса хемосорбции: поверхность никеля обладает большим сродством к электрону по сравнению с адсорбирующимся водородом. В этом случае происходит переход электрона от адсорбирующейся молекулы в металл и число электронов в зоне проводимости никеля возрастает, что и приводит, в конечном счете, к исключительно низкой электропроводности. Относительно водорода: несколько более высокая электропроводность катализатора в присутствии спирта, вероятно, вызвана трудностью перехода электрона в структуре гомогенной шпинельной фазы $\text{Ni}[\text{Ni}^{(n-1)+}\text{O}]$, что должно происходить с более или менее высокой затратой энергии. Поэтому, несмотря на то, что спирт обладает меньшим сродством к электрону, чем водород, и энергия разрыва связи R-OH ниже, чем RO-H, проводимость в среде спирта несколько выше, чем в присутствии водорода.

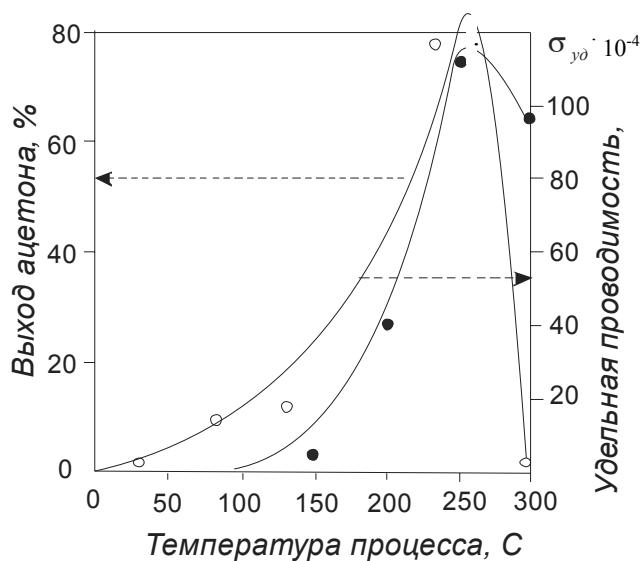


Рис.3. Сравнение катализитической активности и проводимости никелевого катализатора при дегидрировании изопропилового спирта.

Совместное присутствие кислорода и спирта на поверхности никелькизельгурового образца приводит к конкурированию двух процессов: параллельно протекающих на поверхности катализатора процесса дегидрирования спирта до карбонильных соединений и окисления поверхности образца с растворением присутствующего кислорода в объеме металла.

Непосредственная связь электронных и катализических свойств между реагирующими компонентами и полупроводниковыми свойствами никелевого катализатора становится очевидной при рассмотрении рис. 3. При проведении процесса дегидрирования изопропилового спирта выход ацетона и электропроводность симбатно меняются с температурой, начиная резко возрастать после 200°C. Именно в этом температурном интервале в присутствии водорода никелькизельгуровая система обладает наименьшей энергией активации. Число свободных носителей будет расти экспоненциально с температурой, определяясь шириной запрещенной зоны. Здесь реализовывается механизм прыжковой проводимости, при котором перенос заряда осуществляется путём квантовых туннельных переходов ("прыжков") носителей заряда между различными локализованными состояниями никеля. Очевидно, что чем больше будет свободных валентностей, тем интенсивнее идет процесс образования ацетона, что и прослежено экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фасман А.Б., Сокольский Д.В.** Структура и физико-химические свойства скелетных катализаторов. - Алма-Ата. 1968. – 180 с.
2. **Koscielski T., Bonnier J.M., Damon J.P. Masson J.** Catalytic hydrogenation on Raney nickel catalyst modified by chromium hydroxide deposition.// Appl. Catal. 1989. - v. 49, № 1.-P. 91-99.
3. Патент на изобретение №2294313
4. **Lefedova J.V., Gostikin V.P., Nemtseva M.P.** Solvent effects on the kinetics of catalytic hydrogenation of substituted nitro- and azobenzenes on Raney nickel.//Russian Journal of Physical Chemistry. 2001. - v. 75, № 1. -P. 62-66.
5. **Kholodkova N.V., Bazanova I.N., Gostikin V.P., Lukin M.V., Golubkova G.V.** The structural characteristics and activity of promoted nickel catalysts prepared mechanochemically // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2004. Т. 78. № 11. С. 1757-1761.
6. **Grace W.R.** Optimizing hydrogenation processes: Raney catalysts.// Spec.Chem. 2001. - v. 21, №8. -P. 16.
7. **Боресков Г.К.** Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1999. – 304 с.
8. **Гейтс Б., Кетцир Дж., Шуйт Г.** Химия каталитических процессов. - М.: Мир, 1981. – 552 с.
9. **Крылов О.В.** Гетерогенный катализ. - Академкнига, 2004. – 679 с.
10. **Танабе К.** Твердые кислоты и основания. - М.: Мир, 1973. – 184 с.
11. **Гусейнова Э.А., Абуль-Футух Т.М., Аджамов К.Ю.** Электронные свойства системы Ni на кизельгуре // «Азербайджанский химический журнал», №4, 2010, стр.57-64

12. Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Исследования *in situ* поверхностныхnanoструктур катализатора Ni/кизельгур // Российский конгресс по катализу «РОСКАТАЛИЗ», посвящается 150-летию со дня рождения академика Н.Д. Зелинского. Москва, 2011, с.38
13. Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Электронные процессы на поверхности катализатора Ni/кизельгур // Журнал физической химии. 2011, том 85, № 11, с. 2105-2111
14. Гусейнова Э.А., Аджамов К.Ю. Роль адсорбционно-химического взаимодействия реакционной среды и никелькизельгурового катализатора // Материалы VIII Бакинской Международной Мамедалиевской конференции по нефтехимии, Баку, 2012, с.362-363.

İZOPROPİL SPİRTİNİN ÇEVİRİLMƏSİ REAKSİYASINDA SƏTHİ NİKEL BİRLƏŞMƏLƏRİNİN ELEKTRON XASSƏLƏRİ

E.Ə. HÜSEYNOVA, K.Y. ƏCƏMOV

İzopropil spirtinin asetona çevrilmesinin sənaye “nikel-kizelqur” katalizatoru üzrində *in situ* konduktometrik çevrilmesinin nəticələri verilmişdir. Katalizatorun aktivliyi və elektron xassələri arasında asılılığın olması müəyyən olunmuşdur. Katalizatorun aktivliyinin yüksək olması keçirici və yarım keçirici xassələri ilə xarakterizə olunur. Fərz olunur ki, metallik nikel ilə yanaşı nikel oksidi də əsas rol oynayır.

Elektron mikroskopiya *in situ* ilə katalizatorun səthinin morfoloji dəyişməsi nanohissəciklərin formallaşması ilə müşahidə olunur.

ELECTRONIC PROPERTIES OF THE NICKEL SURFACE COMPOUNDS IN THE CONVERSION OF ISOPROPYL ALCOHOL

E.A. GUSEYNOVA, K.Yu. ADZHAMOV

The presented results are conducted for the *in situ* conductometry researches of the industrial nickel-kieselgur catalyst in the conversion of an isopropyl alcohol into an acetone. The relationship is established between the catalytic activity and its electronic properties. The high activity catalyst exhibits the properties of as conductors as semiconductors.

It is assumed that along with a metallic nickel, an oxide component also plays a key role.

Akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayevin ad gününə



15 fevralda dünya şöhrətli alim, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti, Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının vitse-prezidenti, Azərbaycan Dövlət Mükafatı laureati, əməkdar elm xadimi, bir çox beynəlxalq akademiyaların üzvü, Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının rektoru, akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayevin doğum günüdür.

A.M. Paşayev 1957-ci ildə Odessa Elektrotexnika Rabitə İnstytutunun «Radiofizika» ixtisasını bitirdikdən sonra Azərbaycan MEA Fizika İnstytutunda elmi fəaliyyətə başlamışdır. Həmin vaxtlarda yarımkəçiricilər fizikası artıq elm və texnikanın bir çox

sahələrinə daxil olmuşdu. Yarımkeçiricilər qarşısında açılan geniş perspektivlər, yüksək inkişaf və yenilik ona gətirib çıxardı ki, yarımkəçirici cihazlar və yarımkəçiricilər fizikası sahəsi A.M. Paşayevin elmi fəaliyyətinin əsas istiqaməti oldu.

Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev zədəsiz nəzarət sahəsindəki çoxillik elmi tədqiqatlarına hələ Moskvada olarkən başlamışdı. O, 1960-ci ildə keçmiş Sovet İttifaqının aparıcı elmi mərkəzlərindən sayılan Dövlət Nadir Metallar İnstytutunun (Qiredmet) aspiranturasına qəbul olur. 1965-ci ildə «Yüksək və ifratyüsək tezliklərdə yarımkəçiricilərin parametrlərini ölçmək üçün kontaktsız üsul və cihazların işlənməsi» mövzusunda namizədlik dissertasiyasını müdafiə edərək texnika elmləri namizədi alimlik dərəcəsi almışdır.

A.M. Paşayevin yarımkəçiricilər elektronikası və mikroelektronika sahəsində nəzəri və təcrubi tədqiqatlarının nəticələri 1978-ci ildə «Yarımkeçiricilərin tədqiqində elektromaqnit üsulların fiziki əsasları, inkişaf prinsipləri və tətbiqi perspektivləri» mövzusunda müvəffəqiyyətlə müdafiə etdiyi doktorluq dissertasiyasında öz əksini tapdı və o fizika-riyaziyyat elmləri doktoru alimlik dərəcəsinə layiq görüldü.

Bu tədqiqatların əsasında sualtı obyektlərə nəzarət və tədqiq üçün nəzərdə tutulmuş telemetrik, çoxfunksiyalı, hidroakustik kompleks aparatura yaradıldı. 1991-ci ildə A.M. Paşayev «Avtonom hidroakustika informasiya sisteminin yaradılması sahəsində kompleks işlərə görə» Azərbaycan Dövlət Mükafatı laureati adına layiq görülmüşdür.

A.M. Paşayev uzun müddət – 1971-ci ildən 1996-ci ilə qədər Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstytutunun «Zədəsiz ölçmə və nəzarətin fiziki üsulları» laboratoriyasına rəhbərlik etmişdir və İnstytut elmi istiqamətlərinin müəyyən edilməsində fəal iştirak etmişdir. Məhz bu müddət ərzində onun alim və elmi təşkilatçı kimi görkəmli qabiliyyətə malik olması bütövlükdə özünü biruzə vermişdir.

1996-cı ildən hazırkı dövrə kimi akademik A.M. Paşayev «Azərbaycan Hava Yolları» Qapalı Səhmdar Cəmiyyətinin Milli Aviasiya Akademiyasının rektorudur.

A.M. Paşayevin rektor təyin olunduğu 1996-cı ildən Milli Aviasiya Akademiyası yeni bir inkişaf pilləsinə qədəm qoymuşdur. Akademik A.M. Paşayev fəaliyyətinə tədris prosesinin, elmi-tədqiqat işlərinin ən yüksək müasir tələblər səviyyəsində təşkilindən başladı.

Elmi-tədqiqat Nəqliyyat və Aviakosmik Problemləri İnstitutunun bazasında, özündə Elmi-tədqiqat İnstitutunu, Konstruktor bürosunu və Təcrübə-sınaq istehsalatını birləşdirən Elmi-istehsalat Birliyi yaradılmışdır.

Akademik A.M. Paşayev Azərbaycanda ilk dəfə olaraq müasir dünya standartlarına uyğun, təhsil, elm və istehsalatın vəhdətini nəzərdə tutan ali təhsil ocağı yaratmışdır.

A.M. Paşayevin rəhbərliyi ilə MAA-nın əldə etdiyi nailiyyətlər müxtəlif tanınmış xarici ölkə təşkilatları tərəfindən də bəyənilmişdir. Təhsil sistemində Avropa standartlarına uyğun olaraq göstərdiyi yüksək xidmətlərə görə MAA-ya verilmiş «Avropa keyfiyyəti» və «Avropanın ən yaxşı müəssisəsi» Beynəlxalq mükafatları buna parlaq sübutdur.

Bundan əlavə Milli Aviasiya Akademiyası Dövlətlərarası Aviasiya Komitəsinin qərarı ilə mülki aviasiya ali təhsil müəssisəsi sertifikatına layiq görülmüş, Beynəlxalq Mülki Aviasiya Təşkilatının mülki aviasiya ali təhsil müəssisələrinin siyahısına daxil edilmiş, eləcə də Avropa Universitetləri Assosiasiyanın tam hüquqlu üzv kimi qəbul olmuşdur.

Arif Paşayev Ukrayna Milli Aviasiya Universitetinin, Gürcüstan Aviasiya Universitetinin, A.S. Popov adına Odessa Milli Rabitə Akademiyasının Fəxri doktoru, Vyana Beynəlxalq Universitetinin Fəxri professoru, Ukrayna Azərbaycanlıları Konqresinin Fəxri üzvüdür. O, həmçinin 2005-ci ildə təsis edilmiş Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti, Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının vitse-prezidenti və 2009-cu ilin iyul ayında təsis edilmiş «Elmi Təminatlı İnnovasiya Assosiasiyyası» İctimai Birliyinin prezidentidir.

Rusiya və Gürcüstandan olan alımlılərə birgə yarımkəcəricilər fizikası sahəsində elmi kəşfin müəllifidir. Kəşflə əlaqədar ona 340 sayılı xüsusi diplom verilmiş, fizika sahəsində Nobel mükafatı laureatı P.L. Kapitsa adına qızıl medal təqdim olunmuşdur. O, həmçinin Rusiya Təbiət Elmləri Akademiyasının Fəxri akademiki seçilmiş və bununla əlaqədar ona Vernadski adına qızıl döş nişanı verilmişdir.

Beynəlxalq əlaqələrin möhkəmləndirilməsi işindəki xidmətlərinə görə akademik Arif Paşayevə İnsan Hüquqlarının Müdafiəsi Beynəlxalq Komitəsinin «Şərəf və Ləyaqət» Qızıl Ulduzu təqdim olunmuşdur.

Akademik A.M. Paşayevin 500-dən çox elmi əsərləri dərc olunmuş, 30-dan artıq kitabın, monoqrafiyanın müəllifidir, 60-dan artıq ixtira üçün müəlliflik şəhadətnaməsi və sənaye nümunələri almışdır.

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Fərmanlarına əsasən Azərbaycan elminin və təhsilinin inkişafındakı xidmətlərinə görə «ŞÖHRƏT» və «ŞƏRƏF» ordenləri ilə təltif edilmişdir. Akademik Arif Paşayev Azərbaycan elm və təhsil xəzinəsinə verdiyi töhfələrə, Azərbaycan elmini dünya səviyyəsində ləyaqətlə təmsil etdiyinə görə «Əməkdar elm xadimi» fəxri adına, Ümumdünya Əqli Mülkiyyət Təşkilatının Ali mükafatına - «Qızıl

medal»ına, eləcə də Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının yubiley «Qızıl medal»ına, “Mühəndislik şöhrəti” ordeninə layiq görülmüşdür.

29 fevral 2008-ci il tarixində Dövlətlərarası Aviasiya Komitəsi akademik Arif Paşayev «Aviasiya mütəxəssislərinin hazırlanması işindəki xüsusi xidmətlərinə və tədris prosesinin nümunəvi təşkilinə görə» qızıl medal təqdim etmişdir.

2009-cu ildə akademik Arif Paşayev Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının Beynəlxalq mükafat laureatı diplomu və böyük qızıl medalı ilə də təltif olunmuşdur.

2012-ci ildə Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasının ən ali mükafatı “Mühəndislik şöhrəti” ordeninə və Ukrayna Mühəndislik Akademiyasının Podqornı adına qızıl medalına layiq görülmüşdür.

MAA-nın tələbələrinə göstərdiyi yüksək qayğı və dəstəyinə görə Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev 2010-cu ilin mart ayında Bakı şəhər Gənclər və İdman Baş İdarəsi tərəfindən «İlin ən fəal rektoru» fəxri diplomu ilə təltif edilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin «Azərkosmos» Açıq Səhmdar Cəmiyyətinin təsis edilməsi haqqında” 03 may 2010-cu il tarixli 885 nömrəli Sərəncamının 6-cı bəndinin icrasının təmin edilməsi məqsədilə Azərbaycan Respublikası Rabitə və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyinin 05 iyul 2010-cu il tarixli 06 sayılı kollegiyasının qərarına əsasən Kosmik məsələlər üzrə Şura yaradılmış və akademik Arif Paşayev həmin şuraya sədr təyin olunmuşdur.

2011-ci ilin may ayında Milli Aviasiya Akademiyasının rektoru, akademik Arif Paşayev «Qafqaz Universiteti ilin adamlarını seçir» layihəsi çərçivəsində «İlin elm adamı» fəxri adına layiq görülmüşdür.

Qeyd olunanlar əsas verir ki, cəsarətlə deyək A.M. Paşayev qədim azərbaycan xalqının milli qürurudur, vətənpərvər və humanist insandır.

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının üzvləri, jurnalın redaksiya heyəti, elmi-texniki ictimayət, çoxsaylı mühəndis ordusu akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayevi ad günü münasibətilə ürəkdən təbrik edir, ona mühkəm can sağlığı, uzun ömür və yaradıcılıq uğurları arzulayır!



HƏQİQƏTİN FƏLSƏFƏSİ

Fundamental tədqiqatlar həmişə elmin avanqardı olmuşdur. XX əsrдə elmi fəaliyyətin həcmi hər 10–15 ildən bir ikiqat artdır. Elə alimlərin sayı da artıb. Belə ki. 1900-cü ildə dünyada 100.000 alım var idisə, 2000-ci ildə onların sayı 5.000.000 olmuşdur (yəni hal-hazırda hər min nəfərdən biri). Başqa sözlə, planetimizdə yaşayan alimlərin 90%-i bizim müasirlərimizdir. Onların biri də – Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının rektoru, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Prezidenti, akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayevdir.

“AZƏRBAYCAN MÜHƏNDİSLİK AKADEMİYASININ XƏBƏRLƏRİ”

jurnalının Baş redaktordan bölməsində jurnalın qurucusu və baş redaktoru, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti akademik Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev dərc etdiyi məqalələrdə müdrik elm adamina xas olan xərif bir ehtiyatla elmi-texniki yaradıcılıqla- mühəndislik fəlsəfəsinin fundamental tərəfində yer ala bilən, praktiki olaraq çox az tədqiq edilən yeni elmi-fəlsəfi düşüncə haqqında yazır. Doğrusu, nəhəng elmi yaradıcılıq prosesində onu “tərəf” kimi ifadə etmək o qədər də düzgün olmazdı, (oxucu bizi təkrarçılıqda üzürlü saysın) çünki o elmi-texniki yaradıcılıq prosesinin ilkin mərhələsində bütün uğur və kəşflerin əsasını təşkil edir. O daim həqiqət axtarışında olan narahat insan idrakinin nüvəsi kimi ideya və fikirlərin generatorudur. Məhz onun ötürüdüyü impulslar insanı ona məlum olmayan, və ya az məlum olan aləmə ehtirasla baş vurmağa təhrik edir. O aləmin dərinliklərinə irəlilədikcə, insan durmadan onu yaradıcılığa təhrik edən fəlsəfi fikrin istiqamətlərini müəyyənləşdirməyə çalışır, tədqiqatlar nəticəsində əldə etdiyi məlumatların bazasında əvvəlcə düşüncələrini ehtiva edən “həqiqət necə olmalıdır” nəzəriyyəsini yaratır, sonra isə saysız-hesabsız eksperimentlər (əgər mümkünse) vasitəsi ilə riyazi, fiziki və digər hesablamalar apararaq düsturlarla zənginləşdirir, nəhayət, bir qədər əvvəl ona dərkədilməz, mümkünzsüz görünən həqiqəti tapır.

Akademik Arif Paşayevin qeyd etdiyi kimi, ümumbəşəri fəlsəfənin nüvəsini mühəndis düşüncəsi təşkil edir. Belə ki, o insanların yaradıcılıq fəaliyyətinin enerjisini müəyyənləşdirir, yol göstərir, hətta belə demək olarsa, onu tənzimləyir. Məntiqi nəticə kimi, bütün bəşəri düşüncənin mühəndislik məhsulu olaraq konkret, konstruktiv və hamiya aydın görünən həqiqəti üzə çıxarıır. Bu müstəvidə alimin gəldiyi elmi qənaət bu günə qədər kimsə tərəfindən baxılmayıb, tədqiq edilməyib və səsləndirilməyib. Bir qədər də irəli gedib, fikrimi akademikin yaratdığı “Mühəndislik fəlsəfəsi” elm ocağında tələbələrinə dəfələrlə təkrar etdiyi sözlərlə ifadə etmək istərdim: - “Bütün bəşəriyyət mühəndislik fəlsəfəsinin ideya və qənaətlər enerjisindən güclər”.

Görünür, bu dahiyənə fikirdən çıxış edərək, barəsində danışdığını məqalədə alım işıqlı bir oğlan obrazını yaratmışdır.

Keçmiş zamanlarda təkər düzəldən bir oğlan dahiyanə bir kəşfin müəllifi olduğunu dərk etmədən, ibtidai insanların məskən saldığı kəndin cığırında təkər diyirlədir. Bu təkər bəşəriyyəti görünməmiş texniki inkişafın hamar yoluna- məişətimizin təkmilləşməsinə aparan təkamül yoluna çıxartdı. Bu yolda hər bir addım insanların kainat, dünya, zaman və məkan haqqında təsəvvürünü dəyişdirərək, qarşımızda dünən bizə fantastik, əlçatmaz, ünyetməz məqsəd kimi görünən aləmlər açdı.

Paşayev öz məqalələrinin elmi mahiyyətini yetirmələrinə şərh edərkən deyirdi:- “Əgər siz əcaib görünməkdən çəkinməyərək, cismin daxilində və ətrafında gedən proseslərə daha geniş və cəsarətlə baxsanız, onda bütün dövrlərin və xalqların elmi cəmiyyətlərinə təqdim etdiyim həmin alleqorik - oğlanı anlaysınız. O cümlədən, bizim yaşadığımız dövrün özü də bura daxildir. Biz özümüz tez-tez həmin oğlan kimi irəli sürdüyümüz ideya və fərziyyələrin səsinə biganə yanaşır, laqeyd münasibət göstəririk. Çünkü həmin səs bizim dumanlanmış alim təsəvvürünün çərçivəsinə, özümüzün emprik və aksiom mərtəbəsinə ucaltdığımız elmi təfəkkürümüzə sığdır. Mənimlə razılaşın ki, belə halda biz xəlbirlə su daşıyan adama bənzəyirik”...

Sonuncu vəziyyət alimi daha çox narahat edir. O, elmi işdə təkrarçılığa, taftologiyaya dözmür. Bütün hallarda proseslərin yaratdığı yeniliyin qiylıcımını, cövhərini, əsasını axtarır.

Onun yaratdığı elm ocağının devizi belədir: “Eyni cür fikirləşməyin, etalon hesab edib əldə etdiyiniz ugurlara aludə olmayın, proseslərə dərindən müdaxilə edərək yaradın”. Bu devizin düsturu və cavabları lövhədə hazır şəkildə yazılmır. O, Həyat adlı prosesin sirlərlə, möcüzələrlə dolu **həqiqət fəlsəfəsidir**. Həyatın özü teorem olaraq ən böyük fəlsəfi sualdır. Yaranışdan bəri o bizdən öz mənasının və yaşayışımızın düsturuna cavab tələb edir. Bu Suallar Sualına min illər boyu bəşəriyyətin düşünən beyinlərinin topladığı nəhəng bilik dəryasına əsaslanaraq, əbədi və inadlı axtarışlar sayəsində öz fəlsəfəsiylə yalnız mühəndislik elmi cavab verə bilər. Bu missiyani məhz O ciyinlərində daşıyır. Son olaraq O, işığın haradan süzülüb gəldiyini bilməli, Həyatın və xomo-sapienslərin (düşünən insanların) necə və nə üçün yarandığının fəlsəfəsini açmalı, konkret düsturlar formalaşdıraraq cavab verməlidir. Əlbəttə, bu Məsələlər Məsələsini həll etmək heç də asan deyil. Amma bizim həyatımızın mənası da elə bundan ibarətdir. Biz onu həll etməliyik. Onun həlli yolu da var. Ola bilməz ki, olmasın, əks təqdirdə, onda biz nəyə görə mövcuduq və nə üçün yaşayırıq??!

Biz bu yolla gedirik. Çətin gedirik. Bu çətinlik bizim özümüzlə bağlıdır. Elmin rəhbərliyində dayanıb elmi tədqiqat metodologiyasının kodekslərini təyin edən, onların düşüncə və biliyinə uyğun gəlmədikdə hər bir yeniliyi kəskin şəkildə rədd edən alımların lovgalığı, təkəbbürlüyü ucbatından ləngiyirik. Belə halda onların hökmü budur: “Belə şey ola bilməz, ona görə ki, ola bilməz!”

Məqsədə doğru sürətlə getmək üçün hər şeydən əvvəl biz özümüzə qalib gəlməliyik. Özümüz dəyişməliyik. Ağillı və təmkinli olmalıdır. Təkəbbürü, ambisiyanı özümüzdən kənarlaşdırıb, təkcə qəbul edilmiş işlərlə deyil (onlar üzərində dayanmağa ehtiyac da yoxdur), toz basmış rəflərdə “SƏHFDİR” damgası ilə əsrlərlə formalaşan, indi isə yeni fərziyyələr və ideyalarla zənginləşdirilən tədqiqatlar üzərində düşünmək,

analizlər və ümumiləşdirmələr aparmaq lazımdır. Bəzən səhv hesab edilən işlərdə belə, axtarılan rasional fikri tapmaq mümkündür. Buna iibrətamız nümunə də var.

Albert Eynşteynin özü patent bürosunda işləyərkən, müəssisənin hörmətli, tanınmış mütəxəssisləri tərəfindən rədd edilən bəzi ixtiraçıların işlərinə diqqət yetirərək onları öyrənməyə başlayır. Mütəxəssislər tərəfindən qəbul edilməyən işlərdə ilk baxışda nəzərə çarpmayan həqiqətin zərrəciklərini aşkarlayıb, nəticədə dünyaya nisbilik nəzəriyyəsini bəxş etdi.

Eləcə də Isaak Nyuton. Bizim hamımız onun aşağıdakı məşhur ifadəsindən iibrə götürməliyik: “Əgər mən digərlərinə nisbətən daha uzağı görə bilirəmsə, demək nəhənglərin ciyində durmuşam”. Onu da deyim ki, Nyutona qədər bu nəhənglərin əksəriyyəti qəbul edilməyərək mühakimə olunub...

Akademik məqalələrində yazır ki, həqiqətin və həyatın bəşəri fəlsəfəsinin axtarışında mühəndis düşüncəsinin enerjisi dominant rol oynayır. Hansı sənətin sahibi olmasından asılı olmayaraq bütün insanlar və bizim əhatəmizdə nə varsa bu yaradıcı enerji ilə yüklenmişdir. Əgər kimsə hesab edir ki, ədəbiyyatçıların, müsiqiçilərin, rəssamların, digər mədəniyyət və incəsənət xadimlərinin yaradıcılığının mühəndislik məsələləriylə heç bir əlaqəsi yoxdur – onlar kökündən yanılırlar. Xüsusi istedad sahibləri əsərlərində özlerinin intuitiv təsəvvürləri ilə bizim sədd çəkib ayırdığımız və əldə etdiyimiz uğurların sərhədlərini belə aşa bilirlər. Onların yaradıcı təfəkkürünün daxilində həqiqəti dərk etmək ideyaları bir qırmızı xətt kimi keçir. Bu anda yaradıcı ideyanı təcəssüm etdirmək üçün dahi mühəndislik qabiliyyəti tələb olunur.

Elmə, hər halda onun görkəmlı nümayəndələrinə məlumdur ki, Yaranışın əsasında, adı dillə desək, mühəndislik təfəkkürü var. Kainatın və onda olan hər bir şeyin cövhəridə ilahi mühəndis düşüncəsinin əsası mövcuddur. Obrazlı dillə ifadə etmiş olsaq, mühəndislik ideyası Yaranışın taxtı, bizi heyrətə gətirən digər nə varsa onun tacıdır. Bütün bunlar mühəndislik qüdrəti olan Yaradıcının və ya Yaradıcıların əsərləridir. Orada hər şey nizama salınıb. Bütün riyazi, fiziki və bizim hələ dərk etmədiyimiz hesablamalar, ölçülər vasitəsi ilə məqsədyönlü şəkildə ölçülüb-biçilib, dəfələrlə yoxlanıldıqdan sonra nizamlı halda hərəkətə gətirilib və gördüyüümüz kimi nəzarət altında idarə olunur...

Bizə yalnız o qalır ki, özümüz özümüzə aydınlaşdırıraq: nə üçün mühəndislik fəlsəfəsinin qüdrəti bütün bunları bizə bəxş etmişdir? Görünür, bu sualın cavabını bizdən gözləyirlər. Çünkü veriləcək cavab ondan daha çox biz insanlara lazımdır. Ona görə ki, Yer üzünün insanları indi olduğundan daha ağıllı, düşüncəli və kamil olmalı idi.

Bu gün fizikanın problemləri ilə uğurla məşğul olan akademik Paşayev fizikanın fəlsəfi problemlərini bizim indiki fikir müstəvisinə çıxarmışdır. Belə ki, geniş miqyasda düşünən, fəaliyyəti boyu daim sərr və müəmmalarla dolu materialın sualları girdabında qalan fizikaçı alim, qlobal müstəvidə fəlsəfi antropologiya sahəsində ehtiraslı tədqiqat işinin nəticəsi olaraq təqdim edir.

Kainatın və insanın yaranişi barədə fəlsəfi düşüncələrin tarixi olduqca geniş və əhatəlidir. Dünyada fəlsəfi antropologiya problemləri sahəsi üzrə müəyyən təcrübə və qənaətlər əldə edilsə də, baxışların müxtəlifliyi ucbatından suallar cavablardan dəfələrlə çoxdur. Vəziyyətin bu cür mənzərə alması ona dəlalət edir ki, bizim insan və kainat

haqqında düşüncəmiz əbədi problemlər dairəsinə aiddir. Odur ki, kainat və insan haqqında elmi-fəlsəfi mənzərənin tarixindən çıxış edərək demək olar ki, bu mühüm sirri açmaq, həqiqətə bir qədər də yaxınlaşmaq üçün zaman-zaman bir sıra cəhdlər edilmişdir. Problemin qoyuluşundan və onun dərk olunma səviyyəsindən asılı olaraq bu və ya digər tarixi proseslərin siyasi və iqtisadi doktrinaları, sosial idealın nəzəriyyələri yaradılır, ictimai inkişafın perspektivləri formalaşdırılır.

Bu günə qədər bizə dünyanın iki elmi mənzərəsi məlumdur.

İlk elmi təsəvvür XVIII yüzillikdə İsaak Nyuton tərəfindən, ikinci isə XX əsrin əvvəllərində elmi düşüncəni yalnız bir məqsədə Yerdə və Kosmosda canlı varlığın rolunun aydınlaşdırılmasına yönəldən dahi rus alimi Vladimir Vernadski tərəfindən təqdim edilmişdir.

Toplanan təcrübələrin və axtarışların davamı kimi dünyanın dərki sahəsində akademik Paşayevin fəlsəfi sistemi elə məqamlara nüfuz edir ki, onu pozitiv elm özü üçün artıq müəyyənləşdirmişdir. Bu yanaşma günümüzə qədər mövcud olan formal elmi təsəvvürlərin döyənəkləşmiş sədlərindən yan keçərək, Yaranışa və İnsana tamam yeni rakursdan baxmağa imkan verir.

Mühəndislik fəlsəfəsinin elm ocağını yaradan Arif Paşayev elmi prinsiplərinə sadiq qalaraq, özünün həyat, eləcə də həqiqət dəsturunu təqdim edir;- cismin özünə, onun daxilində və ətrafında gedən proseslərə cəsarətlə geniş baxmaq, paradokslardan çəkinməmək, qədim dövrlərdə, yaxın keçmişdə və indinin özündə də təkzib edilməyən və təkzibi mümkün olmayan elmi fərziyyələrə, nəzəriyyələrə və faktlara əsaslanmaq...

Şəxsən mənə bir tədqiqatçı alim və insan kimi də bu qənaət çox yaxındır.

Əziz oxucu, əminəm ki, özümə şərəf bilib Sizə təqdim etdiyim Arif Paşayevin həyat dəsturu kimi “Həqiqətin fəlsəfəsi”-ni oxuyandan sonra mənim kimi Siz də bütün bu fikirləri bölüşəcəksiniz.

ƏHƏD CANƏHMƏDOV

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
vitse-prezidenti, akademik,
texnika elmləri doktoru, professor

XRONİKA

19 dekabr 2013-cü ildə Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının ilin yekunlarına dair hesabat yığıncağı keçirilmişdir.

Yığıncağı giriş sözü ilə Akademianın Prezidenti **akademik Arif Paşayev** açıdı. Akademiyada sənaye-innovasiya-texnologiya istiqamətində görülən işlər barəsində, beynəlxalq əlaqələr və perspektiv məsələlər haqqında qısa məlumat verdikdən sonra, sözü akademianın Vitse – Prezidenti, **akademik Əhəd Canəhmədova** verdi. Akademik Əhəd Canəhmədov “Akademianın 2012 – 2013-cü illər üzrə hesabat məruzəsi” ilə çıxış etdi.

“Ölkə vətəndaşlarının içməli su ilə təminatında pilot mühəndis qurğularının rolu” haqqında akademianın həqiqi üzvü **Ekologiya və təbii sərvətlər naziri Hüseynqulu Bağırov** çıxış etdi. Bu layihə ölkəmizin sənaye-innovasiya texnologiyalarının reallaşdırılması istiqamətində ən önəmli layihələrindən biridir və hal-hazırda regionlarda müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur.

Sonra, akademianın yeni həqiqi və müxbir üzvlərinin gizli səsvermə yolu ilə seçkisi aparıldı. Gizli səsvermə yolu ilə 9 həqiqi üzv (akademik): **Əlizadə Akif Ağa Mehdi oğlu, Hacıyev Akif Cəfər oğlu, Abdullayev Rövnəq İbrahim oğlu, Bağırov Hüseynqulu Seyid oğlu, Məmmədova Gülcəhrə Hüseyin qızı, Məmmədov Məhəmməd Əsgər oğlu, Əliyev Mürsəl İldırım oğlu, Seyidov Miryaqub MirAbbas oğlu, Sultanov Valeriy Zeynətdinoviç** və 7 müxbir üzv: **Pirverdiyev Etibar Sinabəddin oğlu, Cavadov Maksim Yaqub oğlu, Əsgərov Kamal Əsgər oğlu, Həsənov Mehman Hüseyin oğlu, İsmayılov Mir Heydər Tofiq oğlu, Dışın Oleq Aleksandroviç, İbrahimov Abdurəhim Yusib oğlu** akademiyaya seçildi.

Azərbaycandan Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasına (BMA) seçilmiş üç həqiqi üzvün diplomları və mükafatları təqdim olundu: **Abbasov Əli Məhəmməd oğlu** – BMA-nın akademik diplomu və “BMA-nın XX illik yubiley” qızıl medalı, **Bağırov Hüseynqulu Seyid oğlu** – BMA-nın akademik diplomu və “Mühəndislik şöhrəti” medalı, **Məmmədov Qərib Şamil oğlu** – BMA-nın akademik diplomu və “BMA-nın XX illik yubiley” qızıl medalı ilə təltif olundular.

Akademianın Prezidenti, akademik Arif Paşayev akademianın bir qrup üzvünün və mühəndislik fəaliyyətlərində mühüm xidmətləri olan bir qrup şəxslərin (10 nəfər) ölkəmizin mühəndis kadrlarının hazırlanmasında və sənaye-innovasiya texnologiyalarının reallaşdırılmasında xidmətlərinə görə **Yusifzadə Xoşbəxt Bağı oğlu, Mehdiyev Arif Şəfayət oğlu, Məmmədov Havar Əmir oğlu, Məmmədova Gülcəhrə Hüseyin qızı, Quliyev Arif Zülficar oğlu, Musayev Sahib Aslan oğlu, Musayev Aydın Ərəstun oğlu, Nəbiyev Rəşad Nəbi oğlu, Nizamov Telman İnayət oğlu, İbrahimov Abdurəhim Yusib oğlu** Akademianın “Mühəndislik Rəşadəti” qızıl medalı ilə təltif etdi.

Yekunda ümumi yığıncağın qərarı qəbul olundu, akademiyaya seçilən yeni üzvlər və mükafatlandırılanlar təbrik edildi və onlara qarşıdan gələn yeni ildə yeni uğurlar arzulandı.

ХРОНИКА

19 декабря состоялось отчетное собрание Азербайджанской Инженерной Академии (АИА) по итогам года.

Как сообщает АзерТАдж, открывший собрание президент академии **академик Ариф Пашаев** во вступительном слове вкратце рассказал о работе, проделанной в области промышленных инновационных технологий, международных связей и перспективных вопросов.

Затем вице-президент Азербайджанской инженерной академии **академик Ахад Джанахмедов** выступил с «Отчетным докладом академии за 2012-2013 годы».

Действительный член академии, министр экологии и природных ресурсов **Гусейнгулу Багиров** выступил на тему «Роль пилотных инженерных сооружений в обеспечении граждан страны питьевой водой». Этот проект является одним из самых значимых проектов, направленных на реализацию промышленных инновационных технологий нашей страны и в настоящее время успешно внедряется в регионах.

Затем путем тайного голосования состоялись выборы новых действительных членов и членов-корреспондентов АИА. В академию были избраны 9 действительных членов (академиков): **Ализаде Акиф Агамехти оглы, Гаджиев Акиф Джасар оглы, Абдуллаев Ровнаг Ибрагим оглы, Багиров Гусейнгулу Сеид оглы, Мамедова Гюльчохра Гусейн гызы, Мамедов Магомед Аскер оглы, Алиев Мурсал Ильдырым оглы, Сеидов МирЯгуб МирАббас оглы, Султанов Валерий Зейнатдинович** и 7 членов-корреспондентов: **Пирвердиев Этибар Синабаддин оглы, Джавадов Максим Ягуб оглы, Аскеров Камал Аскер оглы, Гасанов Мехман Гусейн оглы, Исмайлов МирГейдар Тофик оглы, Дышин Олег Александрович, Ибрагимов Абдурагим Юсиф оглы.**

Трем действительным членам, избранным в МИА (Международную инженерную академию) от Азербайджана, были вручены дипломы академика МИА: **Аббасову Али Магомед оглы, Багирову Гусейнгулу Сеид оглы и Мамедову Гарибу Шамиль оглы.** А.М.Аббасов и Г.Ш.Мамедов награждены золотой медалью «20-летний юбилей МИА», Г.С.Багиров – медалью «Инженерная слава».

Президент АИА академик Ариф Пашаев наградил группу (10 человек) членов академии и лиц, имеющих достижения в инженерной деятельности, за заслуги в подготовке инженерных кадров и реализацию промышленных инновационных технологий нашей страны золотой медалью академии «Инженерная доблесть»: **Юсифзаде Хошбахт Баги оглы, Мехтиев Ариф Шафаят оглы, Мамедов Гавар Амир оглы, Мамедова Гюльчохра Гусейн гызы, Кулиев Ариф Зульфигар оглы, Мусаев Сахиб Аслан оглы, Мусаев Айдын Арастун оглы, Набиев Рашид Наби оглы, Низамов Тельман Инаят оглы, Ибрагимов Абдурагим Юсиф оглы.**

Президент академии А.М.Пашаев поздравил вновь избранных академиков и член-корреспондентов, а также награжденных и пожелал им дальнейших творческих успехов.

В заключение было принято решение общего собрания.

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBATI QAYDALARI

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri” jurnalının redaksiyasına göndərilən məqalələr aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir:

1. Məqalənin mövzusu və məzmunu jurnalın profilinə uyğun olmalı və fikirlər çox aydın yazılımalıdır.

2. Məqalə azərbaycan, rus və ingilis dillərində yazılı bilər. Ciddi redaktə olunmalı və A4 formatda aq kağızda çap olunmalı, səhifələnməli və iki nüsxədə təqdim edilməlidir. Eyni zamanda, məqalə elektron variantda 3.5 duyumluk və CD diskində və ya Word for Windows (6.0/95/97/2003) mətn redaktoru formatında təqdim edilə, elektron poçtla göndərilə bilər.

3. Məqalənin birinci səhifəsinin yuxarı sol küncündə YDK indeksi olmalı, aşağıda baş hərf-lərlə məqalənin adı, müəllifin (müəlliflərin) adı, soyadı və iş yerinin, çalışdığı təşkilatın tam ünvanı olmalıdır. Sonrakı səhifədə 0,5 səhifəlik həcmdə makina yazısı ilə rus dilində referat və əsas sözlük, məqalənin mətni, qeydlərin, ədəbiyyatın siyahısı; ingilis dilində müəllifin adı və soyadı, məqalənin adı və referati əks olunmalıdır. Referat tədqiqatın mövzusu əldə edilən nəticələr haqqında dolğun məlumat verməlidir. (“Nəticə” bölməsini təkrar etməməlidir.) Məqalə bölmələrdən ibarət olmalıdır, məsələn: “Giriş”, “Məsələnin qoyuluşu”, “Sınaq üsulları”, “Sınaqın nəticələri və onların müzakirəsi”, “Nəticə”.

Birinci səhifədəki qeyddə hansı müəlliflə yazışmanı aparmaq lazımi gəldiyi göstərilməlidir.

4. Şəkillər və qrafiklər ayrıca vərəqlərdə təqdim edilib, aşağıdakı kimi tərtib olunmalıdır; ya aq kağızda qara tuşla (6x9 sm ölçüsündən kiçik və 10x15 sm – dən böyük olmamaqla) və ya “Excel” cədvəl prosessorunun köməyi ilə.

Yarımton fotosəkillər (orijinallar mütləq) parlaq kağızda təqdim olunur və kontrast əksi olmalıdır. Fotosəklərin ölçüsü 6x6 sm-dən kiçik, 10x15 sm-dən böyük olmamalıdır.

5. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir. Hər cədvəlin öz başlığı olmalıdır. Cədvəllərdə mütləq ölçü vahidi göstərilməlidir.

Əlyazma mətndə şəkillər və cədvəllerin yeri göstərilir. Eyni bir məlumatı mətndə, cədvəldə və əlyazmada təkrarlamaq yolverilməzdür. Məqaləyə şəkilaltı sözlərin siyahısı da əlavə edilir.

6. Məqalədə istifadə olunan işarələr bilavasitə mətndə açıqlanır və bundan əlavə, ayrıca bir səhifəyə çıxarılmalıdır.

7. Mətndə xarici soyadlar qeyd olunduqda, onların rus dilində yazılışından sonra mötərəzədə orijinalda olduğu dildə vermək lazımdır (ensiklopediyada olan məşhur soyadlar və ədəbiyyat siyahısında qeyd olunan soyadlar istisna olmaqla). Xarici müəssisələrin, firmaların, firma məhsullarının və s. adlarının rus dilində transliteriyası zamanı mötərəzədə onların adları orjinalda yazıldığı kimi verilməlidir.

8. Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri beynəlxalq ölçü vahidləri sisteminə uyğun olmalıdır. Qəbul olunmuş sözlərdən başqa və s, və i.a., qısalılmış sözlərdən istifadə etmək olmaz.

9. Ümumi ədəbiyyat siyahısı məqalənin sonunda ayrıca bir səhifədə göstərilməli və tam bibliografik məlumatları əhatə etməlidir.

10. Məqalə bütün müəlliflər tərəfindən imzalanmalıdır. Müəlliflər özləri haqqında ayrıca səhifədə aşağıdakı məlumatları göstərməlidirlər: soyadı, adı, atasının adı, yaşışmaq üçün poçt indeksi və dəqiq ünvan, iş yeri və tutduğu vəzifə, elmi dərəcəsi, hansı sahə üzrə mütəxəssisidir, həmçinin telefon (ev, xidməti) nömrələri, faxsimel rabitə və elektron poçt ünvanı.

11. Müəssisədə yerinə yetirilən tədqiqatın nəticələrini açıqlayan məqalənin çap edilməsi üçün müvafiq yazılı razılıq olmalıdır.

12. Redaksiya məqalənin əsas məzmununa xələl gətirməyən redaktə dəyişiklikləri və ixtisarları etmək hüququnu özündə saxlayır.

13. Məqalə çapa verilmədikdə redaksiya heyətinin qərarı barədə müəllifə məlumat verilir və əlyazma müəllifə qaytarılmır. Redaksiyanın məqaləni yenidən işləmək haqqında müraciəti, onun çapa veriləcəyini ehtiva etmir, belə ki, ona əvvəl resenziyaçılar sonra isə redaksiya heyəti yenidən baxır. Çap üçün məqbul sayılmayan məqalə müəllifinin məqalənin çapına yenidən baxılması xahişi ilə redaksiya heyətinə müraciət etmək hüququ var.

14. Məqalənin korrekturası müəllifə göndərilmir. Məqalə çap olunandan sonra redaksiya otiskləri yazışma üçün göstərilən ünvana göndərir.

15. Məqalə sadalanan tələblərə cavab verməzsə baxılmaq üçün qəbul edilmir və müəllifə qaytarılır. Əlyazmanın daxil olduğu vaxt redaksiyanın mətnin son variantının redaksiyaya daxil olduğu gündən sayılır.

16. Bütün korrespondensiyaları sadə və ya sıfarişli məktub (banderol) kimi göndərmək lazımdır. Qiymətli məktub (banderol) qəbul edilmir.

GUIDE FOR AUTHORS

Papers should meet the following requirements.

1. Contents of a paper should be written in line with the scope of the journal and clearly expressed.

2. The paper may be written in Azeri, Russian and English edited thoroughly and submitted in two copies to the Editorial Office. The manuscript should be printed on A4 white paper with all pages numbered. In addition, the authors must submit the electronic version of their manuscript either on a floppy (CD) or by e-mail in Word for Windows (6.0/95/97/2000) format.

3. The paper title printed in capitals on the first page is followed by the name(s) of the author(s), authors' affiliations and full postal addresses next to which are an abstract of no more than a half-page, keywords, the text itself, nomenclature, and references. At the end of the manuscript give, please, authors' names, the paper title, and the abstract in English. The abstract should outline the subject of the study and results obtained (please, do not duplicate the Conclusions). The text should be divided into sections, e.g. Introduction, Problem Formulation, Experimental Methods, Results and Discussion, Conclusions. The corresponding author should be identified in the footnote on the first page.

4. Each figure should be presented on a separate page as a drawing 6x9 to 10x15 cm in size or a printout made in the Excel, Quattro Pro or MS Graph processors.

Halftone photographs (only originals) should be glossy and contrast (6x6 to 10x15 cm in size).

Illustrations should be necessarily presented in electronic form as separate files of tif, pcx, bmp, psc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, and wmf formats.

5. Tables should be inserted into the text and have titles. Units are required to be indicated in tables.

The authors should mark in margins the location of illustrations and tables in the text. Please, do not duplicate data in the text, tables, and figures. Captions should be supplied on a separate sheet.

6. Notations should be explained when mentioned first in the text and listed on a separate sheet.

7. When citing foreign names in the text the authors should print them in the original in parenthesis after Russian transliteration except for generally known names included in encyclopedia and names cited in references. If names of foreign institutions, companies, products etc. are given in Russian their original spelling should be printed in parenthesis.

8. All measurements and data should be given in SI units, or if SI units do not exist, in an international accepted unit. The authors are advised to avoid abbreviations except for generally accepted ones.

9. Publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. References should be given in their original spelling, numbered in the order they appear in the text and contain full bibliography. Please, do not cite unpublished papers.

10. The manuscript should be signed by all authors. They should provide the following information on a separate sheet; name, surname, zip code and correct postal address for correspondence, organization or company name and position, title, research field, home and office phone numbers, fax number, and e-mail address.

11. The Editorial Board has the right to edit the manuscript and abridge it without misrepresenting the paper contents.

12. The Editorial Office informs the authors of paper denial and the reviewer's conclusion without returning the manuscript. A request to revise the manuscript does not imply that the paper is accepted for publication since it will be re-reviewed and considered by the Editorial Board. The authors of the rejected paper have the right to apply for its reconsideration.

13. Proofs are not sent to the authors. Three offprints of each paper will be supplied free of charge to the corresponding author.

14. Papers not meeting the above requirements are denied and returned to the authors. The date of receipt of the final version by the Editorial Office is considered as the submission date.

15. In case of questions relating to paper submission and acceptance and the status of accepted papers, please, contact the Editorial Office.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

- Статьи, направляемые в редакцию журнала**
"Вестник Азербайджанской Инженерной Академии", должны удовлетворять следующим требованиям.
1. Материал статьи должен соответствовать профилю журнала и излагаться предельно ясно.
 2. Статья может быть написана на азербайджанском, русском и английском языках, тщательно отредактирована и представлена в двух экземплярах, распечатанных на белой бумаге формата А4 с пронумерованными страницами. Одновременно электронный вариант статьи представляется на диске 3,5 дюйма или CD, либо по электронной почте в формате текстового редактора Word for Windows (6.0/95/97/2003).
 3. В левом верхнем углу первой страницы статьи должен стоять индекс УДК, ниже располагаются название статьи, напечатанное прописными буквами, инициалы и фамилия автора (авторов) и полный адрес организации, в которой он работает. Далее следуют на русском языке реферат статьи объемом до 0,5 стр. машинописного текста и ключевые слова, текст статьи, список обозначений, литература; на английском языке фамилия и инициалы авторов, название и реферат статьи. Реферат должен давать представление о предмете исследования и полученных результатах (не дублировать с разделом "Заключение"). Статья должна содержать разделы, например; "Введение", "Постановка задачи", "Методы испытаний", "Результаты эксперимента и их обсуждение", "Заключение". В ссылке на первой странице необходимо указать автора.
 4. Рисунки и графики представляются на отдельных листах и должны быть выполнены: либо черной тушью на белой бумаге (размер не менее 6x9 и не более 10x15 см), либо при помощи табличных процессоров "Excel" и др. Полутоновые фотографии (обязательно оригиналы) представляются на глянцевой бумаге и должны иметь контрастное изображение. Минимальный размер фотографий – 6x6, максимальный -10x15 см. Обязательно представление иллюстративного материала в электронном виде (формат tif, psx, bmp, rcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf) на диске в виде отдельных файлов.
 5. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. В таблицах обязательно указываются единицы измерения величин. В тексте рукописи на полях указывается место для рисунков и таблиц. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо. К статье прилагается список подрисуночных подписей.
 6. Обозначения, принятые в статье, расшифровываются непосредственно в тексте, и, кроме того, должны быть вынесены на отдельную страницу.
 7. При упоминании иностранных фамилий в тексте необходимо давать их на языке оригинала в скобках после русского написания (за исключением общезвестных фамилий, встречающихся в энциклопедии, и фамилий, на которые даются ссылки в списке литературы). При упоминании иностранных учреждений, фирм, фирменных продуктов и т. д. в русской транслитерации в скобках должно быть дано их оригинальное написание.
 8. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т. е., и т. д., и т. п.).
 9. Литература должна быть приведена в конце статьи в виде списка на отдельной странице и содержать полные библиографические данные. Ссылки даются в оригинальной транслитерации. Список литературы должен быть составлен в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
 10. Статья должна быть подписана всеми авторами. Авторам необходимо на отдельной странице сообщить о себе следующие сведения: фамилия, имя, отчество, почтовый индекс и точный адрес для переписки, место работы и занимаемая должность, ученая степень, специалистом в какой области является автор, а также номера телефонов (домашний, служебный), факсимильной связи и адрес электронной почты.
 11. Статьи, излагающие результаты исследований, выполненных в учреждениях, должны иметь соответствующее разрешение на опубликование.
 12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения, не исключающие основное содержание статьи.
 13. В случае отклонения статьи редакция сообщает автору решение редколлегии и заключение рецензента, рукопись автору не возвращается. Просьба редакции о доработке статьи не означает, что статья принята к печати, так как она вновь рассматривается рецензентами, а затем редакционной коллегией. Автор отклоненной статьи имеет право обратиться к редколлегии с просьбой повторно рассмотреть вопрос о возможности опубликования статьи.
 14. Корректура авторам не высыпается. После опубликования статьи редакция высылает оттиски по адресу, указанному для переписки.
 15. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и возвращаются авторам. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.
 16. Всю корреспонденцию следует направлять простыми или заказными письмами (бандеролями). Ценные письма (бандероли) не принимаются.

**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 6, № 1
Vol. 6, № 1
Том 6, № 1

BAKİ – 2014

İnformasiya şöbəsinin müdürü
N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdürü
A.M. Dənziliyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyüterlərində yiğilmiş
və ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.

*Çapa imzalanmış 15.02.2014,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli,
f.q.v. 17,
tirajı 1450 əd.
Qiyməti müqavilə ilə*