



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 7. № 3
Vol. 7. № 3
Том 7. № 3

BAKİ – 2015

**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.I. 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 (Ruminiya), 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. Karimov (Özbəkistan), prof. D. Mavrakis (Yunanistan), akademik N.K. Mişkin (Belarusiya), prof. Nejdet Sağlam (Türkiyə), akademik V.E. Panin ((Rusiya), prof. S. Putko (Polşa), akademik A.I. Vasiliyev (Ukrayna)

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

CHIEF EDITOR – A.M. PASHAYEV, ACADEMICIAN

Deputy editor – A.Sh. Mehtiyev, academician

Deputy editor – A.Kh. Janahmadov, academician

Managing editor – H.F. Miralamov, member of correspondent

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 Sağlam, professor (Turkey),

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

TƏSİSÇİ:

“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası ” icimai birliyi.

Jurnal 2009-cu ilin noyabr ayından nəşr olunur.

Dövriliyi ildə 4 dəfədir.

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

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

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

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

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

Abunə indeksi: Hüquqi və fiziki şəxslər üçün – 1156

Redaksiyanın ünvani: Azərbaycan Respublikası, AZ 1010,
Bakı şəhəri, K.Səfəraliyeva 22.
Tel/Faks: (+99412) 598 24 52
(dax. 6-59)
E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://ama.com.az>

REKLAMALARIN YERLƏŞDİRİLMƏSİ
İLƏ ƏLAQƏDAR REDAKSIYAYA
MURACİƏT EDƏ BİLƏRSİNİZ

FOUNDER:

Public union “Azerbaijan Engineering Academy”

Journal published since November, 2009.

Issued 4 times a year.

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

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

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

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

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

For juristic and for natural persons – 1156

Address of editorial offices:
Azerbaijan Republic, AZ 1010,

Baku, K.Safaraliyeva 22.

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

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

**CONCERNING ADVERTISING
PLACING TO ADDRESS
IN EDITION**

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Общественное объединение
«Азербайджанская Инженерная Академия».

Журнал издается с ноября 2009 года.

Выходит 4 раза в год.

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

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

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

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

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

Индекс подписки для юридических и физических лиц: 1156.

Адрес редакции: Азербайджан,
AZ1010, г. Баку, ул. К.Сафаралиева, 22.

Тел./Факс: : (+99412) 598 24 52
(внутр. 6-59)
E-mail: amaxeber@yahoo.com
<http://www.ama.com.az>

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ
РЕКЛАМЫ ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ**

M Ü N D Ə R İ C A T

M ö h k e m l i k f i z i k a sı

Bədəlov A.Z., Zeynalova Ş.Q.

In₂O₃-SiO₂-Si-SiO₂-Al strukturlarında tarazsız kasıblaşma rejimində qeyri-taraz sahə effektinin relaksasiyası 7

A v i a s i y a

Məmmədov A.Z.

Şaqılı sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin parametrlərinin keçid proseslərinin texniki optimum şərtinə görə hesablanması 18

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

Kindraçuk M.V., Volçenko D.A., Kriştopa S.İ., Juravlyov D.Y.

Tribosistemin sürtünmə cütlərinin mikroçixıntılarının müxtəlif tipli kontaktların enerji səviyyəsinin qiymətləndirilməsi 26

Xəlilov İ.Ə.

Avtomobilin friksion muftası ilə ikikütləli rəqsi sistemin dempferləmə qabiliyyətinin təcrübə tədqiqi 38

Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V.A.

Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin keyfiyyətinin uyuşma dövründən asılılığının tədqiqi 46

Şərifov Z.Z., Abbasov E.O.

Plunjər cütlərinin işçi səthində yaradılan diffuzion örtüyün böhran qalınlığının təyini 56

Cavadov N.H., Məmmədov Ə.S., Mehdiyev Ə.M.

Labirintli nasosun həndəsi parametrlərinin onun basqısına təsirinin tədqiqi 61

Əmirov F.Q.

Rəqəmli programla idarə olunan dəzgahların tətbiqi ilə sazlanabilən avtomat xətlərdə emal edilən detalların təsnifikasi 66

Gözəlov S.K.

Qeyri-səlis qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyeşli nəqliyyat logistik məsələlərin həllinin genetik alqoritmi 76

N e f t v e q a z

Ismayılov Q.Q., Nurullayev V.X., Zeynalov E.A.

Qərarlaşmış rejimdə neft kəmərlərində sərbəst axın sahələrinin təyini üçün qrafo-analitik üsul 91

Rzayev X.N.

Stasionar dəniz platformalarının tikintisində xarici təcrübə 104

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

Məmmədov Ç.İ., Əkbərova K.H.

Neftdə olan böyük molekullu nanostrukturlarla və assosiatlarla mübarizə üçün bis-dördlü ammonium birləşmələrinin sintezi və tətbiqi 112

Əmirov F.Ə., Naibova T.M., Abdullayeva İ.Q., Quluyeva P.X.

Oliqomer-elastomer qarışığının əsasında kompozisiya 116

K e n d t e s e r r ü f a tı

Əliyev B.H., Atabayev E.R.

Azərbaycan şəraitində suyaqənaətedən texnikanın və suvarma texnologiyasının əsas inkişaf istiqamətləri və tətbiqinin həlli yolları 122

I n s a a t m e x a n i k a sı

Salahov M.A.

Çoxmərtəbəli karkaslı binaların qurulmasının təşkilatı-texnoloji proseslərinin layihələndirilməsi 130

Resenziya.....

136

Xronika.....

138

C O N T E N T S

Physics of durability

Badalov A.Z., Zeynalov Sh.G.

Relaxation of nonequilibrium effect of field in $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Si-SiO}_2\text{-Al}$ structures
in regime of nonequilibrium impoverishment 7

Aviation

Mamedov A.Z.

Calculation of vertical speed parameters of transition process gauge with system
of magnetic levitation providing technical optimum condition 18

Mechanics and mechanical engineering

Kindrachuk M.V., Volchenko D.A., Kryshtopa S.I., Juravlev D.Y.

Assessment of power levels of various types of contacts of microledges of
couples of friction of tribosistem 26

Khalilov I.A.

Experimental research on damping ability of two-mass oscillatory system for car friction clutch .. 38

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

Examination of surface quality of machine parts and equipment used at extreme
conditions depending on cutting-in time 46

Sharifov Z.Z., Abbasov E.O.

Determination of critical thickness of diffusion layer formed on working
surfaces of plunger pair 56

Javadov N.G., Mamadov A.S., Mekhtiyev A.M.

Research on influence of geometrical parameters of the labyrinth pump on fluid pressure 61

Amirov F.G.

Classification of parts processed on automated lines of reconfigurable machine
tools with digital program management 66

Gezalov S.K.

Genetic algorithms of multi-objective problems solution of transport
logistics in conditions of fuzzy uncertainty 76

Oil and gas

Ismayilov G.G., Nurullayev V.H., Zeynalov E.A.

Graph-analytic method for determining the free flow areas of oil pipeline at established regime 91

Rzayev Kh.N.

Foreign experience in the construction of stationary sea platforms 104

Chemical technology

Mamedova Ch.I., Akparova K.Q.

Synthesis and application of bisquaternary amines to control associates
and supermolecular nanostructures in oil 112

Amirov F.A., Naibova T.M., Abdullayeva I.Q., Quluyeva P.X.

Compositions based on oligomer-elastomer compound 116

Agriculture

Aliyev B.H., Atababayev E.R.

Water saving technique and irrigation technology implementation ways
and the main development trends in the conditions of Azerbaijan 122

Struktural mechanics

Salakhov M.A.

Design of organizational and technological processes of construction
of multystoried frame buildings 130

Review 136

Chronicle 138

СОДЕРЖАНИЕ

Прикладная физика

Бадалов А.З., Зейналова Ш.Г.

Релаксация неравновесного эффекта поля в $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Si-SiO}_2\text{-Al}$ структурах
в режиме неравновесного обеднения 7

Авиация

Мамедов А.З.

Расчет параметров переходного процесса измерителя вертикальной скорости
с системой магнитной левитации по условию обеспечения технического оптимума 18

Механика и машиностроение

Киндрячук М.В., Вольченко Д.А., Крыштопа С.И., Журавлев Д.Ю.

Оценка энергетических уровней различных типов контактов микровыступов
пар трения трибосистемы 26

Халилов И.А.

Экспериментальное исследование демпфирующей способности
двухмассовой колебательной системы с фрикционной муфтой автомобиля 38

Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

Исследование качества поверхности деталей машин и оборудования,
эксплуатируемых в экстремальных условиях в зависимости от времени приработки 46

Шарифов З.З., Аббасов Э.О.

Определение критической толщины диффузионного слоя, образуемого
на рабочих поверхностях плунжерных пар 56

Джавадов Н.Г., Мамедов А.С., Мехтиев А.М.

Исследование влияния геометрических параметров лабиринтного
насоса на напор жидкости 61

Амиров Ф.Г.

Классификация деталей, обрабатываемых на переналаживаемых автоматических
линиях из станков с числовым программным управлением 66

Гезалов С.К.

Генетические алгоритмы решения многокритериальных задач транспортной
логистики в условиях нечеткой неопределенности 76

Нефть и газ

Исмаилов Г.Г., Нуруллаев В.Х., Зейналов Е.А.

Графоаналитический метод для определения самотечных участков
в нефтепроводах при установившемся режиме 91

Рзаев Х.Н.

Зарубежный опыт строительства морских стационарных платформ 104

Нефтехимические технологии

Мамедов Ч.И., Акперова К.Г.

Синтез и применение бис-четвертичных аммониевых соединений в борьбе
с ассоциатами и супрамолекулярнымиnanoструктурами нефти 112

Амиров Ф.А., Наибова Т.М., Абдуллаева И.Г., Кулувея П.Х.

Композиция на основе олигомеро-эластомерной смеси 116

Сельское хозяйство

Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р.

Основные направления развития и пути внедрения водосберегающей
техники и технологии орошения в условиях Азербайджана 122

Строительная механика

Салахов М.А.

Проектирование организационно-технологических процессов возведения
многоэтажных каркасных зданий 130

Рецензия 136

Хроника 138

РЕЛАКСАЦИЯ НЕРАВНОВЕСНОГО ЭФФЕКТА ПОЛЯ В $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ СТРУКТУРАХ В РЕЖИМЕ НЕРАВНОВЕСНОГО ОБЕДНЕНИЯ

А.З. БАДАЛОВ, Ш.Г. ЗЕЙНАЛОВА

В статье исследуется влияние различных факторов на время экранирования $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ структур. Изучено влияние температуры освещения и напряжения питания на время протекания процесса неравновесного нестационарного обеднения. Исследована зависимость тока деполяризации от длительности импульсов питания без засветки и с засветкой светодиода.

Ключевые слова: полупроводник, диэлектрик, температура, ток деполяризации, электрическое поле.

Эффекты нарушения равновесного распределения носителей в полупроводниках положены в основу работы большинства полупроводниковых приборов. Наиболее широкое применение нашли приборы на основе электронно-дырочных переходов, в которых нарушение равновесного распределения происходит при протекании тока.

В случае использования переходных процессов в структурах «полупроводник – диэлектрик» из высокоомных полупроводников появляется еще один способ нарушения равновесного распределения и управления проводимостью в объеме полупроводника с помощью импульсов сравнительно небольшого электрического поля. Естественно, что новый способ нарушения равновесия ведет к построению электронных элементов с качественно другими свойствами и возможностями и, в конечном итоге, может существенно дополнить и расширить возможности полупроводниковой электроники [1-8].

Переходные процессы сопровождаются резким изменением емкости и общего сопротивления структуры, при этом структура имеет высокую чувствительность к свету, способна накапливать действие лучистой энергии и обладает возможностью преобразования и запоминания изображений, а также целым рядом других функциональных возможностей. Изучение влияния этих факторов способствует созданию принципиально новых приборов и улучшению параметров существующих.

В работе исследовано влияние различных факторов (температуры, освещения, напряжения питания и т.д.) на время протекания процесса неравновесного нестационарного обеднения.

Кратко проанализируем время протекания процесса неравновесного нестационарного обеднения в «металл-диэлектрик-полупроводник-диэлектрик-металл» (МДПДМ) структурах на основе высокоомных полупроводников р-типа. Приложении импульсного питания на структуры свободные носители, находящиеся в равновесном состоянии в объеме полупроводника, разносятся в приэлектродные области. Структура выходит из равновесия, при этом протекают переходные процессы и образуется обедненная область, определяемая: [1]

$$W = \left(\frac{2\epsilon_0 \epsilon_{\pi} V_{\pi}}{q N_A} \right)^{1/2} \quad (1)$$

где V_{π} - падение напряжения в полупроводнике, ϵ_{π} - диэлектрическая проницаемость полупроводника, q - заряд электрона, N_A - концентрация полностью ионизированных акцепторов.

В обедненной области происходит интенсивная генерация носителей, которая доминирует над рекомбинацией, и под действием внешнего приложенного поля генерируемые носители разносятся в приэлектродные области. В связи с этим со временем толщина обедненной области уменьшается по сложному закону. Все это сопровождается протеканием тока, до тех пор, пока в объеме полупроводника внутренние и внешние поля не будут компенсированы.

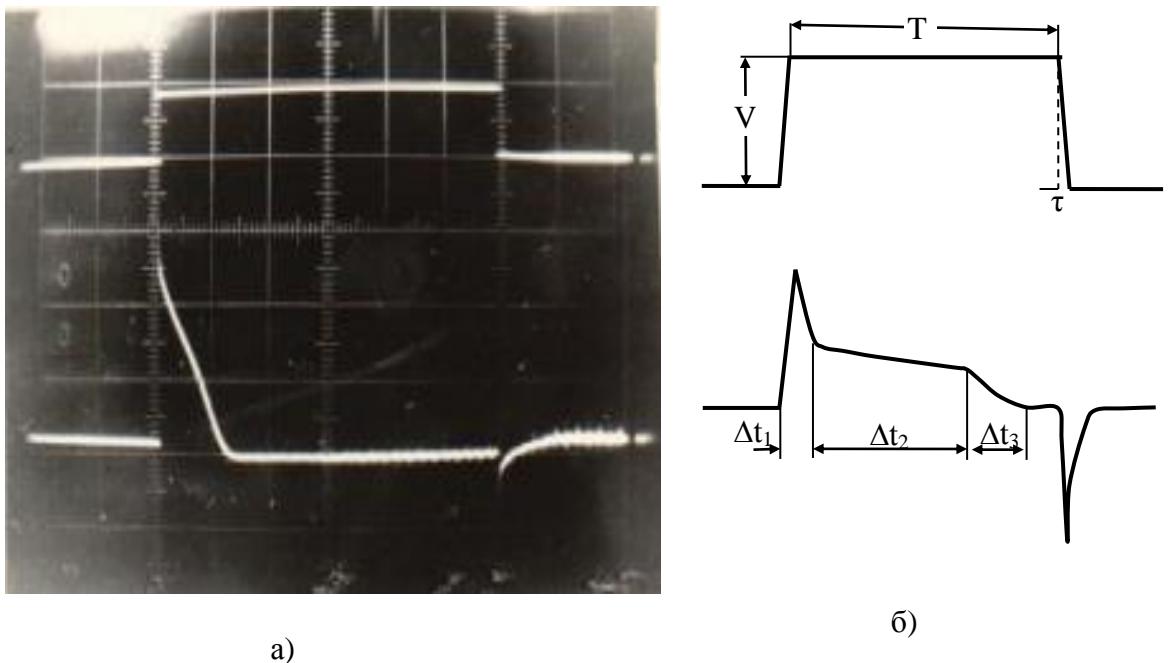


Рис.1. Осциллограммы тока $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-M$ структур

На рис.1,а показана осциллограмма тока $I(t)$ дифференцирующей цепочки, состоящей из $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ структур и нагрузочного сопротивления. Как видно из осциллограммы, кривая $I(t)$ на различных участках имеет различные зависимости. По теории [8], кривую $I(t)$ можно разбить на три участка (рис.1,б), которые описываются разными законами. Первый участок Δt_1 характеризуется поляризацией в структуре, в этот момент времени область обеднения расширяется до максимально возможного значения

$$W_{\max} = \left[\frac{2\epsilon_0 \epsilon_{\Pi} V_{\Pi\max}}{qN_A} \right] \quad (2)$$

В течение времени Δt_1 свободные носители со всего объема полупроводника разносятся в приэлектродные области, создавая дрейфовый ток

$$I_{op} = q_0 \mu_p N_A \frac{V_{\Pi}}{W} A \quad (3)$$

где A - площадь металлических электродов.

Заряд, накопленный в приэлектродных областях за время Δt_1 , не способен экранировать внешнее поле, так как он меньше полного поляризационного заряда, это время характеризуется временем дрейфа основных носителей приэлектродной области:

$$\Delta t_1 = \frac{W}{\mu_p E} - \frac{W^2}{\mu_p V_Y} \quad (4)$$

Второй участок Δt_2 характеризует время, в течение которого возможно разделение и накопление носителей у границ с диэлектриком, рожденных под влиянием таких внешних факторов как температура, напряжение и освещение. Этот промежуток времени можно определить формулой

$$\Delta t_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{\Pi}}{qG\mu_p \Delta t_1} \quad (5)$$

где G - скорость генерации носителей, зависящая от падения напряжения в обедненной области.

Третий участок, $I(t)$ соответствует промежутку времени, за которое происходит сжатие слоя обедненной области. Процесс длится до тех пор, пока носители находятся в неравновесном состоянии.

Как видно из вышесказанного, время экранирования сильно зависит как от параметров слоев структуры, так и от внешних факторов. К параметрам слоев относится пробивное напряжение диэлектрика (который характеризуется диэлектрической прони-

цаемостью и величиной диэлектрических потерь), концентрация свободных носителей и скорость тепловой генерации носителей.

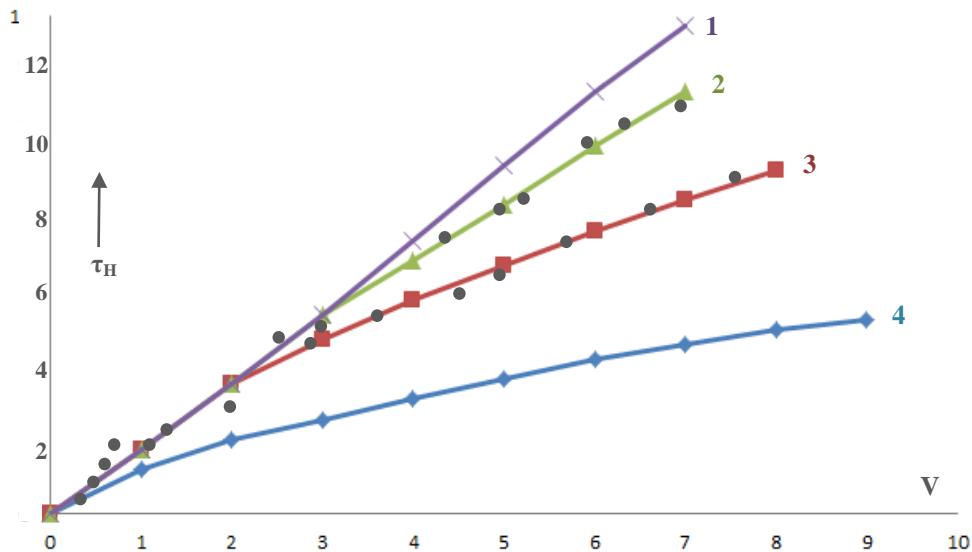


Рис.2. Зависимость времени экранировки от напряжения питания при различных температурах: 1 – 282°K; 2 – 285°K; 3 – 288°K; 4 – 294°K

Исходя из вышеизложенного, подробно исследовалось влияние различных факторов на время экранирования In₂O₃-SiO₂-Si-SiO₂-Al структур.

На рис.2 представлено семейство кривых зависимости времени экранировки от напряжения питания при различных температурах. Из рисунка видно, что время экранировки, характеризующееся временем релаксации неравновесного обеднения, возрастает с увеличением амплитуды импульса питания и характеризуется двумя участками. Первый участок соответствует слабому полю, при котором выполняется условие $V_{dp} \leq V_{di\phi}$. Второй участок соответствует сильному полю, где $V_{dp} > V_{di\phi}$. Исходя из того, что накопительный режим работы приборов, созданных на основе МДПДМ-структур, характеризуется временем накопления, которое, в свою очередь, ограничивается временем релаксации неравновесного обеднения в таких структурах, было исследовано влияние температуры и освещения на время накопления.

Исследование температурной зависимости времени накопления проводилось в специальном криостате. К структуре подавались прямоугольные импульсы с генератора Г5-380 А, время накопления наблюдалось на осциллографе. На рис. 3 показаны осциллограммы кинетики релаксации неравновесных обеднений при температурах 303, 291 и 280 K, верхняя осциллограмма соответствует импульсу питания с амплитудой 60 В, длительностью $T_{\Pi}=1,4 \cdot 10^{-2}$ с, частотой следования 50 Гц.

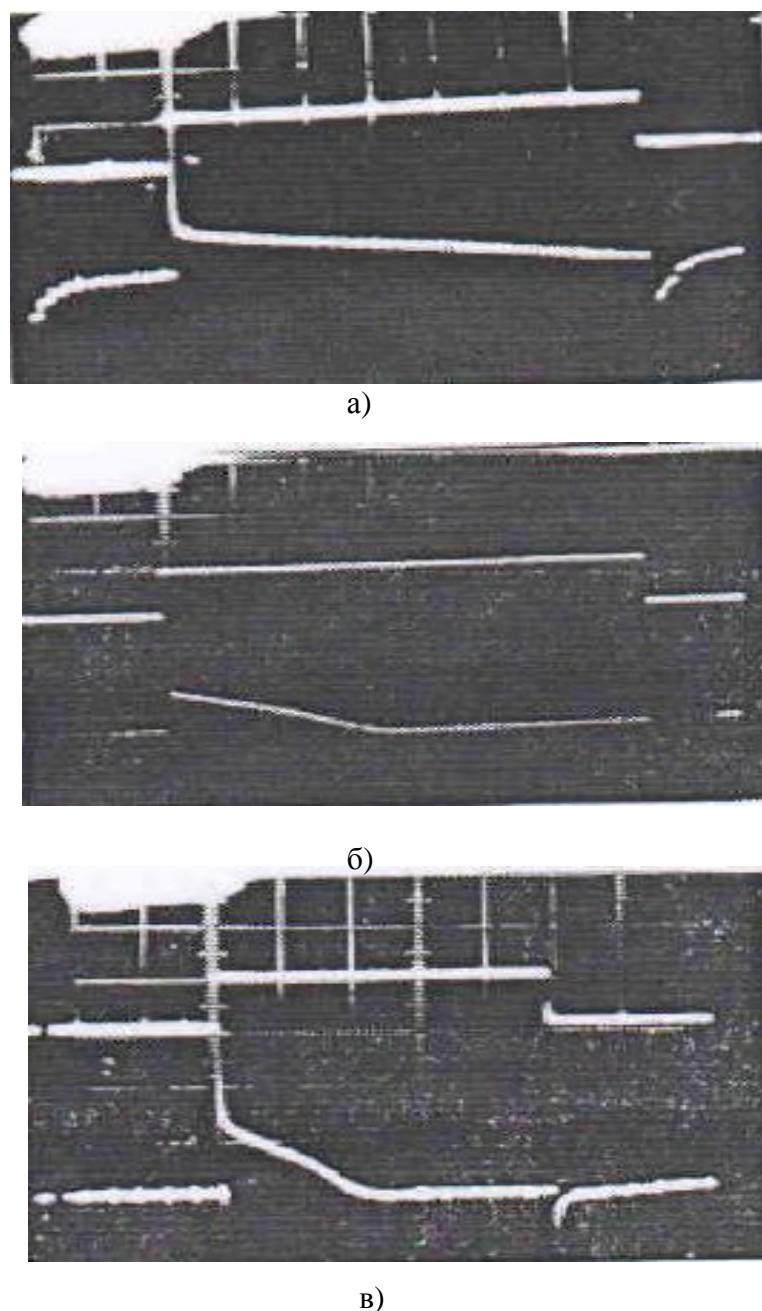


Рис. 3. Осциллограммы кинетики релаксации неравновесных обеднений при различных температурах а) 280 °K, б) 291 °K, в) 303 °K

Как видно из осциллограммы, с уменьшением температуры время накопления, то есть время, требуемое для компенсации приложенного внешнего поля, увеличивается. На рис. 4 показана зависимость времени накопления от температуры в полуграфическом масштабе. Как видно из рисунка, τ_H экспоненциально убывает с ростом температуры.

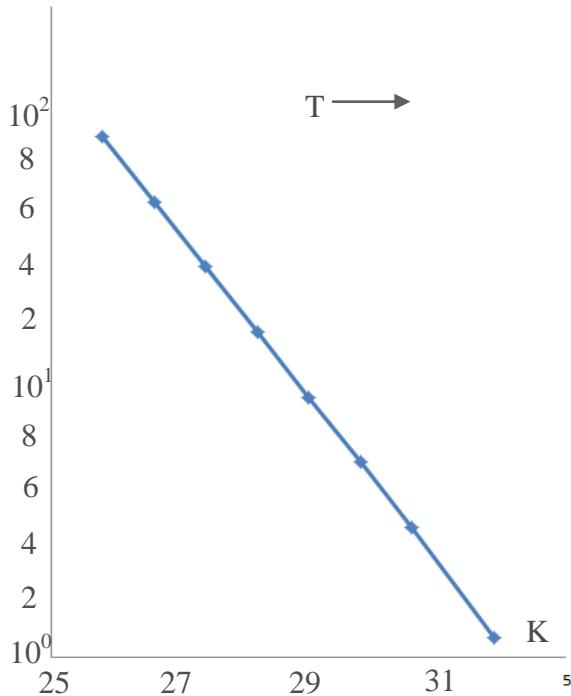


Рис.4. Зависимость времени экранирования от температуры для $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-M$ структур

кой от светодиода с мощностью 1мВт при напряжениях 30В и 60В (рис. 7). Значения тока деполяризации снимались с осциллографа. Из графиков видно слабое возрастание тока деполяризации I_d с ростом длительности импульсов питания. Ток деполяризации в течение времени T_0 , характерного для выбранной интенсивности, не изменяется с ростом T_n . $T_n > T_0$. Наблюдаются возрастание тока приблизительно по линейному закону в соответствии

$$I_d = \frac{qN_s}{\tau} A = qGAW \cdot \frac{\tau_{экр}}{\tau_c} \quad (6)$$

где τ_c - время считывания накопленного заряда, соответствующее времени спада импульса питания.

При $T_n=T_0 \leq \tau_{экр}$ накопленный заряд достаточен для полного экранирования объема полупроводника от проникновения внешнего поля, и ток деполяризации стремится к насыщению, то есть:

$$GWT_n = \frac{\epsilon_0 \epsilon_n E_d}{q} \quad (7)$$

При исследовании времени накопления при различной интенсивности освещения обнаружено, что с увеличением интенсивности света τ уменьшается (рис.5), а после экранировки структура не реагирует на свет, то есть ток деполяризации не меняется. На рис.6 показаны осциллограммы, демонстрирующие зависимость мгновенного фототока от времени задержки. На $Au(In_2O_3)-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ структуру со светодиода АЛ107А подавали импульсы света той же частоты, что и питание на время, меньше и равное времени экранировки. При времени задержки меньше времени экранировки появляется положительный выброс мгновенного фототока, и ток деполяризации увеличивается, но при времени задержки больше времени экранировки структура не реагирует на освещение и ток деполяризации не изменяется.

Также исследовалась зависимость тока деполяризации от длительности импульсов питания, без засветки и с засвет-

Слабая зависимость T_δ от T_h на начальном участке объясняется захватом носителей поверхностными ловушками. Так как время выброса из ловушек намного больше времени спада импульса напряжения, то есть времени считывания, поэтому эти носители не дают вклада в измеряемый ток деполяризации.

После того как величина заряда носителей, накопленных за время T_0 , становится больше плотности поверхностных состояний, начинает линейный рост I_δ . При больших скоростях генерации выполнение этого условия происходит за меньшее время T_0 , и кривые $I_\delta(T_n)$ сдвигаются к началу координат.

При исследовании зависимости токов деполяризации от длительности импульсов питания обнаружено, что она также характеризуется частотой следования импульсов питания. При выключении импульса напряжения накопленные заряды возвращаются к исходному объему, и концентрация в объеме превышает стационарную концентрацию. Избыток носителей рекомбинируется за время соизмеримое с эффективным временем жизни τ_0 .

Если $\frac{1}{f_{ck}} < \tau_0$, то отсутствует зависимость накопленного заряда от длительности импульса. Это означает, что концентрация в объеме в течение времени $\Delta T \approx \frac{1}{f_{sl}}$ выше ее

стационарного значения и что общее число свободных носителей в объеме достаточно для полного экранирования поля. Этот процесс зависит от плотности поверхностных состояний N_{ss} , и чем больше N_{ss} , тем больше f_{sl} , удовлетворяющее вышеуказанному условию.

Таким образом, зная значение f_{sl} , при котором накопленный заряд перестает зависеть от длительности питающих импульсов, можно характеризовать поверхностное состояние на границе раздела полупроводник-диэлектрик. Также исследовалась зависимость поляризационных токов от амплитуды импульсов питания (рис.4). Измерения проводили без освещения и с освещение и от светодиода АЛ107А. Амплитуда импульсов питания менялась от 2 до 60В при длительности $15 \cdot 10^{-3}$ с и частота следования $f_{sl} = 100 Гц$. Из графиков (рис.8) видно, что с увеличением амплитуды импульсов питания темновые токи поляризации и деполяризации расходятся, начиная с 15В. С увеличением напряжения фототок (ток деполяризации при освещении) вначале растет сверхлинейно, а затем стремится к насыщению.

Температурные зависимости времени экранировки можно объяснить, исходя из анализа температурной зависимости скорости генерации носителей.

Теперь рассмотрим влияние температуры на характер протекания генерационных процессов в структурах МДП.

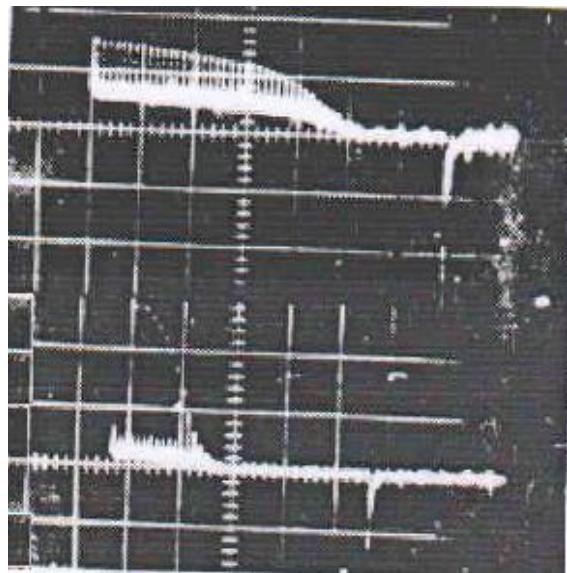


Рис.5 Осциллограмма тока поляризации при различном освещении

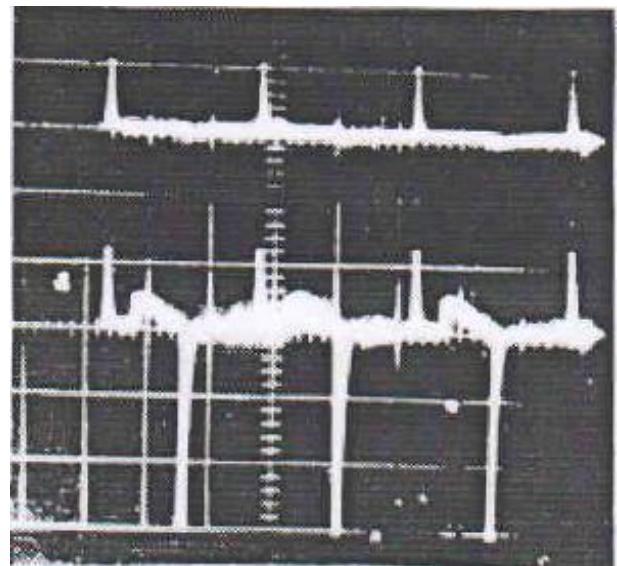


Рис.6 Осциллограмма токов через структуры без освещения и при освещении со светодиода с задержкой относительно импульса питания $5 \cdot 10^{-3}$ сек, мощностью $P=10^{-6}$ Вт

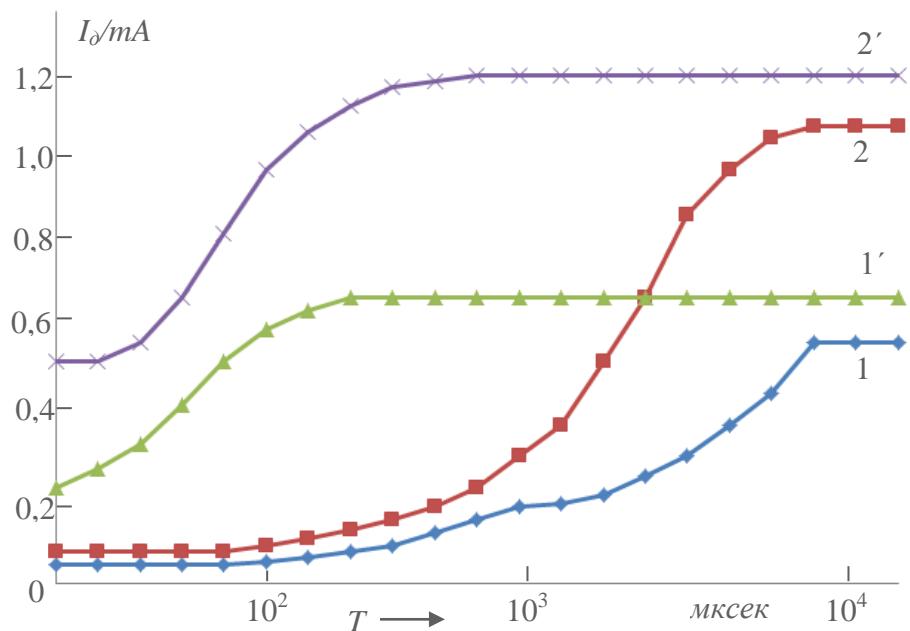


Рис.7 Зависимость тока деполяризации от длительности импульса при напряжении питания 30В и 60В: 1,2 - без освещения; 1',2' - с освещением

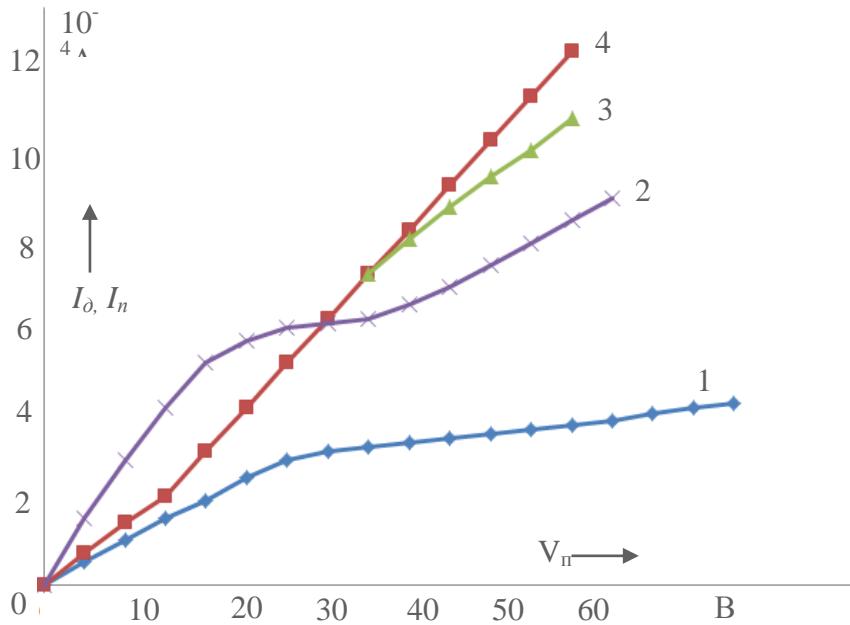


Рис.8 Зависимость поляризационных токов от амплитуды импульсов питания:
1,2 - ток деполяризации; 3,4 - ток поляризации

В работе [9] глубиной генерационно-активной области предложено считать полную глубину неравновесной ОПЗ (область пространственного заряда) W . Однако такой подход приводит к большим погрешностям при определении G_V - объемный темп генерации в конце релаксационного процесса, когда глубина истощенного слоя приближается к своему равновесному значению W_0 . В этом отношении более точные результаты дает подход, предложенный в работах [10, 11], где глубина генерационно-активной области определяется как разность между полной глубиной неравновесной ОПЗ W и ее равновесным значением W_0 при данном напряжении. Используя основные соотношения для высокочастотной емкости структуры МДП, а также статистику генерационно-рекомбинационных процессов через локальные центры [11], Цербест получил следующие выражения для объемной компоненты генерационного потока в кремнии:

$$G_V(t) = \frac{n_i}{\tau_d} \Delta W(t) = \frac{n_i}{\tau_d} \cdot \frac{\varepsilon \epsilon_0}{C_0} \left[\frac{C_0}{C(t)} - 1 \right] \quad (8)$$

Из этого соотношения следует, что темп объемной генерации пропорционален отношению $\frac{n_i}{\tau_d}$, где τ_d определяется выражением:

$$\tau_d = \tau_{p_0} \exp\left(\frac{E_{tv} - E_i}{kT}\right) + \tau_{n_0} \exp\left(\frac{E_i - E_{vt}}{kT}\right) \quad (9)$$

где $\tau_{p_0} = (\nu \cdot \nu_{Pv} \cdot N_{tv})^{-1}$, $\tau_{n_0} = (\nu \cdot \nu_{nv} \cdot N_{tv})^{-1}$ - времена жизни дырок и электронов в полупроводниках n- и p-типа соответственно.

Следовательно, в общем случае темп объемной генерации зависит как от характера температурной зависимости собственной концентрации n_i , так и от параметров генерационно-активных центров.

Аналогичная картина характерна и для температурных зависимостей поверхностной генерации. Так, в частности, в случае полностью истощенной поверхности глубоких генерационных центров температурная зависимость G_s определяется энергией активизации, равной половине ширины запрещенной зоны, в то время как скорость поверхностной генерации от температуры зависит слабо.

Экспериментальные исследования температурных зависимостей темпа генерации, проведенные различными авторами на кремниевых МДП структурах, показали, что как объемная, так и поверхностная биполярная генерация на истощенной поверхности определяется достаточно глубокими генерационными центрами, локализованными вблизи середины запрещенной зоны. Это предположение хорошо согласуется в случае температурной зависимости времени накопления в МДПДМ-структуратах, которая показана на рис. 4. Видно, что в исследованном диапазоне температур закон изменения $\tau_H=f(T)$ приближается к $n_i=f(T)$.

REFERENCE

1. Ivanov A.M., Kotina I.M., Lasakov M.S. i dr. Baryery na p-kremnii tipa metall-dijelektrik-poluprovodnik s nanotolshinnym dijektrikom iz nitrida aljuminija // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 2010, T. 44, vyp. 8, s. 1064-1067
Иванов А.М., Котина И.М., Ласаков М.С. и др. Барьеры на р-кремний типа металл-диэлектрик-полупроводник с нанотолщинным диэлектриком из нитрида алюминия // Физика и техника полупроводников, 2010, Т. 44, вып. 8, с. 1064-1067
2. Zhdan A.G., Kuharskaja N.F., Chucheva G.V. Opredelenie absoljutnoj velichiny poverhnostnogo potenciala poluprovodnika po kvazistaticeskim volt-faradnym harakteristikam MDP strukturny // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 2003, T.37, vyp. 6, s.686-692
Ждан А.Г., Кухарская Н.Ф., Чучева Г.В. Определение абсолютной величины поверхностного потенциала полупроводника по квазистатическим вольт-фарадным характеристикам МДП структуры // Физика и техника полупроводников, 2003, Т.37, вып. 6, с.686-692
3. Gulyamov G., Sharibaev N.Ju. Opredelenie plotnosti poverhnostnyh sostojaniy granicy razdela poluprovodnik-dielektrik v MDP strukture // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 2011, T 45, vyp. 2, s. 178-182
Гулямов Г., Шарибаев Н.Ю. Определение плотности поверхностных состояний границы раздела полупроводник-диэлектрик в МДП структуре // Физика и техника полупроводников, 2011, Т 45, вып. 2, с. 178-182
4. Vekler L. Puti sozdaniya fotopoluprovodnikovyh ustrojstv peredachi izobrazhenija na osnove ispolzovaniya rezhima nakoplenija zarjada // Elektronika, 1969, №9, s.89-91

- Веклер Л.** Пути создания фотополупроводниковых устройств передачи изображения на основе использования режима накопления заряда // Электроника, 1969, №9, с.89-91
5. **Guro G.M., Kovtonjuk N.F.** O vremenah ustanovlenija poljarizacii poluprovodnikah // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 19, T.3, vyp.1, s.58-62
Гуро Г.М., Ковтонюк Н.Ф. О временах установления поляризации полупроводниках // Физика и техника полупроводников, 19, Т.3, вып.1, с.58-62
6. **Kasherinov P.G.** Osobennosti raspredelenija naprjazhennosti elektricheskikh polej v detektorah na osnove MPM (MDPDM)-struktur pri registracii izlucheniya // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 1981, T.15, vyp.10, s. 85-87
Кашеринов П.Г. Особенности распределения напряженности электрических полей в детекторах на основе МПМ (МДПДМ)-структур при регистрации излучения // Физика и техника полупроводников, 1981, Т.15, вып.10, с. 85-87
7. **Zuev V.A., Popov V.G.** Osobennosti rezhima nakoplenija zarjada v kremnievyh MDP-fototranzistorah // Mikroelektronika 1979, T.8, vyp.4, s. 374-376
Зуев В.А., Попов В.Г. Особенности режима накопления заряда в кремниевых МДП-фототранзисторах // Микроэлектроника 1979, Т.8, вып.4, с. 374-376
8. Svojstva struktur metall-dielektrik-poluprovodnik / Pod red. Rzhanova A.V. – M.: Nauka , 1976, 174 s.
Свойства структур металл-диэлектрик-полупроводник / Под ред. Ржанова А.В. – М.:Наука, 1976, 174 с.
9. **Grosvalet J., Jund C., Motsch C.** An ecperimental study of the surface conductivity in semiconductors // Surf. Sei. 1966, V5, Pp. 49-53
10. **Heiman F.P.** On the determination of minority carrier lifetime from the trangient response of on MOS-capactor IEEE Trans.El.Dev.1967, ED-14,№11, Pp.781-790
11. **Zerbest M.** Relation Effecter on holbloter-Isoltor-remzflachemZangeroPhys. 1966, V.22, Pp.3039-3046

$In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ STRUKTURLARINDA TARAZSIZ KASIBLAŞMA REJİMİNDƏ QEYRİ-TARAZ SAHƏ EFFEKTİNİN RELAKSASIYASI

A.Z. BƏDƏLOV, Ş.Q. ZEYNALOVA

Məqalədə müxtəlif amillərin $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ strukturunun ekranlama müddətinə təsiri tədqiq olunur. Temperaturun, işıqlandırmanın və qida gərginliyinin tarazsız qeyri-stasionar kasiblaşma rejiminə təsirinə baxılmışdır. Həmçinin depolyarizasiya cərəyanının işıq diodundan işıqlandırmasız və işıqlandırma ilə impulsun davametmə müddətindən asılılığı tədqiq olunur.

Açar sözlər: yarımkəcirici, temperatur, depolyarizasiya cərəyanı, elektrik sahəsi.

RELAXATION OF NONEQUILIBRIUM EFFECT OF FIELD IN $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ STRUCTURES IN REGIME OF NONEQUILIBRIUM IMPOVERISHMENT

A.Z. BADALOV, Sh.G. ZEYNALOVA

In the article, the influence of various factors for the period of shielding of $In_2O_3-SiO_2-Si-SiO_2-Al$ of structures is investigated. The influence of the lighting temperature and the supply voltage on the nonequilibrium non-stationary impoverishment process is studied. The dependence of the depolarization current on duration of the supply impulses without lighting and with lighting diode is also investigated.

Key words: semiconductor, dielectric, temperature, depolarization current, electric field.

ŞAQLI SÜRƏTİ ÖLÇƏN MAQNİT LEVİTASIYA SİSTEMİNİN PARAMETRLƏRİNİN KEÇİD PROSESLƏRİNİN TEXNİKİ OPTIMUM ŞƏRTİNƏ GÖRƏ HESABLANMASI

A.Z. MƏMMƏDOV

Məqalədə şaquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin (ŞSMSLS) keçid proseslərinin texniki tapşırıq əsasında müəyyən edilməsi məsələsi nəzəri olaraq əsaslandırılmış, parametrlərinin keçid proseslərinin texniki optimum şərtinə görə müəyyən edilməsi məsələsinin həllinin riyazi aparati yaradılıraq, MATLAB Simulink program mühitində simulyasiyası yerinə yetirilmişdir.

Açar sözlər: keçid prosesi, texniki optimum şərti, ötürmə funksiyası, diferensial tənlik, sistemin parametrləri, kompyuter modeli, ikitərtibli süzgəc.

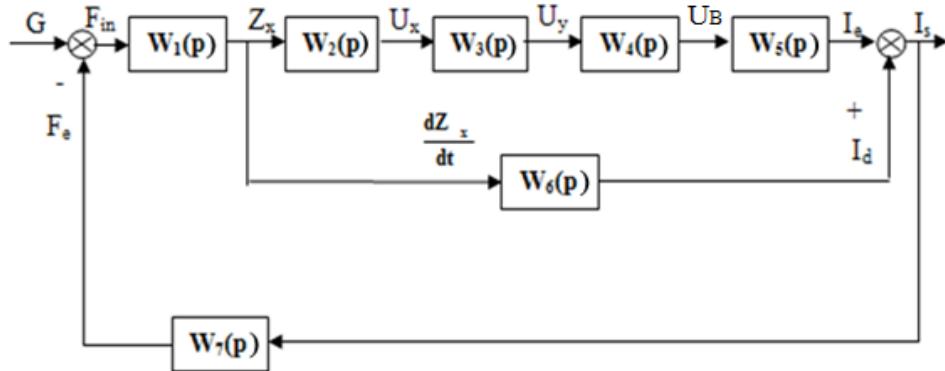
Giriş. Tədqiqat obyekti olan şaquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sistemi (ŞSMSLS) haqqında dərc edilmiş məqalələrdə onun statik və dinamik xarakteristikaları tədqiq edilmiş, seçilmiş parametrlərə görə sistemin dayanıqlıq oblastı müəyyən edilmişdir. Müxtəlif şərtlər əsasında keçid prosesləri tədqiq edilərək, müvafiq elmi nəticələr təqdim edilmişdir [1-3].

Bununla belə, ŞSMSLS-nin keçid proseslərinin konkret bir tələblə formalanın texniki tapşırıq əsasında müəyyən edilməsi məsələsi də tədqiqatın qarşıya qoyduğu vacib məsələlərdən biridir. Belə ki, məsələnin bu formada qoyuluşu ŞSMSLS-nin dayanıqlı sisteminin sintezi probleminin həlli istiqamətlərini müəyyən etməyə imkan verir. Bu mənada, ŞSMSLS-nin parametrlərinin keçid proseslərinin texniki optimum şərtinə görə müəyyən edilməsi məsələlərinin tədqiqi aktualdır.

Məsələnin qoyuluşu və həlli. Şaquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin (ŞSMSLS) struktur sxemi və bəndlərinin ötürmə funksiyaları məlumudur: (Şək. 1)

$W_1(p)$ – şaquli sürəti ölçən MLS-in qüvvələr qovşığının ötürmə funksiyasıdır. Bu ötürmə funksiyası maqnit içliyin Z_x yerdəyişməsi və şaquli istiqamətdə təsir edən inersiya qüvvəsindən asılı olaraq G - çəkisi ilə F_e - solenoidin elektromaqnit dərti qüvvəsinin fərqi arasındakı əlaqə ilə müəyyən edilir: $F_{in} = G - F_e$;

$$W_1(p) = \frac{1}{m \cdot p^2 + R_a \cdot s} = \frac{K_1}{s(T_1 \cdot s^2 + 1)}, \quad K_1 = 1/R_a; \quad T_1 = m/R_a \quad (1)$$



Şək. 1. SSMLS-nin struktur sxemi

$W_2(p)$ – maqnit içliyin yerdəyişmə vericisinin ötürmə funksiyası. Bu ötürmə funksiyası içliyin Z_x yerdəyişməsi ilə Holl vericisinin U_x – çıxış gərginliyi arasındaki əlaqə ilə təyin edilir;

$$W_2 = K_x; \quad (2)$$

$W_3(p)$ – elektron gərginlik gücləndiricisinin ötürmə funksiyası. Bu ötürmə funksiyası gücləndiricinin U_y – çıxış gərginliyi ilə U_x – vericinin yerdəyişmə gərginliyi arasındaki əlaqə ilə təyin edilir;

$$W_3 = K_y; \quad (3)$$

$W_4(p)$ – gərginlik bölücsünün ötürmə funksiyası. Bu ötürmə funksiyası elektron gücləndiricinin U_y – çıxış gərginliyi ilə tranzistorun U_b – baza gərginliyi arasındaki əlaqə ilə təyin edilir;

$$W_4(S) = \frac{k_d \cdot (T_k \cdot s + 1)}{k_d \cdot T_k \cdot s + 1} = \frac{k_4 \cdot (T_4 \cdot s + 1)}{T_{40} \cdot s + 1} \quad (4)$$

$W_5(p)$ – cərəyan gücləndiricisi-elektron blokun sonuncu kaskadının ötürmə funksiyası. Bu ötürmə funksiyası tranzistorun U_b – baza gərginliyi ilə solenoidin I_e – emitter dövrəsinin cərəyanı arasındaki əlaqə ilə təyin edilir;

$$W_5(S) = \frac{K_5}{T_5 \cdot s + 1} \quad (5)$$

$W_6(p)$ – elektromaqnit dempferləyici bəndin ötürmə funksiyası. Bu ötürmə funksiyası maqnit içliyin dZ_x/dt – yerdəyişmə sürəti ilə solenoidin cərəyanının I_d – dinamik təşkiledicisi arasındaki əlaqə ilə təyin edilir;

$$W_6(p) = \frac{K_0 \cdot K_s \cdot s}{(T_6 \cdot s + 1)} = \frac{K_6 \cdot s}{(T_6 \cdot s + 1)}, \quad K_6 = K_0 \cdot K_s \quad (6)$$

$W_7(p)$ – əks əlaqə bəndinin ötürmə funksiyasıdır. Bu solenoidin I_s – cərəyanı ilə inersiya qüvvəsindən asılı olaraq solenoidin F_e – elektromaqnit darti qüvvəsi arasındaki asılılıq ilə təyin edilir;

$$W_7 = K_0;$$

Sistemin qapalı halı üçün ötürmə funksiyasının (ÖF) ifadəsi müəyyən edilmişdir:

$$W(S) = \frac{1}{K_0} \cdot \frac{\tau_2^2 \cdot S^2 + \tau_1 \cdot S + 1}{b_0 \cdot S^4 + b_1 \cdot S^3 + b_2 \cdot S^2 + b_3 \cdot S + b_4}, \quad (7)$$

burada, $b_0 = \frac{m \cdot T_e \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K}$; $b_1 = \frac{m \cdot (T_e + K_d \cdot T_\kappa) + R_a \cdot T_e \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K}$;
 $b_2 = \frac{m + R_a \cdot (T_e + K_d \cdot T_\kappa) + K_s \cdot K_0^2 \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K}$; $b_3 = \frac{R_a + K_s \cdot K_0^2 + K \cdot T_k}{K}$; $b_4 = 1$

$\tau_1 = T_k + \frac{K_s \cdot K_0^2}{K}$ - xarici qüvvə təsirlərin birinci törəməsinin zaman sabiti;

$\tau_2 = \sqrt{\frac{K_d \cdot T_\kappa \cdot K_s \cdot K_0^2}{K}}$ - xarici qüvvə təsirlərin ikinci törəməsinin zaman sabiti;

$K = K_x \cdot K_y \cdot K_d \cdot K_s \cdot K_0$ – açıq sistemin ötürmə əmsalıdır.

Tədqiqatın məqsədi sistemin keçid prosesini texniki optimum şərtinə görə təmin etməkdən ibarətdir. Texniki optimum şərtinə görə, keçid prosesi- 0-dan başlayaraq, qərarlaşmış qiymətini əldə edənədək, ifrat tənzimləmə göstəricisi 4-10% -dən artıq olmamalıdır [3].

Tədqiq edilən şaquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin qapalı halı üçün ÖF-nin xarakteristik tənliyinin tərtibinə uyğun olaraq, bu şərti ödəyən normallaşdırılmış xarakteristik tənlik aşağıdakı kimiidir:

$$64 \cdot T^4 \cdot S^4 + 64 \cdot T^3 \cdot S^3 + 32 \cdot T^2 \cdot S^2 + 8 \cdot T \cdot S + 1 = 0 \quad (8)$$

Burada T – normallaşdırılmış zaman sabitidir. Dördtərtibli xaraktristik tənliyə malik sistemin keçid prosesinin müddəti $t \approx 14T$; ifrat tənzimləmə $\sigma \approx 6-7\%$. Sistemin xarakteristik tənliyinin tərtibinə uyğun olaraq, onun tərkib avadanlığının elə 4 parametri seçilməlidir ki, onların vasitəsi ilə tədqiq edilən sistemin xarakteristik tənliyini normallaşdırmaq mümkün olsun. Bu mənada aşağıdakı parametrlərin seçilməsi məqsədə uyğun sayılmışdır: eks əlaqə vericisinin ($W_7(s)$) ötürmə ədədi – K_0 ; gərginlik bölgüsünün ($W_4(s)$) korreksiya qurğusunun ötürmə ədədi və zaman sabiti – K_d , T_K ; elektron gərginlik gücləndiricisinin ($W_3(s)$) ötürmə ədədi K_y .

Bu parametrlərin texniki optimum şərtini ödəyən qiymətlərini müəyyən etmək üçün aşağıdakı sistem tənliklər sistemi həll edilməlidir:

$$\left\{ \begin{array}{l} 64T^4 = \frac{m \cdot T_e \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K} \\ 64T^3 = \frac{m \cdot (T_e + K_d \cdot T_\kappa) + R_a \cdot T_e \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K} \\ 32T^2 = \frac{m + R_a \cdot (T_e + K_d \cdot T_\kappa) + K_s \cdot K_0^2 \cdot K_d \cdot T_\kappa}{K} \\ 8T = \frac{R_a + K_s \cdot K_0^2 + K \cdot T_k}{K} \end{array} \right. \quad (9)$$

MATLAB program paketində bu tənliklər sistemi K_0 , K_d , T_K , K_y həll edilmiş və $T_e = 6.918 \cdot 10^{-3} s$ – emitter təkrarlayıcı dövrənin zaman sabiti; $m = 8.5 \cdot 10^{-3} kq$ – maqnit içliyin kütləsi; $k_x = 830 V/m$ – yerdəyişmə vericisinin ötürmə əmsali və $R_a = 17.7 \cdot 10^{-3} N \cdot san/m$ – aerodinamik demper əmsalının qiymətləri əsasında aşağıdakı ifadələr alınmışdır (ifadələr MATLAB formatında göstərilmişdir) [4]:

$$K_0 = 0.156e6 * (0.663e-9 * T^2 + 0.156e-13 - .459e-11 * T)^{(1/2)/T} \quad (10)$$

$$K_Y = 1.41 * (0.101e-5 * T^3 - 0.138e-7 * T^2 + 0.705e-10 * T - 0.160e-12) / (.663e-9 * T^2 + .156e-13 - .459e-11 * T)^{(1/2)/T^2} \quad (11)$$

$$K_D = -0.124e-14 / (.367e-4 * T^4 - 0.751e-6 * T^3 + .597e-8 * T^2 - 0.233e-10 * T + .397e-13) \quad (12)$$

$$T_K = 0.474e11 * T * (.426e-2 * T^3 - .581e-4 * T^2 + .297e-6 * T - .675e-9) \quad (13)$$

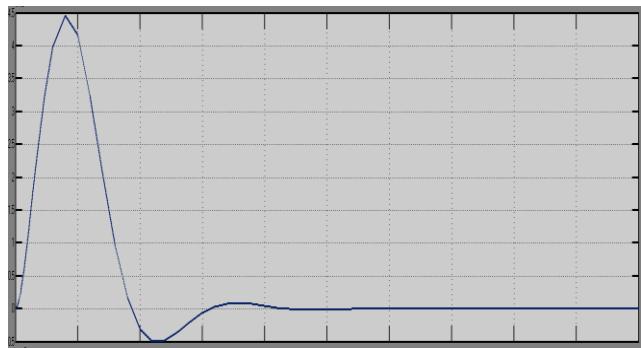
Xüsusü halda əgər $t=1-2$ san. keçid prosesi tələb olunarsa, onda $T=1/28=0.0357$ san olduqda: $K_0 = 3.65$; $K_Y = 0.0407$; $K_D = 0.384e-4$; $T_K = 2.2$ alınmışdır. Bu zaman zaman keçid prosesinin müddəti $t \approx 1.5$ san. Tapılmış qiymətlər əsasında τ əmsalları hesablanmışdır:

$$\tau_1 = T_k + \frac{K_s \cdot K_0^2}{K} = 3.34; \quad \tau_2 = \sqrt{\frac{K_d \cdot T_k \cdot K_s \cdot K_0^2}{K}} = 0.9836 \quad (14)$$

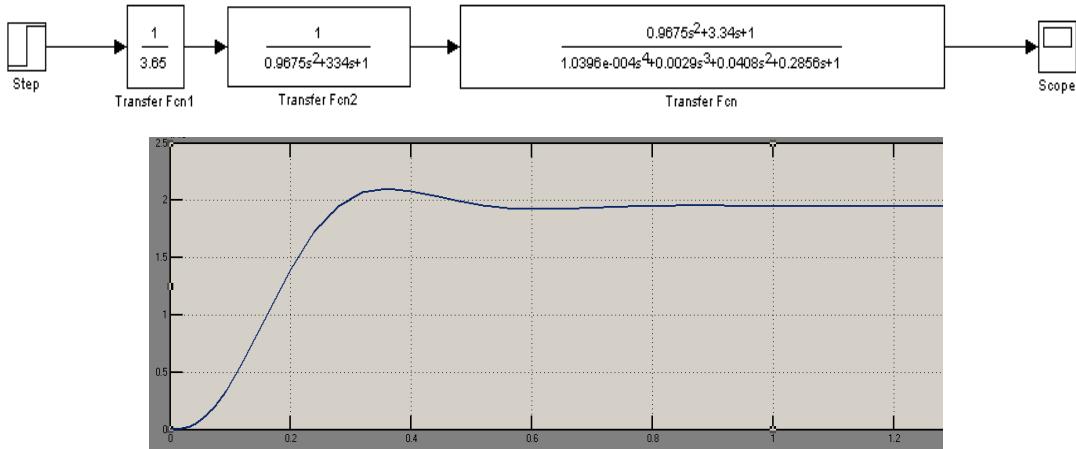
Beləliklə, şək. 2-də texniki optimum şərtini ödəyən şaquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin keçid prosesinin qrafiki göstərilmişdir. Onun, yuxarıdakı verilənlər əsasında hesablanmış ÖF-i isə:

$$W(S) = \frac{1}{3.65} \cdot \frac{0.9675 \cdot S^2 + 3.34 \cdot S + 1}{1.0396e-4 \cdot S^4 + 0.0029 \cdot S^3 + 0.0408 \cdot S^2 + 0.2856 \cdot S + 1} \quad (15)$$

Keçid prosesindən göründüyü kimi, o, keçid prosesinin davametmə müddətinə olan şərti ödəyirsə də, prosesin əvvəlində qərarlaşmış qiymətə nəzərən dəfələrlə böyük olan ifrat tənzimləmə göstəricisinə malikdir. Onun qarşısını almaq məqsədi ilə sistemə xarakteristik tənliyinin əmsalları avtomatik olaraq hesablanmış K_0 , K_Y , K_D və T_K -dan asılı olaraq müəyyən edilən ikitərtibli süzgəc əlavə etmək lazımdır. Belə bir ikitərtibli süzgəcə malik olan ŞSMLS-nin struktur sxemi və keçid prosesi Şək.3-də göstərilmişdir.



Şək. 2. Parametrləri texniki optimum şərtinə görə hesablanmış ŞSMLS-nin keçid prosesi (15) ifadəsi ilə müəyyən edilən ÖF



Şək. 3. Parametrləri texniki optimum şərtinə görə hesablanmış və ikitərtibli süzgəcə malik ŞSMLS-nin struktur sxemi və keçid prosesi (Süzgəcin əmsalları (14) ifadəsi ilə müəyyən edilir.

Şək.4-də qurulmuş modeldə MATLAB program paketindən istifadə etməklə, əmsalları avtomatik olaraq sazlanan ikitərtibli süzgəcə malik, parametrləri keçid proseslərinin texniki optimum şərtinə görə hesablanmış, şəquli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin modeli aşağıdakı qaydada qurulmuşdur.

Əsas differensial tənlik:

$$b_0 \frac{d^4 x}{dt^4} + b_1 \frac{d^3 x}{dt^3} + b_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + b_3 \frac{d x}{dt} + x = \tau_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \tau_2 \frac{d y}{dt} + y \quad (16)$$

tənliyidir. Bu tənlik “diferensial tənlik” submodelində qurulmuşdır (Şək. 5). Bu tənliyin sol tərəfinin b_0-b_3 əmsalları texniki optimum şərtinə görə sazlanmış və tapşırılmış keçid müddəti prosesinə görə avtomatik müəyyən edilir. Bu riyazi aparat isə “texniki optimum hesab. b emsalları” submodelinde qurulmuş (10) tənliklər sistemini həllinə əsaslanmışdır (Şək. 6).

Tənliyin sağ tərəfində olan τ_1 və τ_2 əmsallarını müəyyən edən ifadələr:

$$\tau_1 = T_k + \frac{K_s \cdot K_0^2}{K} \quad (17)$$

$$\tau_2 = \sqrt{\frac{K_d \cdot T_k \cdot K_s \cdot K_0^2}{K}} \quad (18)$$

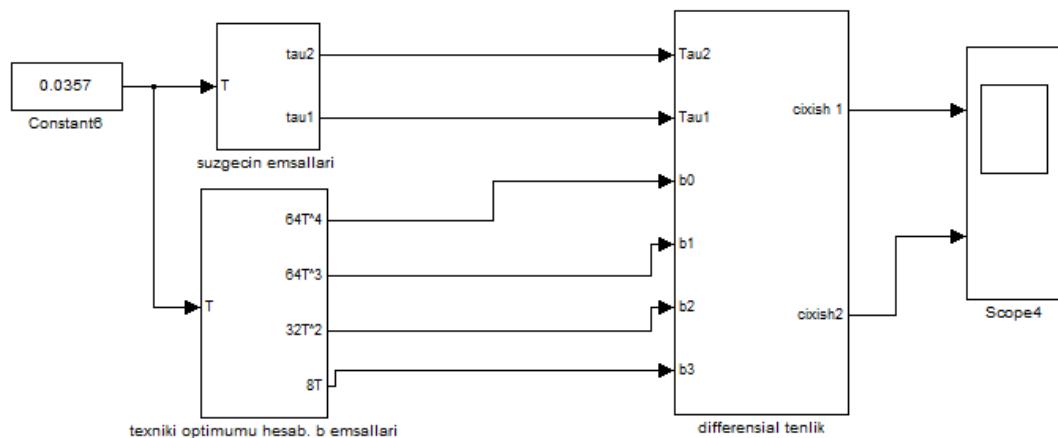
$$K = K_x \cdot K_y \cdot K_d \cdot K_s \cdot K_0 \quad (19)$$

normallaşdırılmış zaman sabitindən asılı olaraq müəyyən edilən (10)-(13) ifadələri ilə avtomatik hesablanaraq, süzgəcin differensial tənliyinin əmsallarını müəyyən edir:

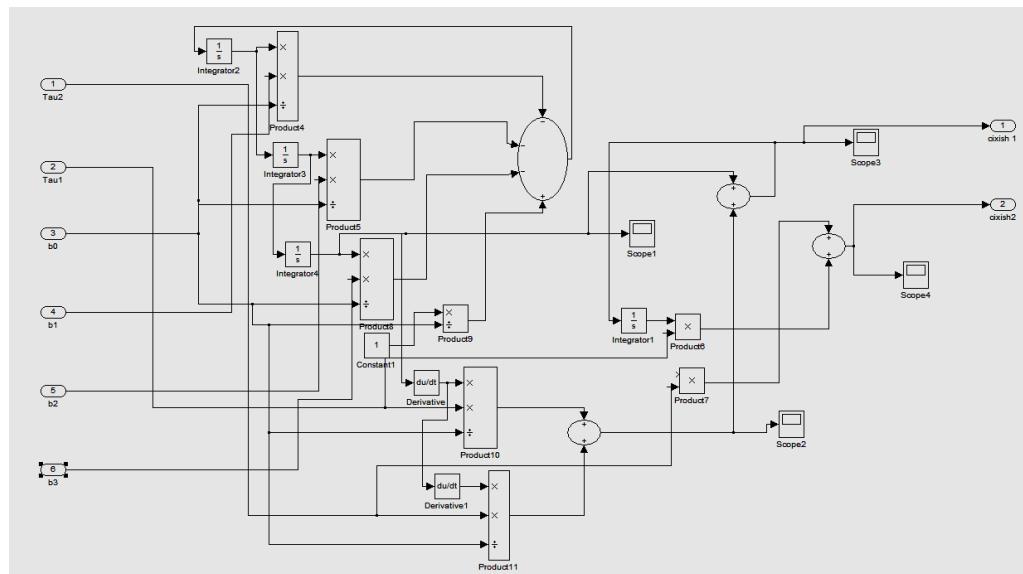
$$\tau_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + \tau_2 \frac{d x}{dt} + x = y \quad (20)$$

Bu əmsallar seçilmiş parametrlərdən və tapşırılmış keçid prosesi müddətindən asılı olaraq “suzgecin emsalları” submodelində avtomatik olaraq hesablanır (Şək.7).

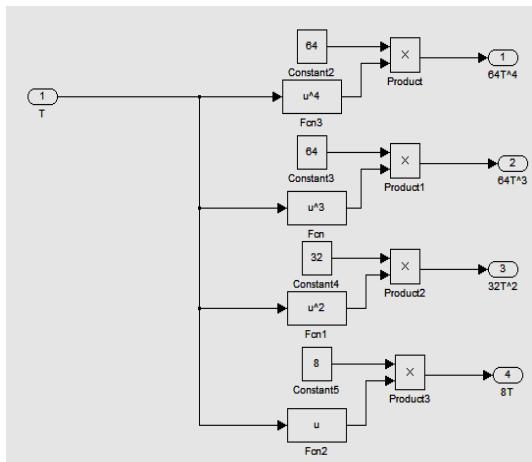
$T=0.0357$ san qiyəməti üçün aparılan simulyasiyada simulyasiya müddəti 2 saniyə seçilmişdir. Şək. 8-də osilloqraflar göstərilmişdir.



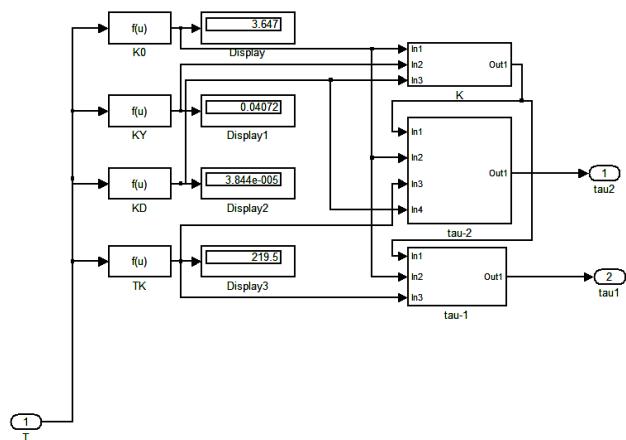
Şək. 4. Parametrləri texniki optimum şərtinə görə hesablanmış və ikitərtibli süzgəcə malik SSMLS-nin kompüter modeli (MATLAB Simulink)



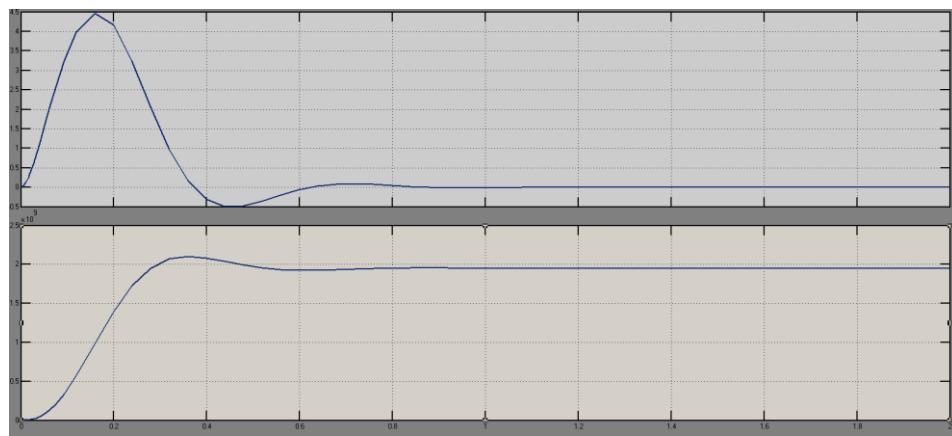
Şək. 5. Submodul “diferensial tenlik” (MATLAB Simulink)



Şək. 6. Submodul “texniki optimumumu hesab. b emsallari” (MATLAB Simulink)



Şək. 7. Submodul “suzgəcin emsalları” (MATLAB Simulink)



Şək 8. ŞSMLS-nin simulyasından alınan osilloqraflar: Çıxış 1 - süzgəzsiz, Çıxış 2 - süzgəcli sistemin keçid prosesi (MATLAB Simulink)

Nəticə. Şaqli sürəti ölçən maqnit levitasiya sisteminin (ŞSMLS) keçid proseslərinin konkret bir tələblə formallaşan texniki tapşırıq əsasında müəyyən edilməsi məsələsi nəzərə olaraq əsaslandırılmış, parametrlərinin keçid proseslərinin texniki optimum şərtinə görə müəyyən edilməsi məsələsinin həllinin riyazi aparatı yaradılaraq, MATLAB Simulink program mühitində simulyasiyası yerinə yetirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, parametrlərin dəyişməsi keçid prosesinin texniki optimum şərtini ödəyən halını saxlaması üçün əmsalları avtomatik olaraq müəyyən edilən ikitərtibli süzgəc tətbiq etmək lazımdır. Belə ikitərtibli süzgəcin riyazi modelinin əmsallarının avtomatik hesablanması üçün riyazi aparat işlənib hazırlanmışdır.

REFERENCE

1. **Badalov A.Z, Nabiev R.N., Mamedov A.Z.** Uslovija ustojchivoj i stabilnoj levitacii magnitnogo serdechnika, Izvestija JuFU 2013, №2, s.130-135.
Бадалов А.З, Набиев Р.Н., Мамедов А.З. Условия устойчивой и стабильной левитации магнитного сердечника, Известия ЮФУ 2013, №2, с.130-135.
2. **Chilikin M.G., Sandler A.S.** Obshhij kurs elektroprivoda. Uchebnik dlja vuzov. 6-e izd, dop. i pererab. M: Energoatomizdat. 1981. - 576 s.
Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. Учебник для вузов. 6-е изд, доп. и перераб. М: Энергоатомиздат. 1981. -576 с.
3. Matematicheskoe i kompjuternoe modelirovanie processov i sistem v srede MATLAB/SIMULINK. Uchebnoe posobie dlja studentov i aspirantov / V.V. Vasiliyev, L.A. Simak, A.M. Rybnikova. – K.: NAN Ukrayny, 2008. – 91 s.
Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для студентов и аспирантов / В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбникова. – К.: НАН Украины, 2008. – 91 с.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКОРОСТИ С СИСТЕМОЙ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ ПО УСЛОВИЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОПТИМУМА

A.3. МАМЕДОВ

В статье дано теоретическое обоснование задачи формирования переходных процессов для измерителя вертикальной скорости с системой магнитной левитации на основе технического задания, разработан математический аппарат для решения задачи определения параметров переходного процесса по условию обеспечения технического оптимума и выполнена симуляция в программной среде MATLAB Simulink.

Ключевые слова: переходные процессы, условие обеспечения технического оптимума, передаточная функция, дифференциальное уравнение, параметры систем, компьютерная модель, фильтр второго порядка.

CALCULATION OF VERTICAL SPEED PARAMETERS OF TRANSITION PROCESS GAUGE WITH SYSTEM OF MAGNETIC LEVITATION PROVIDING TECHNICAL OPTIMUM CONDITION

A.Z. MAMEDOV

The article provides the theoretical justification for the problem of formation of transient processes to gauge the vertical speed of the system with magnetic levitation based on technical specifications, the mathematical apparatus is developed and tested in the MATLAB Simulink software package for solving the problem of determination of transitional process parameters to ensure technical optimum conditions.

Key words: transition processes, technical optimum condition, transfer function, differential equation, system parameters, computer model, second order filter.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОНТАКТОВ МИКРОВЫСТУПОВ ПАР ТРЕНИЯ ТРИБОСИСТЕМЫ

М.В. КИНДРАЧУК*, Д.А. ВОЛЬЧЕНКО**,
С.И. КРИШТОПА **, Д.Ю. ЖУРАВЛЕВ**

Проиллюстрированы энергетические уровни различных типов контактов (нейтрального, омического и блокирующего) микровыступов пар трения трибосистемы и выделена роль поверхностного слоя полимерной накладки.

Ключевые слова: двух-трехслойные структуры металлополимерных трибосопряжений, энергетические уровни, контакты микровыступов.

Введение. Ограниченный объем знаний об энергетических уровнях различных типов контактов микровыступов пар трения трибосистем снижает диапазон использования полимерных материалов (являющихся своего рода электретами) в узлах трения и является одной из причин медленного развития научно-обоснованных принципов создания композиционных полимерных материалов как фрикционного, так и антифрикционного назначения.

Специфика полимерных материалов заключается в том, что их работа в трибосистемах сопровождается процессами трибоэлектризации, диффузии [1 - 4], а также деструкции с образованием различных фаз и, как следствие, химически активных продуктов, которые могут взаимодействовать с шероховатой металлической поверхностью.

В работе [5] было уделено частичное внимание энергетическим уровням контактов микровыступов металлополимерных пар трения трибосистем без учета накопления зарядов поверхностным слоем полимерной накладки.

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

- особенности одно-двухслойных структур металлополимерных трибосопряжений тормозных устройств и энергетические уровни полимерной накладки;

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

- электротермомеханическое фрикционное взаимодействие микровыступов металлополимерных пар трения на возникающих контактах:

- нейтральном;
- омическом;
- блокирующем.

Целью данной работы является обоснование нового подхода к энергетическим уровням различных типов контактов микровыступов металлополимерных пар трения трибосистем.

Одно-двухслойные структуры металлополимерных трибосопряжений тормозных устройств и энергетические уровни полимерной накладки. Серийные пары трения тормозных устройств, имеющих пары трения, можно представить в виде двух- и трехслойных структур, изобразив их заряды. Так, пары трения ленточно- (рис. 1 а) и барабанно-колодочные (рис. 1 б) тормоза представлены в виде двухслойной структуры типа "полимерная накладка – тормозной шкив" и "тормозной барабан – полимерная накладка". Что касается нетрадиционного ленточно-колодочного тормоза [6], в котором полимерные накладки установлены на рабочей поверхности обода тормозного шкива, то его пары трения представлены в виде трехслойной структуры (рис. 1 в) типа "тормозная лента – полимерная накладка – тормозной шкив".

Для качественной оценки процессов, явлений и эффектов приведем классическую схему закономерностей изменения потенциала и напряженности электрического поля (рис. 2 а) и энергетических зон (рис. 2 б) полимерной накладки при фрикционном взаимодействии с металлическим элементом в зависимости от параметра x/s . Однако в данной схеме не учитывается поверхностное состояние полимерной накладки выше допустимой температуры для ее материалов и склонность электрона к сродству. Тем самым усиливается ионное поле поверхности электрета.

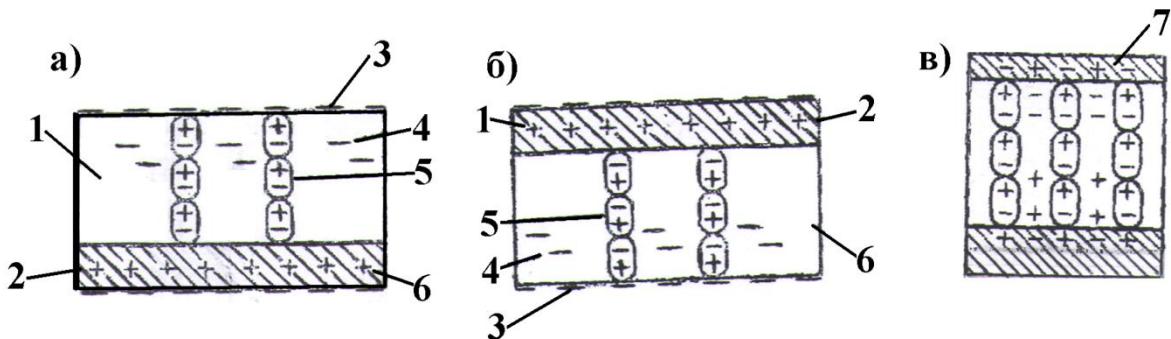


Рис. 1 а, б, в. Схематический разряд пар трения лен точно- (а, в) и барабанно- колодочных (б) тормозов: 1 – полимерная накладка; 2 – обод шкива или барабана; 3, 4, 5, 6 – заряды: поверхностные, объемные, дипольные (или смещенные, компенсационные); 7 – тормозная лента.

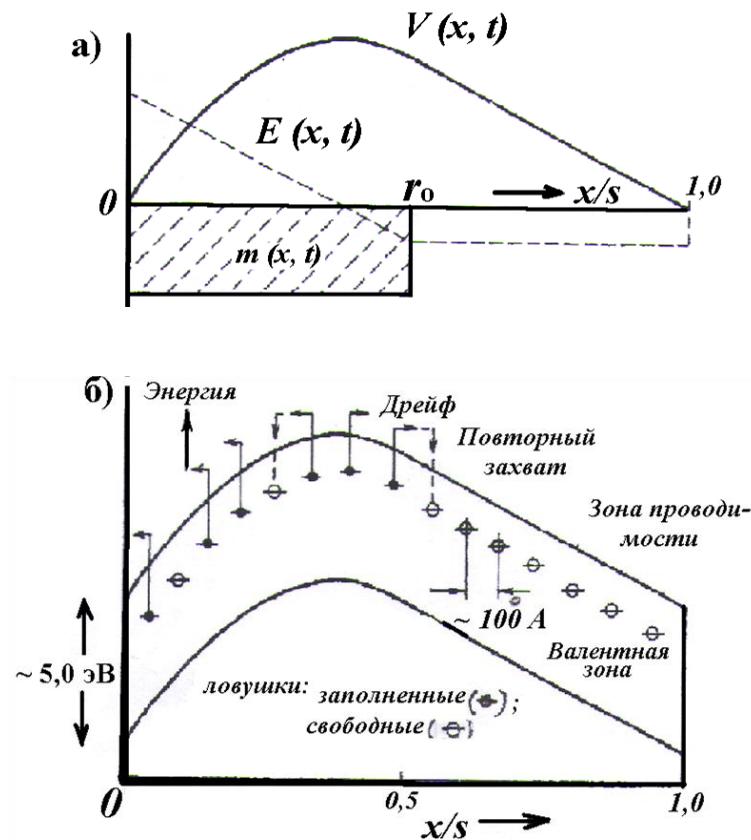


Рис. 2 а, б Закономерности изменения потенциала $[V(x,t)]$ и напряженности $[E(x,t)]$ электрического поля (а) и энергетических зон (б) полимерной накладки при взаимодействии с металлическим фрикционным элементом в зависимости от параметра x/s ; x – координата; S – толщина поверхностного слоя накладки; r_0 – глубина захвата носителей; t – время; m – показатель степени

Электротермомеханическое фрикционное взаимодействие микровыступов металлополимерных пар трения на возникающих контактах. В полимерных накладках, составленных из неоднородных материалов, существуют аморфные и кристаллические фазы и возникает захват иного рода – на межфазных границах. Накапливание зарядов на границах обусловлено разницей в проводимостях рассматриваемых фаз (эффект Максвелла - Вагнера). При электризации такого материала носители будут собираться вблизи данной межфазной границы или, наоборот, уходить с нее в зависимости от того, какой из двух токов проводимости больше: притекающий к границе зарядов или уходящий от нее. Различия в локальных токах проводимости приводят также к диссипации зарядов при последующем проведении термостимулированного разряда, так как в этом случае токи текут уже в противоположном направлении.

Для процессов нейтрализации зарядов немаловажную роль играют также свойства рабочей поверхности металлического фрикционного элемента. Взаимосвязь между энер-

гетическими уровнями определим посредством фрикционного контактного взаимодействия микровыступов пар трения.

На рис. 3 проиллюстрирован детальный подход к энергетическим уровням пятен контактов микровыступов элементов пар трения при электротермомеханическом фрикционном взаимодействии.

На рис. 4 *a, b, в* условно показано различие между нейтральным, омическим и заблокированным контактами.

Нейтральный контакт. Рассмотрим случаи возникновения нейтральных контактов на микровыступах металлополимерных пар трения согласно рис. 4 *a*.



Рис. 3. Энергетические уровни пятен контактов микровыступов элементов пар трения при электротермомеханическом фрикционном взаимодействии

Первый случай относится к поверхностным температурам полимерной накладки, которые имеют величины ниже допустимой для ее материалов. Согласно рис. 4 а работа выхода электронов и ионов из металлического и неметаллического фрикционного элементов равна между собой. Большую прибавку к работе выхода ионов из поверхностного слоя накладки дает сродство к электрону. Последнее является способностью некоторых атомов и молекул присоединять добавочный электрон и превращаться в положительные ионы. Мерой средства к электрону служит выделяющаяся при этом энергия. Целенаправленная переориентация электронов в ионы позволяет тем самым за счет данного эффекта достичь равенства работ выхода частиц.

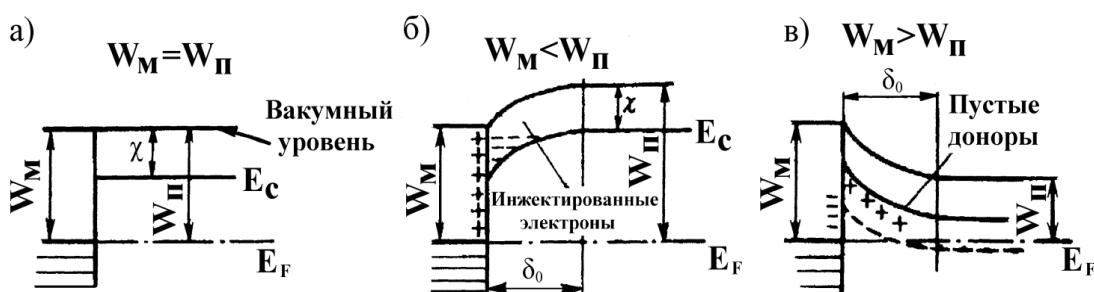


Рис. 4 а, б, в. Энергетические уровни взаимодействующих пар трения «металл-полимер» с различными типами контактов: а – нейтральный; б – омический или инжектирующий; в – блокирующий: E_C , E_F - энергетические уровни: критического движения, Ферми; W_M , W_{II} - работы выхода электронов и ионов из металла и полимера; δ_0 – толщина обедненного (а) и обогащенного (б) электронных слоев; χ – сродство к электрону

Второй случай. При достижении рабочей поверхностью полимерной накладки температуры выше допустимой для ее материалов происходит выгорание в поверхностных и подповерхностных слоях связующих компонентов, что ведет к образованию жидкостных островков на поверхности накладки. При контакте рабочей поверхности металлического фрикционного элемента с жидкостью наблюдаются явления перехода ионов из металла в жидкость (рис. 5 а, кривая 1).

Металл входит в раствор в виде либо положительных ионов, либо комплексных отрицательных ионов, если он взаимодействует с раствором жидкости. При этом поверхность металла приобретает некоторый специфический потенциал, устанавливающий равновесие между процессом выделения и осаждения ионов. Этот потенциал зависит как от природы металла, так и от концентрации ионов в жидкости. При некотором значении кислотности (рН) металл не посыпает в раствор ионы, а наоборот, принимает их из раствора, приобретая заряд до наступления электрического равновесия.

Как известно, металлы располагаются в электрохимический ряд по отношению к положительному иону водорода H^+ . При погружении в жидкость двух различных металлов каждый из них имеет определенный потенциал по отношению к жидкости. При кон-

такте металлов возникает электрический ток до тех пор, пока в растворе не будут исчерпаны все ионы металлов или все ионы раствора. Электрические токи могут протекать и между различными точками одной металлической поверхности, если она заряжена и неоднородна.

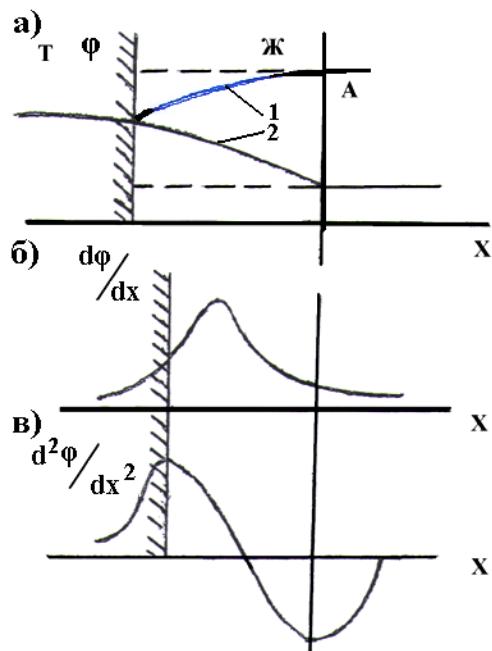


Рис. 5 а, б, в. Зависимость электрокинетического потенциала ϕ (а), напряженности поля $E=d\phi/dx$ (б) и плотности зарядов $\rho=d^2\phi/dx^2$ (в) от координаты X : А – граница неподвижной части двойного электрического слоя; Ж – жидкость; Т – твердое тело; кривые 2 и 1 – соответственно, до допустимой температуры материалов поверхностного слоя накладки и выше.

Кроме химического механизма электрических явлений в контакте металла и жидкости возможен и другой механизм – электризация поверхностей металла и жидкости при движении последней, т.к. слой жидкости, перемещаясь, уносит с собой ионный заряд. Расчеты показывают, что значительное накопление зарядов при движении жидкости происходит при удельном ее сопротивлении выше $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Считается, что при этом на поверхности металла, соприкасающейся с жидкостью, образуется двойной_электрический слой. Поверхность металла в результате потерь или захвата ионов приобретает некоторый химический потенциал, и по ней распределяется некоторый заряд. Противоположный по знаку заряд находится в жидкости. Распределение зарядов в жидкости может характеризоваться потенциалом ϕ , который меняется с расстоянием от поверхности в соответствии с электростатическими силами и распределением Больцмана (рис.5 а). Аналитическое выражение для расчета величины потенциала ϕ получаем решением уравнения Пуассона в предположении о существовании экранирующего двойного слоя:

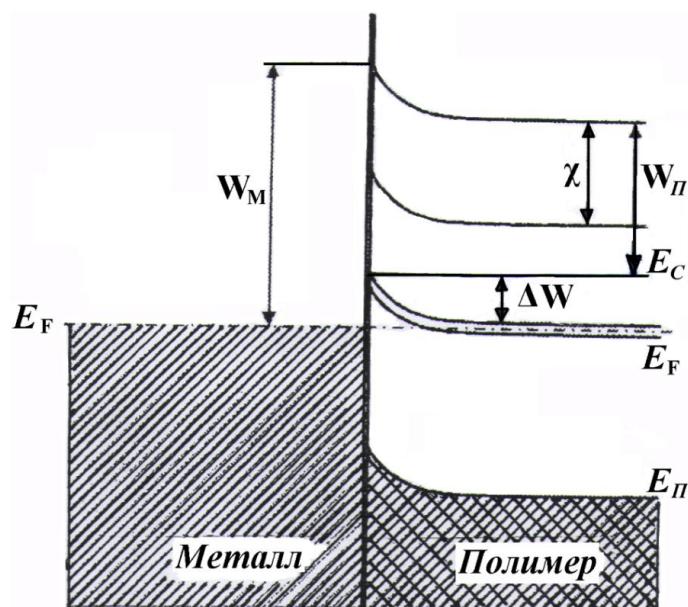
$$\varphi = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon k} \exp k(d - x), \quad (1)$$

где d - толщина слоя, прочно связанного с поверхностью полимерной накладки; $1/k$ - коэффициент экранирования Дебая; σ - плотность заряда поверхностного слоя; ε - диэлектрическая проницаемость жидкости.

Таким образом, в условиях электротермомеханического трения металлополимерных пар трения энергонагруженность рабочей поверхности полимерной накладки играет решающую роль в формировании нейтрального контакта в зоне фрикционного взаимодействия.

Омический контакт. Наиболее часто в металлополимерных парах трения применительно к двухслойным ("металл – полимер") структурам тормозных устройств встречается омический (инжектирующий) контакт (рис. 4 б).

На рис. 6 приведена зонная диаграмма контакта "металл – электропроводящий полимер". Особенностью этой диаграммы является наличие узкой электропроводящей зоны в середине щели полимера. Согласно одной из гипотез, именно подобная узкая зона может отвечать за транспортные свойства тонких диэлектрических пленок. Изменение положения уровня Ферми металла в области его фазового перехода относительно узкой зоны в полимере изменяет условия инжекции из металла в полимер и тем самым характеризует изменение проводимости системы в целом.



*Рис. 6. Энергетическая диаграмма пары трения "металл - полимер":
 E_F, F_V - энергетические уровни: металла (Ферми); полимера; W_M, W_P - работы выхода:
электронов из металла; ионов и электронов из полимера; χ – средство к электрону*

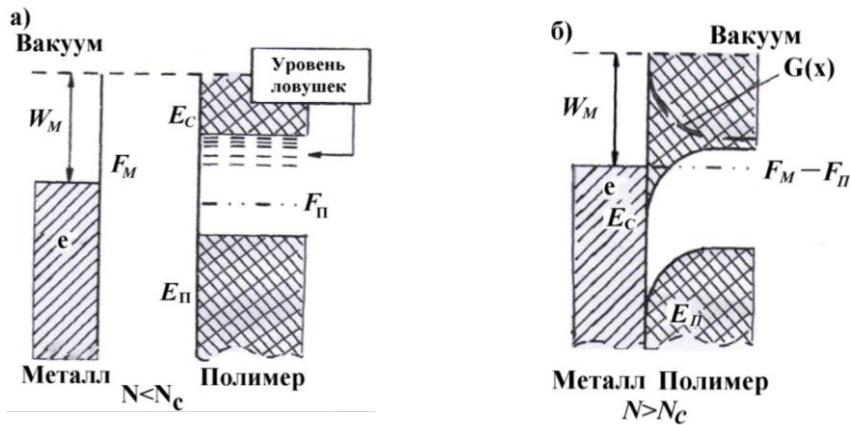
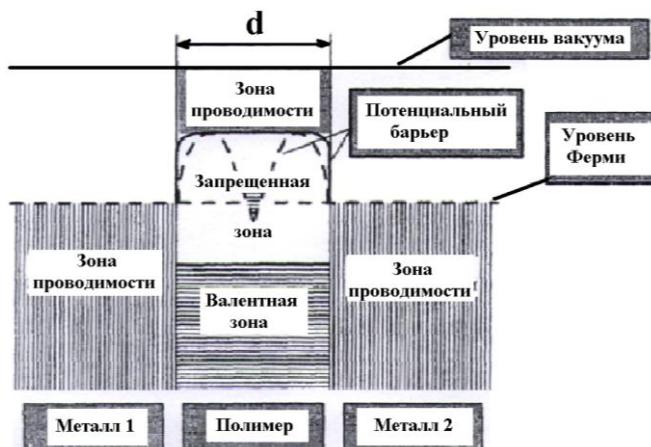


Рис. 7 а, б. Качественная картина энергетических зон в системе "металл - полимер" при импульсных нормальных усилиях, действующих на полимерную пленку: а – $N < N_c$; б – $N > N_c$; E_C, E_v – энергии зон: дна проводимости и валентного потолка полимера; F_M и F_{II} – уровни Ферми металла и полимера; W_M – работа выхода электрона из металла; штриховая кривая $G(x)$ – распределение инжектированных электронов в полимерной пленке.

На рис. 7 а, б представлена модель энергетических зон в системе "металл – полимер" стимулированной импульсными нормальными усилиями инжекции носителей тока из металла в зону проводимости полимера. Согласно этой модели сжатие полимера вызывает распад поверхностных состояний, играющих роль акцепторов электронов. Не исключено также, что из-за увеличения поляризуемости одновременно происходит понижение дна зоны проводимости полимера. В результате при некотором значении $N=N_c$ структура энергетических зон вблизи границы раздела "металл – полимер" оказывается благоприятной для инжекции носителей, хотя при $N < N_c$ этот процесс либо вообще не реализуется, либо имеет крайне низкую эффективность.

На рис. 8 представлена упрощенная зонная диаграмма трехслойной структуры "металл 1 – полимер – металл 2". Сплошной жирной линией в слое полимера показана форма потенциального барьера для заряда, когда d больше глубины проникновения поверхности заряда, пунктирная кривая соответствует случаю, когда d меньше глубины проникновения поверхности заряда, штриховкой обозначены электронные состояния. Выбран вариант контакта, в котором оба металла одинаковы, работы выхода электрона из металла и полимера также одинаковы. Это так называемый случай прямых зон, и при использовании полимера в такой структуре чаще всего можно получить омический контакт. При этом не будем останавливаться на деталях механизма установления электрического контакта. Констатируем только факт, что наличие между двумя металлическими электродами диэлектрика с большой шириной запрещенной зоны может препятствовать протеканию заряда между электродами в случае, когда толщина диэлектрической прослойки велика. При этом слой диэлектрика играет роль потенциального барьера прямоугольной формы, высота которого определяется разностью между работой выхода металла и энергией электронного средства полимера.



*Рис. 8. Зонная диаграмма трехслойной структуры
"металл 1 – полимер – металл 2"*

При уменьшении толщины полимерной пленки может возникнуть ситуация, когда заряды, сосредоточенные вблизи противоположных границ рассматриваемого контакта, начнут взаимодействовать между собой, приводя к искажению формы потенциального барьера. Наибольшей толщиной пленки, при которой начинается взаимодействие граничных зарядов, может считаться удвоенная величина такого параметра контакта, как глубина проникновения поверхностного заряда. Взаимодействие приповерхностных зарядов может привести к тому, что в середине барьера начнет формироваться локальный минимум, который в принципе может привести к пересечению кривой, описывающей огибающую потенциального барьера с уровнем Ферми.

При таком гипотетическом варианте в середине барьера на уровне Ферми могут возникнуть новые электронные состояния, которые увеличивают его проницаемость для электронов. Если научиться управлять такими состояниями, то фактически это будет означать создание принципиально нового электронного гибридного наноструктурированного металлополимерного материала.

При этом весомую важность приобретает вопрос управления системой "металл 1 – полимер – металл 2" путем переключений в полимерной пленке эффекта индуцирования зарядов, при которых области изменения электропроводности в ней пространственно разделены. Для исследований были выбраны переключения в системе за счет изменения граничных условий в трехслойной структуре "металл – полимер - металл", что привело к плавлению одного из электродов [5, 7]. В результате чего происходит перераспределение поверхностного заряда в приконтактной области полимера вследствие резкого изменения эффективной работы выхода электронов металла вблизи критической температуры. Таким образом, переход полимера в высокопроводящее состояние вызван изменением положения уровня Ферми металла (эффективной работы выхода электронов) в точке фазового перехода. Аналогичного результата можно достичь, если между металлом, претерпевающим фазовый переход, и полимерной пленкой поместить другой металл, стабильный в заданном интервале температур. В такой ситуации все структурно-

механические изменения (изменение агрегатного состояния, струкционные явления и т.п.) в первом металле могут быть подавлены с помощью второго металла, т.е. технологического решения.

Необходимо отметить еще одну важную особенность омического (инжектирующего) контакта на микровыступах металлического элемента, поведение которого напоминает нагревный катод, уже в отсутствие поля на поверхности, может спонтанно инжектировать носители внутрь поверхностного слоя полимерной накладки. Возникающее перед электродом облако пространственного заряда в конце концов полностью запирает эмиссию с электрода, если, конечно, облако не рассасывается действием приложенного поля. Границные условия на инжектирующем электроде сводятся к $E(0, t) = 0$ и плотности зарядов $\rho(0) = \pm\infty$, причем полярность определяется знаком инжектируемых носителей.

Блокирующий контакт. Поведение микровыступов полимерной накладки в сильной степени зависит от материала микровыступов металлического фрикционного элемента. Обычно пятна контактов последних микровыступов, покрытые пленками, при слабых и промежуточных напряженностях поля являются блокирующими контактами (рис. 3 a). Такой контакт препятствует передаче носителей заряда от электрода внутрь поверхностного и подповерхностного слоя полимерной накладки, в то же время сам он может принимать носители из вышеперечисленных слоев.

В диэлектрике с блокирующими контактами, вообще не содержащем носителей заряда, протекание стационарного тока, очевидно, невозможно. Если же в диэлектрике имеются носители обоих знаков, причем с сильно отличающимися значениями их подвижностей, то вблизи пятен контактов микровыступов металлического фрикционного элемента, знак которого совпадает со знаком более подвижных носителей, образуется барьер Шоттки. Возникающая в этих условиях поляризация пятен контактов микровыступов накладки обусловлена как раз наличием электродов. Эта ситуация довольно легко объясняется в том предельном случае, когда отсутствует подвижность у носителей какой-то одной полярности (например, электронов) и не происходит дальнейшей генерации свободных носителей. Приложенное поле в этом случае удаляет положительные носители от пятен контактов микровыступов накладки (анодов), (расположенного, скажем, при $x = 0$).

Так как этот электрод не в состоянии передавать материалам положительные заряды, вблизи него в слое толщиной s_s между плоскостями $x = 0$ и $x = s_s$ образуется облако отрицательного пространственного заряда с плотностью ρ . После того как слой пространственного заряда будет полностью сформирован, напряжение V , первоначально падавшее по всей толщине металлического микровыступа, теперь станет приложенным к слоям толщиной s_s . В результате ток обратится в нуль. Протяженность слоя определяется формулой $s_s = \sqrt{2\varepsilon V / \rho}$ и не зависит от приложенного электрического поля.

Например, при плотности неподвижных (захваченных) носителей $\rho = 110^{-4} \text{ Кл}/\text{см}^3$, $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-13} \Phi/\text{см}$ и $V = 1,0$ толщина слоя s_s составляет $1,25 \cdot 10^{-3}$

см. Итак, использование блокирующих контактов препятствует полному удалению подвижных носителей из диэлектрика, причем вне зависимости от значения их подвижности.

Наличие непроводящей прослойки конечной толщины между диэлектриком и электродом может вызвать образование барьерной поляризации. Правда, молекулярные размеры образующегося двойного слоя положительных и отрицательных носителей не позволяют обнаружить его в обычных внешних измерениях, например компенсационных зарядов на электроде. Кроме того, образование двойного слоя не дает блокирующего эффекта.

Таким образом, если контакты заблокированы, нейтрализация должна протекать внутри металлического элемента трения независимо от вида контакта (является он инжектирующим электроны или блокирующим). 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 блокирующий барьер. Наличие последнего позволяет изучать методом термостимулированного разряда полуизоляторы и полупроводники, которым свойственны большие токи проводимости. Блокирующие контакты действуют противоположным образом: они препятствуют как инжекции, так и нейтрализации зарядов.

Выводы. Таким образом, произведена оценка энергетических уровней различных типов контактов (нейтрального, омического и блокирующего) микровыступов пар трения трибосистем с учетом зарядно-разрядных свойств поверхностных слоев полимерных накладок.

REFERENCE

1. Sessler S. Elektreyt. – M.: Mir, 1983. – 481 s.
Сесслер С. Электреты. – М.: Мир, 1983. – 481 с.
2. Kragelskij I.V. Trenie i iznos. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 480 s.
Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
3. Janahmadov A.H., Volchenko A.I., Volchenko N.A., Kryshtopa S.I., Zhuravlev D.Ju., Stebeleckaja N.M. Kontaktno-impul'snoe vzaimodejstvie materialov tipa «metall-metall» i «polimer-polimer» v metallopolimernykh parah trenija lentochno-kolodochchnogo tormoza burovoj lebedki // Vestnik Azerbajdzhanskoy inzhenernoj akademii. – Baku. – 2013. - №5(2). – s. 29–41.
Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Крыштопа С.И., Журавлев Д.Ю., Стебелецкая Н.М. Контактно-импульсное взаимодействие материалов типа «металл-металл» и «полимер-полимер» в металлополимерных парах трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку. – 2013. - №5(2). – с. 29–41.
4. Kolesnikov V.I. Teplofizicheskie processy v metallopolimernykh tribosistemah. – M.: Nauka, 2003. – 279 s.
Колесников В.И. Теплофизические процессы в металлополимерных трибосистемах. – М.: Наука, 2003. – 279 с.

5. **Pashaev A.M., Janahmadov A.H., Volchenko D.A. i dr.** Zakonomernosti izmenenija harakteristik processov, javlenij i jeffektov v rabochih slojah metallopolimernyh par pri jelektrotermomechanicheskem trenii // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. – Baku. – 2014. - №6(1). – с. 7–24.
Пашаев А.М., Джанахмедов А.Х., Вольченко Д.А. и др. Закономерности изменения характеристик процессов, явлений и эффектов в рабочих слоях металлополимерных пар при электротермомеханическом трении // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку. – 2014. - №6(1). – с. 7–24.
6. **Volchenko N.A.** Dinamika mnogoparnyh frikcionnyh uzlov. – Rostov-na-Donu: Severo-Kavkazskij nauch. centr vyssh. shkoly, 2005. – 238 s.
Вольченко Н.А. Динамика многопарных фрикционных узлов. – Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский науч. центр высш. школы, 2005. – 238 с.
7. **Kindrachuk M.V., Volchenko D.A., Zhuravlev D.Ju. i dr.** Nanotribologija pri kontaktnom vzaimodejstvii v metallopolimernyh parah trenija tormoznyh ustrojstv. // Problemy trenija i iznosa: nauch.-tehn. sb. – Kiev: NAU, 2012. Vyp.58. – с. 5–16.
М.В. Киндрачук, Д.А. Вольченко, Д.Ю. Журавлев и др. Нанотрибология при контактном взаимодействии в металлополимерных парах трения тормозных устройств. // Проблемы трения и износа: науч.-техн. сб. – Киев: НАУ, 2012. Вып.58. – с. 5–16.

TRİBOSİSTEMİN SÜRTÜNMƏ CÜTLƏRİNİN MİKROÇIXINTILARININ MÜXTƏLİF TİPLİ KONTAKTLARIN ENERJİ SƏVİYYƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

M.V. KİNDRAÇUK, D.A. VOLÇENKO, S.İ. KRİŞTOPA, D.Y. JURAVLYOV

Tribosistemin sürtünmə cütlərinin mikroçixintilərinin müxtəlif tipli kontaktların (neytral, omik və qapayıcı) enerji səviyyəsi qiymətləndirilib və polimer kündələrin səth qatının rolu göstərilmişdir.

Açar sözlər: metalpolimer tribocütlərin iki-iüç laylı strukturları, energetik səviyyələr, mikroçixintilərin kontaktları.

ASSESSMENT OF POWER LEVELS OF VARIOUS TYPES OF CONTACTS OF MICROLEDGES OF COUPLES OF FRICTION OF TRIBOSISTEM

M.V. KINDRACHUK, D.A. VOLCHENKO, S.I. KRYSHTOPA, D.Y. JURAVLEV

The article shows the energy levels for different types of contacts (neutral, ohmic and blocking) in micro-projections of friction pairs within tribosystem, and the role of the surface layer of the polymer overlay is underlined.

Key words: two and three layered structures of metal-polymer tribo-conjunctions, energy levels, contacts of micro-projections.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДВУХМАССОВОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ФРИКЦИОННОЙ МУФТОЙ АВТОМОБИЛЯ

И.А. ХАЛИЛОВ

В статье представлены методология и результаты экспериментального исследования демпфирующей способности двухмассовой колебательной системы в пакете с фрикционной муфтой современного легкого автомобиля среднего класса. Планирование эксперимента проводилось с помощью программного обеспечения Modde®. Процесс испытаний отрегулирован с помощью программы Sirius®, а обработка данных осуществлялась программами Marc® и Famos®. По полученным результатам построены графики зависимостей частоты вращения ведущего и ведомого вала привода от времени и оценена демпфирующая способность системы. Даны рекомендации для оптимального проектирования приводной системы в целом.

Ключевые слова: привод, двухмассовая колебательная система, фрикционная муфта, планирование эксперимента, демпфирующая способность, крутильная жесткость.

Введение. Надежность, долговечность и качество работы различных машин во многом зависят от колебаний, возникающих в приводной системе [1-6]. Уменьшение колебаний и динамических нагрузок в трансмиссиях машин во многом связано с правильным выбором соединительных муфт. Муфты являются основными элементами привода, которые могут компенсировать или демпфировать различные стохастические отклонения параметров от их номинальных значений. Эти факторы имеют различные долевые значения с точки зрения влияния на динамические свойства приводов машин [2].

Согласно проведенному литературному анализу одним из основных факторов, влияющих на динамические свойства привода, является крутильная жесткость всех элементов приводной системы и соединительной муфты, в частности. Для приводной трансмиссии автомобилей эта тема еще более актуальна, так как в связи с неуравновешенной работой мотора при езде влияние этих факторов значительно. Поэтому для уравновешивания динамического состояния трансмиссий автомобилей применяют в общем случае фрикционную муфту в пакете с двухмассовым маховиком. В трансмиссиях автомобилей крутильные колебания имеют более весомое влияние на динамическое состояние привода. Исследование крутильной жесткости двухмассовой колебательной си-

стемы (ДКС) маховика в пакете с фрикционной муфтой представляет научное и практическое значение для оптимального проектирования приводной системы.

На основе этого исследования можно также конструировать систему «фрикционная муфта – маховик», обеспечивая наименьший вред колебаний в приводной системе автомобиля. Таким образом, можно увеличить комфорт езды и увеличить надежность и долговечность составных элементов привода и автомобиля в целом [6].

Математическая модель. Согласно [1, 2] дифференциальные уравнения движения привода с ДКС можно представить в следующем виде (рис.1):

$$\ddot{\varphi} + \frac{d}{J} \dot{\varphi} + \frac{C_M}{J} \varphi = \frac{M_1(t)}{J_1} + \frac{M_2(t)}{J_2} \quad (1)$$

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ – угол относительного закручивания полумуфты, φ_1 и φ_2 – соответственно, углы поворота ведущей и ведомой полумуфты (град); $M_1(t)$ и $M_2(t)$ – соответственно, моменты вращения ведущей и ведомой полумуфты (Нм); \hat{M}_1 и \hat{M}_2 – соответственно, амплитуды моментов вращения ведущей и ведомой полумуфты (Нм); $J = J_1 J_2 / (J_1 + J_2)$ – приведенный момент инерции вращающихся масс системы (кгм^2); J_1 и J_2 – соответственно, приведенные моменты инерции ведущей и ведомой ветви привода (кгм^2); C_M – крутильная жесткость муфты (Нм/рад); d – демпфирующая способность муфты, пропорциональная скорости (Нмсек/рад), Ω_1 и Ω_2 – соответственно, окружная частота колебаний вращающего момента в ведущей и ведомой ветви привода (сек^{-1}).

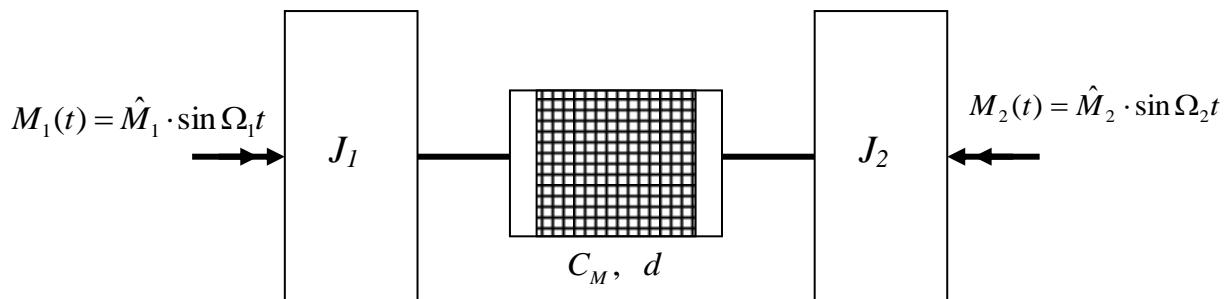


Рис. 1. Привод машины в виде «двухмассовой колебательной системы»

Из уравнения (1) следует, что крутильная жесткость и демпфирующая способность муфты зависят от относительного угла поворота полумуфт:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \int (\omega_1 - \omega_2) dt \quad (2)$$

где ω_1 и ω_2 – соответственно, окружная частота вращения ведущей и ведомой полумуфты (сек^{-1}); t – время (сек).

При составлении уравнения (1) допускается, что соединяемые валы абсолютно жесткие и их крутильные жесткости не учитываются. Но проведенные исследования показывают, что наряду с крутильной жесткостью ДКС крутильная жесткость соединяемых валов тоже имеет существенное влияние на работу привода машины.

Одним из основных параметров для правильного проектирования привода является крутильная жесткость муфты ДКС, и она зависит от многочисленных факторов. Кроме того, частота вращения и крутящий момент в ведущей ветви привода имеют большие колебания. Теоретическое определение крутильной жесткости муфты ДКС в связи с множеством неизвестных параметров является сложным вопросом. Поэтому в данном случае необходимо проведение экспериментальных исследований.

Экспериментальное исследование. Для оценки крутильной жесткости ДКС с фрикционной муфтой были проведены экспериментальные исследования на испытательном стенде приводной системы (рис.2).

Как показано на рис. 3, ДКС с фрикционной муфтой для автомобиля среднего класса была монтирована между движущим и тормозящим моторами. Привод состоит из двух сверхдинамичных электромоторов и сопрягающего редуктора. В качестве тормозящей (рабочей) машины был использован асинхронный электродвигатель. Для устранения несоосностей валов ведущая и ведомая инерционная масса ДКС с фрикционной муфтой были монтированы соосно с помощью специальной втулки. Ведущая часть ДКС была непосредственно соединена винтами на фланцевый торец движущего (вместо коленчатого) вала.

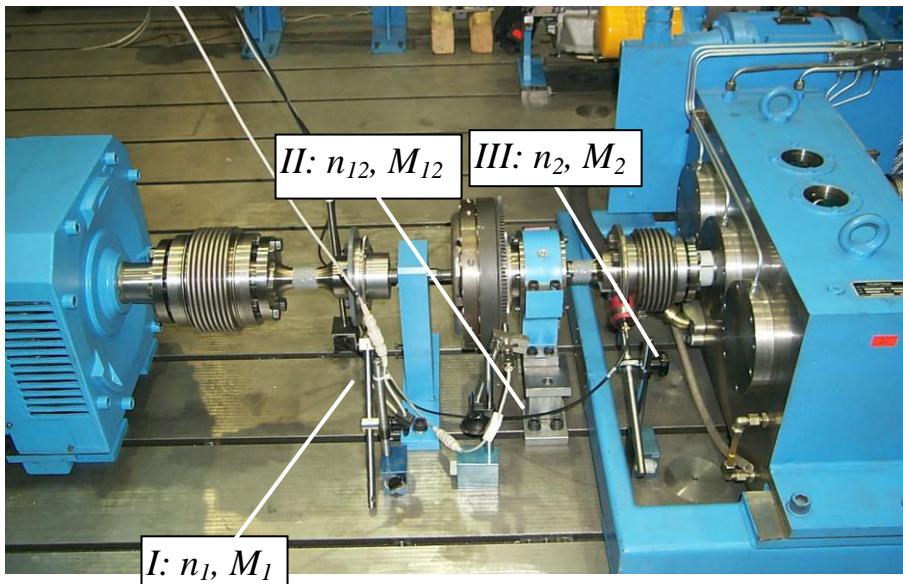
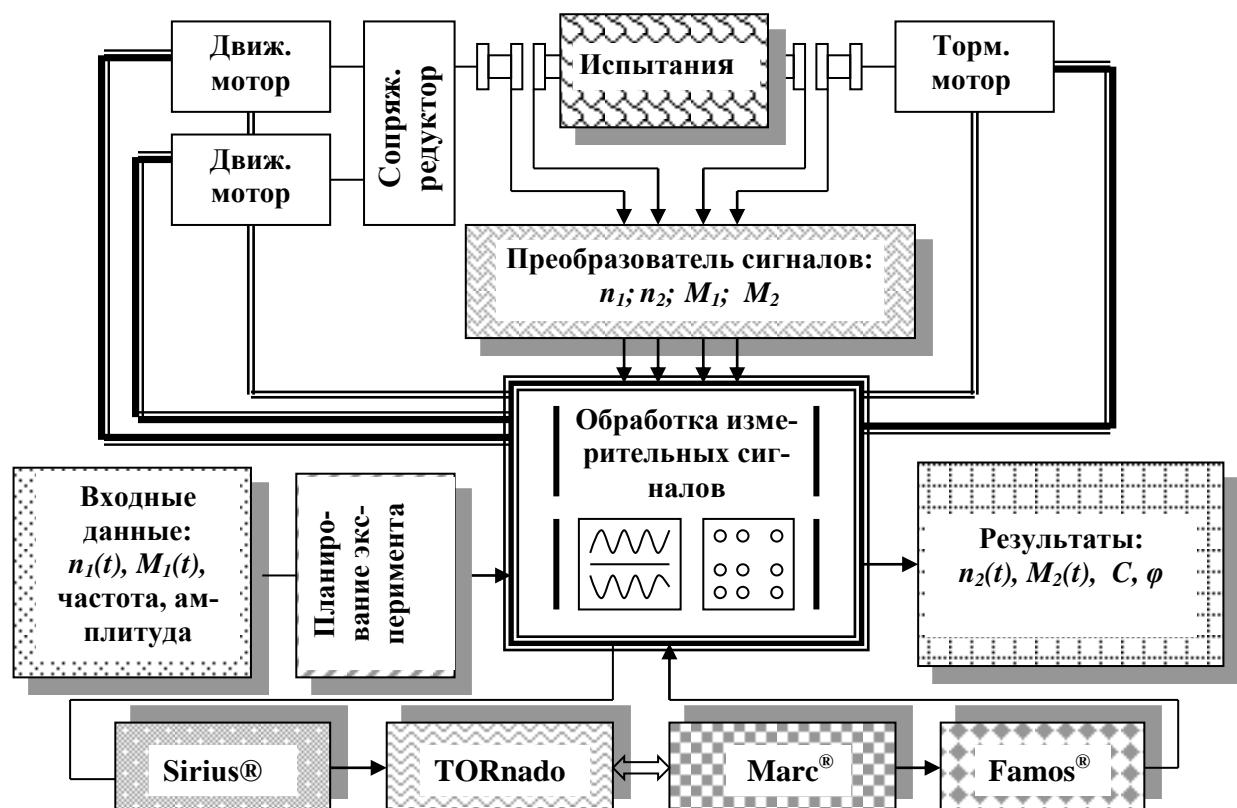


Рис. 2. Испытательный стенд для исследования приводной системы легкого автомобиля среднего класса, имеющий ДКС в пакете с фрикционной муфтой

Для лучшего моделирования и симуляции работы двигателя внутреннего сгорания были приняты четыре входных параметра: число оборотов, крутящий момент, частота колебаний числа оборотов и амплитуда числа оборотов. Согласно характеристи-

кам езды легкого автомобиля среднего класса эти параметры варьировались в следующих диапазонах: число оборотов в диапазоне $700 \dots 4000 \text{ мин}^{-1}$; крутящий момент в диапазоне $0 \dots 230 \text{ Нм}$; частота колебаний числа оборотов в диапазоне $0 \dots 5 \text{ кГц}$; амплитуда числа оборотов $0 \dots 50 \text{ мин}^{-1}$. В качестве выходных параметров были приняты число оборотов и крутящий момент, которые измерялись в трех позициях: I, II и III (рис. 2).

Моделирование и ход проведения испытаний были осуществлены по схемам, представленным на рисунках 3 и 4, где указаны методы ввода, измерения и обработки входных и выходных параметров. По полученным результатам были оценены следующие параметры привода машины: относительный угол поворота (град.); крутильная жесткость по числу оборотов; крутильная жесткость по углу колебания.



*Рис. 3. Моделирование испытательного стенда для исследования
ДКС в пакете с фрикционной муфтой*

Для уменьшения количества испытаний привода с четырьмя входными параметрами, варьируемыми в широком диапазоне, и для лучшего рассмотрения различных значений входных параметров и их комбинаций было проведено планирование эксперимента с помощью программного обеспечения Modde[®]. Тем самым количество испытаний было оптимизировано методом Methode DoE (Design of Experiments), что позволило рассмат-

ривать всевозможные критические случаи совместного влияния стохастических входных параметров.



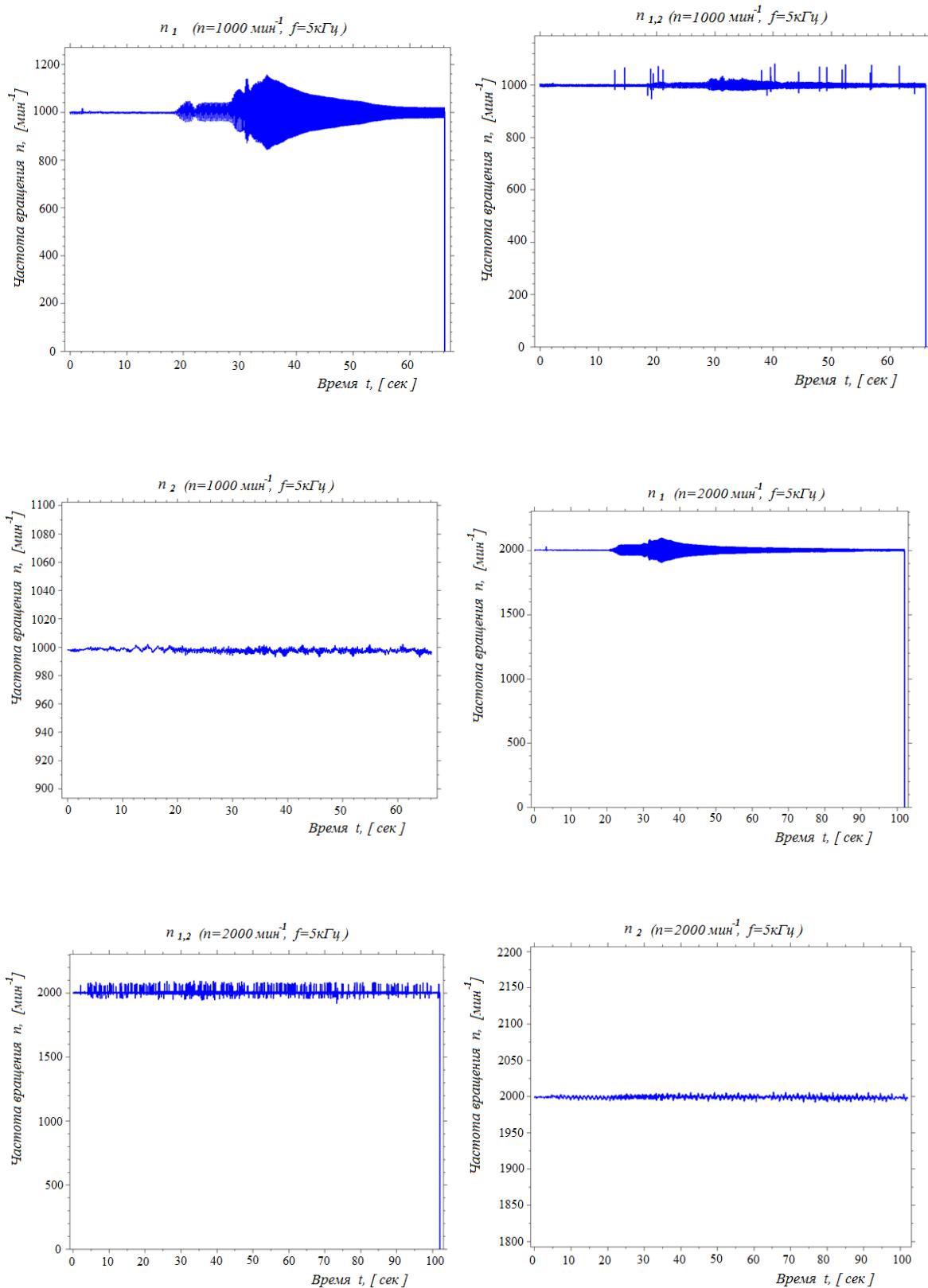
Рис. 4. Параметры ввода, измерения и обработки испытаний

Процесс экспериментальных испытаний был отрегулирован с помощью программного обеспечения Sirius®. С помощью этой программы можно в любое время воздействовать на ход испытаний и изменять входные параметры.

В качестве выходных измерительных данных были выбраны число оборотов и крутящий момент. Измеряемые сигналы усилены с помощью преобразователя. Усиленные сигналы были записаны на регистраторе данных Tornado®. Тарированные данные были отправлены на хранение с помощью программного обеспечения Marc®. Потом эти данные были переведены на Famos® и оценены.

Обобщенная оценка ДКС с фрикционной муфтой проводилась с учетом моментов инерций вращающихся масс в ведущей и ведомой ветви привода. Динамические свойства системы были представлены в виде функций, зависящих от следующих параметров: крутящий момент, число оборотов, амплитуда и частота колебаний, число оборотов в ведущей ветви привода.

Результаты исследования. По результатам испытаний были построены зависимости частот вращения от времени при оборотах $n=1000 \text{ мин}^{-1}$; 2000 мин^{-1} и 3000 мин^{-1} и при частоте колебаний движущего момента $f=5 \text{ кГц}$ в трех вышенназванных позициях: I, II и III (рис. 5).



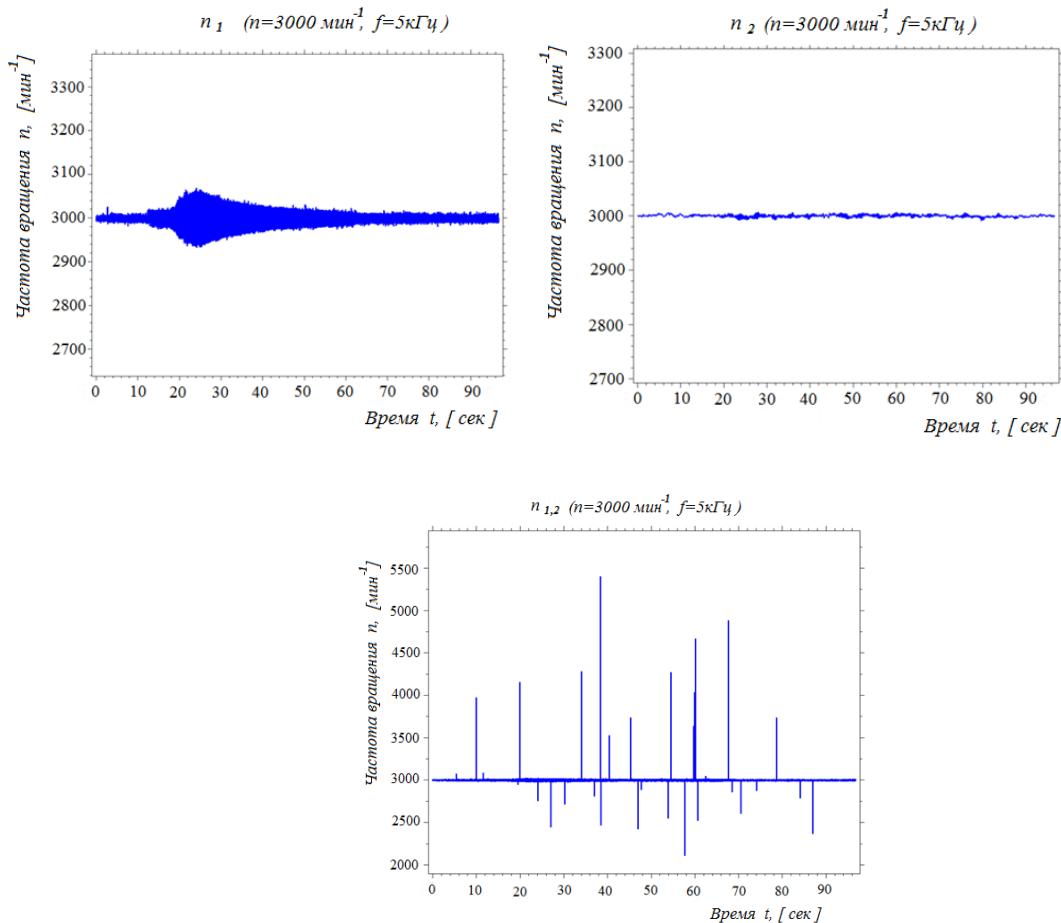


Рис. 5. Зависимости частоты вращения от времени в позициях: I, II, III

Согласно представленным рисункам, колебания амплитуды частоты вращения на ведомом валу (n_2 позиция III) значительно меньше относительно ведущего вала (n_1 , позиция I) при разных оборотах, что указывает на компенсирующую способность ДКС в пакете с фрикционной муфтой. При этом с увеличением числа оборотов ДКС в пакете с фрикционной муфтой лучше сглаживаются амплитуды динамических волн колебаний системы, вызванные работой движущего, передаточного и рабочего органов машины. Проведенные экспериментальные исследования показали также, что с увеличением числа оборотов уменьшается амплитуда колебаний в ведущем валу привода.

Выводы. Оптимальный выбор фрикционной муфты и двухмассового маховика для приводов автомобилей не всегда является однозначной задачей. Крутильная жесткость и демпфирующая способность маховика (ДКС) должны быть так отрегулированы, чтобы амплитуды вредных динамических нагрузок были бы минимальными. Эту цель можно достичь с помощью разработки симуляционной модели.

Правильный выбор маховика и фрикционной муфты, обеспечивающих надежную работу машины, тесно связан с условиями работы и конструкцией приводной системы в целом. Маховик и фрикционная муфта должны максимально уменьшить динамические колебания. При больших колебаниях крутящего момента на ведомой ветви привода со стороны рабочего органа машины необходимо изменить соотношение жесткости и

демпфирующей способности. Также необходимо проверить несущую способность системы «маховик – фрикционная муфта» при кратковременных перегрузках. Еще одним важным вопросом при выборе системы «маховик – фрикционная муфта» является проверка долговечности. Поэтому необходимо провести обобщающее исследование циклической усталостной прочности при колебаниях крутящего момента.

REFERENCE

1. **Rjahovskij O.A., Ivanov S.S.** Spravochnik po muftam. – L.: Politehnika, 1991. – 384 s.
2. **Halilov I.A.** Nauchnye osnovy vybora privodnyh muft. –Baku: Elm, 2011. – 302 s..
3. **Halilov I.A.** Vlijanie zhestkosti i dempfirujushhej sposobnosti elementov privodnoj sistemy na koefficient vozrastaniija nagruzki mufty // Tehnika mashinostroenija. M., 2010, №1, s. 19-27.
4. **Halilov I.A.** Issledovanie vlijanija zazora v muftah na dinamicheskie svojstva privodov mashin // Vestnik mashinostroenija, 2010, № 3, s. 10–13.
5. **Khalilov I.A.** Mathematical model development oft the mechanical couplings for estimation the influence of the clearance on the dynamic properties oft he transmission. // 14. International Symposium of Machines Theroy – UMTS2009, 2-4 Juli 2009, METU Kampus in North Cyprus, Pp. 421-426.
6. **Albers A, Deters L., Feldhusen J., Leidich E., Linke H., Poll G., Sauer B., Wallaschek J.** Konstruktionselemente des Maschinenbau 2. Springer-Verlag.
7. **R. Lux.** Ganzheitliche Antriebsstrangentwicklung durch Integration von Simulation und Versuch. Band 1, Hrsg: o. Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. A. Albers, Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau Universität Karlsruhe (TH), 2000, 166 p.

AVTOMOBİLİN FRIKSİON MUFTASI İLƏ İKİKÜTLƏLİ RƏQSİ SİSTEMİN DEMPFERLƏMƏ QABİLİYYƏTİNİN TƏCRÜBİ TƏDQİQİ

I.Ə. XƏLİLOV

Məqalədə orta sinif müasir minik avtomobilinin sürtünmə muftası ilə birlikdə ikikütləli rəqsı sisteminin dempferləmə qabiliyyətinin təcrübə sınaq metodologiyası və nəticələri təqdim edilmişdir. Təcrübələrin planlaşdırılması Modde® program təminatının köməyi ilə yerinə yetirilmişdir. Sınaqların aparılması prosesi Sirius® programının köməyi ilə tənzimlənmiş, məlumatlar Marc® and Famos® proqramları vasitəsi ilə emal edilmişdir. Alınmış nəticələrə görə intiqalın aparan və aparılan vallarının fırlanması tezliyinin zamandan asılılıq qrafikləri qurulmuş və sistemin dempferləmə qabiliyyəti qiymətləndirilmişdir. Bütövlükdə intiqal sisteminin optimal layihələndirilməsi üçün tövsiyələr verilmişdir.

Açar sözlər: intiqal, ikikütləli rəqsı sistem, sürtünmə muftası, dempferləmə qabiliyyəti, fırlanması sərtlüyü.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON DAMPING ABILITY OF TWO-MASS OSCILLATORY SYSTEM FOR CAR FRICTION CLUTCH

I.A. KHALILOV

The article presents methodology and results of experimental research on damping ability of two-mass vibrating system for friction clutch of lightweight vehicle. The experiment was planned and conducted using the software package *Modde*®, and the data was processed through programs like *Marc*® and *Famos*®. The RPM vs Time graph for driving and driven shafts were plotted from the obtained results, and the damping ability of system is estimated. The optimum design recommendations are presented for the transmission systems in general.

Key words: drive, two-mass oscillatory system, friction clutch, damping ability, torsional rigidity.

EKSTREMAL VƏZİYYƏTLƏRDƏ İSTİSMAR OLUNAN MAŞIN VƏ AVADANLIQLARIN DETALLARININ SƏTHLƏRİNİN KEYFİYYƏTİNİN UYUŞMA DÖVRÜNDƏN ASILILIĞININ TƏDQİQİ

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

Məqalədə ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinin texnoloji əməliyyatlar-dan, əməliyyatların yerinə yetirilmə ardıcılığından və uyuşma dövründən asılılığı tədqiq olunmuş, alınan qanuna uyğunluqlar analiz edilmişdir.

Açar sözlər: avadanlıqlar, səth, uyuşma dövrü, kələ-kötürlik, qalıq gərginliyi, mikrobərklik, yeyilmə.

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların işləmə şəraiti və istismar zamanı yüklenməsi, onların detal və qovşaqlarının keyfiyyət və dəqiqlik göstəricilərinə yüksək təlabatlar verməyi tələb edir. Belə qovşaq və detallar əksər hallarda qeyri sərt və nazik divarlı olduqlarından, istismar və texnoloji nasazlıqlara həssaslıqları ilə fərqlənirlər.

Ekstremal vəziyyətdə işləyən maşın və avadanlıqların çox sayılı detalları istismar zamanı yeyilməyə, qırılmaya, dağılmaya məruz qalır və onların sıradan çıxma intensivliyi, detalların işçi səthlərinin vəziyyətindən və detalların forma xətalarından əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlar müxtəlif atmosfer və klimatik şəraitlərdə işləyirlər. Onların əsas qovşaq və detallarına rütubət, istilik, soyuq, işıq, qum tozları, aşağı və yuxarı təzyiqlər, radiasiya və digər faktorlar təsir edirlər.

Çoxsaylı tədqiqatların nəticələri göstərir ki, atmosferdə olan daimi rütubət metalların korroziyaya uğramasını sürətləndirir, hidrolizə şərait yaradır, maşın və avadanlıqların fiziki-mekaniki zədələnmələrinə səbəb olur.

Mürəkkəb, mexanikləşdirilmiş, fasıləsiz və ekstremal şəraitdə işləyən (məsələn, neft quyularının qazılmasında və istismarında, yanğınların söndürülməsində, digər texnogen və təbiət hadisələrinə qarşı mübarizələrdə) maşın və avadanlıqların etibarlıq məsələlərini kom-

pleks şəkildə qiymətləndirmək lazımdır. Məsələn, neft quyularının qazılmasında və istismarında, kaskad yanğınların söndürülməsində bütöv sistemin etibarlığı, nəinki bu zəncirə daxil olan ayrı-ayrı aqreqatlardan, eyni zamanda nəzarət quruluşlarının etibarlığından da asılıdır. Hal-hazırda müasir mexanikləşdirilmiş komplekslərə 25-35 maşın, çoxlu sayıda nəqliyyat vasitələri, aqreqatlar, nasoslar, kompressorlar, alətlər, elektrik mühərrikləri, nizamlayıcı, nəzarətedici və idarəedici aparatlar daxildir.

Maşın və aqreqatların etibarlı işi, onların məsul detallarının təqribi bərabəryeyilmə davamlılığını təmin etməkdən birbaşa asılıdır. Detalların yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarını təyin etmədən, ayrı-ayrı maşınların, avadanlıqların, aqreqatların, alətlərin və bütövlükdə komplekslərin effektli işləmə müddətini müəyyən etmək çətindir.

Maşın və avadanlıqların detallarının yeyilməyə davamlılığı, etibarlılığı və uzunömürlülüyü, hazırlanıqları materiallarla bərabər, onların işçi səthlərinin vəziyyəti ilə də xarakterizə edilir. Bu göstəricilərin, ayrı-ayrı texnoloji proseslərdən və onların parametrlərindən asılı olaraq nizamlanması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Bu baxımdan fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların məsul detallarının yeyilməyə davamlılığının texnoloji əməliyyatların optimal ardıcılığının və onların parametrlərinin rasional qiymətlərinin təyin edilməsi yolu ilə artırılması müasir maşınşunaslığın ən vacib problemlərindən biridir.

Göstəriciləri nəzərə alaraq tədqiqatların aşağıda verilmiş məsələləri müəyyən edilmişdir:

1. Müxtəlif texnoloji prosesləri tətbiq etməklə emal olunmuş detalların səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinin tədqiqi.

2. Müxtəlif texnoloji faktorların, detalların səthlərinin yeyilmə intensivliyinə təsirinin tədqiqi.

Tədqiqat işinin obyekti kimi fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlardan istifadə edilmişdir.

Tədqiqatlar, qoyulmuş məsələlərə uyğun olaraq, laboratoriya və istehsal şəraitində, maşınçayırma texnologiyasının, metalların sürtünməsinin və yeyilməsinin elmi əsaslarını tətbiq etməklə kompleks şəkildə aparılmışdır.

Detalların yeyilməyə davamlılıq xarakteristikaları tədqiq edilərkən, baxılan proseslərin və yerinə yetirilən əməliyyatların ardıcılığının texnoloji imkanları nəzərə alınmaqla, sistemli analiz metodlarından istifadə edilmişdir.

Tədqiqatların nəticələrinin doğruluğu eksperimental və istehsalat sınaqları ilə müəyyən edilmişdir.

Detalların pardاقlanması 3B227 modelli pardaq dəzgahında yerinə yetirilmişdir. Kəsici alət kimi müxtəlif forma və dənəvərliyə malik ПП25А251 markalı pardaq dairələri ilə təchiz edilmiş xüsusi başlıqlardan istifadə edilmişdir.

Detalların xarici səthlərinin emalı bir şindelli 3M-82C modelli şaquli xoninqləmə dəzgahında aparılmışdır. Kəsici alət kimi material parametrləri 160/125M1-100%, həndəsi parametrləri 100x8x5 mm olan ACB lövhələri ilə təchiz olunmuş xüsusi xoninqləmə başlığından istifadə edilmişdir.

Maşın detallarının yüksək dəqiqliyə malik daxili səthləri xüsusi xoninqləmə başlığı ilə emal edilmişdir. Oymaqların xoninqlənməsi 3M-82C modelli bir şindelli xoninqləmə dəzgahında yerinə yetirilmişdir. Kəsici alət kimi ACB250/200M1-100% markalı, həndəsi ölçüləri 100x8x5 olan, dörd çelləkvəri almaz roliklər təchiz olunmuş xüsusi xoninqləmə başlığından istifadə edilmişdir.

Vibrokantaktlama 1K62 və 1K62M dəzgahlarında aparılmışdır. Emal aləti kimi müxtəlif diametrli kürəciklərlə təchiz edilmiş, çox cərgəli döyənəkləmə başlıqlarından istifadə edilmişdir. Döyənəkləmə başlıqlarının kürəciklərinin diametrləri, eksperimental tədqiqatların nəticələrindən asılı olaraq seçilmişdir.

Detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikaları xüsusi stenddə tədqiq olunmuşdur. Yeyilmə maşınınına sınaq üçün eyni zamanda iki sürtünmə cütü yerləşdirilmişdir. Sınaqlar, natural nümunələrdən istifadə etməklə aparılmışdır. Detalların birinin digərinə nəzərən sürüşmə sürəti 0,4-0,5 m, təzyiq qüvvəsi 700-900 H-dur. Abraziv kimi, istismarda olan neft quyularından götürülmüş kvars qumundan istifadə edilmişdir.

Coxsaylı tədqiqatların nəticələri göstərir ki, əsas detalların və yiğim vahidlərinin texniki vəziyyətinin dəyişməsinə səbəb olan prosesləri analiz etmədən, maşın və mexanizmlərin etibarlılığını və uzunömürlülüyü qiyamətləndirmək qeyri mümkündür.

Müasir nəzəri və eksperimental tədqiqat metodları, nəinki maşın detallarının texniki vəziyyətinin dəyişməsi proseslərini qeyd etməyi, eyni zamanda əsas faktorların bu proseslərin axarının xarakterinə təsirini də qiymətləndirməyə imkan verir.

M.M.Xruşovun təklifi etdiyi təsnifata görə yeyilmə mexaniki, molekulyar-mexaniki, korroziya-mexaniki növlərə ayrıılır.

İ.M.Şvetsovanın və İ.V.Kraqelskinin yeyilmə növlərinin təsnifatının əsasını səthlərin yaxınlaşması və sonrakı sürüşməsi, onlarda mexaniki və molekulyar qarşılıqlı təsirin yaranması, bunun nəticəsi olaraq sürtünən səthlərdə mexaniki, kimyəvi və struktur dəyişmələrinin baş verməsi, sonra isə müxtəlif növ dağılmalar təşkil edir.

F.P.Boudənə görə detalların kontakt səthlərinin üç növ əlaqəsi müəyyən edilmişdir.

P.A.Rebinder tərəfindən bərk cisimlərin, mühiti nəzərə almaqla yeyilməsi sahəsində tədqiqatlar aparılmışdır.

V.A.Beliy polimer materiallardan sürtünmə qovşaqlarında istifadə edilməsi sahəsində fundamental tədqiqatlar aparmışdır.

Maşın hissələrinin yeyilməyə davamlığının artırılmasının ən geniş yayılmış üsullarından biri texnoloji metodlardır. Maşınların uzunömürlülüyünün artırılmasının əsas texnoloji tədbirlərinə aşağıdakıları aid etmək olar: maşınların müxtəlif istismar şəraitlərini nəzərə almaqla, müasir metodlardan istifadə etməklə möhkəm materialların yaradılması və onlardan ölçülərinə görə hazır detallara uyğun olan pəstahların alınması; detalların verilmiş dəqiqliyini və sabit fiziki-mexaniki xassələrini təmin edə bilən müasir texnoloji üsulların tətbiqi.

İ.V.Kraqelskinin, N.B.Demkinin, M.M.Xruşovun, M.M.Tenenbaumun, B.İ.Kostetskinin, Ə.X.Canəhmədovun, R.M.Matveyevskinin, A.M.Dalskinin, A.S.Pronikovun, N.M.Mixinin, V.N.Vinoqradovun, Q.M.Sorokinin, V.N.Kaşeyevin, P.İ.Yaşeritsinin, S.N.Kozirevin, V.S.Muxinin, L.V.Podzeyin, A.F.Proxorovun, A.M.Sulimanın, N.E.Dyaçenkonun, A.N.Ov-

seyenkonun, A.M.Qafarovun, E.V.Rijovun, D.D.Papşevin, V.S.Kombalovun, A.Q.Suslovun, A.A.Matalinin və başqalarının işlərində müəyyən edilmişdir ki, maşın hissələrinin uzun-ömürlülüyü müəyyən edən həll edici faktor, sürtünən səthlərin dəqiqliyi və onların üst qatının ilkin vəziyyətidir.

Tədqiqatçıların əsərlərinin analizi göstərir ki, bu sahədə ayrı-ayrı xüsusi məsələlər kifayət qədər öyrənilməmişdir. Ədəbiyyatlarda, müxtəlif konstruktiv, istismar və texnoloji faktorların sürtünmənin xarakterinə, yeyilmənin intensivliyinə, maşın və mexanizmlərin etibarlılığına və uzunömürlülüyünə təsiri ilə bağlı çox sayılı ziddiyətli mülahizələrə rast gəlinir.

Əksər tədqiqatçılar tərəfindən alınmış, yeyilmənin müxtəlif faktorlardan asılılıqları çox halda eksperimentlərin aparılması şəraiti ilə məhdudlaşır və ağır ekstremal şəraitlərdə işləyən maşın və avadanlıqların detallarının uğradıqları spesifik növ yeyilmələrə şamil edilə bilməz.

Əksər tədqiqatlarda, detalların səthlərinin yeyilməsi, səth qatının dəqiqliyi və keyfiyyəti nəzərə alınmadan öyrənilmişdir. Texnoloji faktorların, detalların səthlərinin yeyilmə xarakteristikalarına təsiri barədə vahid fikir hələ də formalaşmamışdır.

Detalların yeyilməsi proseslərinin tədqiqində, səthin kələ-kötürlüyü, qalıq gərginliyinin, döyənəklənmiş qatın qalınlığının, səth qatının yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarına təsir etməsinə kifayət qədər diqqət ayrılmamışdır.

Sürtünmə və yeyilməyə aid olan məlum tədqiqatlar əksər hallarda böyük xarici və daxili qüvvələrin təsiri altında olan, qeyri sərt, nazik divarlı detalların xüsusiyyətlərini nəzərə almir.

Fövqəladə hallar şəraitində istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının və bütövlükdə maşın və mexanizmlərin sıradan çıxmasının digər səbəbləri də mövcuddur və bu məqsədlə xüsusi tədqiqatların aparılması məqsədə uyğundur.

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan texnoloji avadanlıqların etibarlılığını və uzunömürlüyü təyin edən, yüksək dəqiqliyə malik detalların ən geniş yayılmış növlərindən biri nazik divarlı qeyri sərt detallardır (məsələn, hidrosilindrər, daxili yanma mühərriklərinin detalları, kompressorların və müxtəlif tip nasosların detalları və s.).

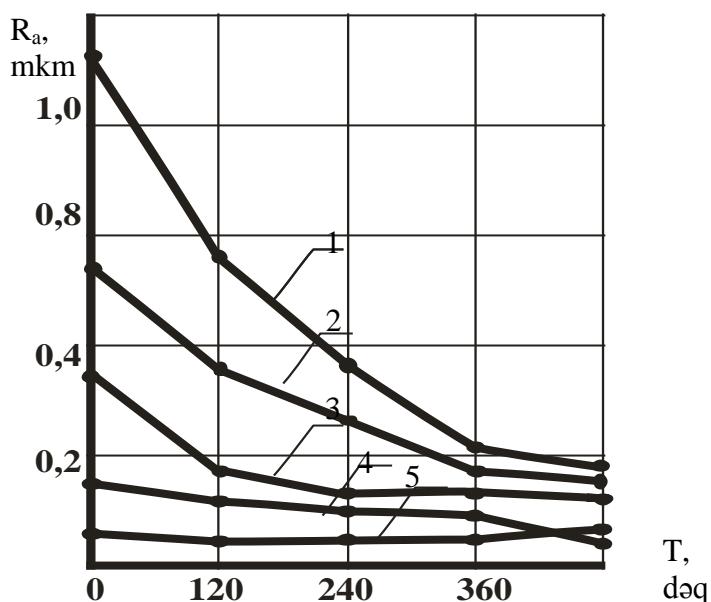
Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, silindrlərin daxili səthləri daha intensiv yeyilməyə məruz qalır və onların dəqiqlik parametrlərinə müxtəlif güc faktorları təsir edirlər.

Cox sayılı müşahidələr göstərir ki, fövqəladə hallar və ekstremal şəraitlərdə istismar olunan maşın və mexanizmlərin detalları üçün əsasən istismar zamanı ağır yüklənmə, yorulmadan qırılma, təkrar statik və birdəfəlik normadan artıq gərginlikdən dağıılma və yeyilmə xarakterikdir. Məlumdur ki, detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığı, onların sürtünmə qabiliyyəti ilə düz mütənasibdir və sürtünmə qabiliyyəti artdıqca yeyilməyə davamlılıq artır. Detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığı çoxlu sayda texnoloji faktorlardan, istismar şəraitindən, materialların bərkliyindən, səth qatının fiziki-mexaniki xassələrindən, kələ-kötürlükdən, dəqiqlikdən və s. asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, fövqəladə hallar şəraitində istismar edilən avadanlıqların detallarının səthlərinin kələ-kötürlüyü ən az yeyilmə təmin edən optimal qiymətləri, kinematik cütlərin real istismarı zamanı, uyuşma dövründən sonra

yaranan kələ-kötürlüyü uyğun gələn qiymətidir. Bu, eyni zamanda təyini yeyilməyə uyğun gələn kələ-kötürlükdür.

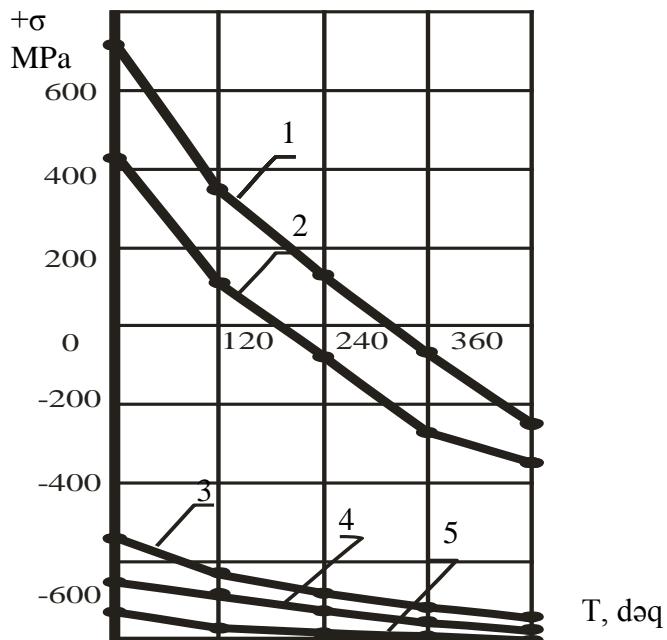
Şübhəsiz ki, səthin digər keyfiyyət göstəriciləri (sixılan qalıq gərginliyi, mikrobərklik) təyini yeyilmə dövründəki göstəricilərdən aşağı səviyyədə olmamalıdır.

Aydınlaşdırılmışdır ki, maşınların detallarının işçi səthlərinin yeyilmə davamlılığına, onların emal olunduqları metodlar da təsir edir. İlkin yeyilmədə səthin kələ-kötürlüyünün R_a azalması, rotasion, pardaqlama və xoninqləmə metodları ilə emal edilmiş detallar üçün daha intensiv xarakter daşıyır və bu göstərici ilkin kələ-kötürlükə şərtləndirilir. Uyuşma dövründə, sürtmə və almaz sığallama ilə emal edilən detallar üçün R_a parametrinin cüzi dəyişməsi bir daha göstərir ki, bu metodlarla alınmış kələ-kötürlük, optimal təyini kələ-kötürlüyü çox yaxındır (şəkil 1) [1].



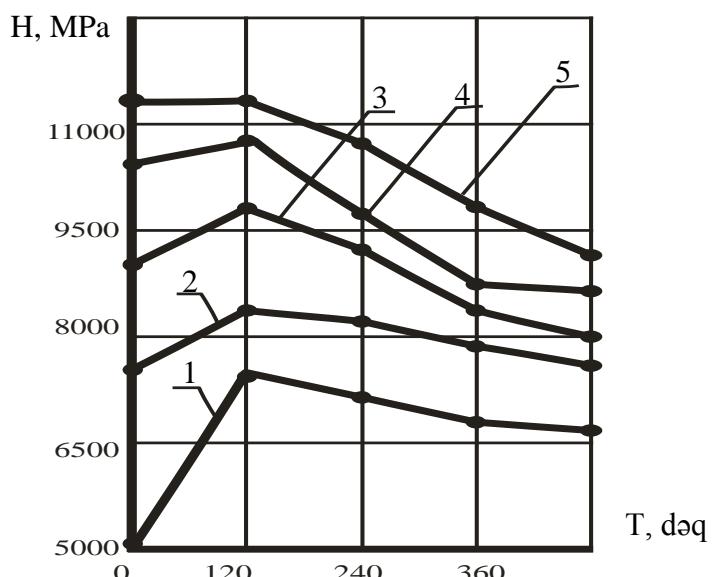
Şəkil 1. 40X poladından hazırlanmış detallarının səthlərinin kələ-kötürlüyünün R_a uyuşma vaxtından T asılı olaraq dəyişməsi. 1 – rotasion emal; 2 – pardaqlama; 3 – xoninqləmə; 4 – sürtmə; 5 – almaz sığallama.

Uyuşma prosesində ilkin qalıq gərginliyi də müəyyən dəyişmələrə məruz qalır. Məsələn, uyuşma dövründə detalların səthlərindəki dartılan qalıq gərginlikləri tədricən azalır və dartılan qalıq gərginliyindən sixılan qalıq gərginliyinə çevrilirlər. Sixılan qalıq gərginliyə malik səthlərdə, uyuşmanın başlanğıcında sixılan qalıq gərginliyinin müəyyən qədər artması, sonra isə tədrici stabillaşması müşahidə edilir (şəkil 2).



Şəkil 2. 40X poladından hazırlanmış detallarının səthlərinin qalıq gərginliyinin σ uyuşma vaxtından T asılı olaraq dəyişməsi.

1–rotasion emal; 2–pardaqlama; 3–xoninqləmə; 4–sürtmə; 5–almaz siğallama.



Şəkil 3. 40X poladından hazırlanmış detallarının səthlərinin mikrobərkliyinin H uyuşma vaxtından T asılı olaraq dəyişməsi. 1–rotasion emal; 2–pardaqlama; 3–xoninqləmə; 4–sürtmə; 5–almaz siğallama.

Uyuşma nəticəsində səthin mikrobərkliyi də müəyyən dəyişikliklərə məruz qalır. Sınaqların əvvəlində müxtəlif metodlarla emal edilmiş səhlərdə mikrobərkliyin kəskin artması baş verir. Sonrakı yeyilmə, mikrobərkliyi əhəmiyyətli dərəcədə artırır və hər bir səth qatı

üçün müəyyən mikrobərklik formalasılır. Bu, uyuşma dövründə hər bir sürtünmə şəraiti üçün optimal kələ-kötürlüyün yaranması ilə izah edilir və hər bir kələ-kötürlüyü, özünün mikrobərkliyi uyğun gəlir.

Müəyyən edilmişdir ki, uyuşma dövründə başlangıç kələ-kötürlük 1,1-6 dəfə, qalıq gərginliyi 1,2...1,4 dəfə, mikrobərklik 1,2...1,6 dəfə azalır (şəkil 1-3).

Yuxarıda göstərilənlər, ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların valsilindr cütlərinin sürtünən səthlərinin, uyuşma dövründə müxtəlif temperatur-güt, turşubraziv və digər konkret istismar şəraitləri ilə xarakterizə olunan deformasiyalarla müşayiət olunduğunu deməyə əsas verir.

Rotasion kəsmə ilə emal zamanı polad 45, 40X və 30X13-dən hazırlanmış detalların səthlərinin kələ-kötürlüyü, $R_a=0,4$ mkm-ə qədər təmin edilir. Səthin kələ-kötürlüyünün $R_a=2,0$ mkm-ə qədər qalxması, bütün materiallar üçün yeyilməni artırır. Ən az yeyilmə 30X13 poladından hazırlanmış detallar üçün, ən çox yeyilmə isə 40X və 45 poladlarından hazırlanmış detallar üçün müşahidə olunur. Bu, 30X13 poladından hazırlanmış detalların bərkliyinin, 40X və 45 poladından hazırlanmış detalların bərkliyindən çox olması ilə izah edilir. 30X13 poladından hazırlanmış detalların yeyilməsi, 40X və 45 poladından hazırlanmış detallara nisbətən 1,1 və 1,2 dəfə azdır.

Yeyilmənin, pardaqlama əməliyyatından sonra kələ-kötürlükdən asılılığı göstərir ki, R_a parametrinin artması ilə mütənasib olaraq yeyilmə də artır. Kələ-kötürlüyün $R_a=0,25$ -dən 1,25 mkm-ə qədər qalxması bütün materiallar üçün yeyilməni 2 dəfə artırır. Xoninqləmə ilə emal olunan detallar üçün bir qədər fərqli nəticələr alınmışdır. Məsələn, kələ-kötürlüyün $R_a=0,16$ dan 0,63mkm-ə qədər qalxması zamanı yeyilmə intensivliyi, kələ-kötürlüyün $R_a=0,75$ mkm qiymətinə və daha artıq qiymətlərə nisbətən azdır. Bu, xoninqləmədə səthin kələ-kötürlüyünün artması nəticəsində dayaq sahəsinin azalması ilə izah edilir.

Səthin ilkin kələ-kötürlüyünün 0,04 dən 0,08 mkm-ə (sürtmə ilə emal olunan detallar üçün) və 0,08-dən 0,10 mkm-ə qədər (almaz sığallama ilə emal olunan detallar üçün) artması ilə detalların yeyilməsi azalır və minimuma çatır. İlkin kələ-kötürlüyün $R_a=0,08$ -dən 0,12 mkm-ə (sürtmə ilə emal olunan səthlər üçün) və 0,10-dan 0,14 mkm-ə qədər (almaz sığallama ilə emal olunan səthlər üçün) artması ilə yeyilmənin azalması və ya artması müşahidə olunmur. Kələ-kötürlüyün sonrakı artması ilə detalların yeyilməsi artır. Səthin kələ-kötürlüyünün geniş intervalında ən az yeyilmə, sürtmə əməliyyatının təmin etdiyi $R_a =0,05...0,08$ mkm də və almaz sığallamanın $R_a=0,10...0,16$ mkm qiymətlərində alınır.

Müxtəlif emal metallarından sonra, fərqli materiallardan hazırlanmış detalların səth qatında dərtulan qalıq gərginliklərin artması ilə yeyilmə iki dəfə artır.

Pardaqlama əməliyyatından sonra detalların yeyilməsinin qalıq gərginliyindən asılılığı, faktiki olaraq rotasion metodla eynidir.

Oymaqların deşiklərinin xoninqlənməsi zamanı səth qatında yalnız sıxılan qalıq gərginlikləri yaranır.

Sürtmə və almaz sığallama əməliyyatlarından sonra yeyilmənin sıxılan qalıq gərginliklərdən asılılığı göstərir ki, σ -nın qiyməti artıqca, detalların yeyilməsi 1,1...1,25 dəfə azalır.

Rotasion emalda, səthin mikrobərkliyinin artması ilə yeyilmə, bütün materiallar üçün 1,5-2 dəfə dəyişir. Səthin bərkliyi eyni olduğu hallarda, polad 30X13-dən hazırlanmış detalların yeyilməsi, digər poladlara nisbətən 1,1...1,2 dəfə azdır.

Pardaqlama və xoninqləmə əməliyyatlarından sonra yeyilmənin, müxtəlif materiallardan hazırlanmış detalların mikrobərkliyindən asılılığının xarakteri eynidir. Bu asılılıqların analizi göstərir ki, səthlərin mikrobərkliyinin artması ilə, detalların yeyilməsi əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşür. Səthin mikrobərkliyinin 5000 MPa-dan 8000 MPa-ya və ondan bir qədər çox artması detalların yeyilməsini 2...3,5 dəfə azaldır. On böyük yeyilmə davamlılığı polad 30X13-dən hazırlanmış detallar, on az yeyilmə davamlılığını isə polad 40X və polad 40-dan hazırlanmış detallar göstərirlər.

Sürtmə əməliyyatından sonra, mikrobərklik artdıqca detalların yeyilməsi azalır.

Almaz sığallamadan sonra, 30X13 poladından hazırlanmış detalların yeyilməsi, 40X və 45 poladlarından hazırlanmış detalların yeyilməsindən uyğun olaraq 1,1 və 1,2 dəfə azdır.

30X13 poladından hazırlanmış detalların almaz sığallamadan sonra yeyilməsi, sürtmə, xoninqləmə, pardaqlama və rotasion metodlarla emal edilmiş detallardan, uyğun olaraq 1,5; 2,0; 2,5 və 3 dəfə azdır.

Səth qatının tələb edilən keyfiyyət göstəricilərini və işçi səthlərinin yeyilməyə davamlılığını təmin etmək məqsədi ilə detallar, müxtəlif mexaniki, fiziki mexaniki, termiki və digər növ əməliyyatlara uğradırlılar.

Emal üsullarının növü və onların yerinə yetirilməsi ardıcılılığı əsasən səth qatının vəziyyəti ilə təyin edilir, cızıqlar qüvvətli yerli deformasiyaların nəticəsində yaranırlar və emal prosesində səthlərin hazırlanmasından asılıdırlar. Emal metodlarından və onların yerinə yetirilməsi ardıcılığından asılı olaraq ilkin deformasiyalar qismən, yaxud tam aradan qaldırıla bilər.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, optimal emal metodlarının və onların rasional ardıcılığının seçilməsi, faktiki olaraq detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığını artırıyan yeganə texnoloji üsuldur.

Aydınlaşdırılmışdır ki, texnoloji əməliyyatların müxtəlif yerinə yetirilmə ardıcılıqları, detalların istismar xassələrinə, xüsusən onların yeyilməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edirlər. Burada səth daşının bəzi fiziki-mexaniki xassələri irsi olaraq sonrakı texnoloji əməliyyatlara ötürülür [2].

Müəyyən edilmişdir ki, ilkin pardaqlamada səthin kələ-kötürlüyü 1,2...1,35 mkm-ə qədər azalır. İlkin pardaqlamadan sonrakı pardaqlama əməliyyatının tətbiqi kələ-kötürlüyü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Pardaqlama prosesindən sonra səthlərin almaz xoninqləməsi də kələ-kötürlüyü, təqribən 2 dəfə azaltmağa imkan verir.

Kələ-kötürlüğün R_a sonrakı azalması sürtmə əməliyyatında da müşahidə olunur. Sürtmə nəticəsində səthin kələ-kötürlüyü 1,5...2,0 dəfəyə qədər azalır.

Almaz sığallama prosesi kələ-kötürlüyü on az təsir edən əməliyyatdır. Almaz sığallamada səthin kələ-kötürlüyü əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsə də, qalxımların

radiuslarının və profiline dolma əmsalının dəyişməsi hesabına dayaq müstəvisi artır, eyni zamanda profil bucağı da azalır.

Mikrobərkliyin səth qatının dərinliyinə nüfuz etməsinin analizi göstərir ki, əməliyyatların bütün yerinə-yetirilmə ardıcılıqlarında, kiçik dərinliklərdə (5...10mkm) müxtəlif emal metodları üçün mikrobərkliklərin qiymətlərində əhəmiyyətli fərq vardır (pardaqlamada ən az, almaz sığallamada ən çox).

30 mkm dərinliyində bütün emal növləri üçün mikrobərkliyin qiyməti azdır və termiki emal zamanı alınan mikrobərkliyə uyğun gəlir. Bu dərinlikdən sonra, mexaniki emalın növündən asılı olan irsi təsir əhəmiyyətsiz dərəcəyə çatır.

Pardaqlama nəticəsində mikrobərklik ilkin göstəriciyə nəzərən artır və 7200 MPa-ya çatır. Aparılan tədqiqatların analizi göstərir ki, pardaqlamada, sığallama hərəkətlərinin sayı artdıqca, temperaturun azalması ilə əlaqədar mikrobərklik də artır. Xoninqləmə prosesi, pardaqlama nəticəsində alınan yumşaq səth qatını götürərək mikrobərkliyi artırır.

Pardaqlama-təmiz pardaqlama-xoninqləmə-sürtmə-almaz sığallama sxemi ilə emal nəticəsində səth qatının mikrobərkliyi 1,37...1,40 dəfə artır. Xoninqləmə mikrobərkliyi 30-35% artırır və nüfuz etməni 15-20 mkm həddinə çatdırır. Mikrobərkliyin almaz sığallama prosesində əhəmiyyətli dərəcədə artmasını, səth qatının qüvvətli plastiki deformasiyaya uğramasının nəticəsi kimi qəbul etmək olar.

Emal ardıcılıqlarının bütün variantlarında emal metodları üçün gərginliklərin eyniliyi xarakterikdir: pardaqlama üçün dərtilan, xoninqləmə, sürtmə və almaz sığallama üçün sıxilan qalıq gərginlikləri. Müxtəlif emal vatriantları üçün gərginliklərin qiymətlərində və dərinliyə nüfuz etmələrində müəyyən fərqlər müşahidə olunur.

İlkin pardaqlamada və pardaqlamada dərtilan qalıq gərginliklərinin yaranması xüsusiyyətləri fərqlidir. Əgər ilkin pardaqlama üçün qalıq gərginliklərin yaranması səth qatının elastiki-plastiki deformasiyaları ilə bağlırsa, pardaqlama üçün qızma-soyuma prosesində yaranan istilik deformasiyalarının irləyi ilə əlaqədardır. Sonrakı "soyuq" əməliyyatlar: xoninqləmə və sürtmə, emal payı ilə birlikdə dərtilan səth qatını sıxır və sıxılan qalıq gərginlikləri yaradırlar. Ən böyük sıxılan qalıq gərginlikləri almaz sığallamada yaranır.

Nəticə. Maşın hissələrinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarının tədqiqi göstərir ki, uyuşma dövründə kələ-kötürlük 1,1...6 dəfə, qalıq gərginliyi 1,2...1,4 dəfə, mikrobərklik 1,2...1,6 dəfə azalır.

Müxtəlif emal metodları, texnoloji proseslər, ayrı-ayrı əməliyyatlar, onların əsas parametrləri və yerinə yetirilmə ardıcılıqları işçi səthlərin formallaşmasına və yeyilməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir.

Ekstremal şəraitdə işləyən maşın və avadanlıqların detallarının yeyilməyə davamlılıqları, tətbiq edilən emal metodlarından və rasional rejimlərdən asılı olaraq 25-45% artırıla bilər.

REFERENCE

1. **Çanəhmədov Ə.X., Qurbanov R.Ə., Əliyev Ə.M.** Tribologiyanın əsasları. Bakı: Çaşıoğlu, 2001. 276 s.
2. **Gafarov A.M.** Tehnologicheskie sposoby povyshenija iznosostojkosti detalej mashin. Bakı: «Elm». 1998, 318 s.
Гафаров А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин. Баку: «Элм». 1998, 318 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ПРИРАБОТКИ

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

В статье исследуется зависимость качества поверхности высокоточных деталей машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях в зависимости от технологических операций, последовательности выполнения операций и времени приработки, анализируются полученные результаты.

Ключевые слова: оборудование, поверхность, время приработки, шероховатость, остаточные напряжения, микротвердость, износ.

EXAMINATION OF SURFACE QUALITY OF MACHINE PARTS AND EQUIPMENT USED AT EXTREME CONDITIONS DEPENDING ON CUTTING-IN TIME

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

The article examines the dependence of the surface quality of high-precision machine parts and equipment, used in extreme conditions, on the technological operations, operation sequences, cutting-in time, and the obtained results were fully analyzed.

Key words: equipment, surface, cutting-in time, roughness, residual stress, micro-hardness, wear.

PLUNJER CÜTLƏRİNİN İŞÇİ SƏTHİNDƏ YARADILAN DİFFUZİON ÖRTÜYÜN BÖHRAN QALINLIĞININ TƏYİNİ

Z.Z. ŞƏRİFOV, E.O. ABBASOV

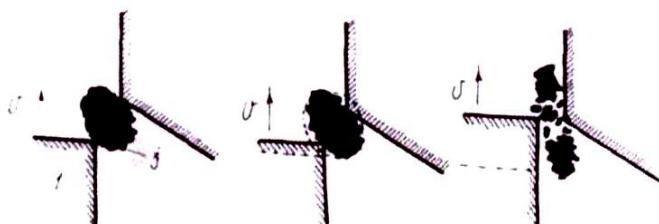
Məqalədə plunjər cütlərində bərpa nəticəsində yaradılan diffuzion qatın böhran qalınlığı ilə onun yüksəkşiyiciliq qabiliyyəti və uzunömürlülüyü arasındaki qarşılıqlı əlaqəyə baxılmışdır. Plunjər və oymaq arasında yaranan biləcək abraziv hissəciklərinin tutulması və dağılması müzakirə olunmuş və onların böhran diffuzion qatın işinə təsirini qiymətləndirmək üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Açar sözlər: *plunjər cütü, diffuzion örtük, böhran qalınlığı, abraziv hissəcik, bərklik, uzunömürlülük.*

Giriş. Məlumdur ki, plunjər cütünün yeyilməsinin əsas növü abrazivlərin tutulma, zərbəli xirdalanma və onların hissəciklərinin doldurucu pəncərələr rayonunda pazların və aralığın özündə diyirlənməsi ilə müşahidə olunmalıdır. Presezion səthlərinin dağılması tədricən, hissəciklərini isə bir anda baş verir. Plunjər və oymaq arasında hissəciyin sıxılması (şək. 1,a) onda dərhal sıxılma gərginliklərin yaranmasına götirir. Plunjərin hərəkəti davam etdiyindən (şək. 1,c) o ya sıxan səthlərə daxil olaraq mikrokəsmə yaradır və ya dağılır. Mikrokəsmə prosesi aşağıdakı nisbətə riayət edildikdə başlaya bilər [1].

$$\frac{h_p}{R_{q\otimes}} = 0,5,$$

burada h_p - abraziv hissəciyin materiala yeridilmə dərinliyi, hansındakı hissəcik dağılır; $R_{q\otimes}$ - hissəciyin gətirilmiş radiusu.



Şəkil 1. Plunjər (1) və oymağın (2) kənarları arasındakı abraziv hissəciklərinin (3) tutulması və dağılması

Nəticələrin müzakirəsi. İ.V. Kraqelskiyə görə [1] müəyyən edilmişdir ki, abraziv hissəciyinin böhran gərginliyinin kəmiyyəti $[\sigma_{ab}]$ və materialın səth bərkliyi H , hansıların arasında hissəciklər sıxılır, (1) asılılığı ilə bağlıdır:

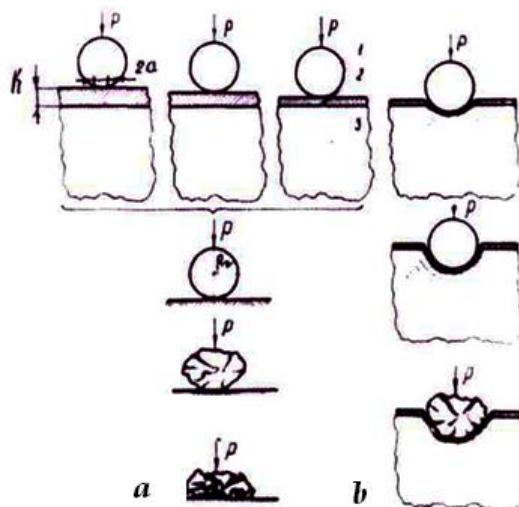
$$\frac{h_p}{R_{qst}} = \frac{[\sigma_{ab}]}{2H}, \quad (1)$$

Görünür ki, kvars hissəciklər üçün $[\sigma_{ab}] \approx 400$ MPa və korund hissəcikləri üçün $[\sigma_{ab}] = 1000$ MPa və detalların səth bərkliyi 15000 MPa-dan çox olduqda hissəciklərin yeridilməsi və sonrakı mikrokəsmə prosesi baş verməyəcək. Bundan nəticə çıxarmaq olar ki, möhkəmləndirilmiş detallarlı plunjər cütlərinin abraziv yeyilmə mexaniziminə abraziv hissəciklərinin yüksək möhkəm səthlər arasında tutularkən onların xirdalanması kimi baxıla bilər. Yeyilmə mikrohəcmələrinin səthlərinin yorğunluq dağılmışının kəmiyyəti ilə müəyyən ediləcək.

Belə yeyilmə abraziv hissəciklərinin dağıdıcı təsirinə müqavimət göstərməyə qabiliyyəti olan kifayət qədər diffuzion qatın qalınlığına malik möhkəmləndirilmiş detallarda özünü göstərə bilər. [3]

Möhkəmləndirilmiş detallar mexaniki emal olunduqda diffuzion qatın qalınlığı xeyli azala bilər (şək.2)

Diffuzion örtük kövrək dağıılma təbiətinə, detalın özəyi isə yumşaldılmış metalin dağılmışına malikdir. Abraziv hissəciklərin zərbəli təsirində və “qat-özək” sisteminin aşağı sərtliliyində səth qatın abrazivlə basılıb sızmaması mümkündür (şək.2,b).



Şəkil 2. Abraziv hissəciyin və az qalınlıqlı diffuzion örtüyün dağılma sxemi:

a) $h > h_{kr}$ olduqda abraziv hissəciyin dağılması;

b) $h < h_{kr}$ olduqda abraziv hissəciklə abraziv örtüyün dağılması;

1-abraziv hissəcik; 2-qalınlığı h olan diffuzion örtük; 3-özək; P-hissəciyyə təsir edən güc;

r_b -abraziv hissəciyin səthlə kontakt radiusu

Bu halin istisna olunması üçün qatın böhran qalınlığı məlum olmalıdır, hansında ki, sıxılmış abraziv hissəciklə basılıb sindırma hələki baş verməyəcəkdir.

“Qat-özək” sisteminə qalınlığı “ h ” dan yüksək bərk qat kimi baxaq. Bu qat plastik yarımfəzada yerləşir. Möhkəmləndirilmiş səthə ona perpendikulyar, oxa simmetrik zərbə güclə yüklenmiş, radiusu R_b olan abraziv hissəcik təsir edir.

Aşağıdakıları qəbul edək:

Üst qat eynicinslidir, bərabər qalınlığa malikdir və özəklə sərt bağlıdır;

Qatlar arasında sürtünmə yoxdur;

Özəyin, qatın (örtüyün) və hissəciyin materialları özlərinə məxsus elastiklik modulu (E), Puasson əmsali (μ), son gərginliklə $[\sigma]$ xarakterizə olunur;

P gücün istiqaməti ilə kəsişmə nöqtəsində özəyin və qatın normal gərginlikləri biribirinə bərabərdir.

Belə məsələ dinamik kontaktlı məsələlər sinfinə aiddir. Belə məsələrin həlli üçün bir sıra təxminini üsullar işlənilib. Bu üsulların hər biri müəyyən sinfin məsələlərinin həlli üçün istifadə oluna bilər. Kontakt dinamik məsələnin ciddi riyazi ardıcılıqla həlli bu tədqiqatların çərçivəsinin xaricindədir. Odur ki, qatın aparıcı qabiliyyətinin təxminini qiymətləndirilməsi üçün [2] işdə göstərilən oxşar məsələlərin həllinin nəticələrindən istifadə etdik. ”Qat-özək” sisteminin daşıyıcılıq qabiliyyətini müəyyən etmək üçün böhran qüvvənin (P_b) kəmiyyətinin, hansında ki, qatın basılıb sindirilənən baş verir, ona uyğun olan diffuzion qatın böhran qalınlığının (h_b) və yerli basılıb dağılmışın (α) kəmiyyətinin təyin olunması kifayətdir. Böhran qüvvəsinin maksimal kəmiyyətinin müəyyən edilməsi üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır [1].

$$P_b = \frac{8G \cdot a^3}{3R_{qat}}, \quad (2)$$

burada $G = \frac{E}{2(1-\mu_2)}$ – sürüşmə moduludur, MPa;

$E_{qat} = \frac{E(1-\mu_3)}{(1-2\mu_2)(1+\mu_1)}$ – diffuzion örtüyün gətirilmiş elastiklik moduludur, MPa;

μ_1, μ_2 və μ_3 – müvafiq olaraq abraziv hissəciyin, örtüyün və özəyin Puasson əmsallarıdır;

a - ləpirin radiusudur, mm;

R_{qat} - abraziv hissəciyin gətirilmiş radiusudur, mm.

Digər tərəfdən baxılan “plunjər-oyma” qovuşmasının hərəkətlilik şərtindən abraziv hissəcisinin dağıılması üçün tələb olunan güc böhran gücün kəmiyyətindən böyük ola bilməz və müəyyən edilə bilər [1]:

$$P_b = \pi R_{qat}^2 [\sigma_{ab}] \quad (3)$$

Bu ifadəyə uyğun olaraq ölçüləri 20 və 30 mkm olan korund hissəciklərinin dağıılması üçün kritik gücün kəmiyyəti 0,31 və 0,71 N təşkil edəcək.

Diffuzion qatın böhran qalınlığının hesabat üçün (2) ifadəsini dəyişdirək. Qatın qalınlığının (h) ləpirin radiusuna (a) nisbətini $\lambda=h/a$ işarə edək. Onu (2) ifadəsində yerinə qoyaraq alırıq:

$$h_b = \sqrt[3]{\frac{3R_{qot} \cdot P_{kr} \lambda^3 (1 - \mu_2)}{4E_{qot}}}, \quad (4)$$

(2) ifadəsindən P_b qiymətini qoyaraq alırıq:

$$h_b = \sqrt[3]{\frac{3\pi R_{qot}^3 \lambda^3 [\sigma_{ab}] (1 - \mu_2)}{4E_{qot}}}, \quad (5)$$

“Qat-özək” sistemin ümumi deformasiyasına iki təşkiledicinin cəmi kimi baxıla bilər [1]

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2, \quad (6)$$

burada α_1 - deformasiyanın elastiki təşkiledicisi, mm;

α_2 - deformasiyanın plastiki təşkiledicisidir, mm.

Deformasiyanın elastiki təşkiledicisi Hersin tənliyindən müəyyən edilə bilər:

$$\alpha_1 = k P_b^{2/3}, \quad (7)$$

burada $h_b = \sqrt[3]{\left(\frac{3(1 - \mu_2)}{4E_{qot}}\right) \frac{1}{R_{qot}}}$ - toqquşan cisimlərin elastiklik xassələrindən və formasından asılı olan əmsaldır.

Deformasiyanın plastik təşkiledicisi α_2 Y.A.İşlinskinin empirik asılılığından tapıla bilər:

$$[\sigma_3] = 0,36 \text{ HB} \quad (8)$$

və ya

$$P_{kr} = [\sigma_3] F / 0,36, \quad (9)$$

burada HB-materialın bərkliyi, MPa;

F - ləpirin sahəsi, mm²;

P_b - hissəciyə təsir edən qüvvə, MPa;

$[\sigma_3]$ - özəyin materialının möhkəmlik həddidir, MPa.

Nəzərə alaraq ki, α_2 və a -nın müqaisə oluna bilən kəmiyyətilərində ləpirin sahəsi F yerli əzilmənin dərinliyi ilə bağlıdır, onda:

$$F \approx 2\pi a d_2, \quad (10)$$

(10) ifadəsini (9) ifadəsinə yerinə qoyaraq, α_2 -nin qiymətini alırıq:

$$\alpha_2 = \frac{0,16 \cdot P_b}{\pi \cdot a [\sigma_3]}, \quad (11)$$

(11) ifadəsini (7) ifadəsi ilə toplayaraq, alırıq:

$$\alpha = \sqrt[3]{\left(\frac{3(1 - \mu_2)}{4E_{qot}}\right) \cdot \frac{1}{R_{qot}} \cdot P_b^{2/3} + \frac{0,18 P_b}{\pi a [\sigma_3]}} \quad (12)$$

Beləliklə, (2), (5) və (12) ifadələri diffuzion qatın daşıyıcılıq qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün hesabat aparmağa imkan verirlər. (2) ifadəsindən irəli gəlir ki, qatın böhran

qalınlığı abraziv hissəciklərin ölçülərinə, onların daxil olmuş dərinliyinə və sıxılmada möhkəmlik həddinə düz mütənasibdir və “qat-özək” sistemin gətirilmiş moduluna əks mütənasibdir. (5) və (12) ifadələrdən irəli gəlir ki, özəyin materialının bərkliyi artıqca ($E_{\text{gə}}, [\sigma_3]$) sistemin daşıyıcılıq qabiliyyəti yüksəlir. Diffuzion emaldan sonra özəyin möhkəmlik xassələrini termiki emal metodlarını tədbiq etməklə yüksəltmək olar.

Nəticə. Möhkəmləndirilmiş detallarda böhran kəmiyyətdən böyük diffuzion qatın mövcudluğu onların uzunömürlü işini təmin edəcək. Hesabat sistemində normal gücdən fərqli olaraq başqa abraziv hissəciyə toxunan qüvvələrdə təsir edir. Bu, hissəcik üçün buraxıla bilən gərginliyin aşağı düşməsinə gətirir və bununla da “qat-özək” sisteminin möhkəmlik ehtiyatını böyür.

REFERENCE

1. Kragelskiy N.B. Treniye i iznos. M: Mashinostroenie, 1968.
Крательский Н.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968.
2. Krutov V.I., Komarov G.A., Purgaj O.V., Chichikin S.A. Tehnicheskaja diagnostika toplivnoj apparatury. – M.: NIINFORMTAZhMASH, 1995, 30 s.
Крутов В.И., Комаров Г.А., Пургай О.В., Чичикин С.А. Техническая диагностика топливной аппаратуры. – М.: НИИНФОРМТАЖМАШ, 1995, 30 с.
3. Patent FRG 2844170. Metody vosstanovlenija iznoshennyyh detalej. Wolfgang Shajbe. – Opubl. v B.I. № 12, 17.04.1980.
Патент ФРГ 2844170. Методы восстановления изношенных деталей. Вольфганг Шайбе. – Опубл. в Б.И. № 12, 17.04.1980.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ, ОБРАЗУЕМОГО НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР

3.3. ШАРИФОВ, Э.О. АББАСОВ

В статье рассмотрена взаимосвязь между критической толщиной диффузационного слоя, образуемого на плунжерных парах в результате восстановления, грузоподъемностью и долговечностью этих пар. Обсуждены вопросы захвата абразивных частиц, образуемых между плунжером и втулкой, и получены аналитические выражения для оценки влияния их на критическую толщину диффузационного слоя.

Ключевые слова: плунжерная пара, диффузионное покрытие, критическая толщина, абразив, частица, твердость, долговечность.

DETERMINATION OF CRITICAL THICKNESS OF DIFFUSION LAYER FORMED ON WORKING SURFACES OF PLUNGER PAIR

Z.Z. SHARIFOV, E.O. ABBASOV

The article considers interrelation between the critical thickness of the diffusion layer formed on the plunger pairs as a result of the recovery, load capacity and durability of these pairs. The issues of capturing the abrasive particles formed between the plunger and bushing are studied and the analytical expressions for the evaluation of their influence on the critical thickness of the diffusion layer are obtained.

Key words: plunger pair, diffusion coating, critical thickness, abrasive particle, hardness, durability.

LABİRİNTLİ NASOSUN HƏNDƏSİ PARAMETRLƏRİNİN ONUN BASQISINA TƏSİRİNİN TƏDQİQİ

N.H. CAVADOV, Ə.S. MƏMMƏDOV, Ə.M. MEHDİYEV

Məqalədə labirintli kipgəcə malik olan, kimyəvi maddələrin vurulması üçün yüksək basqlı və kiçik verimli impeller tipli nasos təklif olunur.

Qeyd olunur ki, nasosun əsas işçi orqanının hissələri arasında (impellerin hissələri arasında) sürtünmə olmadığı üçün onun uzunömürlülüyü təmin olunur.

Açar sözlər: impeller, verim, basqı, oymaq, çıxıntı, nasos, təzyiq.

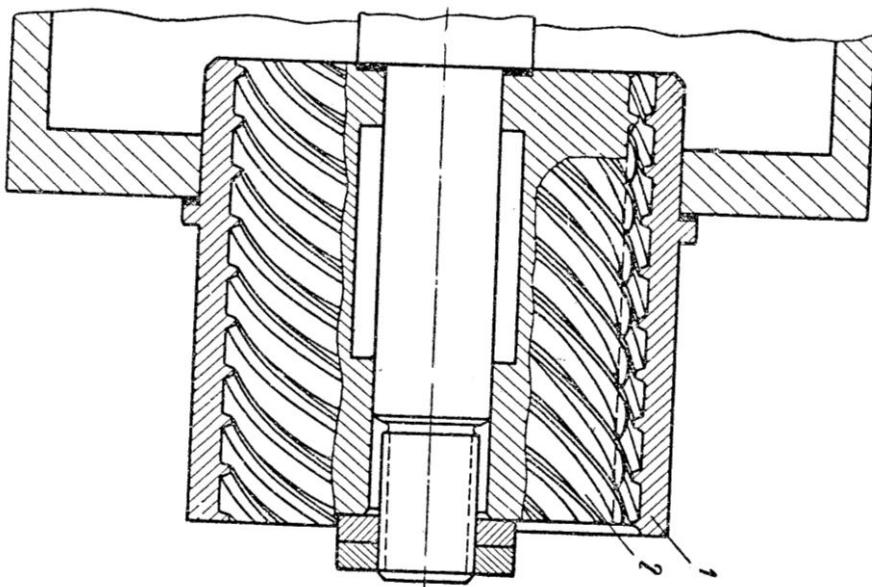
Arasıkəsilməz kimyəvi proseslərdə nasosun verimi kimyəvi reaksiyanın çox kiçik olan sürətindən asılı olduğundan verim də çox kiçik, nasosun basqısı isə kommunikasiya xəttinin uzunluğundan asılı olaraq böyük olmalıdır. Ona görə də kimya sənayesinin aramsız inkişafı yüksək basqlı (160 m qədər) nisbətən kiçik verimli (6 l/san) müxtəlif kimyəvi maddələri vuran nasoslara ehtiyac getdikcə artır.

Yüksək basqı və kiçik verim qabarcıqlı labirintli nasos vasitəsi ilə alına bilər, çünki bu nasoslar verim və gücə görə tam yüklənməmiş rejimdə mərkəzdənqaçma nasosu kimi işləyə bilər.

Kiçik verim və böyük basqının alınma məsələsini gövdə ilə impeller vinti arasından qabarcıqlı mayenin axma rejimini öyrənməklə həll etmək mümkündür.

İmpeller qurğusu silindrik gövdənin daxilində müəyyən bucaq altında kəsilmiş vintvari çıxıntılar və bu silindrin içərisində gövdədəki çıxıntıların bucağının əksinə yönəlmüş çıxıntılarla malik digər sinindirdən ibarətdir. (Əgər vintdə çıxıntılar sağ istiqamətdə kəsilmişsə oymaqda çıxıntılar sol istiqamətdə kəsilməlidir). Belə qurğular labirintli impeller adlanır.

İmpellerin iş prinsipi aşağıda göstərilmişdir (şəkil): İmpellerin vinti 1 gövdəyə 2 nisbətən fırlanma hərəkəti edərkən onun çıxıntılarından qabarcıqlar qopur, bu qabarcıqların yaratdığı axın gövdənin çıxıntıları arasından qopan maye isə vintin çıxıntıları arasındaki boşluğa axır.



Şəkil. Labirintli impellerin konstruktiv sxemi

Mayenin sürtünmə qüvvəsinin impellerin divarına təsirini nəzərə almadan labirintli nasosun xarakteristikalarını təyin edək.

İmpellerin oymağının və vintin çıxıntılarına təsir edən təzyiqlər fərqini

$$\Delta P = k \rho (V_p - V_m)^2 \quad (1)$$

şəkildə yazmaq olar.

Burada k – sabit əmsaldır.

$$V_p = \frac{V}{2} \cos \alpha \quad - \text{çıxitının hərəkət sürətidir.} \quad (2)$$

$$V_m = \frac{Q}{F} \sin \alpha \quad - \text{mayenin orta hərəkət sürətidir.} \quad (3)$$

Q – nasosun verimidir

F – nasosun çıxışının en kəsik sahəsidir.

V – vintin fırlanma hərəkətinin sürətidir:

$$V = \frac{\pi d n}{60}$$

n – vintin dəqiqədəki dövrlər sayıdır.

(1) tənliyinə V_p və V_m qiymətlərini yazsaq

$$\Delta P = k\rho \left(\frac{V}{2} \cos \alpha - \frac{Q}{F} \sin \alpha \right)^2 \quad (4)$$

alariq, burada α – V_p ilə $\frac{V}{2}$ arasındaki bucaqdır.

Δp təzyiqlər fərqi vintin və oymağın pərlərinin mayeyə təsir edən reaksiya qüvvəsini təyin edir.

Nasosun ümumi təzyiqlər fərqi nasosun oxu boyunca çıxıntıların arasındaki təzyiqlər fərqiinin cəminə bərabər olar.

Çıxıntılar arasındaki boşluqların sayı:

$$i = \frac{\ell z}{S}$$

olar.

Burada S – çıxıntıların addımıdır; z – vintin və oymağın çıxıntılarının girişlərinin sayıdır.

Digər tərəfdən

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi d}{S}$$

yazmaq olar, onda

$$i = \frac{\ell z \operatorname{tg} \alpha}{\pi d} \quad (5)$$

alınar.

Burada d – vintin xarici diametridir.

$P \cdot \sin \alpha$ -ni m -ə vursaq nasosun yaratdığı təzyiqlər fərqi alariq:

$$\Delta P_n = k z \rho \frac{\ell}{\pi d} \left(\frac{V}{2} - \frac{Q}{F} \operatorname{tg} \alpha \right)^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha \quad (6)$$

Nasosun basqısı isə

$$H_n = \frac{\Delta P_n}{\gamma} = \frac{k_1}{g} \cdot \frac{z \ell}{\pi d} \left(\frac{V}{2} - \frac{Q}{F} \operatorname{tg} \alpha \right)^2 \quad (7)$$

olar.

Burada: $k_1 = k \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha$;

γ – mayenin xüsusi çəkisidir;

g – sərbəst düşmə təciliidir.

İndi isə nasosun işçi hissələrinin uzunluğunun basqıya təsirinə nəzər salaq. (7) tənliyindən görünür ki, nasosun basqısı verilmiş sərf üçün onun işçi hissəsi ilə düz mütənasib olmalıdır.

Nasosun basqı əmsalı k_1 -ə müxtəlif parametrlərin təsirini araşdırıraq:

$$k_1 = k \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha$$

əmsalında $k = \text{const}$ götürülərsə k_1 -in maksimum qiyməti $\alpha = 54^\circ 40'$ olar. $\alpha = 90^\circ$ götürülərsə $k_1 = 0$ və $H = 0$ olar.

Birinci halda çıxıntılar vintin oxuna paralel nov şəklində düşər və mayedə basqı yaratmaz. $\alpha = 90^\circ$ olan halda çıxıntılar həlqəvi nov şəklini alar və yenə də basqı yaratmaz. Bu o demək deyil ki, α ilə H arasında asılılıq yoxdur, çünki asılılıq başqa formada ola bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, k əmsalı vintdən mayeyə ötürülən enerjini xarakterizə edir. Bu əmsal nə qədər böyük olarsa ötürülən enerji də o qədər böyük olar.

Verilmiş sərfdə nasosun kiçik ölçüdə alınması üçün kz qiymətini böyük götürmək lazımdır.

Dairəvi arabosluğunuñ δ nasosun basqısına təsirini araşdırısaq görərik ki, çıxıntıının hündürlüğünün oymağın və vintin ölçülərinin sabit qalması şərti ilə δ -nın azalması nasosun basqısının artmasına səbəb olur, çünki axının qabarcıqlı sürtünmə qüvvəsi artır.

İmpellerin çıxıntılarının formasının (trapesiya, üçbucaq, düzbucaqlı şəkilli) basqı əmsalına təsirinə baxsaq görərik ki, çıxıntı üçbucaq şəklində olduqda çıxıntıının hündürlüyü artdıqca k -nın qiyməti də artır.

Basqı əmsalının çıxıntılarının girişinin sayından asılılığını analiz etsək məlum olar ki, $k \cdot \frac{h}{t}$ ifadəsində çıxıntıının hündürlüğünün h onun addımına t nisbətinin $\frac{h}{t}$ artması ilə çıxıntıının girişlerinin sayının dəyişməklə nasosun basqısının maksimum qiymətini almaq olar ((7) düsturuna bax).

Nəticələr.

Nasosun işçi orqanı bir istiqamətdə çıxıntılar kəsilmiş tərpənməz oymaq içərisində, digər istiqamətdə çıxıntılar kəsilmiş firlana bilən vintdən ibarət olan nasos təklif olunur.

Hidravlik prosesə görə nasos qabarcıqlı nasos olub labirintli kipgəcə malikdir.

Sadə işçi orqana (oymaq və vint) malik olan nasosun işçi orqanları arasında sürtünmə yoxdur. Nasosun bu elementləri metaldan, qeyri-metaldan hazırlanara bilər və bu nasos vasitəsi ilə müxtəlif kimyəvi maddələr vurula bilər.

Kipgəc kimi labirintli impellerdən istifadə olunub.

Labirintli impeller istifadə olunan bu nasosun işləniib hazırlanması və tədqiqinin aparılması vacib məsələlərdən biridir.

REFERENCE

1. **Prandtl L.** Gidroaeromehanika. Izd. inostr. literatury, 1971.
Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Изд. иностр. литературы, 1971.
2. **Kochin N., Kibel I., Roze N.** Teoreticheskaja gidromehanika. T. II, OGIZ M.-L., 1968.
Кочин Н., Кибель И., Розе Н. Теоретическая гидромеханика. Т. II, ОГИЗ М.-Л., 1968.
3. **Lomakin A.A.** Centrobezhnye i propellernye nasosy. Mashgiz, 1950.
Ломакин А.А. Центробежные и пропеллерные насосы. Машгиз, 1950.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАБИРИНТНОГО НАСОСА НА НАПОР ЖИДКОСТИ

Н.Г. ДЖАВАДОВ, А.С. МАМЕДОВ, А.М. МЕХТИЕВ

В статье предлагается насос импеллерного типа, имеющий лабиринтный уплотнитель, используемый для перекачки химически активных жидкостей с высоким давлением и низкой подачей.

Отмечается, что между основными деталями насоса данного типа существует низкий коэффициент трения, обеспечивающий долговечность узлов.

Ключевые слова: импеллер, производительность, напор, кольцо, насос.

RESEARCH ON INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE LABYRINTH PUMP ON FLUID PRESSURE

N.G. JAVADOV, A.S. MAMADOV, A.M. MEKHTIYEV

The article proposes a pump of the impeller type with a labyrinth sealing to pump chemically active liquids with high pressure and low feed.

It is noted that a low coefficient of friction between main parts of this type of pump provides durability of its units.

Key words: impeller, productivity, pressure difference, ring, pump.

RƏQƏMLİ PROQRAMLA İDARƏ OLUNAN DƏZGAHLARIN TƏTBİQİ İLƏ SAZLANABİLƏN AVTOMAT XƏTLƏRDƏ EMAL EDİLƏN DETALLARIN TƏSNİFATI

F.Q. ƏMİROV

Detalların emalı zamanı texnoloji proseslərin yerinə yetirilməsində aşağıdakı parametrlərə baxılmışdır: detalın konstruksiyası, səthin həndəsi və dəqiqlik parametrləri, detalların ölçülərinə görə qarşılıqlı yerləşmə parametrləri, buraxılış həcmi və hazırlanma dəqiqliyi. Eyni zamanda ölçülərinə görə detalların təsnifatı, onların həndəsi modelləşdirilməsi və tam hazırlanma prosesi üçün koordinat sisteminin qurulması üsuluna baxılmışdır.

Açar sözlər: sazlanan bilən avtomat xətt, rəqəmli programla idarəetmə, texnoloji proses, detalın konstruksiyası və ölçüləri, həndəsi parametrlər.

Giriş. Müasir maşınqayırma sənayesi çoxçəsidliliyi ilə seçilir, seriyalı məhsullar istehsal edir və məhsul istehsalının tez-tez dəyişməsi ilə xarakterizə olunur. Maşınqayırma sənayesi məhsulları isə yüksək konstruktiv mürəkkəbliyi, çoxlu sayda orijinal konstruktiv həlləri ilə xarakterizə edilir. Bu isə, istehsal olunan məhsulun hazırlanmasına ayrılan vaxtı xeyli qısaltdır. Deyilən səbəbdən dəzgah sisteminin yaradılması və istehsalın texnoloji hazırlığı vaxtının azaldılmasına tələbat yüksəlir. Bu isə məhsulun hazırlanma müddətini, yeni məhsul istehsalının buraxılışını və çevik sürətdə operativ olaraq dəyişdirilməsi tələbatını ödəmiş olur.

Avtomat dəzgah sistemi (ADS) kompleksində metalkəsən avadanlıqlar çoxçəsidi istehsalın tələbatlarına daha çox cavab verir [1-3, 8-11]. Eyni zamanda, aparılan işlərin tətbiqi təcrübəsi göstərir ki, bunların çoxu iqtisadi cəhətdən əlverişli deyildir. Lakin bu sahədə kifayət qədər səmərəli istifadə olunma misalları da göstərmək olar. ADS-in aşağı səmərəliliyinin səbəbləri odur ki, milli maşınqayırma sənayesində uyğun infrastruktur və inzibati-texniki şərtlər yaradılmamışdır.

Bu gün ən aktual problem xarakterli məsələ tələb edilən avtomatlaşdırma səviyyəli çoxçəsidi dəzgah sisteminin yaradılmasıdır. Çoxçəsidi istehsalın səmərəliliyinin yüksəldilməsi onun prinsiplərinə cavab verən istehsalın təşkili və idarəetmə tələblərinə uyğun olmalıdır.

Texnoloji proseslərin layihələndirilməsi zamanı çoxçəşidli istehsal üçün dəzgah sistemlərindən istifadədə modul texnologiyaları prinsipi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [4-11]. Modul texnologiyasının mahiyyəti odur ki, məhdud çeşidli modullar ailəsindən modullar çoxluğu seçilə bilər. Hər bir modulda bir neçə tipik texnoloji proses işlənə bilir ki, bu zaman detalın materialının tərkibinin müxtəlifliyi, ölçüləri, dəqiqlik və təmizlik tələbləri, səthin keyfiyyəti və bir çox digər parametrləri nəzərə alınır.

Modul və qrup texnologiyalarının birləşdirilməsi, texnoloji avadanlığın ayrı-ayrı qovşaqlarının icra edilməsi əsasında dəzgah sisteminin yaradılmasına şərait yaratır. Bu əməliyyatlar nəticəsində elə modul tipləri yaradılır ki, modul tipləri sistemi tətbiq edilməklə bütün maşınqayırma kompleksində tipik detalların istehsalını təşkil etməyə imkan yaranır.

İşin məqsədi: Texnoloji proseslərin ümumi layihələndirmə prinsiplərinin işlənilməsi və əsaslandırılması, detalların təsnifatı və tipik texnoloji proseslər ümumi maşınqayırma texnologiyası nəzəriyyəsinin inkişafında vacib məsələlərdən biridir. Eyni zamanda, avtomatik xətlərdə (AX) detalların hazırlanması üçün tipik texnoloji proseslər işlənilmişdir.

Təsnifat dedikdə, detalların konstruksiyası, ölçüləri və onların hazırlanma prosesinin texnologiyasına görə ümumi hesab edilən müəyyən qrup və sinif halında birləşməsi başa düşülür.

Detalların tipikliyi dedikdə, sazlana bilən avtomatlaşdırılmış xətlərdə (SAX) hazırlanacaq detalların optimal texnoloji proseslərinin işlənməsi üçün əsas sayılan və həmin sinif əhatə edən bütün detalların hazırlığı və prinsipial texnoloji marşrut üzrə keçidlərə uyğun detalların səthlərinin emalı prosesi başa düşülür.

Detalların hazırlanması üçün texnoloji proseslərin işlənməsində həllədici qərarlar aşağıdakı faktorlarla xarakterizə edilir: detalların konstruksiyası, səthlərin həndəsi ölçüləri və onların dəqiqlik parametrləri, detalların ölçülərinə görə parametrlərin qarşılıqlı yerləşməsi, buraxılış həcmi və hazırlanma dəqiqliyi [1, 2, 7-11]. Qeyd edilənlərdən başqa, detalların pəstahlarının alınması üsulları da böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Məsələnin həlli: Beləliklə, detalların tipik hazırlanma texnologiyasını təyin edən əsas faktorlar aşağıdakılardır:

- detalların ölçüləri;
- detalların buraxılış həcmi;
- pəstahların alınması üsulları;
- detalların forması (konstruksiyası);
- hazırlanma dəqiqliyi.

Yuxarıda sadalanan faktorların detalların hazırlanma texnoloji prosesinə təsirini araşdırıraq.

Detalların ölçüləri bir çox hallarda onların hazırlanmasında iştirak edən avadanlığın xarakteristikasının təyin edilməsində mühüm rol oynayır və detalların emal prosesinə kifayət qədər ciddi təsir göstərir. Müxtəlif ölçülü, lakin eyni formaya malik detalların səthləri eyni kinematikaya malikdir. Lakin ölçülərdə kifayət qədər fərqlər olarsa, detalların səthlərinin forma kinematikası bir-birindən fərqlənə bilər [1, 2, 9-11].

Məsələn, iri və çox da böyük olmayan gövdə tipli detalları hazırlayarkən onun avadanlığı və formasının kinematikası öz aralarında kifayət qədər fərqlənir. Ölçüləri 300x400x825 mm (şək. 1) olan birsəralı altı silindrli mühərrrik blokunu emal edərkən nəhəng frezləmə, yonma, aqreqat və digər dəzgahlar tələb edilir [11].

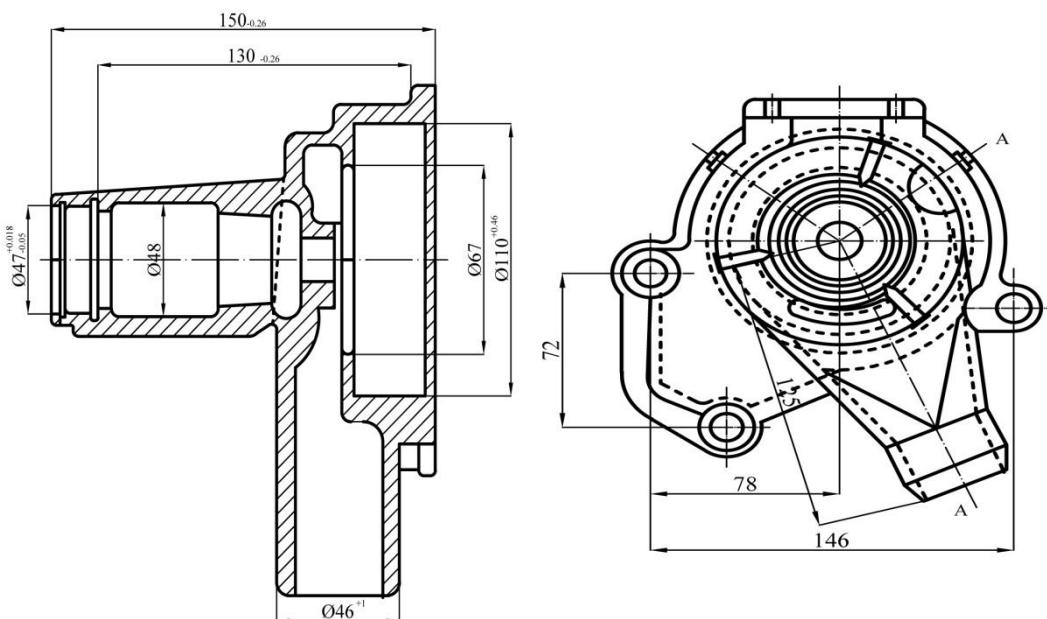
Çox da böyük olmayan gövdə tip detallar (su nasosunun gövdəsi, şək. 2) çoxşpindelli torna-karusel və ya çoxkəskili revolver və çox da böyük olmayan burğulama dəzgahlarında tam hazırlanır [11]. Frezləmə ilə birlikdə səthlər hamarlanır və təmizlənir. Kifayət qədər kiçik ölçülü və çəkili detalların istehsalı istisna olmaqla, bütün gövdə tipli detalların mexaniki emalında bazalaşdırma üsulları və əməliyyatlar ardıcılılığı eynidir.

Qeyd edək ki, emal edilən detalların qabarit ölçüləri AX-in nəqledici, yükləyici və boşaldıcı qurğularının konstruksiyasına ciddi sürətdə təsir edir.

İstehsal ediləcək detalların həcmi texnoloji keçidlər üzrə (emal üsulları) emal ediləcək səthlərin forma yaradan marşrutlarının seçilməsinə ciddi sürətdə təsir göstərir. Bu təsir özünü alətlərin hərəkətlərinin forma yaradıcı kinematikasında və onların hazırlanmasında göstərməklə yanaşı, nəqletmə sisteminin və AX-in ixtiyari mövqelərində iştirak edən yükləmə-boşaltma sisteminə sərt tələbatları ilə də seçilir.



Şəkil 1. Mühərrikin silindr bloku



Şəkil 2. Su nasosunun gövdəsi

Detalların buraxılış həcmi bir əməliyyatda həyata keçirilən texnoloji keçidlərin əvəz edilməsi səviyyəsinə də təsir göstərir. Bu isə, istifadə edilən avadanlığın texnoloji imkanlarını təyin edir və beləliklə, detalların hazırlanmasının texnoloji prosesinə və mürəkkəblik dərəcəsinə təsir göstərir. Detalların mexaniki emalının əmək sərfinin təyinində onların hazırlanma üsulları ciddi rol oynayır. Praktikada aşağıdakı pəstahalma üsullarından istifadə edilir: 1) yayma poladdan doğrama; 2) sərbəst yayma, döymə; 3) ştamplayıcı press, döymə maşını, çəkicilə qapalı stampda ştamplama; 4) çubuq hissələri soyuq ştamplama; 5) ağac modellər üzrə əllə formalaşdırmaqla pəstahların tökülməsi; 6) bir neçə hissədən pəstahın qaynaq edilməsi; 7) metallik modellərə əsasən maşının forması üzrə pəstahın tökülməsi; 8) təzyiq altında presləmə və ya yayma ilə pəstahın tökülməsi.

Qeyd edildi ki, müxtəlif üsullarla alınmış eyni detalların pəstahlarının texnoloji prosesinə sərf edilən əmək sərfiyyatı bir birindən ciddi fərqlənir. Məsələn, sərbəst döymə üsulu əsasında çubuqdan və ya pəstahdan hazırlanmış detallar ştamplama üsulu ilə hazırlanmış detala nisbətən 2 və daha çox texnoloji keçidlərin olmasını və vaxt sərfiyyatı tələb edir. Bu proses müxtəlif üsullarla alınan pəstahlardan, istifadə olunan materialın istifadə olunma əmsali ilə əlaqədardır. Eyni zamanda emal ediləcək materialların yararsız qatının qalınlığından birbaşa asılıdır.

Avtomatlaşdırılmış axın xəttinin köməyi ilə istehsalda tipik texnoloji prosesləri yerinə yetirmək üçün mütləq şəkildə bir neçə pəstahalma üsullarından tam şəkildə imtina etmək lazımdır. Çünkü müasir maşınqayırmayanın inkişaf səviyyəsi nöqtəyi nəzərdən bu iş həm iqtisadi, həm də texniki cəhətdən məqsədə uyğun sayılır.

Detalların texnoloji prosesinin hazırlanmasının aparıcı faktoru onların konstruktiv quruluşudur. Eyni zamanda müxtəlif xarici formalara malik detallar, həmişə onların

hazırlanmasında müxtəlif texnoloji prosesləri tələb edir. Gövdə tip detalların, kronşteynlərin və dayaqların xarici formalarının müxtəlifliyinə baxmayaraq, onlar təfsilatlı hazırlanan texnologiyalara malik olurlar. Adları sadalanan məmulatların tipik formalarının hazırlanmasının nəzəri əsasını iki yuvası olan səthlərdə həmin məmulatların bərkidilməsi, səthlərin emalının ardıcılılığı və hazırlanma mərhələsi, yəni mexaniki emalın aparılmasının texnoloji ardıcılığı (səthlərin kobud, təmiz və incə emalı, açılan yuvaların kobud və incə emalı və s.) təşkil edir.

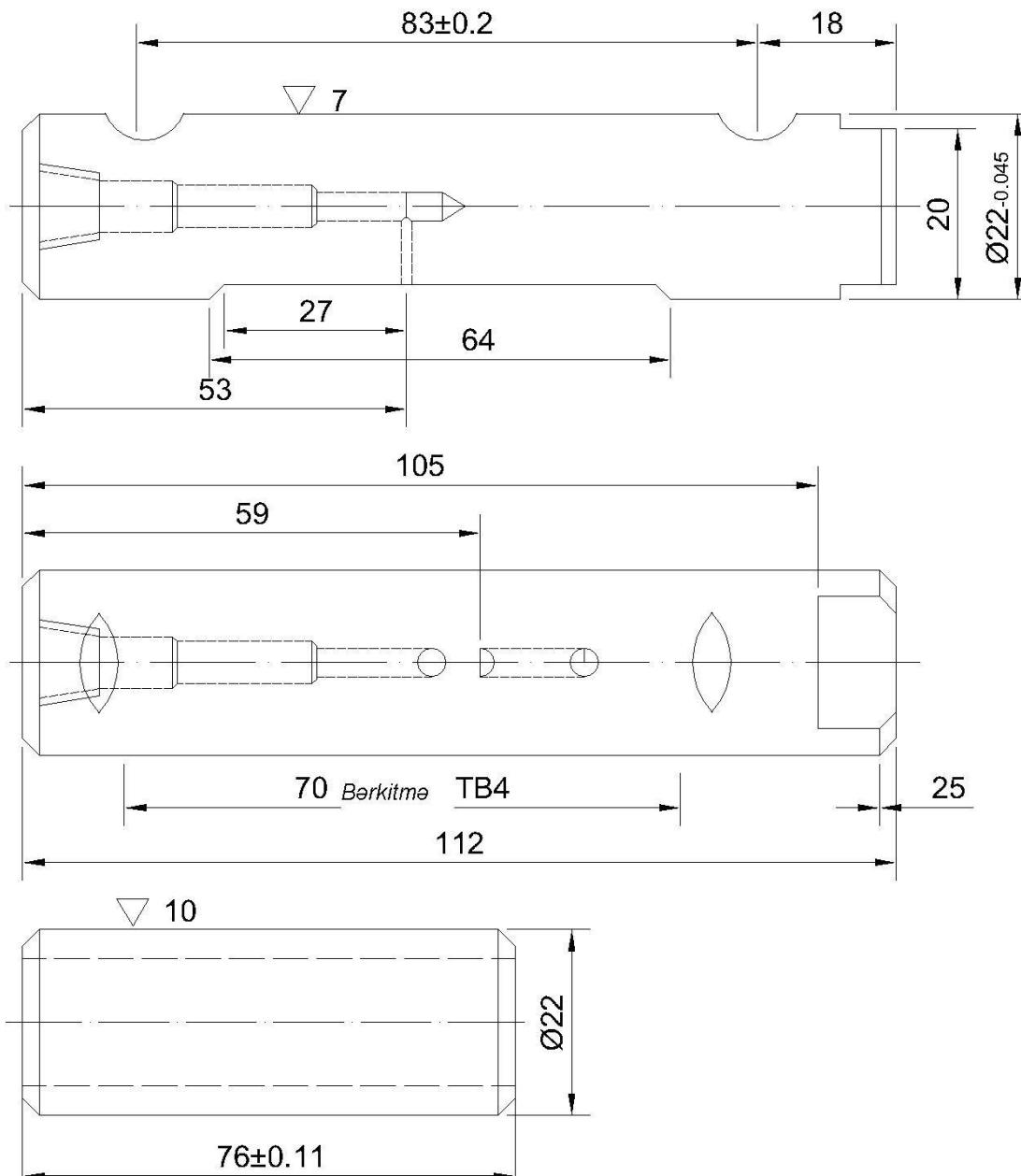
Əməliyyatlararası nəqletmə zamanı detalların forması onların pəstahlarının bazalaşdırma sxemlərinə ciddi sürətdə təsir göstərir ki, bu da sonradan istifadə ediləcək yükləmə-boşaltma qurğularının kinematik sxemlərində və konstruksiyasında özünü göstərir. Əsas əməliyyatların ardıcılığını dəyişmədən yüksək dəqiqlik və təmizlik əldə etmək üçün bir çox əlavə əməliyyatlar aparılır. Əlavə əməliyyatlar nəticəsində mexaniki emalda əmək tutumu artsa da, hazırlanan detalların mexaniki emalı texnoloji proseslərinə uyğun olaraq onların dəqiqlik sinfinin artırılmasına imkan yaranır. Porşen barmaqları və resorlar üçün texnoloji proseslərin keyfiyyətli hazırlanması cədvəldə göstərilmişdir (şək. 3) [11].

Cədvəl

Porşen barmaqları və resorların xarici silindrik səthlərinin emalının müqayisəsi

Resor tipli barmaq: $d=22\text{mm}$, $l=112\text{mm}$, diametral müsaidə $T=45\text{mkm}$, kələkötürlük $R_a=1,25$	Porşen tipli barmaq: $d=22\text{mm}$, $l=76\text{mm}$, diametral müsaidə $T=2,5 \text{ mkm}$, kələkötürlük $R_a=0,16$
T=80 mkm müsaidə ilə xarici diametrin yonma və ya sürtmə ilə emalı HRC56...62 bərklik təmin edilməklə materialın termiki emalla möhkəmləndirilməsi Mərkəzsiz-pardaxlama dəzgahında xarici silindrik səthin pardaxlanması. Emal payı $\Delta d=0,3 \text{ mm}$, müsaidə T=45mkm, kələkötürlük $R_a=0,63$	T=80 mkm müsaidə ilə xarici diametrin yonma və ya sürtmə emalı HRC56...62 bərklik təmin edilməklə materialın termiki emalla möhkəmləndirilməsi Mərkəzsiz-pardaxlama dəzgahında xarici silindrik səthin kobud pardaxlanması. Emal payı $\Delta d = 0,3 \text{ mm}$, müsaidə T=30 mkm, kələkötürlük $R_a = 1,25$ Mərkəzsiz-pardaxlama dəzgahında xarici silindrik səthin təmiz pardaxlanması. Emal payı $\Delta d = 0,15 \text{ mm}$, müsaidə T=15 mkm, kələkötürlük $R_a = 0,32$ Mərkəzsiz-cilalama dəzgahında xarici silindrik səthin təmiz cilalanması. Emal payı $\Delta d = 20 \text{ mkm}$, müsaidə T=10 mkm, kələkötürlük $R_a = 0,080$

Analoji fərqi müstəvi və fasonlu səthlərin, yuvaların daha dəqiqlik emalı prosesində müşahidə etmək olar. Beləliklə, analogi texnoloji proseslərdə iştirak edən, dəqiqliyinə və ayrı-ayrı səthlərin cilalanma səviyyəsinə görə fərqlənən uyğun tipi detallar üçün yeni texnoloji proses yaratmaq lazımdır. Sadəcə olaraq tipik texnoloji prosesə tamamlayıcı texnoloji keçidlər əlavə etmək lazımdır.



Şəkil 3. Barmaq: a) ön resor; b) porşen

İstehsalda sazlanabilən texnoloji avadanlıqlar müxtəlif emal üsulları şəraitində emal üsullarının ardıcılılığını təmin etməli və universallıq baxımından texnolojiliyi tam əhatə etməlidir (yonma, burğulama, frezləmə və s.). Bu nöqtəyi-nəzərdən hal-hazırda istehsal olunan və rəqəmli proqramla idarə olunan torna qruplu emal mərkəzləri təkrar sazlanabilən olduğu üçün, bir əməliyyatda bir yerləşdirmədə müxtəlif formalara malik pəstah səthlərini emal edə bilir. Başqa sözlə desək, müasir texnoloji avadanlığın elə bir unikal imkanı vardır ki, onlar eyni əməliyyatda çoxmövqeli və çoxşindelli avtomatlara məxsus həcmidə işlər görə bilərlər.

Texnoloji tərtibat-qovşaqlı sazlanabilən istehsalı universallıq nöqtəyi nəzərdən elə təmin etmək lazımdır ki, pəstahların bazalaşdırma sxemi və əsas konstruktor bazasının nəzəri sxemləri üst-üstə düşsün (bu SAX-li istehsal üçün əsas faktor hesab edilir). Bu işi yeni texniki tələbləri nəzərə almaqla səthlərin qarşılıqlı vəziyyətini verilmiş ölçülərə görə dəyişməklə, asanlıqla həyata keçirmək olar. Bu, konstruktor və texnoloji bazaların üst-üstə düşməsini təmin edir.

Axın prinsipli istehsalın təşkilində istifadə edilən detalların hazırlanmasında onların forma və təyinatının identikliyini (oxşarlığını) nəzərə alaraq professor F.S. Demyanyuk tərəfindən çəkisi 100 kq-a qədər olan orta ölçülü maşın detallarının altı sinfə bölünməsi təklif edilmişdir [6, 11]. Bunlar aşağıdakılardır:

- 1) gövdə tipli detallar;
- 2) dairəvi çubuqlar;
- 3) silindrərlər;
- 4) diskler;
- 5) dairəvi olmayan çubuqlar;
- 6) bərkidici detallar.

Gövdə tipli detallar, ayrıca sinfə aid edilmişdir. Belə ki, bu geniş istifadə edilən detallar qrupuna aiddir. Xarici formalarının müxtəlifliyinə baxmayaraq, bütün gövdə tipli detalları analoji proseslər əsasında hazırlanmaq olar. Oxşar proseslər əsasında dabanları, dayaqları, lövhələri və bucaqlıqları hazırlamaq olar. Bunlar da təsnifat cədvəlinə görə gövdə detallar ailəsinə daxildir.

Təsnifat cədvəlində “Dairəvi çubuqlar” sinfinə adı vallar, oxlar, çəkicilər, dairəvi dayaqlar, düz və yumruqvari vallar, kənarları çıxıntılı dişli çarxlı vallar aiddir. Onların da xarici görünüşlərinin müxtəlifliyinə baxmayaraq, eyni hazırlanma proseslərinə malikdirlər.

“Dairəvi çubuqlar” sinifli detallar “Vallar” adı ilə müqayisədə daha ümumi olan çox sayıda detallar sinfini əhatə edir. Çünkü “pərlər” sinfi dedikdə yalnız fırlanma hərəkəti yaylor nəzərdə tutulur.

“Silindrərlər” adlanan detallar sinfinə nəinki oymaqlar, hətta oymaqlara oxşar barabanlar, porşenlər, toplar və s. daxildir.

“Diskler” sinfinə daxil olan detallar dedikdə, diskin xarici diametrinin yarısına bərabər olan hündürlüklü fırlanan səthlər nəzərdə tutulur.

“Dairəvi olmayan çubuqlar” sinfinə müxtəlif tipli dəstəklərdən başqa, qısalılmış formalı digər dairəvi olmayan detallar aiddir. Məsələn, benzinqışlığı mühərriklərin sorucu və vurucu kollektorları, avtomobilərin qabaq oxlarının çərçivələri, şatunları və digər oxşar tipli detallar və s. aiddir [11].

“Bərkidici detallar” sinfinə boltlar, qaykalar, işgillər, sancaqlar, vintlər və s. daxildir.

Lakin bu təsnifat RPİ dəzgahlarında detalların emal xüsusiyyətini nəzərə almır. RPİ dəzgahlarının idarəetmə programına daxil edilən detallar konstruktor sxemləri əsasında hazırlanmış detalların səthlərinin həndəsi ölçülərinə nəzərən seçilir. Əgər detalların həndəsi modellərini texnoloji baza əsasında qurmaq mümkün olarsa, onda artıq əvvəlcədən detalların konstruktor və texnoloji bazalarını eyniləşdirməklə yol veriləcək xətaları aradan qaldırmaq

olar. Yuxarıda deyilənlərdən belə nəticə çıxır ki, rəqəmli programla idarə edilən avadanlıqlardan istifadə etməklə ADS qurduqda mütləq hazırlanacaq detalların sinfini bazalaşdırma nəzəriyyəsinin koordinatlar sistemini nəzərə almaqla tərtib etmək lazımdır.

Bunun üçün ölçülərinə görə detalların təsnifatı, onların həndəsi modelləşdirilməsi və tam hazırlanma prosesi üçün koordinat sisteminin qurulması üsluluna əsaslanmaq lazımdır.

Detalların təklif edilən təsnifatının əsasını üç təyinedici faktor təşkil etməlidir: detalların ölçüləri (onun qabaritləri və çəkisi), həndəsi modelləşdirmə üçün koordinat sisteminin qurulma üsulu və onların emal prosesi. Detalların pəstahının alınma üslulunu və onların buraxılış həcmi tipik texnoloji proseslərin yaradılması zamanı nəzərə almaq lazımdır.

Qeyd edək ki, mövcud təcrübəyə əsasən bütün maşın detallarının ölçülərinə görə qruplara bölünməsi əsasında təsnifat hazırlamaq üçün orta ölçülü bütün maşın detallarını dörd qrupa bölmək qərara alınmışdır: böyük, orta, böyük olmayan və kiçik ölçülü detallar.

Detalların ölçülərinə görə bölünməsi müvafiq dəzgahların tipik ölçülərinə görə bölünməsinə uyğundur:

- böyük ölçülü detallar dedikdə, bütün növ böyük ölçülü dəzgahlarda emal edilə bilən detallar nəzərdə tutulur;
- orta ölçülü detallar dedikdə, orta ölçülü dəzgahlarda emal edilə bilən detallar nəzərdə tutulur;
- nisbətən kiçik ölçülü detallar dedikdə, kiçik modelli dəzgahlarda emal edilə bilən detallar nəzərdə tutulur və s.

Dörd qrupun hər birinə aid olan detalların təsnifat cədvəlinə müxtəlif detalları daxil etmək olar. Məsələn, böyük ölçülü detallar sinfinə gövdə detallar, böyük ölçülü vallar, dişli çarxlar, silindrələr, nazimçarx və s. daxil edilə bilər.

Yuxarıda qeyd edildi ki, rəqəmli programla idarə edilən avadanlıqdan istifadə edilərsə (dəzgahlar, nəqliyyat funksiyalı robotlar, dəzgah tərtibatlarından pəstahları yükləmək və boşaltmaq üçün istifadə edilən robotlar və s.) detalların düzülüşünün koordinat sisteminin qurulma üsulu kifayət qədər əhəmiyyət kəsb edir. Başqa sözlə koordinat oxlarının və ya koordinat müstəvilərinin ölçülərinin təyini üçün detalın hansı səthlərindən istifadə edilməsi praktik əhəmiyyət kəsb edir. Ona görə də, detalların səthlərinin ölçülərinin baza vəziyyətini bilməklə qurulmuş koordinat sistemində, detalların işçi cizgilərinə əsasən bütün detalların böyük həcmli həndəsi modelini qurmaq olar.

Nəticə. Aparılmış tətqiqatlar texnoloji proseslərin müxtəlif mərhələlərində pəstahların bazalaşdırılması və hazırlanmış detalların həndəsi modelləri ilə əlaqələri, eyni zamanda istifadə edilən müasir texnoloji avadanlığın texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla göstərmişdir ki, bütün detallar qabarit ölçülərinə görə 3 sinfi və 4 qrupa bölünə bilər.

Aparılmış tətqiqatlar göstərmişdir ki, texnoloji avadanlığın etibarlılığı aşağı olduqca texnoloji keçidləri bir mövqedə birləşdirmək daha effektlidir.

REFERENCE

1. **Amirov F.G.** Povyshenie effektivnosti i obespechenie nadezhnosti avtomaticheskikh linij. «Vestnik Mashinostroenija», 2004, №5, s. 77-78.
Амиров Ф.Г. Повышение эффективности и обеспечение надежности автоматических линий. «Вестник машиностроения», 2004, №5, с. 77-78.
2. **Amirov F.G.** Obshchie polozhenija sozdaniya perenalazhivaemyh avtomaticheskikh stanochnyh sistem. Moskva: «Mashinostroenie», «Sborka v mashinostroenii , priborostroenii», 2011, №7, s. 44-47
Амиров Ф.Г. Общие положения создания переналаживаемых автоматических станочных систем. Москва: «Машиностроение», «Сборка в машиностроении, приборостроении», 2011, №7, с. 44-47
3. **Vladzievskij A. P., Belousov A.P.** Osnovy avtomatizacii i mehanizacii tehnologicheskikh processov v mashinostroenii. M.: «Vysshaja shkola», 1966, 382 s.
Владзиевский А.П., Белоусов А.П. Основы автоматизации и механизации технологических процессов в машиностроении. М.: «Высшая школа», 1966, 382 с.
4. **Dashhenko A.I., Belousov A.P.** Proektirovanie avtomaticheskikh linij. M.: «Vysshaja shkola», 1983, 328 s.
Дашенко А.И., Белоусов А.П. Проектирование автоматических линий. М.: «Высшая школа», 1983, 328 с.
5. **Dymshic E.S.** Razrabotka metodov rascheta nadezhnosti avtomaticheskikh linij po zadannym znachenijam nadezhnosti ih elementov. M.: «ENIMS», otchet po teme, etap 3, 1964, 1952 s.
Дымшиц Е.С. Разработка методов расчета надежности автоматических линий по заданным значениям надежности их элементов. М.: «ЭНИМС», отчет по теме, этап 3, 1964, 1952 с.
6. **Demjanuk F.S.** Tehnologicheskie osnovy potochno avtomatizirovannogo proizvodstva. M.: Vysshaja shkola, 1968, 700 s.
Демьянюк Ф.С. Технологические основы поточно автоматизированного производства. М.: Высшая школа, 1968, 700с.
7. **Erpsher Ju.B.** Nadezhnost i struktura avtomaticheskikh stanochnyh linij. M.: «Mashinostroenie», 1962, 179 s.
Эршер Ю.Б. Надежность и структура автоматических станочных линий. М.: «Машиностроение», 1962, 179 с.
8. **Makarov I.M.** Sistemnye principy sozdaniya gibkih avtomatizirovannyh proizvodstv. - M.: Vysshaja shkola, 1986. - 176 s.
Макаров И.М. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств. - М.: Высшая школа, 1986. - 176 с.
9. **Sultan-zade N.M.** Metod optimizacii strukturnoj komponovki avtomaticheskikh linij. // Sb.: «Sistemy upravlenija stankami i avtomaticheskimi linijami», M.: «VZMI», 1982, s. 9-13

Султан-заде Н.М. Метод оптимизации структурной компоновки автоматических линий. // Сб.: «Системы управления станками и автоматическими линиями», М.: «ВЗМИ», 1982, с. 9-13

10. **Sultan-zade N.M., Timkovskij V.G.** Metod optimizacii struktury odnopotochnyh avtomaticeskikh linij. // Sb.: «Sistemy upravlenija stankami i avtomaticeskimi linijami», M.: «VZMI», 1983, s.93-96.

Султан-заде Н.М., Тимковский В.Г. Метод оптимизации структуры однопоточных автоматических линий. // Сб.: «Системы управления станками и автоматическими линиями», М.: «ВЗМИ», 1983, с.93-96.

11. **Sultan-zade N.M., Amirov F.G.** Klassifikacija detalej dla izgotovlenija ih na perenalaživayemyh avtomaticeskikh linijah s ispolzovaniem obrabatyvajushhih centrov s chislovym programmnym upravleniem // «Nauchnye izvestija» Sumgaitskogo gosudarstvennogo universiteta, 2012, №2, s. 106-113

Султан-заде Н.М., Амиров Ф.Г. Классификация деталей для изготовления их на переналаживаемых автоматических линиях с использованием обрабатывающих центров с числовым программным управлением // «Научные известия» Сумгайтского государственного университета, 2012, №2, с. 106-113

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ НА ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Ф.Г. АМИРОВ

Рассмотрены следующие параметры технологических процессов обработки деталей: конструкция деталей, геометрические параметры и показатели точности поверхностей, параметры взаиморасположения по размерным данным деталей, объем выпуска и точность изготовления. Рассмотрен способ построения системы координат для их геометрического моделирования и полного изготовления, классификации по размерным данным.

Ключевые слова: переналаживаемая автоматическая линия, программное управление, технологический процесс, конструкция и размеры деталей, геометрические параметры.

CLASSIFICATION OF PARTS PROCESSED ON AUTOMATED LINES OF RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS WITH DIGITAL PROGRAM MANAGEMENT

F.G. AMIROV

The following parameters of technological processes parts: design details geometric parameters and indicators of the accuracy of the surfaces, the parameters relative position on the dimensional data items, production volume and precision manufacturing. However, it is considered a method of constructing a coordinate system for their geometric modeling and complete fabrication, dimensional data classification.

Key words: reconfigurable automatic line, digital control process design and dimensions of parts, geometrical parameters.

GENETIC ALGORITHMS OF MULTI-OBJECTIVE PROBLEMS SOLUTION OF TRANSPORT LOGISTICS IN CONDITIONS OF FUZZY UNCERTAINTY

S.K. GEZALOV

We have worked out the criterion of fuzzy interval for minimizing target function with fuzzy coefficient. The given criterion shows adaptability of genetic algorithms for building Pareto-optimal solutions of multi-objective problem of transport logistics with fuzzy coefficient of objectives.

Key words: *shipping logistics, triangle fuzzy numbers and trapezoidal fuzzy interval, genetic algorithm, Pareto-optimal solutions.*

Introduction. In the period of centralized management of the economy, transportation planning between product manufacturer and consumer within the frame of problems was under way: transport and routing. At the stage of operational planning in automobile operating companies, discretization, especially intensive in transportation, kind and amount of rolling stock, weight capacity of utilizable automobiles etc. helped to correct reviewed transportation plans. Automobile operating companies used to be as economical companies then.

From the point of view of shipping costs, the main idea of transportation task was rational rigid fixing of consumers after suppliers. This idea was for planning bulk cargo transportation: fertilizing and holding harvest work in agriculture; mechanical engineering products; constructive freight etc.

During 1990...2000's there were radical changes in economy of the post-soviet republics; drop in production and enterprise disaggregation which caused some troubles in relations between consumers and suppliers.

There were two essential tendencies in transport: volume contraction of transportation and deterioration of motive-power fleet. Privatization, denationalization and corporatization in the sphere of automobile transportation were the reason that nowadays there are about 10 rolling stocks in automobile operating companies. In parallel to it, there was a rescheduling of car parks to the advantage of light-duty and heavy-duty machines, related with the development of internal and international market.

It is necessary to mention that shift in demand of transport services caused cargo mix contains 80% of Standard Shipping Note within freight turn-over, transported or pendulum lever or deliver (assembled, assembled-delivery) routes. The necessity of transport problem solution does not fail at such chart of transport organization [1].

Nowadays they solve classical transportation problem for large firms, that have store and branch network and for medium-sized and small enterprises, for reduction of transportation costs at bulk transport of raw material and finished products as well. The solution of routing problem is still especially actual in local trucking transport.

It is obvious that due to economy growth of the country, efficiency rise of transportation process requires new approaches to organize shipment. It has led to appear a new direction of shipping logistics. According to the definition [1], logistics is a science of planning, organizing, management and control of moving material and informational flow over a distance and time from protosource to final consumer; logistic system (LS) is a complex executive complete (structured) economical system, which consists of network elements linked in a single managing process of material and accompanied by their flow.

The strategy (concept) of logistic system deals with managing the materials and managing the distribution. American scientists consider logistics as a structure of planning, not function of entrepreneurship, and determine logistics as an integrated process of management of material and informational flow, aimed at supporting maximum possible need satisfaction of consumers with minimum gross expenses [2]. In other words, the aim of management in the sphere of logistics involves not management of material flow but supporting device of analyzing problems and strategies, which may carry out daily activities [3].

Supply chain is a complex multi-structural system with active elements, which performs in conditions of fastest growing market environment. Supply chain activity deals with material uncertainties. Uncertainty sources may serve as swings in demands, forecast error, breakdown of resources, inaccuracy of data, managers' wrong decision, uncertain transfer of information and interpretation of various events, focused actions on destruction of supply chain (terrorism, pilferage), and such extreme cases as changes of political and natural conditions.

Four essential groups of uncertainty sources that appear in integrated supply chains [4]:

- factors referred to the object with which interaction of environment, subject or subjects take place (for example, in the form of knowledgebase) [first group of factors];
- factors referred straight to the environment (uncertainty of environmental impact on "absorbed" object in it) [second group of factors]
- factors, caused by uncertainty, nebulosity mentality and human knowledge is a subjective or personalistic uncertainty, which emerges in interaction with a human and his environment [the third group of factors];
- factors, conditioned by uncertainty, fuzziness and inconsistency of stored knowledge, uncertainty of those or other procedures [fourth group of factors];

It is necessary to note that above described variants of classification (and any other variant) do not allow reflecting all difficulty of interrelation of treated factors of uncertainty. For example, axiological aspects of uncertainty (Greek *axia* -utility, value, *logos* -study) deals with as multi-objective aspects of uncertainty. As one of the main problems, due to the particular utility function, the problem of formation of total preference relations, possible or in other words, fuzzy – possible uncertainty, elements including the content of corresponding utility function [5]. One can also find relations between linguistic uncertainty, which reflect uncertainty, double-meaning words and phrases of natural language and various types of logical uncertainty.

One of the peculiarities of studying difficult systems, as well as supply chains are list of factors, quantity description of them are either considerably difficult in virtue of uncertainty or pointless (for example, factors of firm reputation, immediacy of orders etc. In solution of such kinds of problems, the theory <>fuzzy sets<> has been developed in the frame of system analysis (*Fuzzy*-method) [5, 6, 7].

The method-*fuzzy* (fuzzy logics) based on the criterion where a great many events of objective reality can be classified with the help of specific rank of peculiarities, but not based on certain physical value. Application of the given method can be divided into several stages: definition of primary structure system, reference to industrial data, conceptual study model - *Fuzzy* and its description in changeable- *Fuzzy*. In conceptual study of *Fuzzy* – model, you determine primary characteristics of the object that needs comparison and evaluation. Then description of the given model with the help of *Fuzzy* – terms takes place, where linguistic changes are used. Variety of factors that influence planning and management of transport flow lead to uncertainty in some or all coefficient of target function. For example, transport service costs, shipping time etc. are not available to determine.

Let us study the so-called *solid transportation problem*–STP, where you can use similar conveyances for loading of goods. Multi-objective problems STP (*multi – objective* STP–MSTP) represent major concern in practice. Examples of target function (criterion) of transport problem are: expected time of goods delivery, traffic reliability, convenience of users, date of consumption of perishable goods etc.

Solution of the problem, including several target functions involve the finding compromise decision among several undominated decisions (i.e. Pareto - solution [8]).

The given work studies multi-objective solid-body three-index transport problem with fuzzy coefficient of target functions (*fuzzy multi- objective* STP). Solution of this problem (briefly f-MSTP) shows applicability of genetic algorithm (GA) not only in case of coefficient presentation of target functions with triangle fuzzy numbers (TFN), analyzed in [9], but in case of their presentation by trapezoidal fuzzy intervals (TFI). Algorithm used allows the generalization on multi-index multi-objective transport problems (including shipping of different kinds of goods) with fuzzy coefficient, where existing methods solve them as in classical case (with clear coefficient and one target function) [10].

I. Setting of multi-objective transport problem with fuzzy coefficient of target functions

First transport problem with fuzzy coefficient (*fuzzy transportation problem*) was investigated in the work [11]. Gene and others [12–14] suggested the improved genetic algorithm for solution of the problem MSTP with fuzzy numbers (fuzzy MSTP-f-MSTP).

Problem f-MSTP is formulated in [6]. Let m be a dispatching point (*origin*), n delivery point (*destinations*) and k means of conveyance (*conveyances*). Quantity a_i of similar goods are for each dispatching point that travel to n delivery point with application b_i for supply of goods, which must be delivered to j - delivery point. Let further, e_k – number of goods, which may be delivered k by conveyance. Fuzzy coefficient characterizes commodity units, transported from dispatching point i to delivery point j with the help of k means of transport, to q - target function ($q = 1, 2, \dots, Q$). Changeable x_{ijk} is unknown quantity of goods, which must be delivered from point i to point j by means of k – transportation means. Then problem f-MSTP will be:

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

At restricted

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

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

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

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

Where $a_i \geq 0, \forall_i; b_j \geq 0, \forall_j; e_k \geq 0, \forall_k; \tilde{c}_{ijk}^q \geq 0, \forall_{i,j,k}$.

Equilibrium criterion

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

Is essential and sufficient condition for occurrence of permissible problem solution (1.1) - (1.5).

Let us consider that fuzzy coefficient \tilde{c}_{ijk}^q are either triangle fuzzy numbers (TFN) or trapezoidal fuzzy intervals (TFI). Concept definition of fuzzy numbers and fuzzy intervals and arithmetic operations are over [5, 15, 16].

2. Ranking of fuzzy numbers and fuzzy intervals

For ranking fuzzy numbers let us use simple and practical method, suggested by Luin and Wang [17]. We may use this method for TFN and TFI and is based on the calculation of several integrals.

Left side of integral characterizes the acceptance of pessimistic solution and right side of integral as optimistic solution. Convex combination of two integral value with parameter α , reflecting optimism level, named in [17] by common value of integral.

Let \tilde{A} be TFN, determined number triple (a_1, a_2, a_3) , with membership function

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (x-a_3)/(a_2-a_3), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{For other cases} \end{cases} \quad (2.1)$$

where a_1, a_2, a_3 are real numbers; $a_1 \leq a_2 \leq a_3$.

Suite of the view usually represent TFN

$$\tilde{A} = (s, m_1, m_2) \quad (2.2)$$

$$S = a_2, \quad m_1 = a_2 - a_1, \quad m_2 = a_3 - a_2 \quad (2.3)$$

Relevant reverse functions for $\mu_{\tilde{A}}(x)^L = (x-a_1)/(a_2-a_1)$ and $\mu_{\tilde{A}}(x)^R = (x-a_3)/(a_2-a_3)$ are consequently expressed by functions

$$g_{\tilde{A}}(y)^L = a_1 + (a_2 - a_1)y, \quad g_{\tilde{A}}(y)^R = a_3 + (a_2 - a_3)y, \quad y \in [0,1] \quad (2.4)$$

L - abbreviation of English «Left», and R - of English «Right».

Left and right value of integral, compared with TFN \tilde{A} is formulated as in (fig. 2.1.).

$$I(\tilde{A})^L = S_{ADB} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^L dy, \quad (2.5)$$

$$I(\tilde{A})^R = S_{BDC} = \int_0^1 g_{\tilde{A}}(y)^R dy \quad (2.6)$$

Here S_{ADB} and S_{BDC} – area of triangle ADB and BDC .

Total value of integral, compared with TFN $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ according to [18] is written as

$$I_T^\alpha(\tilde{A}) = \alpha I(\tilde{A})^R + (1 - \alpha) I(\tilde{A})^L = \frac{1}{2} [\alpha a_3 + a_2 + (1 - \alpha) a_1] \quad (2.7)$$

where α - given level of optimum, $\alpha \in [0,1]$.

AT $\alpha = 0$ total value of integral $I_T^0(\tilde{A})$ represents optimistic solution, where in such case $I_T(\tilde{A})$ coincides with left side value of integral $I(\tilde{A})^L$, calculated due to lesser variables x_{ijk} , provided that (1.5) leads to lesser value of relevant target function. For pessimistic solution of ($\alpha = 1$) total value of integral $I_T^\alpha(\tilde{A})$ coincides with right side value of integral $I(\tilde{A})^R$. Certainly, in case of maximizing the target function $\alpha = 0$ will answer to pessimistic solution,

and $\alpha = 1$ – optimistic one. For moderate solution at $\alpha = 0,5$ (as in minimizing so maximizing of target functions), total value of integral is $I_T^\alpha(\tilde{A}) = \frac{1}{2} [I(\tilde{A})^L + I(\tilde{A})^R]$ and we approach to the method of comparing fuzzy numbers [6].

Let us take $I_T^\alpha(\tilde{A})$ in the place of comparison, we will get following criterion of ranking the fuzzy numbers \tilde{A}_i and \tilde{A}_j [18]:

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 $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$.
- (2.8)

Now let \tilde{A} be TFI, determined number quadruple $\tilde{A} = \langle b, c, \alpha, \beta \rangle_T$

With membership function

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-(b-\alpha)}{\alpha}, & b-\alpha \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ \frac{x-(c+\beta)}{\beta}, & c \leq x \leq c+\beta. \end{cases} \quad (2.9)$$

$s_1 = b$, $s_2 = c$, $m_1 = \alpha$, $m_2 = \beta$ is usually for TFI and they are written as: $\tilde{A} = (s_1, s_2, m_1, m_2)$. Herein s_1, s_2 is called upper and lower modal value, and m_1, m_2 - is left and right coefficient of uncertainty of TFI; interval $[s_1, s_2]$ is called «nuclear», and interval $[s_1-m_1, s_2+m_2]$ - «support» of membership function $\mu(x)$, as $\mu(x) \neq 0$ at $x \in [s_1-m_1, s_2+m_2]$.

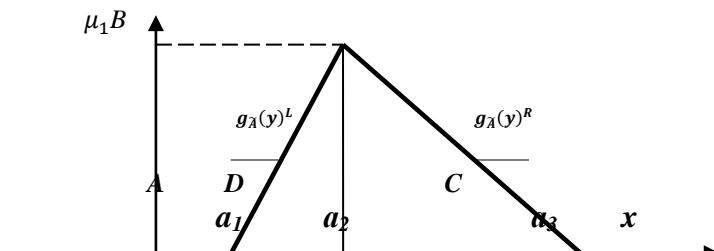


Fig. 2.1. Geometric interpretation $I(\tilde{A})^L$ and $I(\tilde{A})^R$

For TFN $\tilde{A} = \langle a_1, a_2, a_3 \rangle_{LR}$

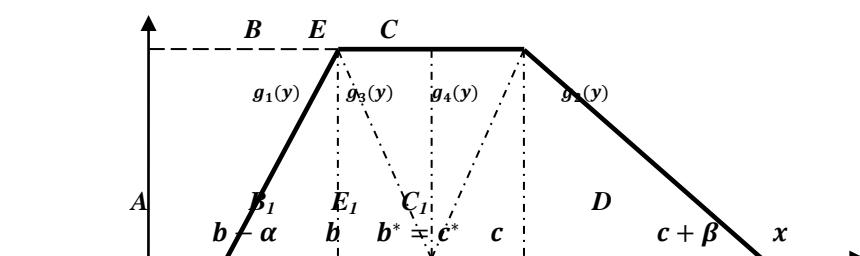


Fig. 2.2. Geometric interpretation $I(\tilde{A})^L$ u $I(\tilde{A})^R$

For TFN $\tilde{A} = \langle b, c, \alpha, \beta \rangle_T$

Number quadruple (b, c, α, β) and (s_1, s_2, m_1, m_2) are connected with correlations

$$s_1 = b, s_2 = c, m_1 = \alpha, m_2 = \beta \quad (2.10)$$

Let us mark with E_1 midpoint of segment BC and $b^* = c^* = \frac{c-b}{2}$, with $x = g_1(y)$ and $x = g_2(y)$ - functions, reverse to functions $y = \frac{x-(b-\alpha)}{\alpha}$ and $y = \frac{x-(c+\beta)}{\beta}$ correspondingly: $x = g_3(y)$ and $x = g_4(y)$ - straight-line equation BE_1 and CE_1 (fig. 2.2).

Then

$$\begin{aligned} g_1(y) &= (c - \alpha) - \alpha y, & g_2(y) &= (c + \beta) + \beta y, \\ g_3(y) &= b^* + (b^* - b)y, & g_4(y) &= c^* + (c - c^*)y. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Integral value $I(\tilde{A})^L$ and $I(\tilde{A})^R$ for TFI $\tilde{A} = \langle b, c, \alpha, \beta \rangle_T$ will be recorded as:

$$\begin{aligned} I_T(\tilde{A})^L &= S_{ABEE_1} = S_{AB_1B} + 2S_{BB_1E_1} = \int_0^1 g_1(y)dy + 2 \int_0^1 g_3(y)dy = \\ &= \int_0^1 [(b - \alpha) + \alpha y]dy + 2 \int_0^1 [b^* + (b^* - b)y]dy = 3b^* - \frac{\alpha}{2}; \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} I_T(\tilde{A})^R &= S_{ECDE_1} = S_{CC_1D} + 2S_{CC_1E_1} = \int_0^1 g_2(y)dy + 2 \int_0^1 g_4(y)dy = \\ &= \int_0^1 [(c + \beta) + \beta y]dy + 2 \int_0^1 [c^* + (c - c^*)y]dy = 2c + c^* + \frac{3\beta}{2}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Formulae (2.11) - (2.12) allow distributing ranking criterion (2.7) in case of trapezoidal fuzzy intervals \tilde{A} .

Let F be set of TFI and $\tilde{z}_q(x)$ - TFI, is value of the criterion z_q in (1.1) at some $x \in F$. Determination of arithmetic operations on TFI are in [15]. As a comparison of values $\tilde{z}_q(x)$ at various x from F let us take the function $R[\tilde{z}_q(x)] = I_T^\alpha[\tilde{z}_q(x)]$ and with its help define the concept of Pareto-optimal solution of the problem f-MSTP .

Determination. Solution $\tilde{x} = [x_{ijk}]$ let us name Pareto-optimal (or efficient) solution of the problem f-MSTP , if $x \in F$ does not exist, for which

$$R[\tilde{z}_q(x)] \leq R[\tilde{z}_q(\tilde{x})] \quad \forall q = 1, \dots, Q, \quad (2.14)$$

Besides, at least one of the inequality (2.14) would be strict, i.e. for some $p \in (1, \dots, Q)$

$$R[\tilde{z}_p(x)] < R[\tilde{z}_p(\tilde{x})] \quad (2.15)$$

3. GENETIC ALGORITHM OF A PROBLEM SOLUTION f-MSTP

3.1. Data initialization

It is natural to represent solution of the problem in hand, in the form of three-dimensional array. Aimed to generating a primary population, satisfying all restrictions of the problem, we suggest the following procedure [5].

Initializing procedure.

begin

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

repeat

selection of random normal number l out of set π ;

evaluating of corresponding indexes below;

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

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

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

Definition of acceptable value x_{ijk}

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

Alter the data;

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

Go to *repeat* until π will become an empty set

End

3.2. Genetic operators

Holland [19] first offered genetic operators (crossing and mutation) and later Goldberg [20] advanced it.

Crossing. At specified probability of crossing (crossover rate) p_c is chosen out of population in a random way $N_1 = [p_c \cdot \text{pop_size}]$ chromosome xpomocom (individuals of population), where pop_size - is the size of population and $[a]$ - is an integral part of a number a.

In every generation of genetic algorithm, randomly chosen N_1 chromosome (genome) comprises sequence of various parent pairs (in any sequence order) (X_1, X_2) , where $X_1 = (x_{ijk}^1), X_2 = (x_{ijk}^2)$. Total number of these pairs is $C_{N_1}^2$.

Crossing of pairs (X_1, X_2) (X_1 - "he", X_2 - "she") consists of the following steps.

Step 1. Let us form two intermediate vectors $D = (d_{ijk})$ and $R = (r_{ijk})$ with components:

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

Vector D performs averaging of variable values x_{ijk} correlative to both parents, and vector R determines the necessity of averaging. The relation between two vectors are given by equations:

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

Step 2. We shall part vector R into two matrixes $R^1 = r_{ijk}^1$ and $R^2 = r_{ijk}^2$ to satisfy the conditions:

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

Obviously, a great number of variants can part R into R^1 and R^2 so that equation referred above is to be satisfied.

Step 3. Now let us form two descendants

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

Doing the same operation for each of $C_{N_1}^2$ pairs (X_1, X_2) , we end the process of crossing and include the resulting descendants with their parents into the population, in case if number of population individuals does not exceed `pop_size`.

Mutation. At a specified probability of mutation (*mutation rate*) p_m is randomly chosen $N_2 = [p_m \cdot \text{pop_size}]$ by chromosome. Sequence of various parent pairs is set up in every generation of these N_2 chromosomes. Chromosome sets up sequence of various parent pairs (X_1, X_2) .

Operation of vector X_1 and X_2 mutation is executed in three steps.

Step 1. We shall form relevant sub vector for each parent vector (X_1 and X_2). Let us chose random indexes $\{i_1, \dots, i_x\}$, $\{j_1, \dots, j_y\}$ и $\{k_1, \dots, k_z\}$ and form $(x \times y \times z)$ - measuring sub vector $W = (w_{ijk})$, where $\{i_1, \dots, i_x\}$ is subsets from $\{1, 2, \dots, m\}$ and $2 \leq x \leq m$, $\{j_1, \dots, j_y\}$ - subsets from $\{1, 2, \dots, n\}$ and $2 \leq y \leq n$, $\{k_1, \dots, k_z\}$, - subsets from $\{1, 2, \dots, k\}$ and $2 \leq k \leq K$. Add w_{ijk} item value x_{ijk} of parent vector.

Step 2. Let us place goods delivery in accordance with the constructed sub vector W . Accepted values of the of goods delivery a_i^W , $i \in I_x = \{i_1, \dots, i_x\}$, demand b_j^W , $j \in J_y = \{j_1, \dots, j_y\}$ and capacities of transportation means and capacity a e_k^W , $k \in K_z = \{k_1, \dots, k_z\}$ is determined due to the sub vector W as in:

$$a_i^W = \sum_{j \in J_y} \sum_{k \in K_z} w_{ijk}, \quad i \in I_x;$$

$$b_j^W = \sum_{i \in I_x} \sum_{k \in K_z} w_{ijk}, \quad j \in J_y;$$

$$e_k^W = \sum_{i \in I_x} \sum_{j \in J_y} w_{ijk}, \quad k \in K_z.$$

With the help of initialization procedure, we shall determine new values of vector component W, satisfy a constraint of the problem (1.2)–(1.4) with new right units

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

Step 3. Let us replace elements of each parent vector with indexes $i \in I_x, j \in J_y, k \in K_z$ with elements of relevant sub vector W and add new received elements into the population.

Having done the same operation for both of $C_{N_2}^2$ pairs (X_1, X_2) , we shall complete the process of mutation and received a new pair (X_1^W, X_2^W) include into the population, if in case a number of individuals does not exceed pop_size.

Basic procedure of genetic algorithm

Step 0. Enter dimensions: population size (pop_size), mutation norm (p_m), crossing norm (p_c), maximum number of generation (max_gen) and number of initial-value $t = 0$. Let us set optimism level α , and relative importance (w_q) for each q target function.

Step 1. We shall perform initialization procedure (described above).

Step 2. We shall calculate value of each target function for each individual (chromosome) of population $X_s = \{x_{ijk}^s\}$ ($s = 1, 2, \dots, \text{pop_size}$):

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

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

We shall select Pareto-optimal solutions in the meaning of 3.1 with comparing function $R\{\tilde{z}_q(x)\} = I_T^\alpha\{\tilde{z}_q(x)\}$. We shall exclude solution x, from further consideration, which is not Pareto-optimal.

Step 3. Let us choose the solution relevant to the minimum $I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\min})$ (or maximum $I_T^\alpha(\tilde{z}_q^{\max})$) of each target function and compare it with the solution, chosen on previous generation:

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

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

Step 4. Let us calculate weight of each target function in utility function

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

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

Step 5. Let us calculate the utility function

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

For forming the best compromise solution, we shall use TOPSIS method (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), suggested by Huang and Ion [18] for multi-alternative problem of decision-making. Let us denote

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

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

where t - generation number, v - number of Pareto-optimal solutions PIS and NIP .

accordingly mean « Positive Ideal Solution » and « Negative Ideal Solution ».

Let us calculate the weighted Euclidean distance:

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

where h_q^k - norming for z_q^k , determined by formula

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

h_q^* and h_q^- - norming for \tilde{z}_q^* and \tilde{z}_q^- associated and $w_q, q = 1, 2, \dots, Q$ - relevant importance (weight) of target function, satisfying the conditions $\sum_{q=1}^Q w_q = 1$ (at the same relevant importance of all target functions $w_q = 1/q$).

Then, we shall calculate Euclidean distance

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

The best solution is, where d_k is much more nearer to 1.

If we observe a low improvement (i.e. diminution) of middle utility of population after several number of generation, then we can stop the process, choosing the best Pareto-optimal solution according to the method TOPSIS (described above).

Step 6. Execute mutation operation (described above).

Step 7. Execute crossing operation (described above).

Step 8. If $t = \text{max_gen}$, then stop the process and choose the best solution from majority Pareto-optimal solutions due to the method TOPSIS.

Otherwise, we suppose $t := t + 1$ take step 2.

For the problem f-MSTP in case if coefficients \tilde{c}_{ijk}^q of target functions are TFN, integrals $I(\tilde{z}_q)^L$ and $I(\tilde{z}_q)^R$, including formula for $I_\Gamma^\alpha(\tilde{z}_q)$, are calculated according to the formulae (2.5) and (2.6), and in case, when \tilde{c}_{ijk}^q is TFI, integrals $I(\tilde{z}_q)^L$ and $I(\tilde{z}_q)^R$ are calculated according to the formulae (2.12) and (2.13).

Numerical example.

We consider a concrete numerical example $m = 4, n = 4, k = 3$, which illustrate efficiency of abovementioned method.

Let delivery, demand and capacity of cargo carrier is limited in value: $a_1 = 24, a_2 = 8, a_3 = 18, a_4 = 10; b_1 = 11, b_2 = 19, b_3 = 21, b_4 = 9; e_1 = 17, e_2 = 31, e_3 = 12$, and fuzzy coefficient of target functions has a shape of triangle fuzzy numbers (TFN) and set in the table 3.1 of [9].

Calculations due to genetic algorithm were held at parameter value $\text{max_gen} = 2000, \text{pop_size} = 20, p_m = 0.2, p_c = 0.4$ and coefficients of relevant importance of target functions $w_1 = 0.6$ and $w_2 = 0.4$.

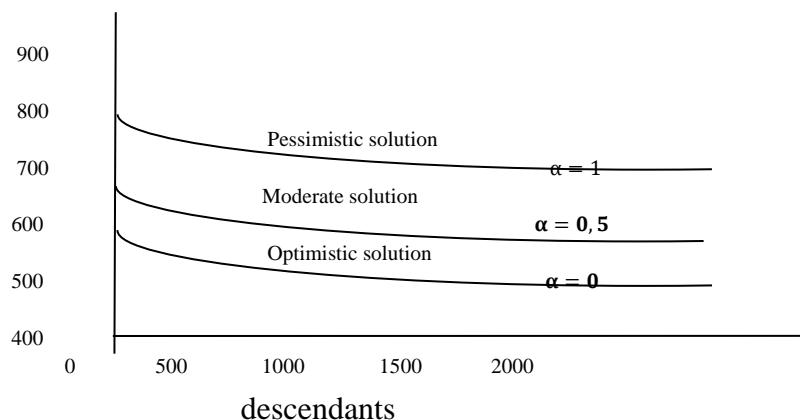
Convergence method at various optimum degrees $\alpha = 0$ (optimistic solution), $\alpha = 0.5$ (moderate solution) and $\alpha = 1.0$ (pessimistic solution) were supplied for not more than 10 generations. Figure 3.1 shows the convergence of genetic algorithm in $\alpha = 0, 0.5$ and 1 . As fig. 3.1 shows, least value of valuation function (and correspondingly, least value of target function) is achieved at $\alpha = 0$, but most value of valuation function (and correspondingly most value of target function) is achieved at $\alpha = 1$.

The received Pareto-solutions are in fig. 3.2. for optimistic case ($\alpha = 0$), in this case, the best compromise solution for (z_1, z_2) is $(665.5, 335)$ with Euclid distance 0.7634. Corresponding value of variables x_{ijk} :

$$\begin{aligned} x_{132} &= 13, & x_{123} &= 11, & x_{222} &= 8, & x_{311} &= 8, & x_{312} &= 2, & x_{323} &= 8, \\ x_{441} &= 9, & x_{431} &= 1. \end{aligned}$$

Table 3.1**The rest of values x_{ijk} is zero.**

q	1			2		
k	1	2	3	1	2	3
c_{11k}^{-q}	(12, 15, 16)	(16, 18, 20)	(15, 17, 17)	(3, 6, 8)	(5, 7, 8)	(5, 8, 10)
c_{12k}^{-q}	(12, 12, 15)	(19, 22, 25)	(10, 13, 17)	(7, 10, 15)	(4, 6, 8)	(4, 5, 7)
c_{13k}^{-q}	(6, 10, 13)	(3, 4, 7)	(8, 12, 16)	(8, 11, 13)	(2, 3, 5)	(6, 7, 10)
c_{14k}^{-q}	(4, 8, 10)	(8, 11, 14)	(12, 13, 15)	(8, 10, 12)	(7, 9, 11)	(4, 6, 8)
c_{21k}^{-q}	(16, 17, 20)	(17, 20, 23)	(18, 19, 22)	(11, 13, 15)	(5, 8, 10)	(7, 11, 15)
c_{22k}^{-q}	(18, 21, 23)	(17, 21, 22)	(19, 22, 24)	(8, 12, 16)	(1, 2, 5)	(7, 9, 14)
c_{23k}^{-q}	(17, 21, 22)	(15, 19, 23)	(14, 18, 22)	(17, 20, 24)	(14, 15, 17)	(10, 13, 18)
c_{24k}^{-q}	(27, 30, 33)	(8, 10, 14)	(21, 23, 25)	(15, 17, 21)	(12, 15, 18)	(9, 13, 17)
c_{31k}^{-q}	(10, 14, 17)	(8, 11, 13)	(10, 12, 16)	(3, 5, 8)	(4, 6, 7)	(5, 7, 8)
c_{32k}^{-q}	(22, 25, 28)	(30, 34, 37)	(30, 33, 38)	(8, 11, 13)	(8, 9, 12)	(7, 7, 8)
c_{33k}^{-q}	(17, 20, 23)	(13, 16, 17)	(12, 15, 18)	(7, 10, 11)	(4, 5, 7)	(1, 2, 4)
c_{34k}^{-q}	(18, 21, 25)	(19, 23, 26)	(18, 22, 25)	(14, 15, 17)	(12, 14, 17)	(16, 18, 21)
c_{41k}^{-q}	(19, 22, 25)	(15, 18, 22)	(10, 13, 17)	(10, 13, 15)	(5, 6, 8)	(5, 6, 8)
c_{42k}^{-q}	(20, 24, 26)	(31, 35, 37)	(29, 32, 37)	(14, 17, 18)	(10, 11, 13)	(14, 18, 22)
c_{43k}^{-q}	(14, 18, 20)	(20, 21, 25)	(13, 14, 17)	(9, 12, 15)	(13, 16, 19)	(11, 12, 15)
c_{44k}^{-q}	(9, 13, 17)	(19, 23, 27)	(18, 20, 24)	(17, 18, 20)	(13, 14, 16)	(6, 7, 9)

**Fig. 3.1. Convergence of genetic algorithm at $\alpha = 1; 0,5; 0$.**

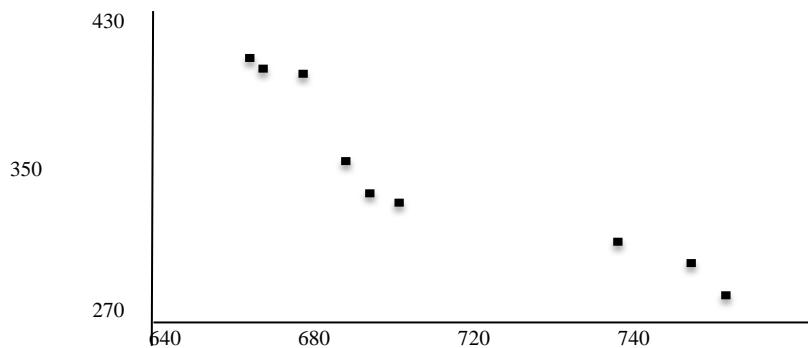


Fig. 3.2. Pareto-solutions at $\alpha = 0$.

Conclusion

1. Partition of membership function of trapezoidal fuzzy interval into triangle units, helps us to make test of ranking of fuzzy intervals, decision-oriented of minimization problem.
2. A received test ranking shows adaptability of genetic algorithm to find Pareto-optimal solutions of multi-objective transport problem with fuzzy coefficient target functions.
3. Algorithm accepts extension in case of multiindex, multi-objective transport problems with fuzzy coefficient target functions.

REFERENCE

1. Patterns and methods of logistics theory / edited by V.S. Lukinskiy – Saint Petersburg: Peter, 2003. – p.203.
2. **Baursoes D.J., Closs D.J.** Logistics: integrated delivery chain. 2-nd edition. / Translated from English. – M.: ZAO «Olimp-Business», 2008. – p.640.
3. **Nerush U.M.** Logistics: 4-th edition–M.: TK Welbi, Prospect, 2006. – p.520.
4. **Ivanov D.A.** Supply Chain Management – Saint Petersburg: published at Politechnical univer., 2009.-p.660.
5. **Pospelov D.A.** (edit.) Fuzzy sets in management patterns and artificial intellect.– M.: Nauka, 1986.
6. **Zade L.A.** Concept of linguistics variable and its appliance in acceptance of approximate solutions– M.: Mir, 1976.
7. **Bocharnicov V.P.** Fuzzy-technology: mathematical basis. Practice of modelling in economy. – M.: Nauka, 2001.
8. **Podinovskiy V.V. Noqin V.D.** Pareto-optimal solutions of multi-objective problems. – M.: Nauka, Edition of Phys-math. materials, 1982.- p.256 .
9. **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.
10. **Raskin L.Q.** Basis of fuzzy and hybrid systems of linear programming problems theory (theory, methods, appendixes) –M.: Radio and u intercom, 1992. –p.240.
11. **Kaufmann A. and M Gupta**, Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, 2nd edition, North-Holland, Amsterdam, 1991.
12. **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.

13. **Li, V.Z., M. Gen, and K. Ida**, Improved genetic algorithm for solving multi-objective solid transportation problem with fuzzy members, Japanese Journal of fuzzy Theory and Systems, vol. 9, no. 2, pp. 239-250, 1997.
14. **Gen, M., K. Ida, and V.Z. Li**, Solving bicriteria solid transportation problem with fuzzy numbers by genetic algorithm, Computer and Industrial Engineering, vol. 29, pp. 537-543, 1995.
15. **Leonenkov A.V.** Fuzzy modelling in environment of MATLAB and fuzzyTECH. - Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005-p.736.
16. **Yarushkina N.Q.** Basis of fuzzy and hybrid systems theory: учеб. пособие. -M.: Finance and Statistics, 2009. -p.320.
17. **Lion, T.S. and M.J. Wang**, Ranking fuzzy numbers with integral value, Fuzzy Sets and Systems, vol. 50, pp. 247-252, 1992.
18. **Hwang C.L., Yoon K.** Multiple attribute Decision making: Methods and Applications, Springer-Verilog, 1994.
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.

QEYRİ-SƏLİS QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ ÇOXMEYARLI NƏQLİYYAT LOGİSTİK MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNİN GENETİK ALQORİTMİ

S.K. GÖZƏLOV

Qeyri-səlis əmsallı məqsəd funksiyalarının minimallaşdırılması üçün qeyri-səlis intervalların ranqlaşdırılması meyari işlənib hazırlanmışdır. Bu meyar əsasında qeyri-səlis əmsallı məqsəd funksiyalı çoxmeyarlı nəqliyyat logistik məsələnin Pareto-optimal həllərinin tapılması üçün genetik alqoritmlərin tətbiqi göstərilmişdir.

Açar sözlər: nəqliyyat logistikası, üçbucaqşəkilli qeyri-səlis ədədlər və trapesiaşəkilli qeyri-səlis intervallar, genetik alqoritm, Pareto-optimal həllər.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

С.К. ГЕЗАЛОВ

Разработан критерий ранжирования нечетких интервалов для минимизации целевых функций с нечеткими коэффициентами. На основе данного критерия показана применимость генетических алгоритмов для построения Парето-оптимальных решений многокритериальной задачи транспортной логистики с нечеткими коэффициентами целевых функций.

Ключевые слова: транспортная логистика, треугольные нечеткие числа и трапециевидные нечеткие интервалы, генетический алгоритм, Парето-оптимальные решения.

QƏRARLAŞMIŞ REJİMDƏ NEFT KƏMƏRLƏRİNDE SƏRBƏST AXIN SAHƏLƏRİNİN TƏYİNİ ÜÇÜN QRAFO-ANALİTİK ÜSUL

Q.Q. İSMAYILOV, V.X. NURULLAYEV, E.A. ZEYNALOV

Məqalədə, sərbəst axın sahələri və onların yaranma səbəbləri, nəticələri haqqında məlumat verilir. Qeyd edilir ki, sərbəst axın sahələrinin tədqiq olunması və təyin edilməsi neft kəmərləri sisteminin təhlükəsiz və səmərəli istismarı üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Müəlliflər tərəfindən qərarlaşmış rejimdə neft kəmərlərində sərbəst axın sahələrinin təyini üçün qrafo-analitik üsul təklif olunmuş və sinaqdan çıxarılmışdır.

Açar sözlər: *sərbəst axın sahələri, qrafo-analitik üsul, aşırım nöqtəsi, doymuş buxar elastikliyi, nəqlin parametrləri, trasın profili.*

Neft və neft məhsulları kəmərlərində boşluqların (sərbəst axın sahələrinin) yaranması kəmərin qərarlaşmış iş rejimlərində də tez-tez müşahidə olunur. Sərbəst axın sahələrinin tədqiq olunması və təyin edilməsi neft kəmərləri sisteminin təhlükəsiz və səmərəli istismarı üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu basqısız zonalar əsasən aşırım nöqtəsi (və ya nöqtələri) ilə bağlı olduğu üçün kəmərin iş rejimindən asılı olaraq onların mövcudluğu heç də mütləq deyil. Çünkü, hidravlik maillik xəttinin kəmərin profilini kəsmədiyi hallarda aşırım nöqtəsi mövcud olmadığından həmin zonalar yaranır. Yəni kəmərin qərarlaşmış iş rejimi müxtəlif təzyiqlərdə ola bildiyi üçün sərbəst axın sahələrinin yaranması istisna deyil. Aşırım nöqtəsinin və ya sərbəst axın zonalarının yaranması kəmərin iş rejiminin dəyişməsi, hər hansı nasos stansiyasının işinin dayandırılması, nəql olunan neftin reoloji və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin dəyişməsi zamanı mümkündür [1, 2, 4].

Aşırım nöqtəsinin mövcudluğunu müəyyən etmək üçün artıq qeyd olunduğu kimi, hidravlik maillik hesablanmalı və qurulmalıdır (şəkil 1). Kəmərin son nöqtəsindən (K) profili kəsənə qədər hidravlik maillik (*i*) xətti keçirilir. Həmin xəttə paralel olan və heç yerdə profili kəsməyən xəttin (3) profillə toxunma nöqtəsi (D) aşırım nöqtəsi olacaqdır.

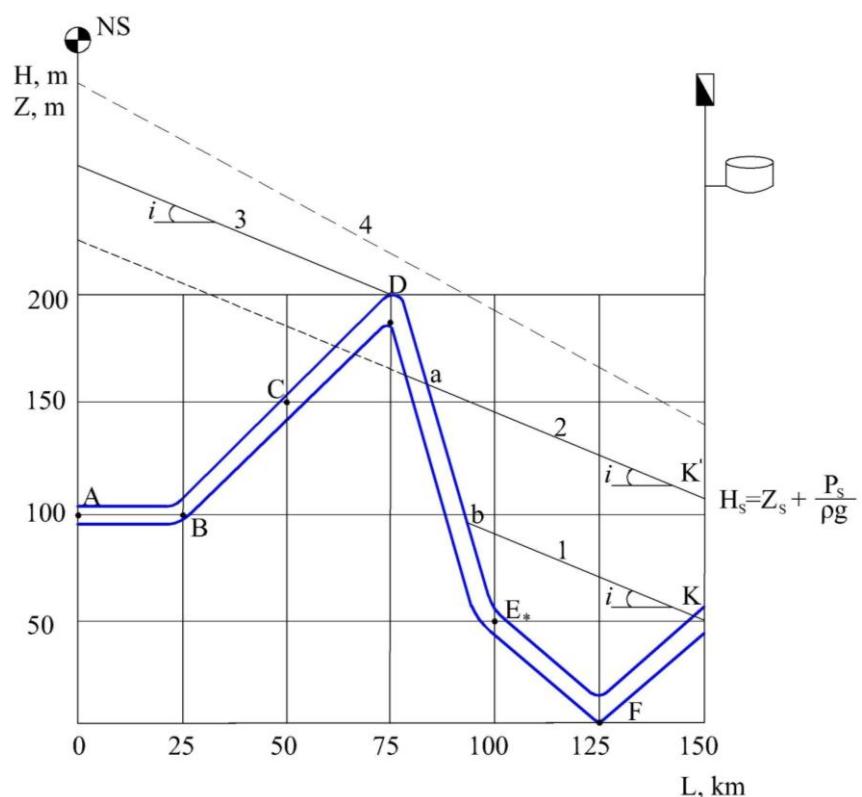
Əgər kəmərin sonunda əlavə təzyiq (P_s) olarsa, onda sonda hidravlik maillik xətti $H_s = Z_s + \frac{P_s}{\rho g}$ basqı hündürlüyüünə uyğun gələn K' nöqtəsindən kəmərin profilini kəsənə qədər (2) çəkilir. Bu halda da profili kəsməyən xətt (3) D nöqtə-sinin aşırım nöqtəsi olduğunu

müəyyən edəcəkdir. Aşırırm nöqtəsinin olmaması (sərbəst axın sahələrinin yaranmaması) üçün hidravlik maillik xətti gərək profili heç bir nöqtədə kəsməsin və ona toxunmasın (4 qırıq-qırıq xətti). Aşırırm nöqtəsi mövcud olan bütün hallarda həmin nöqtədən (və ya nöqtələrdən) sonra sərbəst (basqısız) axın sahələri yaranacaqdır. Sərbəst axın sahələrinin başlangıcı müvafiq aşırırm nöqtələri, sonu isə kəmərin sonundan çəkilən hidravlik maillik xəttinin profillə müvafiq kəsişmə nöqtəsi olacaqdır. Məsələn, şəkil 1-də 1 və 2 hidravlik maillik xətlərinə müvafiq olaraq a və b nöqtələri yaranan sərbəst axın sahələrinin son nöqtələrini göstərəcəkdir.

Boşluqların yaranmaması üçün neft kəmərinin istənilən nöqtəsində pyezometrik basqı (hündürlük – H) vakuumetrik hündürlük (h_v) nəzərə alınmaqla geodezik hündürlük dən (Z) az olmamalıdır:

$$H > Z + h_v, h_v = \frac{P_{b.e}}{\rho g} \quad (1)$$

Burada, $P_{b.e}$ – neftin buxar elastikliyi təzyiqidir, Pa.



Şəkil 1. Şərti boru kəmərinin sıxlığındırılmış profilində sərbəst axın zonasının təyini

Qeyd edək ki, bu zaman sürət basqısı çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır $\left(\frac{v^2}{2g} = 0\right)$.

Sərbəst axın sahəsinin koordinatını müəyyən etmək üçün hidravlik maillik xətti ilə profilin kəsişmə nöqtəsindən absis (L) oxunadək perpendikulyar düz xətt çəkilir. Bu zaman kəsişmədən alınan x nöqtəsi (şəkil 2.) sərbəst axın sahəsinin son nöqtəsinin koordinatını müəyyən edəcəkdir.

Sərbəst axın zonasının uzunluğunu müəyyən etmək üçün əvvəlcə aşağıdakı nəql parametrləri təyin edilir:

Axının hərəkət sürəti

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (2)$$

Reynolds ədədi

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (3)$$

Hidravlik müqavimət əmsalı

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = \frac{64}{Re} - \text{laminar rejim üçün (Re} < 2300) \\ \lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{Re}} - \text{hamar kələ-kötürlük zonası üçün (Re} > 2300) \\ \lambda = 0,11 \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} - \text{qarışq sürtünmə zonası üçün (10' Re} \cdot \frac{k}{d} < 500) \\ \lambda = 0,11 \left(\frac{k}{d} \right)^{0,25} - \text{kvadratik hərəkət rejimi zonası üçün (Re} \cdot \frac{k}{d} > 500) \end{array} \right\} \quad (4)$$

Burada, k – boru üçün ekvivalent kələ-kötürlük adlanır. Böyük diametrlı boru kəmərləri üçün $k=0,1$ mm qəbul etmək olar.

Hidravlik maillik

$$i = \lambda \frac{v^2}{2gd} \quad (5)$$

Şəkil 2-yə əsasən (DE hissəsində) α bucağı məlum olduğu üçün sərbəst axın sahəsində hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır (hidravlik maillik xətti həmin sahədə profilə paralel olmaqla ondan h_v məsafəsindən keçir):

$$i^* = tg\alpha = \frac{Z_{as} - Z_{E_*}}{L_{E_*} - L_{as}} \quad (6)$$

Burada, Z_{as} , L_{as} və Z_{E_*} , L_{E_*} - uyğun olaraq aşırım nöqtəsi və sərbəst axın sahəsi mövcud boru kəməri hissəsinin (seqmentin) sonu üçün vakuumetrik hündürlük nəzərə alınmaqla geodezik hündürlük və kəmərin başlangıcından olan məsafələrdir, m.

Onda şəkil 2.2-yə əsasən aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

$$Z_{E_*} + i^* \cdot (L_{E_*} - x) = H_{E_*} + i(L_{E_*} - x) \quad (7)$$

(7) ifadəsindən sərbəst axın zonasının son nöqtəsinin koordinatının (x) və uzunluğunun ($l_{s.a.}$) təyini üçün uyğun olaraq aşağıdakı ifadənləri alarıq:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = L_{E_*} - \frac{H_{E_*} - Z_{E_*}}{i^* - i} \\ l_{s.a.} = x - L_{as} \end{array} \right. \quad (8)$$

Burada, i^* və i – uyğun olaraq boru kəmərinin sərbəst axın və tam dolan hissələrində hidravlik maillik; H_{E_*} – sərbəst axın sahəsi mövcud olan boru kəməri hissəsinin (seqmentin) sonunda olan basqıdır və aşağıdakı kimi hesablanır:

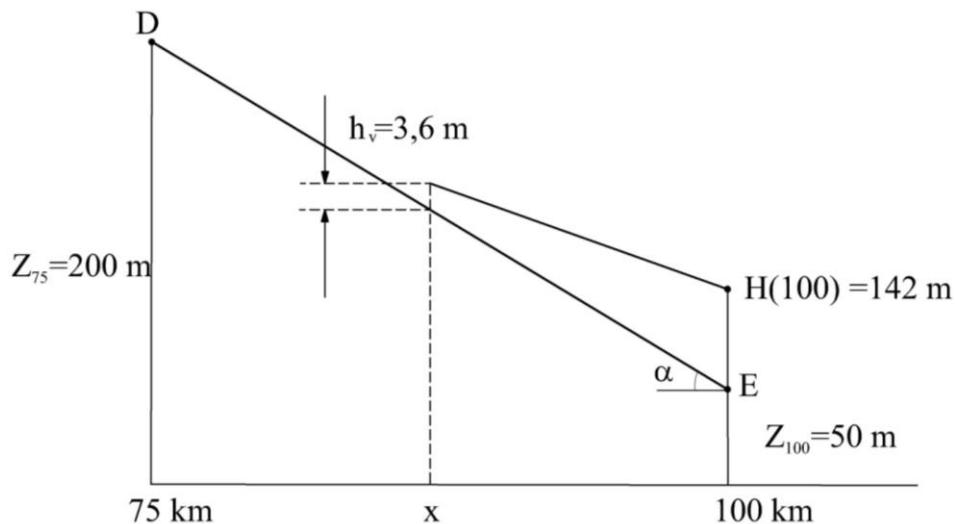
$$H_{E_*} = H_s - i \cdot (L_{b.k} - L_{E_*}), \text{m} \quad (9)$$

Burada, H_s – boru kəmərinin sonunda yaranan basqını göstərir. Bu basqı (təzyiq) adətən məlum olur.

Əgər başlanğıcda olan basqı və ya təzyiq verilməyib, onda onu hesablamaq olar. Bunun üçün basqılı zonanın hidravlik mailliyi və aşırım nöqtəsinin məlumatlarından, yəni Z_{as} , L_{as} , həmçinin vakuumetrik hündürlükdən (h_v) istifadə olunmaqla başlanğıcdakı basqı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$H_b = Z_{as} + h_v + i \cdot L_{as} \quad (10)$$

Burada, $i \cdot L_{as}$ – aşırım nöqtəsinə kimi boru kəmərində yaranan basqı itkisidir, m. Onda başlanğıcdakı basqıya müvafiq olan təzyiq P_b aşağıdakı kimi olacaqdır:



Şəkil 2. Sərbəst axın zonasının tapılması

$$P_b = \rho \cdot g \cdot H_b, \text{Pa} \quad (11)$$

Burada, ρ – nəql olunan neftin sıxlığı, kg/m^3 ; $g=9,81 \text{ m/s}^2$.

Qərarlaşmış iş rejimində boru kəmərinin sərbəst axın sahələrində neftin sərfi eyni olsa da, axın sürətləri fərqli olur. Basqılı hərəkət zonasında sürət sərbəst axın zonasındaki sürətdən az olduğu üçün kəsilməzlik (sərfin sabitliyi) qanununa görə sonuncu zonalarda mayenin hərəkəti borunun tam en kəsiyi boyu baş verməyəcək. Bu zaman hər bir sərbəst axın sahəsində borunun maye ilə dolmuş en kəsik sahəsi borunun tam en kəsiyindən az olacaqdır. Sərbəst axın sahələrinin dolma əmsalı (K_d) boru kəmərinin diametrinə uyğun sərf moduluna əsasən təyin edilir [3, 5]. Verilən diametrə görə sərf modulunun müxtəlif dolma əmsallarına uyğun dəyişməsi cədvəl 1-də göstərilmişdir. Sərfin məlum və sərbəst axın sahəsi üçün hidravlik mailliyin hesablanmış qiymətlərinə əsasən sərf modulu (M) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M = Q / \sqrt{i^*}, \text{m}^3/\text{s} \quad (12)$$

Burada, Q – neftin sərfi, m^3/s ; i^* – sərbəst axın sahəsində hidravlik maillikdir, m/m .

Cədvəl əsasən (12) düsturu ilə təyin olunmuş sərf modulunun qiymətinə uyğun dolma əmsalının (K_d) qiyməti təyin edilir. M-in alınan qiyməti cədvəldəki qiymətlərlə üst-üstə düşmədikdə dolma əmsalı interpolasiya üsulu ilə aşağıdakı kimi tapılır:

$$K_d(M) = K_d(M_1) \cdot \frac{(M_1 - M)}{(M_1 - M_0)} + K_d(M_0) \cdot \frac{(M - M_0)}{(M_1 - M_0)} \quad (13)$$

Burada, M_0 , M_1 – verilən diametrde alınan M -ə aşağı və yuxarıdan yaxın cədvəl qiymətləri; $K_d(M_0)$, $K_d(M_1)$ – müvafiq olaraq M_0 və M_1 -ə uyğun gələn dolma əmsallarının qiymətləridir.

Beləliklə, sərbəst axın sahəsində boşluqların həcmini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$V_{bos} = (1 - K_d) \frac{\pi d^2}{4} \cdot l_{s.a} \quad (14)$$

Bu həcm inventarizasiya əməliyyatı zamanı boru kəmərinin həndəsi həcmindən çıxılır.

Cədvəl

Sərbəst axın sahələri üçün dolma əmsalının və sərf modulunun qiymətlərinin boru kəmərinin diametrindən asılı dəyişməsi

Dolma əmsali, K_d	Boru kəmərinin diametri d,mm								
	200	300	350	500	600	700	800	1000	1200
0,05	0,0184	0,0542	0,0818	0,2118	0,3444	0,5195	0,7417	1,3449	2,1869
0,10	0,0368	0,1058	0,1636	0,4236	0,6888	1,0390	1,4835	2,6897	4,3738
0,15	0,0552	0,1627	0,2455	0,6354	1,0332	1,5586	2,2252	4,0346	6,5607
0,20	0,0736	0,2170	0,3273	0,8472	1,3776	2,0781	2,9669	5,3794	8,7476
0,25	0,0920	0,2712	0,4091	1,0590	1,7221	2,5976	3,7087	6,7243	10,9344
0,30	0,1104	0,3254	0,4909	1,2708	2,0665	3,1171	4,4504	8,0692	13,1213
0,35	0,1288	0,3767	0,5727	1,4826	2,4109	3,6367	5,1922	9,4140	15,3082
0,40	0,1472	0,4339	0,6545	1,6944	2,7553	4,1562	5,9339	10,7588	17,4951
0,45	0,1656	0,4882	0,7364	1,9062	3,0997	4,6757	6,6756	12,1037	19,6820
0,50	0,1840	0,5427	0,8182	2,1180	3,4441	5,1952	7,4174	13,4486	21,8689
0,55	0,2024	0,5964	0,9000	2,3298	3,7885	5,7148	8,1591	14,7935	24,0558
0,60	0,2208	0,6509	0,9818	2,5416	4,1330	6,2343	8,9008	16,1383	26,2427
0,65	0,2392	0,7051	1,0637	2,7534	4,4774	6,7538	9,6425	17,4832	28,4296
0,70	0,2576	0,7593	1,2273	3,1770	4,8218	7,2733	10,3843	18,8280	30,6165
0,75	0,2760	0,8136	1,3091	3,3888	5,1662	7,7928	11,1261	20,1729	32,8034
0,80	0,2944	0,8678	1,3909	3,6006	5,5106	8,3124	12,6095	21,5177	34,9903
0,85	0,3128	0,9221	1,4728	3,8124	5,8550	8,8190	13,3512	22,8686	37,1771
0,90	0,3312	0,9763	1,5546	4,0242	6,1994	9,3514	14,0930	24,2075	39,3640
0,95	0,3495	1,0306	1,6363	4,2360	6,5438	9,8709	14,8350	25,5532	41,5509
	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox	daha çox
1,00	0,3500	1,0800	1,7000	4,2000	6,8882	10,3905	15,5767	26,8972	43,7380

İndi isə şərti boru kəmərinin profilində (şəkil 1) sərbəst axın sahəsinin təyini məsələsinə baxaq. Tutaq ki, uzunluğu $L=150$ km və diametri $D=530\times7$ mm olan neft kəməri ilə sıxlığı $\rho=850$ kq/m^3 , kinematik özlülüyü $\nu=15$ sSt olan neft nəql olunur. Kəmərin sonunda təzyiq $P_s=0,3$ MPa təşkil edərsə, başlanğıcda təzyiq necə MPa olmalıdır ki, neftin sərfi $Q=500$ m^3/saat

olsun. Hesablamalarda neftin buxar elastikliyi təzyiqi $P_{b.e}=0,03 \text{ MPa}$, $k=0,1 \text{ mm}$ qəbul etmək olar.

Profildən göründüyü kimi, D nöqtəsi kəmərin aşırım nöqtəsidir və bu nöqtədən başlayaraq sərbəst axın zonası mövcud olacaqdır. (2 və 3) düsturlarına əsasən əvvəlcə nəqlin parametrlərini tapaq:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot (0,516)^2 \cdot 3600} = 0,67 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{0,67 \cdot 0,516}{15 \cdot 10^{-6}} = 23048$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{23048}} = 0,0257$$

$$i = \lambda \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g} = 0,0257 \cdot \frac{1}{0,516} \cdot \frac{(0,67)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,001139 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 1,139 \text{ m/km}$$

Baxılan hal üçün vakuumetrik hündürlük aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$h_v = \frac{P_{b.e}}{\rho g} = \frac{0,03 \cdot 10^6}{850 \cdot 9,81} = 3,6 \text{ m}$$

Boru kəmərinin sonunda (K nöqtəsində) basqını $H(150)$ təyin edək:

$$H_K(150) = Z_{150} + \frac{P_s}{\rho g} = 50 + \frac{0,3 \cdot 10^6}{850 \cdot 9,81} \approx 86 \text{ m}$$

Onda boru kəmərinin digər nöqtələri (F, E, D) üçün basqların qiymətləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$H_F(125) = H_K(150) + i \cdot 25 = 86 + 1,139 \cdot 25 = 114,0 \text{ m} > 0 + 3,6 = 3,6 \text{ m}$$

$$H_E(100) = H_F(125) + i \cdot 25 = 114 + 1,139 \cdot 25 = 142 \text{ m} > 50 + 3,6 = 53,6 \text{ m}$$

$$H_D(75) = H_E(100) + i \cdot 25 = 142 + 1,139 \cdot 25 = 170 \text{ m} < 200 + 3,6 = 203,6 \text{ m}$$

Sonuncu basqının ifadəsindən göründüyü kimi $H_D(75) < 203,6 \text{ m}$. Məlumdur ki, basqı geodezik hündürlükdən az ola bilməz. Odur ki, 75 və 100-cü km-lər arasında (D və E nöqtələri arasında) sərbəst axın zonası mövcud olacaqdır. Bu zaman $x=75$ -ci km sərbəst axın zonasının başlanğıcı olacaqdır (şəkil 2).

Sərbəst axın sahəsində hidravlikı maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i^* = \operatorname{tg} \alpha = \frac{Z_0 - Z_E}{(100 - 75) \cdot 10^3} = \frac{200 - 50}{25000} = 6 \cdot 10^{-3}$$

(8) ifadəsinə əsasən sərbəst axın sahəsinin son nöqtəsinin koordinatını təyin edək.

$$x = L_E - \frac{H_E - Z_E}{i^* - i} = 10^5 - \frac{142 - 50}{(6 - 1,139) \cdot 10^{-3}} = 81074 \text{ m} = 81,074 \text{ km}$$

Onda sərbəst axın sahəsinin uzunluğu aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$l_{s.a} = x - L_{a.s} = 81,074 - 75,0 = 6,074 \text{ km} = 6074 \text{ m}$$

Sonra qalan kəsiklər (C, B, A nöqtələri) üçün tam basqları yoxlayaqla.

$$H_C(50) = H_D(75) + i \cdot 25 = 203,6 + 1,139 \cdot 25 = 232,1 \text{ m} > 150 + 3,6 = 153,6 \text{ m}$$

$$H_B(25) = H_C(50) + i \cdot 25 = 232,1 + 1,139 \cdot 25 = 260,6 \text{ m} > 100 + 3,6 = 103,6 \text{ m}$$

$$H_A(0) = H_B(25) + i \cdot 25 = 260,6 + 1,139 \cdot 25 = 289,1 \text{ m} > 100 + 3,6 = 103,6 \text{ m}$$

Beləliklə, hesablamalardan göründüyü kimi başqa sərbəst axın zonaları yoxdur. Onda boru kəmərinin başlanğıcında təzyiq aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$P_b = \rho \cdot g [H(0) - Z_0] = 850 \cdot 9,81 [289,1 - 100] = 1,58 \cdot 10^6 Pa = 1,58 MPa$$

İndi isə sərbəst axın zonasında boru kəmərinin en kəsiyinin hansı hissəsinin dolmasını müəyyən edək.

Əvvəlcə (12) düsturuna əsasən sərf modulunu hesablayaq:

$$M = \frac{Q}{\sqrt{i^*}} = \frac{500}{\sqrt{6 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}} = 1,793 \frac{m^3}{s}$$

Cədvəldən M-in qiymətinə və diametrə (D=500 mm) uyğun $M_0=1,6944$, $M_1=1,9062$, $K_d(M_1)=0,45$ və $K_d(M_0)=0,40$ olduğunu müəyyənləşdirərək (13) ifadəsinə əsasən dolma əmsalını təyin edirik.

$$K_d(M) = 0,45 \cdot \frac{(1,9062 - 1,793)}{(1,9062 - 1,6944)} + 0,40 \cdot \frac{(1,793 - 1,6944)}{(1,9062 - 1,6944)} = 0,43 \text{ (43%)}$$

Sərbəst axın zonasında en kəsik sahəsinin maye ilə dolma dərəcəsi 43 % olduğundan yaranan boşluğun həcmi (14) ifadəsinə əsasən aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$V_{bos} = (1 - 0,43) \frac{3,14 \cdot 0,516^2}{4} \cdot 6074 = 723,6 m^3$$

Sərbəst axın zonalarının təyini məsələsinə real neft kəməri timsalında da baxılmışdır. Bu məqsədlə neft kəmərini sıxlaşdırılmış profili və nəql göstəricilərindən istifadə edilmişdir. Sərbəst axın zonalarının mövcudluğu, koordinatları və həcmimin təyini iki variantda – nəql parametrlərinin minimum və maksimum qiymətləri üçün aparılmışdır.

1-ci Variant (nəql parametrlərinin minimal qiymətləri) İlkin verilənlər:

- Kəmərin başlanğıcında təzyiq $P_b=6 \text{ kqq/sm}^2$;
- Kəmərin sonunda təzyiq $P_s=0,6 \text{ kqq/sm}^2$;
- Neftin sərfi $Q=300 \text{ m}^3/\text{saat}=0,0833 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Kəmərin daxili diametri $d_{dax}=0,704 \text{ m}$;
- Kəmərin uzunluğu $L_{b.k.}=35984 \text{ m}$;
- Neftin sıxlığı $\rho_n=855,0 \text{ kq/m}^3$;
- Neftin buxar elastikliyi $P_{b.e.}=23996 \text{ Pa}$;
- Effektiv kələ-kötürlük əmsalı $k=0,1 \text{ mm}$;
- Neftin kinematik özlülüyü $\nu=11,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Kəmərin sıxlaşdırılmış profili (şəkil 3);
- $Z_b=12,8 \text{ m}$; $Z_s=12,7 \text{ m}$

Hesablanmış nəql parametrləri:

$$\nu=0,214 \text{ m/s}; \quad Re=12171; \quad \lambda=0,0299; \quad i=0,0001 \text{ m/m}=0,1 \text{ m/km}; \quad h_b=2,86 \text{ m}$$

Məlum təzyiqlərə əsasən kəmərin sonunda və başlanğıcında yaranan basqları hesablayaq:

$$H_s = Z_s + \frac{P_s}{\rho g} = 12,7 + \frac{60000}{855,0 \cdot 9,81} = 19,85 \text{ m}$$

$$H_b = Z_b + \frac{P_b}{\rho g} = 12,8 + \frac{600000}{855,0 \cdot 9,81} = 84,33 \text{ m}$$

Sərbəst axın zonaları olmasaydı, onda hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i = \frac{H_b - H_s}{L_{b,k}} = \frac{84,33 - 19,85}{35984} = 1,792 \frac{\text{m}}{\text{km}}$$

Ancaq baxılan halda kəmərdə aşırım nöqtəsi (E nöqtəsi) mövcuddur və həmin nöqtədə basqı (1) düsturuna əsasən $H_E = Z_E + h_v = 84,6 + 2,86 = 87,46 \text{ m}$ təşkil etdiyi üçün kəmərin başlanğıcında olan basqı H_b' alınır. Bu isə o deməkdir ki, boru kəmərinin işə düşməsi üçün bağlanğıcda olan basqı kifayət deyildir.

Verilənlərə əsasən başlanğıcda tələb olunan basqı və ya təzyiq uyğun olaraq aşağıdakı kimi olmalıdır:

$$H_B = H_E + i \cdot L_E = 87,46 + 0,1 \cdot 22,53 = 89,72 \text{ m}$$

$$P_b = \rho g [H_b - Z_b] = 855 \cdot 9,81 [89,72 - 12,8] \approx 6,4 \frac{kqq}{sm^2}$$

Onda hidravlik maillik aşağıdakı kimi olmalıdır:

$$i = \frac{H_b - H_E}{L_E} = \frac{89,72 - 87,46}{22,53} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{km}}$$

Bu hal üçün boru kəmərində sərbəst axın zonalarının mövcudluğunu yoxlayaq.

Kəmərin profilindən göründüyü kimi, aşağıdakı seqmentlərdə sərbəst axın sahələri mövcud ola bilər: [E; E₁]; [D; D₁]; [C; C₁]; [B; B₁] və [A; A₁] (səkil 3).

Profilə əsasən göstərilən nöqtələr üçün geodezik hündürlüklər və başlanğıcdan olan məsafələr aşağıdakı kimi olacaqdır:

$Z_E = 84,6 \text{ m}$	$Z_D = 66,0 \text{ m}$	$Z_C = 58,1 \text{ m}$	$Z_B = 53,9 \text{ m}$	$Z_A = 50,4 \text{ m}$
$L_E = 22,53 \text{ km}$	$L_D = 24,4 \text{ km}$	$L_C = 25,2 \text{ km}$	$L_B = 27,4 \text{ km}$	$L_A = 28,5 \text{ km}$
$Z_{E_1} = 43,7 \text{ m}$	$Z_{D_1} = 55,5 \text{ m}$	$Z_{C_1} = 52,3 \text{ m}$	$Z_{B_1} = 46,5 \text{ m}$	$Z_{A_1} = -2,5 \text{ m}$
$L_{E_1} = 23,6 \text{ km}$	$L_{D_1} = 24,7 \text{ km}$	$L_{C_1} = 25,7 \text{ km}$	$L_{B_1} = 27,8 \text{ km}$	$L_{A_1} = 32,3 \text{ km}$

Kəmərin sonunda olan basqıya əsasən A, B, C, D və E səciyyəvi nöqtələr (kəsiklər) üçün basqları hesablayaq və geodezik hündürlüklərlə tutuşduraq:

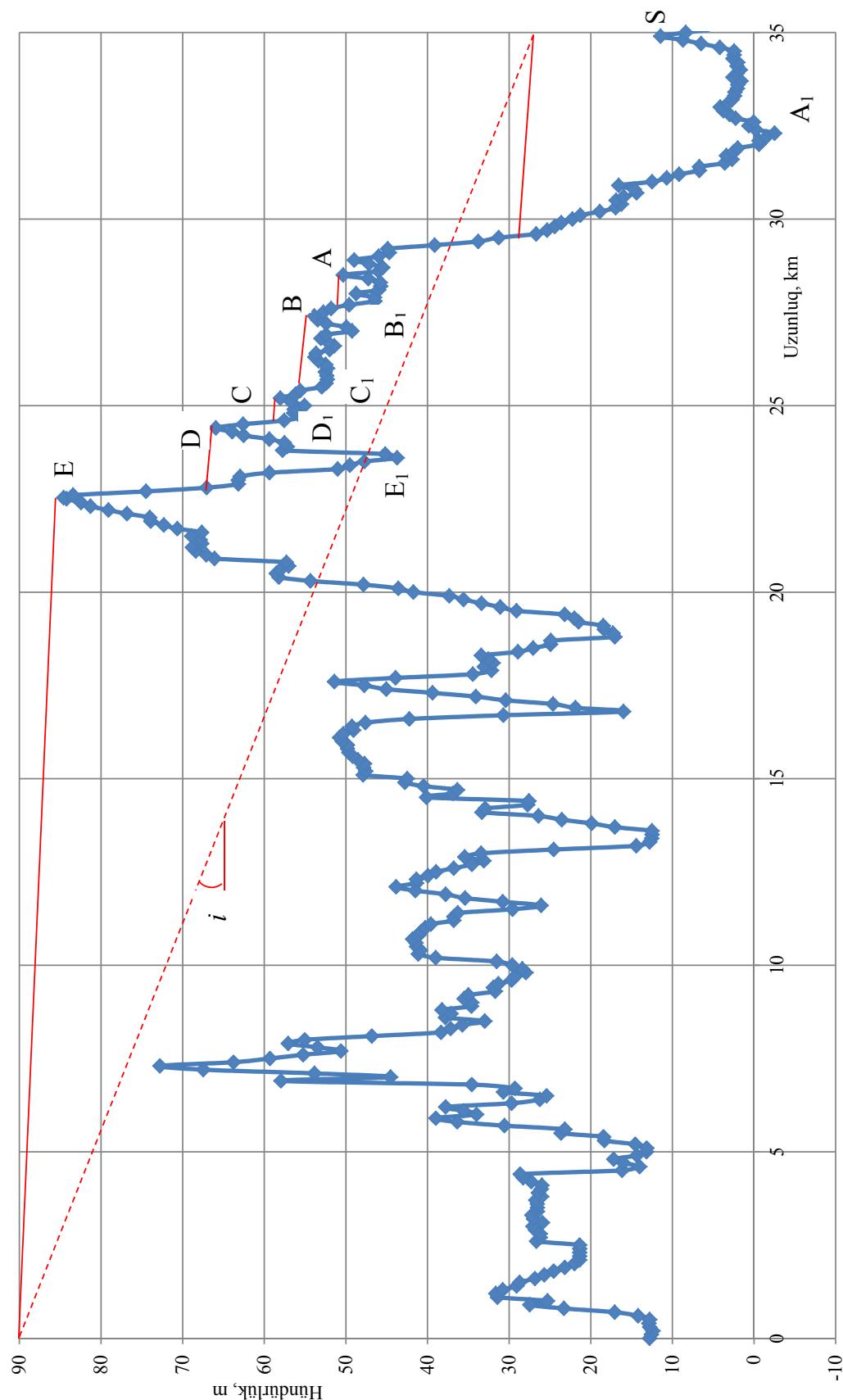
$$H_A = H_s + (L_{b,k} - L_A) \cdot i = 19,85 + (35,984 - 28,5) \cdot 0,1 = 20,6 \text{ m} < Z_A + h_v = 50,4 + 2,86 = 53,26 \text{ m}$$

$$H_B = H_A + (L_A - L_B) \cdot i = 20,6 + (28,5 - 27,4) \cdot 0,1 = 20,71 \text{ m} < Z_B + h_v = 53,9 + 2,86 = 56,76 \text{ m}$$

$$H_C = H_B + (L_B - L_C) \cdot i = 20,71 + (27,4 - 25,2) \cdot 0,1 = 20,93 \text{ m} < Z_C + h_v = 58,1 + 2,86 = 60,96 \text{ m}$$

$$H_D = H_C + (L_C - L_D) \cdot i = 20,93 + (25,2 - 24,4) \cdot 0,1 = 21,01 \text{ m} < Z_D + h_v = 66 + 2,86 = 68,86 \text{ m}$$

$$H_E = H_D + (L_D - L_E) \cdot i = 21,01 + (24,4 - 22,53) \cdot 0,1 = 21,19 \text{ m} < Z_E + h_v = 84,6 + 2,86 = 87,46 \text{ m}$$



Səkil 3. Neft kəmərinin sıxlaşdırılmış profil (sərbəst axın sahələri)

Hesablamalardan göründüyü kimi, baxılan bütün nöqtələrdə (kəsiklərdə) basqı geodezik hündürlükdən az olduğu üçün sərbəst axın zonaları mövcud olacaq.

E nöqtəsindən (kəsiyindən) başlayan sərbəst axın sahəsi $[A; A_1]$ seqmentində də davam edəcəkdir. İndi isə sərbəst axın sahəsinin sonunu müəyyənləşdirək. Profildən göründüyü kimi, sərbəst axın zonası başlanğıcı E nöqtəsi, sonu isə $[A; A_1]$ seqmentində olmaqla mövcud olacaqdır. (6) ifadəsinə əsasən sərbəst axın sahəsində hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i^* = \frac{Z_{aş} - Z_{E_*}}{L_{E_*} - L_{aş}} = \frac{Z_E - Z_{A_1}}{L_{A_1} - L_E} = \frac{84,6 + 2,5}{32,3 - 22,53} = 8,915 \frac{m}{km}$$

A_1 nöqtəsindəki basqı vakuumetrik hündürlük nəzərə alınmaqla

$$H_{A_1} = h_v + H_S + (L_{b.k} - L_{A_1}) \cdot i = 2,86 + 19,85 + (35,984 - 32,3) \cdot 0,1 = 23,08 m$$

Onda sərbəst axın zonasının koordinatı və uzunluğu (8) ifadəsinə əsasən uyğun olaraq aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$x = L_{E_*} - \frac{H_{E_*} - Z_{E_*}}{i^* - i} = L_{A_1} - \frac{H_{A_1} - Z_{A_1}}{i^* - i} = 32,3 - \frac{23,08 + 2,5}{8,979 - 0,1} = 29,398 km$$

$$l_{s.a} = x - l_{aş} = x - L_E = 29,398 - 22,53 = 6,868 km = 6868 m$$

Sərfin məlum, hidravlik mailliyin (i^*) hesablanmış qiymətlərinə əsasən sərf modulunu (12) ifadəsinə uyğun hesablayaq:

$$M = \frac{Q}{\sqrt{i^*}} = \frac{0,0833}{\sqrt{8,915 \cdot 10^{-3}}} = 0,8824 \frac{m^3}{s}$$

Cədvəl 1-dən $d=700$ mm diametrinə və $M=0,8824$ qiymətinə uyğun aşağıdakıları tapırıq: $M_0=0,5195$; $M_1=1,0390$; $K_d(M_0)=0,05$; $K_d(M_1)=0,1$.

Onda (13) ifadəsinə uyğun olaraq sərf əmsalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$K_d(M) = 0,1 \cdot \frac{1,0390 - 0,8824}{1,0390 - 0,5195} + 0,05 \cdot \frac{0,8824 - 0,5195}{1,0390 - 0,5195} = 0,065 = 6,5 \%$$

Göründüyü kimi, sərbəst axın sahəsində borunun maye ilə dolma dərəcəsi çox aşağı olmaqla 6,5 % təşkil edir. Onda yaranan boşluğun həcmi (14) ifadəsinə əsasən aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$V_{boş} = (1 - 0,065) \cdot \frac{3,14 \cdot (0,704)^2}{4} \cdot 6868 = 2498 m^3$$

2-ci variant (nəql parametrlərinin maksimal qiymətləri) İlkin verilənlər:

- Kəmərin başlanğıcında təzyiq $P_b=6,5$ kqq/sm²;
- Kəmərin sonunda təzyiq $P_s=1,2$ kqq/sm²;
- Neftin sərfi $Q=630$ m³/saat=0,175 m³/s;
- Kəmərin daxili diametri $d_{dax}=0,704$ m;
- Kəmərin uzunluğu $L_{b.k.}=35,984$ km;

- Neftin sıxlığı $\rho_n = 855,0 \text{ kg/m}^3$;
- Neftin buxar elastikliyi $P_{b.e.} = 23996 \text{ Pa}$;
- Effektiv kələ-kötürlük əmsali $k = 0,1 \text{ mm}$;
- Neftin kinematik özlülüyü $v = 11,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Kəmərin sıxlasdırılmış profili (şəkil 4);
- $Z_b = 12,8 \text{ m}$; $Z_s = 12,7 \text{ m}$

Hesablanmış nəql parametrləri:

$$v = 0,45 \text{ m/s}; \quad Re = 26847; \quad \lambda = 0,0247; \quad i = 0,00036 \text{ m/m} = 0,36 \text{ m/km}; \quad h_v = 2,86 \text{ m}$$

Məlum təzyiqlərə əsasən kəmərin sonunda və başlangıçında yaranan basqları hesablayaq:

$$H_s = Z_s + \frac{P_s}{\rho g} = 12,7 + \frac{120000}{855,0 \cdot 9,81} = 27,0 \text{ m}$$

$$H_b = Z_b + \frac{P_b}{\rho g} = 12,8 + \frac{650000}{855,0 \cdot 9,81} = 90,19 \text{ m}$$

Sərbəst axın zonaları olmasaydı, onda hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i = \frac{H_b - H_s}{L_{b.k}} = \frac{90,19 - 27,0}{35,984} = 1,756 \frac{\text{m}}{\text{km}}$$

Ancaq baxılan halda hidravlik maillik xətti profili kəsdiyi üçün kəmərdə aşırı nöqtəsi (E nöqtəsi) vardır və həmin nöqtədə basqı (1) düsturuna əsasən $H_E = Z_E + h_v = 84,6 + 2,86 = 87,46 \text{ m}$ təşkil etdiyi üçün hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i = \frac{H_b - H_E}{L_E} = \frac{90,19 - 87,46}{22,53} = 0,12 \frac{\text{m}}{\text{km}}$$

Kəmərin sonunda olan basqıya əsasən A, B, C, D və E səciyyəvi nöqtələr (kəsiklər) üçün basqları hesablayaq və geodezik hündürlüklərlə tutuşdurraq:

$$H_A = H_s + (L_{b.k} - L_A) \cdot i = 27,0 + (35,984 - 28,5) \cdot 0,12 = 27,9 \text{ m} < Z_A + h_v = \\ = 50,4 + 2,86 = 53,26 \text{ m}$$

$$H_B = H_A + (L_A - L_B) \cdot i = 27,9 + (28,5 - 27,4) \cdot 0,12 = 28,0 \text{ m} < Z_B + h_v = \\ = 53,9 + 2,86 = 56,76 \text{ m}$$

$$H_C = H_B + (L_B - L_C) \cdot i = 28,0 + (27,4 - 25,2) \cdot 0,12 = 28,3 \text{ m} < Z_C + h_v = \\ = 58,1 + 2,86 = 60,96 \text{ m}$$

$$H_D = H_C + (L_C - L_D) \cdot i = 28,3 + (25,2 - 24,4) \cdot 0,12 = 28,4 \text{ m} < Z_D + h_v = \\ = 66 + 2,86 = 68,86 \text{ m}$$

$$H_E = H_D + (L_D - L_E) \cdot i = 28,4 + (24,4 - 22,53) \cdot 0,12 = 28,6 \text{ m} < Z_E + h_v = \\ = 84,6 + 2,86 = 87,46 \text{ m}$$

Hesablamalardan göründüyü kimi, baxılan bütün nöqtələrdə (kəsiklərdə) basqı geodezik

hündürlükdən az olduğu üçün sərbəst axın zonaları mövcud olacaq. E nöqtəsində (kəsiyində) başlayan sərbəst axın zonası [A; A₁] seqmentində də davam edəcəkdir (şəkil 4). (6) ifadəsinə əsasən sərbəst axın sahəsində hidravlik maillik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$i^* = \frac{Z_{a\dot{s}} - Z_{E_*}}{L_{E_*} - L_{a\dot{s}}} = \frac{Z_E - Z_{A_1}}{L_{A_1} - L_E} = \frac{84,6 + 2,5}{32,3 - 22,53} = 8,915 \frac{m}{km}$$

A₁ nöqtəsindəki basqı vakuumetrik hündürlük nəzərə alınmaqla

$$H_{A_1} = h_v + H_S + (L_{b.k} - L_{A_1}) \cdot i = 2,86 + 27,01 + (35,984 - 32,3) \cdot 0,12 = 30,3 m$$

Onda sərbəst axın zonasının koordinatı və uzunluğu (8) ifadəsinə əsasən uyğun olaraq aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$x = L_{E_*} - \frac{H_{E_*} - Z_{E_*}}{i^* - i} = L_{A_1} - \frac{H_{A_1} - Z_{A_1}}{i^* - i} = 32,3 - \frac{30,3 + 2,5}{8,915 - 0,12} = 28,571 km$$

$$l_{s.a} = x - l_{a\dot{s}} = x - L_E = 28,571 - 22,53 = 6,041 km = 6041 m$$

Sərfin məlum, hidravlik mailliyin hesablanmış qiymətlərinə əsasən sərf modulunu (12) ifadəsinə əsasən hesablayaq:

$$M = \frac{Q}{\sqrt{i^*}} = \frac{0,175}{\sqrt{8,915 \cdot 10^{-3}}} = 1,853 \frac{m^3}{s}$$

Cədvəl 1-dən d=700 mm diametrinə və M=1,853-ə uyğun aşağıdakıları tapırıq:
M₀=1,5586; M₁=2,0781; K_d(M₀)=0,15; K_d(M₁)=0,2.

Onda (13) ifadəsinə uyğun olaraq sərf əmsalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$K_d(M) = 0,2 \cdot \frac{2,0781 - 1,853}{2,0781 - 1,5586} + 0,05 \cdot \frac{1,853 - 1,5586}{2,0781 - 1,5586} = 0,1150 = 11,5 \%$$

Onda yaranan boşluğun həcmi (14) ifadəsinə əsasən aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$V_{bos} = (1 - 0,115) \cdot \frac{3,14 \cdot (0,704)^2}{4} \cdot 6041 = 2080 m^3$$

Hesablamlardan göründüyü kimi nəql parametrlərinin maksimal qiymətlərdə yaranan boşluqların həcmi 2498-2080-418m³ az olacaqdır. Bu da onu göstərir ki, nəql parametrlərini tənzimləməklə yaranan boşluqların həcmini azlatmaq, hətta minumuma çatdırmaq mümkündür.

Beləliklə, təklif olunan qrafo-analitik üsulla qərarlaşmış hərəkət rejimlərində neft kəmərlərində yaranan sərbəst axın zonalarının yeri və həcminin təyin edilməsinin mümkünüyү göstərilmiş və üsulun real neft kəmərində sınağının nəticələri qənaətbəxş olmuşdur.

REFERENCE

1. **Mirələmov H.F., İsmayılov Q.Q.** Neft və qazın boru kəmərləri ilə nəqli. -Baki: NQETLİ, 2010. 506 p.
2. **Aliev R.A., Belousov B.D., Nemudrov A.Q.** Turboprovodnoy transport nefti i qaza. Ucebnik dlya vuzov. - M.: Nedra, 1988, 368 p.
3. R 50.2.040-2004. Rekomendacii po metroloqii. QSI. Metroloqiceskoe obespecenie uceta nefti pri ee transportirovke po sisteme maqistralnix nefteprovodov. Osnovnie polojeniya. - M., 2004.
4. **Novoselov V.F.** Ekspluataciya nefteprovodov pri nepolnoy naqruzke. M.: VNIIOENQ. 1995, 68 p.
5. **Lure M.V.** Zadacnik po truboprovodnomu transportu nefti, nefteproduktov i qaza. - M.: Nedra, 2004, 350 p.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ САМОТЕЧНЫХ УЧАСТКОВ В НЕФТЕПРОВОДАХ ПРИ УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Г.Г. ИСМАИЛОВ, В.Х. НУРУЛЛАЕВ, Е.А. ЗЕЙНАЛОВ

В статье дается информация о наличии безнапорных (самоточных) участков и причины их возникновения в нефтепроводах. Отмечается, что исследование и определение самоточных участков имеет особое значение для безопасной и эффективной эксплуатации нефтепроводов.

Для определения места и величины самоточных участков в магистральных нефтепроводах при стационарном режиме авторами предложен и апробирован графоаналитический метод.

Ключевые слова: самотечный участок, графоаналитик, перевальная точка, упругость насыщенных паров, параметры перекачки, профиль трассы.

GRAPH-ANALYTIC METHOD FOR DETERMINING THE FREE FLOW AREAS OF OIL PIPELINE AT ESTABLISHED REGIME

G.G. ISMAYILOV, V.H. NURULLAYEV, E.A. ZEYNALOV

The article provides information about the presence of free flow areas in oil pipelines and their cause. It is noted that study and determination of free-flow areas are of particular interest for safe and efficient operation of pipeline. Authors proposed and tested the graph-analytic method to determine the location and the magnitude of free-flow areas of main pipelines at stationary regime.

Key words: free-flow area, graph-analytic, initial point, saturated vapor pressure, pumping options, pipeline profile.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ

Х.Н. РЗАЕВ

Статья посвящена краткому анализу развития конструктивных форм морских стационарных платформ (МСП) за рубежом. Приводится классификация МСП по различным признакам.

Ключевые слова: *стационарные платформы, гидротехнические сооружения, технологические операции, гравитация, бурение, углеводороды, морской шельф, центр залежей.*

Основным элементом обустройства морских месторождений углеводородного топлива являются морские стационарные платформы. В классификации гидротехнических сооружений морских нефтепромыслов они относятся к классу эксплуатационных сооружений, предназначенных для выполнения различного рода технологических операций, как в процессе выполнения буровых работ, так и в процессе добычи нефти и газа [1].

На платформах размещается обслуживающий персонал, необходимое технологическое оборудование с производственными запасами, используемыми в период бурения скважин и в эксплуатационный период [2].

Эти сооружения должны удовлетворять жестким требованиям безопасности в течение всего времени эксплуатации с учетом самых суровых внешних воздействий [3]. Срок службы таких сооружений ограничивается мощностью месторождений и темпами добычи нефти и газа. Обычно это 25-30 лет.

Современные МСП сооружаются с использованием различных материалов: металла, железобетона, композитных материалов.

Классификационные признаки МСП отражают внешние особенности этих сооружений, а также тип или способ опирания опорных блоков платформ на грунтовое основание – гравитационное, свайное или специальное.

Функциональные свойства всех типов МСП обеспечиваются работой их конструктивной формы и, как правило, геометрия платформы, ее жесткостные и прочностные

характеристики должны соответствовать результатам анализа поведения сооружения под действием доминирующих силовых воздействий.

Для МСП таковыми являются воздействия, связанные с инерционными проявлениями движения МСП – волновые, ледовые, сейсмические, ветровые. Величина перемещения опорных конструкций МСП под действием динамических сил позволяет найти степень ее податливости.

По величине отношения периода T колебаний платформы к периоду возмущающего воздействия τ , например штормовых волн, различают три основных типа сооружений:

- сектор 1 – мелководные МСП при $T/\tau < 0,3$;
- сектор 2 – глубоководные платформы при $T/\tau < 0,6$;
- сектор 3 – гибкие сооружения при $T/\tau > 2$.

Такое разделение МСП на три группы отражает различные подходы к расчету несущих конструкций опорных блоков платформ, а также к определению силовых воздействий и реакций сооружений.

Мелководные платформы рассматриваются как конструкции, воспринимающие статические либо квазистатические нагрузки от волн.

Первая зарубежная платформа была смонтирована в Мексиканском заливе в 1947 году на глубине 6 м [4]. Это сооружение состояло из двух опорных островных сооружений. Одно предназначалось для выполнения производственных задач, другое – для обеспечения жизнедеятельности персонала. Блоки соединялись переходным мостиком.

Для уменьшения волнового силового давления стержневые элементы в решетчатых конструкциях МСП изготавливались из трубчатого стального проката.

В 50-е годы глубину освоения морских месторождений подобными МСП довели до 30,0 м, но при этом стали проявляться следующие конструктивные недостатки:

- платформы имели в плане частое расположение вертикальных опор с большим количеством свай, что стало вызывать значительные силовые воздействия при штормах;
- конструктивные элементы в узлах соединялись с помощью листовых фасонок, и работа лишь одного узла при таком решении стала определять предельное состояние конструкции в целом;
- решетка панелей опорных блоков изготавливала из труб малого диаметра, а иногда и из профильного металлопроката, и при значительных волнениях моря эти элементы получали местные прогибы;
- возвведение платформ велось отдельными элементами непосредственно в море.

Все эти недостатки привели к пересмотру традиционных на то время способов проектирования, изготовления и монтажа МСП.

К середине 60-х годов с ростом глубин освоения нефтегазовых месторождений, доходящих в те годы до 90-100 м, формируется новая конструктивная форма МСП – моноблочное опорное основание [5].

Это основание было принято впоследствии как типовое.

При расчете таких конструкций стали использоваться новые подходы при определении силовых волновых воздействий, учитывающие уже динамические проявления в работе несущих конструкций МСП [6].

Коренным образом изменилась технология изготовления основных опорных конструкций (блоков) МСП. Теперь весь опорный блок изготавливался в стационарных заводских условиях. Трубчатые элементы в узлах имели бесфасоночное соединение. Подобный способ узлового решения позволял считать узлы жесткими и не влиять на несущую способность конструкции в целом.

При проектировании моноблоков определяющую роль в конструкции платформ играл принятый способ установки опорных блоков на место эксплуатации.

Практически все сооружение целиком доставлялось в зону монтажа на понтонах. Сооружение имело высокую степень заводской готовности. Затем понтоны затапливались, а с ними и необходимое количество труб опорного блока.

В результате выполнения этих операций блок МСП занимал проектное положение. После этого с помощью свай осуществлялось крепление конструкции к дну.

Первая глубоководная стационарная платформа на свайном основании была установлена в Мексиканском заливе у побережья штата Луизиана на глубине 115 м в 1970 году [7]. Опорный блок на уровне верхнего строения имел размеры 18×36 м; на уровне дна – 36×72 м; верхнее строение имело массу 900 т; опорный блок – 1800 т. Восемь трубчатых свай, забитых через колонны опорного блока, имели наружный диаметр труб 1,22 м. Толщина стальных труб в этом случае составляла 25 мм. Сваи забивались на глубину от 60,0 до 90,0 м.

Сооружение рассчитывалось на суммарную горизонтальную нагрузку от ветра, волн и течения, равную 13,5 МН. Максимальный опрокидывающий момент был определен в 1000 МН·м. На других месторождениях при сходных внешних условиях при проектировании МСП конструкторы принимали во внимание следующее обстоятельство: чем выше опорное основание и чем шире его база, тем меньшее участие в восприятии опрокидывающего момента принимали средние сваи. Поэтому на некоторых платформах ограничивались установкой свай только по углам опорных блоков [7].

В августе 1974 года на нефтяном месторождении Фортис, принадлежащем английской «British Petroleum», были установлены платформы на глубине 130 м [7]. МСП рассчитывались на воздействие волн высотой 28,2 м с периодом 15-18 секунд и ветра со скоростью 58 м/сек. Опорный блок пирамидальной формы имел высоту 135 м с размерами в плане: внизу 70,5×57 м и вверху 40×36 м. Масса опорного блока составляла 20000 т. Размеры верхнего строения в плане – 51,8×51,8, высота трех палуб составляла 90,2 м. Верхняя палуба возвышалась над дном моря на 170 м. Масса металлоконструкций верхнего строения с оборудованием составляла 1800 т. Общая масса МСП с оборудованием и сваями – 53500 т [7].

В течение следующих десятилетий строительством металлических конструкций МСП в мире занималось уже более 80 иностранных компаний [8]. В течение 1987 года,

например, было возведено около 130 буровых и эксплуатационных платформ на шельфах различных государств: Канады, Бразилии, Аргентины, Конго, Египта, Анголы и т.д.

Крупноблочные сооружения МСП на свайных основаниях позволили освоить глубины до 300 метров. Материалом для таких сооружений служит, как правило, сталь. При соединении вертикальных опор с поперечными элементами требуется большая точность и применяются трудоемкие электросварочные работы. Особенно сложнастыковка конструктивных элементов в узлах по сложным криволинейным поверхностям.

Таким образом, моноблочные, ставшие традиционными, стальные МСП, используемые на глубинах моря для Мексиканского залива более 300 м, а для условий Северного моря уже на глубинах более 100 м, становятся экономически нерациональными не только из-за того, что возрастает масса опорного блока, но и по причине снижения эффективности работы свайного основания.

В связи с этим многие нефтедобывающие компании стали использовать *платформы гравитационного типа*.

Общая устойчивость гравитационных глубоководных стационарных платформ под действием внешнего нагружения обеспечивается за счет собственного веса, веса балласта и за счет развитой площади опирания платформы. Первая металлическая гравитационная платформа была установлена на месторождении у острова Сицилия на плотных глинистых донных отложениях в 1976 году. Глубина установки составляла 200 м. Масса металлоконструкций – 12500 т; бетонный балласт – 9450 т. Платформа имела треугольную форму в плане с опиранием на три отдельных опорных понтонов. Платформу сооружали в одном доке, после заполнения дока водой платформа всплывала, и ее буксировали до места установки. Эти платформы получили название «Technomare» по имени итальянской фирмы – разработчика конструкций платформы.

Различные модификации этого типа платформы в последующие годы устанавливались у берегов Конго, в Северном и Средиземном морях [6].

Стремление уменьшить расход металла при строительстве металлических гравитационных платформ дополнительным применением железобетона несколько рационализировало конструктивную форму «Technomare». Например, использование трех опорных понтонов из железобетона общей массой 45000 т позволило существенно уменьшить массу стальных конструкций опорной фермы и названной платформы до 14000 т. Железобетонный ростверк-понтон изготавливался в сухом доке и спускался на воду, затем буксировался на место установки и погружался на дно. Отсеки ростверка использовались для хранения нефти.

Стальную опорную ферму собирали на верфи и спускали на воду в горизонтальном положении. Транспортировка осуществлялась на опорном понтоне, который перед операцией нагрузки платформы подтапливался.

Затем специальной операцией затапливали полости труб несущих ферм, вследствие чего, погружаясь, опоры ферм входили в соответствующие гнезда понтонов. Замена стальных понтонов на более дешевые железобетонные опорные понтонны создала класс комбинированных гравитационных МСП [9].

В августе 1975 г. [10] были изготовлены и установлены две первые гравитационные МСП, полностью изготовленные из железобетона.

Монтаж осуществлялся на месторождениях в Северном море. Наибольшее распространение получила конструктивная форма, разработанная норвежскими компаниями «A/S Hoyer Ellison», известная как «Condeep» (тип А; В; С).

Интерес к морским сооружениям из железобетона объясняется, в первую очередь, простой (в сравнении с металлическими МСП) технологией изготовления опорных блоков железобетонных гравитационных МСП, что существенно сказалось на стоимости изготовления платформ этого типа.

По данным норвежских специалистов, эксплуатационные расходы по ж/б платформам составляют 1% в год от стоимости сооружения по сравнению с 5% по металлическим [10].

Выход на глубины освоения, превышающие 300 м, потребовал от разработчиков внедрения новых конструктивных форм МСП, поскольку нерациональным становилось использование конструкций опорных блоков МСП с податливостью группы 2. Масса платформ этой группы резко возрастила, а стремление проектировщиков сохранить жесткостные характеристики сооружений при увеличении глубин наталкивалось на экономическую нецелесообразность таких попыток.

При создании новых конструктивных форм МСП для работы на шельфе с глубинами в несколько сот метров определились следующие направления:

- использование при строительстве более дешевых конструктивных материалов, а с ними и более простых технологий. Это направление характеризовалось применением железобетона и различных комбинаций стали и бетона [5];
- использование гибких стационарных платформ в виде башен и в виде качающихся платформ: мачтовых с оттяжками и маятниковых.

Строительство новых монтажных барж «Интернам 650» позволяло транспортировать и спускать на воду цельные основания на глубины до 412 м [11], однако сравнительный анализ проектов, методов изготовления и монтажа обычных глубоководных платформ выявил необходимость снижения стоимости МСП.

Были рассмотрены три типа опорных блоков МСП:

- жесткого;
- жестко комбинированного;
- податливого комбинированного.

Уменьшение затрат на изготовление и монтаж платформ решается за счет изменения конструкции нижней части опорного блока, когда создаются условия переноса части нагрузок, возникающих под действием массы конструкции на сваи. Это достигается за счет значительного выведения свай над дном, что ведет к перераспределению внутренних усилий. В конструкции податливого комбинированного блока верхушки свай доходят почти до половины высоты основания. Инерционные нагрузки при колебательном движении гибкой платформы действуют в направлении противоположном волновым

нагрузкам и, следовательно, амплитуда боковых усилий, которые учитываются при проектировании, уменьшаются, т.е. присутствует эффект динамического гашения [12].

Одним из направлений развития конструктивной формы глубоководных МСП является использование опорных конструкций в виде мачт, состоящих из вертикального ствола постоянного сечения и удерживающих его оттяжек, прикрепленных к анкерам гирляндами грузовых массивов зажоренных ко дну. При обычных нагрузках гирлянды массивов не отрываются от дна и исключают боковые перемещения ствола. Во время штормов, близких к расчетным, гирлянды массивов отрываются от дна. В результате этого внешние нагрузки амортизируются колебаниями гирлянд.

Альтернативными по отношению к свайным и гравитационным сооружениям являются маятниковые (шарнирные) морские платформы. Как новый тип морских гидroteхнических сооружений маятниковые платформы (МП) были впервые предложены и разработаны группой французских фирм [7]. Первая экспериментальная МП была установлена в 1968 г. на глубине 98,5 м в Бискайском заливе. Платформа была рассчитана на воздействие волн высотой 19,8 м с периодом 16 сек., ветра со скоростью до 60 м/сек.

Платформа состояла из сплошной цилиндрической колонны с шестью внешними поплавками и прямоугольной опорной плиты. Цилиндрическая колонна соединялась с опорой с помощью универсального шарнира. К основной цилиндрической части колонны прикреплялись шесть наружных поплавков, которые создавали восстанавливающую силу при отклонении платформы от вертикального положения под действием горизонтальных нагрузок. Наибольший расчетный угол отклонения составлял 7°. Для компенсации подъемной силы поплавков и уменьшения вертикальной нагрузки на оси шарнира, внизу цилиндрической колонны был уложен балласт массой около 40 т.

Общая масса колонны с поплавками и балластом составляла 1500 т.

Размеры опорной плиты – 21×24 м. Общая масса опорной плиты – 800 т. Платформа была изготовлена и установлена компанией CFEM (Франция).

Эксплуатация платформы показала, что период собственных колебаний МП составлял 58 сек. При проведении измерений высота волны достигала 12 м, а период – 13 сек.

Эксплуатация первой экспериментальной МП «Elfocean» подтвердила расчеты конструкторов и перспективность использования маятниковых платформ для освоения больших глубин. Строительство загрузочной колонны из железобетона для фирмы «Phillips Petroleum» было выполнено фирмой «Doris» для месторождения, где глубина воды достигает 100 м [13].

Построенные и проектируемые МП и МСП классифицируются по:

- области применения;
- типу конструкций опор;
- материалу конструкции.

По области применения различают: океанографические, нефтегазопромысловые, маячные, станции рыболовства и т.д.

По типу конструкций опор: сквозные; решетчатые или сплошные; неразрезные или телескопические; одношарнирные или многошарнирные; башенные или мачтовые; с положительной или отрицательной плавучестью.

По материалу конструкций различают металлические, железобетонные и композитные, сталебетонные [14].

Заключение. Анализ различают зарубежного опыта развития конструктивных форм МСП позволяет сделать следующие выводы:

- довлеющим фактором над всеми расчетными характеристиками является обеспечение общей устойчивости от опрокидывания при суммарном (возможно и одновременном) действии нагрузок с горизонтальным направлением силового вектора;
- глубины месторождений в 300-400 м становятся предельными глубинами для платформ 1-й и 2-й группы. На таких отметках конструктивная форма глубоководных платформ становится экономически нецелесообразной;
- гибкие платформы различных типов на сегодняшний день представлены лишь в экспериментальном и проектном вариантах. Такое положение объясняется в первую очередь тем, что на сегодняшний день у конструкторов отсутствуют рабочие методы быстрого и адекватного анализа динамического поведения конструируемого сооружения на ранних стадиях проектных разработок. Использование же существующих расчетных программ, основанных на МКЭ (методе конечных элементов), такой возможности не дает. Даже при детерминистическом подходе математическое описание процесса колебаний гибких и маятниковых платформ на действие расчетных регулярных волн приводит к достаточно сложным нелинейным дифференциальным уравнениям, решение которых требует применения численного интегрирования;
- наиболее перспективной конструктивной формой опорных блоков МСП следует признать композицию из стальной оболочки с заполнением внутренних полостей бетоном. Эта форма наиболее технологична.

REFERENCE

1. **Hrapatyj N.G., Bekker A.T., Gnezdilov E.A.** Gidrotehnicheskie sooruzhenija na shelfe. – Vladivostok, 1983.
Храпатый Н.Г., Беккер А.Т., Гнездилов Е.А. Гидротехнические сооружения на шельфе. – Владивосток, 1983.
2. **Ibragimov A.M.** Neftegazopromyslovye gidrotehnicheskie sooruzhenija. – M: Nedra, 1996.
Ибрагимов А.М. Нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения. – М: Недра, 1996.
3. **Dinkov V.A., Lozovoij V.D.** Obespechenie bezopasnosti pri osvoenii shelfa Rossijskoj Federacii. Gazovaja promyshlennost, nojabr 2000.
Динков В.А., Лозовой В.Д. Обеспечение безопасности при освоении шельфа Российской Федерации. Газовая промышленность, ноябрь 2000 г.
4. **Lee G.C.** Offshore structures past, present, future and design consideration. J. Offshore, 1968, vol. 28, №6. – P 45-55.
5. **Uchell S.A., Morrison D.D., Kollins D.I.** Glubokovodnye kombinirovannye stacionarnye platformy dla Meksikanskogo zaliva. Neft i gaz za rubezhom, № 3, 1988.

- Учелл С.А., Моррисон Д.Д., Коллинс Д.И.** Глубоководные комбинированные стационарные платформы для Мексиканского залива. Нефть и газ за рубежом, № 3, 1988.
6. Morskie gidrotehnicheskie sooruzhenija na kontinentalnom shelfe. – L.: Sudostroenie, 1987.
Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. – Л.: Судостроение, 1987.
7. **Halfin I.Sh.** Stroitel'stvo glubokovodnyh stacionarnyh platform dla osnovaniya morskikh mestorozhdenij nefti i gaza. – M.: VNIIOENG, 1976.
Халфин И.Ш. Строительство глубоководных стационарных платформ для основания морских месторождений нефти и газа. – М.: ВНИИОЭНГ, 1976.
8. Sostojanie stroitelstva morskikh neftegazopromyslovyh sooruzhenij v 1987 g. Neft, gaz za rubezhom, VNIIOJeNG, №3, 1987.
Состояние строительства морских нефтегазопромысловых сооружений в 1987 г. Нефть, газ за рубежом, ВНИИОЭНГ, №3, 1987.
9. **Maus J., Finn L.D.** Exxon study shows compliant piled tower cost lenifits. Ocean Industry, March, 1986.
10. **Volkov Ju.S., Rybakov I.I.** Sooruzhenija iz zhelezobetona dlja kontinentalnogo shelfa. – M.: Strojizdat, 1985.
Волков Ю.С., Рыбаков И.И. Сооружения из железобетона для континентального шельфа. – М.: Стройиздат, 1985.
11. **Will S.A.** Trade-offs in constructional of large single segment fixed platforms jackets. OASCE Structures Congress. – Houston, Oct. 17-19, 1983.
12. **Hanna S.J., Mangiavacchi A., Suhendra R.** Nonlinear dynamic analysis of Guyed Tower Platforms. Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME, June 1983, vol. 105/205.
13. Sooruzhenija iz zhelezobetona dla osvoenija kontinentalnogo shelfa. Serija 4. Stroitelstvo i arhitektura. VNIIIS Gosstroja SSSR. – M., 1984.
Сооружения из железобетона для освоения континентального шельфа. Серия 4. Строительство и архитектура. ВНИИИС Госстроя СССР. – М., 1984.
14. Majatnikovye platformy na morskikh neftegazopromyslah. Obzornaja informacija. Vypusk 1. VNIIEOP. – M.: 1981.
Маятниковые платформы на морских нефтегазопромыслах. Обзорная информация. Выпуск 1. ВНИИЭОП. – М.: 1981.

STASİONAR DƏNİZ PLATFORMALARININ TİKİNTİSİNDƏ XARİCİ TƏCRÜBƏ

X.N. RZAYEV

Məqalə stasionar dəniz platformalarının (SDP) konstruktiv formalarının xaricdə inkişafının qısa analizinə həsr edilmişdir. SDP-nin müxtəlif əlamətlərə görə təsnifati verilmişdir.

Açar sözlər: stasionar platforma, hidrotexniki qurğu, texnoloji əməl, gravitasiya, qazma, karbohidrogen, dəniz şelfi, neft yataqları.

FOREIGN EXPERIENCE IN THE CONSTRUCTION OF STATIONARY SEA PLATFORMS

Kh.N. RZAYEV

The article is devoted to a brief analysis of the development of constructive forms of fixed offshore platforms (FOP) abroad. Classification of FOP according to various criteria

Key words: stationary platforms, hydraulic structures, technological operations, gravitational, drilling swings, hydrocarbon, sea shelf, oil field.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ БИС-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В БОРЬБЕ С АССОЦИАТАМИ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ НЕФТИ

Ч.И. МАМЕДОВ, К.Г. АКПЕРОВА

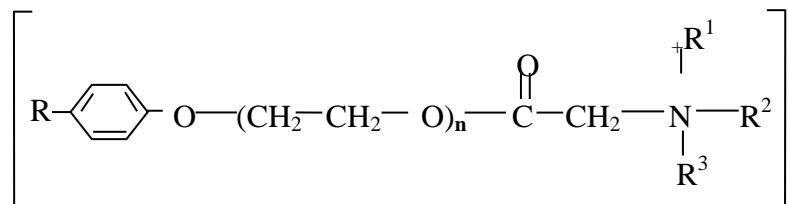
Функционально замещенные четвертичные аммониевые соединения с кислородсодержащими фрагментами, в частности, с оксиэтиленовыми и сложноэфирными фрагментами, обладают свойствами присадок регуляторов. Они влияют на реологическое поведение нефтяных дисперсных систем. Для введения в структуру функционально замещенных аммониевых соединений простой эфирной группировки (С-О-С) использованы бис-третичные амины, которые были синтезированы из 2,2-дигромдиалкиловых эфиров (3, 3а, 4, 4а) путем реакции их с диэтиламином.

Ключевые слова: высокоэффективные органические реагенты, четвертичные аммониевые соединения, бромистоводородные соли бис-третичных аминов.

Последние годы в эксплуатацию вошли нефтяные пласты, из которых добывается тяжелая нефть. Вязкость такой нефти высокая, и для транспортировки её требуется применение высокоэффективных органических реагентов, способных многократно снижать вязкость. Благодаря развитию нанотехнологий установлено, что при увеличении вязкости нефти происходит нековалентное взаимодействие между компонентами и углеводородами нефти, приводящее к образованию ассоциатов, нефтяных смол, асфальтенов и других межмолекулярных образований. Особенно эти явления усиливаются в холодный период года. В результате появляется множество трудностей для нефтяников при добыче и транспортировке нефти по трубопроводам. Нековалентное взаимодействие между компонентами нефтиносит неоценимый вред при вытеснении нефти из эксплуатируемых скважин и пластов. В связи с этим увеличиваются расходы средств, труда и энергии. При трудных погодных условиях нефтяникам приходится искать принципиально новые эффективные способы борьбы с этими явлениями.

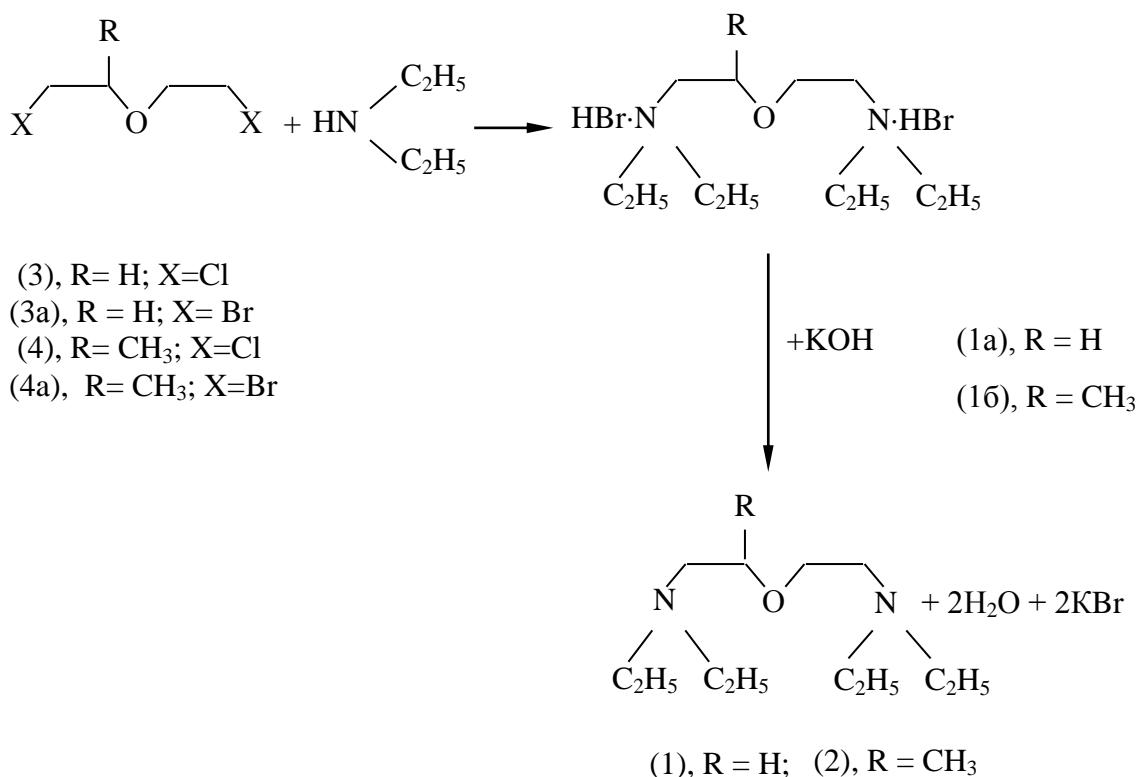
Для снижения температуры застывания и улучшения реологических свойств добываемой тяжелой нефти на месторождениях применяется целый ряд технологий: тер-

мическая обработка и другие методы физического воздействия, разбавление различными растворителями или легкими фракциями, а также введение присадок, регулирующих вязкоупругие свойства нефти. Впервые авторы [1] показали, что свойствами присадок регуляторов реологических поведений нефтяных дисперсных систем обладают функционально замещенные четвертичные аммониевые соединения с кислородсодержащими фрагментами, в частности, с оксиэтиленовыми и сложноэфирными фрагментами [2, 3]:

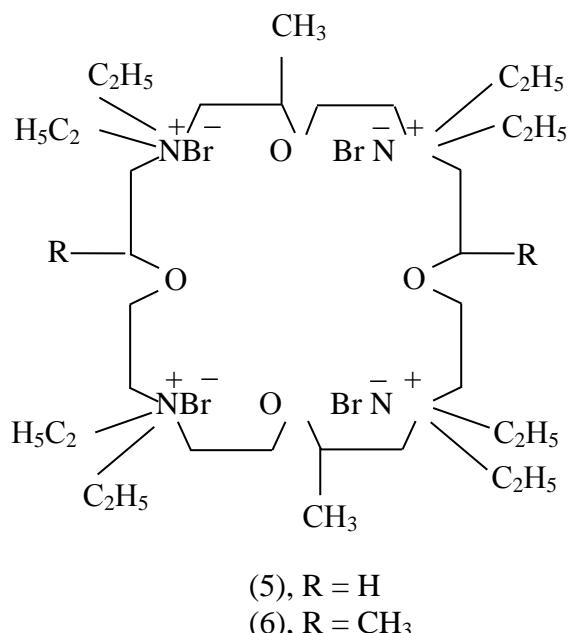


Наличие функциональных групп в этих аммониевых системах помогает регулировать вязкоупругое течение нефтяных дисперсных систем.

Для введения в структуру функционально замещенных аммониевых соединений простой эфирной группировки (С-О-С) мы использовали бис-третичные амины (1) и (2), которые были синтезированы из 2,2-дигромдиалкиловых эфиров (3,3a, 4, 4a) путем их реакции с диэтиламином по схеме:



Образующиеся бромистоводородные соли бис-третичных аминов (1а) и (1б) при обработке щелочью (КОН) количественно превращаются в соответствующие бис-третичные амины (1) и (2). Имея в своем распоряжении (1) и (2) и 2,2-дигромдиалкиловые эфиры (3,3а, 4, 4а), мы осуществили синтезы высокоэффективных макроциклических поличетвертичных аммониевых соединений (5) и (6), являющихся регуляторами свойств тяжелой нефти.



При добавке 0,01-0,05% этих соединений к тяжелой нефти вязкость нефти снижается в 5-6 раз.

REFERENCE

1. **Fahretdinov P.S., Borisov D.N., Romanov G.V.** Novye reguljatory reologicheskikh svojstv vysokosmolistoj nefti. Neftegazovoe delo. 2007.
Фахретдинов П.С., Борисов Д.Н., Романов Г.В. Новые регуляторы реологических свойств высокосмолистой нефти. Нефтегазовое дело. 2007.
2. **Miralamov G.F., Rzaeva L.T., Mamedov Ch.I., Shabanov A.L.** Neftegazovye tehnologii. №7, 2013, s. 93-96.
Мираламов Г.Ф., Рзаева Л.Т., Мамедов Ч.И., Шабанов А.Л. Нефтегазовые технологии. №7, 2013, с. 93-96.

3. Miralamov G.F., Rzaeva L.T., Mamedov Ch.I., Shabanov A.L. Razrushenie v nefti samoobrazujushhihsja nanostrukturirovannyh kolloidov. Neftegazovye tehnologii. №11, 2013, s. 67-69.

Мираламов Г.Ф., Рзаева Л.Т., Мамедов Ч.И., Шабанов А.Л. Разрушение в нефти самообразующихся наноструктурированных коллоидов. Нефтегазовые технологии. №11, 2013, с. 67-69.

**NEFTDƏ OLAN BÖYÜKMOLEKULLU NANOSTRUKTURLARLA
VƏ ASSOSİATLARLA MÜBARİZƏ ÜÇÜN BİS-DÖRLÜ AMONİUM
BİRLƏŞMƏLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏTBİQİ**

Ç.İ. MƏMMƏDOV, K.H. ƏKBƏROVA

Mürəkkəb efirli funksional əvəz edilə bilən dördlü ammonium birləşmələri tənzimləyici aşqarlar xüsusiyyətinə malikdir. Onları neft dispersiya sistemlərinə əlavə etdikdə onlar neftin reoloji xassələrinə müsbət təsir göstərir. Bu ammonium qruplarının tərkibinə (C-O-C) efir qruplarının əlavə edilməsi üçün 2,2 dibromdialkil efirinin diethylaminlə peaksiyasından alınan bis-üçlü aminlərdən istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: yüksək effektili üzvi reagentlər, dördlü ammonium birləşmələri, bis-üçlü bromhidrogen amin duzları.

**SYNTHESIS AND APPLICATION OF BISQUATERNARY AMINES
TO CONTROL ASSOCIATES AND SUPERMOLECULAR
NANOSTRUCTURES IN OIL**

Ch.I. MAMEDOVA, K.Q. AKPAROVA

Functionally substituted quaternary amines with oxygen-containing moieties, in particular, the oxyethylene and complex ether moieties have properties of regular additives. They affect on the rheological behaviour of oil disperse systems. The bisertiary amines, which were synthesized from 2,2-dibromide alkyl ethers (3, 3a, 4, 4a) by their reaction with diethylamine, are used for an introduction into the functional structure of substituted ammonium compounds of the ether group (C-O-C).

Key words: highly effective organic reagents, quarternary amines, hydrobromic salts encore-tertiary amines.

OLİQOMER-ELASTOMER QARIŞIĞI ƏSASINDA KOMPOZİSIYA

F.Ə. ƏMİROV, T.M. NAİBOVA, İ.Q. ABDULLAYEVA, P.X. QULUYEVA

Məqalədə reaksiya qabiliyyətli fenol-formaldehid oliqomerinin (FFO) BNK-26 markalı butadien-nitril elastomeri ilə modifikasiya prosesi öyrənilmiş və alınmış qarışqlar əsasında örtük kompozisiyası hazırlanmışdır. Tədqiq olunan örtük kompozisiyalarının əsas göstəriciləri və tətbiq sahələri müəyyənləşdirilmişdir. Dəniz suyunda və müxtəlif aqressiv mühitlərdə kompozisiyaların dayanıqlığı yoxlanılmışdır.

Açar sözlər: *fenol-formaldehid oliqomeri, modifikasiya, rezol, butadien–nitril elastomeri, kompozisiya, örtük, korroziya.*

Giriş. Sənayedə oliqomerlər əsasında müxtəlif məqsədlər üçün kompozisiyalar hazırlanır. Lakin bu oliqomerlərin müəyyən çatışmayan cəhətləri olduğundan tətbiq sahələri də məhdudlaşır. Çatışmayan cəhətləri aradan qaldırmaq üçün oliqomerlər müxtəlif təbiətli monomerlər, polimerlər və ya elastomerlərlə modifikasiya olunur. Belə ki, oliqomerin tərkibinə əlavə funksional qrupların daxil olması onda olan çatışmayan cəhətləri aradan qaldırır. Nəticədə bu oliqomerlər əsasında hazırlanan kompozisiyalar nisbətən ekoloji təmiz, istiyədavamlı, zərbəyədavamlı, yapışqanlıq möhkəmliyi yüksək olan birləşməyə çevrilir və tətbiq sahələri genişlənir [1-3].

Məsələnin qoyuluşu. Dağıdıcı mühitlərdə istifadə edilən qurğu və avadanlıqların istismar uzunmüddətiyinin qiymətləndirilməsinin dəqiq üsulları olmadığı üçün onların korroziyadan qorunmasına kompleks yanaşmanın əsas istiqamətlərindən biri yüksək qoruyuculuq effektinə malik polimer əsaslı kompozisiya materiallarının alınmasıdır. Göstərilənləri nəzərə alaraq, yüksəkmolekullu birləşmələrlə modifikasiya edilmiş funksional oliqomerlər və oliqomer-elastomer qarışqları əsasında kompozisiyaların, onlar əsasında yüksək effektliyə malik qoruyucu örtüklərin alınması əsas tədqiqat istiqaməti kimi müəyyənləşdirilmişdir.

Məsələnin həlli. Elmi ədəbiyyatlarda bu tədqiqatlara həsr olunmuş işlərin analizi göstərir ki, çox funksiyalı kompozisiyaların, o cümlədən, qoruyucu örtük kompozisiyalarının alınmasında əsas istiqamət FFO əsaslı kompozisiyaların alınmasına və göstəricilərinin tədqiqinə yönəlmüşdür. FFO əsaslı kompozisiyaların bir sıra çatışmamazlıqları məlumdur. Bu çatışmayan cəhətlərdən başlıcası yapışqanlıq qabiliyyətinin aşağı və kövrək olmasıdır. Odur ki, FFO-nin müxtəlif birləşmələrlə modifikasiyası bu məsələnin əsas həlli yollarından biridir. Məlumdur ki,

metal üzərinə çəkilmiş lak-boya örtüyünün yapışqanlıq qabiliyyəti qarışığın makromolekulunun funksionallığından, quruluşundan və təbiətindən asılıdır [4-5].

Sınaq üsulları. Modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri əsasında lak-boya örtüyünün hazırlanması üçün ilk növbədə rezol tipli fenol-formaldehid oliqomeri alınmış, sonra isə butadien-nitril kauçuku ilə modifikasiya olunmuşdur. Rezol tipli fenol-formaldehid oliqomeri almaq üçün xammal kimi fenoldan, formaldehiddən və katalizator kimi ammonyaklı sudan, modifikator kimi isə BNK-26 markalı butadien-nitril elastomerindən istifadə edilmişdir.

Rezol tipli fenol-formaldehid oliqomeri aşağıdakı nisbətlərdə elastomerlə qarışdırmaqla modifikasiya olunmuşdur (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomerinin tərkibi

Komponentlər	
FFO (k.h.)	BNK-26 (k.h.)
90	10
95	5
97	3
98	2

Əvvəlcə hesablanmış miqdarda elastomer və rezol tipli FFO ayrı-ayrılıqda asetonda həll edilir. Sonra oliqomer-elastomer qarışığının bircinsli məhlulu alınana kimi (~20 dəqiqə) 80-90°C temperaturda qızdırılır.

Təcrübələrdən müəyyən olunmuşdur ki, ən yaxşı nəticə FFO: BNK-un 98:2 (k.h.) nisbətində alınır.

Oliqomer-elastomer qarışığının, həmçinin müqayisə üçün modifikasiya olunmamış rezol tipli FFO-nin və BKN-26 markalı butadien-nitril elastomerinin İQ-spektrləri udma zolağının 700-4000 cm^{-1} intervalında “ФТ-02 ИНФРФЛЮМ” markalı spektrometrde çəkilmişdir (şəkil 1-3).

BNK-nun İQ spektrləri- (sm^{-1}) 960-980, 1575 v C=C, 2869-2880 v C-H, 1680 v CN, FFO-da 760 def. benzol, 1200-1255 CH₂, 3200-3460 v OH, 1590 v benzol həlqəsi udma zolaqları müşahidə olunmuşdur.

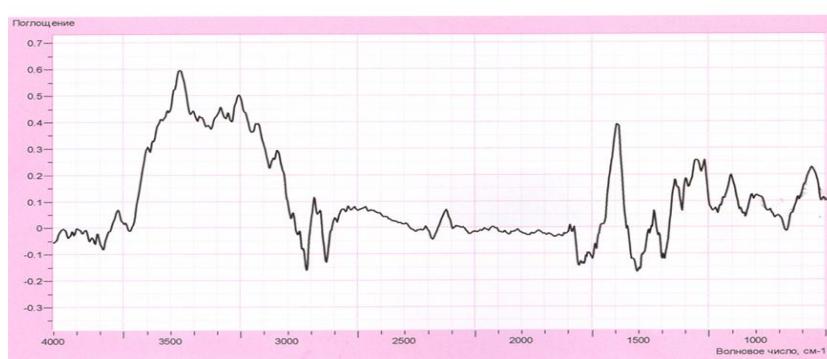
Elastomerlə modifikasiya edilmiş FFO-də 3480 cm^{-1} R-OH, 2320 cm^{-1} -də CH₂, 11307, 1432-1472 cm^{-1} -də C=C oberton, 1688 cm^{-1} CN, 1225 cm^{-1} C-H, 720, 1201 cm^{-1} benzolun udma zolaqları aşkar olunmuşdur [6-8]. Bu da prosesin mexanokimyəvi modifikasiya olmasını bir daha təsdiqləyir.

Bu göstərilənlər oliqomer-elastomer qarışıqları əsasında yüksək qoruyuculuq göstəricilərinə malik kompozisiyaların işlənməsinin aktuallığını təsdiqləyir.

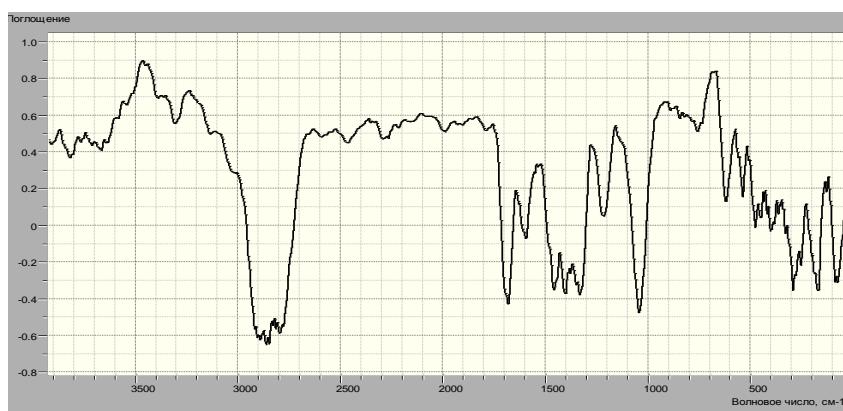
Modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomerinin tərkibində olan sərbəst fenol Koppeşar üsulu ilə müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, modifikasiya olunmamış FFO-da sərbəst fenol 10-12 %, modifikasiya olunduqdan sonra bu göstərici təxminən iki dəfə azalmışdır.



Şəkil 1. BNK-26 markalı butadien-nitril elastomerinin İQ spektri



Şəkil 2. Rezol tipli modifikasiya olunmamış fenol-formaldehid oliqomerinin İQ spektri



Şəkil 3. Modifikasiya olunmuş oliqomer-elastomer qarışığının İQ spektri

Elastomerlə modifikasiya olunmuş və müqayisə üçün modifikasiya olunmamış fenol-formaldehid oliqomerlərinin əsas fiziki-kimyəvi və fiziki-mexaniki göstəriciləri tədqiq olunmuşdur [6]. Müəyyən olunmuşdur ki, elastomerlə modifikasiya olmuş fenol-formaldehid oliqomerinin əsas göstəriciləri modifikasiya olunmamış fenol-formaldehid oliqomerinin uyğun göstəricilərindən ~1.5-2 dəfə yüksəkdir (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Elastomerlə modifikasiya olunmuş və modifikasiya olunmamış fenol-formaldehid oligomerlərinin əsas göstəriciləri

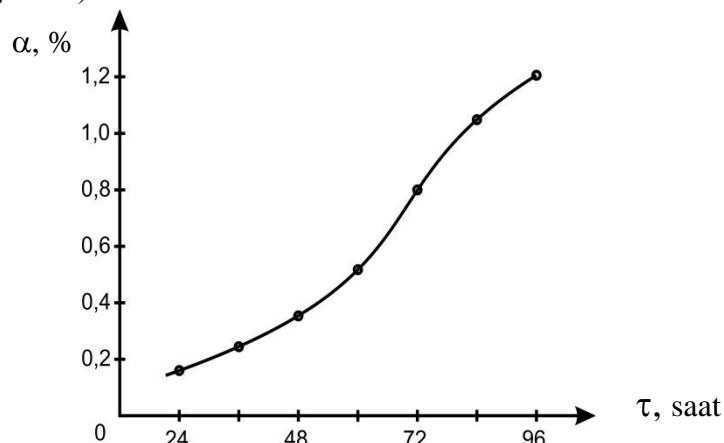
Göstəricilər	FFO	MFFO
Sıxlıq, kq/m ³	1250	1280
Yumşalma temperaturu, °C	60-65	90-95
Nisbi özlülük, san	1,22	2,04
Sərbəst fenolun miqdarı, %	10-12	5-6
Sərbəst formaldehidin miqdarı, %	4.6	2.8
Bərkimə dərəcəsi (ekstraksiya üsulu ilə), %	92	98
Yapışqanlıq möhkəmliyi, MPa	1,6-1,8	2,4-2,6
Zərbəyə davamlılıq, kq/sm	4,5-5,0	14-15

Modifikasiya prosesi nəticəsində fenol-formaldehid oligomerində sərbəst fenolun və sərbəst formaldehidin miqdarı azalmış, yapışqanlıq möhkəmliyi, zərbəyə davamlılığı, bərkiliyi və istiliyə davamlılığı yüksəlmişdir.

Tədqiq olunan oligomer-elastomer qarışığının həm kimyəvi, həm də termiki üsulla bərkidilir. Kimyəvi üsulla bərkimədə qarışığa 1-2 % (kütləyə görə) urotropin – heksametilen-tetramin – ($C_6H_{12}N_4$) əlavə edilir. Qarışdırıldıqdan sonra kompozisiya təmizlənmiş polad nümunə üzərinə çəkilir və otaq temperaturunda 24 saat müddətində qurudulur.

Termiki bərkimə üsulunda təmizlənmiş polad nümunələrə kompozisiya çəkilir, sonra isə termoşkafa müxtəlif temperaturlarda (80, 100, 120, 140°C) və müxtəlif vaxtlarda (20, 40, 60, 80 dəq.) bərkidilir. Nəticədə müəyyən olunmuşdur ki, oligomer-elastomer əsaslı kompozisiyanın bərkimə dərəcəsi 120°C-də 20 dəqiqliq müddətində 98% -dir.

Hazırlanmış oligomer-elastomer əsaslı kompozisiyadan poladdan hazırlanmış avadanlıqların dəniz suyunda korroziyadan qorunmasında istifadə olunması təklif olunduğundan şismə dərəcəsi müxtəlif vaxtlarda öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, oligomer-elastomer əsaslı örtük kompozisiyasının dəniz suyunda şisməsi vaxtdan asılı olaraq 0,2-1,2% intervalında dəyişir (şəkil 4).



Şəkil 4. Modifikasiya olunmuş rezol tipli fenol-formaldehid oligomeri əsaslı örtük kompozisiyasının dəniz suyunda şismə dərəcəsinin vaxtdan asılılığı

Oliqomer-elastomer qarışığı əsasında hazırlanan örtük kompozisiyasının aqressiv mühitlərə də dayanıqlığı yoxlanılmışdır. Alınmış nəticələrdən görünür ki, bu kompozisiya kimyəvi dayanıqlı sayıla bilər (cədvəl 3).

Cədvəl 3

Oliqomer-elastomer əsası örtük kompozisiyalarının aqressiv mühitlərə dayanıqlığı

Kompozisiyalar	HCl, %		CH ₃ COOH, %		NaOH, %		NaCl, %	
	5	33	5	85	3	30	3	30
	Kütləb itkisi, %							
FFO əsaslı	1,6	1,8	1,2	1,4	0,8	2,8	1,1	0,8
FFO +BNK-26 əsaslı	0,9	1,2	0,7	0,9	0,3	1,2	0,05	0,6

Nəticə. Tədqiqat işində oliqomer-elastomer əsası kompozisiya hazırlanmışdır. Kompozisiyanın fizik-mexaniki və istismar göstəriciləri müəyyən olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, oliqomerin elastomerlə modifikasiyası nəticəsində alınmış kompozisiyanın molekul kütləsinin artması və əlavə funksional qrupların əmələ gəlməsi nəticəsində bərkimə prosesi sürətlə getmiş, torvari quruluş əmələ gəlmüş, tədqiq olunan mühitlərdə diffuziya prosesi ləngimiş, istismar göstəriciləri yüksəlmişdir.

REFERENCE

1. **Nikolaev A.F.** Sinteticheskie polimery i plasticheskie massy na ih osnove. M-L.: Himija, 1966, 768 s.
Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М-Л.: Химия, 1966, 768 с.
2. **Shvarc A.G., Diizburg B.I.** Sovmeshhenie kauchukov s plastikami i sinteticheskimi smolami. M.:Himija, 1972, 343 s.
Шварц А.Г., Диизбург Б.И. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами. М.:Химия, 1972, 343 с.
3. **Knop A., Shejb V.** Fenolnye smoly i materialy na ih osnove. M.: Himija, 1983, 273 s.
Кноп А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе. М.: Химия, 1983, 273 с.
4. **Entelis S.T.** Reakcionnosposobnye oligomery. M.: Himija, 1985, 303 s.
Энтелис С.Т. Реакционноспособные олигомеры. М.: Химия, 1985, 303 с.
5. **Bilalov Y.M., Hüseynov F.İ., Abbasova L.M..** Modifikasiya edilmiş polimer kompozisiyaları. Bakı, 2002, 200 s.

6. **Kazicyna L.N., Kupletskaia N.B.** Primenenie UF - IK i JaMR spektroskopii v organicheskoi himii. M: Vysshaja shkola, 1971, 266s.
Казицина Л.Н., Куплетская Н.Б. Применение УФ - ИК и ЯМР спектроскопии в органической химии. М: Высшая школа, 1971, 266с.
7. **Əmirov F.Ə., Cəfərova R.Ə., Abdullayeva I.Q.** Üzvi maddələrin tərkib və quruluşunun absorption optik cihazlarla tədqiqi (IQ-spektroskopiya). Bakı, 2002, 50 s.
8. **Tarutina L.I., Pozdnjakova F.O.** Spektralnyj analiz polimerov. L.:Himija,1986, 245 s.
Тарутина Л.И., Позднякова Ф.О. Спектральный анализ полимеров. Л.:Химия,1986, 245 с.
9. **Kasterina T.N., Kalinina L.S.** Himicheskie metody issledovaniya sinteticheskikh smol i plasticheskix mass. M.:Goshimizdat, 1963, 284 s.
Кастерина Т.Н., Калинина Л.С. Химические методы исследования синтетических смол и пластических масс. М.:Госхимиздат, 1963, 284 с.

КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРО-ЭЛАСТОМЕРНОЙ СМЕСИ

Ф.А. АМИРОВ, Т.М. НАИБОВА, И.Г. АБДУЛЛАЕВА, П.Х. КУЛУЕВА

Разработана композиция на основе фенолоформальдегидных олигомеров, модифицированных бутадиен-нитрильным эластомером.

Определены физико-механические и эксплуатационные свойства композиции.

Изучена устойчивость разработанной композиции в морской воде и в различных агрессивных средах.

Установлено, что разработанная композиция обеспечивает эффективную защиту от коррозии оборудования и конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Ключевые слова: фенол-формальдегидные олигомеры, модификация, резол, бутадиен-нитрильный эластомер, композиция, покрытия, коррозия.

COMPOSITIONS BASED ON OLIGOMER-ELASTOMER COMPOUND

F.A. AMIROV, T.M. NAIBOVA, I.Q. ABDULLAYEVA, P.X. QULUYEVA

The developed composition is based on phenol-formaldehyde oligomers, which are modified by nitrile butadiene elastomer.

The physical-mechanical and performance properties of the composition are defined.

The stability of the developed composition is studied in the sea water and various corrosive environments.

It was discovered that the developed composition provides protection against corrosion for equipment and structures operating in listed above media.

Key words: phenol-formaldehyde oligomers, modification, resole, butadiene-nitrile elastomers, composition, coating, corrosion.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Б.Г. АЛИЕВ, Э.Р. АТАБАБАЕВ

Конечный уровень урожайности сельскохозяйственных культур определяется оптимумом влагообеспечения растений. При орошаемом земледелии интенсивность водоподачи, равномерность распределения воды по поверхности и по времени напрямую влияют на конечный результат. В работе предлагается при проектировании оросительных систем ввести в оборот такие понятия, как «готовность системы к работе», «степень надежности системы». Через предлагаемые формулы показана реальная возможность вычисления коэффициентов влияния данных факторов на показатели прибавки урожая и, соответственно, формирование конечного урожая. Предлагается при эксплуатации оросительной техники учитывать показатель простого техники.

Ключевые слова: *водосберегающая техника, технология орошения, водный режим почвы, гидрологические факторы, интенсивность водоподачи, коэффициент готовности, среднее значение отказов.*

Введение. Известно, что пища, вода, воздух, тепло являются одним из главных критериев создания аэрации для жизнедеятельности растений [1-4]. Недостаток влаги в почве оказывает большое влияние на ее воздушный, тепловой и микробиологический уровень, а также и на питательный режим, а следовательно, на плодородие почвы и направление почвообразовательного процесса. Следует также отметить, что от водного режима почвы в значительной мере зависят процессы накопления и разрушения органического вещества. Водный режим сильно влияет на величину и устойчивость урожаев. Естественный водный и питательный режим почвы и земельных массивов во многих случаях не совпадают с нужным для наилучшего сельскохозяйственного пользования земель режимом. В одних случаях сельскохозяйственные культуры испытывают недостаток влаги, в других, наоборот, получение необходимых урожаев тормозится избытком влаги и недостатком в почве воздуха и усваиваемой растениями пищей. Таким образом, избыток или недостаток влаги и связанные с ним явления обусловливаются дей-

ствием или общих климатических и гидрологических факторов, или местных причин: рельефа и гидрографического положения, свойств грунта, характера хозяйственного использования данной территории, часто же влиянием тех и других факторов вместе.

По климатическим условиям Азербайджан отличается от всех других регионов бывшего Советского Союза тем, что 9 из 11 климатических поясов, существующих в природе, имеют место в нашей республике. Следует также отметить, что выпадение осадков на территории весьма неравномерное, а в ряде регионов недостаточное для обеспечения потребностей сельхозкультур в период их вегетации, т.е. имеет место острый дефицит воды.

В таких условиях применяемая для орошения сельскохозяйственных культур водосберегающая техника и безопасная технология полива в различных почвенно-климатических зонах республики имеют большое народно-хозяйственное значение.

Преимущество водосберегающей техники и технологии заключается в том, что при подаче воды в соответствии с потребностями сельхозкультур они создают условия для равномерного распределения влаги на всей орошающей площади, образуют очаги увлажнения для более интенсивного развития растений, следовательно, значительно повышают урожайность сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем применение новой водосберегающей техники и технологии полива приводит к экономии поливной воды в 2-2,5 раза и увеличению урожаев в 1,3 - 1,5 раза. Кроме того, появляется возможность рационального применения удобрений вместе с поливной водой, а также удобства для осуществления соответствующих агротехнических мероприятий для выращивания сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что применение водосберегающей техники и технологии полива создают условия для максимально выгодного использования естественных осадков путем регулирования режима работы техники полива в соответствии с природными условиями различных регионов Азербайджана.

Внедрение водосберегающей техники и технологии полива является на сегодняшний день одной из самых сложных научно-технических задач орошаемого земледелия. Это прежде всего необходимость установления биологически оптимальных условий влажности почвы и приземного слоя воздуха, а также экологически допустимый уровень влажности и аэрации почвы для сохранения и повышения ее плодородия при орошении на фоне естественных, мало прогнозируемых по срокам выпадений осадков.

При внедрении водосберегающей техники и технологии полива необходимо учесть следующие параметры:

- интенсивность водоподачи и водопотребление;
- соотношение частей водоподачи, идущей на создание почвенной и воздушной влажности;
- соответствие интенсивности водоподачи естественных осадков аккумулирующей способности слоя активного влагообмена почвы.

Постановка задачи. Главной задачей применения новой техники и технологии орошения является поиск решений оптимального рассредоточения и равномерного рас-

пределения стока воды в процессе ее перевода в состояние почвенной и воздушной влаги. Чем выше коэффициент эффективности полива, тем выше урожайность.

Необходимо отметить, что если сопоставить интенсивность водоподачи и интенсивность эвапотранспирации, то их соотношение у различных технологий и средств полива колеблется от 1 до 1000, причем меньшие значения соответствуют технике малоинтенсивного орошения (медленное и прерывистое дождевание, синхронно-импульсное дождевание, аэрозольное увлажнение, капельное и импульсно-капельное орошение).

При решении вопроса технологии орошения необходимо учесть проблемы оптимизации. Проблема оптимизации технологического процесса орошения должна органически включать агробиологическую, экологическую и социально-экономическую оценки. Эти факторы – требования сельскохозяйственного производства. Агробиологические требования предусматривают оптимальное снабжение растений водой. Для этого поливная техника должна обеспечить подачу воды в нужном количестве, необходимого качества и в требуемые сроки в соответствии с биологическими фазами развития растений: равномерное распределение воды на поле и по почвенным горизонтам в соответствии с размещением корневой системы растений; положительное воздействие полива на окружающую растение среду и создание требуемого воздушного теплового и пищевого режимов в почве и микроклимата, соответствующих физиологическим особенностям развития растений; исключение механических повреждений растений и отрицательного воздействия на них водного тока и дождевых капель.

Экологическое требование сводится к сохранению и улучшению микрорельефа, механического состава почвы и мелиоративного состояния земель. Для этого поливная техника и технология полива не должны допускать водной эрозии почвы: разрушения структуры и уплотнения почвы, потерю воды на глубинную фильтрацию и сбросы, вторичного засоления и заболачивания орошаемых земель.

Социально-экономические требования сводятся к рациональному и высокоэффективному использованию поливной техники, воды и труда на поливном участке. При этом поливная техника должна обеспечивать высокоэффективное и рациональное использование поливной техники, а эксплуатационная надежность должна быть выше по сравнению с ранее применявшейся техникой.

Теоретической предпосылкой для решения вышеуказанных требований является рациональное использования водного фактора и их влияние на урожайность.

Решение задачи. Влияние факторов на величину урожая выражается следующей зависимостью:

$$Y = A \cdot \prod_{i=1}^n [1 - (1 - f^i)^2] \quad (1)$$

где А - максимальный прирост урожая при оптимальном обеспечении всеми факторами;

f^i – относительная величина i-го фактора;

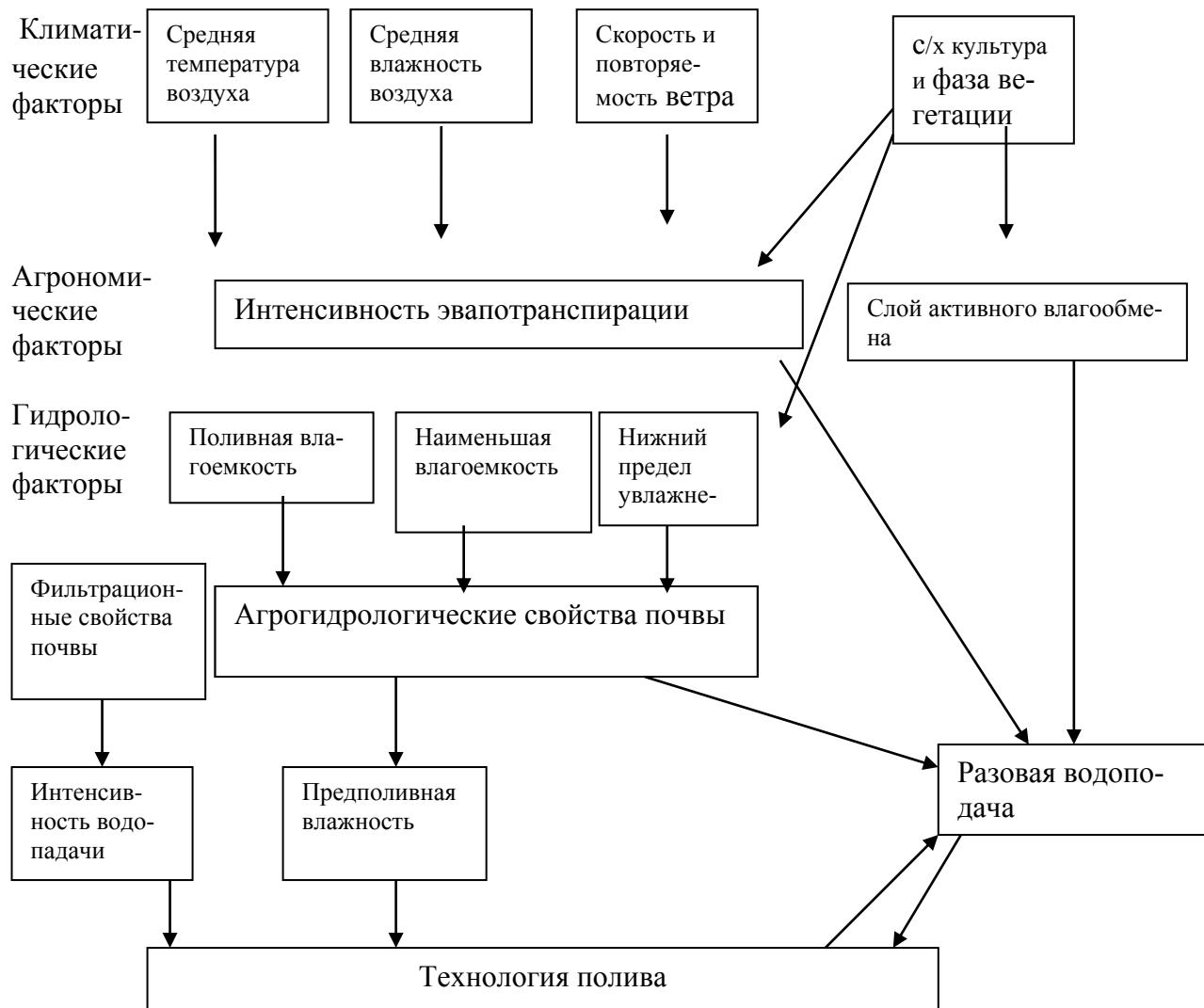
n - число факторов влияния на урожай.

Считаем, что за вегетационный период ($0, T$) проводится 1 полив в момент времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i, T$. Примем $\tau_{i+1} = T$.

Тогда с учетом зависимости значений факторов от времени и при допущении того, что приросты урожая в различные межполивные периоды независимы, выражение (1) примет вид:

$$Y = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{A_j}{\tau_{j+1} - \tau_j} \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} \prod_{i=1}^n [1 - (1 - f^i(t))^2] c H \right\} \quad (2)$$

где A_j – прирост урожая за j -й поливной цикл (τ_j, τ_{j+1}) при оптимальном обеспечении всеми факторами за межполивной период и в процессе полива.



Факторы изменяются в различной степени, оказывая различное влияние на формирование урожая. Характерные изменения факторов и их влияние на урожайность за межполивной период показаны выше.

Из схем очевидно, что многообразие факторов, влияющих на урожай, затрудняет непосредственно использование этой зависимости (или других, аналогичных ей). Самое большое влияние на урожай оказывает тот фактор, чье абсолютное значение величины наиболее максимально колеблется относительно единицы. Снижение урожайности в долях единицы можно выразить в следующем виде:

$$\Delta Y = 1 - (1 - Y_b/Y_0) \cdot (1 - K_a/2)^2 \quad (3)$$

Здесь ΔY - показатель снижения урожайности в долях единицы.

При планировании водопользования необходимо учитывать влияние показателей надежности поливной техники и оборудования оросительных систем на эксплуатационный режим орошения и на урожайность сельскохозяйственных культур. Оросительные системы со стационарным и мобильным элементами, как и другие технические системы, в процессе активного функционирования выходят из строя и не обеспечивают водоподачу на всю командную площадь.

Перебой в работе техники или снижение качества водораспределения нарушают плановый режим водоподачи, что отрицательно сказывается на величине получаемого урожая. Для оросительной системы, характеризующейся определенным коэффициентом готовности, долговечностью оборудования и средним значением отказов, ущерб от недополива, а значит, и величина недополучения урожая может доходить до 30%.

Надежность работы технологического оборудования оросительной системы оценивается комплексным показателем – коэффициентом готовности K , характеризующим вероятность работоспособности объекта в произвольный промежуток времени, кроме периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусмотрено.

Коэффициент готовности системы оказывает непосредственное влияние на получение максимальных урожаев сельхозкультур.

Для подтверждения сказанного необходимо рассмотреть некоторые теоретические аспекты прогноза урожайности сельхозкультур. Урожайность в зависимости от оросительной нормы определяется по следующей формуле:

$$Y = Y_0 + (Y_M - Y_0) \frac{M}{M} \quad (4)$$

Здесь Y_0 - урожайность без орошения; Y_M - максимально возможный урожай при норме M .

Если обозначить урожай Y_1 , при норме M_1 , то из (4) можно получить следующее выражение:

$$Y_1 = Y_0 + (Y_M - Y_0) \frac{M_1}{M} \quad (5)$$

При норме $M=M_1$ имеем:

$$Y_2 = Y_M \quad (6)$$

Из (4) и (6) имеем потерю урожая из-за простоя элементов системы:

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1 = Y_M - Y_0 - (Y_M - Y_0) \frac{M_1}{M} \text{ или } \Delta Y = (Y_M - Y_0) \left(1 - \frac{M_1}{M}\right) \quad (7)$$

Если среднее время до отказа равно T_0 и среднее время восстановления T_B , то за время элемент системы простоит:

$$t_M = \frac{T_B}{T_0} \cdot t \quad (8)$$

Тогда время чистой работы будет равно

$$t_p = t - t_{np} = t \left(1 - \frac{T_B}{T_0}\right) \quad (9)$$

Если таких элементов в устройстве будет n , то

$$t_p = t \left(1 - \sum_{i=1}^h \frac{Tbi}{To}\right) \quad (10)$$

Если принять, что $t=T$ оросительному периоду, тогда время чистой работы за оросительной период составит:

$$T_p = T \left(1 - \sum_{i=1}^h \frac{Tbi}{Toi}\right) \quad (11)$$

Соответствующая этому времени оросительная норма равна

$$M_i = QT \left(1 - \sum_{i=1}^h \frac{Tbi}{Toi}\right) \quad (12)$$

Если бы система отказывала, то

$$M = QT \quad (13)$$

Из (12) и (13) имеем:

$$M_i = M \left(1 - \sum_{i=1}^h \frac{Tbi}{Toi}\right) \quad (14)$$

Из-за отказов элементов системы величина оросительной нормы снижается от M до M_i .

Таким образом, при проектировании системы с целью получения максимально возможного урожая необходимо увеличить длительность полива или же при возможности расход воды, подаваемой на систему.

Используемое до настоящего времени выражение $Q=q^1 \cdot S$ не учитывает надежности системы, т.е. считается, что техника абсолютна надежна.

С учетом сказанного становится очевидным, что выражение, заключенное в скобки в формуле (14), есть ничто иное, как коэффициент готовности системы к работе, т. е.

$$K_p = 1 - \sum_{i=1}^h \frac{Tbi}{Toi} \quad (15)$$

Таким образом, становится очевидным влияние коэффициента готовности на величину урожая сельхозкультур. Отказ устройства требует дополнительные затраты на восстановление его работоспособности. Требуемая надежность работы технологического оборудования системы должна быть высокой.

Для водосберегающей техники и технологии системы орошения коэффициент готовности принимается 0,98, насоса силовых агрегатов - 0,99, трубопроводной сети и арматуры - 0,99, внутрихозяйственных оросительных систем 0,83-0,95. В качестве критерия равномерности распределения слоя дождя используется коэффициент эффективности полива K_s . Для водосберегающей техники и технологии K_s не должен быть менее 0,95.

Заключение. Вышеуказанные теоретические предпосылки и формулы выведены авторами и доказана необходимость учета перечисленных факторов при разработке и проектировании, а также внедрении водосберегающей техники и технологии системы орошения. Следует также отметить, что эти показатели отражают качество и надежность технологических процессов водозабора, водораспределения полива, а также степень использования водных, трудовых, энергетических и материальных ресурсов.

REFERENCE

1. **Shumakov B.B.** Oroshenie. Spravochnik. Moskva: «Agropromizdat» 1990.
Шумаков Б.Б. Орошение. Справочник. Москва: «Агропромиздат» 1990.
2. **Shtena B.G., Nesenko V.F. i dr.** Mehanizacija poliva. Spravochnik. Moskva: «Agropromizdat», 1990.
Штена Б.Г., Несенко В.Ф. и др. Механизация полива. Справочник. Москва: «Агропромиздат», 1990.
3. **Aliev B.G., Aliev Z.G.** Problema vodoobespechennosti gornyh sklonov Azerbajdzhana i puti ee reshenija. Baku: Izdatelstvo Tagasi, 2012.
Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Проблема водообеспеченности горных склонов Азербайджана и пути ее решения. Баку: Издательство Тагаси, 2012.
4. **Aliev B.G., Aliev I.N.** Tehnika i tehnologija kapelnogo oroshenija v Azerbajdzhane. Baku: «Zija-Nurlan», 2001.
Алиев Б.Г., Алиев И.Н. Техника и технология капельного орошения в Азербайджане. Баку: «Зия-Нурлан», 2001.

**AZƏRBAYCAN ŞƏRAİTİNDƏ SUYAQƏNAƏTEDƏN TEXNİKANIN
VƏ SUVARMA TEKNOLOGİYASININ ƏSAS İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ
VƏ TƏTBİQİNİN HƏLLİ YOLLARI**

B.H. ƏLİYEV, E.R. ATABABAYEV

Kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının yekun səviyyəsi bitkilərin rütubətlə təmin olunma göstəricilərinin optimallığı ilə müəyyənləşir. Suvarılan əkinçilik sistemində su təchizatının intensivliyi, suyun zaman çərçivəsində və səth müstəvisində bərabər paylanması yekun nəticə göstəricisinə bilavasitə təsir göstərir. Məqalədə suvarma sistemlərin layihələndirməsi zamanı “sistemin işə hazırlığı” və “sistemin etibarlılıq səviyyəsi” kimi anlayışlardan istifadə olunmasını tövsiyyə edirlər. Təklif olunan düsturlardan istifadə etməklə, əldə edilən əlavə məhsula, və müvafiq olaraq yekun məhsula, göstərilən faktorların təsir əmsallarının hesablanmasıın reallığı göstərilmişdir. Eyni zamanda suvarma sisteminin istismarı zamanı texnikanın istifadə olunma göstəriçisini nəzərə almaq tövsiyə olunur.

Açar sözlər: suyaqənaətedən texnika, suvarma texnologiyası, yerinin su rejimi, hidroloji faktorlar, suvarmanın intensivliyi, hazırlıq əmsali, intinanın orta giyməti.

**WATER SAVING TECHNIQUE AND IRRIGATION TECHNOLOGY
IMPLEMENTATION WAYS AND THE MAIN DEVELOPMENT TRENDS IN
THE CONDITIONS OF AZERBAIJAN**

B.H. ALIYEV, E.R. ATABABAYEV

The final level of agricultural plants productivity is determined by optimum of plants' moisture ensuring. In the conditions of irrigated agriculture the intensity of water supply, the uniformity of water distribution over surface and within some period directly forms the final impact. In this article suggest using such concepts as “readiness of system for work” and “system reliability” for irrigation systems design. It is obviously shown, that by implementation of suggested formulas it is possible to calculate the influence coefficients of mentioned factors for additional yields data and respectively the final production. To use the notion of technique downtime during the operation of irrigation equipment is recommended.

Key words: the water preserving equipment, the water preserving technology of an irrigation, the water mode of the soil, hydrological factors of formation of a crop, uniform distribution of moisture, intensity of water giving, an availability quotient, durability of the equipment, average value of refusals.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

М.А. САЛАХОВ

В статье рассмотрены математические методы расчета монтажной устойчивости конструктивных элементов многоэтажного каркасного здания.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, конструктивные элементы каркаса, коэффициент монтажной устойчивости, нагрузка.

Введение. Как показали технико-экономические сравнения, строительство зданий повышенной этажности сокращает площадь застройки на 30-40%. При эксплуатации процентное соотношение площадей, занятых различными функциональными зонами, как правило, меняется. В связи с многоцелевым использованием зданий усиливается необходимость в планировочной и пространственной гибкости объемно-планировочных решений.

Вместе с тем проектирование и строительство зданий повышенной этажности является сложной инженерной задачей, связанной с рядом конструктивных, архитектурно-планировочных, градостроительных и других проблем, требующих дальнейшего изучения.

Повышение высоты зданий приводит к архитектурно-планировочным и конструктивным решениям, а также оптимальным организационно-технологическим решениям по их возведению. Все это ставит перед строителями комплекс сложных технико-экономических задач. Естественно, появляется необходимость создания принципиально новых типов многоэтажных зданий, обладающих высокими эксплуатационными и экономическими качествами: капитальностью, надежностью, высокой технологичностью, эстетичностью и архитектурной выразительностью.

Многоэтажное каркасное строительство представляет собой весьма сложные пространственные стержневые системы с включением в них плоскостных и объемных элементов из сборного и монолитного железобетона или металлических решетчатых си-

стем и используется почти во всех отраслях народного хозяйства. Технический прогресс в строительстве привел к резкому усложнению производственных технологических процессов, компоновок зданий и сооружений, составляющих подсистем и элементов (лазерная техника, сложные системы комплексной механизации), организационных, плановых и экономических решений.

Ряд результатов по обоснованию эффективности организационно-технологических решений многоэтажных каркасных зданий еще не нашел окончательного внедрения в практику. Решению этих проблем посвящена настоящая статья.

Постановка задачи. Возвведение многоэтажных каркасных зданий рассматривается как вероятностный процесс в сложной динамической системе (выделяются основные параметры, критерии эффективности, ставится конкретная задача, формализуется целевой функционал, т.е. разрабатывается математическая модель производственного процесса).

Для получения оптимальных решений при реализации математических моделей используются линейное и динамическое программирование, теории оптимальных процессов, графов, множественной корреляции.

Реализация рассмотренных проблем на основе развития исследований в указанных направлениях требует новую методологию проектирования и возведения эффективного использования автоматизированных систем с целью повысить до любого наперед заданного уровня надежность применяемых проектных и организационно-технологических решений и обеспечить тем самым организационно-технологическую надежность (ОТН) намечаемых плановых показателей продолжительности, трудоемкости, себестоимости.

Решение задачи. При выборе оптимальных решений, в частности по монтажу строительных конструкций, где основными критериями являются продолжительность, трудоемкость, стоимость единицы продукции, рассматриваются главным образом организационно-технологические и материально-технические вопросы возведения. Однако, как показали исследования, такой выбор без достаточного учета статической работы несущих конструктивных элементов каркаса не всегда гарантирует надежность и безопасность работ, а также не является экономически и технически обоснованным.

Как правило, в практике монтажа строительных конструкций расчет, обоснование и обеспечение устойчивости являются сложной многофакторной задачей, решение которой зависит от объемно-планировочных, конструктивных и организационно-технологических факторов.

Наиболее объективным, позволяющим отразить влияние всех факторов на технологию монтажа, можно считать **метод, основанный на теории случайных процессов** [1, 2].

Условие надежной статической работы конструктивных элементов каркаса, которое обеспечивает его устойчивость в данный момент времени, можно представить в виде:

$$R \geq \sigma(Y_m) \quad (1)$$

где R – приведенная прочностная характеристика элемента каркаса;
 $\sigma(Y_m)$ – напряжение в этом элементе, являющееся функцией нагрузки на конструкцию (продольная сила N , изгибающий момент M и др.).

Если в течение некоторого времени монтажа T_m вероятность превышения напряжения a_{Y_m} уровня qi окажется больше, чем заданная q_3 , устойчивость каркаса обеспечена. Это будет характеризоваться неравенством:

$$\prod_{i=1}^k q_{3i} \leq \prod_{i=1}^k q_i [R > \sigma(Y_m)] \quad (2)$$

где i – индекс конструктивного элемента; k - число их конструктивных элементов.

Данная величина зависит от параметров распределения и характера изменения $\sigma(Y_m)$ во времени. Для оценки влияния параметров распределения и характера изменения во времени выражения $\sigma(Y_m)$ рассмотрим случаи, которые возможны при монтаже.

Величина R строго определенная, $\sigma(Y_m)$ не изменяется во времени, $\sigma(Y_m) = \text{const}$. Напряжение в конструктивных элементах каркаса будет величиной постоянной. Вероятность безотказной работы такого элемента определяется параметрами распределения R и $\sigma(Y_m)$ и описывается аналитической зависимостью (рис.1):

$$\Phi = \Phi(\gamma_R) + 0,5 \quad (3)$$

где $\Phi(\gamma_R)$ - функция распределения Лапласа; γ_R - характеристика безопасности производства монтажных работ.

Обозначим второй сомножитель выражения через

$$K_P = 1/(1 - \gamma_R^V) \quad (4)$$

Учитывая, что при расчете конструктивных элементов, обеспечивающих монтажную устойчивость при оптимизации, уровень R находится от $\sigma(Y_m)$ на большом удалении, можно принять закон распределения превышения уровня R процессом $\sigma(Y_m)$ пуассоновским, иначе вероятность превышения уровня R за время монтажа T_m будет иметь вид:

$$P = (n^m / m!) e^{-nT_m}, \quad (5)$$

где n - среднее число выбросов на уровне R напряжения $\sigma = Y_m$; m – число возможных превышений R за время монтажа T_m .

Итак, безотказная работа элементов каркаса зависит от времени монтажа T_m , на которое она рассчитана, уровня R математического ожидания дисперсии, вызванного различными методами последовательности сборки и среднего числа выбросов n . Используя эти зависимости, можно определить геометрическую характеристику элемента каркаса, обеспечивающего его монтажную устойчивость, которая подвержена действию случайно изменяющейся нагрузки. Этот конструктивный элемент должен обеспечивать устой-

чивость с вероятностью в течение заданного времени T_m . Решая совместно уравнения относительно $\sigma(y_M)$, получаем:

$$\sigma = (y_M) = \frac{R}{1 + \sqrt{D_\sigma} / \left[\sigma(y_M) \sqrt{-21n(\frac{1nP}{nTm})} \right]} \quad (6)$$

Введем обозначения:

$$\varphi = \sqrt{D_\sigma} / \{\sigma(y_M)\}; \quad y_M = \sqrt{-21n(\frac{1nP}{nTm})} \quad (7)$$

где φ – коэффициент вариаций в процессе монтажа.

Тогда выражение (7) примет вид

$$\sigma(y_M) = R / (1 + \gamma_M) \quad (8)$$

Из зависимости безопасности от вероятности надежной монтажной устойчивости при различных nT_m (рис. 1) и из формулы (7) видно, что конструкцию необходимо приводить в проектное положение как можно быстрее, что соответствует интенсификации монтажа или укрупнению конструкций непосредственно перед монтажом [3, 4].

Геометрические параметры сечения несущих конструктивных элементов каркаса, обеспечивающих его монтажную устойчивость, можно определить из выражения

$$I = y_M / \sqrt{R} (1 + \varphi Y_M), \quad (9)$$

где y_M – средняя нагрузка.

Обозначим выражение $1 + \varphi \gamma_M$ через R_m . Тогда зависимость (8) примет вид:

$$I = \gamma_M / (R K_m) \quad (10)$$

Из формулы (9) видно, что геометрическая характеристика сечения должна отражать математическое ожидание нагрузки на уровне P , умноженное на некоторый коэффициент R_m , учитывающий усилие y_M по сравнению с его математическим ожиданием, т.е. R_m имеет смысл коэффициента перегрузки конструктивного элемента каркаса в период монтажа R_m . Причина перегрузки – полученные в натуре эксцентрикитеты и другие погрешности.

В отличие от применяемых коэффициентов, K_m непосредственно связан с характером напряжений, вероятностью безотказной работы и сроком монтажа.

Полное значение этого коэффициента можно получить экспериментальным путем. Для этого надо построить распределение максимальных нагрузок, соответствующих срокам монтажа, T_m , его последовательности и другим производственным условиям (рис. 2).

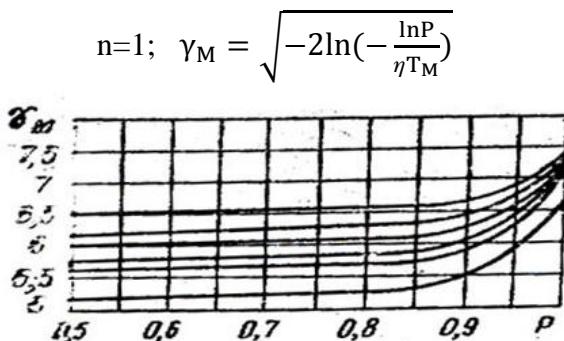


Рис. 1. Зависимость безопасности выполнения работ γ по возведению многоэтажных каркасных зданий от вероятности надежной устойчивости P

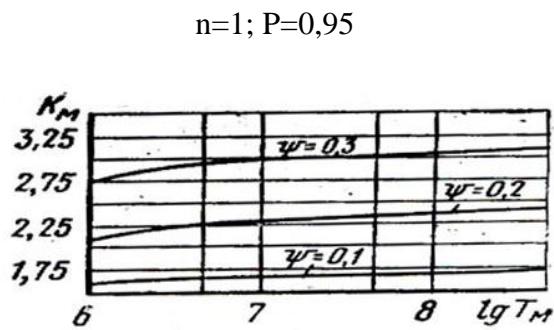


Рис. 2. Зависимость коэффициента перегрузки конструктивных элементов каркаса при монтаже K_M от различных факторов

Вероятность безотказной работы может быть определена по формуле (5), а среднюю частоту отказов обозначим выражением, стоящим в знаменателе, через K_M . Назовем его коэффициентом монтажной устойчивости строительных конструкций:

$$K_{My} = \frac{(1+\gamma_M)\sqrt{\varphi^2 + \nu^2 + \gamma_M^2\varphi^2\nu^2}}{(1-\gamma_M^2\nu)} \quad (11)$$

Коэффициент общего запаса прочности конструктивных элементов каркаса, обеспечивающих прочность и устойчивость конструкций (узлы сопряжения, временные монтажные связи бетономоноличивания), учитывает возможность отдельных перегрузок этих элементов, неоднородность материала при возведении каркасов [5, 6].

Конструкцию проектируют на заданные нагрузки и материалы, а при монтаже создается фактическая надежность, которая должна быть не ниже проектной.

Заключение. Рассмотренные математические методы расчета монтажной устойчивости конструктивных элементов каркаса на основе наблюдений и эксперимента позволяют увеличить надежность многоэтажного каркасного здания.

REFERENCE

1. Salahov M.A. Osnovnye polozhenija optimizacii organizacionno-tehnologicheskikh reshenij karkasnyh zdanij. M., 2006.
Салахов М.А. Основные положения оптимизации организационно-технологических решений каркасных зданий. М., 2006.
2. Salahov M.A. Ocena nadezhnosti i ustojchivosti karkasov mnogojetazhnyh zdanij v processe vozvedenija. Baku, 2011.
Салахов М.А. Оценка надежности и устойчивости каркасов многоэтажных зданий в процессе возведения. Баку, 2011.

3. **Salahov M.A.** Metody rascheta ustojchivosti stroitelnyh konstrukcij pri montazhe sovremennyh mnogojetazhnyh zdanij. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaya konferenciya, Baku, 2012.
Салахов М.А. Методы расчета устойчивости строительных конструкций при монтаже современных многоэтажных зданий. Международная научно-практическая конференция, Баку, 2012.
4. **Salaxov M.Ə.** İnşa olunan yüksəkmərtəbəli binaların konstruklärının dəqiq quraşdırılması və davamlığın təmin edilməsi metodu. Bakı, 1998.
5. **Zhikov A.A.** Optimizacija tehnologii i organizacii stroitelstva. Kiev, 1996.
Жиков А.А. Оптимизация технологии и организации строительства. Киев, 1996.
6. **Torkatjuk V.N.** Organizacionno-tehnologicheskie reshenija v mnogojetazhnom karkasnom stroitelstve. Harkov, 1983.
Торкатюк В.Н. Организационно-технологические решения в многоэтажном каркасном строительстве. Харьков, 1983.

ÇOXMƏRTƏBƏLİ KARKASLI BİNALARIN QURULMASININ TƏŞKİLATI-TEXNOLOJİ PROSESLƏRİNİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ

M.A. SALAHOV

Məqalədə çoxmərtəbəli karkaslı binanın konstruktiv elementlərinin quraşdırma dayanıqlığının hesablaşmasının riyazi metoduna baxılmışdır.

Açar sözlər: təşkilati-texnoloji etibarlılığı, karkasın konstruktiv elementləri, quraşdırma dayanıqlıq əmsali, yüklənmə

DESIGN OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CONSTRUCTION OF MULTYSTORIED FRAME BUILDINGS

M.A. SALAKHOV

In article mathematical methods of calculation of assembly stability of constructive elements of the multistoried frame building are considered.

Key words: organizational-technological reliability, constructive elements of a framework, coefficient of assembly stability, loading.

РЕЦЕНЗИЯ

на монографию

«А.М. Пашаев, А.Х. Джанахмедов. Фрактальные подходы в механике разрушения. Баку: АПОСТРОФФ, 2015. - 440 с.»

Оценка прочности в инженерном понимании сводится к расчету, лимитирующему несущую способность конструкций. Такими факторами могут быть значительное формоизменение деталей в результате пластических деформаций, разрушение материала при еще допустимых остаточных деформациях от превышения допускаемого значения нагрузки и т.д.

Напряженные состояния реальных деталей, даже при самых простых схемах приложения сил, всегда является сложным процессом, так как в подавляющем большинстве случаев все линейные размеры конструктивных элементов деталей соизмеримы. Поэтому результаты прочностного расчета в значительной степени зависят от принятой теории прочности и подходов, на базе которых можно, исходя из данных о физической природе материала, при простейших нагружениях предсказать, когда наступит опасное состояние при действии любой сложной системы напряжений.

Начиная с 80-х годов XX века, для решения актуальных проблем физики, механики, материаловедения и др. успешно применяются объединенные подходы синергетики и теории фракталов с использованием законов неравновесной термодинамики.

Авторы монографии, известные азербайджанские ученые, используя эти подходы, рассмотрели физические закономерности упругопластической деформации поверхностных слоев материалов. В монографии приведен подробный анализ основных факторов, ответственных за особенности упругопластического деформирования в поверхностных и приповерхностных слоях материалов с позиций синергетики и теории фрактальных структур. Проанализирована кинетика разрушения с позиций теории фракталов, установлены связи фрактальной размерности диссипативной структуры зоны предразрушения с механическими свойствами и критическими состояниями деформации металлов и сплавов, а также мультифрактальный характер процесса слияния микротрешин.

Монография состоит из введения, восьми глав, заключения и литературы к каждой главе.

В введении авторы описывают проблемы прочности материалов с учетом физической природы процессов, происходящих в материале под нагрузкой, связь твердого тела с его структурой, состоянием, физико-химическими явлениями при деформировании, с межатомными силами и т.п.

Не менее актуальным является обнаружение скейлинговых законов, которые имеют важнейшие свойства рассматриваемого явления в изменяющихся временных и пространственных масштабах. Реальные технические системы в большинстве случаев являются стохастически определенными, и их параметры подвержены случайным изменениям. Поэтому авторы монографии, используя скейлинговые законы и стохастическое моделирование, успешно обобщают закономерности механики усталостного разрушения материалов. В результате многочисленных исследований авторами приводится синергетическая модель разрушения (главы 1-3).

В 4 главе рассматривается кинетика разрушения с позиций теории фракталов и диагностируется контактное взаимодействие твердых тел при упругом и пластическом контактах.

Как известно, различные физические объекты и сигналы, даже обладающие признаками самоподобия, очень редко могут быть описаны с помощью лишь одной величины - фрактальной размерностью. Поэтому авторы для описания неоднородных фрактальных объектов применяют мультифрактальный анализ процесса усталостного разрушения, идея которого состоит в разложении исследуемого множества со сложной статистикой по множествам неоднородных фракталов с четко выраженной фрактальной размерностью (глава 5).

В 6 главе приводится конкретное применение фрактального анализа процесса усталостного разрушения ходовой пары в области упругопластической деформации.

В 7 и 8 главах монографии рассматривается механизм усталостного разрушения эластомеров. Приводятся основные теории прочности и усталости эластомеров, основные характеристики и условия работы элементов конструкций, особенности герметизирующей способности упругих элементов. Для количественного описания свойств упругих элементов авторы научно обоснованно выбрали реологическую модель Максвелла и установили, что при очень медленном нагружении резина является мягкой, а при очень быстром нагружении - твердой. В области средних значений темпов нагружения резина ведет себя как вязкая жидкость. С учетом этого обстоятельства авторы экспериментально доказали, что резиновый упругий элемент, независимо от нагрузений, количества отверстий (одно или несколько) и их расположения (концентрично или эксцентрично), при средних значениях относительных деформаций ведет себя как жидккий материал, подчиняющийся закону Паскаля.

В заключении авторы показывают возможности предложенного подхода с учетом многоуровневого характера процесса пластической деформации и разрушения твердого тела. С помощью данного подхода возможно создавать материалы с мультимодульной структурой, обладающей уникальными физико-механическими и функциональными свойствами. Все это открывает новые перспективы дальнейшего развития вышеуказанного научного направления, и можно с уверенностью сказать, что фрактальные подходы в механике разрушения найдут еще много важных практических приложений.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами физической прочности механики разрушения, а также для аспирантов и студентов старших курсов.

Рецензент:

Президент Международной и Российской
инженерных академий, лауреат государственных
премий СССР и РФ, академик

Б.В.Гусев



**AKADEMİK ROALD SAQDEYEV VƏ AZAL-IN PREZİDENTİ
CAHANGİR ƏSGƏROV AZƏRBAYCAN MÜHƏNDİSLİK AKADEMİYASININ
QIZIL MEDALI İLƏ TƏLTİF OLUNUBLAR**

Bakı, 3 iyul, AZƏRTAC

Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının prezidenti və Milli Aviasiya Akademiyasının rektoru, Kosmos Şurasının sədri, akademik Arif Paşayevin rəhbərliyi ilə Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası və Milli Aviasiya Akademiyası “Azərkosmos: Bu günü və perspektivləri” mövzusunda “dəyirmi masa” keçirilib.

Mühəndislik Akademiyasının vitse-prezidenti, akademik Əhəd Canəhmədov AZƏRTAC-a bildirib ki, “dəyirmi masa”da akademianın üzvləri, alımlar, mütəxəssislər iştirak ediblər.

Akademik Arif Paşayev “dəyirmi masa”nı giriş sözü ilə açaraq vurğulayıb ki, bu gün “Azərspace-1”in sayəsində milyonlarla insan dayanıqlı informasiya və kommunikasiya xidmətlərinə çıxış imkanları əldə edib. “Azərspace-1” Afrika, Avropa, Mərkəzi Asiya və Yaxın Şərqdə 50-dən artıq ölkəni birləşdirən ortaq məkanda mühüm informasiya ötürücüsü funksiyasını uğurla yerinə yetirir. Üyksək ixtisaslı peşəkar heyətə və texniki imkanlara malik olan “Azərkosmos” ASC yaradılmasından ötən dövr ərzində ölkədə və bütövlükdə regionda informasiya-kommunikasiya texnologiyaları sektorunun aparıcı qüvvələrindən birinə çevrilib.

“Azərkosmos” ASC-nin son dövrlərdəki fəaliyyəti barədə cəmiyyətin sədri Rəşad Nəbiyev məlumat verib.

Sonra ABŞ-ın Merilend Universitetinin professoru, kosmik tədqiqatlar sahəsində görkəmli alim, akademik Roald Saqdeyev çıxış edib.

Mövzu ətrafında geniş müzakirələr aparılıb.

Yekunda ölkəmizin mülki hava nəqliyyatında göstərdiyi xidmətlərinə görə “Azərbaycan Hava Yolları” QSC-nin prezidenti, Mühəndislik Akademiyasının həqiqi üzvü Cahangir Əsgərov Akademianın “Mühəndislik Rəşadəti” qızıl medalı ilə təltif olunub.

Görkəmli alim, akademik Roald Saqdeyev ölkəmizlə kosmik sahədə faydalı əməkdaşlığına, Azərbaycan ilə ABŞ arasında beynəlxalq əlaqələrin möhkəmləndirilməsində və inkişafındakı xidmətlərinə görə akademianın “Mühəndislik Rəşadəti” qızıl medalı ilə təltif edilib.

**АКАДЕМИК РОАЛЬД САГДЕЕВ И ПРЕЗИДЕНТ «АЗАЛ»
ДЖАХАНГИР АСКЕРОВ НАГРАЖДЕНЫ ЗОЛОТЫМИ МЕДАЛЯМИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ**

Баку, 3 июля, АзерТАДЖ

Под руководством Президента Азербайджанской инженерной академии, ректора Национальной академии авиации, председателя Совета Космос академика Арифа Пашаева состоялся круглый стол "Азеркосмос: Сегодня и перспективы", организованный Азербайджанской инженерной академией совместно с Национальной Академией авиации.

Как сообщил АзерТАДЖ Вице-президент инженерной Академии, академик Ахад Джанахмедов, в работе круглого стола приняли участие члены академии, ученые и специалисты.

Открывая круглый стол, академик Ариф Пашаев во вступительном слове подчеркнул, что сегодня благодаря "Azərspace-1" миллионы людей получили доступ к устойчивым информационным и коммуникационным услугам. "Azərspace-1" успешно обеспечивает передачу информации на общем пространстве более 50 стран Африки, Европы, Центральной Азии и Ближнего Востока. Благодаря высокопрофессиональным кадрам и техническим возможностям ОАО "Азеркосмос" с момента создания стал и является одним из ведущих сил в секторе информационно-коммуникационных технологий в регионе и в стране в целом.

О деятельности ОАО "Азеркосмос" за истекший период информировал председатель общества Рашад Набиев.

Затем выступил профессор Мэрилендского университета США, видный ученый в области космических исследований, академик Роальд Сагдеев.

По теме были проведены широкие обсуждения.

В заключении состоялась церемония награждений. За заслуги в гражданской авиации страны был награжден действительный член Инженерной академии, президент ЗАО "Азербайджан Хава Йоллары" Джахангир Аскеров золотой медалью академии «Инженерная Доблесть». Выдающийся ученый, академик Роальд Сагдеев за сотрудничество с нашей страной в космической сфере, за укрепление и развитие связей между Азербайджаном и США был награжден золотой медалью академии "Инженерная Доблесть".

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 yazılmalıdır.

2. Məqalə azərbaycan, rus və ingilis dillərində yazılı bilər. Ciddi redaktə olunmalı və A4 formatda aq kağızda çap olunmalı, səhifələnməli və bir nüsxədə təqdim edilməlidir. Eyni zamanda, məqalə elektron variantda CD diskində, Word for Windows mətn redaktoru formatında təqdim edilə, elektron poçtla göndərilə bilər.

3. Məqalənin birinci səhifəsinin yuxarı sol küncündə YDK indeksi olmalı, məqalənin adı, müəllifin (müəlliflərin) adı, soyadı və iş yerinin, çalışdığı təşkilatın tam ünvanı olmalıdır. Sonrakı səhifədə 0,5 səhifəlik həcmində makina yazısı ilə rus dilində referat və əsas sözlük, məqalənin mətni, qeydlərin, ədəbiyyatın siyahısı; ingilis dilində müəllifin adı və soyadı, məqalənin adı, referati əks olunmalıdır. Referat tədqiqatın mövzusu əldə edilən nəticələr haqqında dolğun məlumat verməlidir. (“Nəticə” bölüməsini təkrar etməmelidir.) Məqalə bölmələrdən ibarət olmalıdır, məsələn: “Giriş”, “Məsələnin qoyuluşu”, “Sınaq üsulları”, “Sınağın nəticəleri və onların müzakirəsi”, “Nəticə”.

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. Fotosəklin ölçüsü 6x6 sm-dən kiçik, 10x15 sm-dən böyük olmamalıdır.

5. Cədvəllər bilavasitə məqalənin mətnində yerləşdirilməlidir. Hər cədvəlin öz başlığı olmalıdır. Cədvələrdə mütləq ölçü vahidi göstəriləməlidir.

Əlyazma mətndə şəkillər və cədvəllərin yeri göstərilir. Eyni bir məlumatı mətndə, cədvəldə və əlyazmada təkrarlamaq yolverilməzdir.

6. Məqalədə istifadə olunan işaretlər bilavasitə mətndə açıqlanır.

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 transliterasiyasi zamanı mötərəzədə onların adları orijinalda yazılıdiği kimi verilməlidir.

8. Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri beynəlxalq ölçü vahidləri sistemində uyğun olmalıdır. Qəbul olunmuş sözlərdən başqa və s, və i.a., qisaldılmış 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 qaytarılır. 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 jurnalı göstərilən ünvana göndərir.

15. Məqalə sadalanan tələblərə cavab verməzsə baxılmaq üçün qəbul edilmir. Əlyazmanın daxil olduğu vaxt redaksiyanın mətnin son variantının redaksiyaya daxil olduğu gündən说起..

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 one copy 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 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.

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.

6. Notations should be explained when mentioned first in the text.

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. 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 одном экземпляре, распечатанном на белой бумаге формата А4 с пронумерованными страницами. Одновременно электронный вариант статьи представляется на CD, либо по электронной почте в формате текстового редактора Word for Windows.
 3. В левом верхнем углу первой страницы статьи должен стоять индекс УДК, ниже располагаются название статьи, 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, реферат статьи и ключевые слова. 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".
 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.
 5. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. В таблицах обязательно указываются единицы измерения величин. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо. К статье прилагается список подрисунковых подписей.
 6. Обозначения, принятые в статье, расшифровываются непосредственно в тексте.
 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 искажающие 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 рассыпает журналы по адресатам.
 15. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.

**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 7. № 3
Vol. 7. № 3
Том 7. № 3

BAKİ – 2015

İnformasiya şöbəsinin müdürü

N.Z. Əskərova

Nəşriyyat və yayım şöbəsinin müdürü

A.M. Dənziyev

**“Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının
XƏBƏRLƏRİ”**

jurnalı redaksiyanın kompyuterlərində yığılmış və

“A P O S T R O F F” mətbəəsində

ofset üsulu ilə çap olunmuşdur.

(akif0706@mail.ru / 050-313-07-06)

*Çapa imzalanmış 17.09.2015,
formatı 60x84 1/8,
kağız təbaşirli, f.ç.v. 17.
Tirajı 1450 ad.
Qiyməti müqavilə ilə.*

