“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
“AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI” PHŞ

ISSN 2220-1025

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASININ

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

AZERBAIJAN STATE MARINE ACADEMY

№1

BAKI-2023

Baş redaktor
i.ü.f.d., dos. ***H.X.Əsədov***

Redaksiya heyəti

t.ü.f.d., dos. V.B.Sadıqov
Elmi işlər və beynəlxalq əlaqələr üzrə prorektor
(elmi redaktor)

t.e.d., prof. A.S. Vaskov
Uşakov adına Dövlət Dəniz Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. S.Q. Çulkin
adm. Makarov adına Dövlət Dəniz və Çay Donanması Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. O.A. Farxi
Varna Texniki Universiteti
(Bolqarıstan)

t.e.n., dos. S.A. Oqay
adm. Nevelski adına Dövlət Dəniz Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. V. Priednieks
Latviya Dəniz Akademiyası
(Latviya)

t.ü.f.d., dos. E.D.Məmmədov
(məsul katib)

Bölmələr üzrə redaktorlar:

1. Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası: *t.e.d., prof. A.T.Məmmədov;*
t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

2. Gəmiçilik və su nəqliyyatının istismarı: *t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov;*
t.ü.f.d., dos. E.O.Abbasov;
t.ü.f.d., dos. F.M.Kəlbiyev.

3. Gəmiçilik texnikası: *t.e.d., prof. A.M.Qafarov; t.ü.f.d., dos. E.F.Sultanov;*
t.ü.f.d., dos. A.Ş.İsmayılov; t.e.d., prof. F.A.Vaskeviç (Rusiya);
t.e.d., prof. A.Y.Samoylenko (Rusiya).

4. Gəmiçilikdə təbiət elmləri problemləri: *t.e.d., prof. V.P.Buşlanov (Rusiya);*
t.e.d., prof. V.H.Həsənov; r.ü.f.d., dos. B.K.Ağarzayev.

****

Redaksiya:
E-mail: elvina.abdullayeva@asco.az
http://adda.edu.az

"ADDA-nın Elmi Əsərləri" jurnalı AAK-ın nüfuzlu elmi nəşrləri siyahısına daxildir və elmi dərəcə iddiaçılarının orijinal tədqiqatlarının nəticələrini dərc edir.

ISSN 2220-1025
Qeydiyyat nömrəsi - 311, ildə iki nömrə nəşr edilir.

© "Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ, 2023

Mündəricat

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

Məmmədov A.T., Sadıqov V.B., Paşazadə S.Q., Süleymanzadə-Yusifova M.N.
Gəmi mexanizmlərinin sürtünmə qovşaqları üçün elektroqövs üsulu ilə psevdoərintilərdən örtüklərin alınma texnologiyasının işlənməsi..... 7
Абдуллаев О.М. Анализ функций судна обеспечения подводно-технических работ с учетом технологического оборудования и оценка влияния на размеры и технические характеристики судна..... 11
Ağayev A.R. Torna emalında dəqiqliyin proqramla idarə olunması imkanının araşdırılması və proqramlaşdırıla bilən parametrlərin seçilməsi..... 21
Ибадуллаев А.Д. Оценка технического состояния судовых пружинных демпферов крутильных колебаний на основе торсиографирования..... 26
Qəhrəmanov V.F. Termiki emalla nazik və qalın vərəqlərin istehsalında istifadə olunan poladların xassələrinin yüksəldilməsi…… 30
Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Сулейманов П.Г. Анализ некоторых аспектов трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях..... 35
Yusubov N.D., Mustafaoğlu O.M. Yüksək dəqiqliyə malik avadanlıqlarda ölçmə vasitələrinin yoxlanması və xətaların təyin olunması..... 41
Yaqubov E.K. Cu-Al sistemli dispers möhkəmlənən ovuntu kompozisiya materiallarının sıxlaşmasının bəzi qanunauyğunluqları..... 52

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

Abbasov E.O., Nəbiyev H.N. "Dəniz naviqasiyası mühəndisliyi" ixtisası üzrə dənizçi kadrların hazırlanmasında "Dənizçilərin hazırlanmasına, onlara diplom verilməsinə və növbə çəkməyə dair" 1978-ci il tarixli Beynəlxalq Konvensiyanın və BDT-nın model kurslarının tələblərinin nəzərə alınması..... 59
Əliyev R.L. Gəmilərdə müasir naviqasiya cihazları və onların səfər təhlükəsizliyinə təsirlərinin incələnməsi..... 64
Həzərxanov Ə.T., İsmayılov N.M., Qədiməliyev R.Q. Peyk və inersial naviqasiya əsaslı istiqamətləndirmə sistemi..... 74
Григорьев Н.Н., Сигида В.И. Кибератаки и кибербезопасность – две стороны одной медали..... 82
Попов А.Н., Ботнарюк М.В., Субанов Э.Э., Аббасов Э.О. Ключевые тренды развития «Зеленого» судоходства 92

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

Горбачев М.М. Методика оценки рисков возникновения аварий из-за крутильных колебаний в судовых машинно-движительных комплексах..... 99
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On switching-off unloaded short overhead electric lines…… 104
Rüstəmov Ə.R. Hərbi gəmidə akustooptik qəbuledicinin tətbiqinin xüsusiyyətləri..... 109

Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M. Böyük güclü gəmi avar elektrik qurğularının tədqiqi..... 115
Sultanov E.F., Allahverdiyeva A.T., Əliyev Ş.R. Gəmi elektrik avadanlığında tətbiq edilən metal və yarımkeçiricilərdə termoelektrik hadisələrinin araşdırılması..... 122

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

Алиева И.К., Алиев Х.М. Кинетика электрического разрушения полимеров при повышенных температурах..... 128
Əliyeva Y.N., Həsənquliyeva M.M. Sənaye robotlarının təsvirlərin tanınması sisteminin işlənməsi..... 135
Həsənov V.H., Abdullayeva N.B. AutoCAD proqramı əsasında detalın cizgilərinin tərtibi..... 143

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY

Mammadov A.T., Sadigov V.B., Pashazade S.G., Suleymanzade-Yusifova M.N. Development of the technology of obtaining coatings from pseudoalloys by the electric arc method for friction joints of ship mechanisms……. 7
Abdullaev O.M. Analysis of the functions of the subsea support vessel, taking into account the technological equipment and assessment of the impact on the size and technical characteristics of the vessel..... 11
Agayev A.R. Investigating the possibility of software control of precision in turning machining and selecting programmable parameters..... 21
Ibadullaev A.D. Evaluation of the technical condition of ship spring dampers of torsional oscillations based on torsiography..... 26
Kahramanov V.F. Improving the properties of steels used in the production of thin and thick sheets by thermal treatment…..... 30
Gafarov A.M., Khankishiev I.A., Suleymanov P.G. Analysis of some aspects of friction and wear of the surfaces of parts of machines and mechanisms working in extreme conditions... 35
Yusubov N.D., Mustafaoglu O.M. Inspection of measuring instruments and determination of errors in high-precision equipment..... 41
Yagubov E.K. Some regularities of densification of Cu-Al system dispersed solidified abrasive composition materials..... 52

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT

Abbasov E.O., Nabiyev H.N. Taking into account the requirements of the 1978 International Convention on "Training, Certification and Duty of Seafarers" and CIS model courses in the training of seafarers in the "Marine Navigation Engineering" specialty……. 59
Aliyev R.L. Analysis of modern navigation devices on ships and their impact on voyage safety. 64
Hazarkhanov A.T., Ismayilov N.M., Gadimaliyev R.G. Satellite and inertial navigation based guidance system..... 74
Grigoryev N.H., Sigida V.I. Cyber attacks and cyber security - two sides of the same medal 82
Popov A.N., Botnaryuk M.V., Subanov E.E., Abbasov E.O. Key trends in the development of "Green" shipping 92

SHIPPING TECHNOLOGY

Gorbachev M.M. Methodology for assessing the risks of accidents due to torsional oscillations in marine engine-propulsion complexes..... 99
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On switching-off unloaded short overhead electric lines…… 104
Rustamov A.R. Features of the application of the acousto-optical receiver on a military ship..... 109
Salimova A.K., Sultanov E.F., Mammadov E.M. Study of large power boat oar electric installations..... 115

Sultanov E.F., Allahverdiyeva A.T., Aliyev Sh.R. Investigation of thermoelectric phenomena in metals and semiconductors used in ship electrical equipment..... 122

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION

Aliyeva I.K., Aliev Kh.M. Kinetics of electrical destruction of polymers at elevated temperatures..... 128
Aliyeva Y.N., Hasanguliyeva M.M. Development of image recognition system of industrial robots..... 135
Hasanov V.H., Abdullayeva N.B. Drafting of detail drawings based on AutoCAD program..... 143

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT 621·762·08

GƏMİ MEXANİZMLƏRİNİN SÜRTÜNMƏ QOVŞAQLARI ÜÇÜN ELEKTROQÖVS ÜSULU İLƏ PSEVDOƏRİNTİLƏRDƏN ÖRTÜKLƏRİN ALINMA TEXNOLOGİYASININ İŞLƏNMƏSİ

Məmmədov A.T., Sadıqov V.B., Paşazadə S.Q.,
Süleymanzadə-Yusifova M.N.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: arif-1947@mail.ru, vuqar.mirsadiq@asco.az, suleymanzade1992@gmail.com, salim.pashazada@asco.az.

Xülasə. *Məqalədə gəmi mexanizmlərinin sürtünmə qovşaqlarının detallarının resursunu artırmaq üçün elektrik qövsünün istiliyindən istifadə etməklə onların üzərinə psevdoərintiləri oturtmaqla yeyilməyə dözümlü qat yaratma texnologiyası şərh olunur. Psevdoərintilər kimi Fe-Mg, Fe-Pb, Fe-Cu və Al-Cu sistemləri seçilmişdir. Belə sistem psevdoərintilərin ovuntuları elektrik qövsünün yaratdığı istilik sayəsində maye vəziyyətdə püskürtməyə uğradılacaq səthin üzərinə oturdulur. Nəticədə "psevdoərinti-əsas" qarşılıqlı təsiri sayəsində sürtünməyə və yeyilməyə dözümlü örtük qatı yaranır.*

Müəyyən olunmuşdur ki, elektroqövs örtük əsas materialın axıcılıq həddinin möhkəmlik həddinə nisbətini dəyişmir və gəmi maşınqayırmasında istifadə olunan polad əsasların zərbə özlülüyünü və tsiklik möhkəmliyini aşağı salmır. Əksinə, bu üsul ilə sürtünmə cütlərinin renovasiyası nəticəsində hərəkətdə olan birləşmələrin sürtünmə əmsalı azalır, yeyilməyə dözümlüyü isə yüksəlir. Aparılmış tədqiqatlar elektrik qövsünün istiliyi vasitəsilə "psevdoərinti-əsas" sisteminin gəmi mexanizmlərinin sürtünmə qovşaqlarının renovasiyasında effektivliyini təsdiq etmişdir.

Abstract. *The article describes the technology of creating a corrosion-resistant layer by placing pseudo-surfaces on them using the heat of an electric arc to increase the resource of the details of the friction joints of the ship's mechanisms. Fe-Mg, Fe-Pb, Fe-Cu and Al-Cu systems were selected as pseudoalloys. In such a system, the scraps of the pseudo-interfaces are placed on the surface to be sprayed in a liquid state thanks to the heat generated by the electric arc. As a result, due to the "pseudo-base" interaction, a coating layer resistant to friction and corrosion is created.*

It has been determined that electric arc plating does not quantitatively change the yield strength to strength ratio of the base material and does not reduce the impact viscosity and cyclic strength of steel bases used in shipbuilding. On the contrary, as a result of the renovation of the friction pairs with this method, the friction coefficient of the joints in motion decreases, and the wear tolerance increases. Conducted studies have confirmed the effectiveness of the "pseudo-pin-base" system in renovating friction joints of ship mechanisms through the heat of an electric arc.

Аннотация. *В статье освещается технология создания изкосостойкого слоя с целью повышения их ресурса путем расплавления псевдосплавов на детали узлов трения судовых механизмов посредством тепла, создаваемого электрический дугой. В качестве псевдосплавов выбраны систем Fe-Mg, Fe-Pb, Fe-Cu və Al-Cu. Порошки псевдоспловов таких систем посредством тепла, создаваемого электрической дугой, подвергаются распылении в жидком состоянии в результате осаждаются на восстановливаемую поверхность. Посредством взаимодействия "псевдосплав-основа" в результате получается слой покрытия стойкого трению и износу.*

Определено, что электродуговое покрытие не изменяет величину отношения предела текучести к пределу прочности основного металла и не снижает ударную вязкость и циклическую прочность стального основания, используемого в судовом машиностроении. Наоборот, в результате реновации этим способом узлов трения уменьшается коэффициент трения, повышается износостойкость подвижных соединений. Проведенные исследования подтвердили эффективность реновации узлов трения судовых механизмов посредством нагрева электрической дугой системы "псевдосплов-основа".

Açar sözlər: *gəmi mexanizmləri, renovasiya, örtük, elektrik qövsü, sürtünmə qovşaqları, psevdoərinti*

Key words: *ship mechanisms, renovation, coating, electric arc, friction joints, psevdoalloy*

Ключевые слова: *судовые механизмы, реновация, покрытие, электрическая дуга, узлы трения, псевдосплав*

Giriş. Məlumdur ki, gəmilərin sürtünmə qovşaqlarının detallarının səthlərinin ən sərgilənən qüsurları buraxıla bilən konstruksion araboşluqlarını üstələyən (1,0 mm hədlərində) korrozion-mexaniki yeyilmə və tutuşmadır [1]. Gəmi sürtünmə qovşaqlarının detallarının istismarında onlar bu və ya digər şəkildə suyun və ya nəm atmosferin korrozion təsirinə məruz qalır. Eyni zamanda sürtkünün sulanması və bunun nəticəsində yağlayıcı qatın qalınlığının azalması mümkündür.

Mühərrikin işə salınma və dayanmasında sürüşən birləşmələrin detalları sərhəd sürtünməsi şəraitində işləyir, yağın bölücü qatı olmur, bunun sayəsində materialların bilavasitə kontaktı yaranır. İşə buraxma və dayandırma vaxtında detalların qarşılıqlı surətləri genis intervalda dəyişir. Sürtünmə cütlərinin materiallarının adgezion qarşılıqlı təsirinə, tutuşmaya və cızığın yaranmasına gətirən kiçik surətlər və yüksək xüsusi yüklər xüsusən qorxuludur. Ona görə də gəmi mexanizmlərinin sürtünmə qovsaqlarının isçi qabiliyyətini yüksəltmək üçün yüksək yeyilməyə davamlı və tutuşmayadək həddi yükləri daşıya bilən materiallar tələb olunur [2,3].

Sürtünmə cütlərinin materiallarının üzərində belə işçi qatların yaradılmasında qazotermiki örtükçəkmə (QTÖ) və xüsusən də onun üsullarından biri olan elektroqövs püskürtmə ən mütərəqqi üsul sayıla bilər.

Qeyd etdiyimiz təhlildən görünür ki, elektroqövs qat yaratmaqla detalların bərpası iqtisadi və məhsuldarlıq nöqteyi-nəzərindən məqsədəuyğundur. Lakin təmirdə onun əsaslandırılmış tətbiqi üçün aşağıdakı digər vacib tələbləri ödəmək lazımdır: bərpa olunmuş qatın yeyilməyə dözümlüyü və antifriksion xassələri yeni detallara nisbətən az olmamalıdır; bərpa texnoloji prosesi və örtüyün qatı detalın materialının möhkəmlik xassələrini aşağı salmamalıdır [4-6].

İlkin materiallar. Eksperimentlərin metodikası. Tədqiqatlar üçün aşağıdakı tərkibdə psevdoərintilər seçilmişdir: Fe-Mg bu sistem 20% Mg, qalanı isə dəmir ovuntusundan ibarət olmuşdur; Fe-Pb-18% Pb, qalanı isə Fe ovuntusu, Fe-Cu-10% Cu, qalanı isə dəmir ovuntusu, Al-Cu-15% Cu, qalanı Al ovuntusu. Ovuntuların bərpa olunan səthə püskürdülməsi qazotermiki üsulla plazmatron vasitəsilə elektrik qövsünün istiliyi hesabına psevdoərintilərin maye hala gətirilməsilə və sonra maye damcıları arqonla püskürtməklə həyata keçirilmişdir. Alınan örtüklərin qalınlığı 0,5-2,0 mm arasında dəyişmişdir. Əsas kimi tablandırılmış polad 45X (52HRC) götürülmüşdür, yəni örtük həmin poladın üzərinə çəkilmişdir.

Sürtünməyə tədqiqatlar 2070 CMT-I maşınında aparılmışdır. Bu tədqiqatları aparmaq üçün triboloji xassələrin sınaqları üçün metodika işlənmişdir. Həmin metodikada yeyilməyə dözümlülük süni bazalar metodu ilə örtüyün xətti yeyilməsi, uyuşma qabiliyyəti isə sürtünmə əmsalının stabilləməsinə görə qiymətləndirilir. İşdə baxdığımız sürtünmə qovşaqlarının həndəsi oxşarlığına və sürtünən detalların nisbi hərəkət xarakterinə görə tədqiqatlar aparılmışdır.

Əsas hissə. Psevdoərinti örtük və babbitin müqayisəli yeyilməyədözümlülüyü üzrə tədqiqatlar sürtünmə əmsalının xüsusi təyziqdən asılılığına görə aparılmışdır. Eyni zamanda psevdoərinti örtüklərin sürtünmədə uyuşma qabiliyyətini öyrənmək üçün müxtəlif texnoloji fəndlər tədqiq

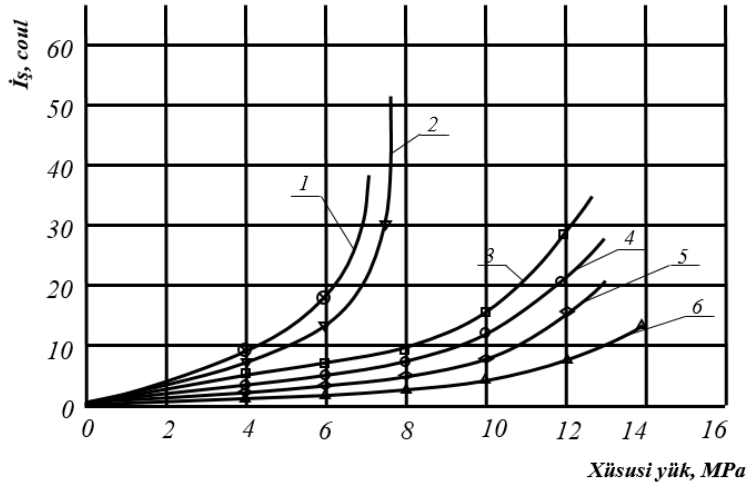
olunmuşdur. Sürtünmə qovşağının resursu detalın hazırlandığı materialların yeyilməyə dözümlülüyü ilə təyin olunur. Sınaqları nəticələrinə əsasən 45X poladı ilə cütdə psevdoərintilərin yeyilməyə dözümlülüyü babbit Б-83-lə müqayisədə cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Psevdoərintilərin yeyilmə intensivliyi

Sıra №-si	**Psevdoərintilər və babbitlər**	**Б-83 tökmə babbitə nisbətən uyuşma qabiliyyəti**	**Yeyilmə intensivliyi (uyuşmadan sonra, mkm/km)**	
			Psevdoərinti	**Sürtünmə cütü**
1	Fe-Mg	0,55	0,018	0,043
2	Fe-Pb	0,45	0,016	0,045
3	Fe-Cu	0,58	0,019	0,062
4	Al-Cu	0,64	0,020	0,053
5	Tökmə Б-83	0,99	0,135	0,160
6	Püskürdülmüş Б-83	0,96	0,125	0,162

Sürtünmə əmsalı energetik göstərici olaraq cütün işinin sürtünmə əmsalının və dayaq sürtünmə yastığının f.i.ə.-ni təyin edir. Şəkildə psevdoərintilərin və babbitin sürtünmə işinin kontakt təzyiqindən asılılığı təqdim olunmuşdur.



Şəkil. *Sürtünmə qüvvəsinin işinin kontakt təyziqindən asılılığı: 1- püskürdülmüş babbit; 2- tökmə babbit; 3-Fe-Mg psevdoərinti; 4- Fe-Cu psevdoərinti; 5-Fe-Pb psevdoərinti; 6-Al-Cu psevdoərinti.*

Təqdim olunmuş nəticələrə əsasən mühərrik tərəfindən yaradılan eyni güclərdə psevdoərintilər babbitlərlə müqayisədə tutuşmayadək xeyli daha yüksək yüklərlə işləyə bilərlər (cədvəl 2).

Sürtünmə qovşağının və bütövlükdə maşının etibarlı işini proqnozlaşdırmaq ücün istismarın ekstremal şəraitlərində antifriksion yastığın materialının davranışı haqqında təsəvvürə malik olmaq lazımdır. Yəni o hallardaki, yağın verilməsi, ya da sulanması baş verə bilər.

OCT 5-4311-80-in tələblərinə uyğun olaraq Б-83 babbitdən tökülmüş gəmi yastıqları 0,05 MPa yükləmə təyziqində 24 saat ərzində su-yağ emulsiyasında su ilə dolmuş otaqda işləmə qabiliyyətinə malik olmalıdır. Б-83 (tökmə və püskürdülmüş) babbiti sınaqların nəticələrinə görə yağın 50% sulanmasında artıq o 0,1 MPa xüsusi təyziqdə tutuşmaya meyillilik göstərir, lakin psevdoərintilər yağın sulanma şəraitlərində və daha yüksək xüsusi təyziqdə (0,25 MPa) daha yüksək davamiyyəti göstərir. Yağın kəsilməsi və sulanma şəraitlərində tutuşmayadək həddi yükləmə babbitə nisbətən psevdoərintilərdə xeyli yüksəkdir. Bu sürtünmə qovşağının iş davamiyyətini 24 saatdan az olmayaraq artırmağa imkan verir. Bu hal, məsələn gəmi mühərrikinin qəza situasiyalarında çox vacibdir.

Cədvəl 2

Psevdoəritilərin və Б-83 babbitin həddi yükdən asılı olaraq müqayisəli xarakteristikaları

Sürtünmə xarakteristikaları və sınaq şəraitləri	**Materiallar**					
	Б-83 tökmə	**Püskürdül-müş Б -83**	**Fe-Mg**	**Fe-Pb**	**Fe-Cu**	**Al-Cu**
Tutuşmayadək həddi yük, MPa						
-yağda	7,9	8,2	>15	>16	>13	> 12
-yağın verişinin kəsilməsi	0,6	0,6	3,8	4,0	6,2	6,1
-yağın 50% sulanmasında	0,04	0,04	3,7	3,6	0,8	0,7
Sürtünmə əmsalı						
-yağda	0,008	0,011	0,0035	0,0025	0,0045	0,003
-yağın verişinin kəsilməsi	-	-	0,028	0,018	0,035	0,025
-yağın sulanmasında	-	-	0,048	0,038	0,085	0,35
Sürtünmənin ekstremal şəraitlərində işin müddəti, saat						
-yağın verişinin kəsilməsində və 2 MPa xüsusi təzyiqdə	0	0	>25	>26	>23	>24
-yağın sulanmasında və 0,25 MPa xüsusi təzyiqdə	0	0	>25	>26	>23	>24

Qeyd etmək lazımdır ki, babbitə nisbətdə uyuşma qabiliyyəti psevdoərintilərdə bütün müsbət xassələrlə bərabər kiçikdir, yəni təxminən 0,58-dir. Əgər mühafizəedici mühitlərdə Fe-Cu psevdoərintisini termik emala uğratsaq, onun uyuşma qabiliyyətini hətta 1,0-dək yüksəltmək olar.

Nəticə. 1. Gəmi maşın və mexanizmlərinin sürtünmə qovsaqlarının hazırlanmasında və renovasiyasında elektroqövs psevdoərinti örtüklərin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmışdır.

2. Psevdoərintilərdən elektroqövs örtüklərinin antifriksion xassələrinin müxtəlif sürtünmə şəraitlərində kontakt gərginliyinin qiymətinin dəyişməsinin aşağıdakı qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir: yağla, yağın kəsilməsi və sulanması; göstərilmişdir ki, psevdoərintilərdən alınmış elektroqövs örtüklər antriksion xassələrinə və tutuşmayadək həddi yüklənməyə görə Б-83 tökmə babbitini üstələyir.

3. Alınmış nəzəri və eksperimental nəticələr gəmi maşın və mexanizmlərinin sürtünmə qovşaqları üçün antifriksion detalların elektroqövs püskürtməklə texnoloji prosesini işləməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Держилов Ф.С. Харитонов В.Д. Ботштейн Б.Х. Технология судоремонта. Учебник для мореходных училищ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 350 с.
2. Мамедов А.Т. Порошковые материалы конструкционного и антифрикционного назначения. Баку, Элм, 1991, 188 с
3. Мамедов А.Т. Конструкционные и антифрикционные порошковые материалы. Баку, Элм, 2005, 458 с.
4. Мамедов А.Т., Келбиев Ф.М. Расчет и активизация структурных параметров макрогетерогенных композиционных материалов// Ученые записки, АзТУ, 2005, №3, 35-37 с.
5. Мамедов А.Т. Келбиев Ф.М. Статическое прочности композиционных макрогетерогенных материалов // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов, АзТУ. I часть, Баку, 2005, 168-170 с.
6. Мамедов А.Т., Иманова Р.А. Износостойкие порошковые материалы, Баку, Элм, 2006, 76с.

Məqalə qəbul olunub: 27.03.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

УДК 629.5

АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ СУДНА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА РАЗМЕРЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

Абдуллаев О.М.

Каспморниипроект
Баку, ул. Зия Юсифзаде, 48
E-mail: oyrad-abdullayev@asco.az

Аннотация. *В работе выполнен анализ функций судна обеспечения подводно-технических работ, с использованием статистических данных находящихся в эксплуатации судов, при условии влияния устанавливаемых технологических средств и комплексов на оптимальные основные размерения перспективного судна и произведен сравнительный анализ судна обеспечения подводно-технических работ со специализированными водолазными судами и судами носителями аппаратных средств*

Xülasə. *Təchizat gəmilərinin sualtı-texniki işlərin təhlili istismarda olan gəmilərin statistik məlumatlarından istifadə etməklə aparılmışdır. Quraşdırılan texnoloji avadallıqların və komplekslərin perspektiv gəminin optimal əsas ölçülərinə təsiri nəzərə alınmaqla müqayisəli təhlil edilmişdir. Təchizat gəmisinin ixtisaslaşdırılmış dalğıc gəmiləri və avadanlıq daşıyan gəmilərlə sualtı texniki işləri yerinə yetirmələri müqayisə edilmişdir.*

Abstract.*The analysis of the subsea construction work of the subsea construction vessel was carried out using the statistical data of the vessels in operation, subject to the influence of the installed technological means and complexes on the optimal basic dimensions of the prospective vessel, and a comparative analysis of the subsea construction work of the subsea construction vessel with specialized diving vessels and ships with technology equipment was carried out.*

Ключевые слова: *подводно-технические работы, судно обеспечения, телеуправляемый подводный аппарат, обитаемый подводный аппарат, технологическое оборудование*

Açar sözlər: *sualtı texniki işlər, təchizat gəmisi, məsafədən idarə olunan sualtı nəqliyyat aparatı, heyətli sualtı aparat, texnoloji avadanlıq*

Key words: *subsea operation, supply vessel, remote operated vehicle, manned submersible vehicle, diving equipment, technology equipment*

Введение. Подводно-технические работы, выполняемые постоянно совершенствующимися техническими средствами, выдвигают новые требования, связанные с постоянным развитием функций судов обеспечения подводно-технических работ, для обеспечения оптимального взаимодействия с аппаратными средствами и водолазными комплексами. Учитывая принципиальную сложность объектов подводно-технических работ, аппаратных средств и водолазных комплексов, а также высокие требования к судам носителям, необходимо при проектировании судов обеспечения уже на ранних стадиях учитывать требования, выдвигаемые к судам и применять научные достижения при проектировании [1].

Для выполнения подводно-технических работ, наряду с водолазной техникой, используются такие современные аппаратные средства как, телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) [1, 8, 3, 4, 5, 9, 6, 10] и обитаемые подводные аппараты (ОПА) [11]. Обеспечение успешной и безопасной эксплуатации техники, обеспечивающей подводно-технические работы, необхо-

димы качественные и надежные суда [12, 2, 13, 14, 15, 16]. По мере расширения освоения морского нефтепромысла и объектов морской инфраструктуры, объем подводно-технических работ будут постоянно увеличиваться. В связи с этим исследования связанные с судами обеспечения подводно-технических работ не будут терять своей актуальности.

Настоящие исследования, заключаются в совершенствовании системно оптимизированного метода автоматизированного проектирования, с учетом установки на судне современных аппаратных, технических средств и водолазных комплексов, для обеспечения подводно-технических работ. Относительно малая изученность проблемы и современность типов судов как объекта исследования отражает необходимость исследования процесса проектирования судов этого класса.

Целью исследовательской работы, является научно обоснованное решение проблем проектирования судов обеспечения подводно-технических работ. В рамках настоящих исследований, была сделана попытка сформулировать, систематизацию связи размеров и рабочих параметров технологического оборудования и аппаратных средств с главными размерениями перспективного судна.

Постановка задачи. Крановое оборудование судов обеспечения подводно-технических работ является главным элементом судна, использующийся как необходимый инструмент для выполнения работ на проектах. Обычно на судах обеспечения подводно-технических работ используются несколько кранов, кроме того, иногда на корме предусматривается «А» рама, для спуска и подъема аппаратных средств. При этом, главный подъем, является краном, имеющим наибольшую грузоподъемность при относительно большем вылете. Как следует из этого, влияние главного подъема на мореходные качества судна приоритетны и параметрами других кранов и грузоподъемных средств, установленных на судне, можно пренебречь.

Для качественной эксплуатации кранов, необходим оптимальный подбор главных размерений судна на стадии исследовательского проектирования. Одним из факторов, посредством которого крановое оборудование может влиять на мореходные качества судна, является ширина корпуса. На графиках ниже приведены соотношения грузоподъемности крана и глубины погружения гака с шириной судна. Рассмотрены около 35 судов обеспечения подводно-технических работ (Subsea Construction Vessel). Также приведены статистические данные около 15 водолазных судов и около 17 судов носителей необитаемых подводных аппаратов (ТНПА/АНПА), по тем-же соотношениям. На рисунке 1а. показан статистический график соотношения грузоподъемности крана с шириной корпуса судна. Как видно из графика, ширина судна увеличивается пропорционально грузоподъемности крана.

Функция глубины погружения крана под воду, необходима при выполнении подводно-технических работ, например, установки и демонтажа подводного технологического оборудования, подъем на поверхность воды затонувших объектов и т.д.

Эта функция наиболее актуальна и используется в основном на судах обеспечения подводно-технических работ.

На рисунке 1, б отражены статистические данные по соотношению глубины погружения гака с шириной корпуса судна. Как видно из графика, также, как и на рисунке 1.а, ширина судна увеличивается пропорционально глубине погружения гака.

Как показано на рисунках 1а и 1б, грузоподъемность и глубина погружения гака грузового крана главного подъема, непосредственно влияют на главные размерения проектируемого судна, в основном через ширину корпуса судна. Также не надо забывать о возможности совместного использования с краном на судах обеспечения подводно-технических работ, водолазного комплекса и аппаратных средств. Этот факт ставит необходимость учета влияния грузоподъемности кранов на ширину водолазных судов и судов носителей аппаратных средств при разработке главных размеров судов обеспечения подводно-технических работ. Эти соотношения отражены на рисунке 1,а. При этом, по

графику на рисунке 1а, видно, что соотношение грузоподъемности крана и ширины корпуса судна имеют одинаковую закономерность с определенными особенностями.

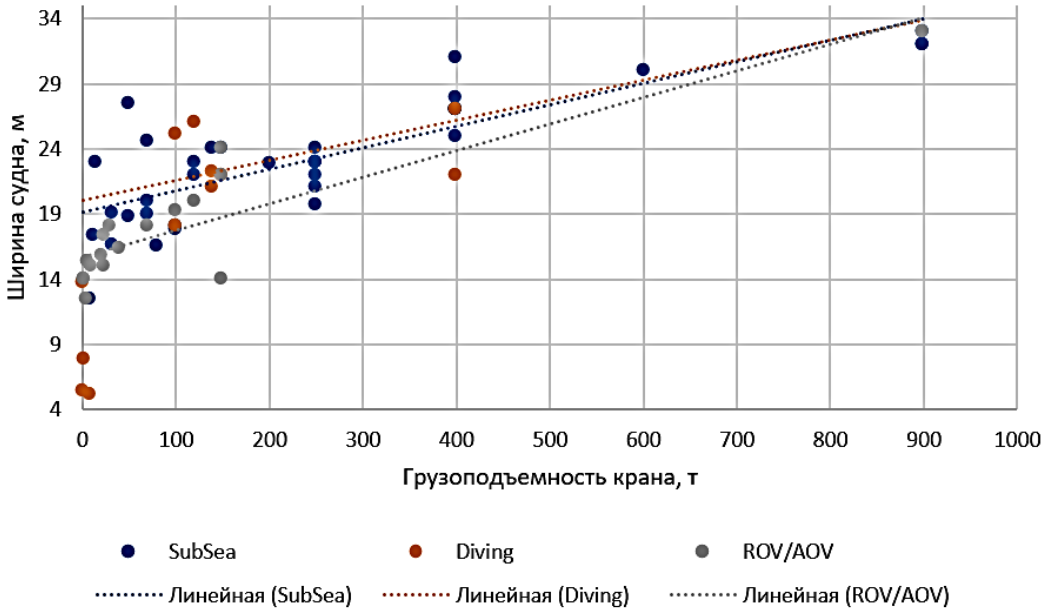


Рис. 1,а. *Соотношение грузоподъемности крана и ширины корпуса судна*

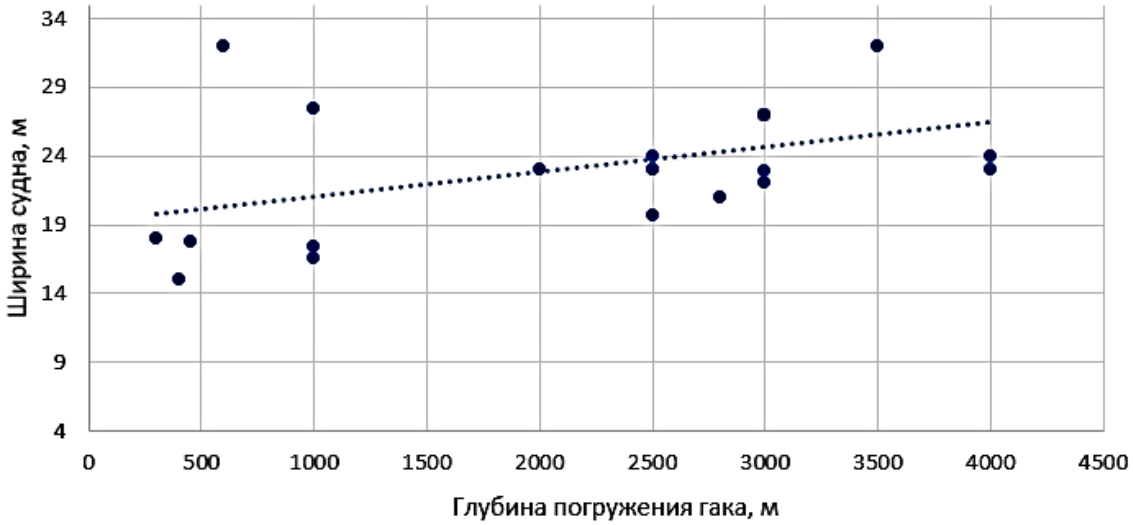


Рис. 1, б. *Соотношение глубины погружения гака и ширины корпуса*

Водолазное оборудование, используемое на судах обеспечения подводно-технических работ, является важным фактором, используемым при выполнении подводно-технических работ на проектах. На судах обеспечения подводно-технических работ могут использоваться как стационарные, так и мобильные водолазные комплексы. Ниже на рисунке 2а, отражено соотношение влияние глубины погружения водолазов на ширину судна.

Для качественной и безопасной эксплуатации судна в проекте с использованием водолазного комплекса, необходим оптимальный подбор главных размерений судна на стадии исследовательского проектирования. Ширина корпуса является основным фактором, посредством которого водолазный комплекс влияет на мореходные качества судна. На рисунках 2, а и 2,б, показаны статистические графики соотношения глубины погружения водолазов с шириной корпуса судна и грузоподъемности крана. В графике отражены соотношения около 23

водолазных судов. Как видно из графика на рисунке 2,а, ширина судна увеличивается пропорционально глубине погружения водолазов.

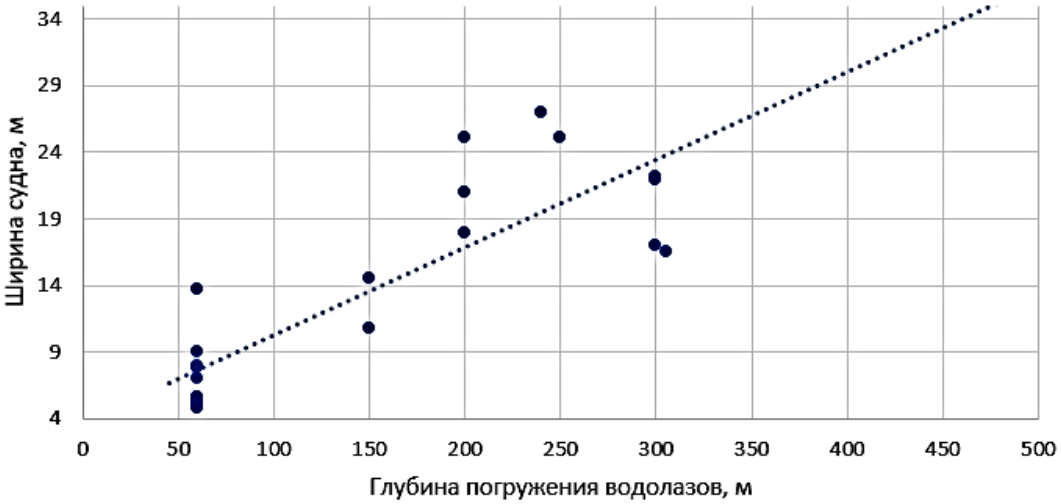


Рис. 2,а. *Соотношение глубины погружения волазов и ширины корпуса*

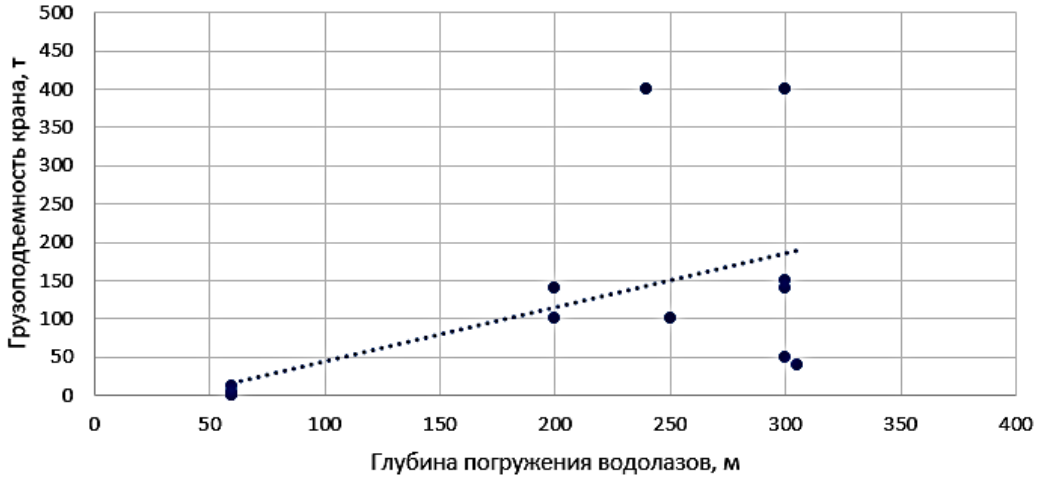


Рис. 2, б. *Соотношение грузоподъемности крана и глубины погружения водолазов*

На рисунке 2б отражены статистические данные по соотношению глубины погружения водолазов и грузоподъемности крана. Совместная работа кранов и водолазных комплексов, является часто встречающимся событием на проектах. Как видно из графика, соотношения грузоподъемности крана, увеличивается пропорционально глубине погружения водолазов. При этом, в основном, увеличение графика на рис. 2, б, менее динамична чем на рис. 2,а, но также актуальна и влияет на повышение ширины судна посредством соотношения повышения грузоподъемности крана и глубины погружения водолазов.

Как показано на рисунках 2,а и 2б, глубина погружения водолазов непосредственно влияют на главные размерения проектируемого судна, в основном через ширину корпуса судна с выбором необходимой грузоподъемности крана.

Оборудование ТНПА/АНПА (Телеуправляемый Необитаемый Подводный Аппарат ROV/Автономный Необитаемый Подводный Аппарат AOV). В последние годы, широко распространяется применение аппаратных средств ТНПА/АНПА в проектах. Оптимальным и перспективным способом эксплуатации аппаратных средств, являются суда обеспечения под-

водно-технических работ. На судах обеспечения подводно-технических работ могут использоваться как стационарные, так и мобильные аппаратные средства, с использованием штатных судовых спуска-подъемных устройств. На графиках ниже отражены влияние глубины погружения аппаратных средств на главные размеры проектируемого судна.

Для качественной эксплуатации аппаратных средств (как мобильных, так и стационарных), необходим оптимальный подбор главных размерений судна на стадии исследовательского проектирования. Глубина погружения аппаратных средств, является фактором, который влияет на мореходные качества судна, посредством ширины корпуса. На рисунке 3,а и 3,б, отражены статистические данные соотношения глубины погружения аппаратных средств с шириной корпуса судна и грузоподъемностью крана. В графике приведены статистические данные около 12 судов носителей ТНПА и около 5 судов носителей АНПА. Как видно из графика, ширина судна носителя ТНПА увеличивается пропорционально глубине погружения аппарата. В то время как на судах носителях АНПА, наоборот по мере увеличения глубины погружения АНПА, ширина хоть и незначительно, но уменьшается. Причиной чего служит относительно малая масса АНПА и возможность увеличения скорости судна при уменьшении ширины корпуса судна.

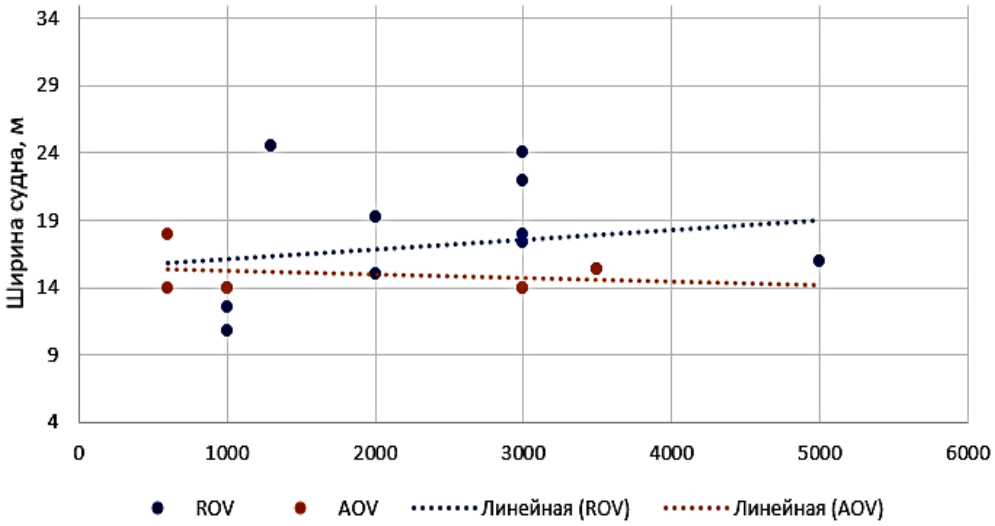


Рис. 3, а. *Соотношение глубины погружения ТНПА/АНПА и ширины корпуса*

На рисунке 3, б, отражены статистические данные по соотношению глубины погружения аппаратных средств и грузоподъемности крана. Как видно из графика, грузоподъемность крана увеличивается пропорционально глубине погружения аппаратных средств. Что связанно с возможностью совместной работы кранов и аппаратных средств с подводными техническими и технологическими средствами и оборудованием.

Как показано на рисунках 3а и 3б, глубина погружения аппаратных средств непосредственно влияют на главные размерения проектируемого судна, в основном через ширину корпуса судна и посредством повышения грузоподъемности крана.

Обитаемые подводные аппараты (ОПА), в основном используются на специализированных судах носителях. При этом, не исключается возможность использование ОПА в проектах используя суда обеспечения подводно-технических работ, при наличии определенных требований, предъявляемых к судам носителям ОПА. На судах обеспечения подводно-технических работ при возможной перспективе использования ОПА, необходимо учитывать требования, предъявляемые к судну подобного класса, на стадии исследовательского проектирования.

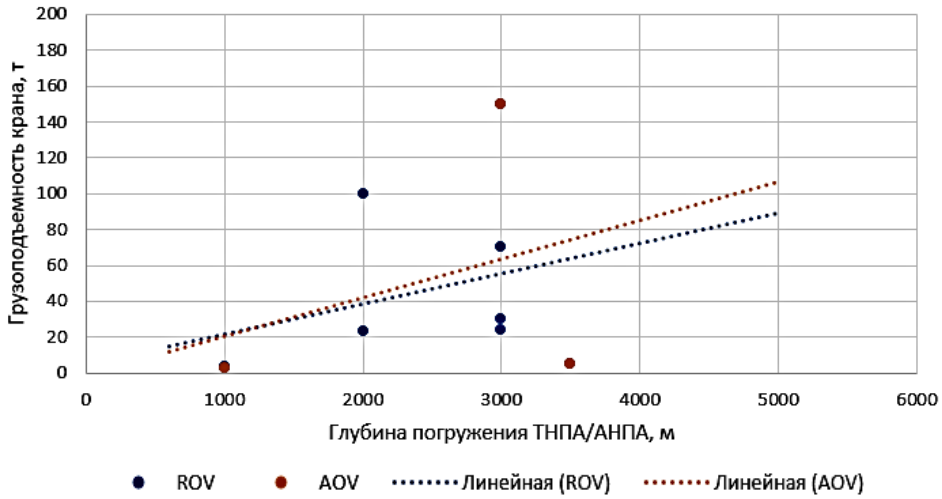


Рис. 3б. *Соотношение глубины погружения ТНПА/АНПА и грузоподъемности крана*

Ширина корпуса судна является фактором, который влияет на остальные размерения, посредством размерных соотношений судна. На рисунке 4а. и 4б., отражены статистические графики соотношения ширины корпуса судна и глубины погружения ОПА с водоизмещением судна носителя. В графиках приведены статистические соотношения около 12 судов носителей ОПА. Как видно из графика на рисунке 4а., ширина судна носителя ОПА увеличивается пропорционально глубине погружения ОПА.

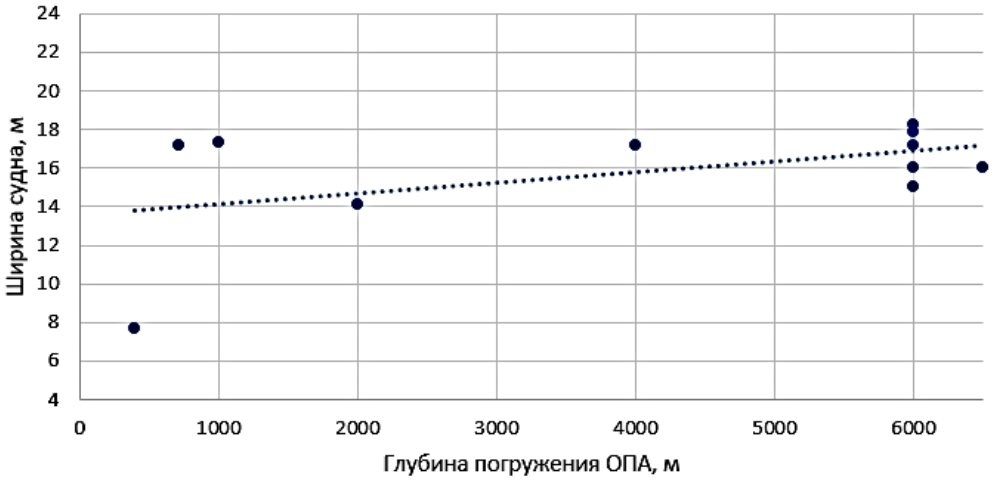


Рис. 4а. *Соотношение глубины погружения ОПА и ширины корпуса*

На рисунке 4б. отражены статистические данные по соотношению водоизмещения и ширины судна носителя ОПА. Как видно из графика, ширина судна увеличивается пропорционально водоизмещению. Водоизмещения судна носителя ОПА важен, по причине необходимости перевозки и оперирования с ОПА, имеющим относительно большую массу.

Глубина погружения ОПА и водоизмещение судна носителя отраженные на рисунках 4а. и 4б, непосредственно влияют на главные размерения проектируемого судна, посредством ширины корпуса.

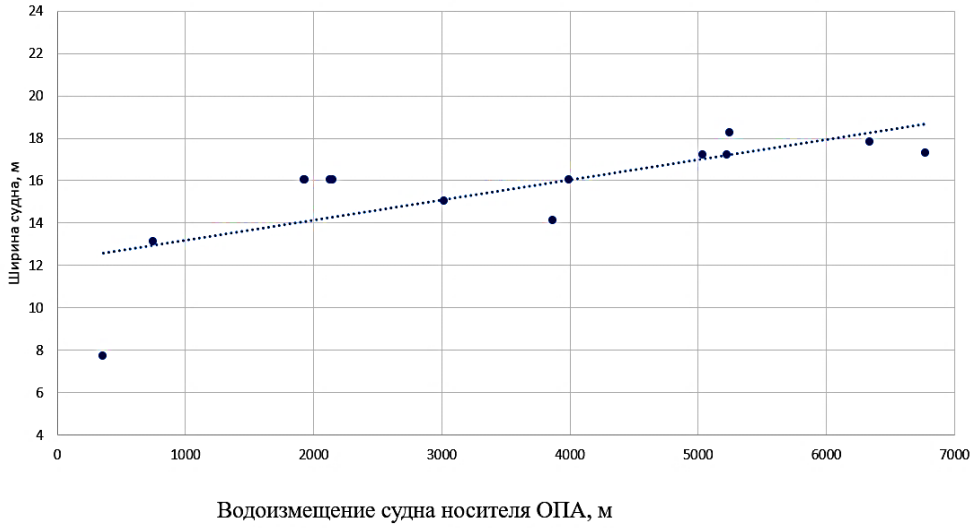


Рис. 4б. *Соотношение водоизмещения судна носителя ОПА и ширины корпуса судна*

Мобильное технологическое оборудование. Под мобильным технологическим оборудованием понимаются временно установленное на судно оборудование, используемое для выполнения требуемой технологической операции, например, мобильный буровой комплекс, мобильный комплекс укладки гибкого трубопровода, мобильный комплекс подводной кабелеукладки и т.д. На судах обеспечения подводно-технических работ, мобильное технологическое оборудование в основном размещаются на грузовой палубе и может устанавливаться в отдельности или в различном сочетании в зависимости от потребностей проекта. При возможной перспективе использования мобильного технологического оборудования, необходимо учитывать требования к судну на стадии исследовательского проектирования.

Учитывая, что мобильное оборудование в основном устанавливается на грузовой палубе, для качественной эксплуатации, необходим оптимальный подбор главных размерений судна с учетом необходимой площади грузовой палубы. Ширина и длина корпуса являются ключевыми размерениями формирующими необходимую площадь грузовой палубы. На рисунке 5а и 5б, отражены статистические данные соотношения площади грузовой палубы и ширины судна с длиной судна. В графике приведены статистические соотношения около 33 судов обеспечения подводно-технических работ. Как видно из графиков на рисунке 5а и 5б, длина и ширина, увеличивается пропорционально площади грузовой палубы.

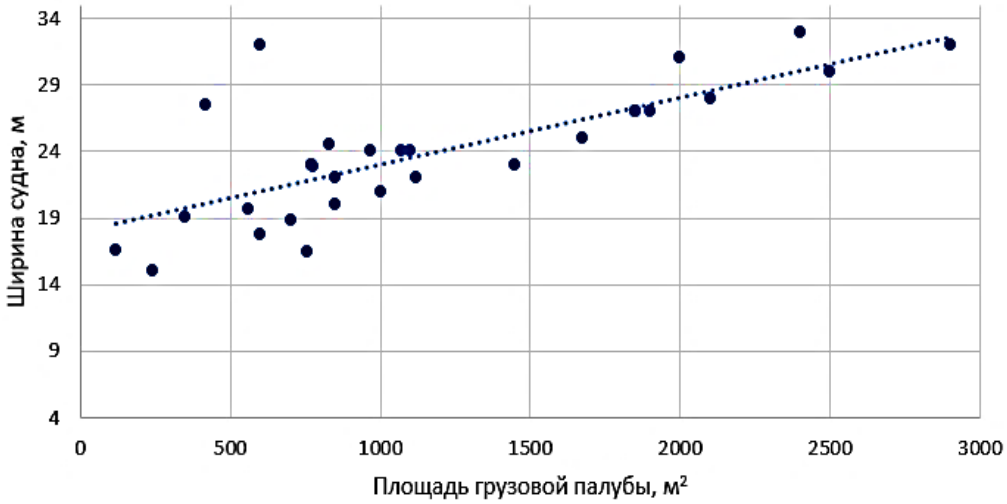


Рис. 5а. *Соотношение площади грузовой палубы и ширины корпуса*

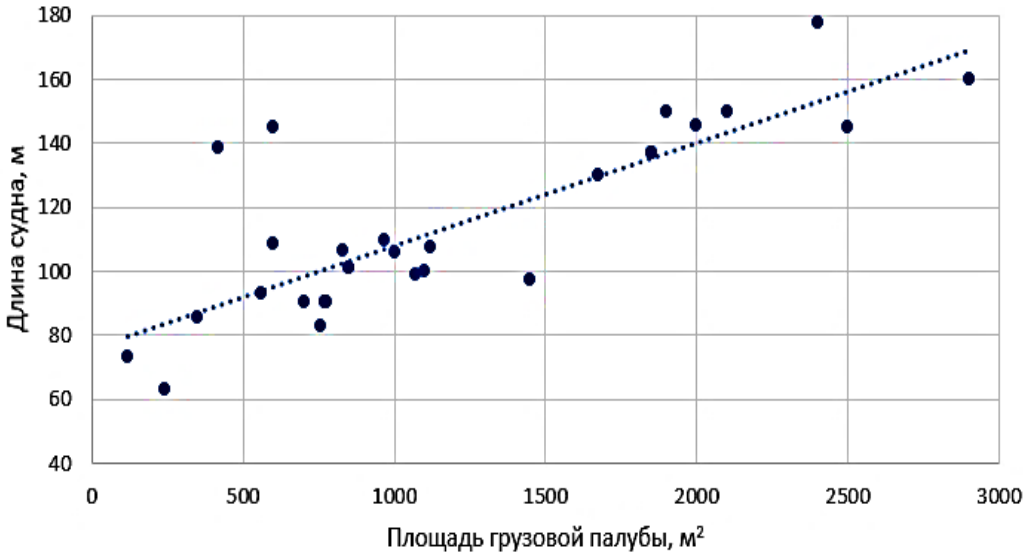


Рис. 5б. *Соотношение площади грузовой палубы и длины судна*

Как показано на рисунках 5а и 5б, площадь грузовой палубы судна обеспечения подводно-технических работ, предназначенный для монтажа мобильного технологического оборудования, непосредственно влияют на главные размерения проектируемого судна.

Оценка влияния на размеры и технические характеристики судна. Формирование главных размерений судов обеспечения подводно-технических работ непосредственно связано с используемым или планируемым к использованию в перспективе технологического оборудования, аппаратных средств и водолазных комплексов. На рисунке 6, отражена структурная схема влияния технологических средств на главные размерения судна обеспечения подводно-технических работ, что отражает систематизацию связи размеров и рабочих параметров технологического оборудования, аппаратных средства и комплексов с главными размерениями перспективного судна.

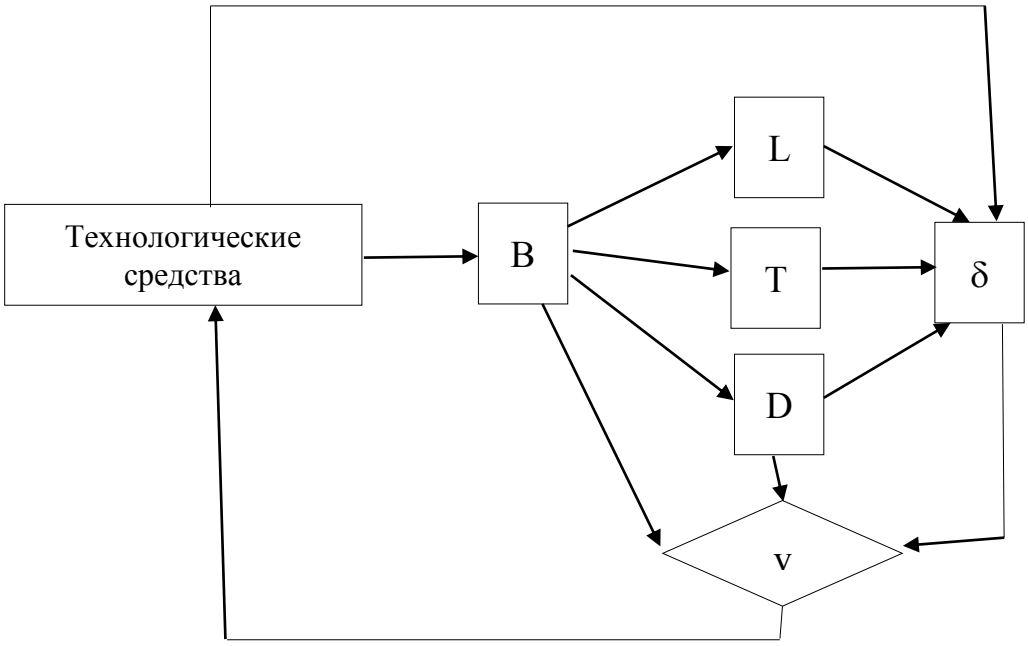


Рис. 6. *Структурная схема зависимости главных размерений от устанавливаемых технологических средств*

Здесь: L – длина судна (формируется из соотношения L/B);
B – ширина судна;
T – осадка (формируется из соотношения B/T);
D – водоизмещение (формируется из соотношения B/D);
v – скорость судна;
δ – коэффициент общей полноты судна.

Рассматривая графики на рисунках (1а,б., 2а,б., 3а,б., 4а,б., 5а,б.), можно отследить в основном идентичную закономерность зависимостей. Таким образом, ширина корпуса проектируемого судна может формироваться универсальным выражением, для каждого измеряемого параметра в отдельности:

$$B_i = b * S - {}^{B}/_{S} \quad (1)$$

где: B_i – ширина судна, связанная измеряемым параметром;
S – измеряемые параметры ($P_{\text{ГП}}, \Gamma_{\text{ПГ}}, \Gamma_{\text{ПВ}}, \Gamma_{\text{П(АС)}}, \Gamma_{\text{П}(MS)}, S_{\text{ГП}}$);
$P_{\text{ГП}}$ – грузоподъемность крана;
$P_{\text{ПГ}}$ – глубина погружения гака грузового крана;
$P_{\text{ПВ}}$ – глубина погружения водолаза;
$P_{\text{П(АС)}}$ – глубина погружения аппаратных средств (ТНПА или АНПА);
$P_{\text{П}(MS)}$ – глубина погружения обитаемого аппарата;
$S_{\text{ГП}}$ – площадь грузовой палубы;
b – коэффициент корреляции учитывающая закономерность рассматриваемых соотношений, определяемая по формуле (3);
${}^{B}/_{S}$ – соотношения ширины судна и измеряемых параметров, определяемая по формуле (2).

Таким образом, соотношение ширины корпуса судна и измеряемого параметра описывается выражением:

$${}^{B}/_{S} = \sum_{i=1}^{n} \overline{B}_i - b * \sum_{i=1}^{n} S_i \quad (2)$$

При этом, коэффициент корреляции, описывается выражением:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(S-\overline{S_i})(B-\overline{B_i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(S-\overline{S_i})^2 \sum_{i=1}^{n}(B-\overline{B_i})^2}} \quad (3)$$

Таким образом, площадь грузовой палубы и применяемое на судне крановое оборудование, аппаратные средства и водолазные комплексы и т.д., влияют на формирование главных размерений посредством ширины корпуса судна.

Анализ полученных результатов. Учитывая взаимосвязь технологического оборудования при формировании главных размерений, сделана попытка (рис. 6.), систематизации связи размеров и рабочих параметров технологического оборудования, аппаратных средства и водолазных комплексов с главными размерениями перспективного судна.

Ниже сделана попытка анализа функций судов обеспечения подводно-технических работ, также, проведен сравнительный анализ судов обеспечения подводно-технических работ со специализированными водолазными судами и судами носителями аппаратных средств.

Судно обеспечения подводно-технических работ. Является рабочей платформой с грузовой палубой, вертикальной шахтой (Moon pool), спускоподъемными устройствами, краном(и) с возможностью погружения гака под воду и спальными местами для спец-персонала. Выполняя работы на проекте, судно насыщается необходимыми для текущего проекта технологическими средствами. Преимуществом судов обеспечения подводно-технических работ, является гибкость при адаптации к конкретному проекту.

Специализированные водолазные суда и суда носители аппаратных средств. Являются специализированными судами с наличием стационарного водолазного комплекса или аппаратных средств, способных выполнять поставленные задачи на проектах. Преимуществом этих судов, являются оптимальная адаптация технологического оборудования к судну носителю и возможность выполнения больших переходов в любую точку мирового океана при необходимости эксплуатации на работах различных проектов.

Сравнительный анализ судов обеспечения подводно-технических работ со специализированными водолазными судами

Судно обеспечения подводно-технических работ	Специализированные водолазные суда и суда носители аппаратных средств
Рабочая платформа с грузовой палубой	Наличие стационарного водолазного комплекса
Наличие универсальных спуска-подъемных устройств	Наличие стационарных аппаратных средств
Грузовой кран с возможностью погружения гака под воду	Максимальная адаптация установленных аппаратных средств или водолазного комплекса с судном носителем
Спальные места для спец-персонала	
Возможность установки мобильного технологического оборудования, аппаратных средств и водолазных комплексов	Возможность выполнения переходов в любую точку мирового океана для эксплуатации на различных проектах
Гибкость при адаптации к конкретному проекту	

Выводы. Выполнена систематизация связи размеров и рабочих параметров технологического оборудования, аппаратных средств и водолазных комплексов с главными размерениями перспективного судна. Также проведен сравнительный анализ судов обеспечения подводно-технических работ и специализированных судов носителей аппаратных средств и водолазных комплексов.

Литература

1. Зинковский Н.Б. Подводные работы на нефтепромыслах / Зинковский Н.Б. –Ленинград: Судостроение, –1984. –232 с.
2. Пашин *В.*М. Критерии *для* согласованной оптимизации подсистем судна / Пашин *В.*М. – Ленинград: Судостроение, –1976. –51 с.
3. Кицак Н.А. Подводно-технические работы в строительстве / Кицак Н.А., Забела К.А. – Киев Будівельник, –1970. –164 с.
4. Ястребов В.С. Подводные роботы / Ястребов В.С., Игнатьев М.Б., Кулаков Ф.М. [и др.] Ленинград: Судостроение, – 1977. – 368 с.
5. Захаров Н.В., Капустин В. А. Перспективные подводные робототехнические системы и сферы их применения // Морская Биржа, 2008. №1(23), –с. 66-69.
6. ГОСТ 56960-2016 // Приказ Росстандарта от 14.06.2016 N 616-ст "Об утверждении национального стандарта". – Москва: Стандартинформ, – 2016. – 7 с.
7. Войтов Д.В. Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты / Войтов Д.В. –М.: МОРКНИГА, –2012. –506 с.
8. Хаукс Г. Подводная техника / Хаукс Г. –Ленинград: Судостроение, –1979. –288 с.
9. ГОСТ Р 52119-2003 // 06.10.2003 Госстандарт России *(Russian Federation Gosstandart 279-ст).* – Москва: Стандартинформ, –2003. –11 с.
10. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты / Войтов Д.В. –М.: МОРКНИГА, – 2015. – 332 с.

11. Войтов Д.В. Подводные обитаемые аппараты / Войтов Д.В. –М.: АСТ, *Астрель*, –2002. – 304 с.
12. Гайкович Б.А. Разработка методики проектного оптимизационного обоснования глубоководных работ: / Автореферат на соискание ученной степени кандидата технических наук. / – Санкт-петербург, 2005. –28 с.
13. Караев Р.Н. Океанотехника и морские операции на шельфе: Учебник для вузов / Караев Р.Н., Разуваев В.Н., Портной А.С. Под общей редакцией почетного доктора Р.Н. Караева и проф. П.А. Шауба. –СПб.: Моринтех, –2008. –520 с.
14. Gary Ritche. Offshore support vessels. A practical guide / Gary Ritche. – "The Nautical Institute", –London, –2008. –242 p.
15. DNVGL-RU-OU-0375 // 01.07.2019 Offshore units. Diving systems. "Rules for classification" –2019. –361 p.
16. DNVGL-RU-SHIP// 29.10.2020 Ships. "Rules for classification" –2020. –323 p.

Məqalə qəbul olunub: 03.03.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

UOT 621.941.01

TORNA EMALINDA DƏQİQLİYİN PROQRAMLA İDARƏ OLUNMASI İMKANININ ARAŞDIRILMASI VƏ PROQRAMLAŞDIRILA BİLƏN PARAMETRLƏRİN SEÇİLMƏSİ

Ağayev A.R.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: agasig@aztu.edu.az

Xülasə. *Məqalədə torna emalında detalların mexaniki emal dəqiqliyinin proqramla idarə olunması imkanı araşdırılmışdır. Emal texnologiyasının çox hissəsini torna emalı təşkil edən qeyri-sərt valların mexaniki emal dəqiqliyinin kəsmə prosesində verişin dəyişdirilməsi hesabına dəqiqliyinin təmin edilməsi məqsədilə kəsmə qüvvəsinin radial təşkiledicisinin qiymətinin hesablanaraq müəyyənləşdirilməsinə, onun tərkibinə daxil olan əsas proqramlaşdırıla bilən parametrlərdən biri olan verişin qiymətinin təyin olunmasına və verişin qiymətinin idarəetmə proqramında dəyişdirilərək dəqiqliyin idarə olunma imkanına baxılmışdır.*

Abstract. *In the article, the possibility of controlling the mechanical processing accuracy of the parts processed in lathe processing with the program was investigated. In order to ensure the accuracy of the mechanical processing accuracy of non-hard shafts, which makes up most of the machining technology, by changing the feed during the cutting process, calculating and determining the price of the radial organizer of the cutting force, determining the price of the feed, which is one of the main programmable parameters included in its composition, and managing the feed price. in the program, the possibility of controlling the accuracy was considered.*

Аннотация. *В статье исследована возможность программного управления точностью механической обработки деталей, обрабатываемых на токарном станке. Рассмотрена возможность управления точностью путём изменения значения подачи в программе управления и определения значения подачи, как одного из основных программируемых параметров, на установление расчётным путём значения радиальной составляющей силы резания с целью обеспечения точности механической обработки нежёстких валов за счёт изменения подачи*

в процессе резания при токарной обработке, составляющей большую часть технологии обработки.

Açar sözlər: *mexaniki emal dəqiqliyi, torna emalı, qeyri-sərt val, veriş, idarəetmə proqramı, kəsmə qüvvəsi, proqramlaşdırılan parametr*

Key words: *machining processing accuracy, turning, non-rigid shaft, feed speed, control program, cutting force, programmable parameter*

Ключевые слова: *точность механической обработки, токарная обработка, нежесткий вал, подача, программа управления, сила резания, программируемый параметр*

Giriş. Torna əməliyyatının dəqiqliyinin artırılması bu gün maşınqayırmanın əsas məsələlərindən biri sayılır. Bu məsələnin uzunluğu diametrindən dəfələrlə böyük olan qeyri-sərt pəstahların fərdi və ya kiçik partiyalarla emalı üçün RPİ (rəqəmli proqramla idarəetmə) sistemi ilə təchiz olunmuş bahalı dəzgah və avadanlıqların tətbiqi ilə həlli zamanı bir sıra problemlər yaranır. Xüsusi hallardan biri torna emalı zamanı kəsmə qüvvəsinin əyici təsiri nəticəsində verilmiş ölçüdən meyllənmə nəticəsində çəlləkvariliyin və yəhərvariliyin əmələ gəlməsi ilə əlaqədar pəstahların en kəsiyinin profilinin dəyişməsi sayılır. Təcrübi olaraq sənayenin bir çox sahələrində belə detallardan böyük sayda istifadə olunur və buna görə də bu detalların torna emalı zamanı mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsinin effektiv yollarının aşkarlanması aktual məsələ sayılır.

Bildiyimiz kimi, bazalaşdırma sxemindən asılı olaraq torna emalında dəqiqliyin təmini üçün ənənəvi olaraq tərtibatlardan (lünetlərdən) və ya xüsusi avadanlıqlardan, məsələn, uzununa yonma avadanlıqlarından istifadə olunur. Lakin hal-hazırda demək olar ki, bütün istehsal müəssisələri RPİ dəzgahlardan istifadə etməyə çalışırlar. Dəqiqliyi təmin etmək üçün lünetlərdən istifadə edilməsi RPİ dəzgahlarında işləmə prinsipinə ziddir: bir dəzgahda və bir qurmada yerinə yetirilən keçidlərin maksimal konsentrasiyasına, eləcə də işçilərin emal tsiklinə müdaxiləsinə ehtiyacın azalmasına çalışmaq lazımdır.

Torna emalında dəqiqliyin proqramla idarə olunma imkanının araşdırılması. Torna emalında xüsusi tərtibatlardan və ya avadanlıqlardan istifadə etmədən dəqiqliyin idarə olunması çoxdan müxtəlif nəsil adaptiv sistemlərin layihələndirilməsi və işlənməsi şəklində reallaşdırılır. Dəqiqliyin adaptiv idarə edilməsi ideyası hələ keçən əsrin 70-ci illərində professor B.S.Balakşin tərəfindən qoyulmuşdur [1]. Bu cür yanaşma üçün qüvvə ölçmə sistemindən və ya digər vericilərdən, eləcə də verilənlərin emalı üçün kompüterdən, xüsusi qurğudan və proqram təminatından təşkil olunmuş sistem yığılır. Ümumi halda kəsmə prosesi zamanı kompüterə kəsmə qüvvəsinin qiymətinin dəyişməsi haqqında informasiya daxil olur. Proqram təminatının köməyi ilə emal rejimlərinin hesabatı yerinə yetirilir (veriş S və kəsmə sürəti V), bundan sonra müvafiq əmr dəzgahın idarəetmə blokuna göndərilir.

Kəsmə qüvvəsi özlüyündə dəyişdirilməklə forma dəqiqliyi üzrə tələblərin yerinə yetirilməsini təmin edə bilən kompensator ola bilər:

$$P_{y\,max} \leq \frac{k_i \cdot Td \cdot k_b \cdot E \cdot J}{L^3} \qquad (1)$$

burada E- normal elastiklik modulu, kq/mm^2;

J- əyilmə nöqtəsində pəstahın en kəsiyinin inersiya momenti, mm^4;

L- detalın iki kənar bərkidilmə nöqtəsi arasındakı uzunluğu;

k_b- bərkidilmə sxemindən asılı olan əmsal;

Td- ölçüyə verilən müsaidə;

k_i- həndəsi dəqiqliyin qəbul olunmuş səviyyəsindən asılı olan və uyğun olaraq A, B və C həndəsi dəqiqlik səviyyələri üçün 0,3; 0,2 və 0,12-yə bərabər olan əmsaldır.

Digər tərəfdən, kəsmə qüvvəsinin qiyməti yalnız təcrübi şəkildə (vericilərin köməyi ilə) deyil, həm də hesabi üsul ilə təyin oluna bilər. Lakin, kəsmə qüvvəsinin radial təşkiledicisi olan P_y üçün maşınqayırma üzrə müxtəlif sorğu kitabçalarında təklif olunan hesabat modellərindən istifadə

etməklə olduqca ziddiyyətli qiymətlər almaq olar. Məsələn, [2] və [3]-də ənənəvi üsulla göstərilən modellərdən istifadə edərək hesablanma zamanı kəsmə qüvvəsinin qiymətinin xətasının 200% və daha çox olduğu qeyd olunur. Bu, pəstahın və alətin materialları üçün orta qiyməti hesablanmış əmsallardan və düzəlişlərdən istifadə ilə əlaqədardır. Onlar hər bir əlaqədə olan cütün, yəni alət-pəstah cütünün real mexaniki xüsusiyyətlərini əks etdirmir.

Lakin, kəsmə qüvvəsinin P_y radial təşkiledicisinin qiymətinin təyin edilməsi üçün [3]-də göstərilən alternativ üsuldan istifadə etməklə verişin qiymətini hesablamağa imkan verən riyazi model almaq mümkündür ki, bu da torna emalında verilmiş dəqiqliyi 10-15% qəbul edilmiş xəta ilə təyin etməyə imkan verir. Burada kəsmə qüvvəsinin P_y radial təşkiledicisinin qiymətinin təyini üçün sabit rejimlərdə nümunə gedişlər zamanı kəsici alət ilə pəstah arasındakı termo e.h.q-nın qiymətinə dair informasiyadan istifadə olunur:

$$P_y = \left(A_y + k_y \cdot E_{nüm}\right) \cdot t^{0,9} \cdot S^{0,6} \cdot V^{-0,3} \quad (2)$$

burada $E_{nüm}$- nümunə gediş zamanı termelektrik hərəkət qüvvəsi, mV;

A_y, k_y- ilkin emal şərtindən təyin edilmiş sabitlər;

t- kəsmə dərinliyi, mm;

V- kəsmə sürəti, m/dəq;

S- veriş, mm/dövr.

Beləliklə, (1) və (2) ifadələrini müxtəlif bərkitmə sxemləri üçün birləşdirməklə aşağıdakı ifadəni almaq olar:

"yalnız patron" bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_i \cdot Td \cdot 3 \cdot E \cdot J \cdot 10^3}{\left(L_{pəs} - x_k\right)^3 \cdot \left(A_y + k_y \cdot E_{nüm}\right) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (3)$$

"patron-mərkəz" bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_i \cdot Td \cdot 12 \cdot E \cdot J \cdot L_{pəs}^3 \cdot 10^3}{x_k^2 \cdot \left(L_{pəs} - x_k\right)^3 \cdot \left(3 \cdot L_{pəs} - x_k\right) \cdot \left(A_y + k_y \cdot E_{nüm}\right) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (4)$$

"mərkəz-mərkəz" bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_i \cdot Td \cdot 3 \cdot E \cdot J \cdot L_{pəs} \cdot 10^3}{x_k^2 \cdot \left(L_{pəs} - x_k\right)^2 \cdot \left(A_y + k_y \cdot E_{nüm}\right) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (5)$$

burada x_k- kəskinin (kəsici alətin) koordinatı, mm;

10- kəsmə qüvvəsinin çevrilmə əmsalı (kiloqram-qüvvəni Nyutona);

10^3- əyilmə ölçüsünün mkm-dən mm-ə çevrilməsini nəzərə alan əmsaldır.

RPİ sistemi üçün idarəetmə proqramının kod həcminin artmasına nümunə

Verişi tənzimləməklə	Verişi tənzimləmədən
%ПС №1G94G09X5430Z200F1000S645M03T1ПС №2G95Z-1000F20ПС №3Z-1500F21ПС . . . №79Z-39500F693ПС №80Z-40000F800ПС . . .	%ПС №1G94G09X5430Z200F1000S645M03T1ПС №2G95Z-40000F20ПС . . .

Proqramlaşdırıla bilən parametrlərin seçilməsi. Müasir RPİ sistemlərinin hesablama qabiliyyətinin artırılması kəsmə prosesinin dinamik təşkiledicilərinin formalaşma hərəkətinin real trayektoriyasına təsirini nəzərə almağa imkan verir. Bu zaman kəsici alətin yeyilməsi, pəstahın və

support qrupunun sərtliyinin dəyişilməsi kimi çoxsaylı amillərin analiz edilməsi zərurəti meydana çıxır.

Bütün bu analizlərin aparılmasının məqsədi kəsici alətin elastik yerdəyişməsi hesabına mürəkkəb profilli səthlərin formalaşma trayektoriyasının hesabat metodologiyasının işlənməsidir. Bu zaman fasonlu səthlərin emal dəqiqliyi formalaşma trayektoriyasına vektor düzəlişlərini nəzərə alma üsulu hesabına təmin edilir. Bu məsələnin nəzəri hesabatı detal və alətin səthlərinin ümumi kontakt normalı istiqamətində supportun üçölçülü modelinin sərtliyinin parametrlərinə əsaslanır.

Kəsmə prosesinə təsir edən əsas amillərdən biri də texnoloji sistemdə elastik deformasiyalardır ki, onların da meydana çıxması dərhal və ya müəyyən vaxt müddətində baş verə bilir və kəsici alətin real trayektoriyasının dəyişməsinə səbəb olur. Bundan əlavə kəsmə rejimi elementlərindən olan kəsmə sürətinin və verişin də dəyişdirilməsi emal olunan detalların həndəsi dəqiqliklərinə təsir göstərə bilər. Bu kəsmə rejimi elementlərinin idarəedici proqramla korreksiya olunması verilmiş dəqiqliyin təmin olunmasına şərait yarada bilər.

Beləliklə, dəqiqliyə tələblərin yerinə yetirilməsini təmin etmək üçün verişin alınmış qiymətlərini saxlamaq lazımdır. [4]-də qeyd edildiyi kimi, yuxarıda göstərilmiş asılılıqlardan istifadə etməklə dəqiqliyin idarə edilməsinə aşağıda göstərilən bir neçə yanaşma mövcuddur:

-verişin minimum qiymətini dəstəkləmək;

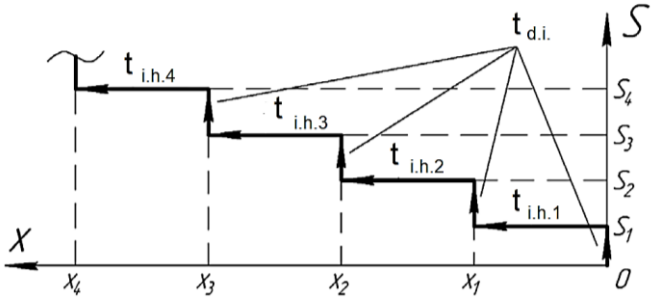
-verişin qiymətinin pilləli dəyişməsini təmin etmək;

-verişin qiymətinin pilləsiz dəyişməsini təmin etmək.

Məhsuldarlığa olan itkini nəzərə alaraq birinci variant nəzərdən keçirilə bilməz. Müasir RPİ dəzgahlarda verişin səlis tənzimlənməsi nəzərdə tutulmamışdır. Buna görə də verişin pilləli tənzimlənməsinin analizi üzərində ətraflı dayanmaq olar. Dəqiqliyin bu üsulla təmin edilməsi üçün işlənmiş altsistemin tətbiqi problemlərinə nəzər salaq:

1) 2P22, 2C22 tipli klassik RPİ sistemləri üçün idarəetmə proqramının kodunun çoxqatlı artımı. Cədvəldə 400 mm uzunluğa malik pəstah üçün 2P22 sistemində kodun fraqmenti təsvir olunmuşdur: Lakin müasir RPİ sistemlərində kodun həcmini qəbul olunan həddə qədər qısaltmağa imkan verən tsikllərin tətbiqi nəzərdə tutulur. Buna görə də bu çatışmazlıq yalnız klassik RPİ sistemlərinə xas olan "narahatlıq" hesab oluna bilər.

2) Bu cür proqram üzrə emal səthdə qüsurların yaranmasına səbəb olur, yəni, kadrların dəyişməsi zamanı kəskinin bir kordinatda "dayanmasından" qanov əmələ gəlir. Onların yaranma mexanizmi şəkil 1-də göstərilmişdir: burada $t_{d.i.}$- kəskinin dayanma (qalma) vaxtı, $t_{i.h.i}$-isə kəskinin işçi yerdəyişmə vaxtıdır.



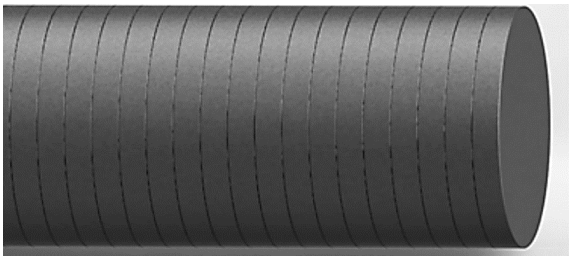
Şəkil 1. *Kadrların dəyişdirilməsi zamanı verişin prinsipial dəyişmə sxemi*

Şəkil 1-dən görünür ki, növbəti hissəni emal etdikdən sonra kəski bir nöqtədə $t_{d.i+1}$ vaxtı ərzində dayanır. Bu dayanma vaxtı sistemin veriş mühərrikinin n_{i+1} (dəq^{-1}) qiyməti qədər sürətlənərək növbəti kadrda verilmiş S_{i+1} verişini təmin etmək üçün lazımdır. Dayanma vaxtı $t_{d.i.}$ kifayət qədər kiçik olur, lakin eyni zamanda pəstahın fırlanma sürəti olduqca böyük olur. Buna görə də pəstah $t_{d.i.}$ vaxtı ərzində bir və ya daha artıq dövr fırlanaraq qanovun yaranmasına səbəb olur (şəkil 2).

Göstərilən problemin aşağıdakı müxtəlif üsullarla həll edilməsi nəzərdə tutulur:

a) idarəetmə proqramında G05 "kadrın sonunda dayanmanın mövcudluğu" funksiyasından istifadə. Bu funksiyanın tətbiq olunmasını və nəticəsini təcrübi olaraq yoxlamaq lazımdır.

b) mövcud avadanlığın modernləşdirilməsi: RPİ dəzgahının verişi (verilmiş qanun üzrə) pilləsiz tənzimləmə funksiyaları ilə təchiz etmək. Bu tam olaraq kompüterdən idarə olunan mikrokontrollerin bazasında yaradılmış uzununa veriş mühərrikinin dövrlər sayını səlis dəyişməyə imkan verən qurğunun dəzgaha quraşdırılması yolu ilə reallaşdırıla bilər.



Şəkil 2. *Kəsici alətin "dayanması" səbəbindən valın səthində yaranmış qanov*

Bundan əlavə, emal prosesində verişin dəyişməsi zamanı səthin nahamarlığının da qiyməti dəyişir. Həndəsi baxımdan nəzər salsaq, görərik ki, verişin qiymətinin azaldılması səthin keyfiyyətini yaxşılaşdırır.

Nəticə. 1. RPİ torna dəzgahlarında emal olunan detalların mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi özündə konstruktor, texnoloji və metroloji məsələlərin həllini, əlavə tədqiqatların aparılmasını, spesifik aparat və proqram təminatının işlənməsini əks etdirən kifayət qədər mürəkkəb texniki məsələdir. 2. Torna emalında dəqiqliyin proqramla idarə olunması məqsədilə dəqiqliyə böyük təsir göstərən amillərdən biri olan kəsmə qüvvəsinin P_y radial təşkiledicisinin qiymətinin hesablanmasında iştirak edən və idarəetmə proqramında idarə olunan parametrlərdən biri olan verişin köməyi ilə dəqiqliyin yüksəldilməsi nəzəri olaraq səmərəli üsul sayılsa da tənzimlənməsi səth üzərində müxtəlif qüsurların yaranmasına səbəb olur. 3. İdarəetmə proqramı vasitəsilə verişin hesabına emal dəqiqliyinin idarə olunması daha perspektiv üsul sayılır və bu üsulun torna emalı zamanı minimal emal xətalarını təmin etməklə tətbiq etmək məqsədəuyğundur.

Ədəbiyyat

1. Балакшин Б.С. Необходимость оборудования программных станков системами адаптивного управления / Б.С. Балакшин // Станки и инструмент. – 1973. – №3. – с. 4-6.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1985. –656 с.
3. Плотников, А.Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ: монография / А.Л. Плотников, А. О. Таубе; ВолгГТУ. – Волгоград: Волгогр. науч. изд-во, 2003. –184 с.
4. Плотников, А.Л. Approach to ensure the required accuracy non-rigid shaft turning on numerical controlled machines / Плотников А.Л., Чигиринский Ю.Л., Жданов А.А. // Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach: research articles. Vol. 4. Technical Sciences / ed. by A. Burkov. – Titusville (FL, USA), 2012. – P. 6-9.
5. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 512 с.
6. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Суслова. –М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
7. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение: Машиностроение-1, 2004. –784 с.

Məqalə qəbul olunub: 06.03.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

УДК 629.12

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ПРУЖИННЫХ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРСИОГРАФИРОВАНИЯ

Ибадуллаев А.Д.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
Российская Федерация, г. Астрахань, ул.Татищева, 16
E-mail: adel.ibadullaev99@mail.ru

Аннотация. *Данная статья посвящена вопросу оценки технического состояния судовых пружинных демпферов крутильных колебаний на основе результатов процедуры торсиографирования, проводимой Испытательном центром «Marine Technology Service» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». На сегодняшний день основным способом оценки технического состояния пружинных демпферов является разборная дефектация с последующим измерением зазоров между рессорными пластинами. Однако проведение такой диагностики на территории РФ является невозможным, что обусловлено множеством факторов (санкционное влияние против российского государства, отсутствие предприятий технического обслуживания и ремонта, а также обученных специалистов). Альтернативным решением подобной проблемы является использование безразборного диагностирования посредством проведения процедуры торсиографирования (тензометрирования) коленчатых валов судовых дизелей. В данной статье приводятся результаты испытаний судов «Лангепас», «Когалым» в 2019 и 2020 году (данные по изменению параметров крутильных колебаний в машинно-движительных комплексах).*

Xülasə. *Bu məqalə, "Həştərxan Dövlət Texniki Universiteti" federal dövlət təhsil standartının "Dəniz texnologiyaları xidməti" sınaq mərkəzi tərəfindən həyata keçirilən burulma salınımlarının gəmi yay damperlərinin texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi məsələsinə həsr edilmişdir. Bu günə qədər yay damperlərinin texniki vəziyyətini qiymətləndirməyin əsas yolu, yay plitələri arasındakı boşluqların sonrakı ölçülməsi ilə yıxıla bilən bir qüsurdur. Bununla birlikdə, Rusiya Federasiyası ərazisində belə bir diaqnozun aparılması bir çox amillərdən (Rusiya dövlətinə qarşı sanksiya təsiri, texniki xidmət və təmir müəssisələrinin olmaması, habelə təlim keçmiş mütəxəssislər) səbəbindən mümkün deyil. Belə bir problemin alternativ həlli, gəmi dizel mühərriklərinin krank şaftlarının torsioqrafiyası (tensometrasiyası) proseduru ilə ayrı-seçkiliksiz diaqnostikanın istifadəsidir. Bu məqalədə 2019 və 2020-ci illərdə "Langepas", "Kogalım" gəmilərinin sınaqlarının nəticələri (mühərrik və mühərrik komplekslərində burulma salınımlarının parametrlərinin dəyişdirilməsi barədə məlumatlar) verilmişdir.*

Abstract. *this article is devoted to the issue of assessing the technical condition of ship spring dampers of torsional vibrations based on the results of the torsiography procedure carried out by the Testing Center "Marine Technology Service" of the Astrakhan State Technical University. To date, the main way to assess the technical condition of spring dampers is a collapsible defect with subsequent measurement of the gaps between the spring plates. However, it is impossible to carry out such diagnostics on the territory of the Russian Federation, which is due to many factors (sanctions against the Russian state, the absence of maintenance and repair enterprises, as well as trained specialists). An alternative solution to such a problem is the use of non-selective diagnostics through the procedure of torsiography (strain measurement) of the crankshafts of marine diesel engines. This article presents the results of the tests of the vessels "Langepas", "Kogalym" in 2019 and 2020 (data on changes in the parameters of torsional vibrations in machine-propulsion complexes).*

Ключевые слова: *оценка технического состояния, диагностика, судовые дизели, пружинные демпферы, крутильные колебания, торсиографирование*

Açar sözlər: *texniki vəziyyətin qiymətləndirilməsi, diaqnostika, gəmi dizelləri, yay damperləri, burulma titrəmələri, burulma qrafikası*

Key words: *technical condition assessment, diagnostics, marine diesel engines, spring dampers, torsional vibrations, torsiography*

Введение. Основным способом диагностики технического состояния пружинных демпферов является разборная дефектация, производимая через каждые 12000 – 15000 часов работы и заключающаяся в измерении зазоров между пакетами пружинных элементов и визуальном осмотре их целостности. Подобная диагностика на территории РФ в настоящее время становится крайне затруднительной в связи с экономическими санкциями и сложной геополитической ситуацией в мире. Дополнением ко всему этому является отсутствие как центров по техническому обслуживанию и ремонту подобного рода устройств, так и их специалистов. В настоящий момент предполагаю три пути решения обозначенной проблемы. Первый – это открытие производства, технического обслуживания и ремонта пружинных демпферов в России. Второй – это обучение российских специалистов для технической диагностики пружинных демпферов крутильных колебаний зарубежного производства в отечественных центрах, которые необходимо создавать под наблюдением ведущих специалистов в данной области и при участии надзорных органов – Российский морской регистр судоходства (РМРС) и Российское классификационное общество (РКО). Третий – разработка методики безразборной диагностики технического состояния пружинных демпферов с ее одобрением в РМРС и РКО.

Следует отметить, что РМРС и РКО при небольшой наработке и в связи с трудностью доставки специалистов фирм производителей демпферов в Россию разрешают вместо очередной разборной дефектации производить торсиографирование с оценкой амплитуд крутильных колебаний и сравнением их с допустимыми согласно Правил РМРС или РКО.

Безразборное диагностирование пружинных демпферов крутильных колебаний на основе торсиографирования. Как указывают нормативные документы РМРС, в частности, Приложение №38 к Руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации «Методика диагностирования и определения остаточного ресурса силиконовых демпферов крутильных колебаний СДВС» РМРС, согласно пункта 1.4 не распространяется на пружинные демпферы, поэтому их техническое состояние не определяется при помощи торсиографирования, однако фирмы производители, например, «Geislinger» не исключают проведение такой проверки, например, при первоначальной установке демпфера на судовой дизель [1].

Согласно п. 8.8.4 требований РМРС «Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII. Механические установки», демпфер или антивибратор должен обеспечивать снижение напряжений (моментов) на резонансах, на которые он настроен, не менее чем до 85% соответствующих допускаемых значений, что говорит о наличии критерия его работоспособности [2].

Рекомендуемый период между проверками технического состояния демпферов крутильных колебаний (уже находящихся в эксплуатации) составляет 10000 – 15000 часов работы, а для пружинных демпферов, например, двигателей MAK M25 составляет 12000 часов работы, согласно «MAK M25. General-Engine operating instructions. Type M25» [3].

По опыту эксплуатации судов «Лангепас», «Когалым» РМРС в особом порядке, с учетом небольших наработок демпферов, не более 60000 - 70000 часов работы допускает проведение очередной диагностики в виде торсиографирования.

Процедуру торсиографирования следует производить при помощи специального оборудования, например испытательный центр «Marine Technology Service» ФГБОУ ВО «АГТУ»

имеет в своем распоряжении измерительный комплекс «Astech Electronics» (Великобритания), который производит измерения при помощи тензометрических датчиков [4].

Следует оценить, какие параметры требуется учесть при торсиографировании механических демпферов. Очевидно, что масло, проходящее через пружинный демпфер, будет очищать внутренние поверхности демпфера от частиц износа, поэтому, ожидать ситуации повышения вязкости жидкости наполнителя как это происходит в силиконовых демпферах не стоит. В силиконовых демпферах жидкость наполнитель постоянно находится в конструкции и ее вязкость постепенно повышается из-за продуктов износа, что в конечном итоге может привести отсутствию проскальзывания маховика относительно корпуса и изменения частоты колебаний.

Однако, следует прогнозировать рост напряжений в валах и моментов в муфтах, редукторах и других элементах судовой энергетической установки при деградации демпфера. Эти данные подтверждаются результатами испытаний судов «Лангепас» [5,6], «Когалым» [7,8] в 2019 и 2020 году, приведенные в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Изменение параметров крутильных колебаний в МДК судна «Когалым»

Элемент судового МДК	2019		2020		Изменение напряжений, моментов		Наработка, ч
	Пр. борт	Лев. Борт	Пр. борт	Лев. Борт	Пр. борт	Лев. Борт	
Коленчатый вал	20,10	22,00	28,29	29,07	8,19	7,07	9928,00
Муфта пожарного насоса	401,25	439,72	564,77	580,43	163,52	140,71	9928,00
Муфта главная	787,19	862,67	1108,00	1138,73	320,81	276,06	9928,00
Муфта валогенератора	260,80	285,80	367,08	377,26	106,28	91,46	9928,00
Мультипликатор пожар. насоса	610,45	668,99	859,23	883,06	248,78	214,07	9928,00
Основной редуктор	164,08	179,82	230,95	237,36	66,87	57,54	9928,00
Мультипликатор валогенератора	69,91	76,61	98,40	101,13	28,49	24,52	9928,00

Таблица 2

Изменение параметров крутильных колебаний в МДК судна «Лангепас»

Элемент судового МДК	2019		2020		Изменение напряжений, моментов		Наработка, ч
	Пр. борт	Лев. Борт	Пр. борт	Лев. Борт	Пр. борт	Лев. Борт	
Коленчатый вал	26,98	26,43	30,47	29,09	3,49	2,66	9660,00
Муфта пожарного насоса	538,66	527,67	608,28	580,80	69,62	53,13	9660,00
Муфта главная	1056,80	1035,21	1193,37	1139,45	136,57	104,24	9660,00
Муфта валогенератора	350,11	342,96	395,36	377,50	45,25	34,54	9660,00
Мультипликатор пожар. насоса	819,51	802,78	925,43	883,62	105,92	80,84	9660,00
Основной редуктор	220,28	215,78	248,75	237,51	28,47	21,73	9660,00
Мультипликатор валогенератора	93,85	91,93	105,98	101,19	12,13	9,26	9660,00

Как видно из данных таблиц, происходит рост напряжений и моментов с течением времени, что говорит о постепенной деградации демпфера.

Выводы и рекомендации. Для оценки технического состояния механических демпферов предлагается помимо традиционных параметров крутильных колебаний, таких как: действующие напряжения в валах, моменты в муфтах и редукторах; частота колебаний.

Ввести в качестве критериев еще и тепловую мощность демпфера и вибрацию, что позволит более полно оценить изменение основных параметров. При этом, необходимо знать допустимые параметры и эталонные (эталонные относятся к начальному состоянию нового демпфера) для оценки их изменения в зависимости от наработки демпфера.

Литература

1. Российский морской регистр судоходства. Приложения к руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. НД № 2-030101-009. СПб, 2023. – 415 с.
2. НД №2-020101-174. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. VII. Механические установки. СПб., 2023. 108 с.
3. MAK M25. General-Engine operating instructions. Type M25, 1999. 1966 p.
4. Astech Electronics Limited. Operating Instructions Rotary Telemetry System. – Binsted: Astech Electronics Ltd., 2012 – 20 p.
5. Окончательное заключение по результатам торсиографирования машинно-движительного комплекса судна обеспечения «Лангепас». ИЦ «MTS» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 2019. – Текст: непосредственный.
6. Окончательное заключение по результатам торсиографирования машинно-движительного комплекса судна обеспечения «Лангепас». ИЦ «MTS» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 2020. – Текст: непосредственный.
7. Окончательное заключение по результатам торсиографирования машинно-движительного комплекса судна обеспечения «Когалым». ИЦ «MTS» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 2019. – Текст: непосредственный.
8. Окончательное заключение по результатам торсиографирования машинно-движительного комплекса судна обеспечения «Когалым». ИЦ «MTS» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 2020. – Текст: непосредственный.

Məqalə qəbul olunub: 17.03.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

UOT 321.762

TERMİKİ EMALLA NAZİK VƏ QALIN VƏRƏQLƏRİN İSTEHSALINDA İSTİFADƏ OLUNAN POLADLARIN XASSƏLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Qəhrəmanov V.F.

Bakı Mühəndislik Universiteti
AZ0101, Xırdalan şəh., Həsən Əliyev küç., 120
E-mail: qehremanovvurqun@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiq olunan vərəq poladlarının mexaniki və istismar xassələrinin yüksəldilməsu məsələlərinə baxılmışdır. Müasir metallurgiya zavodlarında vərəq yayma üçün ilkin material kimi blüminq və slaybinqlərdə yayılmış slyablardan, bəzən isə (qalınlığı 60 mm-dən çox olan vərəqlərin yayılmasında vərəq külçələrdən (düzbucaqlı) istifadə edilir. Slyablar 4-5 zonalı xətti girişli və çıxışlı metodiki sobalarda qızıdırlır. Nazik vərəqlərin istehsal edildiyi poladlar isti yayma və soyuq yayma üsulları ilə istehsal olunur. Onlar xüsusi xassəli poladlardan istehsal olunur. Aşağı karbonlu poladlardan istehsal olunan vərəqlər avtomobil və traktor sənayesində geniş istifadə edilir. Bu tip poladlardan hazırlanan vərəqlərdən elektrotexnika sənayesində örtük məqsədilə də istifadə edilir. Soyuq ştamplama ilə alınan vərəqlərdən bilavasitə aviasiya sənayesində geniş istifadə edilir. Bu vərəqlər istismar zamanı bu və ya digər səbəblərdən vaxtından əvvəl sıradan çıxırlar. Bunların qarşısını almaq üçün həmin vərəqlərdən hazırlanan hissələri termiki emala məruz etmək məsləhət görülür.*

Abstract. *In the article, issues of improving the mechanical and operational properties of sheet steels applied in various fields of technology were considered. In modern metallurgical plants, slabs spread in blooming and slabbing are used as the primary material for sheet rolling, and sometimes sheet ingots (rectangular) are used (for spreading sheets with a thickness of more than 60 mm). Slabs are heated in methodical furnaces with 4-5 zone linear inlet and outlet. the steels produced are produced by hot rolling and cold rolling methods. They are produced from special steels. Sheets produced from low carbon steels are widely used in the automobile and tractor industry. Sheets made from this type of steel are also used for coating purposes in the electrotechnical industry. By cold stamping the received sheets are widely used directly in the aviation industry. These sheets fail prematurely due to one reason or another during operation. To prevent them, it is recommended to subject the parts made from these sheets to heat treatment.*

Аннотация *В статье рассмотрены вопросы улучшения механических и эксплуатационных свойств листовых сталей, применяемых в различных областях техники. На современных металлургических предприятиях в качестве основного материала для листовой прокатки используют слябы, раскладываемые в блюминге и слябах, а иногда используют листовые слитки (прямоугольные) (для расстилки листов толщиной более 60 мм). Слябы нагревают в методических печах. с 4-5 зонами линейного входа и выхода. Изготовляемые стали производятся методами горячей и холодной прокатки. Изготавливаются из специальных сталей.Листы из низкоуглеродистых сталей широко применяются в автомобильной и тракторной промышленности. Изготовляемые из них листы используются также для целей покрытия в электротехнической промышленности. Полученные методом холодной штамповки листы широко используются непосредственно в авиационной промышленности. Эти листы преждевременно выходят из строя по тем или иным причинам в процессе эксплуатации. Для их предотвращения рекомендуется подвергнуть детали, изготовленные из этих листов, термической обработке.*

Açar sözlər: *termiki emal, normallaşdırma, karbon, xrom, vərəq, qaynaq, polad*

Key words: *heat treatment, normalization, carbon, chromium, sheet, welding, steel*
Ключевые слова*: термообработка, нормализация, углерод, хром, лист, сварка, сталь*

Giriş. Vərəqlərin və enli lentlərin istehsalı metal yaymaların həcminin 40%-dən çoxunu təşkil edir. Yaymalardan hazırlanan məmulatların həcminin azalması və xassələrinin yüksəldilməsi məqsədilə termiki emal olunan vərəqlərin istehsalı da artırılır. Vərəqlərin böyük həcmi konstruksiya və inşaat materialı kimi istifadə olunur. Onları şərti olaraq iki hissəyə bölünürlər: qalın (qalınlığ 4-mm-dən böyük) və nazik (qalınlığı 4 mm-dən kiçik). Qalın vərəqləri isti yayma üsulu ilə hazırlayırlar. Nazik vərəqlərin böyük hissəsi isti yaymadan sonra hamar səthin və bərabərölçülü qalınlığın alınması üçün soyuq yaymaya (soyuq əyilmə) məruz qalır. Bir çox hallarda nazik vərəqlərin çoxvallı yayma vallarının fasiləsiz yaymadan alınan enli lentlərdən hazırlayırlar. Lentlərin hazırlanmasında onların təyinatından və lazım olan tələblərindən asılı olaraq, karbonlu, aşağı və yüksəklegirli-mürəkkəb tərkibli poladlar tətbiq olunur. Bu vərəqlərdə və lentlərdə istismar zamanı müxtəlif qüsular əmələ gəlir.

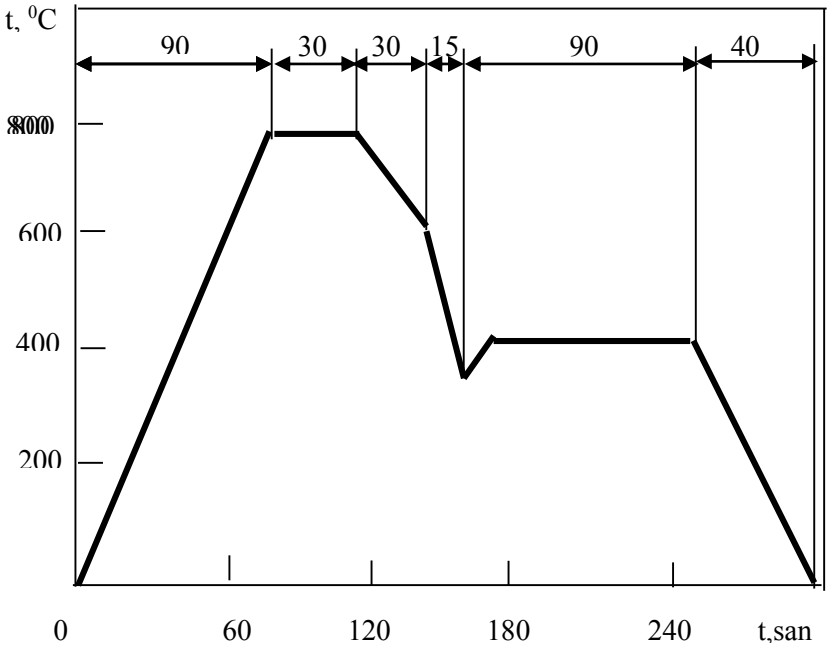
Məsələnin qoyuluşu. Vərəqlərin hazırlandığı poladların mexaniki və istismar xssələrinin yüksəldilməsi sənaye sahələrində istehsalçıların qarşısına qoyulan mühüm məsələlərdən biridir. Bu məqaələdə həmin məslənin həlli yollarını araşdırmaq və istehsalata tövsiyyələr hazırlamaqdır.

Məsələnin həlli. 4÷160 mm qalınlıqlı qalın vərəqlərdən körpülərin tikintisində, sənaye və mülki tikintilərdə, boruxətlərində, gəmiqayırmada, avtomobil və traktor, vaqon və teplavozqayırmada qazanxana, kimya, müdafiə sənayesində və böyük miqdarda nazik vərəqə pəstahlarının alınmasında istifadə edirlər.

Konstruksiyada istifadə olunan vərəqlərin əsas texnoloji xüsusiyyəti qaynaqlanma sayılır, buna görə də karbon ekvivalentini nəzərə almaqla poladda karbonun və bəzi legirləyici elementlərin miqdarını məhdudlaşdırmaq lazım gəlir. Karbon ekvivalenti aşağıdakı qayda ilə hesablanır:

$$C_e=C+Mn/8+Cr/5+Ni/5+Cu/13+Mo/4+B/4\leq 0{,}43$$

Qalın vərəqləri ГОСТ 5521-76, ГОСТ 5520-79 üzrə tərkibi 0,08-0,30% C olan karbonlu və ya aşağılegirli yaxşı qaynaq olunan 15Г, 20Г, 09Г2, 09Г2Д, 14Г2, 12ГС, 16ГС, 09Г2С, 09Г2СД, 15Г2С1, 15Г2СФ, 15Г2СФД, 15Г2АФ, 15Г2АФД, 14ХГС, 10ХСНД, 15ХСНД və s. markalı poladlardan hazırlayırlar [1,2].

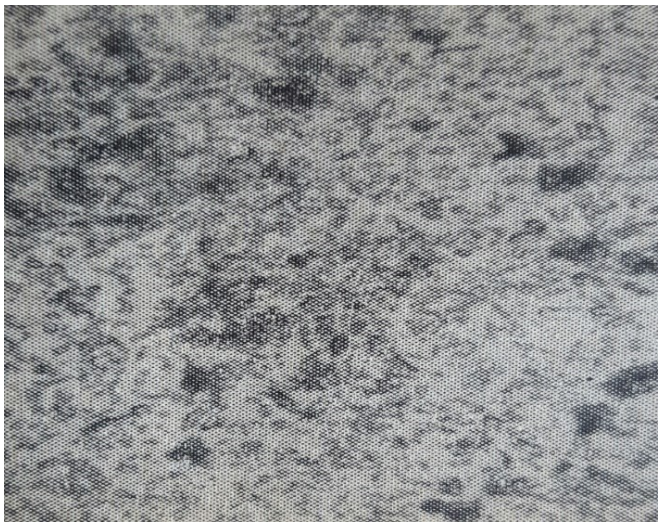


Şəkil 1. *Poladların yenidən kirstallaşma rejimi*

Mexaniki xüsusiyyətlərinə görə termiki emal əməliyyatının normallaşdırma rejiminə məruz edilmiş vərəqlər poladın bərkliyinin dərəcəsindən və markasından asılı olaraq mexaniki xüsusiyyətlərinin yüksəldilmə vəziyyətinə görə $\sigma_в$ =450-550 MPa KCU^{-40}=0,3-0,4 MC 17 kateqoriyaya bölünür.

Karbonlu və aşağılegirli poladlardan olan qalın vərəqlər tələb olunan mexaniki xüsusiyyətlərini adətən yaymanın tənzimlənən rejim vaxtı isti yaymadan dərhal sonra ala blirlər, daha doğrusu yaymanın sonundakı temperatur vaxtı Ar_3 böhran nöqtəsinin yaxınlığında əldə edilər. İsti yayılma zolağının rulon şəklindəki dolanması zamanı temperaturunu 600-650^{0}C saxlamağa çalışırlar. Strukturunun yaxşılaşdırılması dənələrinin xırdalanması və mexaniki xüsusiyyətlərinin yüksəldilməsi üçün karbonlu və aşağılegirli polad vərəqləri 920-900^{0}C temperturda normallaşdırırlar. Texniki tələblərdən asılı olaraq bəzən qızdırıılmadan sonra 620-680 ^{0}C yüksək saxlama ilə suda və havada soyutmasından ibarətdir [1,3].

Termiki emaldan sonra poladın struktutru dənəli perlitdən və kürəli qrafitdən ibarət olur (şək.2). Müxtəlif qalınlığa malik vərəq poladları termiki emal olunmuş vəziyyətində, 1,6, 10-12 qrupu isə sifarişçinin tələbindən asılı olaraq termiki emal olunmuş və olunmumuş vəziyyətində göndərilir. Nəzarət olunma yayma ilə temperaturu isti yaymanın sonunda, Ar_3 böhran nöqtəsinin yaxınlığında saxlamaqla, 20-25% həddində sonuncu sıxmaqla bərklikli yayma vərəqi almaq mümkündür. Əgər bu vaxtı tam və ya bir hissənin kristallaşmasından qaçmaq mümkün olursa, onda formasını dəyişmiş austenitin irsi quruluşu, yüksək sıxlığın yerdəyişməsi (dislokasiyası) kiçik toxumları, bərk dispersiya quruluşlu və s. nəticəsində xüsusiyyətin əlavə olaraq yüksəlməsi alınır, yəni yüksək tezlikli termomexaniki emaldan (YTME) istifadə etmək olur. Bir çox hallarda aşağılegirli poladlarda az da olsa karbid yaradan elementlərin (B, Nb, Ti) qatılması və nəzarət olunan yaymanın tətbiq edilməsi termiki emaldan imtina edilməsi mümkünlüyünü zəruri edir [1,3].



Şəkil 2. *Termiki emaldan sonra poladın strukturu: (perlit+qrafit)*

Belə ki, 09Г2С poladına, 01-0,03% Nb və 0,06-0,10% B qatmaqla 20-30 mm qalınlıqlı vərəqdə mexaniki xassələri КСУ-40=0,4-0,5 МЖ (МДж) olan σ_b ≥450 МПа vərəqlər alırlar. 3-4% Mn tərkibli 04ГАФ poladının mexaniki xassələrini artırmaq üçün ona 0,02% Nb və 0,15% B əlavə edirlər. 20-25 mm qalınlıqlı vərəqələrdə σ_b ≥500-550 МПа [2,4,5].

Xüsusi qızdırma ilə qalın vərəqələrin daha da möhkəmləndirilməsi vaxtı isti yaymadan sonra qalan istiliyin bir hissəsi qənaətlə istifadə edilmişdir. Apardığımız tədqiqatlar nəticəsində müəyyən etdik ki, vərəqlə isti yaymadan sonra rolqanlarda (diyircəkli lentli transortyorlarda) 500-550 ^{0}C qədər

soyudurlar, sonra isə diyircəkli sobalarda sonradan diyircəkli-tabalma maşınında spreyer üsulu ilə soyutmaqla Ac_3 nöqtəsindən yuxarı qızdıraraq yenidən kristallaşdırılma aparılır [6,7].

Soyuq ştamplama üçün isti yayma qalın polad vərəqləri üç qrupa bölürlər. Vərəqlər müvafiq mexaniki xüsusiyyətlərlə: ГОСТ 4041-71 və ЩБ 100-138 istehsal olunur. Bir çox hallarda 08,10,15,20 markalı, 5-6 baldan böyük olmayan xırdadənəli qaynayan (кп) və yarımsakit (пс) karbonlu poladlar istifadə olunur.

Dərin dartma üçün qalın vərəqlərin ən çox lazım olan xasələrini aralıq sobalarda ilkin termiki emaldan sonra 920-930 ^{0}C temperaturda normallaşdırma və 620-720^0 C temperaturunda tələb olunan nəticəni alırlar [8,9].

Xüsusi legirlənmiş poladlardan hazırlanan vərəqlər ГОСТ 1542-71 üzrə istehsal olunur, ən çox 60Г-dən 70Г-ə qədər, 35Х-dan 40Х-ya qədər, 20ХГС-dən 30ХГС-yə qədər, 35Г2-dən 50Г2-yə qədər, 30ХГСН2А,12ХН2НФА, 12Х2НВФА, 19Х2НМФА və s. markalı poladalrdan istifadə olunur. Onların termiki emalı əvvəlcədən yüksək termiki emal üsulu ilə normallaşdırmaya məruz edilir.

Göndərilmə vəziyyətində tələb olunan mexaniki xüsusiyyət olmalıdır: bərklik HV 149-217 həddində, möhkəmlik həddi 490-735MPa, poladın markasından asılı olaraq nisbi uzanması 11%-dan 16%-ə qədər artırılır (ГОСТ 11269-76). Poladlar (60-70)Г və (35÷50)Г2 920-940^{0}C temperatur ilə, (30÷ 50)Х 840-8600 C temperatur ilə (20-35) ХГС 820-840^0 C temperaturda normallaşdırmaya məruz edilir. Normallaşdırma əməliyyatından sonra tabəksiltmə 680-720 ^{0}C temperaturunda aparılır. Bişirilmə sonradan 30-40^{0}C/saat sürətti ilə 500^{0}C-yə qədər soyudulmaqla 750-800^{0}C temperaturunda qızdırmaqla aparılır, daha sonra havada soyudulur.

Karbonlu poladlardan hazırlanan qalın vərəqlər və lövhələr üçün tamamilə son termiki emalı normallaşdırma hesab edilir, xromnikelli, xromnikellimolibdenli və başqa tipli legirli və yüksəklegirli konstruksiya poladları üçün isə yağda 860-880^{0}C temperaturda termiki emal rejiminə uğradılmaqla tələb olunan xassələr əldə edilir.

Austenit sinifindən olan poladardan olan vərəqləri (12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 08Х18Н12Б, 10Х17Н13М2Т, 10Х23Н18, 20Х25Н20С2, 10Х14Г14, 10Х14АГ13, 10х14Г14Н3, 12Х17Г9АН4, 20Х20Н14Г2) austenit-ferrit (12Х21Н4Т, 08Х21Н6М2Т, 08Х22Н6Т вя б.) 1050-1100 ^{0}C temperturda sonradan suda, yağda və havada tez soyutmaqla tabalmaya məruz edirlər. Poladlarda karbidəmələgətirən elementlər nə qədər çox olarsa, tabalmaya uğratdıqda əriməyə məruz qalmırlar. Xüsusilə də 900^{0}C-500^{0}C qədər temperatur intervalında, hansı ki, karbidin dənələri sərhədi boyunca fasiləsiz ayrılması baş verir. Bu zaman tez və sürətlə soyudulma prosesini həyata keçirmək lazımdır. Martensit sinifli (20Х13, 30Х13, 11Х11Н2ВМФ, 16Х11Н2В2МФ və s.) və martensit-ferrit sinifli (12Х13) polad vərəqləri 1000-1050 ^{0}C temperaturunda yağda tablayırlar sonra isə 680-780^{0}C temperaturunda termiki emala məruz edirlər. Çevrilmə mərhələsi olmayan ferrit sinifli polad-lardan (08Х13;12Х17Т; 08Х18Т1, 14Х17Н2, 15Х28, 15Х25Т və b.) hazırlanan vərəqlər sonradan suda və ya havada tez soyutmaqla 760-780^{0}C qızdırırlar. Tez soyutma ona görə lazımdır ki, 500-400 ^{0}C temperatur intervalında yavaş-yavaş soyudanda kövrəklik əmələ gəlir.

İstiyədözümlü poladlradan qalın vərəqləri başlıca olaraq 12Х1МФ, 18Х3МФ, 20Х3МВФ, 25Х2М1Ф və s. markalı poladlardan hazırlayırlar. Bu poladlardan hazırlanan vərəqləri 950-1000^{0}C temperaturda yağda tabalmaya və sonra havada soyutmaqla 680-720^{0}C temperaturunda tabəksiltməyə uğratmaq lazımdır.

Qalın vərəqlərin əksər hissəsi alüminium və mis ərintilərindən hazırlanır. Onlar adətən nazik vərəqlərin hazırlanması üçün pəstah kimi istifadə olunmurlar. Nazik vərəqlərin (4 mm-dən kiçik) hazırlandığı poladlardan isti və soyuq təzyiqlə emal üsulu ilə hazırlanır. Karbonlu və legirli poladlardan istehsal olunan enli lentlər, eləcə də mis, alüminium və titan ərintiləri şəklində istehsal olunur.

Aşağı karbonlu poladlardan hazırlanan istiyədözümlü vərəqlər böyük miqdarda avtomobil və traktor sənayesində qara metal təbəqə, səthi emal olunmuş və örtük dəmir, elektrotexniki poladlar kimi istifadə olunur. Soyuq təzyiqlə emal üsulu ilə istehsal olunan poladlar maşınqayırmada soyuq

ştamplama üsulu ilə alınan detallar üçün, konserv sənayesində transformator poladı, aviasiya sənayesi üçün alümin ərintiləri şəklində və başqa məqsədlər üçün tətbiq olunur. Qara metallardan və onların ərintilərindən (xüsusilə polad və çuqunlardan) çox nazik vərəqlərin və lentlərin hazırlanması zamanı bir neçə mərhələdə bişirilmə ilə yenidən kristallaşdırılma ilə pəstahların soyuq yaymasını tətbiq etmək lazım gəlir.

Ümumi təyinatlı isti yayma və soyuq şəkildə təzyiqlə istehsal olunan nazik vərəqli poladlar 08÷50 markalı karbonlu poladlardan hazırlanır, ən çox 08÷50 markalı qaynayan (кп) və yarımsakit (пс) poladların istifadə olunur. Mexaniki xüsusiyyətlərinə görə normallaşdırılan poladlar beş qrupa bölünür: Qruplardan və vərəqlərin qalınlığından asılı olaraq 28%-dən 12%-ə qədər uzadılması vaxtı müvəqqəti müqavimət 265-dən 685-ə qədər dəyişir. Qalınlığı 0,2-dən 2 mm-ə qədər olan 5 və 1-ci qrup poladlar ərimə temperaturuna görə əlavə dartılmaya görə istehsal edilir, hansı ki, normal (Н) dartılma üçün isə lentin qalınlığından asılı olaraq 6,9 -11,8 мм (ГОСТ 16523-70) standartı üzrə istehsal olunur. Qalınlığı 3,9-dan 2,0 mm-ə qədər olan nazik vərəqləri poladlardan soyuq şəkildə tərtibatda yaymaqla yoxlayırlar. Yayma yerindən 180^0 bucaq altında əyilmə vaxtı çatlar, laylara ayrılmalar, qopmalar olmamlıdır.

Nazik vərəqləri həm də legirli poladlardan (16ГС, 09Г2С, 09Г2СД, 10Г2С1, 10ХСНД) hazırlayırlar. Sonra həmin vərəqləri termiki emala tabalma və normallaşdırma rejimlərinə uğradırlar.

Nəticə. Apardığımız tədqiqat nəticəsində müxtəlif poladlardan hazırlanan nazik və qalın vərəqlərin termiki emalla xassələrinin artırılması müşahidə olunmuşdur. Bəzi poladlardan hazırlanan vərəqlərin xassələrinin yüksəltmək üçün onların kimyəvi tərkibinin əhəmiyyətli rol oynadığı təsdiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, poladların tərkibində bəzi legirləyici elementlər (Pb kimi element) olduqda onların yayılması daha rahat baş verir. Poladların tərkibində Cr olduqda poladlardan hazırlanan vərəqlərin tablandırma dərinliyi yüksək olur.

Ədəbiyyat

1. В.Ф. Гахраманов. «Диффузионное хромирование и карбохромирование штамповых сталей». Нефтегазовое дело. Научно-технический журнал. Учредитель: ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» 3, №19,2021
2. В.Ф. Гахраманов, Э.А. Асланов. «Влияние предварительного окисления на процесс азотирования сплавов железо» Научно-технический журнал. ISSN 1995-0470. Механика машин, механизмов и материалов. 2021. № 2(55)
3. V.F. Gakhramanov, Equıpment, Technologıes, Materıals. ADNSU, Volume 06 ISSUE 02 2021.
4. R.İ. Şükürov. "Metalşünaslıq və termiki emal" Bakı, Sabah, 2020, 510 səh.
5. А.Г.Солодухин. «Технология организация и проектирование термических цехов». М., Высщая школа, 1987, 367с.
6. М.Е. Егоров. «Основы проектирования машиностроителных заводов». М., Высщая школа, 1968, 476 с.
7. А/П. Ерохин, И.П. Самохин. «Механизация и автоматизация в термических цехах». М., Машгиз, 1973. 370 с.
8. Д.А. Вишняков и др. «Оборудование, механизация и автоматизация в термических цехах». М., Металлургия,1979, 467 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.03.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

УДК 621-192; 621.81-192

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ТРЕНИЯ И ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

[1]Гафаров А.М., [1]Ханкишиев И.А., [2]Сулейманов П.Г.

[1]«Азербайджанская Государственная Морская Академия» ПЮЛ
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
[2]Азербайджанский Государственный Научно-Исследовательский Институт Охраны Труда и Техники Безопасности
AZ1052, г. Баку, ул. Табриза, 108
E-mail: isaq_x@mail.ru

Аннотация. *В статье проводится анализ литературных источников по трению и износу поверхностей деталей машин. Обсуждаются некоторые аспекты полученных результатов.*

Xülasə*. Məqalədə maşın detallarının sürtünməsi və yeyilməsi ilə bağlı ədəbiyyat mənbələrinin araşdırılması aparılır. Alınmış nəticələrin bəzi aspektləri müzakirə edilir.*

Abstract. *The article analyzes the literature sources on friction and wear of machine parts surfaces. Some aspects of the obtained results are discussed.*

Ключевые слова: *машины, деталь, поверхность, трения, износ, процесс*
Açar sözlər: *maşınlar, detal, səth, sürtünmə, yeyilmə, proses*
Key words: *machines, detail, surface, friction, wear, process*

Введение. Результаты многочисленных исследований по трению и износу представлены в работах И.В.Крагельского, Н.Б.Демкина, М.М.Хрущева, М.М.Тененбаума, Б.И.Костецкого, В.В.Болотина, А.С.Проникова, Н.М.Михина, Г.М.Сорокина, В.Н.Кащеева, Д.Д.Папшева, В.С.Комбалова, Э.Д.Мархасина, А.Х.Джанахмедова, А.М.Гафарова, С.Г.Бабаева, В.С.Иванова, В.Е.Канарчика, А.А.Маталина, В.П.Когаева, М.А.Елизаветина, Д.Н.Гаркунова, Ф.П.Боудена, Б.В.Гнеденко, Д.В.Комсисарова, Р.В.Кугелья, И.А.Михина, Н.В.Олейника и других [1, с. 20-24], [2, с. 28-47].

Постановка задачи. Вопросами теории трения еще в XV веке занимался Леонардо да Винчи, использовавший экспериментальный метод открытия основополагающих положений механики, выведенный Ньютоном в конце XVII века, что явилось основой для развития теории трения и износа. Их исследования явились основой для проведения экспериментов Амонтоном (1699) и Кулоном (1785).

Анализ полученных результатов. Б.Тауэром и Н.П.Петровым была выявлена закономерность образования тонких смазывающих пленок между контактирующими поверхностями. Австрийским (Мичелла) и американским (Кингсбери) учеными впервые были предложены подшипники с самоустанавливающимися вкладышами. Исследования по трению и износу, выполненные учеными Д.Доусоном, В.Д.Кузнецовым, И.В.Крагельским, П.А.Ребиндером, Д.Н.Гаркуновым, Б.И.Костецким, Ф.Боуденом, М.М.Хрущевьш, Л.К.Зайцевым, Г.Флайшером, Э.Рабиновичем и другими, позволили раскрыть сущность процессов [2, с. 28-47].

Дальнейшие разработки в этом направлении получены И.В.Крагельским в работе, выполненной в 1939 году [3, с. 25-301]. В работе [4, с. 325-376], учитывая особенности контактных поверхностей, И.В.Крагельский рекомендует определять коэффициент трения по следующей зависимости:

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + K_{a_н}\sqrt{\frac{h}{R}}, \quad (1)$$

где τ_0 и β - параметры, определяющие молекулярное взаимодействие поверхностей; HB – твердость поверхности; $K_{a_н}$ – коэффициент, характеризующий параметры микронеровностей; $a_н$ – коэффициент гистерезисных потерь; $\frac{h}{R}$ – относительное внедрение неровности.

В инженерных расчетах для определения коэффициента трения при неполном контакте поверхностей применяют зависимость [2, с. 29-30]:

$$f = \frac{\tau_n}{HB} + 0{,}44\Delta^{\frac{1}{2}}\left(\frac{2P_c}{HB^{\frac{1}{4}}}\right), \quad (2)$$

где τ_n - касательная напряжения на поверхностях деталей; Δ - характеристика шероховатости поверхности, $\Delta = \frac{R_{max}}{rb^{\frac{1}{vm}}}$; P_c - контурное давление.

Коэффициент трения контактных поверхностей определяется зависимостью

$$f = \frac{\tau_n}{HB} + 0{,}76\left(\frac{R_{max}}{r}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{P_c}{HB}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

В работе [5, с. 475-487] установлена закономерность формирования «равновесной» шероховатости. В настоящее время часто используется и принимается за основу теория усталостного изнашивания, разработанная под руководством И.В.Крагельского.

Одним из видов изнашивания считается коррозионно-механическое изнашивание. Согласно ГОСТ 23.002-78, к этому виду изнашивания относится окислительное изнашивание при фреттинг-коррозии.

Одним из видов взаимодействия контактных поверхностей деталей оборудований при трении, снижающим трение и автокомпенсацию износа, является избирательный перенос. Этот эффект впервые был открыт Д.Н.Гаркуновым и И.В.Крагельским.

Существенное влияние на износостойкость поверхностного слоя деталей машин оказывает структура материала и качество поверхности. Оптимальная износостойкость характеризуется физико-механическими, физическими и физико-химическими свойствами материалов поверхностного слоя деталей.

Учеными предложены различные, отличающиеся друг от друга зависимости, описывающие износ поверхностей деталей [2, с. 30-31]:

И.В. Крагельский: $J = iA_r/A_c$ (усталостное изнашивание),

$J = \frac{tg\theta}{2(v_ш+1)}\frac{p_н}{H}$ (абразивное изнашивание),

М.М. Хрущев: $J = CPa\psi/(HS)$ (абразивное изнашивание),

А.В. Чинчинадзе: $J = \frac{h}{d}\frac{1}{n(v_ш+1)}\frac{A_r}{A_c}$,

Т. Малхерн, Л. Самуэльс: $J = \rho\psi eP/(p_{cp}K\varphi)$ (абразивное изнашивание),

Д. Хольм: $J = zP/H$,

Д. Арчард: $J = KA_r$,

Д. Етимото, Т. Цукидзо: $J = \frac{1}{6}\frac{tg\theta}{[P_T]}P$ (механическое изнашивание),

С.Б. Ратнер: $J = J_0\exp\left[-\frac{U_0-\lambda fP}{RT}\right]$.

Здесь A_r и A_c – фактическая и контурная площади контакта деталей; P – нагрузка; $tg\theta$ – параметр шероховатости поверхности; H – твердость; ρ – плотность; p_{cp}, $p_н$ – среднее и номинальное давление; f – коэффициент трения; l – путь трения; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; $v_ш$, n, z, K, φ, λ – коэффициенты.

Основным недостатком вышеуказанных выражений является то, что они не могут быть использованы в качестве обобщенной зависимости и не раскрывают механизма изнашивания.

Известно, что существенное влияние на износостойкостные характеристики поверхностей трения оказывают смазочные материалы. Для повышения износостойкостных характеристик поверхностей деталей применяются различные смазочные материалы, в том числе жидкие, твердые, пластичные, газообразные, минеральные, синтетические, антифрикционные, консервационные, уплотнительные, нефтяные, растительные, животные и другие. Выбор типа смазочных материалов осуществляется с учетом эксплуатационных свойств и режимов работ машин и оборудований.

Для улучшения качеств смазочных материалов в их состав вводят различные присадки. Применяемые присадки имеют антикислотные, противокоррозионные и моющие характеристики. В состав присадок входят фосфор, азотосодержащие присадки, свинец, хлор, бор, кислород, серосодержащие материалы и др.

Механизм действия фосфорсодержащих присадок (по Форбсу и Бэттерсбаю) основан на механизме хемосорбции. Использование твердых смазочных материалов существенно уменьшает изнашивание деталей, благодаря образованию на их рабочих поверхностях разделительных пленок. К этим материалам относятся бисмут, сурьма, графит, свинец, сульфиды молибдена, меди, фосфиды, цинк и другие.

Кроме того, в отдельных случаях применяются различные самосмазывающие, композиционные, пористые, ленточные, тканевые, металлофторопластиковые и другие смазочные материалы.

Часто применяются так называемые самосмазывающиеся материалы. Самосмазывающиеся материалы в процессе трения улучшают физико-механические показатели поверхностей, вследствие действия активного наполнителя - смазочного масла, просачивающегося через поры материала в зону трения, или специальных смол, содержащих частицы твердого смазочного материала.

Причины износа и поломок деталей машин и оборудования рассматриваются во многих работах [1-10]. Б.И. Костецкий подразделяет износ на пять видов: износ от схватывания, окислительный, тепловой, абразивный и осповидный [10, с. 10-302].

По классификации, предложенной М.М. Хрущевым, износ разделяется на механический, молекулярно-механический и коррозионно-механический. Механический износ имеет три вида: абразивный в результате пластического деформирования и износ при хрупком разрушении.

Исследованиями М.М. Хрущева установлено, что для технически чистых цветных металлов и сталей, не упрочненных термической обработкой или наклепом, имеется прямая связь относительной износостойкостью £ и числом твердости Н, определенным по испытанию путем вдавливания алмазной пирамиды:

$$\varepsilon = bH$$

В.А. Кисликом были определены характерные черты разрушения при истирании деталей подвижного состава. В результате износа, по мнению автора, появляются: механическое разрушение зацепляющихся неровностей, усталостное разрушение вследствие повторного механического воздействия. При металловедческом анализе поверхностей трения наблюдалось наличие белых, не травящихся пятен в местах, где образовались сдвиг металла и риски. Микротвердость в местах повреждения наблюдалась в пределах 360 МПа, а в местах светлых пятен 800-1200 МПа. Наличие светлых пятен В.А.Кислик объясняет насыщением поверхностных слоев азотом в момент сдвига металла на участках схватывания [2, с. 33].

Е.М. Швецовой и И.В. Крагельским предложена следующая схема процесса: при сближении и затем скольжении поверхностей возникает механическое и молекулярное их взаимодействие, которое приводит к разрушению.

В отдельных местах взаимно скользящих поверхностей возникает нестойкий контакт; пластические деформации усиливаются при высоких температурах и уменьшаются при охлаждениях. При этом могут возникать высокие механические и температурные напряжения на поверхностях деталей.

Влияние повторно-переменных нагрузок на долговечность деталей машин изучалось Д.А. Драйгором. Результаты исследований показали, что окисление поверхностей трения при изнашивании в 7 раз снижает долговечность деталей, испытывающих повторную нагрузку. Наклеп при трении качения повышает предел усталости на 21 %.

Изучению физики заедания контактных поверхностей деталей и разработке мероприятий по борьбе с ним посвящены многие работы. По результатам исследований, проведенных А.П. Семеновым, установлено влияние температуры, наклепа и упругой деформации на процесс схватывания чистых поверхностей. Им выдвинута энергетическая теория заедания, согласно которой под влиянием температуры, наклепа и упругой деформации повышается энергия атомов на поверхности трения по сравнению с минимальной их энергией при обычной температуре и давлении [1, с. 20-24].

Д.Н. Гаркунов [11, с. 315-320] считает, что для сцепления контактных поверхностей основным условием является сближения атомов. Для обеспечения таких условий необходимо удалить поверхностные пленки из металлических окислов, как это имеет место при диффузионной сварке в вакууме. А.С. Ахматова и П.А. Ребиндер считают, что смазочные слои повышают упругость поверхностного слоя при повышении давления, воздействию которого они подвергаются.

Опытами Л.В. Елина было установлено, что масляная пленка между контактными поверхностями не разрывалась при удельном давлении до 150 кг/см^2, при условии сохранения температуры в пределах 50-60°С. Смазка резко снижает трение и износ.

За рубежом широко известны работы Ф.П. Боудена по трению и износу металлов. Он предложил следующее теоретическое объяснение процесса трения. Кинетическое трение двух несмазанных поверхностей есть результат возникновения между ними точечных связей в местах их непосредственного контакта. Эти связи образуются в результате холодной сварки при пластическом деформировании или адгезии на участках поверхностей, сближенных до сферы действия молекулярных сил (молекулярное схватывание). Молекулярное схватывание имеет место не только при трении, но и при статическом соприкосновении под нагрузкой двух металлов, неизбежно сопровождаемом пластической деформацией [2, с. 35].

Ф.П. Боуден устанавливает три типа точечных связей. Виды износа определяются характером и условиями службы машин и их деталей. Например, классификация износа деталей самолетов при трении скольжения, предложенная Д.Н.Гаркуновым с учетом классификации М.М.Хрущева, наиболее полно отражает виды износа и основные явления, возникающие при эксплуатации деталей самолетов.

Исследованию износостойкости материалов при абразивном износе посвящены многие работы исследователей. Результатами исследований И.Н. Богачева и Л.Г. Журавлева установлено, что повышение содержания углерода увеличивает износостойкость поверхностей, прирост износостойкости наблюдается только до эвтектоидного состояния материала.

На основании проведенных исследований Р.Д. Хоуворт пришел к выводу, что при некоторых условиях сухого абразивного износа углеродистые или низколегированные стали оказываются равностойкими в отношении износа с теми же сталями в отожженном или горячекатаном состоянии, а в условиях жидкостного абразивного износа закаленные стали оказываются более износостойкими.

Результаты исследований, проведенные В.Г. Тимофеевым под руководством М.М. Хрущева, показывают, что наивысшей износостойкостью (образцы истирались об электрокорун-

довое полотно с зернистостью 170 на машине Х4-Б) обладает белый чугун, несмотря на меньшую его твердость по сравнению с закаленным магниевым чугуном.

И.Н. Богачев и Р.И. Минц исследовали влияние химического и фазового состава железоуглеродистых сплавов на их кавитационно-эрозионную стойкость.

Основываясь на результатах работы И.Н. Богачева и Р.И. Минца, не следует рекомендовать дорогие легированные стали для деталей, применяемых в среде развитой кавитации, так как стойкость стали 40 при обработке на одинаковую структуру практически не отличается от стойкости стали 40ХНЗМ. Использование легированного чугуна с металлической основой из тонкопластинчатого перлита и сорбита отпуска, по мнению авторов, значительно повышает долговечность деталей.

На основании проведенных исследований Н.А. Дроздов для повышения кавитационной стойкости деталей рекомендует: 1) использовать высокоуглеродистые стали; 2) производить термическую обработку деталей для повышения твердости и получения структур, стойких при кавитационном износе; 3) применять модифицированные и глобулярные чугуны взамен обычных; 4) использовать кавитационностойкие материалы для деталей, изготовленных из материалов с низкой кавитационной стойкостью.

Исследованиями О.К. Котова было установлено положительное воздействие химических и химико-термических методов обработки, например, таких как нитроцементация, на износостойкость. Процесс газовой нитроцементации существенно повышает износостойкость поверхностей деталей, что подтверждается результатами исследований, проведенных при определении износостойкости валика и втулки рычажной передачи тормоза, зубчатых колес многоступенчатого экскаватора и других деталей.

М.С. Шкаликовым проведены сравнительные исследования по износостойкости различных структурных состояний высокопрочного серого и ковкого чугуна, бронзы и латуни при трениях со смазкой и без смазки.

По данным работ М.М.Тененбаума для роликов, изготовленных из сталей 40Х и У12, закаленных до разных твердостей и испытываемых в условиях трения качения с роскальзыванием при наличии абразива, износостойкость пропорциональна среднеквадратичной твердости образцов. Износостойкость резко возрастает при твердости материала выше 0,6-0,7 твердости абразива.

Согласно работам П.С. Зака, повышение КПД редукторов на 4% дает большую экономию. Работоспособность двигателей во многом зависит от износа деталей.

Британский совет по триботехнике установил, что применение результатов исследований по триботехнике позволяет получить более чем двухпроцентную экономию валовой продукции.

Приведенные работы по применению вертолетов в условиях производства показывают, что 30% времени уходит на неучтенное обслуживание. Результаты исследований, проведенных в Германии, показывают, что потеря промышленности из-за износа деталей машин и оборудований составляет свыше 100 млрд. марок в год [2, с. 37-38].

Результаты исследований, проводимых Л.Эйлером, Н.П. Петровым, Н.Е. Жуковским, С.А. Чаплыгиным, О. Рейнольдсом, А. Кингсбери, Герси, М.Финком, получили широкую известность в области триботехники.

Огромные работы в области трения и износа выполнены В.Д. Кузнецовым, А.С. Ахматовым. В результате проведенных работ в бывшем Советском Союзе сформировались три научные школы, занимающиеся процессами трения и изнашивания под руководством проф. И.В. Крагельского, проф. Б.И. Костецкого и академика В.А. Белого.

Большая работа выполнена академиком В.А. Белым по применению полимерных мате-

риалов для деталей машин и оборудований. Основополагающими в области трения и изнашивания являются исследования, выполненные Е.М. Швецовой и И.В. Крагельским.

Б.И. Костецким выполнена работа по определению износостойкости при использовании смазочных материалов, а также раскрыта механизм использования вторичных структур как экранирующей защиты от разрушения основного материала пары трения.

Отмеченные выше вопросы были освещены и опубликованы в многочисленных работах.

Впервые П.И.Орловым установлена взаимосвязь износа с конструкцией отдельных узлов машин и оборудований.

М.М. Тененбаум предложил способы повышения износостойкостных характеристик поверхностей деталей: исключить трение, создать благополучную среду для снижения трения, обеспечить одинаковую износостойкость поверхностей деталей пары трения, разработать оптимальную конструкцию деталей, создать условия для компенсации и резирвирования износостойкости.

Большая работа по влиянию конструктивных факторов на износ деталей выполнен А.С. Прониковым и другим учеными.

Выводы. Анализ литературных данных по трению и износу показывает, что часто встречаются противоположные суждения о природе происхождение трения и износа контактных поверхностей деталей машин. В связи с этим затрудняется использования результатов исследований, полученным различным авторами и требуется проведения дополнительных работ для дальнейшего развития науки в этой области.

Литература

1. Гафаров, А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин / А.М. Гафаров. – Баку: Наука, -1988. -318с.
2. Сулейманов, П.Г. Повышения надежности машин и оборудований, эксплуатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов, – Баку: Наука, –2018. –308 с.
3. Крагельский, И.В. Трения и износ / И.В. Крагельский. – Москва: Машиностроение, –1962. –361 с.
4. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трения и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – Москва: Машиностроение, –1977. –513 с.
5. Трения, изнашивания и смазка. Справочник в 2-х томах (под редакцией И.В. Крагельского и В.В. Алисина). – Москва: Машиностроение, –1978. –620 с.
6. Гафаров, А.М. Влияния технологических параметров на износ поверхностного слоя деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // “Химическое и нефтегазовое машиностроения”, – Москва: –2013. N3,–с. 45-48.
7. Гафаров, А.М. Износостойкостные характеристики тяжело загруженных деталей машин и механизмов, эксплуатируемых в чрезвычайных и экстремальных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов // “Технология машиностроения”, – Москва: –2011. N5,–с. 37-44.
8. Джанахмедов, А.Х. Нефтяная трибология / А.Х. Джанахмедов. –Баку: Наука, –2013. –326с.
9. Бабаев, С.Г. Основы теории надежности нефтепромыслового оборудования / С.Г. Бабаев, И.А. Габибов, Р.Х. Меликов. – Баку: АГНА, –2015. –400 с.
10. Костецкий, Б.И. Трения, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. – Киев: – Техника, – 1970. –396 с.
11. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – Москва: Машинстроение, –1985. –424 с.

Məqalə qəbul olunub: 15.03.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

UOT 62-791.2

YÜKSƏK DƏQİQLİYƏ MALİK AVADANLIQLARDA ÖLÇMƏ VASİTƏLƏRİNİN YOXLANMASI VƏ XƏTALARIN TƏYİN OLUNMASI

Yusubov N.D., Mustafaoğlu O.M.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
E-mail: nizami.yusubov@aztu.edu.az, orkhan_mm@yahoo.com

Xülasə. *Məqalədə xətalar, yaranma səbəbi, ölçü cihazlarının yüksək dəqiqlikli avadanlıqda yoxlanılması məsələsinə baxılmışdır. İstehsalın texniki səviyyəsinin yüksəlməsi, insanların tələbatlarının ödənilməsi məqsədilə təsərrüfatda, istehsalda, texnika və texnologiyada ən yeni müasir tipli ölçmə vasitələrindən istifadə zərurəti yaranır. Bu səbəblə ölkəmizdə vətəndaşların yeni ölçmə vasitələri ilə təmin edilməsi, onlara mütəmadi texniki xidmət göstərilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ölçmə vasitələrinin yoxlanılması üçün müasir tipli avadanlıqların, laboratoriyaların yaradılması zərurəti yaranmışdır. Cihazlar da işləndikcə müəyyən müddət sonra ömrü tükənir, yoxlanılmaya ehtiyac yaranır. Düzgün işləməyən cihaz, təyinatı üzrə harada hansı sahədə istifadə edilməsindən asılı olaraq yanlış informasiyaya, hesablamaların doğru aparılmamasına və itkilərə gətirib çıxarır. Ölçü cihazlarının yüksək dəqiqliyə malik müasir laboratoriyalarda avadanlıqlarda yoxlanılması, yaranmış qüsurun aradan qaldırılması və kalibrlənərək yenidən istifadəyə verilməsi ilə, hesablamaların düzgün aparılmasını, doğru informasiya mübadiləsini, itkilərin aradan qaldırılmasını əldə edirik. Nümunə olaraq suölçən cihazların xəta təyini stendində yoxlanılaraq, müxtəlif dəyərlərdə xətalarının nəticələri xəta əyrisi cədvəlində avtomatik olaraq göstərilmişdir.*

Abstract. *In the article, the issue of errors, their causes, checking of measuring devices in high-precision equipment is considered. In order to increase the technical level of production and meet people's needs, there is a need to use the latest modern measuring tools of equipment and technology in the economy and production. For this reason, it is important to provide citizens with new measuring devices and provide them with regular technical service in our country. It is necessary to create modern equipment and laboratories for checking measuring instruments. As the devices are used, their life expires after a certain period of time, and there is a need for inspection. A malfunctioning device leads to wrong information, miscalculations and losses, depending on where it is used for its intended purpose. By checking the measuring devices in modern laboratories with high accuracy, eliminating the defect and re-using it after calibration, we get correct calculations, correct information exchange, and elimination of losses. As an example, by checking the error determination stand of the water measuring devices, the error results of different values were automatically shown in the error curve table.*

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос погрешностей, их причин, поверки измерительных приборов в высокоточном оборудовании. В целях повышения технического уровня производства и удовлетворения потребностей людей возникает необходимость использования в быту и производстве новейших современных измерительных средств техники и технологий. По этой причине важно обеспечивать граждан новыми измерительными приборами и обеспечивать их регулярное техническое обслуживание в нашей стране. Возникает необходимость создания современного типа оборудования и лабораторий для поверки средств измерений. По мере использования устройств срок их службы истекает через определенный промежуток времени, и возникает необходимость в проверке. Неисправное устройство приводит к получению неправильной информации, просчетам и потерям в зависимости от того, где оно используется по назначению. Проверка*

измерительных приборов в современных лабораториях высокоточным оборудованием, устранение возникающих дефектов и повторная сдача в эксплуатацию после калибровки, даёт возможность правильного ведения расчётов, обмен верной информацией, устранения потерь. В качестве примера, на стенде определения погрешностей проверялись водоизмерительные приборы и результаты погрешностей с различными значениями автоматически отображались в таблице кривой погрешности.

Açar sözlər: *ölçmə, avadanlıq, xəta, nəzarət ölçü sistemləri, avtomatika, yoxlama, laboratoriya, dəqiqlik, ölçü cihazı*

Key words: *measurement, equipment, error, control measurement systems, automation, inspection, laboratory, accuracy, measuring device*

Ключевые слова: *измерение, оборудование, погрешность, контрольно-измерительные системы, автоматизация, контроль, лаборатория, точность, измерительный прибор*

Giriş. Müasir sənayeni yüksək dəqiqlikli avadanlıqlardan, elektron komponentlərdən və kompüter texnologiyasından istifadə etmədən təsəvvür etmək mümkün deyil. Faktiki olaraq bütün istehsal prosesləri kifayət qədər dəqiq, davamlı monitorinq və qiymətləndirmə tələb edir. Bundan əlavə, həmin qaydalara və parametrlərə dəqiqliyi ilə əməl etmək üçün istehsal proseslərinə daimi müdaxilə tələb olunur. Müasir istehsalat proseslərinin düzgün və fasiləsiz işləməsi üçün nəzarət ölçü cihazları və avtomatika elementlərindən istifadə edirlər.

Nəzarət ölçü sistemləri, proseslərin avtomatlaşdırılmasından istifadə su təsərrüfatı sahəsində, tibbdə və kənd təssərüfatında kifayət qədər geniş vüsət almışdır. Qida sənayesinin texnoloji proseslərində nəzarət ölçü texnikasız keçinmək mümkün deyildir. Son zamanlarda isə neft sənayesində və ağır sənayedə müxtəlif tipli nəzarət ölçü cihazları, avtomatika sistemləri böyük uğurla tətbiq olunur.

Nəzarət ölçü sistemlərində istifadə olunan ölçmə vasitələri sayəsində artıq istənilən informasiyaları, dəqiq məlumatları ala bilirik, get-gedə istehsalatda bizim xərclərimiz minimum, mənfəətimiz isə maksimum olur.

Nəzarət ölçü sistemləri, proseslərin avtomatlaşdırılması bir neçə onilliklər ərzində insan fəaliyyətində müşayiət olunur. Bu müddət arzində onlar bir çox təkmilləşdirmələrə məruz qalmışlar. Hal-hazirda nəzarət ölçü cihazları və avtomatika cihazları demək olar ki, avtomatlaşdırma komponentləri ilə bir yerdə istifadə olunur. Bu o deməkdir ki, bir neçə il bundan qabaq nəzarət ölçü cihazları və avtomatika vasitələri əsasən verilmiş müəyyən parametrləri ölçürdüsə, artıq bu vasitələr kənar müdaxilə funksiyalarına malikdir. Bu da nəinki parametrlərin dəqiq ölçülməsinə, həmçinin onların dəyişilməsində tənzimləyici təsir göstərir.

Parametrlərin tənzimlənməsi, mühəndis və xidməti heyətin tapşırıqlarına uyğun baş verir. Bu da, nəzarət ölçü cihazları və avtomatika vasitələrinin yaradılmasında proqramlaşma funksiyası olan mikroprosessor sxemlərinin tətbiq edilməsi sayəsində həyata keçir. Müasir nəzarət ölçü texnikası bütün istehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılmasında demək olar ki, məhtudiyyətsiz imkanlar verir. Nəzarət ölçü cihazları və avtomatika vasitələri maksimal istehsalat göstəricisi və istehsal edilən məhsulun yüksək keyfiyyəti üçün müxtəlif parametrlərə (məs: temperatur və təzyiq göstəricilərinə) daimi nəzarətə ehtiyac olan istehsalat sahələrində aktiv istifadə olunur. Belə sahələr arasında qaz və neftçıxarma müəsisələrini xüsusi qeyd etmək olar. Avtomatik elementli temperatur vericilərinə hər bir idarədə rast gəlinir.

Artıq bir çox istehsalat müəssisələrində istifadə edilən avadanlıqlarda, stendlərdə nəzarət ölçü sistemləri və avtomatika vasitələri çox mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bütün nəzarət ölçü sistemləri və avtomatika vasitələri bizim gündəlik həyat fəaliyyətimizi təmin edir. Bunlar nəinki, bizim işimizi və istirahətimizi sadə və rahat edir, həmçinin bizim təhlükəsizliyimizi təmin edir. Bir çox sahələrdə nəzarət ölçü cihazları və avtomatika vasitələrsiz istehsalat prosesləri insan həyatı və ətraf mühitin ekologiyası üçün təhlükəli olardı.

Ölçmə vasitələri və onların yoxlamaya təqdim edilməsi. Ölçmə vasitələrinin kalibrlənməsi ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikalarının həqiqi qiymətlərinin təyin edilməsi məqsədi ilə yerinə yetirilən əməliyyatların məcmusudur. Kalibrlənmə "Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanununa uyğun olaraq aparılır və ölçmələrin qeyri-dəqiq nəticələrinin insan həyatının və sağlamlığının qorunması, ətraf mühitin, bitki və heyvanlar aləminin mühafizəsi, dövlətin müdafiəsi və təhlükəsizliyinə mənfi təsirlərinin qarşısını almaq məqsədi daşıyır [1].

İstehsal olunan məhsulların, proseslərin keyfiyyətinin əsasını metrologiya təşkil edir. Elmi-texniki tərəqqinin inkişafında metrologiya hakim mövqeyə malikdir. Qlobal bazar şəraitində beynəlxalq və daxili ticarət üçün metrologiya mühüm rol oynayır. Heç bir kəmiyyət metroloji infrastruktur olmadan, etibarlı şəkildə ölçülə bilməz.

Ölçmə vasitələrinin ilkin, dövri və dövlət metroloji nəzarəti qaydasında yoxlanılması keçirilir. İlkin yoxlamadan tipi təsdiq olunmuş, istehsaldan və təmirdən çıxan, idxal olunan ölçmə vasitələri keçirilir. Xarici ölkələrdə aparılmış yoxlamanın nəticəsinin tanınması haqqında beynəlxalq sazişə (müqaviləyə) əsasən idxal olunan ölçmə vasitələri ilkin yoxlamadan keçirilmir. Ölçmə vasitəsinin hər bir nüsxəsi ilkin yoxlamadan keçməlidir. Partiya ilə idxal olunan ölçmə vasitələrinin seçmə yolu ilə yoxlanılmasına yol verilir. İlkin yoxlamanı ölçmə vasitələrini istehsal və təmir edən hüquqi və ya fiziki şəxslər tərəfindən təşkil edilən nəzarət-yoxlama məntəqələrində akkreditasiya olunmuş orqanlar həyata keçirə bilərlər [1].

Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsinin dövlət tənzimlənməsinə aid olan sahədə istifadə üçün nəzərdə tutulmuş ölçmə vasitələri tipi təsdiq edilərkən müəyyən edilmiş yoxlamalararası intervala uyğun istismar prosesində dövri yoxlamadan keçməlidir.

Hüquqi və fiziki şəxslər öz istismarındakı və yoxlamadan keçməli olan ölçmə vasitələrinin siyahısını tərtib edir və akkreditasiya olunmuş orqanlara göndərirlər. Ölçmə vasitəsinin hər bir nüsxəsi dövri yoxlamadan keçməlidir. Dövri yoxlamanın nəticələri, yoxlamalararası interval ərzində etibarlı sayılır. Birinci yoxlamalararası interval tipi təsdiq edilən zaman təyin edilir. Akkreditasiya olunmuş orqanlar və ölçmə vasitələrinin istifadəçiləri dövri yoxlamaların nəticələrinin uçotunu aparmalı və onların istifadəsinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla, yoxlamalararası intervala düzəlişlər üzrə tövsiyələr işləyib hazırlamalıdırlar. Yoxlamalararası intervala düzəliş edilməsi haqqında qərar akkreditasiya olunmuş orqanların müraciəti əsasında qəbul edilir. Dövri yoxlama bu sahədə akkreditasiya olunmuş orqanın ərazisində həyata keçirilə bilər. Yoxlama yerini iqtisadi faktorlar, yoxlanılan ölçmə vasitələrinin və etalonların daşınmasının mümkünlüyü nəzərə alınmaqla, ölçmə vasitəsinin istifadəçisi seçir.

Ölçmə vasitələri yoxlamaya akkreditasiya olunmuş orqanın tələbi ilə konservasiyadan çıxmış vəziyyətdə, texniki təsviri, istismar təlimatı, yoxlama metodikası, pasport və ya sonuncu yoxlama şəhadətnaməsi ilə, həmçinin lazımi dəstləşdirilmiş qurğularla birlikdə təqdim olunmalıdır. Ölçmə vasitələrinin dövri yoxlaması, həmçinin sifariş əsasında aşağıdakı hallarda həyata keçirilir:

- yoxlama nişanı zədələndikdə, həmçinin yoxlama haqqında şəhadətnamə qüvvədən düşdükdə;
- uzunmüddətli saxlamadan sonra ölçmə vasitəsi istismara buraxıldıqda (yoxlamaarası interval bir dəfədən çox olduqda);
- təkrar tənzimləmə (yustirləmə) və ya sazlamanın aparılması, ölçmə vasitəsinə məlum və ya ehtimal edilən zərbə təsiri zamanı, həmçinin cihazın qeyri-məqbul işləməsi zamanı.

Dövlət metroloji nəzarətinin həyata keçirilməsi ilə əlaqədar yoxlama "Sahibkarlıq sahəsində aparılan yoxlamaların tənzimlənməsi və sahibkarların maraqlarının müdafiəsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanununa uyğun olaraq yoxlanılan ölçmə vasitəsinin sahibi olan hüquqi və ya fiziki şəxsin nümayəndəsinin iştirakı ilə aparılır və yoxlamanın nəticələri yoxlama aktında öz əksini tapır [2].

Ölçmə vasitələrini istehsaldan və təmirdən buraxan, idxal edən və onları istismar edən şəxslər, ölçmə vasitələrini vaxtında yoxlamaya təqdim etməlidirlər. Akkreditasiya olunmuş orqanlar hüquqi

və fiziki şəxslər tərəfindən tərtib edilən yoxlama cədvəlləri əsasında ölçmə vasitələrinin yoxlanılmasını həyata keçirirlər.

Ölçmə vasitələrinin yoxlama müddəti konkret ölçmə vasitəsinə aid olan texniki normativ hüquqi aktlara uyğun müəyyən olunur. Ölçmə vasitəsinin yoxlanılması tipi təsdiq edilərkən müəyyən edilmiş yoxlama metodikaları əsasında həyata keçirilir.

Yoxlama cədvəlləri ölçmə vasitələrinin növünə görə tərtib edilir və aşağıdakı qaydada razılaşdırılır:

- yoxlama cədvəllərinin təqdim edilmə müddətlərini ölçmə vasitələrinin sahibləri akkreditasiya olunmuş orqanlarla razılaşdırmaqla müəyyən edir;
- yoxlama cədvəllərinə, nomenklaturanın və ölçmə vasitələrinin sayının dəyişməsindən asılı olaraq akkreditasiya olunmuş orqanlar tərəfindən düzəliş edilə bilər;
- yoxlama cədvəlləri akkreditasiya olunmuş orqana təqdim edilir və həmin orqan tərəfindən razılaşdırıldıqdan və imzalandıqdan sonra surəti saxlanılaraq əsli sifarişçiyə göndərilir;
- yoxlama cədvəlləri daxil olduğu andan 10 (on) gün müddətində akkreditasiya olunmuş orqan onlara baxılmasını həyata keçirir;
- akkreditasiya olunmuş orqan ölçmə vasitələrinin yoxlamasını apara bilmədikdə, sifarişçiyə göndərilən cavabda ölçmə vasitələrinin yoxlanılmasını təmin edə bilən digər akkreditasiya olunmuş orqanlar barədə məlumat verə bilər;
- sifarişçi yoxlama cədvəllərini öz seçiminə əsasən razılaşdırmaq üçün digər akkreditasiya olunmuş orqanlara təkrar olaraq göndərir;
- yoxlama cədvəllərinin razılaşdırılması zamanı yoxlamaya təqdim ediləcək ölçmə vasitələri haqqında məlumatın tamlığı yoxlanılır, yoxlamanın yeri, müddəti, həcmi və həmçinin ödənişi dəqiqləşdirilir və yoxlama cədvəllərində qeyd edilir.

Ölçmə vasitələrinin yoxlamaya çatdırılmasını onların sahibləri olan hüquqi və fiziki şəxslər təmin edirlər. Ölçmə vasitələri akkreditasiya olunmuş orqanlara yoxlamaya qəbz əsasında təhvil verilir. Ölçmə vasitələrinin saxlanılmasına görə məsuliyyəti, qüvvədə olan qanunvericiliyə müvafiq olaraq akkreditasiya olunmuş orqan daşıyır [1].

Yoxlama nəticəsində ölçmə vasitəsinin istifadəyə yararlılığı və ya yararsızlığı təsdiq edilir və bu proses aşağıdakı kimi həyata keçirilir:

- yoxlamanın nəticəsinə əsasən ölçmə vasitəsi yararlı sayılırsa, yoxlama haqqında şəhadətnamə təqdim olunur və ya ölçmə vasitəsinin üzərinə yoxlama nişanı vurulur. Ölçmə vasitəsinin konstruksiyasının xüsusiyyətləri və ya istismar şəraiti yoxlama nişanını bilavasitə ölçmə vasitəsinin üzərinə vurmağa imkan vermirsə, bu nişan yoxlama haqqında şəhadətnaməyə vurulur;
- yoxlamanın nəticəsinə əsasən ölçmə vasitəsi istifadəyə yararsız sayılırsa, yoxlama nişanı və ya yoxlama haqqında şəhadətnamə ləğv olunur və yararsızlıq haqqında bildiriş verilir və ya texniki sənədlərdə müvafiq qeydlər aparılır (yararsızlıq haqqında bildirişin forması əlavə olunur [1].

Ölçmə - xüsusi texniki vasitənin köməyilə təcrübə yolu ilə fiziki kəmiyyətin qiymətinin tapılmasıdır.Nümunəvi ölçmə vasitələrinə görə digər ölçmə vasitələri yoxlanılır. Nümunəvi ölçmə vasitələri birinci, ikinci və sairə dərəcəli olurlar. İşçi ölçülər dəqiqlik siniflərinə bölünürlər. Dəqiqlik sinifləri buraxıla bilən xətaları təyin edir.

Fiziki kəmiyyətin əsl qiyməti verilmiş obyektin həm kəmiyyətcə, həm də keyfiyyətcə ideal şəkildə xassələrini əks etdirən qiymətdir. Fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti ekperiment yolu ilə tapılan qiymətdir [3]. Ölçmə vasitəsinin göstəricisi ilə ölçülən kəmiyyətin əsl qiyməti arasındakı fərqə ölçmə vasitəsinin xətası deyilir.

Xətaların araşdırılması. Ölçmə vasitələrinin xətalarının qısa şəkildə təsnifatı belədir:

- Çıxış siqnalı ilə qarşılıqlı əlaqəsinə görə: additiv və multiplikativ;
- Ölçmə rejiminin xarakterinə görə: dinamik və statik;
- Xarici təsirə münasibətinə görə: əsas və əlavə;

- Müəyyənləşdirmə üsuluna görə: təsadüfi və sistematik;
- Metroloji xarakteristikaların normalaşdırılması üsuluna görə: mütləq, nisbi və gətirilmiş.

Xətalar üç yerə bölünür: mütləq, nisbi və gətirilmiş xətalar. Cədvəl 1-də xətaların tərif və düsturları verilmişdir.

Cədvəl 1

Xətaların növləri, tərif və düsturları

Xətalar	**Xətaların tərifləri**	**Xətaların düsturları**
Mütləq	Cihazın göstərişi ilə ölçülən kəmiyyətin əsl qiyməti arasın-dakı fərq	$\Delta=x_g - x$
Nisbi	Cihazın mütləq xətasının ölçülən kəmiyyətin əsl qiymətinə olan nisbəti	$\delta = \Delta\backslash x$ və ya $\delta = \Delta\backslash x *100$
Gətirilmiş	Cihazın fazilə ifadə olunmuş mütləq xətasının ölçülən kəmiyyətin normalaşdırıcı qiymətinənisbəti	$\gamma = \Delta\backslash x_{nom} * 100$

Bundan başqa kobud, sistematik və təsadüfi xətalar da mövcuddur. Cədvəl 2-də onların yaranma səbəbləri və qarşısının alınması üsulları qeyd olunmuşdur.

Ölçmənin məqsədi kəmiyyətin qiymətini istifadə üçün daha rahat formada almaqdan ibarətdir. Metroloji ölçmələr etalonlar və nümunəvi ölçmə vasitələrinin köməyi ilə aparılan ölçmələrdir. Ölçmə vasitələri ölçmələrdə istifadə olunan və normalaşdırılmış metroloji xassələrə malik olan texniki vasitələrə deyilir. Ölçmə vasitəsinin normativ-texniki sənədində, bu metroloji xarakteristikalar göstərilir. Bütün ölçmə vasitələrinin əsas göstəricisi metroloji xarakteristikalardır [3, s. 8].

Cədvəl 2

Kobud, sistematik və təsadüfi xətalar, onların yaranma səbəbləri və qarşısının alınması üsulları

Kobud xəta	Bu xətalar operatorun səhvi ilə əlaqədardır
Sistematik xəta	Bu xətalar müəyyən qanunauyğunluqla dəyişir. Əvvəlcədən təyin etmək mümkündür. Bu xətaların qarşını almaq üçün ölçmələrdən əvvəl ölçü cihazını kalibrləmək lazımdır
Təsadüfi xəta	Təsadüfi olaraq baş verir. Bu xətaların əmələ gəlmə səbəbi müxtəlifdir. Əvvəlcədən təyin etmək və düzəliş etmək mümkün deyildir

Metroloji xidmət ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi üzrə işlərin yerinə yetirilməsi və metroloji nəzarətin və inspeksiyanın həyata keçirilməsi üçün qanunvericiliyə uyğun olaraq yaradılmış xidmətdir. Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi metroloji xidmətlərin, qanunverici aktlara, həmçinin dövlət standartlarının və ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi üzrə digər normativ sənədlərlə müəyyən olunmuş qaydalara və normalara uyğun olaraq, ölçmələrin vəhdətinə nail olunmasına və bu vəhdətin saxlanmasına yönəlmiş fəaliyyətidir. Ölçmə vasitələrinin sınaqları ölçmə vasitələrinin tipinin təsdiqi məqsədilə dövlət metroloji nəzarətin və inspeksiyanın şamil olunduğu sahələrdə ölçmə vasitələri nümunələrinin məcburi sınağıdır. Ölçmə vasitələrinin müxtəlif xassələrini müəyyən edən metroloji xassələrinümumiləşdirilməsinə dəqiqlik sinfi deyilir. Ölçmə vasitələrinin dəqiqlik sinifləri dedikdə təsadüfi və sistematik xətalar nəzərdə tutulur. Ölçmələrin dəqiqliyi bir neçə faktordan asılıdır (buna ölçmə şəraitini, ölçmə metodunu və s. misal göstərmək olar). İstismar zamanı ölçmə vasitələri verilmiş dəqiqlik siniflərinə uyğun gəlməlidirlər, amma bəzən idarəetmədə bu dəqiqlik sinifləri aşağı salına bilər. Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikalarının istismar zamanı dəyişməsi mümkündür. Hər şey müəyyən bir ölçüyə malikdir.

Elmi-texniki tərəqqinin inkişafı, istehsalın texniki səviyyəsinin yüksəlməsi, istehsal proseslə-rinin səmərəliliyi və keyfiyyətinin yüksəldilməsi, insanların tələbatlarının daha yaxşı ödənilməsi

məqsədilə təsərrüfatda, istehsalda elm və texnikanın, texnologiyanın ən yeni müasir tipli ölçmə vasitələrindən, cihazlardan istifadə zərurəti yaranır.

Bu səbəblə vətəndaşların yeni ölçü vasitələri, cihazlarla, sayğaclarla təmin edilməsi ilə yanaşı, onlara mütəmadi texniki xidmət göstərilməsi də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqsədlə istifadə edilən yeni müasir tipli ölçmə vasitələrinin yoxlanılması üçün müasir tipli avadanlıqların, laboratoriyaların yaradılması zərurəti yaranmışdır.

Akkreditasiya olunmuş laboratoriyada sınaqların düzgünlüyünü və etibarlılığını müəyyən edən amillər. Bu gün müstəqil ölkəmizdə yüksək dəqiqliyə malik, müasir avadanlıqlarla təchiz olunmuş bir çox müəssisələr və laboratoriyalar mövcuddur.

Akkreditləşdirmə könüllü bir fəaliyyətdir. Sınaq laboratoriyaları mütləq şəkildə akkreditləşdirilməlidir. Laboratoriyanın akkreditasiyası rəsmi şəkildə icazə verir ki, müvafiq sınaqlar burada aparılsın. Laboratoriyanın akkreditasiyası səlahiyyətli orqan tərəfindən həyata keçirilir. Əgər laboratoriyaların keçirdiyi sınaqların nəticələrinin beynəlxalq səviyyədə tanınmasına ehtiyac olarsa, bu zaman akkreditasiya beynəlxalq akkreditasiya təşkilatları tərəfindən həyata keçirilməlidir. İSO/İEC 17025 laboratoriyaların akkreditasiyası üzrə beynəlxalq standartdır. Laboratoriya tərəfindən keçirilən sınaqların düzgünlüyünü və etibarlılığını aşağıda göstərilən amillər müəyyən edir [4]:

- İnsan amili (personal);
- Otaqlar və ətraf mühit şəraiti;
- Sınaq və kalibrlənmə metodları;
- Avadanlıq;
- Nümunələrin götürülməsi və s.

Sınaq və kalibrləmələrin növündən asılı olaraq bu amillərin təsir dərəcələri xeyli fərqlənir. Laboratoriya, sınaq və kalibrləmə metodlarını və prosedurlarını işləyib hazırlayan zaman, personalın hazırlanmasında və ixtisasın qiymətləndirilməsində, istifadə olunan avadanlıqıarın seçilməsi və kalibrlənməsi zamanı bu amilləri nəzərə almaq lazımdır.

Ümumiyyətlə, laboratoriyanın rəhbərliyi xüsusi avadanlıqlarla işləyən, sınaqları yerinə yetirən, nəticələri qiymətləndirən, sınaqlar haqqında hesabatları imzalayan bütün əməkdaşların səriştəliyinə zəmanət verməlidir. Spesifik məsələlər müvafiq təhsili, hazırlığı, iş təcrübəsi nəzərə alınan personala tapşırılmalıdır.

Bəzi texniki sahələr vardır ki, bu zaman personalın attestasiyadan keçməsi tələb oluna bilər. Laboratoriya personalın attestasiyasına dair qoyulan tələblərin yerinə yetirilməsinə görə məsuliyyət daşıyır. Sınaq protokollarının məzmununa cavabdeh olan personal, həmçinin aşağıda göstərilənlərə malik olmalıdır:

- Sınaq obyektlərinin, materiallarının necə istifadə olunmalarına və yaxud istifadə zamanı qüsurlara və keyfiyyətin pisləşməsinin mümkünlüyünə dair zəruri biliklərə;
- Standartlarda və qanunvericilikdə olan əsas tələblərə dair biliklərə;
- Müvafiq məmulatların və s. normal şəraitdə istifadəsi ilə müqayisədə aşkar olunmuş kənara çıxmaların əhəmiyyətliliyinin dərkinə.

Laboratoriya personalın hazırlığının həyata keçirilməsinə dair siyasət və prosedurlara malik olmalıdır və bu proqram laboratoriyanın mövcud və qarşıda duran məsələlərinə uyğun olmalıdır. Laboratoriya, özünün işə götürdüyü və ya müqavilə əsasında dəvət olunmuş personaldan istifadə etməlidir və laboratoriya əmin olmalıdır ki, o, səriştəlidir, laboratoriyanın idarəetmə sisteminə uyğun olaraq işləyir. Laboratoriya, sınaqların keçirilməsidə iştirak edən rəhbər, texniki və yardımçı personal üçün, keçirilən cari işlərin yazılı təsvrinə malik olmalıdır. İşlərin yazılı şəkildə təsviri müxtəlif üsullarla keçirilə bilər. Ən azı aşağıdakılar müəyyən edilməlidir:

- ✓ Sınaqların keçirilməsi üzrə vəzifələr;
- ✓ Sınaqların planlaşdırılması və nəticələrin qiymətləndirilməsi üzrə vəzifələr;

- ✓ Rəy və şərhlərin düzgün ifadə edilməsi üzrə vəzifələr;
- ✓ Metodların işlənib hazırlanması, o cümlədən yeni metodların yararlığının qiymətləndirilməsi üzrə vəzifələr;
- ✓ Tələb olunan xüsusi biliklər və təcrübə;
- ✓ İxtisas və hazırlıq proqramları;
- ✓ Rəhbərliyin funksiyaları.

Laboratoriya bütün texniki personalın səlahiyyətləri, səriştəliyi, təhsil səviyyəsi və peşəkarlığı, təlimi, ustalığı və iş təcrübəsi haqqında qeydlər aparmalıdır. Bu məlumatların əldə edilməsi həmişə mümkün olmalı və səriştəliyin və səlahiyyətlərin verilməsinin təsdiqi tarixini özündə əks etdirməlidir [5].

Sınaqların keçirilmə şəraiti, xüsusilə enerji mənbələri, işıqlandırma və ətraf mühit elə olmalıdır ki, sınaqların düzgün şəkildə keçirilməsi təmin olunsun. Laboratoriya elə təmin olunmalıdır ki, ətraf mühit şəraiti qeyri-dəqiq nəticələrə gətirib çıxarmasın və ya ölçmələrin tələb olunan keyfiyyətinə mənfi təsir göstərməsin. Sınaq nəticələrinə təsir göstərə biləcək otaqlara və ətraf mühit şəraitinə texniki tələblər sənədləşdirilməlidir.

Ətraf mühit şəraiti nəticələrin keyfiyyətinə təsir göstərirsə, onda laboratoriya texniki tələblərə, metodikalara və prosedurlara uyğun olaraq ətraf mühit şəraitinə nəzarət etməli və qeydiyyata almalıdır. Müvafiq texniki fəaliyyətə uyğun olan amillərə məsələn, toza, elektromaqnit maneələrə, nəmliyə, radiasiyaya, temperatura, səs-küyün səviyyəsinə, vibrasiyaya və s. Xüsusi diqqət yetirmək lazımdır. Əgər ətraf mühit şəraiti sınaq nəticələri üçün hər hansı bir təhlükə yaradırsa, bu zaman sınaq dayandırılmalıdır. Laboratoriyada təmizlik və qayda-qanunun təmin olunmasına dair tədbirlər görülməlidir. Lazım olan hallarda xüsusi prosedurlar işlənib hazırlanmalıdır.

Laboratoriya onun fəaliyyət sahəsinə uyğun olan metod və prosedurlardan istifadə etməlidir. Laboratoriyanın özündə istifadə üçün işləyib hazırladığı sınaq metodlarının tətbiqi yüksək ixtisaslı və lazımi resurslara malik personala tapşırılmalıdır. Laboratoriya sınaqların düzgün yerinə yetrilməsi üçün tələb olunan ölçmə və sınaq cihazlarına, ölçmələrin və sınaqların aparılması üçün lazım olan bütün növ avadanlığa malik olmalıdır. Bu avadanlıqlar tələb olunan dəqiqliyi təmin etməlidir və qoyulan texniki tələblərə uyğun olmalıdır [6].

İstehsalata xidmət edən laboratoriyalar könüllü akkreditasiya oluna bilərlər. İstisna hallarda bəzi laboratoriyalar, məsələn sertifikatlaşdırma sınaqlarını aparan, sınaqlar sahəsində təsərrüfat hesablı xidmətlər göstərən müstəqil laboratoriyalar, eyni zamanda qanunvericiliklə fəaliyyəti tənzimlənən dövlət qurumu tərəfindən akkreditasiya olunmasına cəlb edilə bilən laboratoriyalar məcburi akkreditasiyaya məruz qalır. Akkreditasiyaya iddialı olan sınaq laboratoriyaları AZS İSO/İEC 17025:2009 standartının tələblərinə cavab verməli və həmin tələbləri yerinə yetirməlidirlər [7].

Müasir tipli avadanlıqda yoxlanılan suölçən cihazların xətalarının təyini və əldə edilən nəticələrin proses nöqteyi nəzərdən araşdırılması. Nümunə olaraq su təsərrüfatı sahəsində istifadə edilən ölçü cihazlarının sayğacların xətasının təyin edilməsi üçün istifadə edilən yüksək dəqiqliyə malik test avadanlığında suölçən cihazın müxtəlif dəyərlərdə xətasını təyin edərək xəta əyrisi cədvəlini müşahidə etmiş oluruq. Xəta təyini stendi üzrə suölçən cihazların buraxıla bilən nisbi xəta faizi sayğaclara dair metroloji standartın ГОСТ:6019-83 tələbinə uyğun olaraq [8] nümunəvi ölçü tərəzisi, müqayisəli ölçmə vasitəsi, lazer şüası ilə sərfiyyatın ölçməsi üsulu ilə təyin edilə bilər.

Nümunəvi (tərəzi) ölçü çəni, (dəqiqlik sinifi (±0,5%)) (300litr)

Buraxıla bilən nisbi xəta faizi: $\Delta y = \frac{V\,yoxlanılan - Vetalon}{Vetalon} * 100$

Burada $V_{yoxlama}$-yoxlanılan sayğacdan keçən suyun həcmi, m^3;

$V_{yoxlanan}=KN$, K- 1 implus sayına düşən sərfiyyat həcmi;

N-sayğacın ötürdüyü implus sayı;

V_{etalon} - nümunəvi etalon vasitənin qeydə aldığı həcmdir, m^3.

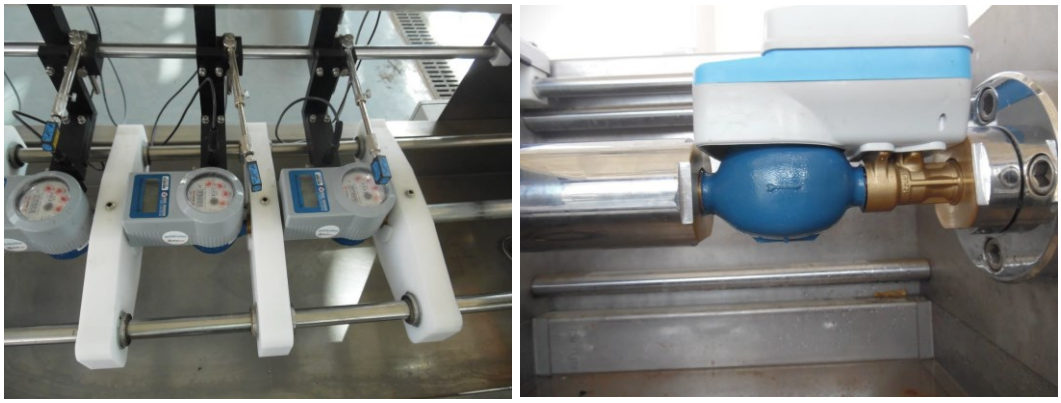
İstehsalatdan və təmirdən yeni çıxmış suölçən cihazların buraxıla bilən nisbi xəta faizi $Q_{nominal}$ və $Q_{keçid}$ sərfiyyatları üzrə (±2%) çərçivəsində, $Q_{minimal}$ sərfiyyat üzrə (±5%) çərçivəsində ola bilər. İstismarda olmuş suölçən cihazların buraxıla bilən nisbi xəta faizi və tələbinə uyğun olaraq $Q_{nominal}$ və $Q_{keçid}$ sərfiyyatları üzrə (±4%) çərçivəsində, $Q_{minimal}$ sərfiyyat üzrə (±10%) çərçivəsində ola bilər. Laboratoriyada quraşdırılmış (DN-15÷40) və (DN-50÷300) xəta təyini stendləri üzrə yoxlanılan sayğacların buraxıla bilən nisbi xəta faizi verilən sərfiyyat $Q_{minimal\ (1)}$, $Q_{keçid\ (2)}$, $Q_{nominal\ (3)}$, $Q_{maximal\ (4)}$ üzrə (dn-15÷40 stendində) bütün suölçən cihazların buraxıla bilən nisbi xəta faizi yoxlanılan sayğacdan keçən sərfiyyatın nümunəvi ölçü çəninə verilən suyun müqayisələi yoxlanılması vasitəsi ilə təyin edilə bilir. Bununla belə yoxlanılan sayğac vasitəsi ilə ölçülmüş suyun həcmi sayğacın ölçmədən əvvəl və sonra göstəricilərinin fəqri ilə təyin edilir.

Xəta Təyini Avadanlığı – burada sayğacların buraxılabilən nisbi xətası təyin edilir. Xəta əyrisi stendində OİMLR 49, EN 14154,İSO 4064 və 2004/22EC görə uyğun istehsal edilmiş DN 15-DN40 mm girişli (Q3≤16m3/saat) soyuq su sayğaclarını Q_1-Q_4 sərfiyyatlarında test edilməsi mümkündür. Sayğaclar şəkil 1-də göstərildiyi kimi, sondan başlayaraq sıra ilə yerləşdirilir. Sayğac olmayan yerə isə verilən diametrdə düz borular yerləşdirilir. Burada vacib olan məqam ondan ibarətdir ki, sayğacı qoşarkən suyun daxil olma istiqamətinə diqqət yetirilməlidir. Suyun giriş istiqaməti qoşucu-ayırıcı mexanizim (piston) olduğu tərəfdir.



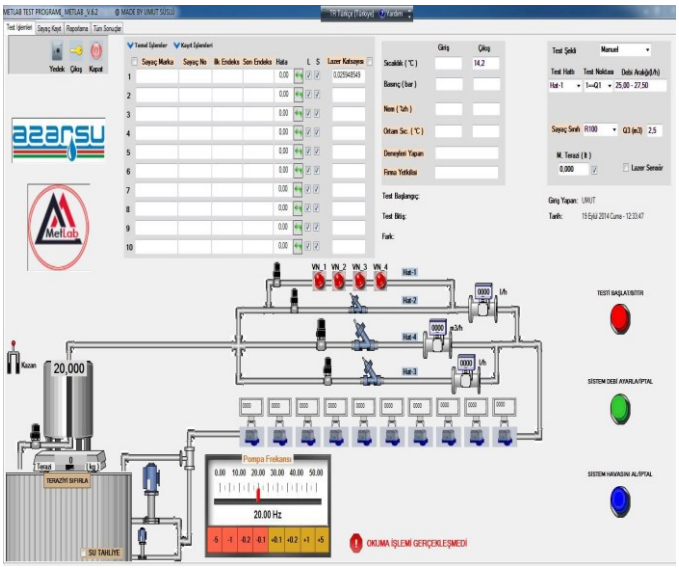
Şəkil 1. *Suölçən cihazların avadanlıqda quraşdırılması*

Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, sayğacın üzərində olan ox işarəsi sayğacın giriş-çıxış istiqamətini göstərir.



Şəkil 2. *Sayğacın giriş-çıxış istiqaməti*

Suölçən cihazlar quraşdrıldıqdan sonra müvafiq olaraq qeydiyyat işləri şəkil 3-də və şəkil 4-də göstərilən idarə etmə panelində hər bir addım prosesə müvafiq olaraq aparılır.

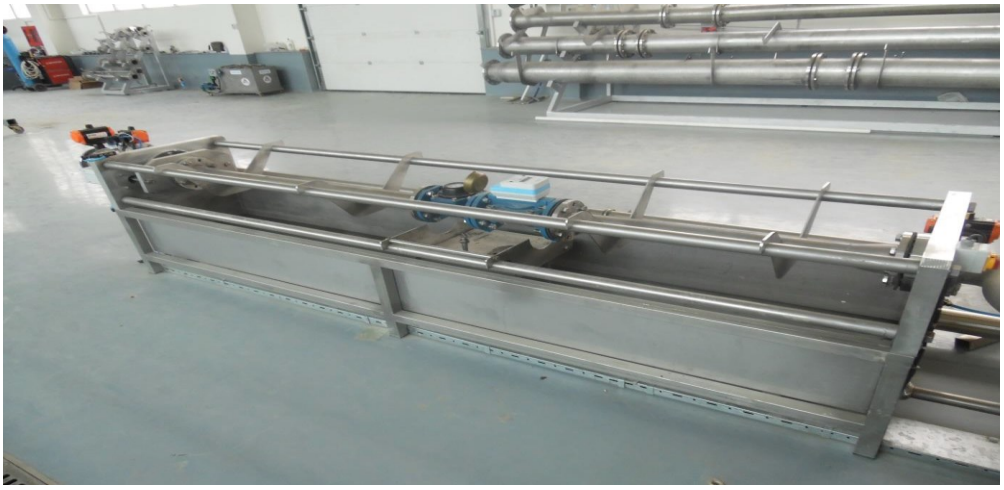


Şəkil 3. *Stendin proqram vasitəsilə görünüşü*



Şəkil 4. *Xəta əyrisinin təyini stendinin idarəetmə paneli*

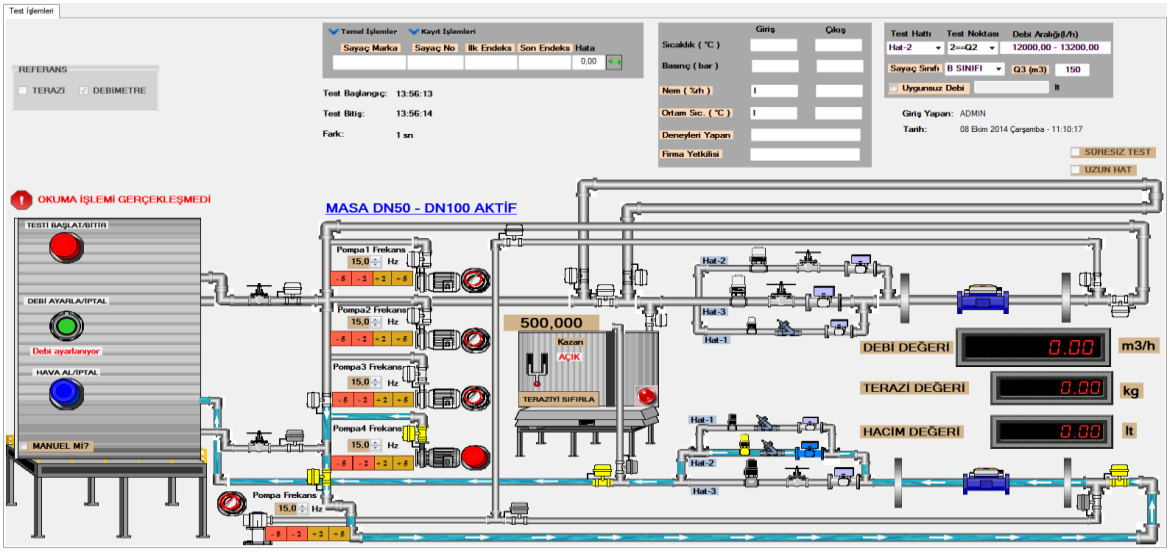
Şəkil 5-də böyük diametrli suölçən cihazların DN50-DN100 xəta əyrisinin təyini stendində quraşdırılması göstərilmişdir. Xəta əyrisinin təyini stendi diametri DN50-DN300; OIML R49, EN 14154, İSO 4064 və 2004/22/EC (MID) görə uyğun istehsal edilmiş diametri DN50-DN300 mm girişli ($Q_3 \geq 16 m^3/h$) soyuq su sayğacalarını Q_1-Q_4 qiymətlərində test edə bilmə qabiliyyətinə malikdir. Testin texniki olaraq ümumi izahı OIML R49-2-də 9 maddəsində göstərilmişdir. Şəkil 6-da böyük diametrli suölçən cihazlar üçün xəta əyrisinin təyini stendinin proqram üzərindən görünüşü göstərilmişdir [8].



Şəkil 5. *Böyük diametrli suölçən cihazlar üçün xəta əyrisinin təyini stendi*

Bu sistemdə bir ədəd düymə (idarəetmə) lövhəsi və 2 ədəd test stendi var. Birinci stend DN 50 mm-dən DN 100 mm-ə qədər sayğacları, digər stend (böyük olan) DN 125 mm-dən DN 300 mm-

ə qədər sayğacları eyni anda sadəcə bir ədəd olaraq test edir. Qeyd etmək lazımdır ki, eyni vaxtda 2 stenddə test edilmir. Sadəcə birində test edilə bilər.



Şəkil 6. *Böyük diametrli suölçən cihazlar üçün xəta əyrisinin təyini stendinin proqram vasitəsilə görünüşü*

Test nəticələri şəkil 7-də xəta əyrisi cədvəlində müvafiq olaraq qeyd edilən 1=Q_1, 2=Q_2, 3=Q_3, 4=Q_4 qiymətlərində öz əksini tapır. Burada suölçən cihaza aid məlumatları və test nəticələrini, əldə olunan məlumatları görmək mümkündür.

XƏTA ƏYRİSİ TƏYİNİ CƏDVƏLİ

SAYĞACA AİD GÖSTƏRİCİLƏR

SERİYA NO	9999	MARKA	METLAB	Q3 (m3/h)	1,5
DİAMETRİ	DN 15	MODELİ	ASDSD	HƏSS. SINIFI	B SINIFI
SAYĞAC NÖVÜ	SMART KARTLI	İST. TARİXİ	2012	ÖLÇÜ MEXAN.	QURU NÖV
ÖLÇMƏ NÖVÜ	ÇOK HÜZMELİ	İŞLƏNMƏ HALI	İŞLƏNMİŞ	QURAŞDIRILMA	ŞAQULİ

ƏTRAF MÜHİTƏ AİD GÖSTƏRİCİLƏR

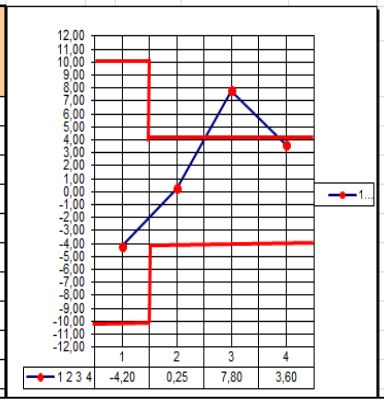
	MÜHİT TEMP. (°C)	RÜTUBET (% rh)
BAŞLANGIÇ	25,5	46,9
YEKUN	25,6	48,9

TEST TARİXİ: 06.12.2013

RAPOR TARİXİ: 21.09.2014

ƏLDƏ EDİLƏN GÖSTƏRİCİLƏR

NO	SƏRFİYYAT (lt/h)	KEÇƏN SU MİQDARI (Vc)(lt)	SAYGACDAN OXUNAN GÖSTƏRİCİLƏR			XƏTA % F=((Vi-Vc) /Vc)x100	SU TEMP. (°C)		İŞLƏMƏ TƏZYİQİ (bar)		TEST MÜDDƏTİ (sn)
			İLKİN GÖST. (lt)	SON GÖST. (lt)	KEÇƏN SU MİQDARI (Vi) (lt)		İLK	SON	İLK	SON	
1	0	0,00	15,50	28,90	13,40	-4,20	12,50	13,30			29 sn
2	0	0,00	154,25	223,56	69,31	0,25					
3	0	0,00	123,50	124,45	0,95	7,80					4 sn
4	0	0,00	30,10	48,75	18,65	3,60	14,50	15,80			27 sn



Şəkil 7. *Xəta əyrisi cədvəlində yoxlamanın nəticələri*

Nəticə. Gündəlik həyatda keyfiyyət termininə tez-tez rast gəlinir və insanlar üçün bu, yüksək qiymət, dəbdəbə, nüfuz kimi hesab oluna bilər. Keyfiyyət daimi və dəyişən sahədir. Keyfiyyət - mütləq mənada ən yaxşı, ən möhkəm, ən dayanıqlı olan, hər zaman təhlükəsizlik demək deyil. Keyfiyyət müştəriyə, ətrafa, cəmiyyətə zərər verməməkdir. Keyfiyyət müştəriyə göstərilən bir hörmətdir, müştəriyə məhsul və xidmətlə təqdim edilən bir dəyərdir.

İstənilən ölçmə vasitələri müəyyən müddət işləndikdə orta istismar müddəti bitməyə doğru gedir, yəni cihazların müxtəlif dövrlərdə düzgün işləməsi üçün yoxlanılması mütləqdir. İstənilən müəssisədə, istehsalatda işədilən düzgün işləməyən cihaz, istifadə edilməsindən asılı olaraq yanlış informasiyaya, hesablamaların doğru aparılmamasına və itkilərə gətirib çıxarır. Ölçü cihazlarının yüksək dəqiqliyə malik müasir laboratoriyalarda avadanlıqlarda yoxlanılması, yaranmış qüsurun aradan qaldırılması və kalibrlənərək yenidən istifadəyə verilməsi hesablamaların düzgün aparılmasına, doğru informasiya mübadiləsinə və itkilərin aradan qaldırılmasına nail olunur.

Ədəbiyyat

1. "Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu.
2. "Sahibkarlıq sahəsində aparılan yoxlamaların tənzimlənməsi və sahibkarların maraqlarının müdafiəsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu.
3. E.B.İsgəndərzadə, Z.Y.Aslanov. Ölçmə və nəzarətin üsul və vasitələri. Dərslik. Bakı. "Vektor" Beynəlxalq Nəşrlər Evi, 2016. 326 səh.
3. H.Ə.Məmmədov, R.M.Əhmədov. Ölçmə texnikasının əsasları. Ali məktəblər üçün dərslik. Bakı, 2011, 292 səh.
4. Qafarov A.M. Metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma. Bakı, Çaşıoğlu. 2008. -528 səh.
5. Məmmədov N.R., Seydəliyev İ.M., Aslanov Z.Y. Sınaq və sınaq avadanlıqları: Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti.-Bakı: "İqtisad Universiteti" nəşriyyatı, 2011.-150s.
6. AZS İSO İEC 17025:2009 - Sınaq və kalibrləmə laboratoriyalarının səlahiyyətliliyinə ümumi tələblər
7. ГОСТ 6019-83 Счетчики холодной воды крыльчатые. Общие технические условия. Издание официальное. ИИК. Издательство стандартов. Москва.
8. Organisation internationale de métrologie légale international recommendation oiml R 49-2 Edition 2004 (E) Water meters intended for the metering of cold potable water Part 2: Test methods

Məqalə qəbul olunub: 05.04.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

UDK 621.762.4.5.8

Cu-Al SİSTEMLİ DİSPERS MÖHKƏMLƏNƏN OVUNTU KOMPOZİSİYA MATERİALLARININ SIXLAŞMASININ BƏZİ QANUNAUYĞUNLUQLARI

Yaqubov E.K.

Gəncə Dövlət Universiteti
AZ2000, Gəncə şəh., H.Əliyev pr.,429
E-mail: emin.yagubov@mail.ru

Xülasə. *Cu-Al sistemlii dispers möhkəmlənən ovuntu kompozisiya materiallarının sıxlaşma prosesinin tədqiqi aparılmış və sıxlaşma xarakterində bəzi müddəaların dəqiqləşdirilməsinə dair problemlər ümumilikdə nəzərdən keçirilmişdir. Ovuntu kompozisiya materiallarının sıxlaşma prosesi onların ilkin və sonrakı emalında mühüm texniki və texnoloji əhəmiyyətə malik olduğundan bu prosesin bir sıra parametrləri tərəfimizdən təyin edilərək sistemləşdirilmişdir. Dispers səpilmiş materiallarda sıxlaşmanın sıçrayışabənzər xarakterə malik olması müəyyən edilməklə orta sıxlıq kəmiyyətinin (e) təzyiqdən (p) asıllığı təyin olunmuşdur. Sıxlaşma prosesinin gedişində aparılan tədqiqatların nəticələri əsasında sıxlığın ölçülməsində səhvlərin paylanma histoqramı qurulmuş, tipik sapma hesablanaraq alınmış paylanma uyğunluq kriteriyasının köməyilə normallığa yoxlanılmışdır. Sıxlaşmanın sıçrayışşəkilli xarakterinin eksperimental təsdiqi üçün strukturu dispers fazanın strukturuna yaxın olan üç qrup material götürülmüş, hər bir növ materialın sıxlaşma kinetikası orta sıxlıq kəmiyyəti ilə tətbiq olunan təzyiq arasındakı asılılıq şəklində qrafiki təsvir edilmişdir. Aparılan tədqiqatlar dispers ovuntu kompozisiya materiallarının təzyiqlə emalı zamanı baş verən sıxlaşmanın təyin edilməsi baxımından əhəmiyyətli rol oynaya bilər.*

Abstract. *Studies have been carried out to investigate the process of compaction of dispersed reinforcing materials of the Cu-Al system and general issues related to the refinement of some provisions in the nature of compaction have been considered. Since the process of compaction of composite materials is of great technical and technological importance in their primary and subsequent processing, we have established and systematized a number of parameters of this process. When determining the dependence of the average value of density (e) on pressure (p), it was found that the compaction process in dispersed materials is of an leap-shaped nature. Based on the results of the studies carried out during the compaction process, a histogram of the distribution of density measurement errors was constructed, and the distribution obtained by calculating the typical deviation was checked for normality using the compatibility criterion.*

To experimentally confirm the leap-shaped nature of compaction, three groups of materials were taken, the structure of which is close to the structure of the dispersed phase, and a graph of the compaction kinetics of each type of material was plotted in the form of a relationship between the average density and the applied pressure. The conducted studies can play a significant role in determining the compaction that occurs during the pressure treatment of dispersion-strengthened composite materials.

Аннотация. *Проведены исследования по изучению процесса уплотнения дисперсных упрочняющих материалов системы Cu-Al и рассмотрены общие вопросы связанные с уточнением некоторых положений в природе уплотнения. Поскольку процесс уплотнения композиционных материалов имеет важное техническое и технологическое значение при их первичной и последующей обработке, нами были установлены и систематизированы ряд параметров этого процесса. При определении зависимости средней величины плотности (e) от давления (p) было установлено, что процесс уплотнения в дисперсных материалах носит*

скачкообразный характер. По результатам исследований, проведенных в процессе уплотнения, была построена гистограмма распределения погрешностей измерения плотности, а распределение, полученное путем расчета типичного отклонения, проверено на нормальность с помощью критерия совместимости. Для экспериментального подтверждения скачкообразного характера уплотнения были взяты три группы материалов, структура которых близка к структуре дисперсной фазы, и построен график кинетики уплотнения каждого типа материала в виде зависимости между величиной средней плотности и приложенным давлением. Проведенные исследования могут сыграть значимую роль в определении уплотнения, происходящего при обработке давлением дисперсноупрочненных композиционных материалов.

Ключевые слова: *алюминий, медь, металлический порошок, уплотнение, матрица, дисперсный материал*

Açar sözlər: *alüminium, mis, metal ovuntusu, sıxlaşdırma, matrisa, dispers material*

Key words: *aluminum, copper, metal powder, compaction, matrix, particulate material*

Giriş. Fiziki-mexaniki xassələrin orjinal vəhdətində yeni materialların alınması sahəsində ovuntu metallurgiyasının uğurları məlumdur. Lakin elə ovuntu sistemləri var ki, onların sıxlaşma qabiliyyəti hələ də ardıcıl şəkildə öyrənilməmişdir. Belə sistemlərdən biri xüsusi çəkilərinə görə bir-birindən kəskin fərqlənən mis (γ= 8,96 q/sm^3) və alüminium (γ=2,7q/sm^3) əsasında yaradılan kompozisiya materiallarıdır. Belə metallardan dispers materialların presıənmə prosesi xeyli yeni qanunauyğunluqların dəqiqləşdirilməsini tələb edir. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, ən müxtəlif növ dispers materialların sıxlaşma prosesləri həm də müəyyən mənada ümumi xarakterə malikdir. Bütün tədqiqaqtçılar qeyd edirlər ki, belə dispers materialların sıxlaşma prosesi bir neçə mərhələdən ibarətdir. Onların sıxlaşma diaqramıları müxtəlif növ eksponensial əyrilər şəklində təqdim olunur. Lakin dispers materialların sıxlaşmasının xüsusi xarakteri ucbatından onların sıxlaşma prosesi təklif olunan model təsvirlərinə nisbətən daha mürəkkəb xarakter daşıyır. Ona görə də Cu-Al sistemi dispers möhkəmlənən materialların sıxlaşma prosesinin tədqiqi və sıxlaşma xarakterində bəzi müddəaların dəqiqləşdirilməsi elmi cəhətdən çox aktualdır.

Tədqiqatın məqsədi müxtəlif xarakterli dispers kompozisiya materiallarından hazırlanan məmulatların təzyiq altında formalaşdırılması zamanı baş verən deformasiyalar nəticəsində müşahidə olunan sıxlaşma prosesinin cərəyan etməsi mexanizminin mərhələli şəkildə araşdırılması, eləcə də prosesin gedişində müşahidə olunan mürəkkəb xarakterli sıçrayışların elmi cəhətdən əsaslandırılmasıdır. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün ən müxtəlif növ dispers materialların sıxlaşma prosesləri müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti dispers ovuntu kompozisiya materiallarının təzyiqlə emalı zamanı baş verən sıçrayış xarakterli sıxlaşmanın təyin edilməsinə dair müddəaların əsaslandırılmasından ibarətdir. Belə ki, təzyiqlə emal prosesində baş verən müxtəlif xarakterli deformasiya proseslərindən irəli gələn sıxlaşma kəmiyyətinin düzgün qiymətləndirilməsi qeyd olunan materiallardan müxtəlif təyinatlı məmulatların istehsalında mühüm əhəmiyyət kəsb edən bir məsələdir.

Tədqiqatin metodikasi. Ovuntu kompozisiya materialları üzərində apardığımız tədqiqatlar zamanı bizim tərəfimizdən müəyyən edilmişdir ki, *Cu-Al* sistemi dispers materialların sıxlaşma prosesi fasiləsiz-diskret (sıçrayışlı) xarakterə malikdir. Bu tədqiqatımızın məlumatları müxtəlif sahədə dispers materialların sıxlaşmasında digər müəlliflərin eksperimentləri ilə də təsdiqlənir [1-3]. Lakin bu müəlliflər nəticələrin aproksimasiyasında sıxlaşma əyrisini düzləndiriblər və ya hadisəni təsadüfü hesab edərək izah etməmişlər. Bu da göstərilən işlərdə verilmiş diaqram formalarında və sıxlaşma əyrilərində öz əksini tapmışdır (şəkil 1-3). Məmulatların preslənməsində sıxlaşma prosesinin sıçrayışabənzər xarakteri özünü aydın şəkildə biruzə verir. Bu onunla izah olunur ki, təzyiqin müxtəlif zonalarda qeyri-bərabər paylanması ucbatından baş verən deformasiya prosesləri müxtəlif xarakterə malik olur. Bu deformasiyalar məmulatın ümumi həcmində cəmlənir və sıxlaşmanın ümumi xarakterini müəyyənləşdirir.

Dispers səpilmiş materiallarda sıxlaşmanın sıçrayışabənzər xarakteri müvafiq eksperimentlərin həyata keçirilməsindən əldə olunan nəticələrin emalında dəqiq aşkarlanır. Prosesin tədqiqi üçün sadə formalı (düzbucaqlı prizmalar və ya silindirlər) içi boşluqlu pres-qəliblər tətbiq edirik və onların ölçülərini elə seçirik ki, tədqiq etdiyimiz nümunənin sıxlaşdırılmasında aşağıdakı şərt ödənsin:

$$\frac{P_{xyz}}{P_{or}} \cong 1\ , \qquad (1)$$

burada, P_{xyz} - tədqiq olunan nümünənin istənilən nöqtəsində sıxlaşdırma qüvvəsi; P_{or} – sıxlaşdırma qüvvəsinin orta qiymətidir.

Bu cür seçim elementar şəkildə dispers səpilmiş kompozisiyanın həcmini hesablamağa imkan verir və əsasən müxtəlif növ deformasiyaların üst-üstə düşməsini istisna edir. Bu halda sistemin verilmiş parametrlərin təsirinə olan reaksiyası və yaxud asılı dəyişən kimi nümunənin sıxlığı (xüsusi çəkisi) qəbul olunur. [4]-cü işin müəllifinin təcrübəsinə əsaslanaraq tədqiq olunan həcmə təsir edən ilkin amillər kimi aşağıdakıları qeyd etmək mümkündür: kompozisiyanın komponentlərinin ilkin sıxlığı (səpilmə sıxlığı) və sıxlaşdırılan nümunənin ümumi nisbi deformasiyası. Sıxlaşma prosesinə təsir edən bütün digər amillər (yük, zaman, hissəciklərin forması, ölçüləri və s.) ilkin amillərin vasitəsilə dolaysı təsir edən kimi öyrənilir.

Dispers səpilmiş materialların sıxlaşma prosesinin xarakterini digər müəlliflərin [5] tədqiqatlarına əsasən müəyyən etdiyimizə görə əlavə eksperimental sınaqların tətbiqinə ehtiyac olmamışdır. Belə ki, bizim tərəfimizdən eksperimentlərin aparılmasının ənənəvi ardıcıl planı tətbiq edilməklə orta sıxlıq kəmiyyətinin (e) təzyiqdən (p) asıllığı tədqiq olunmuşdur. Sıxlaşma prosesinin sıçrayışabənzər xarakterini aydınlaşdırmaq üçün sıxlığın ölçülməsi intervalı sıçrayışın kəmiyyətindən on dəfə kiçik götürülmüşdür. Məlumdur ki, struktur deformasiyası nəticəsində yaranmış sıxlığın kəmiyyət göstəricisi tam ədədlərdir. Materialın hissəciklərinin məsamələrə axmasına səbəb olan plastik deformasiya halında isə bu göstərici vergüldən sonra birinci rəqəmdir. Ona görə struktur deformasiyasının üstünlük təşkil etdiyi mərhələ ilə plastiki deformasiya mərhələsi arasındakı sıçrayış vergüldən sonra bir rəqəmə malik olan kəmiyyətlə ifadə olunur. Aydındır ki, təzyiqin, nümunənin ölçülərinin və kütləsinin ölçülmə dəqiqliyi vergüldən sonra ikinci işarəyə qədər təmin olunmalıdır.

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq avadanlıq və ölçü alətini seçməklə eksperimentin təsadüfi səhvlərinin paylanması qanunauyğunluğunu təyin etdik. Dispers fazanın materialının növü paylanma qanunauyğunluğuna təsir etmir [6]. Ona görə də tədqiqat üçün kompazisiya materialının tərkibində olan istənilən komponenti, məsələn mis ovuntusunu (ПМС-1) seçirik. Bunun üçün sıxlıq kəmiyyəti - tezlik histoqramnı qururuq (şəkil 1), tipik sapmanı hesablayırıq və alınmış paylanmanı χ^2 kriteriyasının köməyilə normallığa yoxlayırıq. Bizim tədqiqatlarda prespəstahların ölçmələrinin təsadüfi səhvlərinin paylanması normallığı haqqında hipoteza təsdiqlənir (χ^2=2,36<[χ^2]=11,07) [6]. χ^2 uyğunluq kriteriyasının hesablanması cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Uyğunluq kriteriyasının hesablanması

İntervallar	m_i	t_i	$\phi(t_i)$	p_i	m_i-np_i	$(mi - np_i)^2/np_i$
(∞;4,86)	1	-1,667	-0,4525	0,04	-0,325	0,08
(4,86;4,87)	4	-1,000	-0,3413	0,10	0,664	0,13
(4,87;4,88)	5	-0,333	-0,1293	0,20	-1,36	0,30
(4,88;4,89)	9	0,333	0,1293	0,25	1,242	0,20
(4,89;4,90)	6	1,000	0,3413	0,20	-0,36	0,02
(4,90;4,91)	3	1,667	0,4525	0,10	-0,336	0,03
(4,91;4,92)	1	2,333	0,4898	0,02	-0,0119	0,00
(4,92;∞)	1	+ ∞	0,5000	0,10	-2,306	1,6
Cəmlər:	$n = 30$	-	-	1,00	-	$2.36 - \chi 2$

Orta kvadratik səhv (tipik sapma) məlum olduğuna görə $\sigma = 0{,}015$ (şəkil 1) həqiqi qiymət aşağıdakı şəkil alır [5]:

m_i-*i* intervala düşən öçmələrin nəticələrinin sayıdır.

$$|a - \bar{x}| < \text{t(p)}\, \sigma/\sqrt{n}\,, \tag{2}$$

burada a–təyin etdiyimiz kəmiyyətin həqiqi qiyməti; $\bar{x}$ – orta cəbri qitmət; $t(p) = 1{,}96$ – ehtimal inteqralı ilə əlaqəli kəmiyyətdir, qiymətləndirmənin etibarlığı üçün cədvəldən $p = 0{,}95$ seçilmişdir [6]; n–seçmə ilə təyin olunan ölçmələrin sayıdır. Son olaraq həqiqi qiymət:

$$|a - \bar{x}| = E \leq 1{,}69 \cdot 0{,}015/\sqrt{4} = 0{,}0147 \tag{3}$$

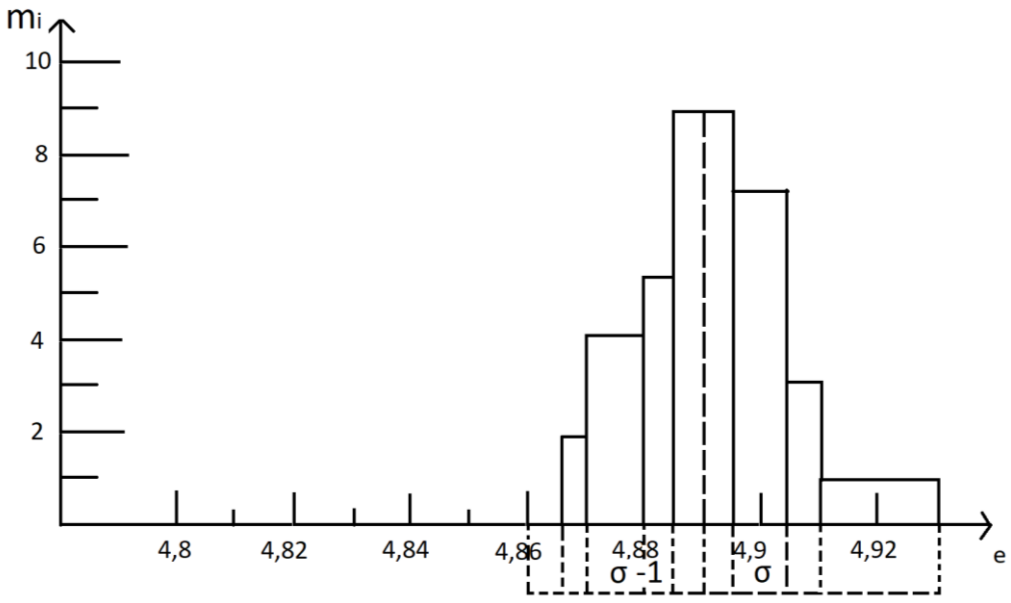
Həqiqi intervalın sərhəddi isə

$$\bar{x} - 0{,}0147 < a < \bar{x} + 0{,}0147 \tag{4}$$

olur ki, bu halda eksperimentin nisbi xətası [7]

$$\zeta = \frac{2}{x} \cdot 100\% - \frac{0{,}0147 \cdot 100\%}{4{,}885} \approx 0{,}3\% \tag{5}$$

təşkil edir. Burada, χ=4.885 (şəkil 1).



Şəkil 1. *Sıxlığın ölçülməsində səhvlərin paylanma histoqramı: material ПМС-1, çəki 50q,* $s = 530mm^2$ *;* $p2 = 108N$.

Faizlərlə variasiya əmsalının orta qiyməti [7]:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}\, 100\% = \frac{0{,}15 \cdot 100\%}{4{,}885} = 0{,}3 \tag{6}$$

Aydındır ki, verilən qiymətə (seçilmiş etibarlılıq $p = 0{,}95$ olanda 5% xətaya yol verilir) nisbətən eksperimentin dəqiqliyi 10 dəfə yuxarıdır [5].

Eksperimental nöqtələr arasında intervalların seçimində aşağıdakı prinsiplərdən çıxış etmək lazımdır: səlis əyrilər 4-5 nöqtədən az olmamaqla qurulur; sınma nöqtələri üç xarakterik nöqtədən az olmamaqla yoxlanmalıdır.

Eksperimental məlumatlar üzrə qrafiklərin qurulması Y.M. Blanterın işində [8] ifadə olunan bir sıra qaydalar əsasında aparılır. Sıxlaşmanın sıçrayışşəkilli xarakterinin eksperimental təsdiqi üçün strukturu dispers fazanın strukturuna yaxın olan üç qrup material götürülmüşdür: plastik-mis ovuntusu ПМС-1 və alüminium ovuntusu; orta sərtlikli ПЖ2М3 markalı dəmir ovuntusu və 12Х18Н10Т markalı paslanmayan polad ovuntusu.

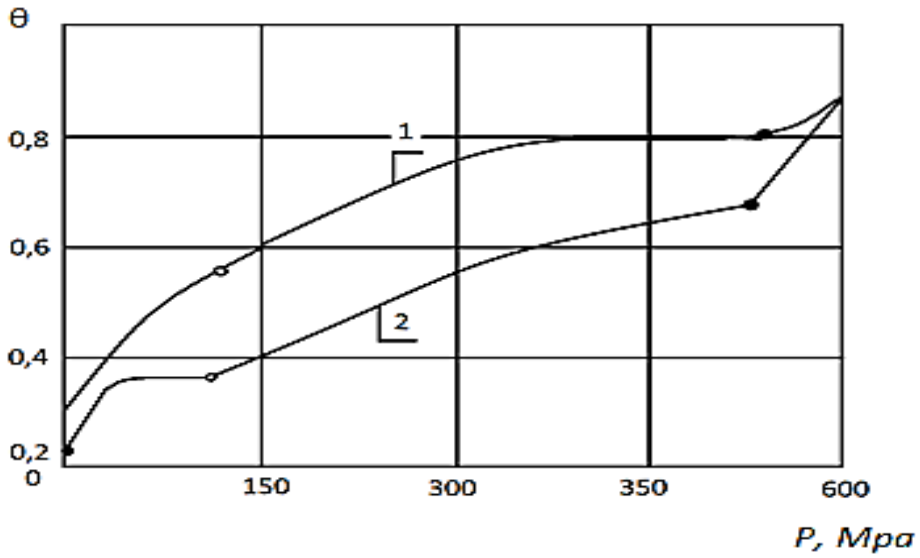
Sıxlaşma prosesinin tədqiqində alınmış eksperimental nəticələr və digər müəlliflərin [1,2,9,10] məlumatlarının təhlili dispers səpilmiş materialların sıxlaşmasının aşağıda təsvir olunan ümumi

qanunauyğunluğunu təsdiq edir (şəkil 2-4 və cədvəl 2). Bütün hallarda sıxlaşma prosesi pres-qəlibə tökülmüş materialdan yaranan cəsədin elastiki deformasiyası hesabına başlayır.

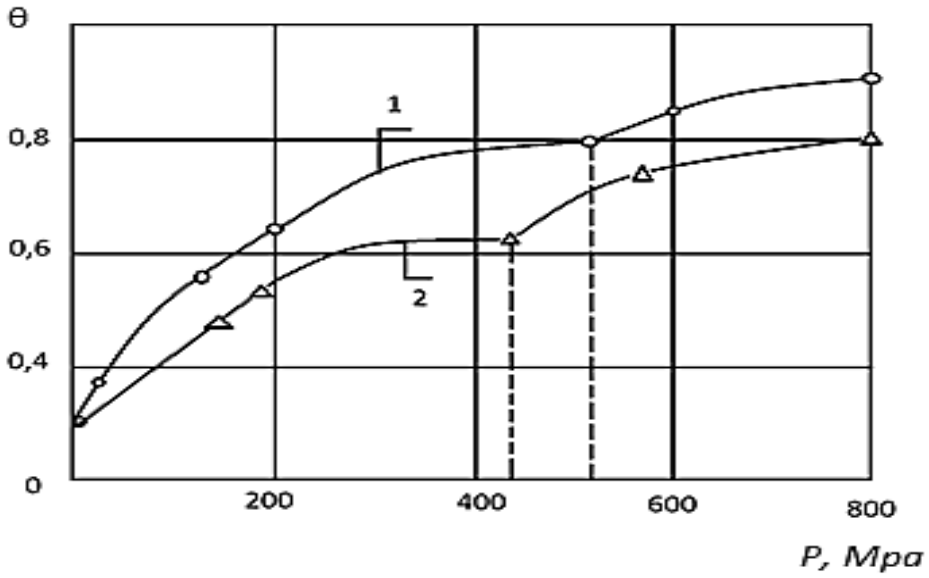
Cədvəl 2

Eksperimentlərin nəticələri

Dispers material	Keçidlər					
	I		II		III	
	Təzyiq, MPa	Nisbi sıxlıq	Təzyiq, MPa	Nisbi sıxlıq	Təzyiq, MPa	Nisbi sıxlıq
Mis	0	0,22	100	0,5	550	0,82
Alüminium	0	0,18	80	0,6	550	0,65
Dəmir	0	0,3	425	0,62	-	-
Polad	0	0,3	525	0,76	-	-



Şəkil 2. *Metal ovuntularının sıxlaşma kinetikası (P,MPa): 1-mis ovuntusu; 2-alüminium ovuntusu*



Şəkil 3. *Metal ovuntularının sıxlaşma kinetikası (P,MPa): 1-polad ovuntusu; 2-dəmir ovuntusu*

Şəkil 2 və 3-dən göründüyü kimi, presləmə təzyiqinin qəbul etdiyimiz diapazonunda mis və alüminium ovuntularının bir vəziyyətdən digərinə keçidi iki dəfə 100 və 550 MPa-a yaxın təzyiqlərdə müşahidə olunur. Birinci sıçrayışdan sonra materialın vəziyyəti rabitələnmiş briketin yaranması ilə səciyyələnmişdir. Daha yüksək möhkəmlik həddinə malik olan dəmir və polad ovuntuları üçün isə birinci keçid 400Mpa-dan yuxarı tazyiqdə baş vermişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən edilmiş bu qanunauyğunluq yalnız dispres materiallar üçün spesifik deyil. Monolit materialların da hər bir vəziyyətdən digərinə keçidi sıxlığın dəyişməsinin sıçrayışları ilə müşayiət olunur [11]. Nəticə etibarilə deyə bilərik ki, istənilən materialın sıxlaşma prosesləri ümumi qanunauyğunluqlara tabe olur və fasiləsiz-diskret xarakter daşıyır.

Nəticə. 1. Cu-Al sistemi dispers materialların sıxlaşmasının bəzi qanunauyğunluqları dəqiqləşdirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, dispers səpilmiş materialların sıxlaşma prosesləri monoloit materialların ümumi qanunauyğunluqlarına tabe olmaqla yanaşı fasiləsiz-diskret (sıçrayışabənzər) xarakter daşıyır. Sıxlığın ölçülməsində səthlərin paylanma histoqramını qurmaq olur. Səthlərin paylanma histoqramı göstərri ki, eksperimentlərin dəqiqiliyi verilən qiymətdən 10 dəfə yuxarıdır.

1. Metal ovuntularının sıxlaşma kinetikası tədqiq olunmuşdur. Müqayisə üçün 4 ovuntu – mis, alüminium, polad və dəmir ovuntularının sıxlaşma kinetikası oyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bütün baxılan materialların ovuntuları üçün sıxlaşma pres-qəlibə tökülmüş ovuntunun yaratdığı cəsədin elastik deformasiyasından başlayır. Sonrakı təzyiq altında sıxlaşdırmada cəsədin hissəciklərinin yerdəyişməsi onun möhkəmlik həddini üstələyən yük altında baş verir.

2. Sıxlaşdırmada *Cu* və *Al* ovuntularının bir vəziyyətdən digərinə keçidi 2 dəfə-100 və 550 Mpa yaxın təzyiqlərədə baş verir. Birinci sıçrayışdan sonra materialın vəziyyəti briketin yaranması ilə müşayiət olunur. Daha sərt materiallarda (polad və dəmir) halın dəyişməsi daha yuxarı təzyiqdə, yəni 400 Mpa-da baş verir.

3. Məsaməli *Cu-Al* kompozisiyasının plastiklik kriteriyası tədqiq olunmuşdur. Məsaməli materialın deformasiyasında müxtəlif alimlərin tərtib etdiyi sıxlaşma modelləri və plastiklik kriteriyalarının təhlili aparılmışdır. Baxılan plastiklik kriteriyalarının hansının məsaməli plastik kompozisiyaların (*Cu-Al* sistemində) real davranışına daha çox uyğun gəlməsi məsləsinin real cavabının əlavə aparılan eksperiment nəticəsində mümkün olması dəqiqləşdirilmişdir.

4. Aparılmış nəzəri və eksperimental tədqiqatlar *Cu–Al* sistemli yeni tip ovuntu kompozitlərinin istehsal texnologiyalarının iqtisadi cəhətdən daha səmərəli işlənməsinə imkan vermişdir. İşlənmiş kompozisiya materilları konstruksion, antifriksion, elektrotexniki, korroziyaya davamlı materiallar kimi müxtəlif sənaye sahələri üçün tövsiyə olunurlar. Bu kompozitlərin tətbiqi konstruksiyaların metal tutumunu xeyli azltmağa, onların iş qabiliyyətini və xususən etibarlılığını əhəmiyyətli artırmağa imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Paramanand R., Ramakrishnan P. Effect of powder characteristics on compact-ion parameters and ejection pressure of compacts // Ibid.–2010–23, № 3–p. 120-125.
2. James P.J. The green strength of die pressed zinc powder // Ibid.–2017–20. N 1. –p.21-25.
3. Пластическая деформация при прессовании порошков пластичных металлов/ И.Ф. Мартынова, В.В.Скороход, С.М.Солонин // – Москва: Порошковая металлургия, 2004, № 3/4 , с. 40 – 46.
4. Зайков М.А., Некоторые особенности уплотнения дисперсньех сыпучих материалов / М.А.Зайков, Ю.М.Шуляков, Ю.В.Трухин //Известия. Сев.Кавк.Научн. центра высш. школы. Серия технических наук, 2004, №4, с. 66- 68.
5. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Москва: «Мир», 2002, 382 с.
6. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие / Москва: «Наука», 2011, 192 с.

7. Fischmeister H.F., Arzt E. Densification of powders by particle deformation// Ibid.–2013–26 N 2. –p.82-88.
8. Блантер М.Е. методика исследования металлов и обработка опытных данных / М.Е.Блантер. – Москва: Металлургия, 1982, 444 с.
9. Moon I.H., Kim K.H. Relationship between compacting presSure green density and green strength of copper powder compact // Powd. Met –2014–27. N 2– P. 80-84
10. Мамедов А.Т. Разработка технологии прессования изделий повышенной плотности с применением методов дренажирования // Порошковая металлургия, 1994, (Сообщение 1) № 5/6. С. 34 – 39. (Сообщение 2) №7/8, с. 19 – 26. (Сообщение 3) №9/10 с.4 – 10. (Сообщение 4) № 11/12, с. 1 – 6.
11. Карев М. А. Металлы под высоким давлением / Москва: «Знание», 2007, 48 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.04.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

UOT 656.6.34

"DƏNİZ NAVİQASİYASI MÜHƏNDİSLİYİ" İXTİSASI ÜZRƏ DƏNİZÇİ KADRLARIN HAZIRLANMASINDA "DƏNİZÇİLƏRİN HAZIRLANMASINA, ONLARA DİPLOM VERİLMƏSİNƏ VƏ NÖVBƏ ÇƏKMƏYƏ DAİR" 1978-Cİ İL TARİXLİ BEYNƏLXALQ KONVENSİYANIN VƏ BDT-NIN MODEL KURSLARININ TƏLƏBLƏRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASI

Abbasov E.O., Nəbiyev H.N.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18
E-mail: elnur.abbasov@acsc.az, hazi.nabiyev@asco.az

Xülasə. *Bu məqalədə dənizçilərin tədrisinin və təlimlərinin keçirilməs üçün Dənizçilər üçün təlim, sertifikatlaşdırma və növbə saxlama standartları haqqında Beynəlxalq Konvensiya (DNDNÇ-95) Məcəlləsinin tətbiqi ilə bağlı məsələləri işıqlandırmaq cəhdləri edilmişdir.*

Abstract. *In this article, attempts have been made to shed light on the issues related to the implemametion of the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers 1978 (STCW-95) for the education and training of seafarers.*

Аннотация. *В данной статье предпринята попытка осветить вопросы, связанные с применением Международной конвенци о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты-1978 (ПДНВ-95) для обучения и подготовки моряков.*

Açar sözlər*: dəniz təhsili, beynəlxalq konvensiya, təlim problemləri, kodeks, gəmiçilik*

Key words: *maritime education, international, training problems, code kse, shipping*

Ключевые слова: *морское образование, международной конвенция, проблемы обучения, кодекс, судоходство*

Giriş. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasında bakalavriat səviyyəsinin " **050605 – Dəniz naviqasiya mühəndisliyi"** ixtisası üzrə Təhsil Proqramı "Təhsil haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanununa, Azərbaycan Respublikasının Nazirlər Kabinetinin qərarlarına, son dövrlərdə "Ali təhsilin bakalavriat səviyyəsi üzrə ixtisasların (proqramların) Təsnifatı"na , "Dəniz" nəqliyyatı gəmilərində xidmət Nizamnaməsi"nin, Azərbaycan Respublikasının dövlət səviyyəsində qoşulduğu Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının "Dənizçilərin hazırlanmasına, onlara diplom verilməsinə və növbə çəkməyə dair" 1978-ci il tarixli Beynəlxalq Konvensiyanın (A-II/1, A-II/2 bölmələrinin və 7.01, 7.03) Model Kurslarına uyğun hazırlanır.

Əsas hissə. Dənizçilər üçün təlim, sertifikatlaşdırma və növbə çəkmə standartları (DNDNÇ) haqqında Beynəlxalq Konvensiya 1978 (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW-1978 convention) dənizçilər üçün beynəlxalq səviyyədə olaraq ilk dəfə yaradılmış təlim, sertifikatlaşdırma və növbə çəkməyə dair əsas tələbləri müəyyən etmək və həmin standartları istehsalatda tətbiq etmək üçün yaradılmış beynəlxalq səviyyəli bir sənəddir. Bu sənədin yaradılmasından və qəbul edilməsindən əvvəl dənizçilərin, ilk növbədə növbə zabitlərinin və göyərətə heyətinin təlimi, sertifikatlaşdırılması və növbə çəkmənin standartları ayrı-ayrı hökumətlər və ölkələr tərəfindən adətən, digər ölkələrdəki təcrübələrə istinad edilmədən müəyyən edilirdi. Dənizdə daşınmalar Beynəlxalq prosesolmasına baxmayaraq, dənizçilərin hazırlanması, təlimlərin keçirilməsi standartları və prosedurları bir çox ölkələrin özləri üçün yaradıldığı üçün çox müxtəlif və fərqli idilər. Ona görə də dənizçilərin hazırlamna səviyyələri və

onların hazırlanmasına tələblər ölkələrdən asılı olaraq bir-birindən fərqlənirdi. Bütün bu sadalanan problemləri aradan qaldırmaq üçün Konvensiya bütün dövlətlərin dənizçiləri üçün yerinə yetirməli və ya keçməli olduğu təlim, sertifikatlaşdırma və növbə çəkməsi ilə bağlı minimum standartları müəyyən edir.

Bu konvensiyaya **1995-ci ildə əlavə olunan düzəlişlər,** həmin ildə keçirilmiş Konfrans tərəfindən Konvensiyanın aktuallaşdırılması üçün və onda mövcud olan qeyri-müəyyənlikləri ifadə edən tənqidləri nəzərə alaraq qəbul edilmişdir.

1995-ci il düzəlişləri 1 fevral 1997-ci ildə qüvvəyə minmişdir. Yenidən baxılmanın əsas xüsusiyyətlərindən biri texniki əlavənin əvvəlki kimi fəsillərə bölünmüş qaydalara bölünməsi və bir çox texniki reqlamentlərin köçürüldüyü yeni **DNDNÇ** Məcəlləsi idi. Məcəllənin A hissəsinin tələblərinin yerinə yetirilməsi məcburidir, B hissəsinin tələblərinin yerinə yetirilməsi isə tövsiyə olunur.

Qaydaların hal-hazırdakı şəkildə bölünməsi idarəetməsini asanlaşdırır və eyni zamanda onlara yenidən baxılması və yenilənməsi vəzifəsini asanlaşdırır. Belə ki, prosedur və hüquqi səbəblərə görə Kodekslərə dəyişiklik etmək üçün artıq tam konfrans çağırmağa ehtiyac yoxdur .

Digər mühüm dəyişiklik Konvensiya tərəflərindən Konvensiyaya riayət olunmasını təmin etmək üçün görülən inzibati tədbirlərlə bağlı Beynəlxalq Dəniz Təşkilatına (BDT) ətraflı məlumat təqdim etmələri tələbi idi. Bu, ilk dəfə idi ki, BDT-nin uyğunluq və icra ilə bağlı fəaliyyət göstərməsi təklif olunurdu. Ümumiyyətlə, tələblərin icrasının yerinə yetriilməsi və ona nəzarət bayraq dövlətlərinin funksiyasına əlavə olunur, dövlət liman nəzarəti isə qaydaların tələblərə uyğunluğunu təmin etmək üçün fəaliyyət göstərir. Yenidən işlənmiş Konvensiyanın I fəsli, I/7 reqlamentinə əsasən, Tərəflərdən, Konvensiyanın tələblərinə uyğunluğu təmin etmək üçün görülən inzibati tədbirlər, təhsil və təlim kursları, sertifikatlaşdırma prosedurları və icraya aid olan digər amillər haqqında BDT-ya ətraflı məlumat təqdim etmələri tələb olunur. DNDNÇ-nin müddəaları Konvensiyasının iştirakçı Tərəflərinin səlahiyyətli şəxslərdən ibarət panellər tərəfindən nəzərdən keçirilir, onlar öz nəticələri haqqında BDT-nin Baş katibinə hesabat verirlər, o isə öz növbəsində, tam riayət edən Tərəflər haqqında Dəniz Təhlükəsizliyi Komitəsinə (DTK) hesabat verir. DTK daha sonra DNDNÇ Konvensiyasına uyğun olaraq "təsdiqlənmiş Tərəflər"-in ("ağ siyahı") adlanan siyahısını hazırlayır .

DNDNÇ Konvensiyası 10 fəsilsən ibarətdir:

I fəsil: Ümumi müddəalar

II Fəsil: Kapitan və göyərtə şöbəsi

III Fəsil: Mühərrik şöbəsi

IV fəsil: Radiorabitə və radio işçiləri

V fəsil: Müəyyən növ gəmilərdə personal üçün xüsusi təlim tələbləri

V fəsil: Müəyyən növ xüsusi gəmilərdə personal üçün xüsusi təlim tələbləri

VI fəsil: Qəzalar, əməyin mühafizəsi, tibbi yardım və sağ qalma funksiyaları

VII Fəsil: Alternativ sertifikatlaşdırma

VIII fəsil: Növbə çəkmə

DNDNÇ məcəlləsi. Konvensiyada olan qaydalar DNDNÇ Məcəlləsinin bölmələri ilə dəstəklənir. Ümumiyyətlə, Konvensiya əsas tələbləri ehtiva edir, daha sonra Məcəllədə tələblər genişləndirilir və izah edilir. Məcəllənin A hissəsinin tələblərinin yerinə yetirilməsi məcburidir. Dənizçilər üçün tələb olunan minimum səriştə standartları bir sıra cədvəllərdə ətraflı şəkildə verilmişdir. Məcəllənin B hissəsində Konvensiyanın həyata keçirilməsində Tərəflərə kömək etmək üçün nəzərdə tutulmuş tövsiyə olunan təlimatlar var. Təklif olunan tədbirlər məcburi deyil və verilən nümunələr yalnız Konvensiyanın müəyyən tələblərinə necə əməl oluna biləcəyini göstərmək üçün nəzərdə tutulub. Bununla belə, tövsiyələr ümumilikdə BDT daxilində müzakirələr və digər beynəlxalq təşkilatlarla məsləhətləşmələr nəticəsində uyğunlaşdırılmış yanaşmanı əks etdirir.

DNDNÇ Konvensiyasına və Məcəlləsinə Manila düzəlişləri 25 iyun 2010-cu ildə qəbul edilmiş, DNDNÇ Konvensiyasına və Məcəlləsinə yenidən əsaslı baxılmasını təmin etmişdir. 2010-

cu il düzəlişləri 1 yanvar 2012-ci il tarixində qüvvəyə minmiş, Konvensiyanın və Kodeksin ilkin qəbul olunduğu vaxtdan həmin vaxta qədər baş verən dəyişiklərə görə uyğunlaşdırmaq və həmin dəyişilikləri gələcəkdə qarşıya çıxması gözlənilən problemləri də həll etmək imkanını vermək məqsədi daşıyır.

Qəbul edilmiş düzəlişlər arasında Konvensiyanın və Məcəllənin hər bir fəslinə aşağıda göstərilmiş bir sıra mühüm dəyişikliklər vardır:

- Bacarıq sertifikatları ilə bağlı saxtakarlıq hallarının qarşısının alınması və gücləndirilməsi üçün təkmilləşdirilmiş tədbirlər;
- qiymətləndirmə prosesi (Tərəflərin Konvensiyaya uyğunluğunun daimi monitorinqi);
- İş və istirahət saatları ilə bağlı yenidən işlənmiş tələblər və narkotik və alkoqolun qarşısının alınması üçün yeni tələblər;
- İş və istirahət saatları ilə bağlı yenidən işlənmiş tələblər;
- Narkotik və alkoqoldan sui-istifadənin qarşısının alınması üçün yeni tələblər, habelə dənizçilərin tibbi hazırlığı ilə bağlı yenilənmiş standartlar;
- Dənizçilər üçün yeni sertifikat tələbləri ;
- Elektron xəritə və informasiya sistemləri kimi müasir texnologiyalar üzrə təlimlə bağlı yeni tələblər (ECDIS);
- Dəniz mühitinin qorunması, liderlik və komanda ilə işləmək təlimləri barədə məlumatlandırma və həmin təlimlərin keçirilməsi üçün yeni tələblər;
- Elektrotexniki işçilər üçün yeni təlim və sertifikatlaşdırma tələbləri;
- Bütün növ tankerlərdə, mayeləşdirilmiş qaz daşıyan tankerlər də daxil olmaqla onlarda xidmət göstərən personal üçün səriştə tələblərinin yenilənməsi;
- Mühafizə üzrə təlimlərə dair yeni tələblər, habelə gəmiləri dəniz quldurları tərəfindən hücuma məruz qaldıqda dənizçilərin onların öhdəsindən gəlmək üçün lazımi qaydada təlim keçmələrini təmin edən müddəalar;
- Distant təhsil də daxil olmaqla müasir təlim və internet üzərindən öyrətmə metodologiyasının tətbiqi;
- Qütb sularında işləyən gəmilərdə xidmət edən personal üçün nəzərdə tutulan yeni təlim rəhbərlikləri;
- Dinamik Mövqeləşdirmə Sistemləri ilə işləyən personal üçün nəzərdə tutulan yeni təlim rəhbərlikləri.

Bu məqalə I/7 Qaydasında yer alan bəzi məsələlərin mürəkkəbliyini işıqlandırmağa çalışır. Çünki, ortaya çıxan mübahisələr münasibətləri o dərəcədə gərginləşdirə bilər ki, Konvensiyanın dənizçilərin sertifikatlaşdırmasının şəffaflığına dair nəzərdə tutulan yüksək istəklərin reallaşmasını əngələyə bilər.

DNDNÇ haqqında Beynəlxalq Konvensiya insan amilinə diqqət yetirir və heyətin hazırlığına, sertifikatlaşdırma və növbə çəkmə standartını təmin edir. 1995-ci ildə qəbul edilmiş DNDNÇ Konvensiyasına Düzəliş səlahiyyətli orqanlar və gəmiçilik şirkətləri üçün tələbləri aydınlaşdırır və BDT-yə üzv dövlətlərin heyətin idarə olunmasına nəzarət etmək səlahiyyətini verir. Bundan əlavə, Beynəlxalq Əmək Təşkilatı tərəfindən buraxılmış 2006-cı il tarixli Dəniz Əmək Məcəlləsi (MLC-2006) gəmidə işləyən dənizçilər üçün yerinə yetirilməli olan minimum tələbləri təmin edir, həmçinin dənizçilərin işə qəbulunu və yerləşdirmə agentliklərinin biznes əməliyyatlarını tənzimləyir.

Beynəlxalq gəmiçilik sənayesinin sürətli inkişaf etməsi ilə əlaqədar olaraq qlobal gəmiçilik getdikcə inkişaf edir və gəmilərdən qaynaqlanan neftlə çirklənmə dəniz ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olan mühüm bir sənaye növünə çevrilir. Neft daşımanın xüsusi üsulu kimi neft tankerlərindən neft dağılmaları olduqda dəniz ətraf mühitinə daha çox zərər verir. Dünyada gəmlərdən neftin sızması nəticəsində dənizin çirklənməsi beynəlxalq ictimaiyyəti getdikcə daha çox narahat edən məsələyə çevrilir.

Bu beynəlxalq sənəd (DNDNÇ məcəlləsi) məsələyə əvvəlcədən qarşısının alınması, proses daxili reaksiya, hadisə baş verdikdən sonrakı idarəetmə və geniş idarəetmə aspektlərindən yanaşır. Dünya miqyasında neftlə çirklənmənin idarə edilməsi siyasətlərinin təkamülünü və xüsusiyyətlərini təhlil etdikdən sonra, bu sənəd neft tankerlərinin yanğın və partlayışın qarşısının alınması texnologiyalarında qüsurlar, neft dağılmalarında fövqəladə hallara cavab sistemləri, neftin çirklənməsi nəticəsində dəyən zərərin kompensasiya mexanizmləri də daxil olmaqla dörd mühüm məsələni müəyyən edir, insan faktorları və gəmidə mövcud olan qeyd etmə sistemlərinin idarə edilməsini təyin edir. Daha sonra o, gəmilərdən qaynaqlanan neftlə çirklənmənin idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsi strategiyasını təklif edir, xüsusən də neft tankerləri üçün yanğın və partlayışın qarşısının alınması texnologiyasının təkmilləşdirilməsi, neft dağılmaları zamanı fövqəladə halların aradan qaldırılması, neftin çirklənməsinə görə kompensasiya sisteminin təkmilləşdirilməsi, insan amilinə daha çox diqqət yetirilməsi və əlverişli bayraqların idarə edilməsinin inkişaf etdirilməsini təklif edir.

Yekun bölmədə bu məcəllə tədqiqatın gələcək istiqamətlərini göstərilir. Bu məcəllənin məqsədi dövlət idarələri və aidiyyəti təşkilatlar üçün sistematik və elmi istinad təmin etmək və onların gəmilərdən qaynaqlanan qlobal neft çirklənməsi ilə mübarizə aparmaq üçün tədbirlər görməkdən ibarətdir.

Dünya gəmiçilik sənayesinin uğuru son nəticədə xüsusi bir qrup insanlar-dənizçilərdən asılı olaraq alır. Bu kişilər və qadınlar dünyanın kəşfində bəşəriyyətə rəhbərlik etmiş və dənizçiliyin inkişaf etməsi ilə qlobal iqtisadiyyatı dəyişdirmişlər. Bu gün gəmilərdə dənizçilərin rolu əvvəlkindən daha böyük əhəmiyyət kəsb edir və gələcək illərdə də əsas rol oynayacaqdır. Motivasiyalı, ixtisaslı və təlim keçmiş dənizçilər olmadan beynəlxalq gəmiçilik sənayesi inkişaf edə bilməz. Buna görə də dənizçilik təhsili və təlimi dünya dəniz ictimaiyyətinin bütün iştirakçıları üçün, xüsusən də bu günün və sabahın dənizçiləri üçün çox vacibdir. Çünki o, təhlükəsiz gəmiçilik sənayesinin əsasını təşkil edir.

Müxtəlif səviyyələrdə dənizçilər üçün səmərəli dəniz təhsili və təliminin keçirilməsi onlara gəmidə yerinə yetirməli olduqları xüsusi bacarıq və vəzifələrin yerinə yetirilməsinə hazırlığını təmin edir. Bununla belə, dəniz təhsili və təliminin effektivliyi geniş şəkildə dəyişir, belə ki, sertifikata malik olmaq dənizçinin səriştəli olmasına zəmanət vermir. Bu mülahizənin doğru olmasını insan səhvi nəticəsində baş vermiş və baş verməkdə davam edən bir çox dəniz qəzaları nümayiş etdirir. Buna görə də səriştə üçün nəzərdə tutulan bilik və bacarıqları, onların iş yerində tətbiqini əhatə etməlidir.

Bu tədqiqat dənizçilər arasında səriştələrin inkişaf etdirilməsində mövcud olan dəniz bilik və təlimlərinin effektivliyini araşdırır. Buna dənizçilərin təkmilləşdirmə kurslarında dəniz təcrübəsi olan iştirakçılarla müsahibələrdən toplanmış məlumatların tədqiqi və müqayisəsi yolu ilə nail olunmuşdur. Bu tədqiqatın nəticələri göstərir ki, iştirakçılar DNDNÇ-nin dənizçilik səriştələrinin inkişaf etdirilməsi kurslarında daha çox praktik tədqiqatlara və onların tədrisində fərqli yanaşmalara ehtiyac duyurlar. Tədqiqat iştirakçı müsahibə iştirakçıları tərəfindən təklif olunan səriştə inkişafları üzrə dənizçilik tədrisinə və təliminə edilən dəyişikliklərin xülasəsini təqdim etməklə yekunlaşır. Nəticələr praktiki bacarıqların öyrədilməsinin və dənizçilərə real həyat vəziyyətlərində lazım olan bacarıqlarda səriştəli olmaq imkanı vermək üçün müvafiq tədris metodlarının tətbiqinin vacibliyini vurğulayırlar. Bundan əlavə, bu biliklər dənizçilik tədrisi və təlimini institutları üçün kursların məzmununu və onların dinləyicilərə çatdırılmasını təkmilləşdirmək, eləcə də tədqiqatçılar üçün bu mövzunu daha da öyrənməyə davam etmək üçün stimul ola bilər.

Cari qlobal dənizçilik bazarının tələbi ilə 2010-cu ildə yenidən işlənmiş DNDNÇ-nin dənizçilik üzrə təhsil və təlimin əhəmiyyətini qiymətləndirməmək olmaz. Baş vermiş dəniz qəzalarının təxminən 80-90 faizi insan səhvi ilə əlaqələndirilir. Buna görə də, dənizçilərin yaxşı təhsilli və təlim keçmiş olması, əmrləri yerinə yetirmə bacarığı, riskləri idarə etmə bacarığı, problemləri həll etmə bacarığı və dənizdə insan həyatının təhlükəsizliyini təmin etmək üçün təhlükəsiz, təmiz və səmərəli əməliyyatları təmin etmək üçün psixoloji və emosional cəhətdən xoşbəxt olmaları çox vacibdir.

050605 – Dəniz naviqasiyası mühəndisliyi" ixtisası üzrə Təhsil Proqramının əsas məqsədləri aşağıdakılardır:

- İxtisas üzrə tələbələrin kompetensiyalarını, ixtisasın çərçivəsini, fənlər üzrə təlim və öyrənmə metodlarını, qiymətləndirmə üsullarını, kadr nəticələrini, təlim nəticələrini, infrastruktura və kadr potensialına olan tələbləri, tələbələrin təcrübə keçməsi, işə düzəlmə və təhsil imkanlarını artırmaq;
- Tələbələri və işəgötürənləri əldə edilən bilik və bacarıqlar, əvvəl də təlim nəticələri bərədə məlumatlandırmaq;
- Təhsil Proqramı üzrə kadr hazırlığının proqrama uyğunluğunun qiymətləndirilməsi zamanı bu prosesə cəlb olunan ekspertləri məlumatlandırmaq.

Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının "Dənizçilərin hazırlanmasına , onlara diplom verilməsinə və növbə çəkməyə dair" 1978-ci il tarixli Konvensiyanın A-II/1 bölməsinin və 7.01 Model Kursunun tələblərinə uyğun olaraq ümumi tutumu 500 ton və daha çox olan gəmilərin kapitanlarının növbə çəkməsi və A-II /2 bölməsinin və 7.03 Model Kursunun tələblərinə uyğun olaraq ümumi tutumu 500 ton və daha çox olan gəmilərin kapitan və baş köməkçilərinin hazırlanmasına gündəlik minimum tələblər "Dəniz naviqasiyası mühəndisliyi" ixtisası üzrə dizaynın hazırlanmasında sertifikatlaşdırılmalıdır.

Nəticə. Beləliklə, dənizçilər yaxşı dəniz təhsilli və təlim keçmiş olması, əmrlərə əməl etmə, riskləri idarə etmə və problemləri həll etmə bacarıqları, həmçinin dənizdə insan həyatının təhlükəsizliyi, əməliyyatları təhlükəsiz və səmərəli yerinə yetirməsi üçün psixoloji və emosional cəhətdən hazır olmalıdırlar.

Bunu nəzərə alaraq, dəniz təhsili və təliminda dənizçilərin üzləşdiyi və hər hansı bir şəkildə birbaşa və ya dolayı yolla onlara, onların ailələrinə və ümumilikdə dəniz sənayesinə təsir göstərə biləcək problemlər araşdırılmalıdır.

Hazırda dənizçilik təhsili və təliminda bir sıra problemlər mövcuddur. Onlar müasir qlobal dənizçilik bazarında tələb və təklif, professional dənizçilərin çatışmazlığı, işə götürmə və işdə saxlama məsələlərini əhatə edir. Dənizçilərin səriştəsi ilə bağlı məsələləri əhatə edən yenidən işlənmiş **DNDNÇ** Konvensiyası və Məcəlləsinin tətbiqi bu sahədə maraqlı olan tərəflərin gəmilərinin təhlükəsiz istismarı, dənizçilərin işə götürülməsi, onların öyrədilməsi və işdə saxlanılmasında müsbət rol oynayacaqdır.

Ədəbiyyat

1. 1995-ci ildə düzəliş edilmiş Dənizçilər üçün Təlim, Sertifikatlaşdırma və Növbələrin Saxlanması Standartları, 1978-ci il Beynəlxalq Konvensiyası.
2. STCW.7/Circ. 4, 1995-ci ildə düzəliş edilmiş STCW Konvensiyasının IV maddəsinə və I/7 reqlamentinə uyğun olaraq məlumat ötürülməsi, 1978-ci il.
3. STCW.7/Circ. 5, STCW 1978-ci il Konvensiyası ilə bağlı bəzi məsələlərin aydınlaşdırılması və düzəlişlər.
4. STCW.7/Circ. 6, 1995-ci ildə düzəliş edilmiş STCW Konvensiyasının IV maddəsinə və I/7 reqlamentinə uyğun olaraq məlumat ötürülməsi, 1978 - Rəhbər sənədin mövcudluğu.
5. BDT-nin internet səhifəsi.

Məqalə qəbul olunub: 10.04.23
Tövsiyə edib: prof. Rüstəmov Z.Ə.

UOT 004; 681.5

GƏMİLƏRDƏ MÜASİR NAVİQASİYA CİHAZLARI VƏ ONLARIN SƏFƏR TƏHLÜKƏSİZLİYİNƏ TƏSİRLƏRİNİN İNCƏLƏNMƏSİ

Əliyev R.L.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç.,18
E-mail: rovshan.aliyev.84@list.ru

Xülasə. *Bu gün inkişaf edən texnologiyalara paralel olaraq dəniz nəqliyyat vasitələrinin də inkişafı böyük sürət almışdır. Son dərəcə sürətli şəkildə təhlükəli yüklər daşıyan gəmilər dəniz ticarətində intensiv şəkildə istifadə olunmağa başlamışdır. Son illərdə baş verən bir çox dəniz qəzalarında ciddi can və mal itkiləri yaşanmış, ətraf mühitə böyük ziyan vurulmuşdur. Bəşəriyyətə böyük maddi və mənəvi ziyan vuran bu itkilərin qarşısının alınması və ya minimuma endirilməsi məqsədilə bütün dünyada bir sıra tədbirlər həyata keçirilmiş, dəniz nəqliyyatının təşkili məqsədilə Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (IMO) yaradılmışdır. Bundan əlavə naviqasiya təhlükəsizliyinin artırılması üçün də işlər aparılıb və bu işlər nəticəsində naviqasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi istiqamətində müəyyən naliyyətlər əldə edilmişdir. Təşkilatda üç mühüm konvensiya qəbul edilib. Bunlar "Dənizdə gəmilərin toqquşmasının qarşısının alınmasına dair beynəlxalq qaydalar" haqqında konvensiya, "Dənizçilərin hazırlanmasına, onlara diplom verilməsinə və növbə çəkməyə dair" beynəlxalq konvensiya, "Dənizdə İnsan Həyatının qorunması haqqında" beynəxalq konvensiya Naviqasiya sistemləri ilə bağlı məsələlər Dənizdə İnsan Həyatının qorunması haqqında beynəxalq konvensiyaya (SOLAS) daxil edilmişdir. Günümüzdə əsasən müasir kapitan körpüsü naviqasiya cihazları kimi yüksək texnologiyalı elektron cihazlardan istifadə olunur. Modern naviqasiya cihazlarının istifadəsi ilə dəniz qəzaları əhəmiyyətli dərəcədə azalsa da, bu cihazlardan istifadə edən insanlar olduğu müddətdə qəza riski də həmişə mövcud olacaqdır.*

Abstract. *Nowadays, in parallel to improvements in technology, movement capability of the ships and marine crafts have accelerated and faster ships carrying huge amount of dangerous cargo have been used heavily in sea trade routes. However in recent decades, a lot of shipping accidents have taken place and many ships, goods and lives have been lost by way of collisions or groundings Ships of different type (such as oil tankers, chemicals and nuclear material carrying ships) caused a great deal of environmental hazards which will take maybe several hundred years to be compensated. Maritime nations started to take some precautions to prevent those accidents and hence related losses. IMO was founded in order to organize the shipping in navigable waters of the world. In the following years, many studies have taken place aiming to increase navigational safety and those studies yielded three important conventions; namely, International Convention for the Safety of Life at Sea, The Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea and, The International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers. Regulations and requirements related to navigation equipments are included in the SOLAS Convention. High-tech electronic products are used as today's basic modern bridge navigation equipments. Although the risk still exists and will exist as long as human beings command the ships and operate the modern navigational equipments.*

Аннотация. *Сегодня, параллельно с развивающейся технологиями, большую скорость получил развитие морской техники. В морской торговле стали интенсивно использоваться суда, перевозящие опасные грузы на сверхбыстрых скоростях. В последние годы многие морские аварии привели к серьезным человеческим жертвам и материальному ущербу, а также причинили большой ущерб окружающей среде. Для предотвращения или минимизации этих*

потерь, наносящих большой материальный и моральный ущерб человечеству, во всем мире реализован ряд мер, а для организации морских перевозок создана Международная морская организация (ИМО). Кроме того, также проводились работы по повышению безопасности мореплавания, и в результате этих работ были достигнуты определенные достижения в области обеспечения безопасности мореплавания. В организации были приняты три важные конвенции. Вопросы, касающиеся навигационных систем, включены в Международную конвенцию по охране человеческой жизни на море (СОЛАС). В настоящее время в основном используются высокотехнологичные электронные устройства, такие как современные навигационные устройства капитанского мостика. Хотя с использованием современных навигационных устройств количество аварий на море значительно сократилось, риск аварий будет существовать всегда, пока есть люди, использующие эти устройства.

Açar sözlər: *modern naviqasiya cihazları, dənizdə insan həyatının qorunması haqqında beynəxalq konvensiya, risk, kapitan körpüsü, naviqasiya sistemləri*

Key words: *modern navigational equipments, international convention safety of life at sea, risk, master bridge, navigational systems*

Ключевые слова: *современные навигационные устройства, международная конвенция по охране жизни на море, риск, тостик капитана, навигационные системы*

Giriş. Dünya iqtisadiyyatının getdikcə dəniz ticarətindən asılılığı artır. Hər gün minlərlə gəmi okeanlarda hərəkət edir, qitələr və ölkələr arasında milyardlarla ton xammal və ya hazır material daşınır. Dəniz nəqliyyatının rolu durmadan intensivləşir. Bu, trilyonlarla dollar dəyərində xammal və hazır məhsulu, onları daşıyan çox milyon dollarlıq gəmiləri və bu gəmilərdən istifadə edən dənizçilərin əvəzolunmaz həyatlarını riskə atır. İkinci Dünya Müharibəsindən sonra ölkələr gündən-günə güclənən dəniz nəqliyyatının gətirdiyi artan riskləri minimuma endirmək üçün bir sıra tədbirlər görməyə başladılar. Bunun nəticəsidir ki, Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (BDT) və bu təşkilatın fəaliyyəti nəticəsində "Naviqasiyanın təhlükəsizliyi" anlayışı əhəmiyyət qazanmağa başlamışdır.

Dəniz qəzalarında itkilərin artması dövlətləri və beynəlxalq təşkilatları bir sıra tədbirlər görməyə vadar etmiş və bu fəaliyyət nəticəsində təhlükəsizlik, ətraf mühit və prosedurlar haqqında konvensiyalar yaranmışdır.

Bu məqalədə müasir naviqasiya cihazlarının və sistemlərinin bu gün gəmilərdə naviqasiya təhlükəsizliyinə təsiri araşdırılmışdır. Tədqiqat müasir naviqasiya sistemlərinə malik gəmiləri əhatə edir.

1958-ci ildə Lloydun (ABŞ-nin 28-ci Müdafiə Naziri) BDT-nin dəniz qəzaları haqqında qeydləri tədqiq edildikdə, həmin ildə ticarət donanmasının tonnaj baxımından itkilərinin 16%-nin toqquşmalar, əlavə olaraq 32%-nin isə saya oturmalardan yarandığı məlum olur. Bu toqquşma hallarının müxtəlif səbəbləri var. Bunlar ümumiyyətlə aşağıdakılardır: təbii şərait, texniki problemlər, dəniz şəraiti, gəmi ilə bağlı amillər və insan səhvləri. Müəyyən edilmişdir ki, bu itkilərin böyük əksəriyyəti, həmin il üçün təxminən 50%-i naviqasiya xətaları və ya məsuliyyətsizlik səbəbindən baş vermişdir. Tədqiqatlara əsasən naviqasiya xətalarının əsasında gəmiləri idarə edən heyətin buraxdığı səhvlərin durduğu məlum. 1959-cu ildə BDT-nin birinci konqresinin çağırılması ilə naviqasiya təhlükəsizliyinin artırılması üçün tədqiqatlara başlanılmış və bir sıra tədbirlər görülmüşdür. Bu tədbirlər: konvensiyalar, tövsiyələr və digər sənədlərdən ibarətdir. Bu tədbirlərdən ən mühümü konvensiyalardır. Naviqasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı 3 mühüm konvensiya var. Bunlar:

- Dənizdə İnsan Həyatının Qorunması Haqqında Beynəxalq Konvensiya
- Dənizdə Gəmilərin Toqquşmasının Qarşısının Alınmasına Dair Beynəlxalq Qaydalar haqqında Konvensiya
- Dənizçilərin Hazırlanmasına, Onlara Diplom Verilməsinə və Növbə Çəkməyə Dair Beynəlxalq Konvensiya

Bu sazişlərin dünya dövlətləri tərəfindən qəbul edilmə nisbəti 96%-dən çoxdur. Sözügedən müqavilələr naviqasiya cihazları və sistemlərinin inkişafı ilə paralel olaraq zamanla edilən tənzimləmələrlə yenilənir. Naviqasiya xətaları və çatışmazlıqlarında yaranan itkiləri minimuma endirmək və naviqasiya təhlükəsizliyini artırmaq, xüsusən də müşahidə və rabitə (naviqasiya, rabitə) sahəsində texnoloji inkişaflardan maksimum dərəcədə faydalanmaq hədəflənir. Bu gün də bu proses davam edir. SOLAS konvensiyası bütün dəniz təhlükəsizliyi sənədləri arasında ən mühümüdür. İlk versiyası 1914-cü ildə Titanik gəmisinin qəzasından sonra qəbul edilmiş və daha sonra 1929 və 1948-ci illərdə yenidən nəşr olunmuşdur. Dənizdə İnsan Həyatının Qorunması haqqında konvensiya 1960-cı ildə IMO tərəfindən təsdiq edilmişdir və bununla da dördüncü nəşr təhlükəsizlik konfransından sonra təqdim edildi. Bu versiyanın mütəmadi olaraq dərc olunacaq dəyişikliklərlə aktuallaşdırılması məqsəd kimi qoyulmuşdu. Lakin, müəyyən edilmişdir ki, yenilənmə proseduru qanuna daxil edildiyi üçün dəyişiklikləri qəbul edib ağlabatan müddət ərzində qüvvəyə mindirmək mümkün deyil. Odur ki, 1960-cı ildə qəbul edilmiş konvensiyaya daxil edilən bütün əlavə və düzəlişlər də daxil olmaqla, tamamilə yeni versiyanın qəbul edilməsi qərara alındı. Dənizdə naviqasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı qaydalar Dənizdə İnsan Həyatının Qorunması Beynəlxalq konvensiyasının (SOLAS) V bölməsinə əlavə edilmişdir. Bu qaydalar müasir kapitan körpüsü sistemlərinə aid 12, 18, 19, 19-1, 19-2 və 20-ci qaydalarından ibarətdir [1].

Konvensiyanın naviqasiya avadanlığının daşınması üçün şərtlərini müəyyən edən 12-ci Qayda (Gəmidə quraşdırılmış naviqasiya avadanlığı), 1978-ci il protokolu ilə dəyişdirilmiş və sonra 1 sentyabr 1984-ci ildə qüvvəyə minən 1981-ci il düzəlişləri ilə tamamilə yenilənmişdir və 2002-ci ilin iyulunda edilən dəyişikliklərlə son formasını almışdır. Bu tələblər gəminin ölçüsündən və tikildiyi ildən asılıdır və kompas (maqnit və girokompas), radar, ARPA (Radio ilə aşkarlama və hədəf təyini sistemi), exalot, laq, məsafə göstəriciləri, sükan bucağı, pervanənin dövürlər sayı, pərvanənin fırlanma sürəti göstəriciləri və radio istiqaməti təyin edən cihazlara aiddir. 12-ci qayda çərçivəsində gəmilərdə quraşdırılması məcburi olan əsas naviqasiya qurğuları cədvəldə təqdim olunur. Bu cihazlar BDT tərəfindən müəyyən edilmiş performans standartlarına uyğun olmalıdır. Günümüzdə inteqrasiya edilmiş Kapitan Körpüsü Sistemləri konsepsiyası gündəmdədir. Bu konsepsiyada bütün sensor məlumatlarını bir mərkəzdə toplamaq və iş stansiyalarından mərkəzləşdirilmiş şəkildə komanda-nəzarət fəaliyyətlərini həyata keçirmək məqsəd kimi qarşıya qoyulmuşdur.

18-ci Qaydada UQD (Ultra Qısa Dalğa) stansiyası ilə bağlı məsələlər müəyyən edilmiş və bununla bağlı məsələlər Dənizdə İnsan Həyatının Qorunması Beynəlxalq konvensiyasının (SOLAS) IV bölməsində öz əksini tapmışdır. IV Bölmə (Radio rabitəsi) 1988-ci ildə Qlobal Dəniz Fəlakət Əmniyyətli Rabitə Sistemi (GMDSS) daxil etmək üçün tamamilə yenidən işlənmişdir. Düzəlişlər 1 fevral 1992-ci il tarixindən qüvvəyə minmişdir. Keçid dövrü 1999-cu il fevralın 1-dək davam etmişdir. Morze əlifbası bu tarixdən dayandırılmışdır və beynəlxalq səfərlərdə 300gt və yuxarı olan bütün gəmilər üçün mümkün qəzadan sonra sağ qalma şansını artırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Sistemə aid olan cihazların gəmilərdə quraşdırılması məcburidir. Bu cihazlara EPIRB və SART cihazlarıda daxildir. Bunlar qəzaya uğramış gəmilərin və ya sağ qalanların yerini müəyyən etmək üçün istifadə olunur.

19-cu Qaydada Avtomatik Sükan İdarəetmə sistemi ilə bağlı məsələlər müəyyən edilmişdir. Reqlamentə əsasən, Avtomatik Sükan İdarəetmə sistemləri nəqliyyatın sıxlığı yüksək olan ərazilərdə, məhdud görünüş şəraitində və təhlükəli vəziyyətlərdə dərhal əl ilə idarəetməyə keçməyə imkan yaratmalıdır. Bu məsələ ilə əlaqədar SOLAS-ın V hissəsinə 2000-ci ildə əsaslı düzəlişlər edilmiş və yenilənərək 1 iyul 2002-ci il tarixindən qüvvəyə minmişdir. Yenilənmiş bölmə öz xüsusiyyətləri ilə gəmilərdə Avtomatik Tanınma Sisteminin (Automatic Identification System-AİS) tətbiqi öhdəliyini də qoydu.

Gəmilərdə quraşdırılması məcburi olan modern naviqasiya cihazları

Gəmi qrupu / **Naviqasiya cihazları**	**150 gt və daha çox olan gəmilər**	**500gt və daha çox (1 sentiyabr 1984-cü ildən sonra inşa edilən) gəmilər. 1600gt və daha çox (1 sentyabr 1984-cü ildən sonra inşa edilən) gəmilər**	**1600gt və daha çox gəmilər**	**10000gt və daha çox gəmilər**
Standart maqnit kompası	X	X	X	X
Sükançının maqnit kompası	X	X	X	X
Pelenq götürmə cihazları	X	X	X	X
Girokompas		X	X	X
Radar məlumatlarına əsasən hədəfdən sovuşmanı asanlaş-dıran vasitələr		X	X	X
Avtomatik Radar Sovuşma Dəsdəyi (ARPA)				X
Sükan bucağının və hər bir pervanənin fırlanma sürətinin göstəriciləri		X	X	X
Exalot			X	
Radio istiqamət təyin edici cihazlar			X	

SOLAS-ın V bölməsinin 19-cu qaydasına əsasən sərnişin gəmiləri ve tankerler istisna olmaqla 300 gt-dan böyük, 50000gt-dan kiçik gemilərdə en geci 31 dekabr 2004 tarixinə qədər **Avtomatik Tanınma Sisteminin (AİS) tətbiqi öhdəliyini qoyulmuşdur.** AİS ilə təchiz edilmiş gəmilər, beynəlxalq müqavilələrdə məhdudiyyət olmadığı halda, bu cihazı daim açıq saxlamalıdırlar. *SOLAS-ın V bölməsinin 19-cu qaydası eyni zamanda gəmilərdə kağız xəritədən istifadə məcburiyyətini aradan qaldırmaq məqsədi ilə Elektron Xəritə Displeyi və İnformasiya Sisteminin istifadəsinə də imkan yaratmışdır* [2].

*SOLAS-ın V bölməsinin 20-ci qaydasında isə beynəlxalq sularda üzən və həmçinin tonnajına görə gəmilərdə qəzaların araşdırılması məqsədi ilə Səs və Verilənlərin Qeydi cihazı (***V**oyage **D**ata **R**ecorder –VDR) *barədə məcburi tələblər öz əksini tapmışdır.*

SOLAS-ın V bölməsi əsasən naviqasiyanın təhlükəsizliyindən bəhs edir və gəmi heyyəti və gəmi sahibləri üçün hüquqi öhdəlikləri və prinsipləri müəyyən edir. V fəsil həmçinin beynəlxalq ticarətlə məşğul olan ticarət gəmilərində yenilənmiş performans standartlarına uyğun olaraq quraşdırılmalı olan naviqasiya sistemlərini ehtiva edir. V fəsil ticarət gəmilərinin qəzalarında insan səhvinin payını minimuma endirmək məqsədini daşıyır və təhlükəsiz naviqasiya üçün texniki avadanlıqlara daha çox ehtibar edir.

Hazırda gəmilərin Kapitan körpülərində istifadə olunan müasir naviqasiya sistemləri və ya cihazları SOLAS qaydalarının həyata keçirilməsi nəticəsində yaranıb və müasir Kapitan körpüsü naviqasiya sistemləri kimi istifadə olunur. Bu gün yüksək texnologiyalı elektron cihazlar əsas müasir Kapitan körpüsü naviqasiya cihazları kimi istifadə olunur. Bunlar aşağıdakılardır.

- Avtomatik Tanınma Sistemi (Automatic Identification System-AİS).
- Avtomatik Radar Çəkiliş Qurğusu (Automatic Radar Plotting Aids-ARPA).
- Qlobal Mövqe Sistemi (Global Positioning System-GPS).

- Diferensial Qlobal Mövqe Sistemi (Differential GPS).
- LORAN-C
- Elektron Xəritə Displeyi və İnformasiya Sistemi (Electronic Chart Display and Information System-ECDİS).
- Elektron Mövqe Göstərmə Radio Mayakı (Electronic Position Indicating Radio Beacon EPİRB).
- Axtarış Xilasetmə Verici və Qəbuledicisi (Search And Rescue Transponder-SART).
- Naviqasiya Teleks ötürücüsü (Navigational Telex-NAVTEX).
- Səs və Verilənlərin Qeydi (Voyage Data Recorders-VDR).
- İnteqrasiyalaşmış Kapitan körpüsü Sistemləri (Integrated Bridge Systems-İBS)

Sonuncu düzəlişlərdə SOLAS-ın V bölməsindəki modern naviqasiya cihazlarına AİS və VDR cihazlarıda əlavə edilmişdir [3].

Avtomatik Tanınma Sisteminin (ATS) BDT tərəfindən 1997-ci ildə yayımlanan MSC.74 (69), Annex 3 (Chapter 6) rezulyasiyasına uyğun olaraq gəmilərdə tətbiqi rəsmi xarakter almışdır. 2004-cü ildən hazıradək Dənizdə İnsan Həyatının Qorunması (SOLAS) beynəlxalq konvensiyasının V bölməsinin tələblərinə uyğun olaraq 300 GRT və daha böyük nəqliyyat, ticarət gəmiləri üçün tətbiqi məcburi xarakter almışdır.

Gəmilərə əsasən 2 növ ATS yerləşdirilir.

- A-klas
- B-klas

A-klas ATS-lərdə istifadə edilən modellər SOLAS-ın tələblərinə uyğun olaraq əsasən beynəlxalq səfərlər edən nəqliyyat gəmilərində istifadə edilir və daha çox məlumatı ötürmə funqsiyasına malikdir.

B-klas ATS-lərdə istifadə edilən modellər isə A-klas ATS-lər istifadə edilməyən digər gəmilərdə istifadə edilir. (Uzunluğu 15 metirdən çox olan gəmilər, 12 nəfərdən artıq sərnişin daşıyan gəmilər, təhlükəli yük daşıyan bütün gəmilər, bələdçi gəmiləri, axtarış-xilasetmə gəmiləri, təchizat gəmiləri və. s)

ATS gəmilərdə geniş şəkildə istifadə edilən, gəmilərin daha əmniyyətli şəkildə üzməsini təmin edən izləmə-nəzarət sistemidir. Sistemin məqsədi sahil və ya dəniz vasitələrindən gəmiyə yönəlmiş hərhansı bir sualın vaxtında avtomatik şəkildə cavablandırılmasıdır. Yəni maraq döğuran suallar öncədən cavablandırılmış şəkildə təqdim edilir.

ATS vasitəsi ilə dəniz və sahil vasitələrinə daimi verilən məlumatlar:

- Gəminin vacib texniki məlumatları
- Gəminin şəxsi məlumatları
- Gəminin xarakteristikas
- Mövcud səfər barədə məlumatlar
- Gəminin draftı
- Gəminin çıxış və giriş limanları
- Gəminin təyinat limanına təxmini gəliş vaxtı
- Gəminin kordinatları
- Gəminin kursu
- Gəmidə yerli vaxt
- Gəminin hərəkət vəziyyət
- Gəminin sürəti

ATS gəmilərdə Ultra Qısa Dalğa (UQD) və Qlobal Dəniz Fəlakət Əmniyyətli Rabitə Sistemi (QDFƏRS) qurguları ilə əlaqəli şəkildə işləyir. Lazım gəldikdə ATS vasitəsi ilə lazımi üzən və sahil vasitələri ilə mesajlaşmaqda mümkündür (şəkil 1).



Şəkil 1. *ATS-in (Avtomatik Tanınma Sistemi) ekran görüntüsü mövcud olan avadanlığı*

Texnologiyanın bu qədər inkişafı ilə əlaqədar gəmilərdə quraşdırılmış ECDİS sistemi, inkişaf etmiş RADAR sistemi mövcuddursa, nə üçün məhz ATS-ə ehtiyac olduğu sual doğura bilər. Əslində məqsəd adından da məlum olduğu kimi sadədir. Gəmi ətrafında bütün gəmilərlə qarşılıqlı bir RADAR sistemi kimi davranır. Sahil mühafizə qrumlarından gələn kömək tələblərinə qarşılıq verir. Toqquşmanın olması ehtimal edilən vəziyyətlərdə öncədən toqquşmanın qarşısının alınması üçün müvafiq addımların atılması üçün köməklik göstərir. Bu sistem axtarış-xilasetmə əməliyyatlarında və ya təcili təxirə salınmaz vəziyyətlərdə digər gəmilərdən kömək göstərilməsini istəyə bilir. ATS-in ən üstün cəhətlərindən biridə yaranmış qəza vəziyyətlərində gəmi mövqelərini, digər vacib məlumatları yaddaşında saxlayıb lazım gəldikdə araşdırma zamanı təqdim edərək məsuliyyətin və səhvlərin üzə çıxmasında böyük rol oynamasıdır. Buda sanki gəmidə quraşdırılmış Səs və Verilənlərin Qeydi (Voyage Data Recorders-VDR) cihazının funqsiyasını müəyyən qədər əvəz edir. Eləcədə gəmilərə bəzi üzüş rayonlarında edilən terror hücumları zamanı Distress (həyacan) siqnalının ötürülməsində çox böyük önəmə malikdir.

AİS eyni zamanda VHF UQD-dən istifadə edərək məlumatları ötürmək funqsiyasına malikdir. Beləki normal yayında çıxış gücü 12,5Vt, həyəcan vəziyyətlərində isə çıxış güçü 25Vt-dır. Sistem "Özünü Nizamlayan Zaman Bölgüsünün Çoxsaylı Girişi" (Self Organizing Time Division Multiple-Access SOTDMA) yayım texnologiyasından istifadə edərək hər 2 saniyədən bir ötürülən siqnala nəzarət edib müvafiq yeniləmə edərək təhlükəsiz və sağlam şəkildə siqnalın göndərilməsini təmin edir. AİS 25kHs və 12,5kHs tezliklərin hər ikisini də istifadə edərək simplex şəkildə hər kanalda 2250 slot/dəqiqə transmisiya miqdarı ilə 9600 bits/saniyə sürətində məlumat ötürmə və qəbul etmə qabiliyyətinə malikdir. İşçi tezlikləri A1 rayonu üçün UQD kanalında 161,975MHs, A2 rayonu üçün isə FM kanalında 162,025MHs-dir. Hər bir sistemdə olduğu kimi bu sittemində mənfi və çatışmayan cəhətləri mövcuddur. Əgər ATS hərhansı bir gəmidə quraşdırılmayıbsa və ya söndürülübsə, onda həmin gəmini gəmimizdəki ATS-in monitorunda müşahidə edə bilməyəcəyik. Bundan əlavə UQD aparatında hər hansı bir nasazlıq baş verərsə, onda bu nasazlıq ATS-in siqnal ötürüb qəbul etməsində də özünü biruzə verəcəkdir. Qısa olaraq qeyd etmək yerinə düşər ki, sadəcə ATS-ə arxayın olaraq səfərə çıxmaq və üzüşü reallaşdırmaq çox böyük riskdir. ATS stansiyasının siqnallarının əhatə dairəsi sistemin quraşdırıldığı ərazinin coğrafi şərtlərindən, hidrometeoroloji şəraitdən, antennasının yüksəkliyindən, əsas cihazın hissələrinin keyfiyyətindən və istismar dəqiqliyindən və sair amillərdən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Normal ATS stansiyasının siqnalının əhatə etdiyi ərazi 15-20 dəniz

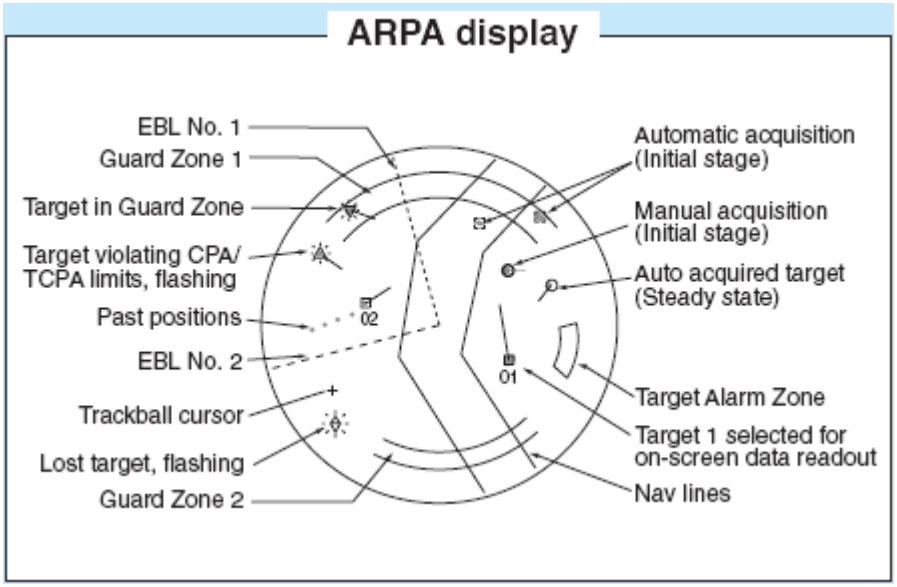
milinə (25-35 km) qədər olur. Yüksək keyfiyyətlərə malik ATS stansiyalarının siqnal gücü və həmçinin məlumat mübadiləsi həyata keçirdiyi əsazinin uzaqlığı isə 60-70 milə (110-130km) qədər ola bilir [4, 5, 6].

Avtomatik Radar Çəkiliş Qurğusu (Automatic Radar Plotting Aids-ARPA) Radio ilə aşkarlama və hədəflərin təyini sisteminə (Radio Detection and Ranging Device-RADAR) inteqrasiya etdirilmiş ayrıca qurğudur. RADAR-a inteqrasiya etdirilmiş ARPA qurğusu RADAR tərəfindən aşkar edilmiş hədəfləri hədəf izləmə və nəzarətə götürmə diapozonu vasitəsi ilə 0,1-32 dəniz mili məsafəsində müxtəlif simvollarda nümayiş etdirir. RADAR tərəfindən aşkar edilmiş hədəf ARPA tərəfindən əvvəlcə kvadrat simvol kimi nümayiş etdirilir. Sonra (təxminən 1 dəqiqədən az müddətdə) kvadrat simvol kimi nümayiş etdirilən simvol dairəvi simvola çevrilərək üzərində hədəfin nisbi hərəkət vektoru əks edilmiş simvol kimi nümayiş olunur. Sözü gedən vektorun uc hissəsi hədəfin o andakı hərəkətinin istiqamətini, ümumi uzunluğu isə 0,5-30 dəqiqədən sonra hədəfin olması ehtimal edilən yeri təyin edir (şəkil 2).



Şəkil 2. *Radio ilə aşkarlama və hədəflərin təyini sistemində Avtomatik Radar Çəkiliş Qurğusunun simvolları əks edilmiş ekran görünüşü*

ARPA eyni zamanda hərəkətdə olan hədəfin hərəkət müddətində operatorun seçimdən asılı olaraq getdiyi yolun izini də nümayiş etdirir. ARPA-nın əsas funksiyalarından biridə RADAR ekranında real vaxt rejimində aşkar edilmiş hədəflərin hər hansı birinin istifadəçiyə qarşı yaranan taqquşma təhlükəsi ehtimalını istifadəçi tərəfindən parametirlərdə müvafiq nizamlama edilərsə öncədən təyin edilmiş məsafə limitini aşdığı andan ehtibarən dairəvi simvolun üçkünc simvola çevrilərək parlama müşayəti ilə qırmızı rəngdə vizual və səsli qəza siqnal xəbərdarlığı verməsidir. ARPA qurğusu RADAR tərəfindən aşkarlanmış hədəflərin istifadəçiyədək olan məsafəsini, istifadəçidən olan pelenqini (şimala görə istiqamət bucağını), kursunu, sürətini, hədəf hərəkətdədirsə, istiqamətini, toqquşma təhlükəsinin ən yaxın məsafəsini, toqquşma təhlükəsinin ən yaxın məsafəsinin vaxtını nümayiş etdirmək funqsiyasını özündə ehtiva edir. Üzüş zamanı RADAR ekranında şimal yuxarı, əsas yol xətti yuxarı və həqiqi hərəkət müşahidəsi rejimlərindən biri seçilə bilər. Bununla bərabər RADAR ekranın seçilərək nəzarətə götürülmüş hər hansı təhlükəsinin olması ehtimal edilən hədəfin hər zaman həqiqi pelenq, həqiqi kurs və mütləq və ya nisbi sürət məlumatlarını əks edilir (şəkil 3).



Şəkil 3. *Radio ilə aşkarlama və hədəflərin təyini sistemində Avtomatik Radar Çəkiliş Qurğusunun simvolları əks edilmiş ekranın sixematik görünüşü*

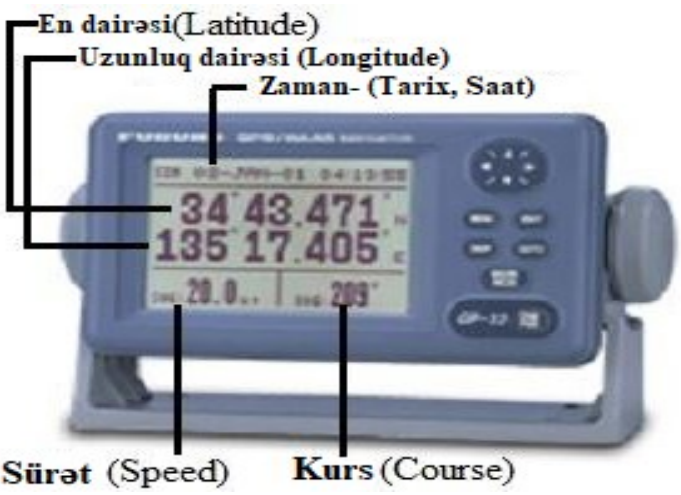
Ümumiyyətlə, ARPA qurğusu işə salınmış RADAR sistemində aşkarlanmış hədəflərin iki müşahidə rejimi mövcuddur. Bulardan biri həqiqi hərəkət müşahidəsi rejimi, digəri isə nisbi hərəkət müşahidəsi rejimidir. Həqiqi hərəkət müşahidəsi rejimini aktivləşdirdikdə su üzərində aşkar edilmiş və yalnız hər hansı bir hərəkətə malik hədəfin simvol görünüşündə hərəkət istiqamətini təyin edən vektor müşahidə edilir. Nisbi hərəkət müşahidəsi rejimini aktivləşdirdikdə isə su üzərində aşkar edilmiş hərəkət edib etməməsindən asılı olmayaraq bütün hədəflərin (gəmilər, buylar, platformalar və s.) simvol görünüşlərində istifadəçinin hərəkət istiqamətindən asılı olaraq, istifadəçiyə nəzərən istiqaməti təyin edən vektor müşahidə edilir. Yəni RADAR sistemində aşkarlanmış bütün hədəflər ARPA-nın nisbi hərəkət müşahidəsi rejimində istifadəçinin hərəkətindən asılı olaraq istifadəçiyə nəzərən istiqamət vektorları ilə müşahidə edilir. RADAR-ın bir neçə istisna xaricində illərdir istifadə etdiyimiz xəritələrin dəqiqliyindən heçbir asılılığının olmaması və real vaxt rejimində üzüşü təhlükəsiz həyata keçirmə prosesində üstünlüyə malik Kapitan körpüsündə ən vacib köməkçi naviqasiya vasitəsi olması reallığı təqzibedilməz həqiqətdir [7, 8].

Qlobal Mövqe Sistemi (Global Positioning System-GPS) ilk dəfə Amerika Birləşmiş Ştatları tərəfindən hərbi məqsədlər üçün qurulmuş bir sistemdir. Bu sistem yerdəki hündürlüyü, mövqe və zaman məlumatlarını zamana və məsafəyə əsaslanaraq dəqiqliklə müəyyən edən bir peyk sistemidir. Sistem 1973-cü ildə hazırlanmış və dünya orbitinə yerləşdirilmiş 24 peyk ilə işə başladı. 1980-ci ildə isə mülki şəxslərin istifadəsinə verildi. Sistem bu gün 32 peyk ilə fəaliyyətini davam etdirərkən 8 peyk ehtiyat olaraq saxlanılır. Bu peyklər GPS cihazlarından gələn siqnalları aşkar edərək onların mövqelərini təyin etməyə çalışırlar. Bu gün GPS sistemi hər kəs tərəfindən istifadə edilə bilər və bu istifadəyə heç bir məhdudiyyət və maddi tələb qoyulmur (şəkil 4).

Nəzərə almaq lazımdır ki, sistemə nəzarət edən ölkələr istənilən vaxt sistemi söndürə bilər. Odur ki, ənənəvi üsullardan istifadə edərək mövqe təyin etməyi bacarmaq hər bir istifadəçinin ən başlıca vəzifələrindən biri olmalıdır. Siztem 3 bölmədən ibarətdir. Bunlar: Peyk bölməsi, İdarəetmə bölməsi və İstifadəçi bölməsidir.

Peyk bölməsi yer orbitinə yerləşdirilmiş və sabit sürətlə fırlanan 32 ədəd peykdən ibarətdir. Peyklər ekvatora nəzərən 55^0 bucaq altında olan 6 müxtəlif orbital düzülüş üzrə yerləşdirilmişdir. Orbital düzülüşlər arasında 60^0 uzunluq fəqi var və hər bir istənilən orbitin peyki digər orbit peyikidən sağa 40^0 şimal hissədə yerləşdirilmişdir. Bu peyklər yüksəklikdə olduqları üçün bir

birlərini görüş sahələri olduqca böyükdür. Peyklərin orbitdə yerləşdirilməsi olduqca əhəmiyyətli məsələdir.



Şəkil 4. *Qlobal Mövqe Sisteminin (Global Positioning System-GPS) istifadəçi interfeysi*

İdarəetmə bölməsi əsas idarəetmə mərkəzi, monitorinq və yükləmə stansiyalarından ibarətdir. Əsas idarəetmə mərkəzi olan stansiya sistemin idarəetmə mərkəzidir. Monitorinq stansiyalarından məlumatlar gündə üç dəfə naviqasiya bülletenləri şəklində yükləmə stansiyasına göndərir. Stansiyada əmr, nəzarət, nəzarət və yükləmə işlərinin aparılması işləri həyata keçirilir və eyni zamanda peyklərin orbital düzülüşləri və düzəlişləri işinə də nəzarət edilir.Monitorinq stansiyaları bütün peykləri sutkanın 24 saatı izləyir. Bu stansiyalar təmamilə insansız, əsas idarəetmə mərkəzi tərəfindən məsafədən idarə edilmə üsulu ilə işlədilir. Monitorinq stansiyalarının funqsiyası peyiklər və orbitlər arası məsafələri, meteorolaji məlumatları, peyklərdə yerləşdirilmiş saatlar arasında yaranmış fərqləri əsas idarəetmə mərkəzinə göndərməkdən ibarətdir. Yükləmə stansiyaları təxminən 10 m diametrli parabolik antenalardan ibarətdir. Bu antenalar naviqasiya xəbərlərini, saat düzəlişlərini və nəzarət əmrlərini müvafiq olaraq peyklərə göndərir.

İstifadəçi bölməsi istifadəçinin yerini təyin edən istifadəçi cihazından ibarət bölmədir. Belə ki, gəmilər, təyyarələr və digər nəqliyyat vasitələrində bu cihazlar yerləşdirilə bilər. Hətta mülki şəxslərin mobil telefonları da proqram təminatı olduğu təqdirdə istifadəçi bölməsinə aid edilə bilər.

Diferensial Qlobal Mövqe Sistemi (Differential GPS) Qlobal Mövqe Sistemində yaranan səhvləri aradan qaldırmaq üçün istifadə olunur. Bunun üçün sabit GPS qəbulediciləri mütləq şəkildə məlum olan stansiyalarda quraşdırılır. Bu qəbuledicilər peyklərdən aldıqları siqnallara əsasən quraşdırıldıqları mövqeləri tapırlar. Ölçmə səhvləri bu mövqelərin məlum düzgün koordinatlarınının digər GPS qurgularının kordinantları ilə müqayisə edilərək müəyyən edilir. Stansiya ölçmə xətalarını düzəldərək yenidən GPS istifadəçisinə göndərir. Gəmidə və ya təyyarədəki qəbuledici cihaz göndərilən siqnalları qəbul edərək öz düzəlişlərini hesablayaraq tətbiq edir. İstifadəçi mövqeyinin təyini zamanı baş verən xətaların hesablamalarına nəzər yetirdikdə məlum olur ki, GPS istifadəçilərində xəta maksimum 33,3 metr, Differential GPS istifadəçilərində isə xəta maksimum 3,3 metrdən ibarət olur. Buda öz növbəlində onu deməyə əsas verir ki, Differential GPS istifadəçi cihazı daha dəqiq və inanılmış məlumatlar təqdim edir [9, 10].

Nəticə. Kompüter texnologiyasının tətbiqi gəmilərdə naviqasiya təhlükəsizliyi baxımından yeni bir cığır açmışdır. AİS, ARPA radarları, ECDIS, VDR, GPS, DGPS, NAVTEX, EPIRB, Peyk rabitə sistemləri, girokompaslar, laqlar, exalotlar və bu kimi qurğular məlumat mübadiləsi vasitəsi ilə idarəetmə mərkəzində yığılaraq idarəetmə məqsədləri üçün bir monitora yerləşdirilmiş konsollar vasitəsilə istifadəçiyə təqdim olunur. Bu konsepsiya bir-birlərinə inteqrasiya edilmiş Kapitan körpü

Sistemi adlanır və bu konsepsiya gəmilərdə işləyən heyyətin sayını gündən günə əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Məlum olduğu kimi gəminin səfər planı xəritə üzündəki mövqe, istiqamət və səfərin başlanğıc nöqtəsindən bitmə nöqtəsinədək olan məsafəni hesablamağa əsaslanır. Hazırda Kapitan körpüsündə yerləşdirilən bütün müasirləşdirilmiş və bir birlərinə inteqrasiya etdirilmiş əsas və köməkçi naviqasiya vasitələri qeyd edilmiş bu 3 elementin xətalarının ən az olması şərti ilə təyin edilməsinə yönəlmişdir. Bu elementlərdən ən vacibi isə mövqe məlumatlarıdır. Mövqe məlumatları olmadan digər elementlərin heç bir önəmi qalmır. Mövqe məlum olduqdan sonra istiqamət və məsafə məlumatları öz əhəmiyyətini qazanmış olur. Bir digər tərəfdən günümüzdə zaman ölçümü də çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Çünki, elektronika və kompüter texnologiyalarının gəmilərin Kapitan körpülərində son 50 ildə logoritmik şəkildə davam edən bir inkişaf yolu keçməsində zaman məvhumu həssaslığa və dəqiqliyə böyük təsirə malik xüsusiyyətlərdən biri kimi öz yerini daim qoruyur. Gəmilərdə inkişaf etdirilən bütün naviqasiya üsullarında ən mühüm element naviqasiya təhlükəsizliyidir ki, buda öz növbəsində bir başa insan həyatının qorunmasına sirayət edir. Nəticə ehtibarı ilə gəmilərdə müasir naviqasiya cihazlarının gəminin və insan həyatının təhlükəsizliyinə təsirlərinin incələdiyim zaman gəldiyim qənaətə görə dəniz ticarətində gəminin faydalı iş əmsalı ilə insan əmniyyətinin bir birlərindən ayrılmaz bir parça olduğunun bir daha şahidi oldum. Bu iki amil birlikdə dünya iqtisadiyyatında strateji əhəmiyyətə malik böyük bir maddi yükü daşıdıqlarına görə hazırki dövürdə hələki bir birlərindən ayrı müstəqil sərbəstliyə malik deyillər. Nörveç alimləri tərəfindən araşdırmaların nəticəsi olaraq məlum olmuşdur ki, gəmilərin Kapitan körpülərinə yerləşdirilmiş müasir naviqasiya vasitələrinin istifadəsindən sonra gəmilərin saya oturma riski 40% azalmışdır. Düzgün səfər planlanmasından asılı olaraq müasir Kapitan körpüsü naviqasiya sistemi zaman və yanacaq sərfinə qənaət edərək gəminin əmniyyətli şəkildə səfər etməsinə və eləcədə baş verən qəzaların azalması səbəbindən sğorta işlərinin də sadələşməsi avantajlarını öz bərabərində gətirir.

Ədəbiyyat

1. IMO, 6 January 2003, MSC/Circ.1061, Guidance for the Operational Use of Integrated Bridge Systems (IBS).
2. YALÇIN, C. (2004):, SOLAS Değişiklikleri.
3. AKTEN, N. (2006): Sophisticated Bridge Equipment, European Journal of Navigation, February 2006, Thomas Reed Publications, Holland,17-22.
4. IMO (2003): 6 January 2003, Guidelines for the Installation of a Shipborne Automatic Identificatıon System (AIS), Circ.227. London.
5. IMO,(2004): 28 May 2004, Guidance on the Application of AIS Binary Messages, SN/Circ.236.
6. Mokhtari, A.H., Wall, A., Brooks, P. ve Wang, J. (2007). Automatic identification system (AIS): Data reliability and human error implications. *The Journal of Navigation*, 60(3), 373-389.
7. Using Radar The Basics of Automatic Radar Plotting (ARPA) by Chuck Husick
8. Dz.K.K. Hidrografi NeGriyatı, Radar Plotlaması, İstanbul, 1981.
9. BEADLES, J.T. (1995): Introduction to GPS Applications - How GPS and GNSS Works.
10. KAHVECİ Muzaffer, Ferruh YILDIZ, GPS (Global Konum Belirleme Sistemi), Nobel Yayın Dağıtımı, Ankara, 2007.

Məqalə qəbul olunub: 02.05.23
Tövsiyə edib: prof. Rüstəmov Z.Ə.

UOT 629.7

PEYK VƏ İNERSİAL NAVİQASİYA ƏSASLI İSTİQAMƏTLƏNDİRMƏ SİSTEMİ

[1]Həzərxanov Ə.T., [2]İsmayılov N.M., [1]Qədiməliyev R.Q.

[1]Heydər Əliyev adına Hərbi İnstitut
Bakı şəh., Polad Həşimov küç., 9
[2]Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pros., 25
E-mail: enver-xan@mail.ru, aga_n@inbox.ru, qadimaliyev6521830@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə pilotsuz aparatların köməyi ilə həll edilən və onların bütün lazımi avadanlıqlarla təchizat məsələləri nəzərdən keçirilmişdir. Pilotsuz aparatları Peyk və İnersial naviqaisya əsaslı İstiqamətləndirmə Sistemi (PİNİS) ilə təchiz etməklə inert sensorlar və GPS cihazı ilə vahidləşdirilmiş, aşağı dəyərli naviqasiya sisteminin yaradılması təklif edilmişdir.*

Ümumi GPS/İNS münasibətləri, PNS vasitəsilə açılan imkanlar, alternativ naviqasiya sisteminin inkişaf mərhələsində olan üstünlüklər araşdırılmışdır. İstifadə edilən PNS-lər analiz edilərək, üç qlobal peyk naviqasiya sistemləri olan GPS, GLONASS və GALİLEO eyni vaxtda işləməsinə əsas üstünlük verilmişdir. Platformasız qarışıq İNS funksional sxeminin qurulması və Eyler-Krılov bucaqlarına uyğun platformasız mövqeləşmə blokunun PİNİS-ə tətbiqi məsələsi həll edilmişdir.

Abstract. *The article deals with issues that can be solved with the help of unmanned aerial vehicles and their equipment with all necessary equipment. By equipping unmanned vehicles with a satellite and inertial navigation system (SINS), it is proposed to create a unified, low-cost navigation system with inertial sensors and a GPS device.*

The general communications of GPS/INS, the possibilities opened by PNS, the advantages of an alternative navigation system at the development stage are investigated. The analysis of the used PNS was carried out and the main priority was given to the simultaneous operation of three global satellite navigation systems: GPS, GLONASS and GALILEO. The issue of constructing a functional diagram of a strapdown mixed INS and applying a strapless positioning unit at Euler-Krylov angles to SINS has been solved.

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы, решаемые с помощью беспилотных аппаратов и их оснащения всем необходимым оборудованием. За счет оснащения беспилотных аппаратов спутниковой и инерциальной навигационной системой (СИНС) предлагается создать унифицированную, недорогую навигационную систему с инертными датчиками и устройством GPS.*

Исследованы общие связи GPS/INS, возможности открываемые ПНС, преимущества альтернативной навигационной системы на стадии разработки. Проведен анализ используемых ПНС и основной приоритет отдан одновременной работе трех глобальных спутниковых навигационных систем: GPS, ГЛОНАСС и GALILEO. Решен вопрос построения функциональной схемы безплатформенной смешанной ИНС и применения к СИНС безплатформенного блока позиционирования по углам Эйлера-Крылова.

Açar sözlər: *pilotsuz aparat, verici, peyk naviqasiyası, inersial naviqasiya, informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri*

Key words: *unmanned vehicle, sensor, satellite navigation, inertial navigation, information-measuring and operating systems*

Ключевые слова: *беспилотный аппарат, датчик, спутниковая навигация, инерциальная навигация, информационно-измерительные и управляющие системы*

Pilotsuz aparatlarını (PA) bir neçə növ ilə fərqləndirirlər:

Pilotsuz idarəolunmayan və pilotsuz avtomatik;

Pilotsuz məsafədən idarə olunan aparatlara misal olaraq aşağıdakıları göstərmək olar:

PA-lar funksional təyinat baxımından bir neçə parametrlərə görə bölünürlər. Bunlar: çəki, vaxt, məsafə və hündürlük kimi qarşılıqlı əlaqəli parametrlərdir.

Pilotsuz qurğular növbəti siniflərə bölünürlər:

"Mikro" (şərti ad) - çəkisi 10 kiloqrama qədər, faydalı işləmə müddəti təxminən 1 saat;

"Mini" - çəkisi 50 kiloqrama qədər, faydalı işləmə müddəti 10 saata qədər;

“Orta” (Midi) - çəkisi 1000 kiloqrama qədər, faydalı işləmə müddəti təxminən 10-12 saat;

“Ağır” - 20 km-dək uçuş hündürlüyü, faydalı işləmə müddəti təxminən 24 saat və ondanda artıq [7, səh. 41-63].

Pilotsuz aparatlar geniş istifadə diapazonuna malikdirlər. Elmi araşdırmalarda və tətbiqi xarakterli problemlərin həllində aşağıdakı müxtəlif sahələrdə istifadə olunurlar:

- Kiçik obyektlərin müəyyən edilməsi;
- Hava hərəkətinin idarə olunması;
- Uzaq və çətin relyefli ərazilərdə;
- Təbii fəlakətlər və bədbəxt hadisələr zamanı;
- Müvəqqəti aviasiya hava yollarında;
- Dəniz naviqasiyasına nəzarət;
- Gəmilərin axtarışı və tapılması;
- Limanlarda bədbəxt hadisələrin qarşısının alınması;
- Dəniz sərhədlərinə nəzarət;
- Balıqçılıq fəaliyyətinin tənzimlənməsinə nəzarət;
- Regional və regionlararası telekommunikasiya şəbəkələrində;
- Mobil televiziya və radio yayımları da daxil olmaqla kommunikasiya sistemlərində;
- Retranslyasiya;
- Naviqasiya sistemləri;
- Yerin aerofotoçəkilişi və nəzarət səthi;
- Aeroşəkil (Kartoqrafiya);
- Yoxlama razılıq öhdəçiliklərinə ("açıq səmanın" rejiminə) uyğun;
- Hidro-meteo şəraitə nəzarət;
- Ekoloji vəziyyətə nəzarət;
- Radiasiyaya nəzarət etmək;
- Kimyəvi nəzarət;
- Qazın və neft kəmərlərinin şərtlərinə (vəziyyətlərinə) nəzarət etmək;
- Seysmik ötürücülərin sorğusu;
- Kənd təsərrüfatı işlərinin və geoloji tədqiqatların təminatı;
- Torpağın xüsusiyyətlərini müəyyən etmək;
- Mineral araşdırma;
- Yerin üst qatının zondlanması (100 m dərinədək);
- Okeanoqrafiyada;
- Buzlaq ərazilərinin araşdırılması;
- Dənizin həyəcanlı vəziyyətini izləmək;
- Balıq karvanlarının axtarışı.

PA-nın köməyi ilə indi həll edilən məsələlər üçün onların bütün lazımi avadanlıqlarla təchiz olunmalarına ehtiyac var. Texniki təchizat baxımdan müasir PA idarə olunan prototipindən (təyyarə, gəmi, avtomobil və s. nəqliyyat vasitələri) üstün olur. Əlbəttə, PA-nın missiya baxımından müvəffəqiyyəti bütün bort sistemlərinin qüsursuz fəaliyyətindən asılıdır [7, səh. 26-45].

Niyə biz ən çox diqqətimizi bort nəzarət kompleksinə yönəldirik? Çünki insan faktorundan və idarəçilikdən asılı olaraq missiyanın uğurlu olub-olmamasına gətirib çıxarır və bu faktor həlledici olur [2, səh. 11-44].

Bu gün PNS vasitəsilə aşağıdakı imkanlar açılır:

- yüksək dəqiqliklə (bir neçə metrə qədər) yerləşdiyin nöqtəni təyin etmək;
- marşrutun sonuncu nöqtəsinə qədər gedib çatmaq və çıxdığın nöqtəyə qayıtmaq;
- yol kompüterində sürətin, məsafənin və sərf edilən zamanın əks olunması.

Hər bir peykin çəkisi 900 kq-dan artıq, uzunluğu isə 5 m-ə qədərdir. Radioötürücünün gücü 50 Vt-dan artıq deyil. Onlar üç tezlikdə siqnal ötürür. Mülki GPS qəbuledicilərinin tezliyi 1575.42 MHs-dir. Hər bir peyk 10 il müddətinə istismara hesablanmışdır.

PNS naviqasiya sahəsinin tələblərinə yüksək dəqiqliklə cavab verdiyindən bu sahədə geniş tətbiqini tapmışdır. Eyni zamanda müasir elektron avadanlığından istifadə edildiyi üçün etibarlılıq və dəqiqlik çox yüksəkdir. Bu da aviasiya və gəmiçilikdə əsas zəruri şərtlərdəndir. Lakin əgər peyk naviqasiya sistemi söndürülərsə, bu sistemdən istifadə qeyri-mümkün olar.

PNS qəbuledicilərinin hesablayıcıları həqiqi yerləşməni avtomatik təyin edən müxtəlif qurğularla təchiz edilmişdir. Bu yolla biz minimum üç peykdən siqnal almaqla Yer üzərindəki hər hansı bir nöqtənin koordinatlarını təyin edə bilərik. Bu cür keyfiyyətli hesabatları aparmaq üçün çox dəqiq saatlardan istifadə etmək lazımdır, çünki 10-3 saniyəyə qədər xətaya yol verilsə yanlışlıq 300 km-ə qədər ola bilər. Peyklərin bortunda atom saatları quraşdırılmışdır. Hər bir peykdə bu tip saatdan dörd ədəd olur ki, heç olmasa onlardan birinin mütləq işləməsinə zəmanət verilsin. Zamanın ölçülməsi üsulu atom tezlik standartına əsaslanır. Bu isə saatın 10-9 san. dəqiqliyi ilə işləməsini təmin edir.

Sirr deyil ki, obyektin sürətinin GPS vasitəsilə ölçülməsi Dopler effektinə əsaslanır.

Hal-hazırda mülki və hərbi məqsədlər üçün müxtəlif PNS-lərdən istifadə edilir. Onlardan bir neçəsinin işi ilə tanış olaq.

GPS sistemi indiki vaxtda qlobal miqyasda xidmət təqdimatını təmin edən yeganə peyk naviqasiya sistemidir. Peyk qruplaşması Geostasionar orbit (GSO) səthinə $64,5^0$ meyilliklə 6 orbital səthlərdə yerləşmiş 24 ədəd fasiləsiz işləyən peyklərdən ibarətdir. Ehtiyat peyklər də vardır. Hər bir peyk GPS qəbuledicisində işlənməsi 10m-dən çox dəqiqliyi təmin edən P kodunu və 20m ətrafında dəqiqliyi təmin edən C/A kodunu şüalandırır. 1978-ci ilin fevralında birinci GPS peykinin buraxıldığı andan indiyə kimi, GPS-dən başlayaraq və ardınca 12 GPS-IIR, 16–GPS-II/IIA və 2–GPS-IIR-M olmaqla 50-dən çox peyk buraxılmışdır.

Hal-hazırda üçüncü nəsil GPS-III naviqasiya sisteminə tələblər müəyyənləşdirilmişdir. Dünya üzrə iki iri Locheed Martin və Boeing istehsalçıları GPS-III yaradılmasının öz variantlarını təklif etməlidirlər.

Fəaliyyətdə olan GPS-III sistemi aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

- peykin gözlənilən həyat dövrü - 12÷18 il;
- hər bir peykin qiyməti - 100÷120 mln. dollar;
- iki peyk buraxılışı bir raketlə həyata keçirilir;
- mümkün maneələrlə mübarizə xeyli artmışdır və siqnalların intensivliyi - 20 dB;
- əlavə tədbirlər görülmədən yerləşmənin müəyyənləşdirilməsi dəqiqliyi - 1m.

Fəlakət və obyektlərin axtarışı siqnallarının qəbulu və ötürülməsi üzrə əlavə rabitə xidmətləri əlavə olunacaqdır.

Hal-hazırda orbital qruplaşmanın iki qurulma variantlarının müsbət cəhətləri və çatışmamazlıqları tədqiq olunur: hərəsində 4 peyk üzrə 6 səth və hərəsində 7 peyk olmaqla 3 orbital səth. GPS-III-in 2030-cu ilə kimi xidmət edəcəyi gözlənilir [5, səh. 29-33].

GLONASS - Qlobal Naviqasiya Peyk Sistemi 1978-ci ildə işlənib yaradılmışdır. Orbiti $64,5^0$ meyillikli 3 səthdə 24 peykdən ibarət tərkibdə orbital qruplaşma 1995-ci ildə fəaliyyətə başlamışdır. Yeri müəyyənetmə dəqiqliyi - C/A kodu üçün 30 metr, P kodu üçün isə 10 metrdir. Maliyyə

çətinlikləri səbəbindən 1998-ci ildən GLONASS orbital qruplaşmasına lazımı səviyyədə yardım olunmamışdır. Nəticədə fəaliyyətdə olan peyklərin sayı 9-a qədər ixtisar olunmuşdur.

2010-cu ilin axırına olan məlumatlara əsasən Rusiyanın 24 fəaliyyətdə olan peyki vardır. Eyni zamanda Rusiya və Hindistan GLONASS sistemini bundan sonra birlikdə işlətmək qənaətinə gəlmişdirlər. Hal-hazırda GLONASS sisteminin orbitdə ancaq 15 peyki vardır. Birinci modifikasiya olunmuş GLONASS-M peyki 26 dekabr 2004-cü ildə buraxılmışdır. Peykin testləşdirilməsi müvəffəqiyyətlə başa çatdırılmış və peyk işə salınmışdır. GLONASS-M peyki mülki istehlakçılar üçün iki siqnal ötürür və 7 illik istismar müddətinə malikdir. Yerin müəyyən edilməsi dəqiqliyi və zaman siqnallarının dəqiqliyi saatların temperatur stabilləşməsi dəqiqliynə görə iki dəfə artmışdır. GLONASS sisteminin etibarlılığı və bütövlüyü də yaxşılaşdırılmışdır. PM EİB-də 9 yeni GLONASS-M tipli peyklər işlənir [5, səh. 33-36].

GALİLEO proqramı Avropa Komissiyasının, Avropa İttifaqının və Avropa Kosmik Agentliyinin (ESA) təşəbbüsü ilə Avropanı öz müstəqil qlobal naviqasiya sistemi ilə təmin etmək və ilk növbədə GPS-ə rəqabət aparmaq məqsədi ilə yaradılır.

Avropa İttifaqı Şurası 1999-cu ilin fevralında naviqasiyanın mülki sisteminin yaradılmasını qərara almışdır. Yeni proqram tezliklə 80 mln. avroluq büdcə ilə GALİLEO adlandırılmışdır. GALİLEO sisteminə ümumi xərc (30 peyk və yerüstü seqment) 3800 mln. EUR miqdarında qiymətləndirilir. Sistemin yaradılması 3 fazaya bölünmüşdür. 1,1 mlrd. avro büdcəli GALİLEO sistemi işlənmə fazasına 2002-ci ilin mart ayında daxil oldu. Prinsipial həllərin testləşdirilməsi və yoxlanması üçün dörd peyk buraxılacaq. GALİLEO sisteminin sonrakı genişlənmə fazasının maliyyələşdirilməsinin 1/3 hissəsi büdcə mənbələrindən, 2/3 hissəsi isə fərdi şirkətlər tərəfindən nəzərdə tutulur. Büdcənin planlaşdırılmasının 2025-ci ildə tam başa çatdırılması gözlənilir. Ştat fəaliyyətinin axırıncı fazası GALİLEO sisteminin öz xərclərini ödəməsini nəzərdə tutur.

Əvvəldən GALİLEO-nun əsasında ESA-ya daxil olan 28 ölkə dururdu. Sonradan GALİLEO-ya Çin, İsrail, Ukrayna, Hindistan, Səudiyyə Ərəbistanı, Marokko və Koreya daxil oldular. Yuxarıda adları çəkilən digər dövlətlərlə bağlanmış müqavilələrdə onların GALİLEO-da müəyyən şərtlərlə iştirakı nəzərdə tutulur [5, səh. 37-39].

İRNSS. Hindistan hökuməti 9 may 2006-cı il tarixində və sonrakı 6-7 ildə 14,2 mlrd. ruppi büdcəli Hindistan Regional Naviqasiya Peyk Sisteminin (İRNSS) yerləşdirilməsinə nail olmuşdur. İRNSS peyk qruplaşması geosinxron orbitlərdə yeddi peykdən ibarət olacaqdır. Qeyd etmək lazımdır ki, İRNSS-dəki yeddi peykdən dördü ekvatorial səthə nəzərən orbitdə 29^0 meyilli yerləşdirilmişdir. Bütün yeddi peyk Hindistanın idarəedici stansiyaları ilə fasiləsiz radiogörünüşə malik olacaqdır. İRNSS peykləri Rusiyanın 1330 kq çəkili, günəş batareyalarının gücü 1400 Vt olan Kalpan-1 metroloji peykindəki kimi platformadan istifadə edəcəkdir [5, səh. 39-41].

Compass. Dünyada ən sürətlə inkişaf edən ölkə olan Çin də öz yeni Compass naviqasiya peyk sistemini yaratmağa başlamışdır. Compass naviqasiya peyk sisteminin kosmik seqmenti Geostasionar orbitdə 5 peykdən və orta Yer orbitində isə 30 peykdən ibarət olacaqdır. İki növ xidmət nəzərdə tutulacaqdır. Ümumi istifadə üçün işlənməsi 10 m dəqiqliklə yerləşdiyi yerin müəyyən edilməsini və 0,2 m/s sürət və 50 ns dəqiqliklə cari vaxtın müəyyən edilməsini təmin edən siqnal ötürüləcəkdir [5, səh. 39-41].

QZSS. Yaponiya QZSS-i ilk öncə 2002-ci ildə Yaponiya və Asiyanın qonşu cənub-şərq rayonlarındakı naviqasiya üçün çevik rabitə, yayım və geniş istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdu. QZSS üçün ilk peyk buraxılışı 2008-ci ilə planlaşdırılmışdı. 2006-cı ilin martında Yaponiya hökuməti elan etdi ki, ilk peyk kommersiya istifadəsi üçün nəzərdə tutulmayacaq və naviqasiya məsələlərinin həllinin təmin edilməsi marağına qəbul olunmuş qərarların işlənməsi üçün tam olaraq büdcə hesabına buraxılacaqdır. Ancaq ilk peykin uğurlu sınağından sonra ikinci mərhələ başlayacaq və sonrakı peyklər tam olaraq əvvəldən planlaşdırılmış xidmətlər həcmini təmin edəcəkdir [5, səh. 39-41].

Üç qlobal peyk naviqasiya sistemləri olan GPS, GLONASS və GALİLEO eyni vaxtda işləyir. Hal-hazırda praktiki olaraq bütün ölkələrdə normal fəaliyyəti bütövlükdə ABŞ dövlətindən asılı olan

GPS geniş istifadə olunur. Bəzi sahələrdə, məsələn təyyarələrin uçuşlarının idarə olunmasında, gəmi naviqasiyasında GPS-dən istifadə olunması infrastrukturun mühüm tərkib hissəsidir. Eyni zamanda naviqasiya sistemləri dövlət infrastrukturunun ayrılmaz hissəsidir və təkcə təhlükəsizliyə deyil, həm də tam olaraq sənayenin inkişafına təsir edir [3, səh. 68-74].

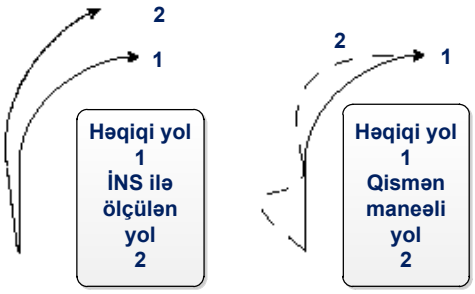
Heç bir dövlət hər hansı bir sahədə öz inkişafında başqa bir, hətta dost dövlətdən belə asılı olmağı istəmir. Ona görə GPS-ə alternativ axtarışı GALİLEO-nun yaradılmasına və bir çox inkişaf etmiş dövlətlərin ona qoşulmasına gətirib çıxardı.

Alternativ naviqasiya sisteminin inkişaf mərhələsində ona birləşmə aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- Yer seqmenti və istifadə olunan avadanlıq infrastrukturunun diversifikasiyası vasitəsilə risklərin GNSS-in işi ilə bağlı risk diversifikasiyası;
- GNSS üçün yeni avadanlıqların işlənməsi və ixracı şərti ilə yeni iş yerlərinin yaradılması;
- rabitə sistemində GNSS-in istifadəsinin texnoloji üstünlüklərinin vaxtında tətbiqinin mümkünlüyü [4, səh. 28-35].

Peyk və İnersial naviqaisya əsaslı İstiqamətləndirmə Sistemi (PİNİS) layihəsinin məqsədi inert sensorları və GPS cihazı ilə vahidləşdirilmiş, aşağı-dəyərli naviqasiya sistemini vahid şəklə salmaqdır. İnert ölçü cihazı (İNS) hər bir 2R3 (x; y; z) oxları ilə əlaqədar maqnetometr, akselerometr və giroskoplardan sərbəst doqquz dərəcəyə malikdir. Daha zəif İNS cihazlarında mikroelektromexaniki sistem (MEMS) sensorları quraşdırılmışdır. Onlar daim səhvləri toplayır və "sızma" mövqeyinə səbəb olur ki, bu da geniş həcmdə yanlış proseslərə gətirib çıxarır. Digər tərəfdən, xüsusi GPS cihazı yanlış əyriliyə səbəb ola bilər, xüsusilə də açıq səmanı bağlayan hər hansı obyektlər olduğu təqdirdə. Motivasiya ondan ibarətdir ki, hər iki cihazın cəm kütləsi zəif həcmli düzgün, sərt naviqasiya hasil edə bilər. Yekun sistem bir neçə metrədək dəqiqliyi təmin edəcək, avtomobil və piyada yolları, xizək kimi idman alətləri və raket idarəçiliyi üçün yararlı olacaq. Bununla yanaşı onu da qeyd etmək lazımdır ki, PİNİS yarım metr dəqiqlik tələb edən avtonom nəqliyyat naviqasiyası üçün yararlı olmayacaqdlr [1, səh. 44-53].

Şəkil 1-də MEMS əsaslı İNS üçün toplana biləcək mövqe və sapınma göstərilmişdir. Bu eyni zamanda, GPS peykləri maneə ilə üzləşən zaman səhvə aid potensialı göstərir və bununla da etibarsız mövqenin göstəricilərini təqdim edir. GPS səmadan aydın göründüyü üçün, İNS axınını nizamlaya bilər və bu da öz növbəsində peyk siqnalının itdiyi və ya təhrif olunduğu zaman naviqasiya qabiliyyətini saxlaya bilər. PİNİS-in digər məqsədi prosesin sərtliyini yoxlamaqdır, məsələn akselerometr sistemi pozmazdan əvvəl, İNS naviqatoru hansı müddətdə mükəmməl işləyir [7, səh. 115-136].



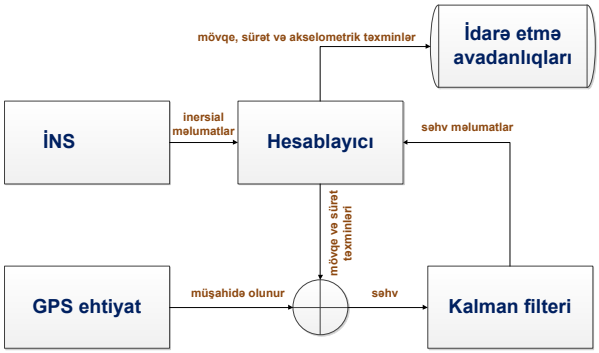
Şəkil 1. *İNS və GPS yanlışlıqlarının mənbəyi*

GPS və İNS birgə əsaslı ümumi sistem şəkil 2-də göstərilmişdir. GPS və İNS cihazlarının hər ikisi aparatı məlumatlar ilə təmin edəcək, sonradan o bu məlumatı PK-ya göndərəcək ki, burada da məlumatlar MATLAB və C-də hasil olunacaq. Hal-hazırda bu sistem real vaxtda işlədilmir, lakin ehtimal istisna edilmir. Mikronəzarətçinin və ya PİNİS-in real vaxt rejimində istifadəsi daha sonrakı tarixlərdə yoxlanıla bilər.

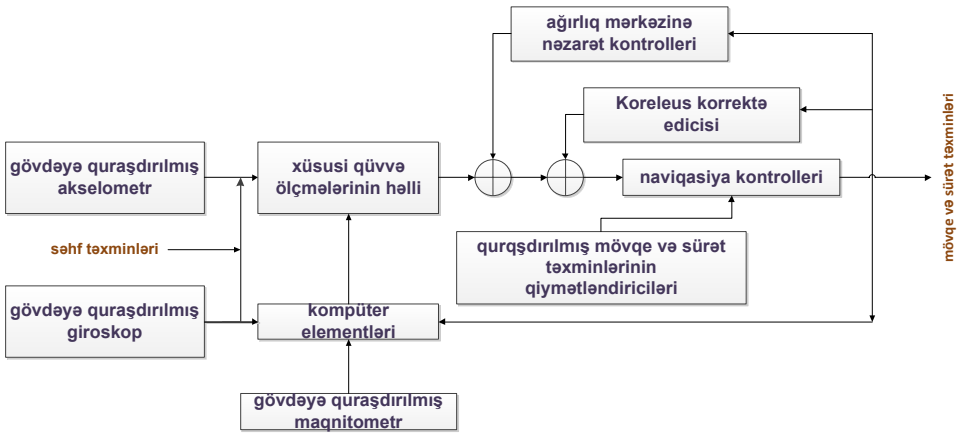


Şəkil 2. *Aparat təminatına baxış*

Ümumi GPS/İNS münasibətləri şəkil 3-də göstərilir. İNS, 4-cü şəkildə təfsilatı ilə verilən Platformasız qarışıq proqram ilə hazırlanmalı olan olduqca cəld, yüksək həssaslığa malik məlumatları hazırlayacaq. Platformasız qarışıq ona görə belə adlandırılır ki, sensorlar korpusa sərt əlavə olunur və öz korpusu ilə eyni hərəkət dinamikasını göstərir. Mövqe sürəti və sürət məlumatları, məlumatı təyin edən cihazlardan əldə oluna bilər. Proses və başlıq barədə məlumatlar maqnetometrlərdən və giroskoplardan əldə olunacaq. Hazırlanan İMU məlumatları sonradan GPS koordinat sisteminə ötürülür ki, bununla da İMU və GPS məlumatları arasında fərqin görünməsinə imkan yaranır. Bu 3 fərq yanlış siqnal verəcək ki, bu da vəziyyəti qiymətləndirən cihaza ötürüləcək, nəticə olaraq səhvi düzəldəcək və sistem daxilində müxtəlif səhvləri düzəltmək üçün Platformasız qarışığı yeniləyəcək.



Şəkil 3. *Ümumi GPS/İNS münasibətləri*



Şəkil 4. *Platformasız qarışıq platforma*

Sürət ölçən cihazlar açıq formada yalnız sürəti nizamlayırlar. Belə ki, sürət və məqsədə nail olmaq üçün məlumatların rəqəmsal qaydada inteqrallaşdırılması lazımdır. Rəqəmsal inteqratorun mürəkkəbliyi heç bir əhəmiyyətə malik olmaya bilər (məsələn, Eyler vs. Runge-Kutte inteqrasiyası), lakin cihazlar özləri yoxlanmayana kimi bu qəbul olunmayacaq. Yanlışlıqların mənbəyi yer-məsafə

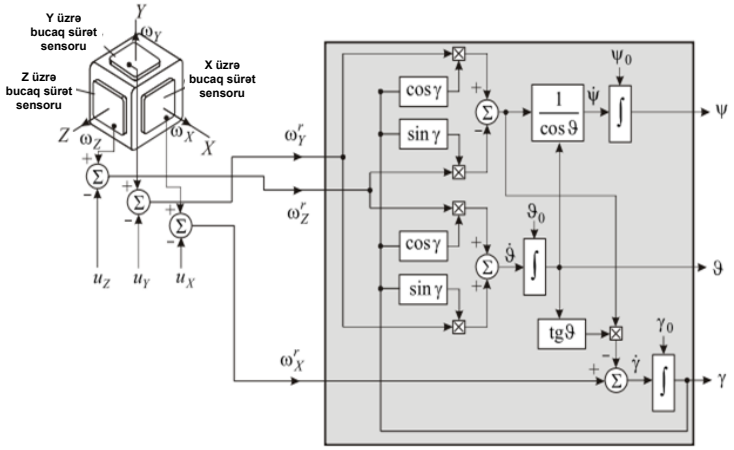
sistemində modelləşdiriləcək. Yanlışlıqları düzəltmək məqsədilə, vəziyyətin müşahidəsi xüsusi olaraq Kalman filteri vasitəsilə yerinə yetiriləcək. Kalman filterinin mürəkkəbliyi və xətti olması müəyyən olunmalıdır. Bu ümumi sistemdə nə qədər yanlışlıq mənbəyinin nəzərə alındığını əks etdirəcəkdir. Sensorlar, GPS dövriyyə qarışığı, GPS saat qarışıqlığının ikimənalılığı, mövqe dreyfi, təsadüfi yol və GPS-I paylayan atmosfer müdaxiləsi arasında fiziki məsafəyə görə potensial yanlışlıq mənbələrinə "ling səviyyəsi" effekti daxildir.

İnersial ölçmə metodunda inersial kütlə bu kütlənin ağırlıq mərkəzindən keçən ox üzərində basqı təsiri edir və inersial qüvvə momenti ölçülür. Bucaq sürətinin diferensiallanması metodu ilə təyin olunmada giroskopik vericinin siqnallarının diferensiallanmasından istifadə olunur. Hərəkətli obyektlərdə əsasən sürətin inersial metod ilə ölçülməsi geniş tətbiq olunur. Bu metodla işləyən akselerometrlərlə tanış olaq [2, səh. 11-44].

İnersial kütlənin sürətli yerdəyişməsi zamanı qüvvələrin ölçülməsi ilə alınır. Bu prinsiplə işləyən cihaz və vericilər akselerometrlər adlanır. Ölçmə üsulundan (qüvvələrin) asılı olaraq akselerometrlər yaylı və kompensasiyalı növlərə bölünürlər. Yaylı akselerometrdə qüvvə, yəni inersial kütlə həmin yayı deformasiya edir, nəticədə əks təsiredici qüvvə yaradır. Yayın deformasiyası sürətin ölçülməsi işinə xidmət edir və lazım gəldikdə elektrik siqnalına çevrilir [2, səh. 11-44].

Kompensasiyaedici akselerometrlərdə inersial qüvvə tarazlaşdırılır. Maqnitoelektrik və başqa növ çeviricilər ilə tarazlaşdırılır. Bu qüvvə çıxış siqnalının alınmasına xidmət edən cərəyan şiddətinə mütənasibdir. İnersial metod həmçinin inteqrallayıcı akselerometrlərdə də istifadə olunur. Bu sistemlərdə siqnal müəyyən zaman intervallarında xətti sürətin inteqralına mütənasibdir. İnteqral-layıcı akselerometrlər əks təsiredici sürətin mövqeyindən deyil, sürətdən asılı olmaları ilə fərqlənirlər.

Eyler-Krılov bucaqlarına uyğun platformasız mövqeləşmə sistemi əsasında qurulmuş sistemin inersial hissəsinə baxaq.



Şəkil 5. *Eyler-Krılov bucaqlarına uyğun platformasız mövqeləşmə sistemi*

$OX_gY_gZ_g$ coğrafi koordinat sisteminə nəzərən HG-nin bucaq vəziyyəti məsələni əksinə həll etməklə alınır, yəni hərəkətli obyektin oxlara nəzərən ω_X^r, ω_Y^r, ω_Z^r bucaq sürətlərinin proyeksiya qiymətlərinə uyğun δ vurnuxma, υ tanqaj və γ kren bucaqlarını hesablamaq mümkündür:

$$\omega_X^r = \dot{\delta} sin\vartheta + \dot{\gamma}$$
$$\omega_Y^r = \dot{\delta} cos\vartheta cos\gamma + \dot{\vartheta} sin\gamma$$
$$\omega_Z^r = -\dot{\delta} cos\vartheta sin\gamma + \dot{\vartheta} cos\gamma$$

δ, υ və γ əsas qiymətlərini yuxarıdakı düsturları diferensial həll etməklə alırıq:

$$\dot{\vartheta} = \omega_Y^r sin\gamma + \omega_Z^r cos\gamma$$
$$\dot{\delta} = {(\omega_Y^r cos\gamma - \omega_Z^r sin\gamma)}/{cos\vartheta}$$
$$\dot{\gamma} = \omega_X^r - tg\vartheta(\omega_Y^r cos\gamma - \omega_Z^r sin\gamma)$$

Düsturlar Eyler-Krılov bucağının kinematik düsturları olub, $\delta(t_0)$, $\upsilon(t_0)$ və $\gamma(t_0)$ ilkin verilənlərinə nəzərən ω_X^r, ω_Y^r, ω_Z^r bucaq sürətlərinin proyeksiya qiymətlərini olçməklə ψ vurnuxma, υ tanqaj və γ kren bucaqlarını hesablamağa, yəni hərəkətli obyektin yerini müəyyən etməyə imkan verir. Giroskopik bucaq sürəti vericiləri əsasən həqiqi bucaq sürətinin proyeksiyalarını ölçür:

$$\omega_X = U_X + \dot{\delta} sin\vartheta + \dot{\gamma}$$
$$\omega_Y = U_Y + \dot{\delta} cos\vartheta cos\gamma + \dot{\vartheta} sin\gamma$$
$$\omega_Z = U_Z - \dot{\delta} cos\delta sin\gamma + \dot{\vartheta} cos\gamma$$

Qeyd olunan düsturları inteqrallamaqla U_X, U_Y, U_Z parametrlərinin qiymətlərini hesablaya bilərik. Baxmayaraq ki, Eyler-Krılov bucaqlarının düsturları HG-nin hər 3 sərbəstlik dərəcəsinə uyğun gəlir, $\upsilon=\pi/2$ tanqaj bucağı halnda hər 3 istiqamət üzrə qeyri-xəttilik itir. Bu da öz növbəsində bu tip Platformasız İnersial Naviqasiya Sistemlərindən (PİNS) istifadəni səmərəli edir [6, səh. 81-104].

Nəticə. Pilotsuz aparatlar geniş istifadə diapazonuna malikdirlər və tətbiqi məsələlərin, problemlərin həllində müxtəlif sahələrdə geniş istifadə olunurlar. Pilotsuz aparatlarda Peyk və İnersial Naviqasiya əsaslı İstiqamətləndirmə Sistemi (PİNİS) layihəsinin məqsədi inert sensorları və GPS cihazı ilə vahidləşdirilmiş, aşağı-dəyərli naviqasiya sistemini vahid şəklə salmaqdır. Bu məqsədlə aşağıdakı məsələlərə baxılmış və həll edilmişdir:

- müxtəlif PNS-in analizi nəticəsində GPS, GLONASS və GALİLEO-nun eyni vaxtda birgə işləməsinə əsas üstünlük verilməsi;
- ümumi GPS/İNS münasibətlərinin funksional tandemi;
- platformasız qarışıq İNS funksional sxeminin qurulması;
- Eyler-Krılov bucaqlarına uyğun platformasız mövqeləşmə blokunun PİNİS-ə tətbiqi;
- PİNİS-in inert sensorları və GPS cihazı ilə vahidləşdirilmiş, aşağı-dəyərli naviqasiya sisteminin yaradılması.

Ədəbiyyat

1. Nəbiyev R.N., Məmmədov A.Z. İnersial naviqasiya sisteminin qurulma prinsipləri və inkişaf perspektivləri // Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi Məcmuələr, Cild 21, №3, 2019, 44-53 s.
2. Антонов В.Н., Терехов В.А., Тюкин И.Ю. Адаптивное управление в технических системах. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2001. – 244 с.
3. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. - М.: Эко-Трендз, 2000.
4. Гурин С.Е. Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС/GPS на железнодорожном транспорте. Часть I: Учебное пособие для студентов специальности «Строительство железных дорог. Путь и путевое хозяйство». – М.: МИИТ, 2004.
5. Степанов О.А. Особенности построения и перспективы развития навигационных инерциально-спутниковых систем // Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации. Сб. статей докл. СПб. 2001.
6. Стрелков С.П. Спутниковые системы и технологии позиционированния [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / С.П. Стрелков, К.Г. Кондрашин, Е.А. Константинова, З.В. Никифорова. Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020.
7. Федосеева Н.А., Загвоздкин М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов. Летательные аппараты нетрадиционных схем. Сб. статей докл. СПб, 2017.

Məqalə qəbul olunub: 20.04.23
Tövsiyə edib: dos. Abbasov E.O.

УДК 656.61.086

КИБЕРАТАКИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ – ДВЕ СТОРОНЫ ОДНОЙ МЕДАЛИ

Григорьев Н.Н., Сигида В.И.

Государственный Университет Морского и Речного флота им. адмирала С.О. Макарова
Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, дом 5/7
E-mail: sigidavi@gumrf.ru

Аннотация. *Кибербезопасность на судах становится все теснее увязанной с вопросами безопасности мореплавания, главным образом: с непосредственным управлением, как самим судном, так и безопасным перемещением документов сопровождающих груз. В данной статье акцент сделан на безопасность контроля места положения судна. Обращено внимание утрату традиционных (классических) навыков и на обращение к автономным способам – использование инерциальных систем навигации.*

Xülasə. *Gəmilərdə kibertəhlükəsizlik əsasən naviqasiya təhlükəsizliyi məsələləri ilə daha sıx bağlıdır: gəminin özü, həm də yükü müşayiət edən sənədlərin təhlükəsiz hərəkəti ilə birbaşa əlaqəlidir. Məqalədə gəminin yerləşdiyi yerə nəzarətin təhlükəsizliyinə diqqət yetirilir. Ənənəvi (klassik) bacarıqların itirilməsinə və muxtar metodlara – inersial naviqasiya sistemlərinin istifadəsinə xüsusi diqqət yetirilir.*

Abstract. *Cybersecurity on ships is becoming more and more closely linked to issues of maritime safety, mainly: with the direct management of both the ship itself and the safe movement of documents accompanying the cargo. In this article, the emphasis is on the safety of monitoring the position of the vessel. In this article attention are drawn to the loss of traditional (classical) skills and to the use of autonomic methods - the use of inertial navigation systems.*

Ключевые слова: *морской флот, безопасность мореплавания, кибербезопасность, несанкционорованные внешние вмешательства, контроль судна, система управления безопасностью*

Açar sözlər: *dəniz donanması, dəniz təhlükəsizliyi, kibertəhlükəsizlik, icazəsiz xarici müdaxilələr, gəmi nəzarəti, təhlükəsizlik idarəetmə sistemi*

Key words: *marine fleet, navigation safety, cybersecurity, unauthorized external interference, vessel control, security management system*

Введение. В соответствие с Рекомендациями ИМО, с 1 января 2021 г. морские Администрации ряда стран начнут проверки заходящих в их порты судов на предмет выполнения рекомендаций ИМО по кибербезопасности.

Внедрение новых технологий в сфере судоходства касается, главным образом, сохранности, как перевозимых грузов, так и безопасности судов, экипажа, пассажиров и экологии. Внедрение новых технологий, в свою очередь, требует защиты от неправомерных посягательств со стороны хакеров. Масштабы кибератак на судоходную отрасль стремительно нарастают, что ведет к потребности создания дополнительной системы кибербезопасности, поэтому, в рамках системы управления безопасность (СУБ), в судоходных компаниях и на судах эта потребность рассматривается как главное направление.

Кибератаки на суда и на перевозимые ими грузы связаны, во-первых, с атаками на технические средства судовождения, которые используют внешнюю информацию для определения места судна: GPS, AIS. Более того, вмешательство в работу НРЛС, путем привнесения помех в их работу. Во-вторых, внесение изменений в номенклатуру и классификацию перевозимых грузов, их переадресация.

В качестве основной меры предотвращения несанкционированных внешних вмешательств IMO предлагает организовать обучение, как представителей судоходных компаний, так и лиц судового персонала приемам своевременного распознавания (определения) случаев несанкционированного вмешательство в информационное пространство компании или отдельного судна. Однако в сжатые сроки, установленные IMO, сделать это сложно.

Классификационные общества должны проделать большой объем работ, как организационного, так и правового характера. Предстоит подготовить и организовать курсы по подготовке персонала в области кибербезопасности на самом высоком уровне. Сделать это не просто. Ведь потребуются специалисты с соответствующим базовым образованием, как для использования в качестве инструкторов, так и из числа судового персонала. Ясно, что это будут специалисты различного уровня изначальной подготовки. Специалисты в области IT, должны будут знать особенности обеспечения безопасности мореплавания на уровне e-Навигации, а судовым специалистам предстоит понять свой уровень знаний в области IT технологий. Учитывая серьезность проблемы, подготовка по обеспечению кибербезопасности не должна превратиться в торговлю сертификатами. А учитывая предстоящий наплыв слушателей, такое вполне возможно.

Россия находится в числе стран, которые не готовы выполнять эти Рекомендации ИМО. В связи с этим, у российских судов, находящимся под флагом РФ, в иностранных портах, - начиная с этой даты, - могут возникли риски применения санкций за невыполнение рекомендаций по кибербезопасности.

И хотя документ носит рекомендательный характер, невыполнение рекомендаций может послужить препятствием для заключения коммерческого контракта со стороны фрахтователя. Вероятно, что тарифные ставки страхования морских грузов, будут выше для судов, не выполняющих рекомендации по кибербезопасности, несомненно, что будет способствовать снижению конкурентной способность российских судоходных компаний на международном судоходном рынке.

Следует отметить, что поставленная задача, по выполнению рекомендаций, весьма сложная, с которой не в состоянии справиться на государственном уровне. В СМИ все чаще звучат взаимные упреки государств, которые обвиняют друг друга в использовании кибератак на внутренние дела. Кибербезопасность – проблема планетарного масштаба, и которая не предполагает саму возможность международного сотрудничества, ведь при этом судовладельцам и странам пришлось бы «раскрыть свои карты».

Именно по этой причине, созданная в 1948 году Межправительственная морская консультативная организация (ИМКО) не смогла работать, и только в 1959 году, когда ее Резолюции перестали носить обязательный характер, и им был передан статус рекомендаций, а организация получила новое название Международная морская организация (ИМО), началась ее работа.

Кибератаки и кибербезопасность. Кибербезопасность – это одна из граней установления справедливой конкуренции в судоходной отрасли, что можно рассматривать как идеал, который маячит где-то в далекой перспективе. Порядочности противостоять очень просто, поскольку поведение порядочности предсказуемо, а у непорядочности поле действия не ограничено. Этим и пользуются различного рода мошенники. Одна из сфер подобного мошенничества – безопасность мореплавания. Столь известное на море преступление, как пиратство, видоизменяется. Нападения на суда происходят избирательно. Пиратство превратилось в высокоорганизованную структуру международного характера. В морских регионах, прилегающих к территории стран со слабо развитой экономикой, нападения происходят избирательно. Нападают на суда, которые не обеспечены охраной. Пираты все чаще стали ограничиваться обстрелом судов, избегая прямого нападения. Цель таких акций – принудить судовладельцев пользоваться услугами охранных организаций.

Термины кибератака, кибербезопасность тесно связаны друг с другом, и одно порождает другое. Если же говорить о безопасности мореплавания, то самой древней формой кибератаки можно считать появление ложных маяков, которые пираты использовали для того, чтобы заманивать суда на мели и рифы, с целью их дальнейшего ограбления. Античный автор Аполлодор так описывает события, которое последовали после победы ахейцев над Троей. Некий Навплей, который занимался пиратским промыслом, все точно рассчитав - зажег огонь на горе Ксилофаге, который возвращавшиеся ахейцы приняли за родные берега, но вместо этого их корабли налетели на скалы.

В дальнейшем, помимо использования ложных маяков, методы и средства кибератак на суда совершенствовались. И во все времена требовались средства противодействия им. Сегодня технические возможности организации кибератак достигли высокого уровня, однако их масштабы только начинают нарастать. Это стало вполне очевидным, о чем наглядно свидетельствуют примеры. По информации из интернета; в статье «Американцы попали в навигационную ловушку» говорится: «В условиях, когда простые американские студенты научились сбивать с курса океанские корабли, Соединенные Штаты вынуждены искать замену национальной системе GPS-навигации. США угодили в собственные сети, предназначавшиеся для вероятных противников, констатируют эксперты» [1].

В 2012 г на сайте BBC было опубликовано сообщение о «надежности» GPS: «Американские ученые из Техасского университета в Остине успешно перепрограммировали систему GPS одного из беспилотных летательных аппаратов - на спор с министерством внутренней безопасности США» [2].

Термины кибератака и кибербезопасность – реалии нашего времени. Оба эти понятия сопряжены с применением компьютерных технологий. Действия, которые сначала проявлялись в малой постепенности, и носили характер, скорее, хулиганских действий, становятся серьезной угрозой безопасности мореплавания. Кибератаки проявляются на разных уровнях и преследуют различные цели. Они могут быть сопряжены с действиями как отдельных лиц или группы лиц, так и государств.

Противодействие кибератакам не должно стать прерогативой отдельных членов экипажа, это должно стать частью общей подготовки моряков. Кроме того, следует пересмотреть отношение в части использования инерциальных систем навигации на судах морского флота как альтернативу спутниковым системам навигации. Возможно, что расходы, связанные с использованием инерциальных систем навигации окажутся сопоставимыми с затратами, на обеспечение кибербезопасности. В настоящий момент вряд ли можно дать точную оценку этих затрат, но то, что, - по мере нарастания киберпреступности, - расходы будут расти, не вызывает сомнения.

Конечно же, небольшим судоходным компаниям, эти дополнительные расходы станут значительным бременем, ведь помимо судового персонала потребуется и береговые структуры, которые будут обеспечивать кибербезопасность компании. В качестве альтернативы, возможно, потребуется создание корпоративных центров, которые будут обслуживать не одну, несколько судоходных компаний в сфере кибербезопасности, хотя, это может привести к утечке конфиденциальных данных.

Перед судоходной отраслью стоит неимоверно сложная задача: в короткие сроки обеспечить кибербезопасность на разных уровнях, сделать ее гибкой и мобильной. Анализируя реалии сегодняшнего дня, скорее всего, исходя из коммерческих интересов, решение проблемы будут носить формальный характер.

Вероятно, киберпреступность против судоходной отрасли только начинает активироваться. Здесь просматривается четыре направления: конкурентная борьба между судоходными компаниями в виде шпионажа, пиратские атаки, терроризм, противоборство стран, вовлеченных в военное противостояние в мирное время.

Из перечисленных вариантов, самыми опасными, по своим последствиям, следует считать терроризм и военные противостояния, переросшие в конфликты. В этих двух случаях масштабы угроз экологии наиболее значимы. Главная цель терроризма – посеять страх, поэтому при планировании и при проведении кибератак, вопросы гуманности в расчет не принимаются. Однако, по мере роста киберпреступности против судоходного бизнеса, формальное выполнение Рекомендаций ИМО, по предотвращению воздействия кибератак на суда, повлияет не на только коммерческую составляющую судоходного бизнеса, но и безопасность мореплавания в целом.

По мере роста киберпреступности в отношении мореплавания, потребуется наращивать не только методы и средства противостояния, но еще и потребуется пересмотреть степени доверия к навигационным системам и к средствам дистанционной диагностики, которая, - в последние годы, - стала весьма популярной. Несанкционированное вмешательство в работу судовой аппаратуры, может привести к росту аварийности, посредством ввода в нее заведомо ложной информации. Следовательно, со стороны судовых специалистов потребуется осуществлять альтернативный контроль, но уже другими, автономными способами. В экстремальных условиях и при дефиците времени, это приведет к возникновению состоянию неопределенности, когда вопросы принятия решения остаются за человеком. С одной стороны, современные средства навигации более точные, чем традиционные (классические), но со снижением степени доверия к информации, которые они выдают, и предположении, что эта информация сформирована киберпреступными элементами, неопределенность приведет к утрате психического равновесия со стороны человека. Что в условиях дефицита времени скажется на качестве принимаемого решения.

Например, на курсах повышения квалификации, слушателям задается вопрос – смогут ли они, при отключении GPS или AIS, оперативно перейти к способом классической навигации для определения места судна? Уверенных ответов на этот вопрос, увы, нет. Оно и понятно. Определение места судна «теплыми способами» (GPS) прочно вошло в практику. Когда один капитан сказал помощнику взять пеленгатор, тот, в ответ, поинтересовался, а что это такое? Не следует, что это исключение. Подобная некомпетентность уже стала нормой.

Безусловно, переход от современных способов определения места судна (ОМС) к традиционным (классическим) потребует более высокого качества подготовки специалистов и более высокого уровня психофизиологических показателей персонала, вовлеченного непосредственно в принятие управленческих решений. Психолог Б. Беттельгейм в книге «Просвещенное сердце», рассматривая вопросы принятия решений, в том числе, и, учитывая внедрение технологий в современную жизнь, отмечает, что они способствуют «меньшей потребности в развитии самостоятельности» [3].

Передавая функции по принятию решения на откуп технике, человек полагает, что, тем самым он перекладывает на нее и ответственность за принятое решение. В действительности же это не так. И хотя ответственность трансформируется в нечто безличное, а цепочка ответственности становится более завуалированной, но ответственность неминуемо наступает, и, как это уже традиционно сложилось, за все отвечает «стрелочник». На судне – это капитан. Что наглядно подтверждается Правилом 2 «Ответственность» МППСС-72, которое гласит: «Ничто в настоящих Правилах не может освободить ни судно, ни его владельца, ни капитана, ни экипаж от ответственности за последствия, могущие произойти от невыполнения этих Правил, или от пренебрежения какой-либо предосторожностью, соблюдение которой требуется обычной морской практикой или особыми обстоятельствами данного случая».

Между тем, человек, полагаясь на технику, перестает замечать значимые изменения, происходящие вокруг него, хотя бы они и несли важную для его безопасности информацию.

Допустим, что человек двигался по местности, занесенной снегом используя GPS, и при внезапном ее отказе он становится беззащитным, если не владеет навыками ориентации в пространстве по снежному покрову, как это делают коренные жители Севера.

Для человека, принимающего решение, все чаще, вполне заурядная ситуация становится стрессом, и есть некий порог, который граничит с успехом и неуспехом при реализации принятого решения. «Уровень порога» определяется готовностью применить предыдущие навыки при данной конкретной ситуации, и при этом учесть допустить некоторые вариации, или даже принять нестандартное решение, но при этом сохраняя контроль над ней.

Следует признать, что дистанция между решением принятым на основании использования современных технологий, и решениями, которые проявляются на основании личных наблюдений, на морском флоте существенно выросла. Приоритет на стороне технологий, и, поэтому, возникновение экстремальных ситуации чревато серьезными последствиями в случае неготовности быстро на них отреагировать.

Так уж создан человек, он предпочитает быстро получать представление о ситуации и искать информацию, подтверждающую представление, на основании наблюдений и восприятия. Пагубность привычки называется «подтверждением предвзятости», которая может помешать принимать правильные решения. Предпочтение привычке – это враг правильного решения.

Кибератаки на уровне государств. Есть множество примеров, свидетельствующих об избирательности кибервоздействия, что важно для обеспечения безопасности мореплавания, особенно в районах, где применение других средств навигации затруднено. Это, например, приполярные широты. Столь многообещающая система как AIS, так же требует дополнительного контроля со стороны судоводителя.

Европейское сообщество по анализу достоверности данных AIS, получаемых с судов в 2008-2009 годах подвергло анализу 400059 сообщений, при этом 8% (32472 сообщений) содержали ошибки и неточности, в курсе, скорости, координатах и т.п. т.д. В связи с этим даже возникло новое понятие - АИСовские столкновения [4]. Более сложными технически являются системы для не санкционированного вмешательства работы РЛС, но они имеются.

Современные технологии все больше включают в себя информацию, получаемую от внешних источников, и основным ее передатчиком является интернет. Благодаря интернету управление многими процессами может осуществляться дистанционно и с высоким качеством. Именно такие возможности позволяют эффективно влиять на развитие экономики многих стран. Но при этом важно соблюдать условия баланса экологической безопасности окружающей среды. Как говорили древние греки – «софросине», т.е. «умеренность», которая должна быть во всем. Именно умеренность является мерилом современной экономики. Отклонение от канонов умеренности, - а это десять заповедей, - порождает пороки современного общества. К числу этих пороков и следует отнести киберпреступность в сфере безопасности мореплавания.

Так что же и кого толкает на путь киберпреступности? Прежде всего, алчность и терроризм. Социальная несправедливость в обществе выливается в различные формы преступности. Некая часть преступлений носит завуалированный характер, когда люди, незаконно (или даже законно, пользуясь несовершенством законодательства) завладевают частью национального богатства, начинают выступать в роли благодетелей или меценатов, и, тем самым, уходят от ответственности, забывая при этом, что «есть и божий суд».

Кто же будет «рубить корни»? Философу, представителю американского трансцендентализма Генри Торо принадлежит мудрое высказывание: «На тысячу человек, обрубающих ветви у ядовитого дерева, приходится один, обрубающий у него корни». Сегодня, вектор борьбы с преступностью направлен на то, чтобы «обрубать ветви». К числу таких мер относится и борьба с киберпреступностью на морском флоте. Кибератаки на объекты судоходной отрасли

множатся, и это беспокоит. Требуются заинтересованных превентивные меры со стороны всех заинтересованных сторон. Кибербезопасность – это новая, развивающаяся криминальная отрасль.

По сути – это противостояние интеллектов, создающих новые технологии, направленные на обеспечение безопасности мореплавания, и, технологий, стремящихся вмешаться в работу этих технологий, с целью извлечения своей доли прибыли. Такая гонка, как это не покажется парадоксальным, будет способствовать общему прогрессу в области интернет технологий. Но при этом должна быть и пострадавшая сторона, ведь расходы, затраченные с обеих сторон, должны быть возмещены.

Возмещающей стороной будет судовладелец, который попал в эти «жернова».

Стремление минимизировать расходы по содержанию судоходного бизнеса, толкает судовладельца на многие ухищрения. Самым примитивным является сокращение численности экипажей. Другой способ, который сегодня активно пропагандируется – это безэкипажное судоходство. В качестве весомого аргумента выступает – снижение расходов на содержание экипажа, что, по современным оценкам, это составляет около 40%. Примечательно, но при этом не упоминается стоимость постройки и обеспечение эксплуатации беспилотных судов, и, прежде всего обеспечение их кибербезопасности.

Неопределенность при принятии управленческого решения - это ярко выраженная особенность морского транспорта. При всей тщательности проработки вопросов мореплавания, фактор неопределенности присутствует, и будет присутствовать даже при самой высокой степени автоматизации.

Неопределенность при принятии управленческого решения. Неопределенность в принятии управленческого решения усугубляется тем, что, привыкнув доверять информации, поступающей от GPS и AIS, судоводитель с трудом возвращается к старым традиционным способам ОМС. В то время как состояние наращивание случаев кибератак вынуждает его прибегать к средствам альтернативного контроля. Эпизодическое обращение к традиционным способам ОМС, сопряжено с утратами навыков по опознанию характеристик навигационных знаков и контуров берегового рельефа при помощи РЛС. Такова уж природа человека – избирать наиболее легкий путь для достижения цели.

Двойственность ситуации приводит к своего рода прокрастинации – замены одного способа ОМС, более трудоемкого, на менее трудоемкий. Это хорошо заметно в современном судоходстве, поскольку судоводители уклоняются от астрономических способов ОМС. Секстан все реже можно увидеть в руках судоводителя. То же самое можно говорить об ОМС визуальными способами.

Возможные способы кибератак. Изощренность кибератак, искажающих информацию о текущем состоянии судна, поступающей через судовую аппаратуру (GPS, AIS, и т.д.), может быть самой разнообразной. Кибератака может быть как постоянной, так и дискретной. Кибератаки могут быть привязаны к районам, где плавание затруднено в навигационном отношении и сопряжено с высоким трафиком, когда от судоводителя требуется предельная концентрация внимания. И, если именно в такое время совершается кибератака, то неоднозначность ситуации может стать причиной ступора. Кратковременный, случайный характер кибератак в сложных ситуациях крайне опасен. Сама же ложная информация может быть направлена, как на всю систему в целом, так и иметь адресную направленность. Постоянная поправка, создающая ложную информацию, может быть выявлена при помощи контроля места положения судна автономными способами, таким как счисление или ОМС визуальными или астрономическими способами, однако, судоводитель должен владеть этими способами. Такая способность требует наличия устойчивых навыком, что, при современных условиях подготовки кадров, весьма проблематично. Визуальные способы ОМС, и, тем более, астрономические способы требуют еще и больших временных затрат, а это требует от судоводителя переключения

внимания. Сам по себе процесс чередования способов ОМС засуживает одобрения, поскольку позволяет контролировать ситуацию и внушает чувство доверия к обсервованной точке, и, самое главное, поддерживает тонус судоводителя. Но при этом должно выполняться неукоснительное условие: «Быстро и правильно человек воспринимает окружающую среду, когда он бодр» [5].

Однако, сам процесс переключения внимания требует дополнительных затрат времени, что в условиях дефицита времени, например, при прохождении узкостей, чревато возникновением аварийных ситуаций. Понимая и учитывая это, организаторы кибератак, могут прибегнуть к разработкам компьютерных программ, которые начинают действовать именно в те моменты, когда судно находиться в районах, сложных в навигационном отношении. Это могут быть единичные (точечные) кратковременные кибератаки, или кибератаки обладающие некоторой протяженностью, например, на время прохождения узкости. Поэтому, вахтенный помощник капитана должен заблаговременно выбрать и апробировать ОМС визуальными способами подобрав маяки и удостоверившись в соответствии их характеристик. При входе в узкость вахтенный помощник капитана (ВПКМ) должен быть готов эффективно реагировать на возможные внезапные отказы навигационной техники.

Пример из авиации. У самолета во время полета вышел из строя высотомер. Автоматика отреагировала незамедлительно – выключила двигатели. Пилоты не смогли оперативно отреагировать на ситуацию, и в результате произошла авария.

Как видим, подобные явления наблюдаются и при отсутствии кибератак. Так, при следовании в норвежских шхерах, можно наблюдать явление, когда GPS начинает показывать координаты с существенными погрешностями, когда цепочка из обсервованных точек отображается в гряде окружающих скал, и при этом система вполне работоспособна. Аналогичные сбои наблюдаются при проходе судна под мостами.

Учитывая многообразие навигационных приборов, использующих внешнюю информацию, следует ожидать и многообразие форм воздействия. Однако путь совершенствования компьютерных технологий – это гонка, которой может противостоять только автономные средства навигации, не требующие информационного обеспечения извне. Это могут быть усовершенствованные астрономические способы ОМС. Для этого потребуются новейшие разработки по созданию автоматических секстанов, сопряженных с компьютером, имеющим эфемериды и программы для расчета обсервованных координат.

Другой способ - инерциальные системы навигации. Однако такие системы весьма дорогостоящие, т.к. при их создании задействованы высокотехнологичные процессы, кроме того, требуются высококвалифицированные специалисты для их обслуживания. Таким образом, вопрос упирается в деньги. Надо полагать, что при достижении паритета цен, затрачиваемых на обеспечение кибербезопасности и инерциальных систем навигации (альтернативных, высокотехнологических систем навигации) гонка в сфере кибербезопсаности перестанет быть актуальной.

В любом случае – это приобретение и развитие личных навыков использования классических средств судоводителем. Разработчики и производители современных компьютерных технологий, вовлеченных в обеспечение безопасности мореплавания, ограничивают свою ответственность на этапе сдачи ее в эксплуатацию. В случаях, связанных с вероятностью дальнейшего внешнего вмешательства, например, в случаях кибератак на судовую сеть, ответственность возлагается на судовладельца. В контрактах на поставку оборудования и его дистанционного диагностирования, одна известная компания однозначно перекладывает ответственность за предотвращение кибератак на судовладельца, который, в свою очередь переложит ее (ответственность на капитана судна. Круг замкнулся – капитан виновен в очередной раз.

Как уже отмечалось выше, ситуация двойственности поступающей информации порождает дополнительную нагрузку на психику судоводителя. В условиях дефицита времени, отведенного на принятие управленческого решения, судоводитель должен отдать предпочтение информации, которую он получил от электронных средств навигации либо той, которая получена на основании личного опыта. Двоякость ситуации хорошо согласуется с законом «Катастрофа бесконечного регресса фон Неймана»: «Мы можем прибавлять бесконечное число инструментов к нашим уже существующим инструментам и всё же не избавимся от некоторой степени неуверенности и неопределенности».

Зная о возможной кибератаке, судоводитель, обнаружив разницу в полученных результатах ОМС, окажется в ситуации неопределенности, но, тем не менее, он обязан принять решение, за которое несет полную ответственность. С чисто психологической точки зрения, следует ожидать, что навыки визуального наблюдения будут не на высоте, поскольку потребность в экономии двигательных действий будет преобладать. Такое наблюдается в современном судовождении. ПДНВ требует знаний и умений ОМС астрономическими способами, однако, на судах этому придается мало значения. И, чего уж греха таить, многие судоводители не способны воспользоваться секстаном. То же самое можно с большой долей уверенности можно утверждать, многие не умеют брать правильно пеленга на береговые ориентиры; предпочтение отдается GPS.

Р.Бандлер, Д.Гриндер, авторы книги «Кибернетика. Закон необходимого разнообразия», пишут: «В любой системе, состоящей из людей или машин, элемент, обладающий наибольшей вариабильностью, будет являться контролирующим элементом. Если вы ограничиваете свое поведение, то теряете необходимое разнообразие реакций». Применительно к мореплаванию, весьма уместное замечание.

Виды кибератак. Рассматривая кибербезопасность в судоходной отрасли следует ее разделить на:

- связанную непосредственно с процессом судовождения, когда информация, поступающая непрерывно служит для безопасности самого судна в течение всего рейса. Эта информация поступает от внешних источников: РЛС, GPS, AIS, ECDIS;

- связанная с документацией, на соответствие номенклатуре заявленного к перевозке груза, его наличие, обеспечивающей адресную доставку. Примеры, с указанием материальных затрат, понесенных компаниями в результате кибератак, приведены в статье А.С. Степанова [7];

- связанную с дистанционным диагностированием судовых систем и механизмов, когда реальное их состояние может быть умышленно искажено с корыстными целями.

Кибербезопасность, связанная непосредственно с процессом судовождения всецело зависит от достоверности получаемой информации от навигационных систем и приборов может быть искажена вследствие несанкционированного вмешательства извне. Что, собственно, и будет являться кибератакой.

Наращивание кибератак на современные средства навигации выдвигает три задачи:

первая – совершенствовать средства кибербезопасности. Путь непростой, требующий непрерывного противостояния новым, более усовершенствованным способам, со стороны хакеров;

вторая – вести параллельный, независимый контроль места положения судна, средствами автономной навигации. Это ведение прокладки на бумажных картах, определение места судна визуальными средствами. Учитывая, что эти проверенные средства требуют большого опыта, следует уделять самое пристальное внимание средствам классической навигации, в чем наблюдается в последние время пробелы;

третья – совершенствовать и разрабатывать средства автономной навигации, как то: инерциальные системы навигации, определение места по магнитному и гравитационному

полю Земли. Эти средства существенно продвинулись, и успешно используются на кораблях ВМФ многих стран, но для гражданского флота они, пока что, весьма дорогие. Учитывая усиление мощи криминальных структур, связанных с этим направлением деятельности судоходной отрасли, следует произвести сопоставительный анализ стоимостей этих двух направлений: стоимости обеспечения кибербезопасности и стоимости инерциальных систем навигации.

Психология при внезапных «отказах». Происки хакеров могут строиться по различным принципам.

1. Введение постепенных изменений в координаты, поступающие от GPS, тем самым, эти действия могут долгое время. Оставаться незамеченными, и при отсутствии альтернативного контроля могут привести к аварии.

2. Другой вариант – поправки «вбрасываются» внезапно, в сложной навигационной обстановке, например, при плавании в проливах, особенно, если визуальный контроль не ведется.

3. Изменение информации на электронных картах.

4. Изменения на координатной сетке карты.

5. Введение ложной информации от AIS, когда она (информация) не соответствует действительности. Это могут быть суда фантомы, которых и в природе то нет, или искаженная информация от реального судна о его скорости и курсе, или, что то же возможно, реальное судно убирается с экрана AIS.

6. Картинка на экране РЛС, начинает смещаться в произвольных направлениях с высокой скоростью.

7. Дистанционная диагностика систем AZIPOD подвергается искажению.

На основании выше сказанного, в сложившейся ситуации представляется весьма эффективным путь автономной навигации и тщательный контроль средствами традиционной навигации, когда вахта несет непрерывное наблюдение за обстановкой, не полагаясь только на технические средства судовождения, информация на которые поступает извне, и которые могут подвергаться кибератакам.

Но в любом случае, и при любом раскладе, следует обратить самое тщательное внимание на подготовку судовых специалистов, напрямую обеспечивающих безопасность мореплавания, прежде всего, судоводителей, поскольку, именно у них, возникают ситуации неопределенности. Учитывая резкое снижение качества подготовки в морских учебных заведениях, и такая тенденция просматривается во всем мире, уровень неопределенности нарастает вследствие передоверия надежности современным технологиям, которые, при надлежащем функционировании, конечно же, обеспечивают более точную информацию, чем классические способы навигации, предшествующие внедрению современных технологий.

Остается открытым вопрос обеспечение требований МППСС-72 при расхождении судов. Радары и системы AIS оказались тоже в зоне риска, поскольку на их работу может оказать влияние внешние воздействие. То же самое, хотя и в меньшей степени, касается судовых силовых установок, например, движителей системы AZIPOD, у которых предусматривается дистанционная диагностика, через которую можно влиять на параметры системы.

Ясно одно, проблемы назревают серьезные и многоплановые. В связи с усиленным продвижением идеи беспилотного судоходства, проблема стоимости по обеспечению кибербезопасности вырастает существенно. Во времена, когда проблемы по обеспечению безопасности решались чисто механическими способами, для погрешностей использовались электромеханические устройства, существовал закон, что увеличение точности прибора на один порядок, ведет к увеличению его стоимости на два порядка. Замена электромеханических элементов на электронные привела к существенному снижению, как стоимости, так и размеров, но при этом приборы стали уязвимыми со стороны внешнего воздействия.

Возникшее противостояние видимо утвердится надолго, тем более, что в это противостояние вмешиваются и те, кому от этого вмешательства нет никакого видимого прока. Как уже отмечалось выше, простые студенты, вмешиваясь в работу GPS, научились сбивать с курса корабли, т.е. вмешательства в информационные сети, на каком-то этапе взросления личности можно рассматривать, как один из способов «утилизации человеческой активности» (термин позаимствован из книги А. Долгина «Манифест новой экономики»).

Заключение. Принцип разумной осторожности требует от участников мореплавания в условиях неполной информации избирать решение, учитывающее наихудший вариант развития событий. Справедливо высказывание Ричарда А. Кейхилла: «Незаурядный моряк использует свою незаурядную осмотрительность, чтобы избежать ситуаций, требующих его незаурядного мастерства».

Таким образом, обучение в морских учебных заведениях не должно сводиться только к слепому использованию информации от навигационных систем, но приумножению незаурядного мастерства, которое строится на личном опыте продолжительного практического плавания.

Литература

1. Матвейчев О. Американцы попали в навигационную ловушку. URL: https://matveychev-oleg.livejournal.com/705654.html.
2. Американские ученые на спор "взломали" беспилотник/ URL: https://www.bbc.com/russian/science/2012/06/120629_drone_spoof_hack
3. Беттельхейм Б. Просвещенное сердце. СПб.: Издательство редкая книга 2021, –398 с.
4. Григорьев Н.Н, Григорьев А.Н. Противостояние технологий: кибербезопасность против кибератак. // Морской флот. – 2021. - №2 (1554). –45-53 с.
5. Аветисян Дж., Тоганян В. Оптимальная психология власти. М.: Издательство «За рубежом» 2008, –144 с.
6. Роберт Антон Уилсон: Квантовая психология: как работа вашего мозга программирует вас и ваш мир. - Перевод с английского под редакцией Я. Невструева. - К., 1998. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. - 10.12.2007. URL: https://gtmarket. ru/library/basis/4579/4587
7. Степанов А.С. Кибербезопасность морского и речного транспорта. // Транспорт Российской федерации. - 2018. - №1(74). – с. 43-47.

Məqalə qəbul olunub: 18.04.23
Tövsiyə edib: dos. Abbasov E.O.

УДК: 502.7: 656.61

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕНОГО» СУДОХОДСТВА

Попов А.Н., Ботнарюк М.В., Субанов Э.Э., Аббасов Э.О.

ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова»
Россия, Новороссийск, пр. Ленина, 93
«Азербайджанская Государственная Морская Академия» ПЮЛ
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: mail@nsma.ru, elnur.abbasov@asco.az

Аннотация. *Статья посвящена анализу факторов и условий развития морского судоходства в настоящий момент и в перспективе. В качестве ключевого тренда определено постоянное ужесточение правил, устанавливаемых международными морскими организациями в части экологизации работы морского судна. Установлена необходимость перехода на альтернативные виды топлива, что требует не только кардинальной трансформации правил и регламента работы морской отрасли (причем как на море, так и портовой инфраструктуры и в области судостроения), но и законодательной базы. Выявлена устойчивая тенденция развития безэкипажного судоходства, которая также создает новые условия работы отрасли. Предложены авторские рекомендации по дальнейшему развитию концептуальных основ «зеленого» судоходства. Их отличительной особенностью является направленность на интеграцию концепций «зеленого» и безэкипажного судоходства, что обеспечит синергетический эффект и позволит сократить расходы на их реализацию на практике.*

Xülasə. *Məqalə hazırda və gələcəkdə dəniz naviqasiyasının inkişafı üçün amillərin və şərtlərin təhlilinə həsr edilmişdir. Əsas tendensiya dəniz gəmisinin işinin yaşıllaşdırılması baxımından Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı tərəfindən müəyyən edilmiş qaydaların daim sərtləşdirilməsidir. Alternativ yanacağa keçid zərurəti yaranıb ki, bu da təkcə dəniz sənayesinin (həm dənizdə, həm liman infrastrukturunda, həm də gəmiqayırma sahəsində) qayda və qaydalarının deyil, həm də qanunvericilik bazasının köklü transformasiyasını tələb edir. Ekipajsız gəmiçiliyin inkişafında sabit tendensiya müəyyən edilmişdir ki, bu da sənaye üçün yeni şərait yaradır. "Yaşıl" gəmiçiliyin konseptual əsaslarının gələcək inkişafı üçün müəllifin tövsiyələri təklif olunur. Onların fərqləndirici xüsusiyyəti "yaşıl" və ekipajsız gəmiçilik konsepsiyalarının inteqrasiyasına diqqət yetirilməsidir ki, bu da sinerji effekti təmin edəcək və onların praktikada tətbiqi xərclərini azaldacaqdır.*

Abstract. *The article is devoted to the analysis of the factors and conditions for the development of maritime navigation at the moment and in the future. The key trend is the constant tightening of the rules established by international maritime organizations in terms of the greening of the work of a sea vessel. The need to switch to alternative fuels has been established, which requires not only a radical transformation of the rules and regulations of the maritime industry (both at sea and in port infrastructure and in the field of shipbuilding), but also the legislative framework. A steady trend in the development of unmanned shipping has been identified, which also creates new conditions for the industry. The author's recommendations for the further development of the conceptual foundations of "green" shipping are proposed. Their distinctive feature is the focus on the integration of the concepts of "green" and crewless shipping, which will provide a synergistic effect and reduce the cost of their implementation in practice.*

Ключевые слова: *«зеленое» морское судоходство, тренды развития, экологические проблемы*

Açar sözlər. *"yaşıl" dəniz gəmiçiliyi, inkişaf trendləri, ekoloji problemlər*

Key words: *"green" shipping, trends development, environmental issues*

Введение. Развитие современного общества, далеко не всегда оказывает положительное влияние на экологическую ситуацию по ряду причин. И в качестве одной из ключевых, как нам представляется, следует выделить научно-технический прогресс, который не только предлагает инновационные технологии, что способствует переходу общества на более высокий уровень развития, но и создает экологические проблемы, появление которых далеко не всегда можно спрогнозировать.

Например, развитие морского транспорта, появление новых видов грузов, возможность транспортировки нефти и ее продуктов морем оказало не только положительное влияние на торговлю и укрепление внешнеэкономических связей. Статистика говорит о достаточно значительном количестве катастроф, последствия которых носили не только экономический, но и экологический характер [1-3].

В этой связи, а также с целью снижения негативного влияния морского транспорта на окружающую среду национальные и международные организации постоянно ужесточают правила, исполнение которых нацелено на регламентирование эксплуатации морских судов в новых условиях. В частности, в работе [4] представлены результаты фундаментальных исследований, посвященные правовым проблемам предотвращения загрязнения морской среды, затронуты вопросы мировых тенденций перехода на производство энергии экологически чистых видов топлива.

Таким образом, вопросы, касающиеся предотвращения загрязнения морской среды, остаются актуальными в течение многих десятков лет ввиду их особой значимости для обеспечения высокого уровня экологической безопасности при транспортировке грузов.

Постановка задачи. Объектом исследования выступает морское судоходство в контексте разработки и выполнения требований по решению экологических проблем с точки зрения «зеленой» энергетики. Предмет исследования – условия и направления развития «зеленого» судоходства с учетом современных тенденций.

В работе применялись метод сравнительного анализа, исторический и логический методы. Гипотеза исследования: цифровая трансформация внешней среды, а также ужесточение требований в области экологизации судоходства, обязывает участников организации морской перевозки искать инновационные подходы к решению задачи устойчивого развития морской отрасли. Цель исследования состоит в разработке научно-практических рекомендаций по дальнейшему развитию концептуальных основ «зеленого» судоходства.

Анализ полученных результатов. Исследование правовых и иных аспектов обеспечения экологической безопасности в морском судоходстве показало, что как в России, так и за рубежом данному вопросу уделяется пристальное внимание, причем не только со стороны государства и международных организаций, но и судоходных компаний, которые, оказывают транспортные услуги и являются непосредственным «источником опасности». Так, ИМО постоянно корректирует существующие нормативные документы в части их усиления: в конце 2018 года принята дополнительная поправка к МАРПОЛ, которая касается судового топлива. В соответствии с данной корректировкой судно должно иметь в наличии техническое устройство для очистки выхлопных газов, что дает ему право использовать и перевозить с целью сжигания топливо на борту судна, если оно не соответствует определенным требованиям. В 2020 году были введены правила, повышающие требования к содержанию серы в судовом мазуте, что также повлекло за собой необходимость усовершенствования технического оборудования судов. Новые суда должны быть построены с немедленным сокращением выбросов парниковых газов (ПГ) на 15%, затем на 20% к 2020 году и на 30% к 2025 году [4]. Все эти требования органично вписываются в «стратегию экологизации» морского транспорта, цель которой в данном направлении состоит в снижении объемов выбросов парниковых газов с морских судов на 40% к 2030 году, а к 2050 году – на 70% [5].

Следовательно, судоходным компаниям, которые вынуждены не только учитывать скорректированные к морским судам требования, но и затраты на подобные усовершенствования (в данном случае речь идет об экономической эффективности морских перевозок), требуется мыслить гораздо масштабнее, на длительную перспективу. Это обусловлено тем, что морское судно обеспечивает оказание услуг по перевозке грузов в течение длительного периода, во время которого могут быть приняты новые правила, направленные на усиление борьбы за окружающую среду, в том числе через ужесточение мер по снижению концентрации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Отметим, что в этом направлении в России уже есть определенный положительный опыт: переход с высокосернистого мазута (HSFO) на более дорогие и чистые виды топлива [6]. Тем не менее, по мнению специалистов, существующие сегодня виды топлива VLSFO и ULSFO удовлетворяют требованиям ИМО, исключительно, в режиме реального времени. Поэтому их называют топливом настоящего, что вызывает вполне оправданные опасения в длительности временного периода их применения и требует поиска новых альтернатив. Например, сжиженного природного газа (СПГ), который обладает рядом неоспоримых преимуществ: при эксплуатации танкеров на СПГ снижение вредных выбросов CO_2 составляет 24%, оксидов серы – 100%, а оксидов азота – 95% по сравнению с использованием традиционного судового топлива. При этом экономия в расходе топлива достигает 10–12%, что довольно существенно с учетом протяженности судоходных маршрутов [5].

Стоит подчеркнуть, что современный рынок судостроения уже отреагировал на подобные изменения [5]:

- в настоящий момент на СПГ работает 191 судно;
- 142 судна относятся к категории LNG ready (проект судна предполагает возможность быстрого переоборудования под работу на СПГ).

Крупнейшая отечественная судоходная компания ПАО «Совкомфлот», согласно стратегии развития, оказывает усиленное внимание мероприятиям по постоянному снижению углеродного следа от эксплуатации судов и делает заказы на постройку новых судов, которые могут использовать в качестве топлива сжиженный природный газ. Также компания настроена искать альтернативные виды топлива, которые в будущем обеспечат существенное уменьшение выбросов углекислого газа, рассматривая СПГ [5].

Параллельно с поиском альтернативных видов топлива СКФ занимается продвижением судов «нового поколения» – так называемых «зеленых Афрамаксов», в том числе и в сфере новых подходов к организации морской бункеровки, взаимодействуя с лидерами в данной отрасли. Результатом сотрудничества с концерном Shell стал успешный эксперимент по организации инновационной морской бункеровки: в порту Роттердам специализированное судно Cardissa концерна Shell успешно осуществило первую операцию по бункеровке СПГ «зеленого» флагмана СКФ [5]. Это послужило, по мнению авторов, катализатором развития новой эры организации процесса морской бункеровки СПГ крупнотоннажных судов, которые эксплуатируются без привязки к фиксированным маршрутам и расписанию движения. Сегодня такой метод практикуется как в Европе, так и в Западном полушарии, причем используются разные способы: как «берег – судно», так и «судно – судно» [5].

Также Совкомфлот провел успешный эксперимент по использованию экологически более чистого газомоторного топлива во время транспортировки грузов в Арктике, по трассам Севморпути [7].

В этой связи мы солидарны с утверждением, что «Переход на СПГ-топливо по своей значимости сопоставим с технологической революцией» [8]. В качестве современной «Авроры», как считают авторы, выступили «зеленые» танкеры СКФ (рисунок), которые определили вектор дальнейшей трансформации технологического развития отдельного сегмента мировой судоходной индустрии [8].



Рисунок. *Танкер Афромакс, использующий в качестве топлива СПГ [8]*

Как продолжение развития «зеленого» судоходства, в 2021 году крупнейшие отечественные компании «Совкомфлот» и «Газпромнефть» пошли по пути взаимовыгодного сотрудничества, заключив соглашение, в соответствии с которым планируется дальнейшая работа в области инновационных технологий и использования на морском транспорте судового топлива с низким углеродным следом [9].

Изучение зарубежного опыта в данной сфере также доказывает значимость в современном мире «зеленого судоходства», поскольку многие государства активно способствуют переходу к альтернативным видам топлива. В частности, датская компания, которая занимается обслуживанием и поддержкой оффшорной ветроэнергетики намерена сделать заказ на постройку первого в мире судна для обслуживания, использующего экологически чистое топливо. Новизна данного проекта состоит в возможности использования энергии не только от аккумуляторов, но и от двухтопливных двигателей. При этом стоит подчеркнуть, что двигатели смогут работать на возобновляемом е-метаноле. Это обеспечит сокращение выбросов углекислого газа порядка 4500 метрических тонн ежегодно. Введение судна в эксплуатацию планируется до конца 2022 года [10]. Стоит отметить, что оно будет обслуживать морскую ветряную электростанцию Hornsea 2 и не предназначено для применения в морском торговом судоходстве. Тем не менее, это серьезный прорыв в науке и технике, который открывает новые перспективы для судов, совершающих коммерческие рейсы. В дополнение к сказанному выше отметим, что к настоящему моменту компании Green NortH2 Energy, Meriaura и Wartsila подписали соглашение о намерениях по строительству грузового судна, использующего «зеленый» аммиак в качестве судового топлива. Судно планируется к использованию для перевозки тяжелых проектных грузов и сможет работать не только на аммиаке, но и на биотопливе или дизельном топливе [11].

Более углубленное изучение данного вопроса позволяет утверждать, что сегодня многие морские компании придерживаются стратегии перехода на зеленое топливо, которое не требует изменений в судовых двигателях. Краткий обзор работы судов в тестовом режиме представлен в таблице [11].

Примеры применения биотоплива в морском судоходстве

Компания	Описание инновации
OOCL	Контейнеровоз «Yokohama» класса Панамакс грузоподъемностью 4578 TEU. Использовано биотопливо B22, поставленное компанией Chevron Singapore (смесь метилового эфира из отработанного растительного масла (22%) и VLSFO (топлива с очень низким содержанием серы).
«K» Line	Балкер «Albion Bay» типа Supramax. Использовано биотопливо GoodFuels.
Ocean Network Express (ONE)	Контейнеровоз «Experience» использовал биотопливо GoodFuels.
Австралийский горнодобывающий гигант Rio Tinto совместно с BP	Балкер «Tasman» в течение 12 месяцев будет заправляться в Роттердаме биотопливом, предоставленным bp, и выполнять рейсы по трансатлантическим и атлантическо-тихоокеанским маршрутам.
BP и Maersk	BP проводил испытания своего биотоплива B30 (с 30%-ным содержанием метилового эфира из отработанного растительного масла в смеси с VLSFO) с судоходным гигантом Maersk на танкерах «Cirrus» и «Navigator». В ходе испытаний суда прошли из Роттердама в Западную Африку.

В настоящее время создаются необходимые условия для реализации «зеленой» концепции морского судоходства и «зеленые» коридоры, в развитии которых сегодня заинтересованы многие участники логистической цепи. Несмотря на то, что подобные коридоры – явление новое, но достаточно перспективное, о чем свидетельствуют следующие факты.

Согласно проведенным исследованиям, «вопрос декарбонизации судоходства, на долю которого приходится 3% глобальных выбросов парниковых газов (ПГ) и при этом свыше 80% мировой торговли, становится все более актуальным как для политиков, так и для промышленности» [13]. В этой связи на всемирном экономическом форуме в Давосе была отмечена неизбежность перехода к применению топлива с нулевым уровнем выбросов, что послужит катализатором дальнейшего развития отрасли по инновационному пути. Вместе с тем, все участники сессии солидарны с необходимостью взаимовыгодного сотрудничества всех участников логистической цепочки доставки грузов морем на предмет организации «зеленых» коридоров, нацеленных на практическую реализацию «зеленого» судоходства.

Учитывая, что под зелеными коридором понимают определенный торговый маршрут с развитой экосистемой, обеспечивающей нулевой уровень выбросов углекислого газа на всем пути следования, требуется не только создание соответствующей материальной базы (суда, портовая инфраструктура, в том числе с точки зрения бункеровки нового типа), но и совершенствование законодательной базы, причем не только в морском судоходстве.

В дополнение к сказанному нельзя не отметить еще один современный тренд – безэкипажное судовождение (a-Навигация), что также требует совершенствования нормативной базы, портовой и морской инфраструктуры, смены парадигмы в области обеспечения безопасности мореплавания и т.д. В силу многоаспектности решаемых задач технологии безэкипажного судовождения имеют как преимущества, так и недостатки (удорожание стоимости наземных и морских объектов, развитие новых компетенций персонала и др.). Тем не менее, их внедрение в обозримом будущем не подвергается сомнениям ввиду значимости для эффективного развития морской отрасли [14,15].

Выводы. Проведенные авторами исследования позволили сделать выводы о ключевых трендах развития морской отрасли на современном этапе:

- установлено, что в течение длительного периода правила эксплуатации морских судов постоянно корректируются в сторону их ужесточения в области повышения экологичности перевозок;

- вывялено, что в качестве одного из ключевых направлений уменьшения негативного влияния судна на окружающую среду сегодня выделяют развитие зеленой энергетики, в частности, поиск альтернативных видов судового топлива. В свою очередь это обусловит удорожание судов и эксплуатационных расходов, что в итоге приведет к повышению цены за единицу перевозимого груза;

- существует устойчивая тенденция к организации работы зеленых коридоров и безэкипажных судов, что будет способствовать развитию «зеленого» морского судоходства.

Сказанное выше позволило авторам предложить соответствующие научно-практические рекомендации:

- при разработке нормативной базы и иных документов и положений необходимо сместить акцент в сторону коллаборации всех заинтересованных сторон, включая не только международные организации, регламентирующие правила эксплуатации морских судов, но и грузоотправителей и представителей портовой инфраструктуры;

- ввести информационный стандарт, в соответствии с которым будут решаться задачи передачи информации на маршруте зеленого коридора в удобном формате (с точки зрения интерфейса судового и берегового пользователя) с учетом развития е-Навигации и а-Навигации.

Применение рекомендаций, по мнению авторов, позволит решать задачу развития морского судоходства с учетом трансформации условий и факторов внешней и внутренней среды, что будет способствовать возникновению синергетического эффекта, который распространится и на другие отрасли экономики, обеспечив их рост за счет внедрения «зеленых» инноваций.

Литература

1. Мастобаев Б.Н., Муфтахов Е.М., Айдагулов И.Т., Янбарисов Т.А. Крупнейшие мировые катастрофы при транспорте нефти танкерным флотом второй половине XX века // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – №5-6. –2018. – с.52-59.
2. Лукаржевская М.С. Анализ аварий и катастроф судов и морских сооружений на Каспийском море //Студенческий вестник. –№ 23-6 (73). – 2019. – с. 27-28.
3. Богоявленский В.И., Баринов П.С., Богоявленский И.В. Катастрофа в Мексиканском заливе на месторождении IXTOC комплекса CANTARELL //Бурение и нефть. –№ 1. –2018. –с. 3-13.
4. Скаридов А.С. «Зеленое судоходство» и проблема устойчивого использования морского транспорта// Международное право и международные организации / InternationalLawand InternationalOrganizations. –№1. –2021. –№1. –с.31-45.
5. «Зеленое судоходство» – опыт Совкомфлота. // Морской флот. – №3. – 2021.–с.16-19.
6. «Совкомфлот» развивает «зелёное» судоходство на трассах Севморпути.–URL: https://energybase.ru/news/companies/sovkomflot-razvivaet-zelenoe-sudohodstvo-na-trassah-sevmorputi-2019-10-21(дата обращения: 18.10.2022).
7. «Зеленые» «Аффрамаксы» СКФ.– URL: https://www.scf-group.ru/fleet/sustainable_development/aframax.aspx (дата обращения: 18.10.2022).
8. «Совкомфлот» и «Газпром нефть» провели первую в России бункеровку судна СПГ-топливом. – URL: https://www.interfax.ru/business/863610 (дата обращения: 20.10.2022).

9. Зелёным» электростанциям – «зелёные» корабли.– URL: https://www.ixbt.com/ news/2022/ 04/11/zeljonym-jelektrostancijam--zeljonye-korabli-datskie-kompanii-postrojat-pervoe-v-mire-specializirovannoe-sudno-kotoroe.html (дата обращения: 18.10.2022).
10. Wartsila с партнерами будет работать над созданием грузового судна, работающего на «зеленом» аммиаке.– URL: https://portnews.ru/news/335950/ (дата обращения: 19.10.2022).
11. Морские перевозчики применяются к зеленому топливу.– URL: https://www.multirail.ru/ novosti/novosti-otrasli/442-morskie-perevozchiki-primeryayutsya-k-zelenomu-toplivu (дата обращения: 18.10.2022).
12. В Давосе призвали «без сожаления» двигаться к судоходству без выхлопов.– URL: https://nvo.ng.ru/ng_energiya/2022-06-13/15_8459_decarbonization.html (дата обращения: 18.10.2022).
13. Фролов В.Н., Севбо В.Ю., Ануфриев И.Е. Технологии безэкипажного судовождения // Транспорт Российской Федерации. –№4 (77). –2018. –с.17-21.
14. Пинский А.С. Е-Навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации. –№4 (65). –2016. с. 50-54.
15. Безбородов Г.И., Исмагилов М.И. От стратегии е-Навигации к концепции и-Акватории // Морской вестник. –2017. –№1 (61). с.77-81.

Məqalə qəbul olunub: 20.04.23
Tövsiyə edib: prof. Rüstəmov Z.Ə.

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

УДК 629.12

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ ИЗ-ЗА КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СУДОВЫХ МАШИННО-ДВИЖИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Горбачев М.М.

ФГБОУ ВО «Астраханский Государственный Технический Университет»
Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16
E-mail: max9999_9@mail.ru

Аннотация. *В исследовании приводятся результаты разработки методики оценки рисков возникновения аварий в судовых машинно-движительных комплексах из-за развития опасных крутильных колебаний. В методике используются два общепринятых инструмента – матрица рисков и дерево неисправностей, которые позволяют оценить возможный экономический ущерб от аварии и определить наиболее критичные элементы судового машинно-движительного комплекса с точки зрения развития крутильных колебаний. Полученная методика позволяет по уровню условного риска для элементов судового машинно-движительного комплекса оценить необходимость разработки дополнительных мер по снижению величины риска до допустимого уровня. Также предлагается оценивать общий интегральный уровень риска возникновения аварий из-за развития крутильных колебаний для всего судна.*

Xülasə. *Tədqiqat təhlükəli burulma titrəmələrinin inkişafı səbəbindən gəmi mühərrik komplekslərində qəza risklərinin qiymətləndirilməsi metodologiyasının inkişafının nəticələrini təqdim edir. Metodologiya iki ümumi qəbul edilmiş vasitədən istifadə edir – risk matrisi və nasazlıq ağacı, qəzadan mümkün iqtisadi ziyanı qiymətləndirməyə və gəmi mühərriki kompleksinin ən kritik elementlərini burulma salınımlarının inkişafı baxımından müəyyən etməyə imkan verir. Yaranan texnika, dəniz mühərriki kompleksinin elementləri üçün şərti risk səviyyəsinə görə, riskin miqdarını məqbul səviyyəyə endirmək üçün əlavə tədbirlərin hazırlanmasının zəruriliyini qiymətləndirməyə imkan verir. Bütün gəmi üçün burulma dalğalanmalarının inkişafı səbəbindən qəza riskinin ümumi ayrılmaz səviyyəsini qiymətləndirmək də təklif olunur.*

Abstract. *The study presents the results of the development of a methodology for assessing the risks of accidents in marine propulsion systems due to the development of dangerous torsional vibrations. The methodology uses two generally accepted tools – a risk matrix and a fault tree, which allow us to assess the possible economic damage from an accident and determine the most critical elements of the ship's engine and propulsion complex from the point of view of the development of torsional vibrations. The obtained methodology allows assessing the need to develop additional measures to reduce the amount of risk to an acceptable level based on the level of conditional risk for the elements of the ship's engine and propulsion complex. It is also proposed to assess the overall integral level of the risk of accidents due to the development of torsional oscillations for the entire vessel.*

Ключевые слова: *крутильные колебания, судовой валопровод, матрица рисков, безопасность мореплавания, судовой дизель*

Açar sözlər: *burulma titrəmələri, gəmi mili, risk matrisi, naviqasiya təhlükəsizliyi, gəmi dizel*

Key words: *torsional vibrations, ship shaft line, risk matrix, safety of navigation, ship diesel*

Введение. Крутильные колебания в сочетании с продольными и осевыми, несмотря на развитие технологий, остаются опасными явлениями в энергетических установках различного

назначения, включая судовые. Это подтверждается как продолжающимися авариями из-за усталостных разрушений коленчатых валов дизелей; гребных, промежуточных валов; упругих муфт, так и наличием требований в правилах основных мировых классификационных обществ, которые осуществляют надзор над морскими судами и судами внутреннего плавания.

Только за последние годы можно выделить несколько случаев усталостных разрушений валопроводов судов, например: буксира ОТА-974 в 2005 гг.; грузо-пассажирского парома «Аратере» в 2013 г.; рыболовных судов «Леди Гертруда» в 2016 г. и «Бен энд Кейси» в 2017 г.; танкера «ЭЛАНД» в 2019 г., буксира ОТ-2110 в 2022 г. и т.д. Отделить крутильные колебаний от других видов колебаний нельзя, однако характер повреждений большинства гребных валов и коленчатых валов судовых дизелей показывает, что большую долю в усталостное разрушение элементов машинно-движительного комплекса (далее МДК) вкладывают именно крутильные колебания, что подтверждается исследованиями Викулова С.В. [1], Возницкого И.В. [2], Чура М.Н. [3]. Для снижения величины крутильных колебаний на судовых дизелях устанавливаются силиконовые или пружинные демпферы, техническое состояние которых периодически диагностируется несколькими способами, указанными в правилах классификационных обществ [4, 5].

Однако, в периоды между процедурами диагностики остаются риски отказов демпферов и развития опасных амплитуд крутильных колебаний с разрушением элементов судового МДК. В настоящее время схемы МДК типовых судов смешанного плавания меняются по составу – на смену среднеоборотным дизелям приходят дизели с повышенной оборотностью, в состав валопровода включаются редукторы, упругие муфты, винто-рулевые колонки, что повышает количество опасных резонансных частот и характер крутильных колебаний. Все это требует выработки комплексного подхода к оценке рисков возникновения аварий от крутильных колебаний в судовых МДК.

Методика оценки рисков возникновения аварий из-за крутильных колебаний в судовых МДК: Для оценки рисков на судах международная морская организация (ИМО) рекомендует использовать «Формализованную оценку безопасности» в английском варианте – «Formal Safety Assessment» (FSA), описание которое приводится в документе MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2 «REVISED GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) FOR USE IN THE IMO RULE-MAKING PROCESS» [6]. По сути FSA направлена на повышение безопасности на море, включая защиту жизни, здоровья, морской среды и имущества, путем использования анализа рисков и оценки затрат и выгод. Методология FSA предусматривает пять этапов процедуры оценки рисков: 1 - идентификация опасностей; 2 - оценка рисков; 3 - варианты контроля рисков; 4 - оценка затрат и выгод; 5 - рекомендации по принятию решений. Инструментами для оценки рисков могут выступать несколько общепринятых методов, поэтому после анализа всех их видов, применительно для решения поставленных в исследовании задач наиболее перспективными являются матрица рисков и дерево неисправностей.

Величина риска R определяется по формуле:

$$R = P \cdot C, \tag{1}$$

где P – вероятность возникновения риска;

C – тяжесть последствий возникновения риска (в данном случае - величина экономических потерь).

Согласно рекомендациям ИМО и работе Егорова Г.В. [6], ранжирование тяжести (уровня) последствий может быть осуществлено с присвоением индексов от 1 до 5 и обозначением соответствующих статусов: 1 – незначительное происшествие; 2 - происшествие; 3 – авария; 4 – серьезная авария; 5 – катастрофа. Вероятность события также ранжируется с присвоением индексов от 1 до 5 и обозначением соответствующих статусов: 1 – очень низкая; 2 – низкая; 3 – средняя; 4 – высокая; 5 – очень высокая.

Количественные показатели вероятности для одного судна в год согласно рекомендациям ИМО (при отсутствии статистических данных) будут следующими: очень низкая вероятность 0,00001; низкая вероятность 0,0001; средняя вероятность 0,001; высокая вероятность 0,01; очень высокая вероятность 0,1.

Таким образом, для количественной оценки рисков необходимо знать количественную величину уровня последствий. Применительно для случая возникновения аварийных ситуаций от развития крутильных колебаний предлагается в качестве количественных параметров уровней последствий использовать следующие соответствия:

- $С_{нп}$ - (при незначительном происшествии) цена простоя судна в течение 1 суток (например, контрольное торсиографирование МДК при выявлении превышения величины крутильных колебаний на отдельных режимах работы главного двигателя);
- $С_{п}$ - (при происшествии) цена простоя судна в течение 3 суток (например, замена демпфера крутильных колебаний);
- $С_{а}$ - (при аварии) – стоимость ремонта гребного (или промежуточного вала, упругой муфты и т.д.) вала с простоем судна;
- $С_{са}$ - (при серьезной аварии) – стоимость ремонта ГД или нескольких элементов МДК с простоем судна;
- $С_{к}$ - (при катастрофе) – полная стоимость судна при его затоплении от поступившей воды при выходе сломанного гребного вала из дейдвудного устройства.

Таким образом, двухмерная матрица рисков будет представлена в виде табл.

Количественная матрица рисков для определения финансовых рисков аварий судового машинно-движительного комплекса от крутильных колебаний

Очень высокая	**Вероятность события**	5	$5*С_{нп}$	$5*С_{п}$	$5*С_{а}$	$5*С_{са}$	$5*С_{к}$
Высокая		4	$4*С_{нп}$	$4*С_{п}$	$4*С_{а}$	$4*С_{са}$	$4*С_{к}$
Средняя		3	$3*С_{нп}$	$3*С_{п}$	$3*С_{а}$	$3*С_{са}$	$3*С_{к}$
Низкая		2	$2*С_{нп}$	$2*С_{п}$	$2*С_{а}$	$2*С_{са}$	$2*С_{к}$
Очень низкая		1	$С_{нп}$	$С_{п}$	$С_{а}$	$С_{са}$	$С_{к}$
Двухмерная матрица рисков			$С_{нп}$	$С_{п}$	$С_{а}$	$С_{са}$	$С_{к}$
			Уровень последствий				
			Незначительное происшествие	Происшествие	Авария	Серьезная авария	Катастрофа

Однако, при оценке С – тяжести последствий наступления аварийной ситуации не рассмотрен ущерб от воздействия на людей и окружающую среду. Также ущерб может быть в разных случаях неоднозначным, что подразумевает учет и этой неоднозначности при определении риска.

Более широкие для технического анализа результаты в данной области исследования может дать использование дерева неисправностей (дерева отказов). Отметим, что в п. 5.3.2 текста ГОСТ Р 27.302-2009 «Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей» [7] прямо указано, что анализ дерева неисправностей может использоваться для «…оценки разрабатываемой системы предупреждения и предотвращения или ослабления потенциальных причин по-

явления нежелательных событий…». Причинами отказа судового МДК от крутильных колебаний в общем случае могут быть повреждения следующих элементов: коленчатого вала дизеля; промежуточного вала; упорного вала; упругой муфты; редуктора; винто-рулевой колонки; жестких муфт для соединения валов; гребного вала. В свою очередь, перечисленные выше повреждения элементов судовых МДК могут быть вызваны следующими причинами: неверный расчет или результаты испытаний на крутильные колебания; отказ демпфера; работа главного двигателя в запретной зоне частот вращения; тяжелые условия эксплуатации судна; нарушение технологии ремонта элементов МДК; нарушение технологии изготовления элементов МДК.

Полученный на первом этапе список аварийных событий позволяет сформировать в общем виде вариант дерева неисправностей элементов судового МДК от крутильных колебаний, схема которого приведена на рис.

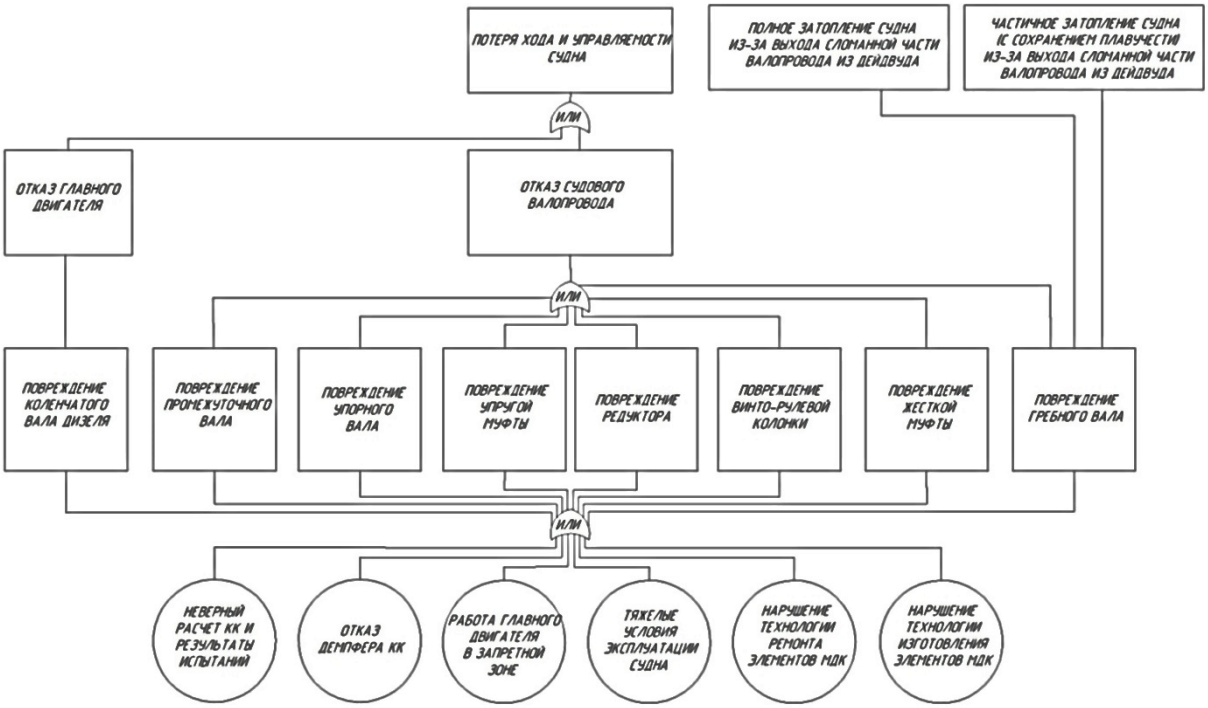


Схема дерева неисправностей судового МДК от крутильных колебаний

При расчетах рисков для реальных судовых МДК дополнительную надежность дает оценка условного риска, величина которого будет рассчитываться по формуле [8]:

$$\tilde{R} = \frac{R}{[R]}, \tag{2}$$

Как утверждается в работе [8], при использовании условных рисков величина погрешности расчета снижается до 10 раз по сравнению с расчетом рисков в абсолютном виде.

Поскольку в конечном итоге в исследовании нам необходимо дать помимо оценки рисков для отдельных видов неисправностей, возникающих от крутильных коебаний дать и общую оценку рисков для отдельного судна, то следует на конечном этапе рассчитать интегральную оценку безопасности судна $S_{\text{судна}}$:

$$S_{\text{судна}} = 1 - \frac{R_{\text{судна}}}{[R]_{\text{судна}}}, \tag{3}$$

Результаты исследования. Приведем полученные этапы методики оценки рисков от развития крутильных колебаний для конкретного судового МДК:

1. Произвести анализ статистики аварийности МДК выбранного для оценки судна от крутильных колебаний. 2. Произвести оценку экономических потерь при помощи матрицы рисков. 3. Произвести разработку дерева неисправностей судового МДК от крутильных колебаний. 4. Произвести расчет действующего и допустимого индекса рисков для возникновения каждой неисправности. 5. Произвести расчет интегральной оценки рисков для судна от крутильных колебаний.

Литература

1. Викулов С.В. Диагностика коленчатого вала судового дизеля по параметрам крутильных колебаний // Ползуновский вестник №4/3, 2013, с. 146 – 150.
2. Возницкий И.В. Повреждения и поломки дизелей. Примеры и анализ причин. С-Пб.: Моркнига, 2006. – 138 с.
3. Чура М.Н. Прогнозирование начальной стадии усталостного разрушения судовых гребных валов (на примере т/х «Волгонефть» пр. 1577/550А). Научно – исследовательская работа. Новороссийск. 2010, - 57 с.
4. Российский морской регистр судоходства. Приложения к руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. -СП-б: РМРС, 2020. – 409 с. (электронное издание).
5. Российское классификационное общество. Оценка работоспособности силиконовых демпферов крутильных колебаний судовых двигателей внутреннего сгорания. Руководство Р.043-2016. - М.: РКО, 2016. – 66 с.
6. Егоров А.Г. Формализованная оценка безопасности судов внутреннего и смешанного (река – море) плавания // Труды Центрального научно-исследовательского института им. Академика А.Н. Крылова, №37 (351), 2012. - с. 41 – 54.
7. ГОСТ Р 27.302-2009. Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
8. Емельянов М.Д. Применение условных рисков для оценки безопасности морских судов // Транспорт Российской Федерации, №3-4 (22–23), 2009. – с. 40 – 45.

Məqalə qəbul olunub: 31.03.23
Tövsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.

UOT 621.311

ON SWITCHING-OFF UNLOADED SHORT OVERHEAD ELECTRIC LINES

Lazimov T.M., Sadigov A.B.

"Azerbaijan State Marine Academy" LEPL
AZ1000, Baku, Z. Aliyeva str, 18,
Azerbaijan Technical University
AZ1073, Baku, H. Javid ave, 25
E-mail: tahirlazim@gmail.com, asif14.sadiq@gmail.com

Abstract. *The paper presents results of investigation transitional processes at switching-off unloaded short electric lines. The possible maximum values of transitional functions of voltage across the line terminals and recovery voltages are determined for the cases of use both SF6 and vacuum circuit breakers. Free frequencies, impact of arc on switching processes and some computational issues are also considered in the paper.*

Xülasə. *Məqalədə yüklənməmiş qısa hava elektrik xətlərinin açılmalarında əmələ gələn keçid prosesləri tədqiq edilmişdir. Xəttin terminallarında və bərpa olunan gərginliyin əmələ gələ biləcək ən böyük qiymətləri həm SF6, həm də vakuum açarlarının istifadəsi halları üçün təyin edilmişdir. Məqalədə sərbəst tezliklər, qövsün kommutasiya proseslərinə təsiri və bəzi hesabi məsələlərə də baxılmışdır.*

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования переходных процессов при отключении холостых коротких линий электропередач. Определены возможные максимальные значения переходных функций напряжения на зажимах линии и восстанавливающегося напряжения для случаев применения как элегазовых, так и вакуумных выключателей. Также рассматриваются свободные частоты, влияние дуги на процессы коммутации и некоторые вычислительные вопросы.*

Key words: *aerial electric line, transitional functions, overvoltage, electromagnetic compatibility*

Açar sözlər: *hava elektrik xətləri, keçid funksiyaları, ifrat gərginlik, elektromaqnit uyğunluğu*

Ключевые слова: *воздушная линия электропередач, переходные функции, перенапряжение, электромагнитная совместимость*

Introduction. Research of transitions and transitional processes in electric power systems has always had significant importance, since just in these modes transitional voltages and currents can reach their maximum values capable of being dangerous for insulation and conductive parts of electrical equipment, switching apparatus [1]. The most important applications of study transitional processes concern to the co-ordination of high-voltage electrical installations and equipment insulation, design and setup of relay protection and emergency control systems and devices, option of substations switching equipment, electromagnetic compatibility (EMC) etc. A special place among transients is occupied by those caused by switching electrical installations and equipment [1], [2], [3].

Survey of literature on transitional processes in electric power systems shows that their influence on EMC has not been studied as widely and deep as one on co-ordination of electrical installation insulation, choice of circuit breakers and other switching equipment, relay protection and emergency control issues.

Note in this view that switching of short aerial electric lines (especially power transmission lines) studied in the present paper is of significant interest in terms of EMC, since just these modes

can be accompanied by appearance of high-frequency interferences capable to disturb the operation of substations secondary circuits (measuring circuit, circuits of relay protection, automation and communication and so on). This research also can have a certain application for autonomous onboard power systems of relatively large dimensions e.g., for sea vessels and platforms.

Earlier we studied switching of unloaded power transmission lines of relatively high length [4]. We had also made some estimations of transitional functions' values also for the lines of shorter length, in the range 1 – 10 kilometers, see [5].

Research ground. Electrical connection scheme and appropriated equivalent network of unloaded electrical line is presented in Fig.1.

An electrical connection scheme and corresponding equivalent network of unloaded 220 kV power transmission line are presented in the Fig. 1.

The following denotations are used in the Fig.1:

– e(t) is system's e.m.f.;

– Rs and Ls are resistance and inductance of the equivalent system respectively;

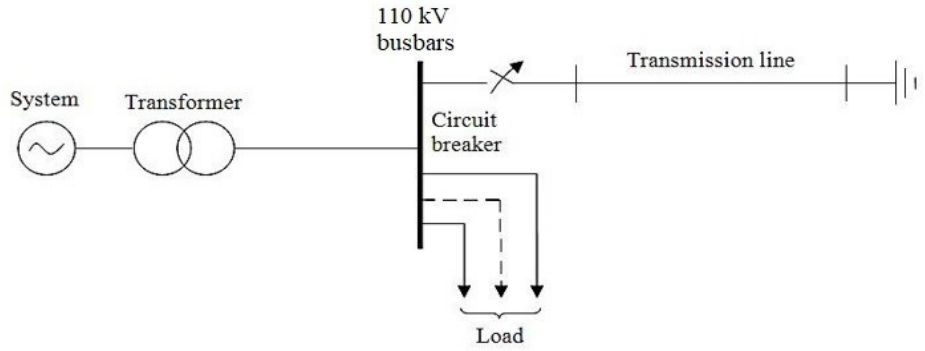
– Gl and Cl are conductivity and capacitance of the substation load respectively;

– Vs is voltage of the line on the system side;

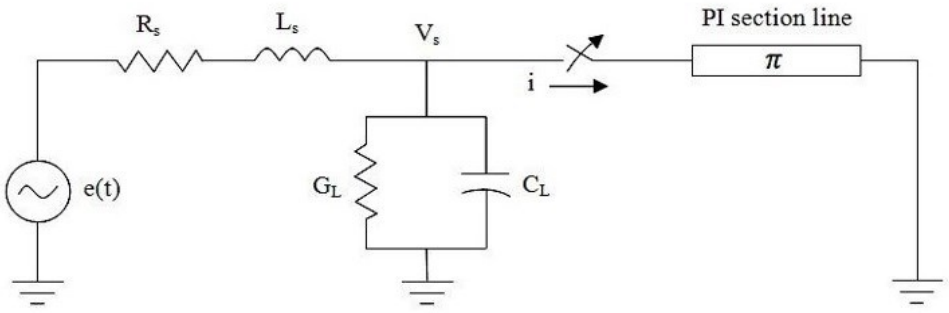
– pi-sectioned line.

Per unit parameters of 110 kV's aerial electric line were set in accordance with [6].

The switching-off processes were researched for the cases of use auto-compression (SF6) and vacuum circuit breakers. There were taken into consideration the main physical parameters of circuit breakers, namely chop current and electric strength restoration laws.



a)



b)

Fig. 1. *Switching-off unloaded electric line*
a) connection scheme; b) equivalent network

For computer simulation of the problem under consideration were used some versions of MATLAB and also PSCAD software (version 4.2.1). The optimum ode solvers, algorithms and simulation parameters (initial step sizes and tolerances) parameters of computer simulation were determined and chosen by the condition to obtain stable solutions of the systems differential equations formalized transitional functions of voltages and currents. Some computational features are presented in the present paper below.

Results and discussion. Ratios of overvoltages. Numerous simulations carried-out showed that ratios of overvoltages conditioned by switching-off short power transmission lines with length 0.1 – 10 kilometers equals (with rounding to thousandths) to:

- 2.189 – 2.341 p.u. for voltages across the line terminals, and 1.851 – 1.978 p.u. for recovery voltage (voltage across the circuit breaker poles) at use SF6 circuit breaker;
- 2.533 – 2.728 p.u. for voltages across the line terminals, and 2.171 – 2.360 p.u. for recovery voltage at use vacuum circuit breaker.

Note that higher overvoltages correspond to the lesser line length. Simulated curves of transitional voltages are presented in Fig.2 and Fig.3. As it is seen from the results obtained, ratios of transitional voltages do not exceed allowable value for the 110 kV insulation.

We also studied influence of arc in circuit breakers on switching overvoltages at disconnection of short (up to 10 kilometers) electric lines, as we did this for the switching power transmission lines of higher lengths (see [5], [7]) and also some other kinds of switching [8]. For simulation the arc phenomenon in circuit breakers we used some known arc models presented in [9], [10], [11].

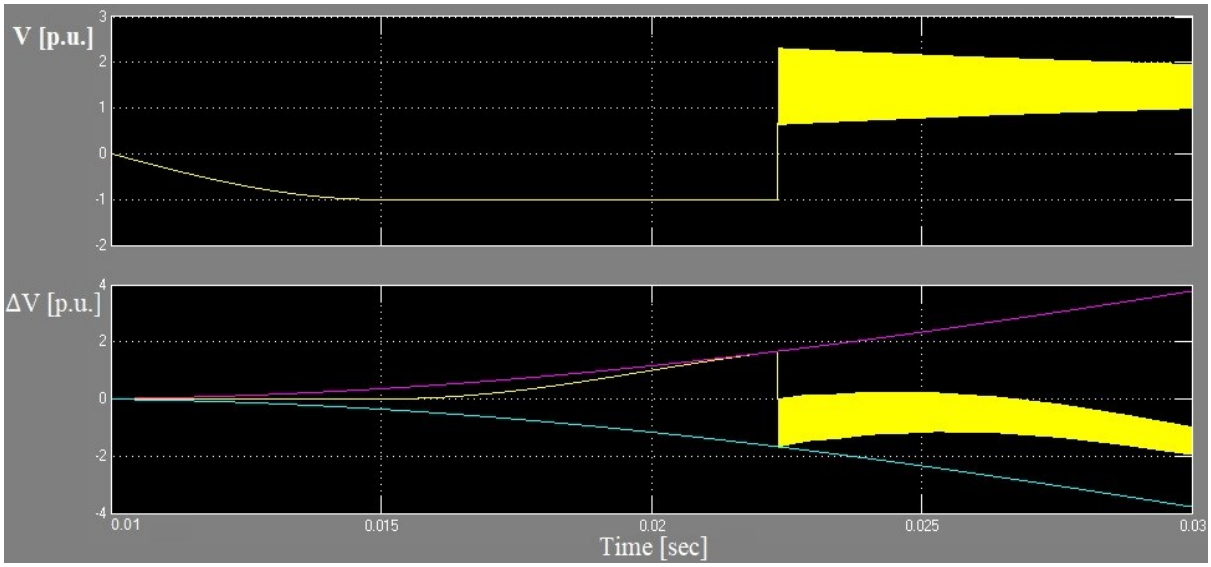


Fig.2. *Transitional voltages at switching-off unloaded power transmission line (l = 2 kilometers) by SF6 circuit breaker (violet and blue curves concern to the function of electric strength of the circuit breaker)*

As we had stated in [5] the most difference of overvoltage conditioned by non-consideration arc in circuit breakers at switching-off power transmission lines of 10 kilometers and more is circa 12 – 13 % for recovery voltage for both types of circuit breakers (SF6 and vacuum). Our research for the shorter lines showed underestimation of recovery voltage at most on 6 – 7 %, what means that magnitudes of recovery voltages are under the allowable value for the 110 kV insulation. Impact of the arc on the voltages across the lines' terminals do not exceed 1 – 2 % for the short and relatively long lines.

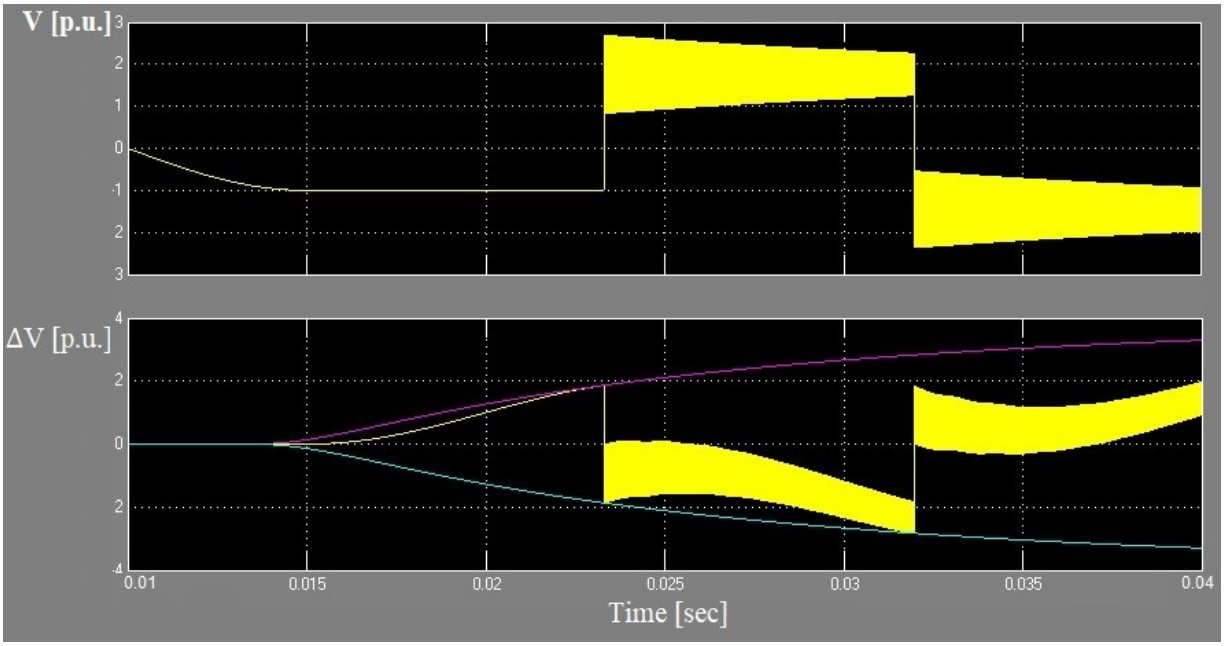


Fig.3. *Transitional voltages at switching-off unloaded power transmission line (l = 2 kilometers) by vacuum circuit breaker (violet and blue curves concern to the function of electric strength of the circuit breaker)*

Comparing Fig.2 and Fig.3 we can see that switching-off by vacuum circuit breaker is accompanied by one more repeated restrike of arc in the intercontact gap taken place at relatively later time instant. This means that this second restrike occurs at relatively high voltage, that causes higher values of transitional voltages at use vacuum circuit breaker. This is well-corresponded to the physical nature of vacuum intercontact spaces. As it was described in [12] there are some almost unchangeable probability of arc's repeated re-ignitions and restrikes during the decades of milliseconds due to lesser rise of electric strength in comparison with beginning phase when electric strength of vacuum rises steeply.

Influence on electromagnetic environment and EMC. A priori, it can be assumed that the switching of short overhead power lines is accompanied by the appearance of high-frequency free voltages and currents and their temporal derivatives, which are unfavorable for the electromagnetic environment at substations and potentially dangerous for their secondary circuits [13].

Note that frequencies of voltages and currents free oscillations (oscillations of natural frequency) for the aerial lines under study are about 12 to 120 kHz for the lines' length 1 to 10 kilometers, at that the higher free frequencies correspond to lesser line length. The maximum length of line corresponding to the minimum frequency of the radio band [14] can be estimated as circa 6 kilometers. This means that switching-off unloaded electric line of 6 kilometers and less can cause a short-term interference into the radio frequency range.

Some computational features. As we stated in [4] concerning to the relatively long aerial (overhead) electrical lines the best numerical solvers for simulating their switching-off in unloaded mode are from the point of view obtaining stable solutions are ode 23t (both fast and robust algorithms), ode 23s and ode 23tb (just robust algorithm). Our present research for shorter lines confirmed this conclusion but with one clarification: we had additionally stated that the fast adaptive algorithm of the ode 23tb can be also successfully used to simulate the problem under consideration, and not just for short lines.

Concerned to the number of pi-sections in the model used [15] we can suppose that errors conditioned by the use of a single pi section (N = 1) [16] can require the application of models with greater N (2 or 3) for very short power transmission lines for the case of use vacuum circuit breaker.

Conclusions.

1. Transitional voltages at switching-off unloaded overhead 110 kV power transmission lines of short (10 kilometers and less) do not exceed allowable value for the 110 kV insulation.
2. Switching-off unloaded overhead 110 kV power transmission lines of length 6 kilometers and less can cause the short-term interference for the substations' secondary circuits into the radio frequency range.
3. In some cases, especially those associated with the use of vacuum circuit breakers, it may be necessary to clarify the optimal number of pi-sections in the line model.

References

[1] R. Smeets, L. Van der Sluis, M. Kapetanovic, et al., "Switching in Electrical Transmission and Distribution Systems", John Wiley and Sons, Ltd., New York, USA, 2015
[2] J.A. Martinez Velasco, "Transient Analysis of Power Systems: Solution Techniques", Tools and Applications, John Wiley & Sons, Ltd., New York, USA, 2014
[3] Razevig D.V., High Voltage Engineering, Khanna Publishers, Delhi, 1972
[4] T. Lazimov, E. Saafan, and A. Sadıgov, "Some Physical and Computational Features of Unloaded Power Transmission Lines' Switching - off, Process". Computer Engineering and Applications, vol. 7, no. 1, Palembang, Indonesia, 2018
[5] T. Lazimov, E.A.A. Saafan, R. Ahmadov, A. Sadigov, "Improving Adequacy of Simulation Transitional Processes in Electric Systems by More Comprehensive Consideration Phenomena in Circuit Breakers", Proceedings of the MEPS'19 International Conference, Wroclaw, Poland, 2019
[6] Baumstein I.A., Bajanov S.A., High Voltage Electrical Installations, Energoatomizdat, Moscow, 1989 (in Russian)
[7] T. Lazimov, S. Imanov, "Some Results of Unloaded Line Switching-offs' Computer Simulation", The 5th International Conference ELECO, pp. 147-150, Bursa, Turkey, 2007
[8] T. Lazimov, E. Saafan, "Influence of Arc Resistance on Transitional Functions' Stability at Computer Simulation of Switching-off Processes", The Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), pp. 1-4, Hong Kong, China, 2014
[9] Shengwen Shu, Jiangjun Ruan, Daochung Huang, Gaobo Wu, "Influencing factors of breaking capacity of double-break vacuum circuit-breakers," Telkomnika, Vol. 11, No. 6, pp. 2903 -2911, 2003
[10] K. Takaki, Hidenori Akiyama, Resistance of pulsed arc discharge in air and SF6, Pulsed Power Plasma Science PPPS-2001, Digest of Technical Papers, Volume: 2, Las Vegas, NV, USA, 2001
[11] B.J. Martin, Vacuum interrupter model based on breaking tests. IEEE Trans. Plasma Sci. 27 (4), pp. 969 -976, 1999
[12] Murai Y., Toya H., Nitta T., Statistical property of the breakdown of vacuum circuit-breakers and its influence on the surge generation in capacitive and reactive current interruption, IEEE Transactions on PAS, 11, 1979
[13] W. Prasad Kodali Engineering Electromagnetic Compatibility: Principial, Measurement, Technologies and Computer Models. Second Edition. Wiley – IEEE Pres., 2001
[14] https://www.intechopen.com/chapters/79794
[15] http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/ref/pisectionline
[16] Tahir Lazimov, Samira Gahramanova, Asif Sadigov, On modeling of switching-off processes in power transmission lines, Proceedings of COIA 2020 Conference, Vol.2, Baku, Azerbaijan, 2020

Məqalə qəbul olunub: 10.04.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.

UOT 355.369

HƏRBİ GƏMİDƏ AKUSTOOPTİK QƏBULEDİCİNİN TƏTBİQİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Rüstəmov Ə.R.

Milli Müdafiə Universiteti, Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu
Bakı şəh., Şəfaət Mehdiyev küç., 136
E-mail: asad-rustam@mail.ru

Xülasə. *Təqdim olunan məqalədə hərbi gəmilərin passiv radiolokasiya sistemində akustooptik qəbuledicinin tətbiq xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmişdir. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkiledicilərinin tam zəiflədilməsinin tətbiqi nəticəsində impuls maneəsinin kompensasiyası əsasında akustooptik qəbuledicinin siqnallarının effektiv qəbulu zamanı maneələrin tam kompensasiyasının təmin edilməsi müəyyən olunmuşdur.*

Abstract. *In the presented work, the application of an acoustic-optical receiver in the passive radar system of military ships has been reviewed, as a result of the application of the band filter whose frequency characteristics do not depend on the tuning frequency and the full attenuation of the synthase barrier elements to ensure the full compensation of the barriers during the effective reception of the signals of the acousto-optic receiver based on the impulse barrier compensation was determined.*

Аннотация. *В работе рассмотрены особенности применения акустооптического приемника в пассивных радиолокационных системах военных кораблей. Определены возможности обеспечения полной компенсации помех при эффективном приеме сигналов акустооптического приемника за счет компенсации импульсных помех и применения полной компенсации синфазных помех, а также полосового фильтра с частотной характеристикой независимой от частоты настройки.*

Açar sözlər: *radiolokasiya stansiyaları, akustooptik qəbuledici, passiv maneə, radioəkstəsir sistemləri, impuls maneələri, akustooptik zolaq süzgəci, amplitud modulyatoru*

Key words: *radar stations, acousto-optic receiver, passive barrier, radio transmission systems, impulse barriers, acousto-optic bandpass filter, amplitude modulator*

Ключевые слова: *радиолокационные станции, акустооптический приемник, пассивная помеха, системы радиопротиводействия, импульсные помехи, акустооптический полосовой фильтр, амплитудный модулятор*

Giriş. Müasir dövrdə dənizin suüstü şəraitinə nəzarət edən sistemlərə qoyulan tələblər artmışdır. Hərbi gəmilərin radiolokasiya sistemində siqnalların passiv maneə fonundan ayırılmasının çətinliyi, faydalı siqnal kimi maneənin də zolaq süzğəcində əksolunması ilə bağlıdır. Buna görə də effektiv mühafizə sistemlərinin işlənməsində əsas problem, siqnal və passiv maneə arasında ən böyük fərqlərə malik parametrin və ya parametrlər qrupunun düzgün seçilməsidir. Parametrləri seçərkən fəza - zaman və ya bucaq sürəti, sürət, polyarlaşma, trayektoriya və amplitud fərqləri nəzərə alınmalıdır [1,2].

Radiolokasiya stansiyalarında (RLS) faydalı siqnal və passiv maneələrin statistik xassələrinə əsas diqqət, siqnalın passiv maneədən yönəlmə sürətinə (tezliyinə) və fəza - zaman fərqlərinə yönəldilir. Göstərilən xassələrə uyğun olan digər metodlar daha az imkanlara malik olmaqla lazım gələn hallarda əlavə olaraq istifadə oluna bilər. Bu xüsusiyyətlərə siqnalın informasiya baxımından davam etmə müddəti, amplitudu və passiv maneələr arasındakı fərqlər, maneənin susdurulması və

siqnalın ayrılması üçün yalnız hədəfin əksetdirici buludlarından kənarda olan xüsusi hallarında istifadə olunması məsləhət görülür. Əsas məqsəd hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sistemli akustooptik qəbuledicisinə tətbiq edilən impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsuludur [3].

Maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi. Hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sisteminin əsas tərkib hissəsi akustooptik qəbuledicisi sayılır [4]. Şüalanma mənbəyinin aşkarlanması və neytrallaşdırılmasının effektivliyi birbaşa qəbuledicinin xarakteristikalarından asılı olur. Eyni zamanda qəbuledicinin özü də radioəkstəsir sistemlərinin fəaliyyəti şəraitində yüksək maneəyədavamlılığa malik olmalıdır. Bütün bunlar passiv radiolokasiya sisteminin qəbuledicilərində yüksək maneəyədavamlılığı təmin edən xüsusi üsul və vasitələrin tətbiqinin zəruriliyini göstərir [5].

Passiv radiolokasiya sistemli qəbuledicilərin layihələndirilməsi və işlənməsi prosesində qəbul şəraitinin aşağıdakı fərqləndirici xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır:

- radiolokasiya stansiyaların sıxlığının az olması;
- radioəkstəsir (o cümlədən çəpərləyici, hədəfləyici və s.) maneələrinin yüksək intensivliyi.

Radiolokasiya stansiyaların sıxlığının az olması sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin, o cümlədən çəpərləyici və hədəfləyici maneələrin zəiflədilməsi üçün zəruri olan əlavə qəbul kanalının seçilməsini asanlaşdırır.

Radioəkstəsir maneələrinin yüksək intensivliyi, onların zəiflədilməsinə yönəldilmiş xüsusi üsul və vasitələrin tətbiqini tələb edir[7]. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkiledicilərinin tam zəiflədilməsini təmin edən üsulun tətbiqi yüksək maneəyədavamlılığı təmin edir.

Akustooptik zolaq süzgəcinə uyğun olaraq qəbuledicinin köklənməsi iki mərhələdə aparılır. Kökləmənin birinci mərhələsi akustooptik modulyator vəziyyətinin mexaniki olaraq dəyişdirilməsi yolu ilə həyata keçirilir. Dəqiq kökləmənin təmin edildiyi ikinci mərhələ gərginliklə idarə olunan generatoru idarəedicisinə verilən gərginlik vasitəsi ilə həyata keçirilir. Qeyd etmək olar ki, qəbuedicinin təklif olunan quruluşu yüksək keyfiyyətli izləyici qəbulun təşkilinə də imkan verir.

İmpuls maneələri sönən, davametmə müddəti mikrosaniyə diapazonunda yerləşən cərəyan və gərginliyin yüksək tezlikli impulslarıdır. Davametmə müddəti az olmasına baxmayaraq impuls maneələri böyük enerjiyə malik maneələr sayılır. Bu impulsun sürətinin yüksəlməsi hesabına baş verir. Praktikada impuls maneəsi təsadüfü amplitudaya və geniş spektrə malik olduğundan naməlum qısa müddətli radioşüalanmaların ölçülməsi prossesinə nəzərə çarpan dərəcədə maneçilik törədir. Elmdə bu problemin həlli istiqamətində çoxlu sayda tədqiqat işləri aparılmış, impuls maneələrinin kompensasiyası üçün metodlar işlənib hazırlanmışdır. Lakin bu metodların tətbiqi zamanı aydın olmuşdur ki, bəzi nöqsanlar impuls maneələrinin kompensasiyasına çətinlik yaradır. Belə ki, əsas iki üsulun tətbiqinin nəticələri zamanı yaranmış nöqsanlar daha önəmli sayıla bilər: 1) Maneələrin detektordan sonra susdurma üsulu; 2) Maneələrin detektora qədər susdurma üsulu. Maneələrin detektordan sonra susdurma üsulunun tədqiqinin nəticələrindən görünür ki, faydalı siqnalın varlığı, impuls maneəsinin tam kompensasiyası üsulunu demək olar ki, mümkünsüz edir. Susdurmanın nəticələrinin heterodinin rəqslərinin təsadüfü fazasından aslığı maneələrin detektora qədər susdurma üsulunun əsas çatışmamazlığıdır.

Hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sistemində tətbiq edilən impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu maneələrin kompensasiyasının koherent üsuludur. Yuxarıda göstərilmiş hər iki metodun nöqsanları bu metodda yoxdur. Amma faydalı siqnalın zolağında impuls maneələrinin formalaşması haqqında dəqiq biliklərə olan mürəkkəb və yüksək tələblər bu metodun geniş istifadə edilməsinə maneə törədir. İmpuls maneələrinin kompensasiyası üzrə baxılmış üsulların çatışmamazlıqları qısamüddətli naməlum radiolokasiya şüalanma parametrlərinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsinə maneə törətdiyindən onlardan istifadəni məhdudlaşdırır.

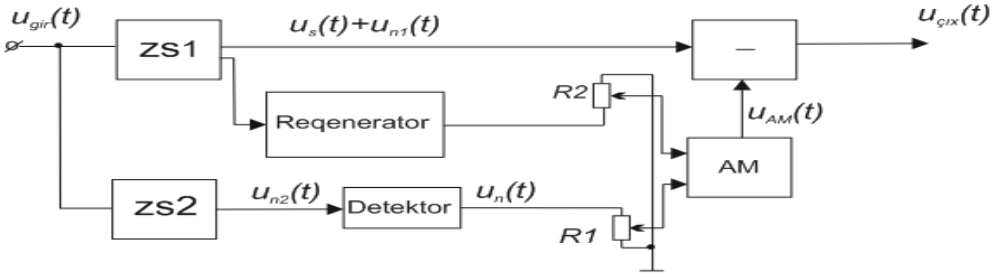
Beləliklə gəmilərin akustooptik effektli passiv radiolokasiya qəbuledicilərində impuls maneələrinin kompensasiyası yönəldilmiş üsulların tətbiqi zamanı aşkar edilmiş nöqsanların aradan

qaldırılmasına istqamətləndirilmiş tədqiqatlar impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası adlı yeni bir üsulun tətbiqinə şərait yaratmışdır [7, İ 2013 0026].

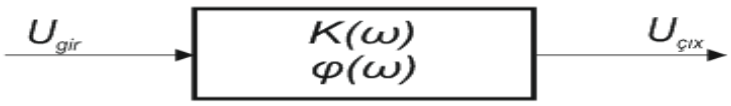
Hərbi gəmilərdə maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi impuls maneəsinə qarşı qəbuledicinin maneəyədavamlığı kifayət qədər artırıla bilər. Belə ki, impuls maneəsinin tezlik və faza spektrlərində faydalı siqnalın tezliyində və digər tezliklərdə bağlılıq xassəsi mövcuddur. Məhz bu xassədən istifadə edərək, qəbulediciyə müxtəlif istiqamətlərdən, eləcə də faydalı siqnalın gəldiyi istiqamətdən daxil olan çoxsaylı impuls maneələrinin zəiflədilməsi üçün müxtəlif üsullar işlənmiş və vasitələr tətbiq edilmişdir. Tətbiq olunan üsullar impuls maneələrinin ya aşağı tezlikli traktda (detektordan sonra), ya da yüksək tezlikli traktda (detektora qədər) zəiflədilməsini təmin edir.

Aydınlıq gətirmək üçün impuls maneələrinin kompensasiyası üsulunu şəkil 1-də verilən struktur sxem ilə daha geniş izah etmək olar [7]. Sxemdə iki zolaq süzgəcindən istifadə edilmişdir. Zolaq süzgəci-1 vasitəsi ilə siqnal və maneənin qarışığı $u_s(t) + u_{n1}(t)$ ayrılır, zolaq süzgəci-2 vasitəsi ilə isə susdurulan, ancaq təşkiledicileri olan tezlik oblastında impuls maneəsinin $u_{n2}(t)$ spektrinin bir hissəsi ayrılır.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi akustooptik zolaq süzgəcinin və sinxron kompensasiya üsulunun passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisinə qoyulan tələblərin yerinə yetirilməsi kontekstində yüksək potensial imkanlara malik olması şübhəsizdir. Zolaq süzgəci, onun tezliyin ötürmə əmsalı ilə xarakterizə olunur (şəkil 2).



Şəkil 1. *Sinxron kompensasiya üsulunun tədqiqi üçün qurğunun sxemi*



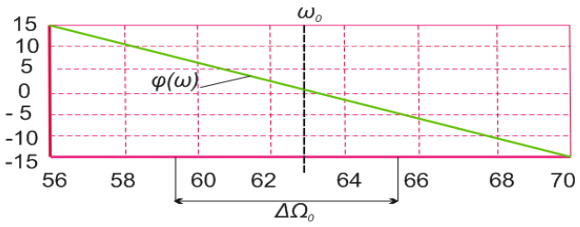
Şəkil 2. *Zolaq süzgəcinin sxemi*

$$K(j\omega) = K(\omega)exp[j\psi(\omega)], \tag{1}$$

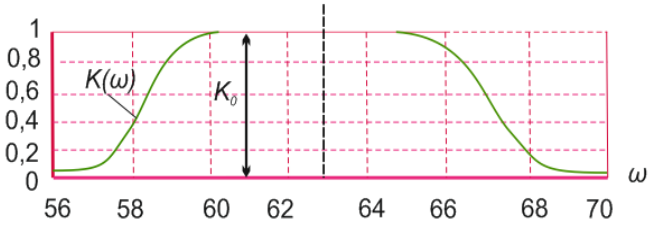
burada, $K(j\omega)=K_0Y(\omega)$-tezliyin ötürmə əmsalının modulu; $\psi(\omega)$-arqumenti; $Y(\omega) = 1/\sqrt{1+x^{2n}}$-nisbi ötürmə əmsalı; $x=2\Delta\omega/\Delta\Omega_0$ ümumiləşdirilmiş kökdəndüşmə; $\Delta\omega= \mid\omega_0-\omega \mid$-mütləq kökdəndüşmə; n-süzgəcin tərtibidir[8].

Siqnal zolaq süzgəcindən keçdikdən sonra süzgəcin faza-tezlik xarakteristikası və amplitud-tezlik xarakteristikasının qrafikləri uyğun olaraq qrafik 1 və 2-də göstərilmişdir [9]. Qəbul edək ki, zolaq süzgəci girişinə düzbucaqlı videoimpuls təsir edir. Girişdəki videoimpulsun spektral sıxlığını $U_{gir}(j\omega)$ kimi işarə edərək, çıxışdakı siqnalın spektral sıxlığını aşağıdakı kimi tapırıq:

$$U_{çıx}(j\omega) = K(j\omega) \cdot U_{gir}\,. \tag{2}$$

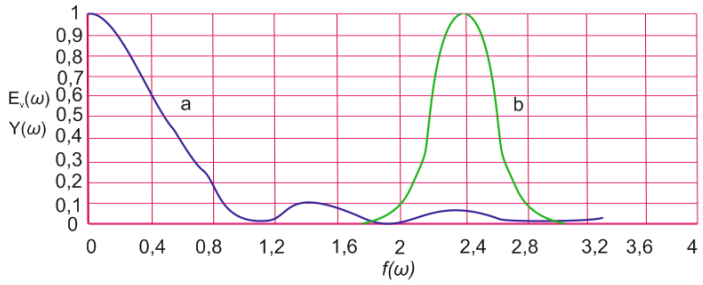


Qrafik 1. *Zolaq süzgəcinin faza-tezlik xarakteristikaları*



Qrafik 2. *Zolaq süzgəcinin amplitud - tezlik xarakteristikaları*

Adətən impuls siqnalının spektri zolaq süzgəcinin buraxma zolağından qat-qat geniş olur. Ona görə də zolaq süzgəcinin çıxışındakı siqnal, impuls siqnalının yalnız süzgəcin buraxma zolağının daxilinə düşən təşkiledicilərinin təsiri ilə formalaşır (qrafik 3) [10]. Bu təşkiledicilərin amplitudu $K(\omega)$dəfə artır, fazası isə $\psi(\omega)$ kəmiyyəti qədər sürüşür.



Qrafik 3. *Düzbucaqlı impulsun enerji spektri (a) və zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikası (b)*

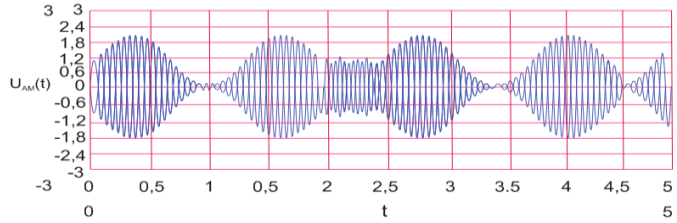
Qrafik 3-də göstərilmiş detektorun köməyi ilə $u_{n2}(t)$ impuls maneəsinin əyrisi $U_n(t)$ ayrılır. Faydalı siqnalın və maneənin ayrılması uyğun olaraq ω_s və ω_n tezliklərində həyata keçirilir. Sxemdə amplitud modulyatordan (AM) da istifadə edilmişdir. Ayrılmış $U_n(t)$ gərginliyi onun girişinə verilir. AM-in ikinci girişinə zolaq süzgəci-1-in çıxış siqnalından reqenerasiya olunmuş sıfır fazalı dayaq rəqsləri verilir. Bunun nəticəsində AM-də $u_{AM}(t)$ ampitud modulyasiyalı rəqslər formalaşır. Formalaşmış bu rəqslər faydalı siqnalın tezliyinə bərabər daşıyıcı tezliyə malik maneə rolunu oynayır. Kompensasiya edən siqnalın belə formalaşması $u_{AM}(t)=u_{n1}(t)$ ifadəsi ilə göstərilə bilər. Müvafiq qurğuda $u_s(t)+u_{n1}(t)$ additiv qarışıqdan $u_{AM}(t)$ kompensasiya edən siqnal çıxılır. İmpuls maneəsinin tam kompensasiyası baş tutur:

$$u_{çıx} = u_s(t) + u_{n1}(t) - u_{AM}(t) = u_s(t)\,. \qquad (3)$$

R1 potensiometr vasitəsi ilə modulyasiya edən gərginliyin və R2 potensiometrin köməyi ilə daşıyıcı rəqslərin amplitudasının seçilməsi impuls maneələrinin tam şəkildə kompensasiyasına gətirib çıxarır.

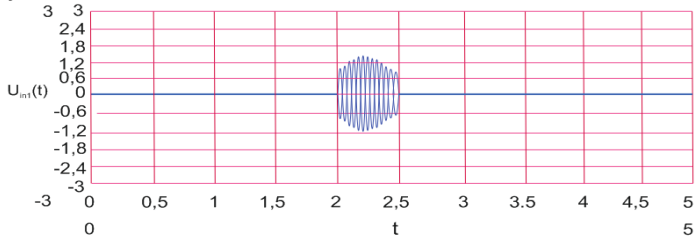
Nəzəri olaraq sıfır başlancıq fazalı dayaq rəqslərinin tədqiqi üçün bir çox metodlar mövcuddur, zolaq süzgəci-1-in çıxış siqnalından sıfır başlanğıc fazalı dayaq rəqslərinin formalaşdırılması üçün

maksimum həqiqətə bənzər prinsipindən istifadə edilir. Bu prinsip əsasında zolaq süzgəci-1-in çıxış siqnalının daşıyıcısının fazasının optimal qiymətləndirilməsini keçirmək lazımdır [8,], Belə ki, heterodin rəqsinin fazasının təsadüfi qiymətlərində gəmilərdə maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi tətbiq edilə bilən kompensasiya qurğusunun çıxışında impuls maneəsinin amplitudu sıfır qiymətdən iki dəfə böyük qiymətə qədər intervalda dəyişə bilər. Ən böyük qiymət halı və nəzarət nöqtələrində gərginliyin zaman diaqrammaları qrafik 3-də göstərilmişdir. Qrafik 4-də impuls maneələrinin təsiri altında əsas kanalda, yəni qəbul kanalında amplitud modulyasiyalı siqnalın dəyişməsi təsvir olunmuşdur.



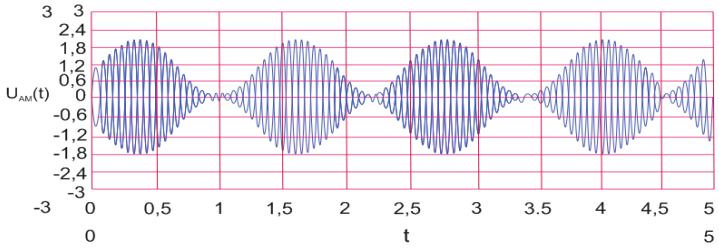
Qrafik 4. *Faydalı siqnalın və maneənin siqnalın kanalında qarışığı sxemi*

Qrafik 5-də sistemdə bərpa edilmiş maneə siqnal kanalında olan maneəyə nəzərən 180° faza sürüşməsi əksini tapmışdır.



Qrafik 5. *Bərpa edilmiş maneənin təsviri*

Qrafik 6-da faza sürüşməsindən sonra qəbuledici qurğunun çıxışında maneənin amplitudunun iki dəfə artması və siqnalın forması göstərilmişdir.



Qrafik 6. *Çıxıcı qurğunun çıxışında siqnalın forması*

Rezonans gücləndiricisinin əsasında məhdudlaşdırıcdan istifadə edərək sıfır başlancıq fazalı dayaq rəqslərini formalaşdırmaq olar. Bu qurğuda məhdudlaşdırıcının girişindəki gərginliyin fazası cərəyanın birinci harmonikasının və uyğun olaraq çıxış gərginliyinin fazası ilə üst üstə düşür.

Beləliklə, impuls maneəsi tam kompensasiya olunur. İmpuls maneəsinin tam kompensasiyası üçün modulyasiyaedici gərginliyin amplitudu $R1$, daşıyıcı rəqsin amplitudu isə $R2$ potensiometri vasitəsi ilə seçilir.

Nəticə. Maneəsiz və maneəli şəraitdə bəzi parametrlərin qəbulu zamanı təsir edən amilləri müəyyən etməklə suüstü gəmilərin passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicinin tətbiqi nəticəsində siqnalların passiv maneə fonundan ayırmasının çətinliyi, faydalı siqnal kimi maneənin

zolaq süzgəcində əks olunması, çəpərləyici və hədəfləyici maneələrin zəiflədilməsi üçün zəruri olan əlavə qəbul kanalının seçilməsini asanlaşdırır. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkiledicilərinin tam zəiflədilməsini tətbiqi yüksək maneəyədavamlığı, impuls maneəsinin kompensasiyası üçün təklif olunan üsul əsasında suüstü gəmilərin passiv radiolokasiya sistemində akustooptik qəbuledici tərəfindən siqnallarının effektiv qəbulu zamanı maneələrin tam kompensasiyasını təmin edilməsi mümkündür.

Ədəbiyyat

1. Rüstəmov Ə. R., Qurbanov M. Ə., Bəbəşov E. H. Radiotexniki müşahidənin nəzəri əsasları. Bakı, H. Əliyev adına AAHM, 2020, 96 səh.
2. Gənciyev A.Ş., Kərimov E.Y. Radiolokasiyanın nəzəri əsasları. Bakı, H. Əliyev adına AAHM, 2020, 513 səh.
3. Дятлов А.П., Емельянов Р.В., Тихонов С.С. Цифровой приемник для радиомониторинга связных сигналов с широкой полосой мгновенного анализа и высоким быстродействием. Москва, Специальная техника, 2010, №2, с. 9÷18.
4. Поляков, В.Т. Синхронный АМ приемник // – Москва: Радио, – 1984. №8, – с.31-34.
5. Никитин, Н.П. Устройства приема и обработки сигналов. Системы управления приемником. Устройства борьбы с помехами: учеб. пособие / Н.П.Никитин, В.И. Лузин. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, – 2014. – 88 с.
6. US Naval İnstitute "Prinsciples of NAVAL weapon sistems" 411p https://www.amazon.pl/Payne-Principles-Weapon-Systems-Second/dp/1591146674
7. Həsənov R.A., Eynullayev V.S., Rüstəmov Ə.R. İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu. Patent-ixtira İ 2013 0026.
8. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Рустамов А.Р., Агаев Э.А., Ахмедов Р.А., Садыхов М.В. Широкополосный амплитудный демодулятор на основе фотоупругого эффекта и оптимизация его характеристик // Успехи прикладной физики, 2023, том 11, № 1 https://advance.orion-ir.ru/UPF-23/1/UPF-11-1-81_RU.pdf
9. Gasanov A.R., Gasanov R.A., Rustamov A.R., Akhmedov R. A., and Sadykhov M. V. Acoustooptic Methods and Tools for Measuring Parameters of Optoelectronic Devices. ISSN 0735-2727, Radioelectronics and Communications Systems, pp. © Allerton Press, Inc., 2022. P 305-316 Russian Text © The Author(s), 2022, published in Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Radioelektronika. file:///G:/asad2023%20shexi/MEQALELER%2021/ASAD% 20MEQALE% 202016/% C6%8Fs%C9%99d%20R%C3%BCst%C9%99mov%20-%20m% C9% 99qal% C9%99l%C9%99r%20PDF/afiq%20m%202023%20meqale/afiq%20m%2022%20eng/eng%-20ukr%20AF%C4%B0Q%20M.pdf
10. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А, Рустамов А.Р., Ахмедов Р.А., Садыхов М.В. Иследование взаимной корреляции временных и частотных характеристик акустооптической линии задержки Радиостроение Текст научной статьи по специальности «Электротехника, электронная техника, информационные технологии» file:///C:/Users/esed.rustemov/Documents/issledovanie-vzaimnoy-korrelyatsii-vremennyh-i-chastotnyh-harakteristik-akustoopticheskoy-linii-zaderzhki.pdf

Məqalə qəbul olunub: 14.04.23
Tövsiyə edib: dos. Sultanov E.F.

UOT 629.12.066

BÖYÜK GÜCLÜ GƏMİ AVAR ELEKTRİK QURĞULARININ TƏDQİQİ

Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: afag_sk@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə böyük güclü gəmilərin elektrik hərəkətverici sistemlərinin qurulması üçün mövcud strukturların təhlili aparılmış, onların üstünlükləri və çatışmazlıqları qeyd edilmişdir. Həmçinin məqalədə müxtəlif növ avar mühərriklərinin müqayisəli təhlili də aparılmışdır. Təhlillərə əsasən mövcud elektrik maşınlarının növləri ilə müqayisədə daha yüksək energetik və istismar xarakteristikalarına malik olan, rotoru anizotrop maqnit keçiricilikli reaktiv mühərrikdən avar mühərriki qismində istifadə edilməsi və gəminin kaskad tezlik çeviricili böyük güclü elektrik hərəkətverici sisteminin transformatorsuz strukturu təklif olunur. Kaskad tipli tezlik çeviricili və rotoru anizotrop maqnit keçiriciliyinə malik reaktiv elektrik mühərrikinin gəmi avar elektrik sistemlərində istifadəsinin üstünlükləri qeyd edilmişdir.*

Abstract. *In the article, the existing structures for the construction of electric propulsion systems of large powerful ships were analyzed, their advantages and disadvantages were noted. A comparative analysis of different types of paddle motors was also carried out in the article. Based on the analysis, it is proposed to use a jet engine with an anisotropic magnetic permeability rotor as a paddle motor, which has higher energy and operational characteristics compared to the existing types of electric machines, and a transformerless structure of the ship's large-power electric propulsion system with a cascade frequency converter. The advantages of using a jet electric motor with a cascade-type frequency converter and a rotor with anisotropic magnetic permeability in the ship's oar electric systems are noted.*

Аннотация. *В статье проанализированы существующие конструкции для построения электродвижительных установок крупных мощных кораблей, отмечены их достоинства и недостатки. В статье также был проведен сравнительный анализ различных типов лопастных двигателей. На основе анализа предлагается использовать в качестве гребного двигателя реактивный двигатель с ротором с анизотропной магнитной проницаемостью, обладающий более высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с существующими типами электрических машин, и бестрансформаторную структуру судового двигателя большой мощности. электрическая двигательная установка с каскадным преобразователем частоты. Отмечены преимущества использования реактивного электродвигателя с частотным преобразователем каскадного типа и ротора с анизотропной магнитной проницаемостью в судовых гребных электросистемах.*

Açar sözlər*: gəmi, avar elektrik qurğusu, kaskad, tezlik çeviricisi, transformator.*

Key words: *ship, electric propulsion plant, cascade, frequency converter, transformer*

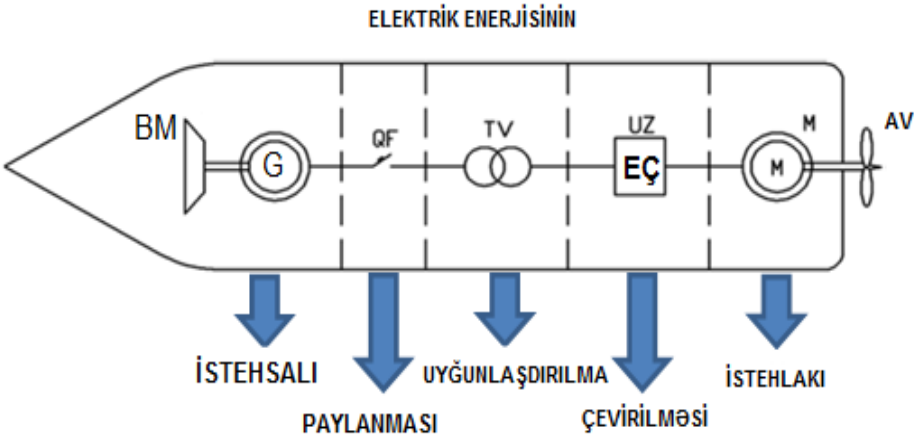
Ключевые слова: *судно, гребная электроустановка, каскад, преобразователь частоты, трансформатор*

Giriş. Son zamanlar gəmiqayırma sənayesində elektrik avar qurğusu olan xüsusi tipli gəmilərin və iri tutumlu gəmilərin tikintisi tendensiyası müşahidə olunur [1,3].

Elektrik hərəkətverici sistemlərinin tətbiqi, istilik mühərrikindən vintin valına mexaniki ötürücüdən istifadə edən sistemlərlə müqayisədə daha yaxşı istismar və energetik xüsusiyyətlərin əldə edilməsinə imkan verir [1,2]. Bu hazırlanma tendensiyası xüsusilə, sərt istismar tələblərinə yeganə

cavab verən avar elektrik qurğusu olan gəmilər üçün xarakterikdir. Elektrik hərəkətverici sistemlərinin layihəsinə və istismarına böyük diqqət yetirilir. Gəmiqayırma sənayesinin bütün aparıcı istehsalçıları onların inkişafı və təkmilləşdirilməsində iştirak edirlər.

Əsas hissə: Elektrik hərəkətverici sistemlərində mexaniki enerjinin istilik mühərrikindən avar elektrik mühərrikinə ötürülməsi üçün, elektrik enerjisinin istehsalını, avar mühərrikinin idarə edilməsi üçün onun parametrlərinin uyğunlaşdırılması və çevrilməsini nəzərdə tutan elektrik texnologiyasından istifadə edilir (şəkil 1).



Şəkil 1. *Hazırki dövrdə daha geniş tətbiq edilən gəminin hərəkət kompleksinin strukturu*

Göstərilən avar elektrik kompleksinin strukturunda avar elektrik mühərriki – M, avar valı vasitəsi ilə AV – avar vintinə qoşulub. Avar elektrik mühərrikinin qidalanması TV - əlaqələndirici transformator vasitəsi ilə EÇ – elektrik çeviricisindən həyata keçirilir. Elektrik enerjisinin istehsalı BM – birinci mühərrik (istilik mühərriki) vasitəsi ilə hərəkətə gətirilən G – generatoru ilə yerinə yetirilir [6].

Bu strukturun elementlərinin hər biri hərəkətverici kompleksin tam gücünə uyğun hazırlanır, nəticə olaraq da böyük qabaritlərə və çəkiyə malik olur. Elektrik hərəkətverici sisteminin verilmiş gücünün artmasının nəticəsi olaraq, onun həyata keçirilməsi, yerləşdirilməsi və etibarlı işləməsinin təmin edilməsi, çətinliklərlə bağlıdır.

Avar elektrik mühərrikləri böyük güc və kiçik fırlanma sürəti ilə xarakterizə olunurlar. Mühərrikin kütlə-qabarit parametrləri onun elektromaqnit momentinin qiyməti ilə müəyyən edilir. Avar mühərrikləri yüksək gücə və aşağı rotor sürətinə malik olduğundan, onların çəkisi və ölçü göstəriciləri yüksək sürətli elektrik mühərriklərinə nəzərən əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır. Eyni zamanda, belə bir strukturda əlaqələndirici transformator kütlə-qabarit parametrləri baxımından avar elektrik mühərrikindən əhəmiyyətli dərəcədə seçilmir. Şəkil 1-də göstərilən strukturda elektrik çeviricisi çox sayda bahalı və mürəkkəb elementləri ehtiva edir. Gücün böyük olduğu hallarda, mövcud element bazasında strukturun həyata keçirilməsində çətinliklər yaranır. Yüksək cərəyanlar və gərginliklər üçün istehsal olunan güc elektron açarlarının çeşidi çox məhduddur və layihələndirilmiş elektrik çeviricilərinin gücünü məhdudlaşdıran cərəyan və gərginliyin buraxıla bilən qiymətlərində texnoloji məhdudiyyət var.

Bu məsələlərə əlavə olaraq, enerji və istismar xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıracaq hərəkətverici kompleksin elektrik intiqalının idarəetmə alqoritmləri ilə əlaqəli daha çox müxtəlif məsələlər mövcuddur. Bu problemlərə çox sayda nəşrlər və tədqiqatlar həsr edilmişdir ki, bu da gəminin hərəkət kompleksinin strukturunun seçilməsinin aktuallığını göstərir [1, 3, 8].

Beləliklə, müxtəlif növ gəmilərdə elektrik hərəkət sistemlərinin geniş tətbiqi böyük kütləsi, ölçüləri, dəyəri, həmçinin istifadə olunan elektrik avadanlıqlarının aşağı etibarlılığı və mürəkkəbliyi ilə məhdudlaşır. Elektrik hərəkət sistemlərinin praktiki həyata keçirilməsində, gəminin məhdud

ərazilərində elektrik avadanlıqlarının yerləşdirilməsi imkanları ilə əlaqəli onların texniki məqsədəuyğunluğu sualı yaranır. Elektrik hərəkət sistemlərinin istifadəsini məhdudlaşdıran digər amil onların mürəkkəbliyidir ki, bu da yüksək ixtisaslı texniki qulluq və təmir işçiləri tələb edir. Elektrik hərəkət sistemlərinin qoyuluş gücünün artması gəminin elektrik hərəkəti kompleksinin qurulmasında həm yeni müasir element bazasının, həm də yeni sxem həllərinin işlənib hazırlanmasını, layihələndirilməsini və tətbiqini tələb edir [1,2].

Bu məqalədə böyük güclü gəminin elektrik hərəkətverici kompleksini layihələndirərkən, avar elektrik intiqalı və onun enerji təchizatı sisteminə vahid qurğu kimi baxılması təklif olunur. Gəminin elektrik hərəkətverici sisteminə bu cür kompleks yanaşma onun çəki-qabarit göstəricilərini, energetik və istismar xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıracaq.

Elektromexaniki çeviricinin növünün seçilməsi. Avar elektrik mühərrikləri qismində, sarğıları həm statorda, həm də rotorda yerləşən bütün növ klassik elektrik maşınları istifadə olunur: sinxron mühərrik-SM, asinxron mühərrik - AM, sabit cərəyan mühərriki-SCM.

Şəkil 1-də göstərilən elektrik hərəkətverici sisteminin strukturuna alternativ, çəki-qabarit göstəricilərinə görə daha uyğun olan sistem G-M (generator-mühərrik) sistemidir [4].

Lakin bu sistem gücə görə məhdudiyyətlərin və SCM -nin istifadəsi ilə bağlı bir sıra istismar xarakterli çatışmazlıqların olması ilə fərqlənir. Yeni tikilən gəmilərdə SCM-lər avar elektrik mühərrikləri qismində istifadə edilmir.

Avar elektrik mühərriki qismində tətbiq olunan mühərriklərin sırasında ən geniş tətbiq olunan qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriki olaraq qalır. Bununla belə, hal-hazırda avar elektrik intiqalı sahəsi üzrə məşğul olan mütəxəssislərin diqqəti rotorda sarğı olmayan müxtəlif konstruksiyalı elektrik maşınlarına cəlb olunur. Bunlar sabit maqnitli sinxron maşınları (DMSM) və passiv rotorlu reaktiv maşınlardır [5].

Böyük maşınların rotorunda güc itkilərinin olmaması onların soyutma sistemini sadələşdirir və bu onların böyük üstünlüyüdür [8].

Reaktiv maşınlarda rotorun maqnitləşməsi stator sarğısındakı cərəyanların hesabına baş verir. Maqnit qütblərini reaktiv maşının rotoruna tasbit etmək və yerləşdirmək üçün müxtəlif konstruktiv həllər tətbiq olunur. Reaktiv maşının rotorunun quruluş variantlarından biri onun dişli formasıdır [5].

Rotor konstruksiyasının başqa bir versiyası rotorun anizotropik maqnit keçiriciliyi (RAMKRM) olan reaktiv maşınlarda istifadə olunur [6].

Rotor materialında anizotrop maqnit xassələrin yaranmasına imkan verən iki növ konstruktiv həllər var: müəyyən şəkildə əyilmiş polad təbəqələrlə rotorun uzununa xəlitələnməsi (RAMKRM -A); rotorun xüsusi kəsikləri olan polad təbəqələrlə eninə xəlitələnməsi (RAMKRM -T) [6].

Elektrik maşınlarının maqnit dövrəsinin maqnitləşməsi üçün statorda iki növ sarğı daha geniş yayılmışdır. Bir qayda olaraq aralarında maqnit əlaqələri olan bir neçə faza sarğısından ibarət klassik tipli bir sarğı geniş yayılmışdır [8].

Başqa bir növ dolaq da qısa ucları olan iki hissədən ibarət bir neçə faza dolağından ibarətdir. Qısa frontal hissələr fazalar arasında maqnit bağlarının olmamasına səbəb olur. Belə dolaqların statoru dişli formaya malikdir [7]. Dişli stator və rotorlu maşınlara ventil-induktor (Vİ) maşınları da deyilir.

Ehtimal olunur ki, RAMKRM-T istehsalda texnoloji cəhətdən daha inkişaf etmişdir və belə dörd qütblü maşın ABB şirkəti tərəfindən istehsal olunur. Avar elektrik mühərriklərinin rotoru kiçik sürətlə fırlanır, buna görə də, bir qayda olaraq, onlar çox qütblüdürlər. Konstruktiv olaraq, RAMKRM-T çoxqütblü formada istehsal etmək mürəkkəbdir, lakin RAMKRM -A demək olar ki, istənilən sayda cüt qütblər ilə hazırlana bilər. Bundan əlavə, RAMKRM-A enerji səmərəliliyi baxımından RAMKRM-T-dən daha üstündür. Buna görə də avar mühərriklərinin istehsalında RAMKRM-A-ya üstünlük verilə bilər [7].

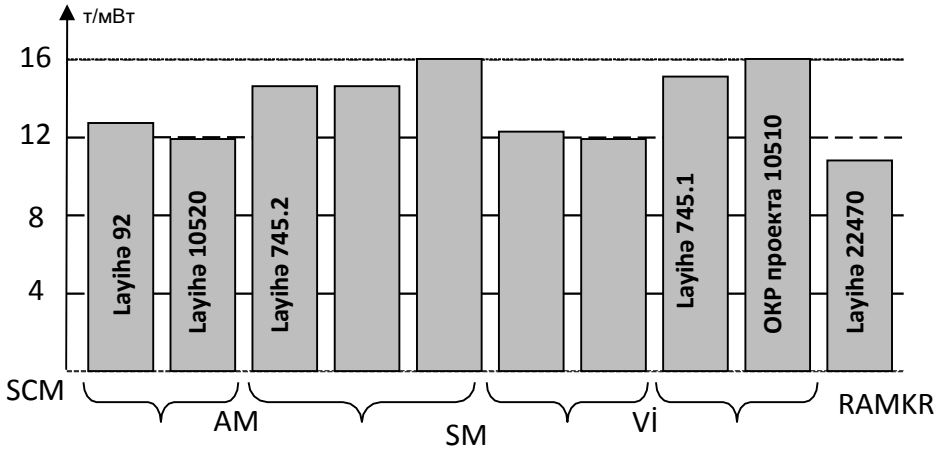
Cədvəldə göstərilən elektrik maşınlarının üstünlükləri və çatışmazlıqları verilmişdir. Cədvələ görə, rotorun anizotropik maqnit keçiriciliyinə (RAMKRM) malik reaktiv elektrik maşınları daha

əlverişli istismar xarakteristikaları ilə yanaşı, ən çox üstünlüklərə malikdir.

Dəyişən cərəyan elektrik maşınlarının ən çox yayılmış növlərinin üstünlükləri və çatışmazlıqları

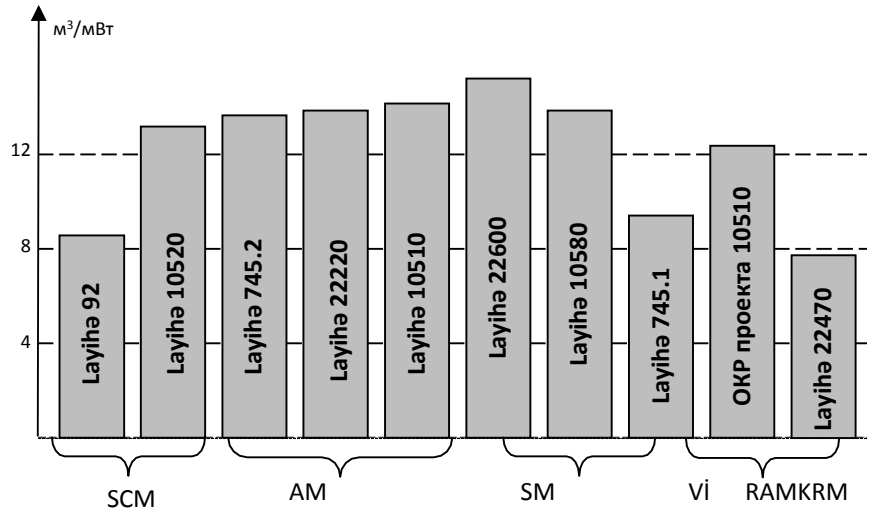
Mühərrik	***üstünlükləri***	***çatışmazlıqları***
AM	*-İkinci zonada işləmək bacarığı;* *– sübut edilmiş istehsal texnologiyası;* *– Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı*	*rotorda böyük güc itkilərinin olması və rotordan istiliyin kənarlaşdırılması zəruriyyəti;* *- FİƏ–nin kiçik olması*
SM	*İkinci zonada işləmək bacarığı;* *– uyğun energetik xassələri;* *– Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı*	*Təsirlənmə sarğısını və stator sarğısını idarə etmək üçün elektrik çeviricisinin olması zəruriliyi* *– hərəkt edən elektrik kontaktının olması;* *– Rotor itkiləri*
SMSM	*– uyğun energetik xassələri;* *– Rotorda elektrik itkilərinin olmaması*	*Qəza vəziyyətləri zamanı təsirlənmənin dayandırılmasının mümkünsüzlüyü;* *– Maqnitlərin yüksək qiyməti;* *– Mürəkkəb rotor istehsalı texnologiyası;* *– təmirolunma qabiliyyətinin aşağı olması*
Vİ	*İstehsalın asanlığı;* *– Sadə keçid;* *– Rotorda elektrik itkisi yoxdur*	*Böyük kütlə;* *– Çoxlu sayda açarlar və kabellər*
RAMKRM	*–sadə quruluş* *– uyğun energetik xassələri;* *– İkinci zonada işləmək bacarığı;* *– Daha üstün çəki-qabarit xüsusiyyətləri;* *– Rotorda elektrik itkisi yoxdur;* *– Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı*	*Böyük elektrik maşınlarının rotorlarının layihələndirilməsi üçün işlənməmiş texnologiya*

Buzqıran və yedək gəmilərinin mövcud layihələrində hazırki avar elektrik maşınlarının məlumatlarından istifadə edərək, cədvəldə göstərilən müxtəlif növ elektrik maşınlarının çəki-qabarit xassələrini müqayisə etmək mümkündür. Şəkil 2 və 3-də avar mühərriklərinin xüsusi kütləsinin və xüsusi həcminin diaqramlarını göstərilir. Bu diaqramlardan belə çıxır ki, *RAMKRM* ən yaxşı çəki və ölçü parametrlərinə malikdir.



Şəkil 2. *Müxtəlif layihəli buzqıran və yedək gəmiləri üçün avar elektrik mühərriklərinin xüsusi çəkilərin diaqramları*

Yuxarıdakı təhlildən belə çıxır ki, RAMKRM ilə elektrik intiqalı energetik xüsusiyyətlərinə görə ən çox yayılmış AM-li elektrik intiqalından üstündür. Bundan əlavə, bir sıra istismar xüsusiyyətlərinə, etibarlılığına və təhlükəsizliyinə, habelə istehsal texnologiyasına görə, xüsusən də böyük güclü elektrik maşınları üçün RAMKRM bütün məlum elektrik maşınlarından üstündür.



Şəkil 3. *Müxtəlif layihəli buzqıran və yedək gəmiləri üçün avar elektrik mühərriklərinin xüsusi həcmlərinn diaqramları*

Elektrik çeviricisinin növünün seçilməsi. Avar elektrik mühərriklərinin idarə edilməsi üçün, güc elektron açarları bazasında qurulmuş elektrik çeviriciləri istifadə olunur. Müəyyən bir zamanda buraxılan elektrik çeviricilərinin həddi gücü elektron açarların komutasiya qabiliyyəti ilə məhdudlaşır. Elektrik çeviricisi qismində daha çox yayılmış, güc elektron açarları bazasında qurulan bilavasitə tezlik çeviriciləri və sabit cərəyan bəndi olan tezlik çeviriciləridir. Birbaşa tezlik çeviriciləri əsasən qismən idarə olunan yarımkeçirici açarlarda – tiristorlar, sabit cərəyan bəndli tezlik çeviriciləri isə - tam idarə olunan yarımkeçirici açar – tranzistorlar bazasında qurulur.

Birbaşa tezlik çeviricilərinin fərqli bir xüsusiyyəti elektrik enerjisinin bir dəfə çevirilməsi və elektrik çeviricisinin güc hissəsinin quruluşunun sadəliyidir. Birbaşa tezlik çeviricilərinin çatışmazlıqlarına aşağıdakılar daxildir: sintez edilmiş gərginliyin aşağı keyfiyyəti, həmçinin sürətin idarə edilməsi diapazonunda nəzərəçarpacaq məhdudiyyətlər. Bundan əlavə, çatışmazlıqlar arasında tiristorların yanlış işə düşməsi və qeyri ixtiyari olaraq öz-özünə açılması ehtimalı var. Buna baxmayaraq, qeyd etmək lazımdır ki, birbaşa tezlik çeviriciləri çəki-qabarit xüsusiyyətləri baxımından üstünlüklərə malik və istifadə üçün uyğundur.

Son zamanlarda, bütün sənaye sahələrində, demək olar ki, bütün idarə olunan elektrik intiqalları bir düzləndirici və bir invertordan ibarət olan sabit cərəyan bəndli tezlik çeviriciləri əsasında qurulur. Avar elektrik intiqallarında, belə tezlik çeviricilərinin verilmiş gücünü artırılması və invertorun sintez edilmiş gərginliyin keyfiyyətini yüksəldilməsi üçün çeviricilər, bir qayda olaraq, çoxsəviyyəli quruluşda hazırlanırlar [2-4]. Bu da öz növbəsində, tezlik çeviricisinin sxemini mürəkkəbləşdirir. Belə bir tezlik çeviricisinin çatışmazlıqlarına böyük qabaritlər, çəki və istifadə zamanı aşağı etibarlılıq daxildir, çünki güc hissəsinin hər hansı bir elementinin nasazlığı elektrik çeviricisinin bütövlükdə sıradan çıxmasına səbəb ola bilir. Müasir element bazasında, üç səviyyəli inertor ilə bir tezlik çeviricisinin maksimum əldə edilə bilən gücü 5 MVt-dir. Bu halda modulyasiya tezliyi 400…500 Hs-dən çox deyil. Aşağı modulyasiya tezliyi invertor çıxışında modulyasiya edilmiş gərginliyin keyfiyyətsizliyinə səbəb olur.

Çoxsəviyyəli inertorlara malik tezlik çeviricisinə alternativ kaskad tezlik çeviriciləridir. Kaskad tezlik çeviricisi elementar yuvalardan əmələ gələn matrisdir. Hər bir yuva üç fazalı - bir fazalı tezlik çeviricisidir. Bundan əlavə, hər birfazalı tezlik çeviricisi standart və geniş istifadə olunan aşağı

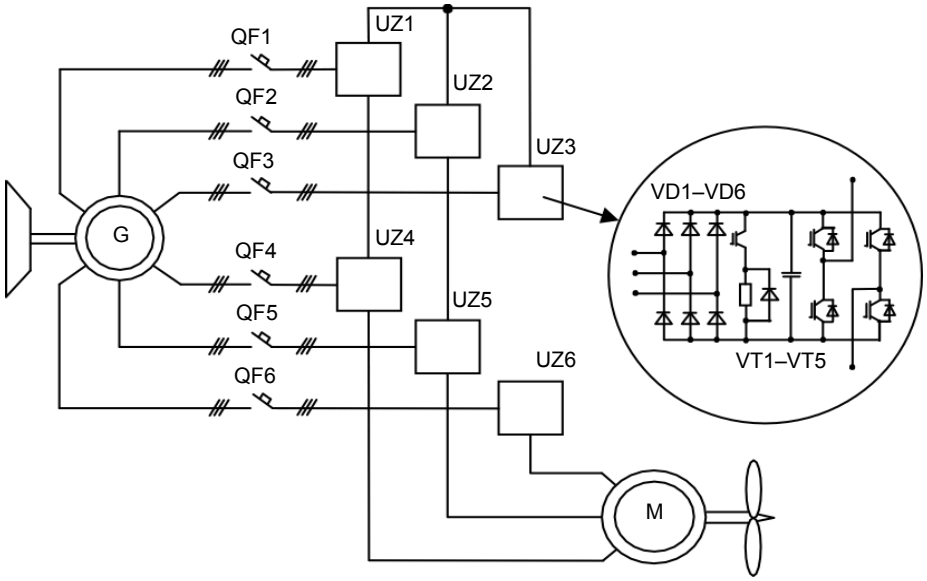
gərginlikli elektron açarlar bazasında hazırlanır. Lakin bir fazalı tezlik çeviricilərinin hər biri üçün galvanik olaraq əlaqəsi olmayan elektrik enerjisi mənbələri tələb olunur. Galvanik izolyasiya üçün adətən çox dolaqlı transformatorlar istifadə olunur. Kaskad elektrik çeviricisinin hər bir çıxış fazasının yuvası və çıxış terminalları ardıcıl birləşdirilir və faza çıxışlarını təşkil edir, kaskad elektrik çeviricisinin fazalarının şərti başlanğıcları bir-birinə bağlanır, fazaların şərti çıxışları isə yükə bağlıdır. Yuvalar ardıcıl olaraq bağlandığından, kaskad elektrik çeviricisinin gücünün artırılması cərəyan deyil, onun çıxış gərginliyinin artması səbəbindən baş verir. Kaskad çeviricinin çıxışında modulyasiyalanmış gərginlik çoxsəviyyəlidir və yüksək keyfiyyətlidir.

Baxlan elektrik çeviricilərinin müqayisəli təhlili belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir: böyük güclü avar elektrik intiqallarında kaskad çeviricidən istifadə edilməsi böyük üstünlüklərə malikdir.

Elektrik mühərriki kompleksinin strukturunun seçimi. Gəminin elektroenergetik sistemini layihələndirərkən, elektrik stansiyası və hərəkətverici kompleksin elektrik intiqalı adətən ayrıca layihələndirilir. Buna görə də, əlaqələndirici transformatorlardan, mürəkkəb paylayıcı qurğulardan istifadə etmək zəruriyəti yaranır və onların mövcudluğu avar elektrik intiqalının strukturunun ən böyük çatışmazlığıdır (bax. Şəkil 1). Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün elektrik stansiyasını və avar kompleksinin elektrik intiqalını bir vahid kompleks kimi nəzərə almaq təklif olunur. Eyni zamanda, kaskad tezlik çeviricisinin əsas çatışmazlığı olan əlaqələndirici gərginlik transformatoru strukturdan xaric edilə bilər, əsas və ikinci dərəcəli paylayıcı qurğular əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirilə bilər.

Kaskad tezlik çeviricisinin istifadəsi güc elektron açarlarının parametrlərinə qoyulan məhdudiyyətlərlə, böyük güclü gəminin transformatorsuz hərəkət kompleksini həyata keçirməyə imkan verəcəkdir. Şəkil 4-də əlaqələndirici transformator olmadan kaskad tezlik çeviricili böyük güclü avar elektrik intiqalının həyata keçirilməsi ideyasını təqdim edir. Təqdim olunan strukturda bir-birindən galvanik olaraq təcrid olunmuş elektrik generatorunun üç fazalı dolaqlarının sayı kaskad tezlik çeviricisinin üç fazalı-bir fazalı yuvalarının sayına bərabərdir.

Təklif olunan strukturun üstünlüyü onun modulluğudur ki, bu da müxtəlif sayda generatorlu və mühərrikli, nominal səviyyəli gərginlik və cərəyanlı avar elektrik sisteminin qurulmasında çevikliyi təmin edir. Çevirici yuvalarının sabit cərəyan bəndində kondansatorun yüklənməsinə nəzarət elektrik generatorunun təsirlənmə sarğısına təsir etməklə həyata keçirilə bilər. Bu, yumşaq işəburaxma avadanlığını istisna etməyə imkan verəcək.



Şəkil 4. *Böyük güclü gəminin kaskad elektrik çeviricili və çoxsarğılı elektrik generatorlu avar kompleksinin quruluşu*

Nəticə. Aparılmış təhlillər əsasında məlum olmuşdur ki, gəminin avar kompleksinin təklif olunan transformatorsuz quruluşu bir çox üstünlüklərə malikdir:

1. Gəminin avar elektrik intiqalının tam gücünə hesablanmış güc transformatorunun olmaması;
2. Güclü yüksək gərginlikli avar elektrik mühərrikinin idarə olunmasında, çeviricinin üç fazalı-bir fazalı yuvalarında aşağı gərginlikli elementlərin və komponentlərin istifadəsi.
3. Bütün növ elektrik çeviriciləri sırasında sintez edilmiş gərginliyin və cərəyanın daha yüksək keyfiyyəti.
4. Kiçik kütlə qabarit ölçüləri və energetik xüsusiyyətlərinə malik olan generator aqreqatının yüksək sürətli birinci mühərrikindən istifadə etmək imkanı.
5. Avar elektrik mühərrikinin valında verilən gücdə generator sayını seçmək imkanı hesabına birinci mühərriklərin yüklənmə əmsalının və resursunun artması.
6. Təklif olunan strukturun modulluğu istifadə olunan elementlərin unifikasiyasını və standartlaşdırılmasını, habelə diaqnostikanın, nasaz elementin təmirinin və dəyişdirilməsinin sadəliyini təmin edir.
7. Miqyaslılıq əlavə üç fazalı-bir fazalı elementləri qoşulma imkanı olan sistemin qurulmasının çevikliyi ilə təmin edilir.

Ədəbiyyat

1. Структурные схемы гребных установок, анализ и перспективы развития / Н.А. Лазаревский, В.А. Хомяк, В.Ф. Самосейко, Ф.А. Гельвер // Судостроение. – 2012. – № 3.
2. Гребные электрические установки: учеб. пособие / А.Б. Дарьенков, Г.М. Мирясов, В.Г. Титов, М.Н. Охотников, Д.В. Умяров. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 219 с.
3. Catalog Reference list offshore vessels. Low voltage propulsion, www.siemens.no/marine. – Norway, Sector Industry Marine and Shipbuilding. – 2013. – p. 131.
4. Дьякова А.А., Дьяков О.Д. Северный морской путь: перспективы морских инноваций // Молодой ученый. – 2018. – № 44. – с. 235–239.
5. Создание систем электродвижения для судов различного назначения / В.И. Вершинин, С.В. Махонин, В.А. Паршиков, В.А. Хомяк // Труды Крылов. гос. науч. центра. – 2019. – Вып. 1(387). – с. 5–16.
6. Перспективы развития атомного ледокольного флота / М.М. Кашка, А.А. Смирнов, С.А. Головинский, В.М. Воробьев, А.В. Рыжков, Е.М. Бабич // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 3(23). – с. 98–107.
7. Посадов Д.А., Титов В.Г., Умяров Д.В., Садиков Д.Г., Частотные электроприводы систем движения судов // Труды VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизир. электроприводу АЭП-2014; 7–9 октября 2014 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – с. 171–177.
8. Михайлов В.А., Рукавишников С.Б., Фрейдзон И.Р. Электродвижение судов и электропривод судовых механизмов. – Л.: Судостроение, 1965. – 608 с.

Məqalə qəbul olunub: 18.04.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.

UOT 537.322

GƏMİ ELEKTRİK AVADANLIĞINDA TƏTBİQ EDİLƏN METAL VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ TERMOELEKTRİK HADİSƏLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., Allahverdiyeva A.T., Əliyev Ş.R.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073 Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, aynuraaynura@mail.ru, samxalaliyev7@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə gəmi elektrik avadanlığında tətbiq edilən metal və yarımkeçiricilərdə Seebek effekti, Peltye effekti və Tomson effekti kimi əsas termoelektrik effektlərdən bəhs olunur. Bu təsirlərə əsasən, onların fiziki xassələri, həmçinin onların termoelektrik cihazlarda istifadəsinə baxılmışdır. Bundan əlavə, hər bir təsirin müsbət və mənfi xüsusiyyətləri təhlil edilmişdir. Məqalədə həmçinin onların ətraf mühitin müasir reallıqlarında tətbiqinin aktuallığı və bu istiqamətin inkişaf perspektivləri də verilmişdir.*

Abstract. *The article presents such basic thermoelectric effects as the Seebeck effect, the Peltier effect and the Thompson effect. Based on these effects, their physical properties were considered, as well as their use in thermoelectric devices. In addition, the pros and cons of each effect were analyzed. A rationale for the relevance of their application in the modern realities of the surrounding world and the prospects for the development of this direction are presented in the article.*

Аннотация. *В статье представлены такие базовые термоэлектрические эффекты как эффект Сеебека, эффект Пельтье и эффект Томпсона. На основе этих эффектов были рассмотрены их физические свойства, а также их использование в термоэлектрических приборах. Помимо этого были проанализированы преимущества и недостатки каждого эффекта. В статье также было предоставлено обоснование актуальности их применения в современных реалиях окружающей среды и перспективы развития этого направления.*

Açar sözlər: *termoelektrik hadisələr, Seebek effekti, Peltye effekti və Tomson effekti, termoelektrik hərəkət qüvvəsi, termoelektrik cihazlar, naqil cütü, istilik enerjisi*

Key words: *thermoelectric phenomena, Seebeck effect, Peltier effect and Thomson effect, thermoelectric driving force, thermoelectric devices, pair of wires, thermal energy*

Ключевые слова: *термоэлектрические явления, эффект Сеебека, эффект Пельтье и эффект Томсона, термоэлектрическая движущая сила, термоэлектрические устройства, пара проводов, тепловая энергия*

Giriş. Texnikanın başqa sahələrində olduğu kimi, gəmiqayırma sənayesində də elektrotexniki maieriallar geniş tətbiq olunur. Gəmilərdə bir çox elektrotexniki qurgular və avadanlıqlar mövcuddur ki, bunların hazırlanması və istismarında elektrotexniki materiallardan geniş istifadə olunur. Eelektrotexniki materiallar elektrotexnikada tətbiq edilən materiallar olub elektrik, maqnit sahələrinə münasibətdə müəyyən xüsusiyyətlərlə xarakterizə edilir, eyni zamanda onlar xüsusi materiallar olmaqla bütün elektrotexniki avadanlıq, qurğu, məmulatların hazırlanmasında, təmiri və istismarında istifadə olunur [1, 2].

Qeyd olunduğu kimi, elektrik avadanlığı, qurğu və məmulatların istismar prosesində etibarlı işi onlarda tətbiq edilən elektrotexniki materialların keyfiyyətindən asılıdır. Elektron keçiricilikli cisimlərin böyük qrupu xüsusi müqavimətlərinin qiyməti keçiricilər və dielektriklər arasında olmaqla yarımkeçiricilərə aid edilirlər. Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyi xarici energetik təsirlərdən və

müxtəlif qarışıqlardan çox həssaslıqla asılıdır.

Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyinin temperatur, işıq, elektrik sahəsi, mexaniki təsir vasitəsilə idarə olunması müvafiq olaraq termorezistor (termistor), fotorezistor, qeyri-xətti rezistor (varistor), tenzorezistorların və s. iş prinsipinin əsasını təşkil edir. Bütün bunları nəzərə alaraq gəmi elektrik avadanlığında tətbiq edilən metal və yarımkeçiricilərdə Seebek effekti, Peltye effekti və Tomson effekti kimi əsas termoelektrik effektləri təhlil olunmuşdur [3, 4].

Əsas hissə. Müasir texnikanın və texnologiyaların inkişafı daima daha səmərəli elektrik enerjisi mənbələrinin hazırlanmasını və təkmilləşdirilməsini tələb edir. Son zamanlar elektrik enerjisi mənbələri üçün qoyulan əsas tələblərdən biri yüksək effektivliklə yanaşı, onların ekoloji cəhətdən də səmərəli olmasıdır. İstehsal olunan enerji bərpa olunmalı və ətraf mühitə mənfi təsir göstərməməlidir. İnkişafın perspektivli istiqaməti Seebek effekti əsasında işləyən və istilik enerjisinin birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsini həyata keçirən termoelektrik generatorların geniş tətbiqi hesabına, termoelektrik emalının sənayedə istifadə edilməsidir. Müasir termoelektrik generatorların mühüm çatışmazlığı istilik enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilmə əmsalının kiçik olması, yəni təxminən 8%-dən çox olmaması və termoelektrik generatorlarda istifadə olunan, eyni zamanda, böyük elektrikkeçirməyə, termoelektrik hərəkət qüvvəsinə və kiçik istilikkeçirməyə malik olan termoelektrik materialın-yarımkeçiricinin xassələri ilə məhdudlaşmasıdır [5, 6].

Yarımkeçiricinin bu xassələri onun termoelektrik keyfiyyətliyini və ya termoelektrik effektivliyini artırmaq məqsədilə, yeni elmi və texnoloji yanaşmaların axtarışını və işlənib hazırlanmasını müəyyən edir.

Metallarda (eləcə də yarımkeçiricilərdə) istilik və elektrik hadisələri ilə yanaşı, onların birgə təsiri nəticəsində yaranan termoelektrik hadisələri də mövcuddur. Belə hadisələr sırasına Seebek, Peltye və Tomson hadisələri daxildir .

Seebeck və Peltier effektləri. Termoelektrik (TE) effektlərin və cihazların müzakirəsi ən fundamental hadisələrdən biri ilə Seebeck əmsalı və ya termogüclə başlamalıdır [7, 8, 9].

1800-cü illərin əvvəllərində Seebeck müşahidə etdi ki, əgər iki fərqli material birləşdirildikdən və qovşaqlar müxtəlif temperaturlarda keçirildikdən (T və T+ΔT), sonra temperatur fərqinə (ΔT) mütənasib olan gərginlik fərqi (ΔV) yaranır. Yaranan gərginliyin temperatur fərqinə nisbəti (ΔV/ΔT) Seebeck əmsalı (α) və ya istilik gücü adlanan materialların daxili xassəsi ilə bağlıdır. Bu təsiri material üzərində temperatur qradiyenti yaratmaqla başa düşülə bilər, daha enerjili elektronlar elektrik sahəsi yaranana qədər daha aşağı potensiala miqrasiya edirlər ki, buda elektronların sonrakı axınına mane olur. Bu təsir şəkil 1-də verilmişdir, burada verilmiş temperatur qradiyenti ∇T -nin əksi olan elektrik sahəsinin yaradılması göstərilir, mənfi elektronlar isə α_n işarə olunur:

$$\vec{E} = \alpha_n \cdot \nabla T$$

Seebeck əmsalı metallar üçün çox aşağıdır (bir dərəcə Kelvin üçün yalnız bir neçə mikrovolt) və yarımkeçiricilər üçün daha yüksəkdir (adətən bir Kelvin dərəcəsi üçün bir neçə yüz mikrovolt).

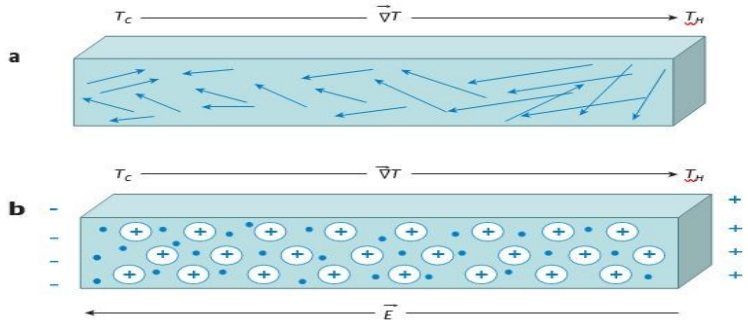
Seebekin müşahidəsindən bir neçə il sonra Peltier əlaqəli effekti (Peltier effekti) kəşf edildi: elektrik cərəyanı iki fərqli materialın qovşağından keçir, istilik udulur və ya cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq qovşaqda rədd edilir. Bu təsir iki materialın Fermi enerjilərindəki fərqə əsasən yaranır [7, 8, 9].

Peltier əmsalı tərifində göstərildiyi kimi, bu iki təsir bir-biri ilə bağlıdır, $\Pi = \alpha T$. Peltier istiliyinin qovşaqda sərbəst buraxılması və ya rədd edilməsi sürəti ($\dot{Q}_P$) $\dot{Q}_P = \alpha \dot{I} T$ ilə verilir, burada I qovşaqdan keçən cərəyandır və T Kelvin dərəcəsində olan temperaturdur. Termoelektrik tətbiqlər üçün materialın potensialının ölçüsüz böyük hissəsi aşağıdakı düsturla müəyyən edilir,

$$ZT = \alpha^2 \sigma T/\kappa = \alpha^2 T/\rho\kappa$$

burada α Seebek əmsalı, σ elektrik keçiriciliyi, ρ elektrik müqavimətidir və κ ümumi istilik keçiriciliyi ($\kappa = \kappa_L + \kappa_E$, burada müvafiq olaraq κ_L və κ_E şəbəkə və elektron keçiriciləridir). Güc faktoru, $\alpha^2\sigma$ T (və ya $\alpha^2 T/\rho$), ən yüksək f.i.ə vermək üçün daşıyıcı konsentrasiyanın (adətən təqribən 10^{19} daşıyıcı

sm^{-3}) funksiyası kimi dar boşluqlu yarımkeçirici materiallarda dopinq(suni yolla) vasitəsilə optimallaşdırılır. Yüksək hərəkətlilik daşıyıcılarının müəyyən bir daşıyıcı konsentrasiyası üçün ən yüksək elektrik keçiriciliyinə malik olması ən arzuolunandır. Tək bir material üçün f.i.ə bir qədər mənasızdır, çünki cihaz və ya modulda bir sıra termoelektrik cütləri istifadə olunur [7, 8, 9].



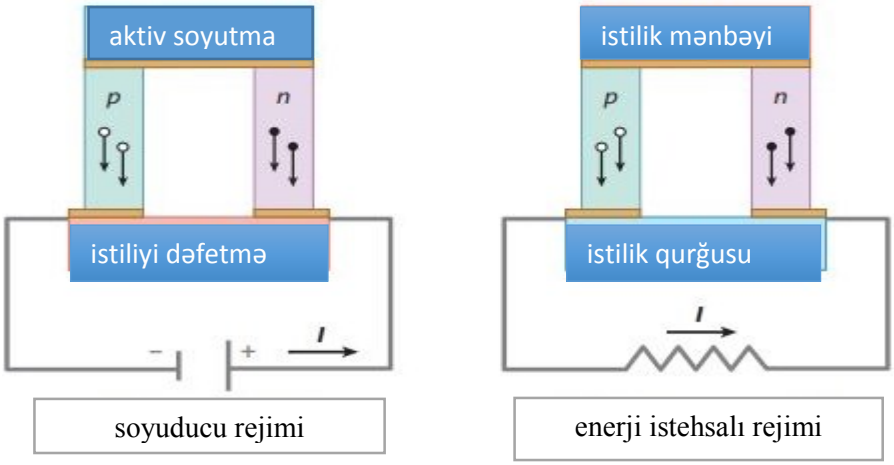
Şəkil 1. *Materialın xarici temperatur gradientinə məruz qaldığı zaman termoelektrik effektin təsviri*

Materialın xarici temperatur gradientinə məruz qaldığı zaman termoelektrik effektin təsviri və sistem tarazlıqdadır (a). Daha enerjili elektronların orta sərbəst yolu daha uzun olur. (b) Bunlar daha çox enerjili elektronlar (mavi nöqtələrlə işarələnir) sonra elektrik sahəsi (E) yaranana qədər soyuq tərəfə yayılır, hər hansı bir sonrakı diffuziyaya qarşı çıxır. Biz α-i soyuq tərəfin temperaturu T_c-dən isti tərəfin temperaturu T_H -ı artan kimi təyin edirik, buna görə də göstərildiyi kimi temperatur qradiyenti ∇T müəyyən edilir. Çünki elektronlar mənfi yüklüdür (buna görə də α_n mənfidir), bunun əksi olan elektrik sahəsi sistem tarazlıqda olduqdan sonrakı diffuziyaya qarşı çıxmaq üçün temperatur qradiyenti yaradır [7, 8, 9].

Termoelektrik cütlüyündə iki material var: n və p tip növləri var. Əgər kontakt müqaviməti və radiasiya effektləri kimi cihazın işləmə qabiliyyətini azaldan parazit əlavələrə məhəl qoyulmursa, nəticədə cütlük üçün f.i.ə (yalnız termoelektrik materialları əsasında) verilir.

$$ZT = \frac{(\alpha p - \alpha n)^2 \cdot T}{\left[(p_n \cdot k_n)^{\frac{1}{2}} + (\rho_\rho \cdot k_p)^{\frac{1}{2}}\right]^2}$$

n tipli daşıyıcıların termogücü (α_n) mənfi, deşiklərinki isə (α_p) müsbətdir.



Şəkil 2. *n tipli və p tipli termoelektrik materiallardan hazırlanmış termoelektrik cütün konfiqurasiyadan asılı olaraq enerji istehsalı və ya soyuducu rejimləri*

Performans əmsalı (φ) (soyudma rejimi) və termoelektrik səmərəliliyi (η_{TE}) üçün tənlik 3-də göstərildiyi kimi birbaşa ZT ilə bağlıdır.

TE cütünün səmərəliliyi (η_{TE}) yükə daxil olan enerji ilə (W) xalis istilik axını sürəti (Q_H) ilə verilir, burada Q_H mənbədən istilik axını istiqamətində müsbətdir:

$$\eta_{TE} = \frac{W}{Q_H} = \frac{T_H - Tc}{T_H}\left(\frac{(1+ZT_M)^{1/2}-1}{(1+ZT_M)^{\frac{1}{2}}+T_{C/T_H}}\right)$$

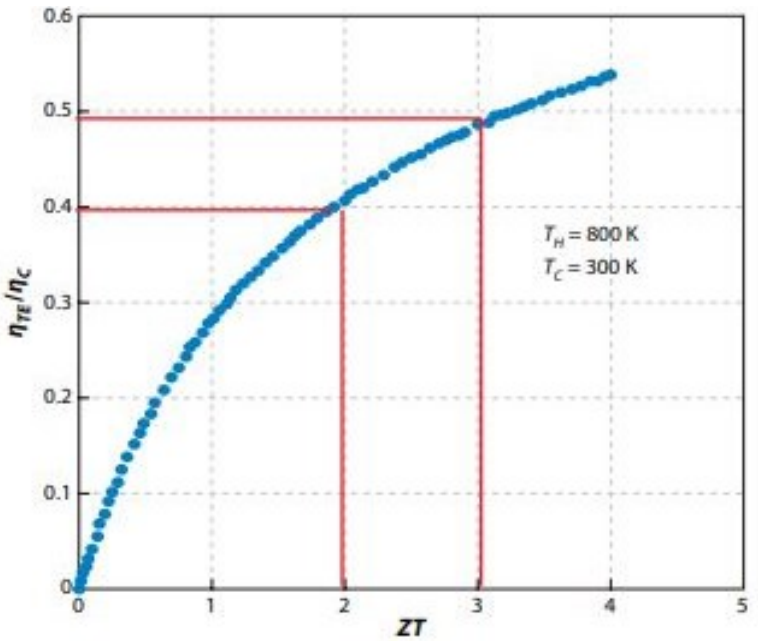
N tipli və p tipli termoelektrik materiallardan hazırlanmış termoelektrik cütün ümumi diaqramı. Konfiqurasiyadan asılı olaraq enerji istehsalı və ya soyuducu rejimləri mümkündür. Qırmızı daha isti temperaturları deməkdir, mavi isə daha soyuq temperaturları bildirir.

burada T_H isti tərəfin temperaturu, T_C soyuq tərəfin temperaturu və T_M orta temperaturdur. Beləliklə, η_{TE} "Carnot" səmərəliliyinə (η_C) mütənasibdir:

$$\eta_C = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

iki temperatur arasında, T_H və T_C termodinamikadan bildiyimiz istilik mühərrikinin maksimum səmərəliliyidir. Şəkil 3 də T_H=800 K və T_C=300 K temperaturlar arasında işləyən bir istilik mühərriki üçün f.i.ə-nın funksiyası kimi qrafada η_{TE} və η_C nisbətini göstərir, hansı ki, bu 62% "Carnot" səmərəliliyini verəcəkdir. Bu sxem cihazların elektrik müqaviməti və ya radiasiya effektləri kimi itkilər olmadan işlədiyini və f.i.ə bu iki temperatur arasında sabit olduğunu göstərir.

Təbii ki, bunlar real fərziyyələr deyil və həmin sahə yalnız səmərəliliyin əldə edilməsində ən böyük həddin harada olacağını müəyyən etmək üçün ölçü kimi f.i.ə da vahid artıma nail olunan qiymət götürülür. Ən böyük f.i.ə mənim fikrimə görə 2 və 3 arasında olur, termoelektrik materiallarının tədqiqatının son məqsədi f.i.ə ≈ 2-3 stabildir, aşağı parazit itkisi olan toplu termoelektriklər n tipli və p tipli materiallardır hansı ki, bu iki temperatur arasında f.i.ə yüksək qiymətə malikdir.

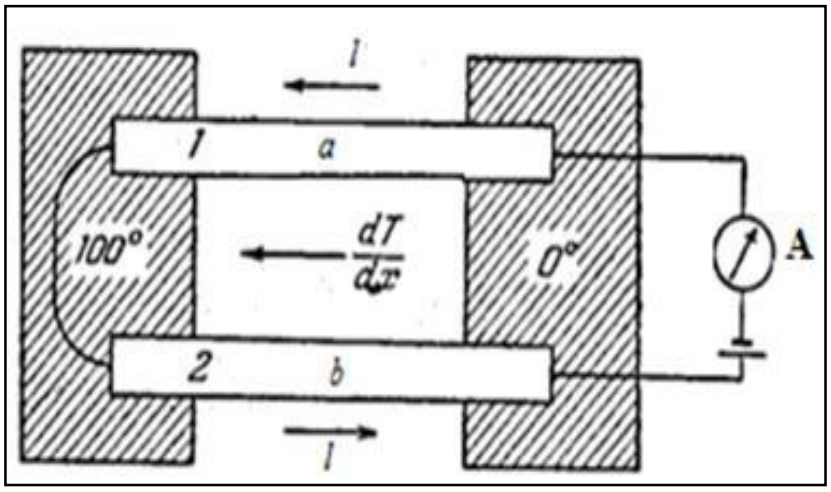


Şəkil 3. *n tipli və p tipli termoelektrik materiallardan hazırlanmış termoelektrik cütün ümumi diaqramı*

F.i.ə termoelektrik səmərəliliyin Carnot səmərəliliyinə (η_{TE} /η_C) nisbətidir. Maksimum səmərəlilik və ya Carnot səmərəliliyi $\eta_C = (T_H - T_C)/T_H = (800\ K - 300\ K)/800\ K = 63\%$ ilə verilir. burada T_H isti tərəfin temperaturu və T_C soyuq tərəfin temperaturudur. Bu sxemdə elektrik müqaviməti və ya radiasiya təsirində heç bir itkiləri nəzərdə tutmur və f.i.ə bu iki temperaturlu cisimlər arasında mahiyyətcə sabitdir. Qırmızı daha isti temperaturu, mavi isə daha soyuq temperaturu bildirir [7, 8, 9].

Tomson hadisəsi. Termoelektrik hadisələrini tədqiq edərkən Tomson müəyyən etmişdir ki, bircins naqil boyunca temperatur qradiyenti yaratsaq, orada istiliyin ayrılması və ya udulması müşahidə olunur.

Bu istilik də ya Coul-Lens istiliyinə əlavə olunur, ya da ondan çıxılır. Tomson hadisəsi adlanan bu hadisə dəqiq desək, bilavasitə toxunma hadisəsinə aid deyildir. Lakin, onun mənşəyi toxunma yerində baş verən hadisələrin əmələgəlmə səbəbləri ilə sıx əlaqədardır. Tomson effektini müşahidə etmək üçün şəkil 4-də təsvir olunan təcrübədən istifadə edilir.



Şəkil 4. *Tomson effektini müşahidə etmək üçün qurğu*

$$Q = \tau \Delta T J t$$

Bu düstur naqilin baxılan parçasında ayrılan tam Tomson istiliyi miqdarını verir. Tomson hadisəsi Peltye hadisəsinə analoji olaraq izah edilir. Tomson əmsalının qiyməti kiçikdir. Məsələn, bismut üçün otaq temperaturunda

$$\tau = 10^{-5}\frac{V}{K}$$

İlk yaxınlaşmada Tomson effektinin izahını belə vermək olar: elektronlar naqilin isti ucundan soyuq ucuna doğru hərəkət etdikdə (cərəyan əks istiqamətdə axır) onlar özləri ilə əlavə istilik enerjisi daşıyır və bu enerji daha aşağı temperaturlu oblastda istilik ayrılmasına səbəb olar. Əks istiqamətdə hərəkət zamanı elektronlar «qızmalıdır»; bu isə qəfəsin istiliyi hesabına baş verər və nəticədə istilik udular.

Nəticə. Məqalədə gəmi elektrik avadanlığında tətbiq edilən metal və yarımkeçiricilərdə Seebek effekti, Peltye effekti və Tomson effekti kimi əsas termoelektrik effektləri araşdırılmış və onların ətraf mühitin müasir reallıqlarında tətbiqinin aktuallığı və bu istiqamətin inkişaf perspektivləri təhlil edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Barxalov B.Ş., Hüseynov Y.Y., İsmayılov R.M. Elektron texnikasının materialları, Sumqayrt, Bakı, 2007, 232 səh.
2. Məhərrəmov A.M., Ramazanov M.O., Vəliyeva L.İ. Nanotexnologiya. Bakı, 2007 - 232 səh.
3. Orucov A.O., Niftiyev S.N., İbrahimov B.Q.. «Elektrotexniki materiallar», Bakı, 2009, 407 səh.
4. Abdinov Ə.Ş, Safarov V.H. "Elektron texnikasının materialları və nanotexnologiyanın əsasları", Bakı, "Təhsil", 2010 - 184 səh.
5. E.F. Sultanov, A.T. Allahverdiyeva. "Elektrotexniki materiallar" dərs vəsaiti, Bakı 2020, 175 səh.
6. М.А. Князев, Д.А. Русакевич, Е.Е. Трофименко. Изучение термоэлектрических явлений и их применение. Минск: БНТУ, 2010.
7. Материалы для термоэлектрических преобразователей. Тез. докл. IV межгос. семинара, ФТИ, 1995.
8. Chaiken PM. 1990. An introduction to thermopower for those who might want to use it to study organic conductors and superconductors. In Organic Superconductors, ed. VZ Kresin, WA Little, pp. 101–105. New York: Plenum
9. Lan Y, Minnich AJ, Chen G, Ren Z. 2010. Enhancement of thermoelectric figure-of-merit by a bulk nanostructuring approach. Adv. Funct. Mater. 20:357–76

Məqalə qəbul olunub: 31.03.23
Tövsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

УДК: 541.64:537.3

КИНЕТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Алиева И.К., Алиев Х.М.

«Азербайджанская Государственная Морская Академия» ПЮЛ
А31000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: iradealiyevakerim@gmail.com

Аннотация. *Исследована кинетика электрического разрушения полимеров в постоянном по знаку поле при широкой области температур (77-300К). При повышенных температурах (~200-300К) имеют место экспоненциальная зависимость электрической долговечности (τ_E) от температуры (Т) и надбарьерный термофлуктуационный механизм выхода электронов из ловушек-накопление объемного заряда, ведущего к пробою. При низких температурах (~77-200К) на атермическом уровне долговечности имеются отдельные, локальные снижения τ_E (минимумы)-подбарьерный (туннельный) переход электронов. Для повышенных температур сделано теоретически обоснованное описание зависимости высоты потенциального барьера (U_0) выхода электронов из ловушек от напряженности Е (по теории Френкеля-Пула) и получена удивительная близость экспериментальных и расчетных выражений по снижению исходную U_0 с полем.*

Xülasə. *Geniş temperatur aralığında (~77- 300K~) sabit elektrik sahəsində polimerlərin elektrik dağılması kinetikası tətqiq edilmişdir. Yüksək temperatur bölümündə (~200- 300K) elektrik yaşama müddətinin (T_E) temperaturadan (T) asılılığı xəttidir, bu isə elektrik dağılmasına hazırlığın, istilik fluktuasiya mexanizmi ilə baş verdiyini yəni elektronların "tutacaqlardan" çıxmasının və yığılaraq elektrik deşilməsinə səbəb olduğunu göstərir. Aşaği temperatur bölümündə isə (~77-200K) T_E praktiki olaraq T-dən asılı deyil və onun qiymətinin lokal halında azalmasıda da müşahidə edilir. Beləliklə, elektrik deşilməsinə hazırlığın bu bölümdə mexanizmi ilə baş verməsi ehtimal olunur. Yüksək temperatur üçün "tutacaqlardan" elektronların çixma potensial hündürlüyünün (U_o) sahə intensivliyinin (E) asılılığı Frenkel-ful nəzəriyyəsinə əsasən hesablanmışdır və U_O- nün E-dən asılı olaraq azalmasının nəzəri və təcrübi qiymətləri bir-birinə yaxın olmuşdur.*

Abstract. *The kinetics of the electrical destruction of polymers in a constant sign field at a wide temperature range (77-300K) has been investigated. at elevated temperatures (~ 200-300K), there is an exponential dependence of the electrical life (τ_E) on temperature (T) and an over-barrier thermofluctuation mechanism for the escape of electrons from the traps - the accumulation of space charge leading to breakdown. At low temperatures (~ 77-200 K), at the athermal level of durability, there are separate, local decreases in τ_E (minima) - a sub-barrier (tunneling) transition of electrons. For elevated temperatures, a theoretically substantiated description of the dependence of the height of the potential barrier **(U_0)** of the release of electrons from the traps on the strength E (according to the Frenkel-Poole theory) was made and an amazing closeness of the experimental and calculated expressions for the decrease in the initial **U_0** with the field.*

Ключевые слова: *полимеры, кинетика электрического разрушения, электрическая долговечность, электрический пробой*

Açar sözlər: *polimerlər, elektrik dağılma kinetikası, elektrik yaşama müddəti, elektrik deşilməsi*

Key words: *polymers, kinetics of electrical destruction, electrical durability, electrical breakdown*

Введение. Измерение зависимости электрической долговечности (τ_E) от напряженности электрического поля (E) и температуры (T) ведет к установлению зависимости от *E* и *T* величины среднему времени ожидания элементарного акта $\tau_{аст}$, а из анализа зависит $\tau_{аст}$ (E,T) следует информация об элементарных актах процесса электрического разрушения диэлектриков: их природе и механизме осуществления. Экспериментальные исследования зависимостей $\tau_{аст}$(E,T) проводились на многих различных диэлектриках [1-5], в том числе и полимерных. Было установлено, что процесс подготовки диэлектриков к пробою при действии постоянного (по знаку) поля заключается в формировании объемных зарядов обоих знаков путем дрейфа электронов и дырок, инжектированных из электродов, по направлению навстречу друг другу. По достижении объемными зарядами критического значения и рекомбинации зарядов наступает пробой [6,7]. Показано, что элементарные акты электрического разрушения-прыжки электронов и дырок навстречу друг другу связаны с преодолением потенциальных барьеров в роли которых выступают значения энергетической глубины различных ловушек.

Преодоление барьеров осуществляется в различных температурных областях различными механизмами: надбарьерными переходами и подбарьерными переходами (туннелированием) [8,9]. На основе исследования температурные зависимости электрической долговечности полимеров, установлены различия в механизмах кинетики электрического разрушения полимеров при повышенных и низких температурных областях [10]. Однако, идентификация барьеров в области повышенных температур, а также детальность самих измерений долговечности осуществлены в недостаточной мере.

Целью настоящей работы является детализация кинетику электрического разрушения полимеров при повышенных температурах.

Методика исследований. Объектами исследования служили пленки полимеров: полиэтилена (ПЭ) и политетрафторэтилена (ПТФЭ). Толщина пленок составляла d=20-50мкм.

Все измерения проводились в постоянном по знаку электрическом поле. Напряженность задаваемого электрического поля, действующего на полимеры, выражалась как E=U/d, где *U* – приложенное к электродам напряжение. Использовались прижимные электроды типа плоскость-плоскость. Малая толщина образцов обеспечивала достижения требуемой напряженности поля при сравнительно низком напряжении между электродами (несколько кВ), препятствовало возникновению частичных разрядов. Отсутствие частичных разрядов контролировалось электрометрически.

Измерения долговечности проводились в диапазоне температур 77-300К. При измерении электрической долговечности полимеров характерным является достаточно сильный разброс значений долговечности для внешне идентичных образцов при одинаковых же значениях напряженности приложенного поля и температуры. Поэтому измерения τ_E проводились на сериях из 10-12 образцов для каждой при значений *E* и *T*, из которых находились средние значения долговечности.

Экспериментальные результаты и их обсуждения. Во многих работах, выполненных в области повышенных температуры, сделано заключение о термофлуктуационной природе электрического разрушения полимеров [1-10]. В настоящей работе проводится дальнейшая детализация процесса подготовки полимера к пробою. Информация о механизме элементарных актов кинетики электрического разрушения следует из вида зависимости $\lg\tau_E(1/T)$ в области повышенных температур.

На рис 1. показаны температурные зависимости электрической долговечности $\lg\tau_E(1/T)$ для ПЭ и ПТФЭ, снятие при двух значении напряженности электрического поля *E*. Видно, что

при каждом значении E на зависимости $\lg\tau_E(1/T)$ можно выделить две области: при повышенных температурах (~200÷300К) – линейную зависимость $\lg\tau_E(1/T)$ и при пониженных температурах (~77÷200К)-независимость долговечности от температуры («атермическая область»). На атермическом области долговечности имеют отдельные, локальные снижения τ_E (минимумы). Отметим, что при каждой температуре долговечность тем меньше, чем выше напряженность поля.

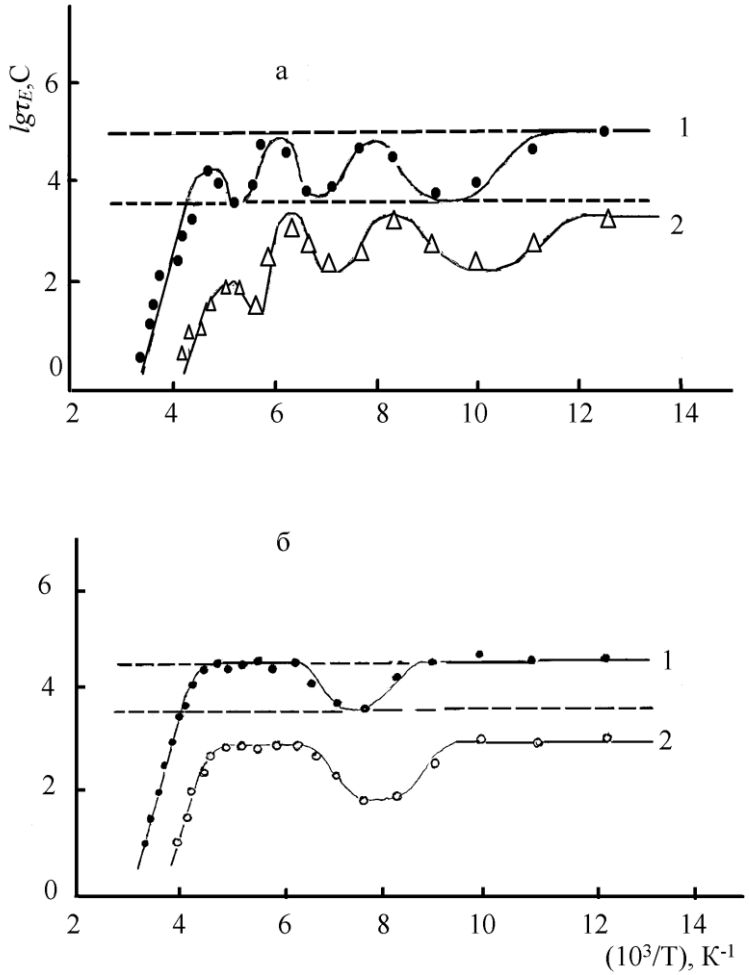


Рис.1. *Температурные зависимости электрической долговечности полимеров в аррениуссовских координатах при различныхзначениях постоянного электрического поля: а-ПЭ. 1-Е =0.50 Гв/м;2-Е=0.58 ГВ/м; б-ПТФЭ. 1-Е=0.38 ГВ/м; 2-Е=0.45 ГВ/м.*

Таким образом, исследования электрического разрушения полимеров при действия электрического поля (измерения τ_E при E=const) выявили существование двух температурных областей: весьма резкую зависимость τ_E от температуры при повышенных температурах и практическую атермичность процесса для τ_E при низких температурах. Различие температурных зависимостей в этих областях позволяет говорить о каких-то различиях на уровне элементарных актов. Поэтому перейдем к анализу экспериментальных данных в каждой из выявленных температурных областей.

На рис. 2 приведен пример температурной зависимости долговечности (в аррениусовских координатах) при ряде значений напряженности электрического поля для пленок ПЭ. Видно, что в области повышенных температур ~200÷300К зависимости близки к линейным с «крутым» наклоном и охватывают диапазон τ_E в три-четыре порядка, а области пониженных

температур ~77÷200К зависимости лежит в сравнительно узких коридорах ($\Delta \lg\tau_E \approx 1$) у горизонтальных уровней при различных значениях $\lg\tau_E$ (верхние и нижние границы коридоров показаны штриховыми прямыми на рис.1 и 2), имеющие вид последовательностей нескольких «волн» (а) или одиночной «волны» (б).

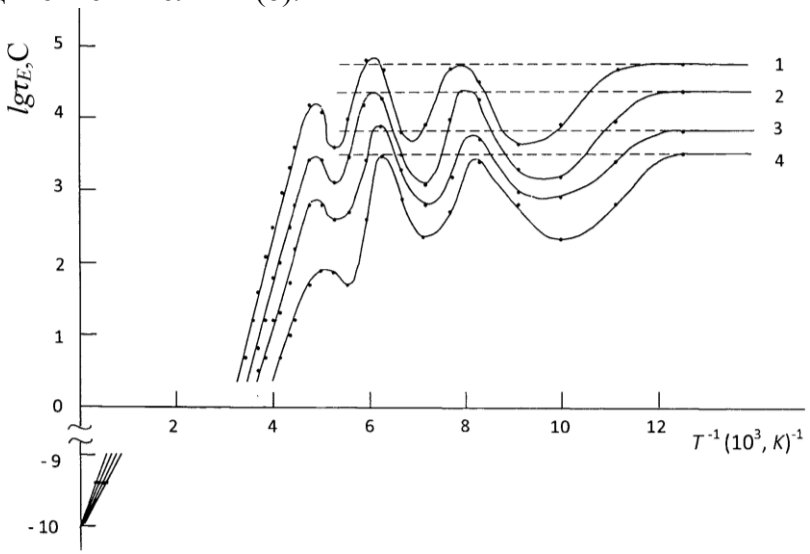


Рис. 2. *Температурная зависимость электрической долговечности ПЭ в аррениуссовских координатах при разных напряженностях электрического поля. напряженность поля E, ГВ/м=5.0 (1), 5.3 (2), 5.6 (3), 5.8 (4).*

Зависимость τ_E (E,T) в области температур 77-300К приведена в более крупном масштабе (особенно по координате 1/T)-рис.2. Из рис.2 следует, что близкие к линейным зависимости $\lg\tau_E(1/T)$ при экстраполяции к $1/T \to 0$ удовлетворительным образом сходятся в точку-полюс со значением ординаты $\tau_0 \approx 10^{-10}$с. Такие данные о τ_E явно указывают на термофлуктуационный механизм элементарных актов подготовки полимеров к пробою в области повышенных температур.

Действительно, фундаментальное выражение для среднего времени ожидания локальной флуктуации тепловой энергии W_{fl} имеет вид [11]:

$$\tau_{fl} \approx \tau_\alpha exp\left(W_{fl}/kT\right), \quad (1)$$

где $\tau_\alpha \approx 10^{-12} - 10^{-13}$с – период колебаний атомов в конденсированных телах (период колебаний максимальной частоты в дебаевском спектре), k-постоянная Больцмана. Полученные экспериментально в области повышенных температур линейные по T^{-1} и сходящиеся «веером» в полюс при $T^{-1} \to 0$ к значению ординаты $\tau_\alpha \approx 10^{-10}$с зависимости $\lg\tau_E$(E,T) могут быть описаны выражением $\lg\tau_E = \lg\tau_0 + U(E)/2/3kT$, откуда следует вид зависимостей τ(E,T).

$$\tau_E(E,T) \approx \tau_0 exp(U(E)/kT), \quad (2)$$

где U(E) – зависящий от величины напряженности электрического поля потенциальный барьер, преодолеваемый в элементарных актах процесса электрического разрушения полимеров, E – приложенное поле.

Выражение (2) и (1) однотипны по температурной зависимости. Тогда по смыслу соотношение $W_{fl} \geq U(E)$ является условием преодоления барьера за счет термической флуктуации энергии.

Предэкспонента $\tau_0 \approx n\tau_\alpha$, где $n \approx 10^2 - 10^3$, т.е. значение τ_0 логарифмически близко к фундаментальному значению $\tau_\alpha \approx 10^{-12} - 10^{-13}$с. Смысл коэффициента n будет раскрыт далее.

Таким образом, полученные из экспериментальных данных выражение (2) свидетельствует о том, что элементарные акты в кинетике электрического разрушения полимеров при

повышенных температурах осуществляются надбарьерными термофлуктуационными переходами.

Из выражения (2) следует, что оценку величины барьера U(E) можно производить по наклонам зависимостей $\lg\tau_E(1/T)$ при разных E:

$$U(E) \approx 2{,}3k\Delta lg\tau_E(E)/\Delta(T^{-1}).$$

Результаты U(E) с указанием доверительных интервалов приведены в таблице.

Таблица значений высоты потенциального барьера

Напряженность электрического поля E,ГВ/м	Высота потенциального барьера U,eB
0,50	0,622 ± 0,006
0,53	0,575 ± 0,005
0,56	0,550 ± 0,006
0,58	0,505 ± 0,007

Из таблицы виден малый разброс значений U(E) при каждой величине E. Это свидетельствует о надежности описания температурной зависимости электрической долговечности ПЭ в области повышенных температур выражением (2) и о достаточной точности определения высоты потенциальных барьеров в элементарных актах кинетики электрического разрушения ПЭ в этой области температур.

После получения значений U(E) возникает вопрос об аналитическом описании зависимости U(E). В ряде работ предлагалось получаемое снижение высоты барьера при увеличении E описываемой самой простой – линейной функцией:

$$U(E) = U_0 - \alpha E \text{ [4,12].}$$

Но такая функция не имеет физического объяснения, а получаемое значение коэффициента α не имеет физиического смысла, что лишает надежности получаемое начальное значение высоты барьера U_0.

При изложении результатов исследования керамических диэлектриков указывалось, что для них процессом подготовки этих диэлектриков к пробою установлен прыжковый транспорт электронов из ловушки в ловушку [4,8]. Ловушки являются потенциальными ямами и барьером выхода частицы из ловушки выступает глубина энергетической ямы. Если принять, что ловушки формируются кулоновскими взаимодействиями с заряженными частицами (прежде всего-с электронами), то согласно теоретически Френкеля-Пула [13], в условиях действия постоянного электрического поля E_{eff} среднее время ожидания флуктуационного выброса электрона из ямы имеет вид:

$$\tau \approx \tau_\alpha exp(U(E)/kT) \approx \tau_\alpha exp\left(\left|U_0 - \Delta U\left(E_{eff}\right)\right|/kT\right), \quad (3)$$

Важным обстоятельством в (3) считается то, что слагаемое $\Delta U\left(E_{eff}\right)$ является не эмпирическим (например-просто пропорциональным E, как отмечалось выше), а результатом модельного расчета и выступает в форме:

$$\Delta U\left(E_{eff}\right) = (\mathrm{e}^3/\pi\varepsilon_0)^{1/2}E_{eff}^{1/2} \quad (4)$$

где e-заряд электрона, ε_0=8,85·10^{-12}Ф/м – электрическая постоянная, E_{eff}-действующее в полимере электрическое поле.

Поэтому, есть основание что полученные из экспериментальных данных значения барьера U(E) можно построить в координатах U($E^{1/2}$) и выяснить выполняется ли линейность зависимости U($E^{1/2}$) в форме, отмечающей (3) и (4), т.е. $U\left(E^{1/2}\right) = U_0 - \beta E^{1/2}$и особенно интересно-получается ли у коэффициента β теоретическое значение (4):

$$\beta = (e^3/\pi\varepsilon_0\varepsilon)^{1/2},$$

Которое в соответствии со значениями: e=1,6·10^{-19}Кл; ε=2,3 [14]-диэлектрическая проницаемость ПЭ и с названной выше величиной ε_0, равно:

$$\beta = 0{,}8 \cdot 10^{-23}\text{Кл}^{-3/2} \cdot \Phi^{-1/2} \cdot \text{м}^{1/2}.$$

Построенная по данным таблицы зависимость $U\left(E^{1/2}\right)$ представлена на рис. 3. Видно, что линейность зависимости $U\left(E^{1/2}\right)$ достаточно хорошо выполняется, т.е. имеет вид $U\left(E^{1/2}\right) = U_0 - \beta E^{1/2}$, что означает соответствие формы экспериментальной зависимости теории Френкеля-Пула. Из наклона зависимости $U\left(E^{1/2}\right)$ на рис.3 определяем величину коэффициента $\beta = -\frac{\Delta U}{\Delta E} \approx 1{,}0 \cdot 10^{-23}$Дж · м/В (пояснение размерности: Дж $\cdot \frac{\text{м}}{\text{В}} = \text{Кл}^{-3/2} \cdot \Phi^{-1/2} \cdot \text{м}^{1/2}$).

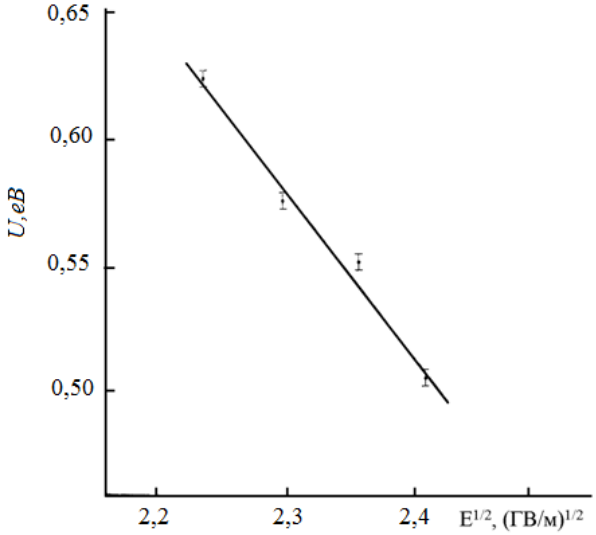


Рис. 3. *Зависимость высоты барьера выхода электронов из ловушек от напряженности задаваемого электрического поля при повышенных температурах в ПЭ*

Таким образом, пришли к важному результату: экспериментальное значения коэффициента β оказалось весьма близким теоретическому значению (0,8·10^{-23} × Кл$^{-3/2} \cdot \Phi^{-1/2} \cdot$ м$^{1/2}$). Теперь можно оценить и начальную высоту потенциального барьера U_0. Из соотношения $U\left(E^{1/2}\right) = U_0 - \beta E^{1/2}$ следует: $U_0 = U\left(E^{1/2}\right) + \beta E^{1/2}$. Тогда берем из графика на рис.3 какое либо значение U при соответствующем значении $E^{1/2}$ (например: при E$^{1/2}$=2,3·10^{4}В/м имеем, что βE$^{1/2}$=1,44eВ и U=0,59eВ), и тогда получаем: U$_0$≈0,59+1,44=2,03eВ. Уже отмечалось, что этот барьер отвечает энергетической глубине ловушек, в которых оказываются электроны внутри полимерного тела. Такими естественными ловушками выступают промежутками между отдельными цепными молекулами [15,16]. Оценка глубины таких ловушек дает значение 1,5-2eВ [16]. Подчеркнем, что найденная исходная величина барьера U$_0$≈2,0 eВ близка расчетной оценке глубины межмолекулярных ловушек.

Таким образом, для области повышенных температур элементарные акты кинетики электрического разрушения ПЭ с исходной высотой барьера U$_0$≈2,0 eВ, сниженной приложенным полем E, можно трактовать как надбарьерные термофлуктуационные выбросы электронов из ловушек или же как перебросы электронов из одних ловушек в соседние по направлению действия поля, что и образует дрейф электронов от катода к аноду.

В предэкспоненте $\tau_0 \approx n\tau_\alpha$ (выражение (2) коэффициент n≈10^2–10^3 имеет смысл числа прыжков электронов на пути от катода-места инжекции электронов из катода в полимер до места формирования критических объемных зарядов обоих знаков и их «взрывной» рекомбинации, приводящей к пробою полимерного слоя между электродами.

Дрейф «инжектированных» и анода положительных «частиц»-дырок, идет, по-видимому, медленнее, чем дрейф электронов, что, очевидно, определяет долговечность электрического разрушения полимеров кинетикой дрейфа именно электронов.

Как видно, в области повышенных температур как зависимости электрической долговечности $\tau_E(T,E)$, так и механизм элементарных актов кинетики электрического разрушения являются для полимеров в основном общими с неполимерными (в частности-керамическими) твердыми телами. Разница имеется только в природе ловушек электронов.

Детализация низкотемпературной кинетики электрического разрушения полимеров является задачей дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Заключение. Таким образом, анализ кинетики электрического разрушения полимеров в области повышенных температур приводит к заключению о том, что элементарные акты процесса, контролирующего темп приближения полимерного образца к пробою, представляют собой направляемые полем надбарьерные «прыжки» электронов, происходящие вследствие локальных флуктуаций энергии.

Литература

1. Слуцкер А.И., Каров Д.Д., Поликарпов Ю.И. Атомно – молекулярная флуктуационная динамика. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2011.238 с.
2. Слуцкер А.И., Каров Д.Д., Поликарпов Ю.И. Физика конденсированного состояния. Квантовые особенности теплофизики твердых тел. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. -128с.
3. Алиева И.К., Велиев Т.М. Кинетика механического и электрического разрушения полимеров. Баку, АГМА, 2018. -192с.
4. Дахия М.С., Закревский В.А., Слуцкер А.И. Температурная зависимость электрической прочности сегнетокерамики. ЖТФ, 1984, т.54, вып.3, с.629-632.
5. Алиева И.К. Температурная зависимость электрической долговечности полимерных композиций. Научные труды АГМА, 2020, №2, с.41-47.
6. Слуцкер А.И., Велиев Т.М., Алиева И.К., Алекперов В.А., Абасов С.А. некоторые вопросы электрической прочности полимеров. Письмо в ЖТФ, 1991, т.17, №13, с.67-72.
7. Алиева И.К., Велиев Т.М. Элементарные процессы в кинетике электрического разрушения полимерных композиций. Проблемы энергетики, 2020, №1, с.47-50.
8. Дахия М.С., Закревский В.А., Слуцкер А.И. Кинетика электрического разрушения некоторых титаносодержащих керамик. ФТТ, 1984, т.26, №9, с.2716-2721.
9. Слуцкер А.И., Велиев Т.М., Алиева И.К., Алекперов В.А., Поликарпов Ю.И., Каров Д.Д. Особенности кинетики электрического разрушения полимеров. ФТТ, 2016, т.58, №9, с.1826 – 1835.
10. Алиева И.К., Алиев Х.М. Температурная зависимость электрической прочности полимеров. Научные труды АГМА, 2019, №1, с.121-127.
11. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 2975. -с.526.
12. Lin D., Kao K.C. High-field hole injiection, conduction, and breakdown in polyethylene films fabricated by plasma polymerization. //J. Appl. Phys.-1991, v.69, №4, p.2489-2496.
13. Kao K., Хуанг В. Перенос электронов в твердых телах. М., Мир, // 1984, 352с.
14. Энциклопедия полимеров. М., Сов. Энциклопедия. М. //1977, т.3, 168 с.
15. Патридж Р. Радиационная химия макромолекул. М., Атомиздат, 1978, 292с.
16. Закревский В.А., Пахотин В.А. Автоионизационный механизм разрыва химических связей в макромолекулах. Высокомолекулярные соед., 1981, т.23(А), №3, 658-662 с.

Məqalə qəbul olunub: 14.04.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

OUT 004.932

SƏNAYE ROBOTLARININ TƏSVİRLƏRİN TANINMASI SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

Əliyeva Y.N., Həsənquliyeva M.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadliq pros., 20
E-mail: yegane.aliyeva.1969@mail.ru, metahasanquliyeva@rambler.ru

Xülasə. *Robotlar ətraf mühit haqqında real vaxt rejimində məlumat əldə etmək üçün istifadə olunan sensorlardan, qərar qəbul edən və hərəkəti idarə edən elektronik beyindən, verilən qərarların yerinə yetirilməsini təmin edən aktuatorlar və hərəkət sistemlərindən ibarətdir. Hal-hazırda təsvirlərin avtomatik emalı süni intellekt sahəsində ən mühüm istiqamətlərdən biridir. Təsvirlərin tanınmasını həyata keçirən robototexnika komplekslərinin inkişafı bu sahəyə öz təsirini göstərir.*

Məqalədə sənaye robotlarının təsvirlərin tanınması və emalı prosesinin tədqiqinə baxılmışdır. Həmçinin, təsvirlərin tanınması və emal prosesi analiz edilmişdir. Matlab proqram paketindən istifadə edərək təsvirlərin emalı və tanınmasının kompüter simulyasiyası yerinə yetirilmişdir. Matlab proqramlar paketində hazırlanmış kodlar vasitəsi ilə görmə sistemi kimi veb kameradan istifadə edilərək, alınan görüntülərdə qırmızı rəngin seçilməsi həyata keçirilmişdir.

Abstract. *Robots consist of sensors used to obtain real-time information about the environment, an electronic brain that makes decisions and controls movement, and actuators and motion systems that ensure the execution of decisions. Currently, automatic processing of images is one of the most important directions in the field of artificial intelligence. The development of robotic complexes that perform image recognition has an impact on this field. The development of robotic complexes that perform image recognition has an impact on this field.*

The article examines the process of image recognition and processing of industrial robots. Computer modeling of image processing and recognition was carried out using the Matlab program package. By means of the codes developed in the Matlab software package, the web camera was used as a vision system, and the red color was selected in the received images.

Аннотация. *Роботы состоят из датчиков, используемых для получения информации об окружающей среде в режиме реального времени, электронного мозга, который принимает решения и управляет движением, а также исполнительных механизмов и систем движения, обеспечивающих выполнение решений. В настоящее время автоматическая обработка изображений является одним из важнейших направлений в области искусственного интеллекта. Развитие роботизированных комплексов, выполняющих распознавание изображений, оказывает влияние на эту область.*

В статье рассматривается процесс распознавания и обработки изображений промышленных роботов. Компьютерное моделирование обработки и распознавания изображений проводили с помощью пакета программ Matlab. С помощью кодов, разработанных в программном комплексе Matlab, в качестве системы технического зрения использовалась веб-камера, а на полученных изображениях выделялся красный цвет.

Açar sözlər: *təsvirlərin emalı, trayektoriya, informasiya, videoprosessor, rəng intensivliyi*

Key words: *image processing, trajectory, information, video processor, color intensity*

Ключевые слова: *обработка изображения, траектория, информация, видеопроцессор, интенсивность цвета*

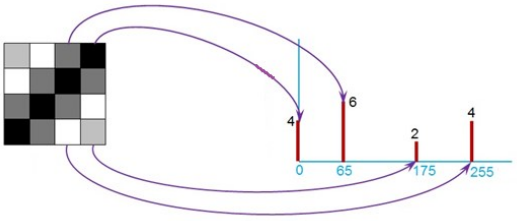
Giriş. Sənayedə istifadə məqsədi ilə robot texnologiyasının inkişaf etməsi üçün daha sürətli robotların yaradılması istiqamətində işlər görülür. Robot istehsalçılarının robot texnologiyasından

gözlədikləri ən vacib məsələlərindən biri istehsalat xərclərinin azaltılmasından ibarətdir. Robotların bir yerdən digər bir yerə planlaşdırılan yol ilə hərəkət etməsi zamanı qarşısına çıxan bütün maneələri tanıması və buna üçün də hərəkət trayektoriyasının planlaşdırılması lazımdır. Bu zaman robotun hərəkət edə biləcəyi ərazinin xəritəsinin qurulmasında sensorlardan istifadə olunur. Bundan başqa olaraq robota yerləşdirilən kameranın köməyi ilə ətraf mühitin görüntüsü alınaraq obyektlərin yerinin tanınması yolu ilə hərəkət istiqaməti planlaşdırılır. Qarşısına çıxan obyektlərin tanıması üçün robototexnika sistemlərində ən çox istifadə edilən "obyekt tanıma" əməliyyatları da daha çox əhəmiyyətlidir.

Məsələnin qoyuluşu. Təsvirlərin emal edilmə mərhələsi kameranın köməyi ilə əldə edilən təsvirlərin görüntüsünün yaxşılaşdırılmasını kənar təsirlərin və həmçinin, küylərin aradan qaldırılması vasitəsilə ilə həyata keçirilir. Siqnallar və küylər arasında olan əlaqəni tənzimləməkdən ötrü videoprosessordan istifadə edilir. Kompüterə yüklənən informasiyanın həcminin azaldılması və təsvirin keyfiyyətinin artırılmasında videoprosessorun rolu böyükdür. Videoprosessorun əsas üstünlüklərindən biri ondan ibarətdir ki, təsvirin sərhədləri doğru müəyyənləşdirilməlidir [2,3]. Videoprosessor, təsvirin sərhədlərni dəqiq müəyyənləşdirmək üçün, videokameradan əldə olunan görüntülərdəki rənglərin intensivliyindən istifadə edir. Bu zaman obyektin özünün rəng intensivliyi, həmçinin görüntünün arxa fonundakı rənglərin intensivliyindən fərqli olması təsvirlərin sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsində istifadə edilir. Bu üsul əsasən "sərhədlərin müəyyənləşdirilməsi üsulu" adlanır.

Görüntünün emal prosesinin əsas vacib mərhələlərdən biri onun seqmentləşdirmədir. Görüntü sahəsində olan bütün nöqtələrə təsvirin rənglərinin parlaqlığı kimi baxmaq olar. Təsvir alınarkən obyekt işıqlandırmaya görə elə qoyulmalıdır ki, onu kölgəsi az və yaxud heç olmasın. Arxa planın işıqlandırılması vaxtı əldə edilən təsvirdə obyektin görüntüsü daha dəqiq olur [4].

Görüntülərin hədd seqmentləşdirilməsi, seqmentləşmə prosesində başqa üsullara nisbətən ən çox işlədilən üsuldur. Bu üsulda yarımton təsvirlərdən istifadə olunur. Cismi arxa plandan ayıran həddini seçmək lazım gəldikdə rəng intensivliyinin histoqramından istifadə edilir. Rəng intensivliyinin histoqramı şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. *Rəng intensivliyinin histoqramı*

Binarizasiya olunmuş görüntü seqmentləşdirmə mərhələsindən keçdidən sonra əldə olunmuş təsvir təsnifləşdirilir. Təsvirlərin təsnifləşdirilməsi dedikdə bazada olan təsvir ilə yeni əldə olunan təsvirin müqaisəsi nəzərdə tutulur. Bazada olan təsvirlər şablonlar adlanır. Şablonlardan istifadə etməklə müqaisə olunan təsviri "öyrətmə" üsulu ilə robotun bazasına obyekt kimi daxil edirik. Obyekt kimi kubu, küräni və prizmanı götürək. Bu üç obyektləri görüntünün orta hissəsinə yerləşdiririk. Götürülən obyektlərin seqmentləşdirilmiş görüntüləri uyğun olaraq təsvirlər sinifinin bazasına şablon kimi əlavə oluna bilər [9]. Kitabxanada olmayan cisim təsvir sahəsinə daxil olan zaman, həmin cisimin seqmentləşdirilmiş görüntüsü İ(i,j) funksiyası formasında əldə edilir. İ, (i,j) nöqtələrində olan görüntünün rənglərinin intensivliyini göstərir. Növbəti addımda isə bazada yerləşən k–cı $T_k(i,j)$ şablon bazadan götürülərək, təsvirin üzərində olan uyğun bir nöqtəyə qoyulur. Kitabxanadan götürülən $T_k(i,j)$ şablonu (x,y) qədər yerini dəyişərək $T_k(i-x,j-y)$ alınarsa, onda əsas məsələ $R_k(x, y)$ xətasını azaldan (x,y) nöqtəsini tapmaqdan ibarət olacaqdır.

$$R_k(x,y) = \sum_j \sum_i [I(i,j) - T_k(i-x, j-y)]^2 \qquad k=1,2,...,n-1$$

Verilmiş ifadədə n bazadakı şablonların miqdarını göstərir. Məsələn, elə x^*, y^* və l alınmışdır ki, bazada da olan k və təsvir sahəsində olan bütün x və y -lər üçün $R_l(x^*, y^*) < R_k(x,y)$ olsun.

$R_l(x^*, y^*)$ xətası minumum olarsa, yəni $R_l(x^*, y^*) \approx 0$ olduğu halda ən yaxşı üst-üstə düşmə halı olur. Bu zaman $\dot{I}(i,j)$ görüntüsü cismə uyğundur. Həmçinin, I(i,j) cisminin yeri də kitabxananın k şablonuna uyğun olaraq (x*,y*) qədər sürüşdürülmüşdür. Bu uyğunluğun müəyyən olunması üçün, R_l (x*,y*) xətasının çox da böyük olmaması lazımdır. Bu zaman $\dot{I}(i,j)$ görüntüsünü yaradan cisim kitabxanada təsvir olunmayan cism kimi sinifləndiriləcəkdir [5]. Normalaşdırılmış qarşılıqlı–korrelyasiya aşağıda verilmiş ifadə ilə təyin olunur:

$$m_k(x,y) = \frac{\sum_j \sum_i I(i,j) T_k(i-x, j-y)}{\left\{\left\{\sum_j \sum_i I^2(i,j)\right\}\left\{\sum_j \sum_i T_k^2(i-x, j-y)\right\}\right\}^{1/2}}$$

İntensivlik və kontrastlıq normallaşdırılmış ölçüyə heç bir təsir etmir. Onlar maksimal qiymətə çatdıqda uyğunluq tam olur. Şablonların özləri də altşablonlara ayrılır. Altşablonların müqaisəsi daha sadə yerinə yetirilir. Şablonların bir biri ilə qarşılaşdırılmasının yuxarıda qeyd olunan metodu cisimin əvvəlki vəziyyətinin onun yenisi vasitəsilə əvəz olunmasına görə invariantdır. Amma cismin dairəvi hərəkətinə və həmçinin, miqyasının dəyişdirilməsinə görə invariant olmur. Görüntünün əldə olunması mərhələsi şəkil 2-də göstərilmişdir.

İndi isə x', y' və z' koordinatlarının əldə olunmasına nəzər salaq. *PAO* və *P'BO'* üçbucaqlarının bir-birinə bənzərliyindən

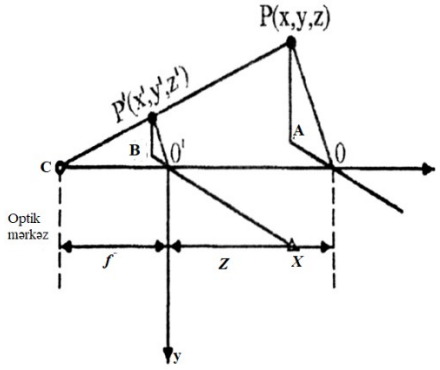
$$\frac{P'B}{PA} = \frac{x'}{x} = \frac{P'O'}{PO} = \frac{BO'}{AO} = \frac{y'}{y}$$

əldə edilir. *P'O'C' və POC* üçbucaqlarının eyniliyindən isə

$$\frac{P'O'}{PO} = \frac{f}{f+z}$$

əldə olunur. Beləliklə,

$$x' = \frac{fx}{f+x'}, \quad y' = \frac{fy}{f+z'}, \quad z' = 0$$

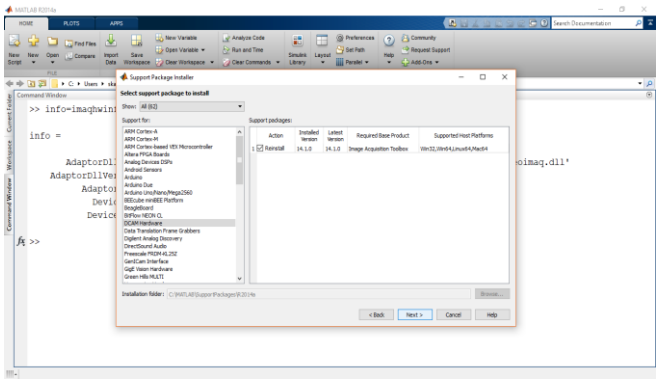


Şəkil 2. *Kamera vasitəsi ilə əldə olunmuş müstəvi təsvir*

Ən sonda əldə olunan belə ifadələrə perspektiv ifadələr deyilir və onlar videoprosessorun vasitəsi ilə həll olunurlar. Lakin bu cür ifadələr qeyri-xətti formada olur. Matris şəkillində olan cəbri hesablamaları yerinə yetirmək üçün onlar xəttiləşdirilir. Xəttiləşdirməni isə bircins koordinat sistemlərinin və həmçinin, yuxarıdakı ifadələrin köməyilə yerinə yetirilir [6].

Matlab proqram paketindən istifadə edərək təsvirlərin emalı və tanınmasının kompüter simulyasiyası. Matlab proqram paketinindən istifadə etməklə təsvirlərin emalın və tanınmasını

həyata keçirmək mümkündür. Bunun üçün kompüterin veb kamerasından istifadə etməklə yanaşı Matlab programinin kamera vasitəsilə əlaqəsinin təmin edilməsi üçün əlavə proqramları da yükləmək lazımdır. Bunun üçün alətlər panelində "RESOURCES" bölümündə "get hardware support packages" -ə daxil oluruq. Daxil olduqdan sonra "install from internet"-ı seçib "next" əmrini veririk. Paneldən "DCAM hardware" paketini seçərək, "next" ə klikləmələ paketi yükləyirik. Bu paketin vasitəsilə biz kompüterimizin veb kamerasını Matlab programlar paketində istifadə edə bilərik (şəkil 3).



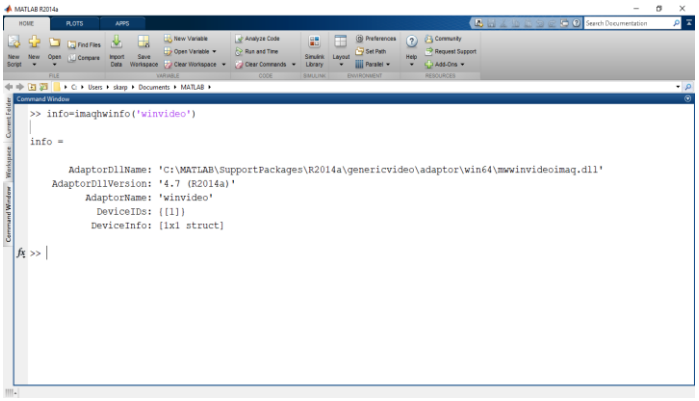
Şəkil 3. *"DCAM hardware" paketinin seçilməsi*

Təsvirlərin taninmasi siteminin işlənməsini həyata keçirmək üçün istifadə etdiyimiz veb kamera haqqında məlumatları əldə etməliyik. Bunun üçün Matlab proqramında xüsusi əmirləri daxil etməliyik.

Addım 1. Komanda pəncərəsində ilk əmri daxil etməliyik.

">> info=imaqhwinfo('winvideo')"

Bu əmr kompüterin adapterinin vasitəsilə ilə əlaqəni təmin edən bütün qurğuların haqqında məlumat verilir. İstifadəsi nəzərdə tutulmuş veb kameranın id si və həmçinin, adapter haqqında digər məlumatlar da ekranda görünəcəkdir.

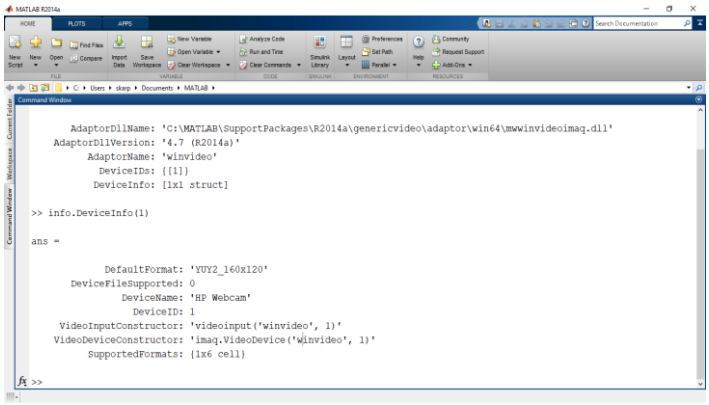


Şəkil 4. *">> info=imaqhwinfo('winvideo')" əmrinin daxil edilməsi*

Addım 2. İkinci əmri komandanın pəncərəsinə daxil edirik.

>> info.DeviceInfo(1)

Burada "1" bizim istifadə etmək istədiyimiz veb kameranın id si-dir. Bu əmr vasitəsilə biz cihazımız haqqında məlumatlar əldə edəcəyik. Bu məlumatlara, həmçinin veb kamerasının görüntüsünün kompüter tərəfindən təyin edilmiş cihazın adı ilə yanaşı, həm də onun keyfiyyəti və digər məlumatları daxildir.

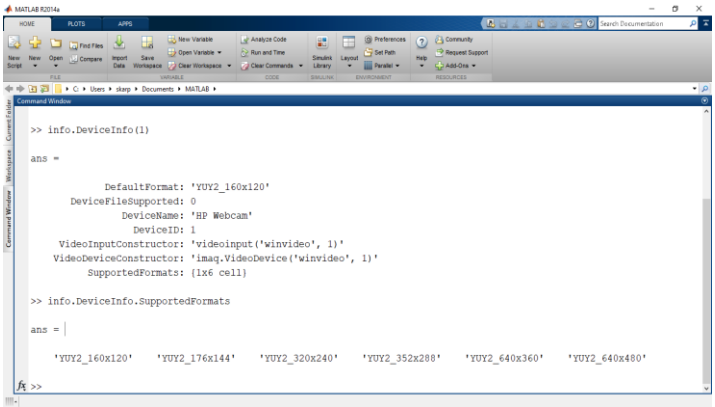


Şəkil 5. *>> info.DeviceInfo(1) əmrinin daxil edilməsi*

Addım 3. Aşağıdakı göstərilmiş əmri komanda pəncərəsinə daxil etməliyik.

>> info.DeviceInfo.SupportedFormats

Bu əmrin mahiyyəti cihazın minimumdan maksimuma kimi seçiləbiləcək keyfiyyətlərini ekranda çap etməkdir.



Şəkil 6. *>> info. DeviceInfo.SupportedFormats*

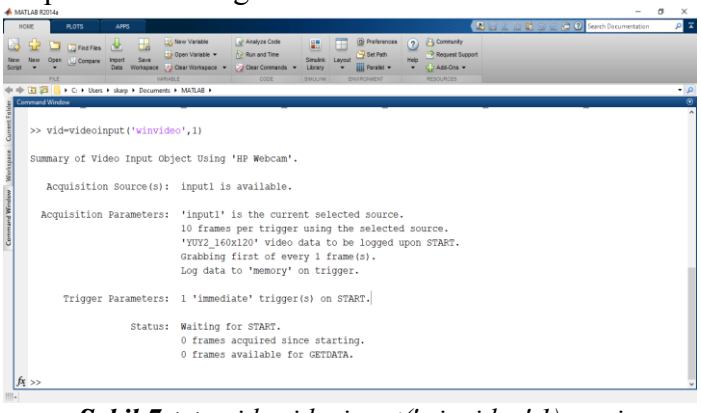
Bizim istifadə edəcəyimiz cihaz üçün bu göstəricilər aşağıdakı kimi olacaqdır.

'YUY2_160x120' 'YUY2_176x144' 'YUY2_320x240' 'YUY2_352x288' 'YUY2_640x360' 'YUY2_640x480'

Addım 4. Növbəti əmr isə aşağıdakı kimi olacaqdır.

>> vid=videoinput('winvideo',1)

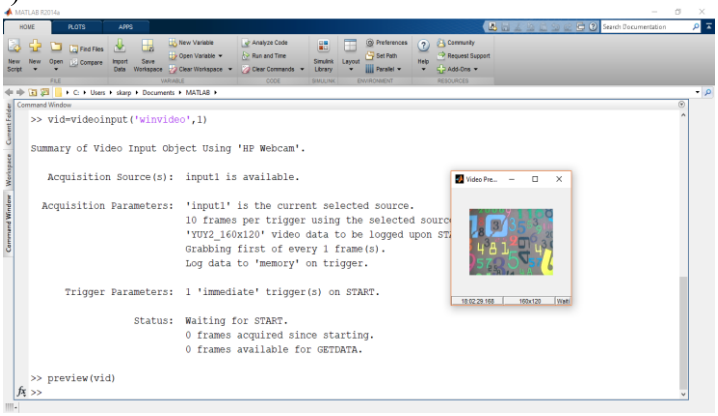
Bu əmri daxil etdikdən sonra ekranda çap olunan məlumtlar cihazın təsvirləri almağa hazır olub olmadığını və triggerlərin parametrlərini göstərir.



Şəkil 7. *>> vid=videoinput('winvideo',1) əmri*

Addım 5. Bu mərhələdə isə daxil etdiyimiz əmr veb kameranı aktivləşdirəcəkdir.

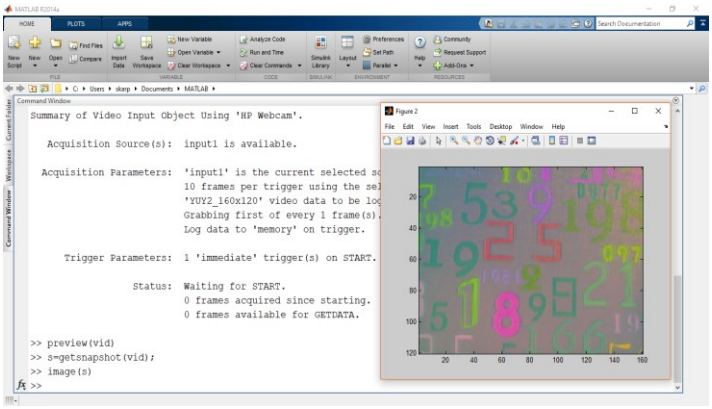
```
>> preview(vid)
```



Şəkil 8. >> preview(vid) əmri

Addım 6. Aşağıdakı əmrlərdən istifadə etməklə biz kameranın görüntüsündən bir kadrın ekranda göstərilməsini təmin edə bilərik.

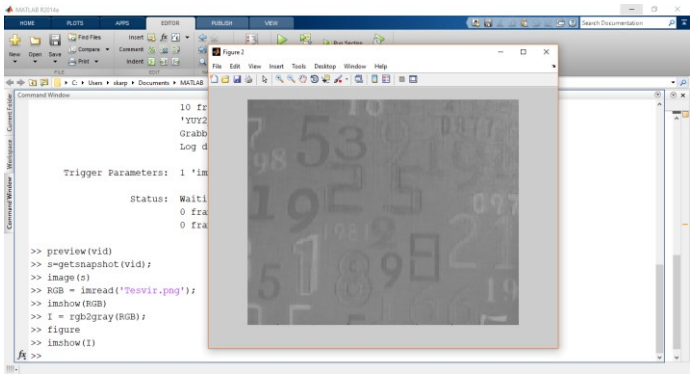
```
>> s=getsnapshot(vid);
>> image(s)
```



Şəkil 9. *Kadrın ekranda göstərilməsi*

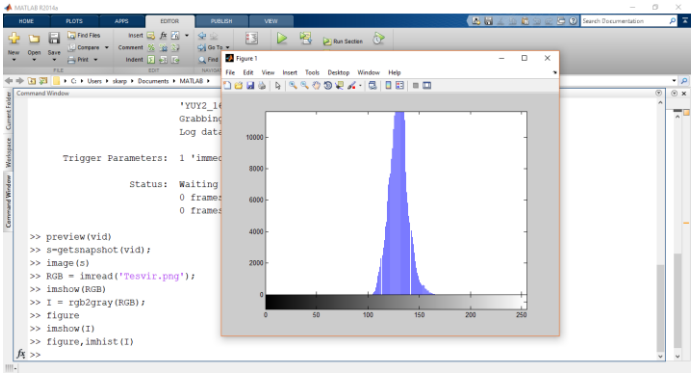
Addım 7. Alınan təsvirləri aşağıdakı əmrlər vasitəsilə təsvirin rənglərinə boz tonlar vermə mümkündür.

```
>> RGB = imread('Tesvir.png');
>>I = rgb2gray(RGB);
>>figure
>>imshow(I)
```



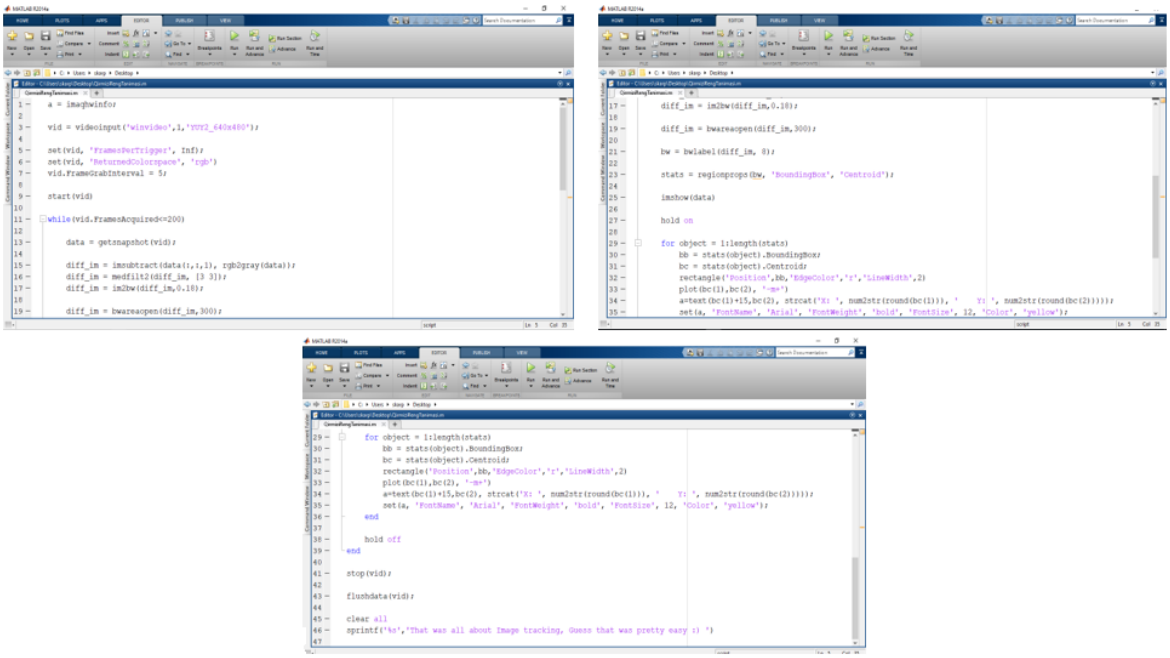
Şəkil 10. *Təsvirin boz tona çevrilməsi*

Addim 8. Aşağıdakı əmrdən istifadə etməklə alınmış təsvirin histoqramını göstərmək olar.
>>figure,imhist(I)



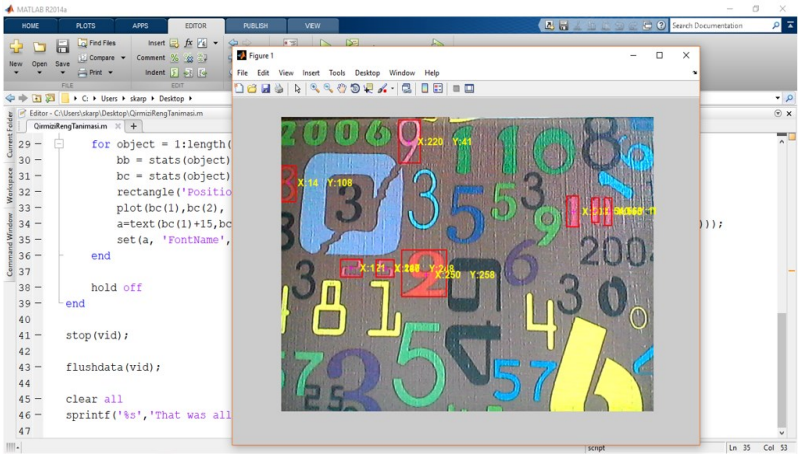
Şəkil 11. *Təsvirin histoqramı*

Addım 9. Proqramın növbəti addımında "File" bölməsinə daxil olaraq "new function" seçirik. Burada bir neçə qrup əmrlər ardıcıllğından istifadə etməklə təsvirlərin tanınmasını müəyyən etmək olar. Kompüterin veb kamerasının köməyi vasitəsilə alınan görüntülərdə qırmızı rəngin tanınmasını seçək. Bu zaman yazılan əmrlər aşağıdakı ardıcıllıqla həyata keçirilir.



Şəkil 12. *Təsvirlərin tanınmasını təmin etmək üçün yerinə yetirilən əmrlər ardıcıllığı*

Addım 10. "Function" bölməsinə əmrlər yazıldıqdan sonra "Run" düyməsini sıxırıq. Bu düyməni sıxmaqla ekranda veb kamerasının pəncərəsi aktivləşəcəkdir. Kameranın önünə istənilən qırmızı rəngdə olan obyekti gətisək, bu zaman qırmızı rənglər avtomatik seçiləcəkdir. Seçilən qırmızı rəngli hissələrin X və Y koordinatları qeyd olunur.



Şəkil 13. *Seçilən qırmızı rəngli obyektlər*

Nəticə. Beləliklə, Matlab proqramlar paketində hazırlanmış kodlar vasitəsi ilə görmə sistemi kimi veb kameradan istifadə edilərək, alınan görüntülərdə qırmızı rəngin seçilməsi həyata keçirilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Klevalin V.A., Polivanov A.Y. Sənaye robotlarının görmə sistemlərində rəqəmsal tanınma üsulları // Mexatronika, Avtomatlaşdırma, Nəzarət, 2008.
2. Bəhlul Əhmədov, Məmməd Seyidov. Robotlarda təsvirlərin tanınması və hərəkətlərin planlaşdırılması. 2013.
3. Blaschke, Thomas, Lang, Stefan, Hay, Geoffrey. Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications, 2008.
4. Bhattacharyya, Siddhartha, Maulik, Ujjwal. Soft Computing for Image and Multimedia Data Processing. 2013.
5. Alexandre, Luís A., Salvador Sánchez, José, Rodrigues, João M. F. Pattern Recognition and Image Analysis. 2017.
6. Prasad, Bhanu, Prasanna. Speech, Audio, Image and Biomedical Signal Processing using Neural Networks. 2008.
7. Kamel, Mohamed, Campilho, Aurélio. Image Analysis and Recognition. 2009.

Məqalə qəbul olunub: 10.04.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

UOT 681.3.07

AUTOCAD PROQRAMI ƏSASINDA DETALIN CİZGİLƏRİNİN TƏRTİBİ

Həsənov V.H., Abdullayeva N.B.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail:vgasanov2022@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə AutoCAD proqramı əsasında detalın lazım olan 2D cizgilərinin və bu cizgilərin köməyi ilə 3D modelinin tərtibinin kömpüter texnologiyaları ardıcıllığı göstərilmişdir.*

Abstract. *In this article is considered the consistent creation of computer technology two – dimensional drawing details and three-dimensional modeling in the AutoCAD system.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается последовательное создание компьютерной технологии двухмерного чертежа детали и трёхмерного моделирование в системе AutoCAD.*

Açar sözlər: *ALS (avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemi), işçi sahə, üçölcülü model, ıkiölçülü cizgi, baş görünüş*

Key words: *AutoCAD (avtomated computer aided drafting and design), workspace, 3d modeling, 2d drafting, main view*

Ключевые слова: *САПР (система автоматического проектирования), рабочие пространства, 3d моделирование, двухмерные чертёжи, главный вид*

Giriş. Son zamanlar kompüter texnikası və texnologiyalarının sürətli inkişafı müxtəlif qrafiki proqramların yaradılmasına geniş zəmin yaratmışdır. Bu baxımdan AutoCAD proqramı AutoDESK firması tərəfindən hazırlanmış, WINDOWS əməliyyat sistemi altında işləyən maşınqayırma, memarlıq-inşaat, elektrotexnika və digər ALS sahələrində çertyojların layihələndirilməsində istifadə olunan ən geniş yayılmış proqram təhcizatıdır.

Əsas hissə. Məqalədə AutoCAD proqramının köməyi ilə verilmiş detalın lazım olan cizgilərinin və 3D modelinin yaradılması ardıcıllığı göstərilmişdir. AutoCAD proqramının imkanlarından istifadə edərək işimizin məhsuldarlığını və keyfiyyətini artırmaq üçün istədiyimiz vaxt cari çertyojun parametrlərini əl ilə istədiyimiz kimi sazlaya bilərik. Çertyojun işçi sahəsinin ölçülərini və ölçü vahidini əl ilə nizamlamaq üçün biz Limits Limit və Units Vahid komandalarından istifadə edirik. Units Vahid komandasını işə salmaq üçün AutoCAD-ın menyusundan əvvlcə Format (Format) komandası seçilir, sonra isə açılmış komandalar siyahısından Units seçilir. (Format → Units) və ya bu komandanı komandalar sətrinə (units) daxil etməklə çağırmaq olar. Komanda çağırıldıqdan sonra ekranda Drawing Units (Çertyojun vahidi) dialoq pəncərəsi açılır və burada biz lazım olan ölçü vahidinin sazlama işini aparırıq. Burada biz həm xətt həmdə bucaq üçün vahid tipi Decimal (onluq), ölçü vahidi (mm) seçirik. O ki qaldı Precision (Dəqiqəlik) bunu istədiyimiz kimi seçə bilərik, lakin bucaq üçün dəqiqliyi (0) -a bərabər götürmək məsləhətdir. Susma prinsipi ilə bucaqlar horizontal istiqamətdən saat əqrəbinin əksi istiqamətində hesablanır. Bunu da dəyişmək məsləhət deyil. Lakin bu istiqamətin dəyişdirilməsi vacibdirsə, onda Clockwise (Saat əqrəbinin istiqaməti) düyməsini aktivləşdirmək lazımdır. Lazım olduqda 0 bucaq istiqamətini dəyişmək olar. Bunun üçün dialoq pəncərəsində Direction...(İstiqamətin) düyməsini sıxmaq lazımdır. Nəticədə yeni bir dialoq pəncərəsi ADirection Control (İstiqamətin seçilməsi) açılmış olur və biz buradan istədiyimiz nizamlama işini apara bilərik.

Çertyoju çəkməyə başlamazdan əvvəl AutoCAD proqramında bəzi nizamlama işləri aparılır. Belə ki, cizgilərin çəkilməsi üçün lazım olan xətlərin tipindən, qalınlığından, rəngindən, asılı olaraq qatlar

yaradılır. Bir çox qurma işlərini tez və dəqiq yerinə yetirmək üçün Object Snap (Obyekt bağlantısı) rejimi bizə lazım olan qaydada sazlanır, ölçü vahidi mm və digər nizamlama işləri yerinə yetirilib sona çatdırılır. Bundan sonra çertyoj vərəqinin ölçüləri seçilir və susma prinsipi ilə bizə lazım olan A3 420x297mm formatı yaradılmış olur. Burada çertyojun xarici və daxili çərçivələri Line (Düz xətt) və ya Rektangle (Düzbucaqlı) əmrləri ilə çəkilir. Bizim məsələdə bu Rentangle (Düzbucaqlı) əmri ilə qurulmuşdur.

AutoCAD sistemində əmrləri aşağıdakı üç üsullarla çağırmaq olar: misal üçün, bizim məsələdə Rectangle (Düzbucaqlı) əmri:

• Menyu sətrindən Draw (Çəkmək) →Rectangle (Düzbucaqlı) əmri seçilib işə salınır;

• Draw (Çəkmək) alətlər lövhəsindən Rectangle əmrinin düyməsini mousun köməyi ilə seçməklə;

• Klaviaturadan komandalar sətrində Rectangle əmrini yığıb «Enter» düyməsini sıxmaqla.

Bu əmr yuxarıda göstərilən üsulların biri ilə çağrıldıqdan sonra komandalar sətrində aşağıdakı sorğular yerləşir:

Specify first corner point or [(Chamfer /Elevation / Fillet /Thickness/ Width]:

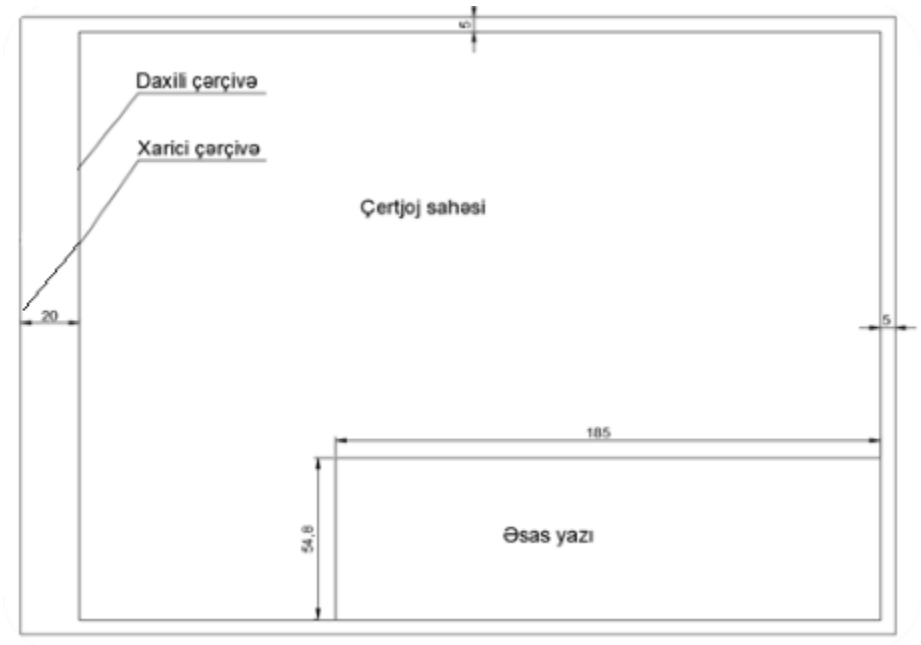
Birinci künc nöqtəsini daxil et və ya [Haşiyə / Səviyyə / Qovuşma / Hündürlük / En]:

Xarici çərçivə üçün birinci nöqtənin koordinantları I (0,0), daxili çərçivə üçün isə II (20,5) göstərilir. Birinci künc nöqtələri daxil edildikdən sonra komandalar sətrində növbəti sorğu yerləşir:

Specify other corner point or [Area / Dimensions / (Rotation):

Digər künc nöqtəsini ver və ya [Sahə / Ölçülər / Dönmə].

Xarici çərçivə üçün ikinci nöqtənin koordinatları IV (420,297), daxili çərçivə üçün isə III (415,292) nöqtənin koordinantları daxil edilib «Enter» düyməsi sıxılır və bu əmr yerinə yetirilmiş olur.Bundan sonra əsas yazı Line (Düz xətt), Offset (Oxşar), Array (Massiv),Text (Mətn) və s. əmrlərin köməyi ilə formatın sağ tərəfinin aşağı hissəsində tərtib edilib yerləşdirilir (şəkil 1).



Şəkil 1. *Cizginin daxili və xarici çərçivəsi*

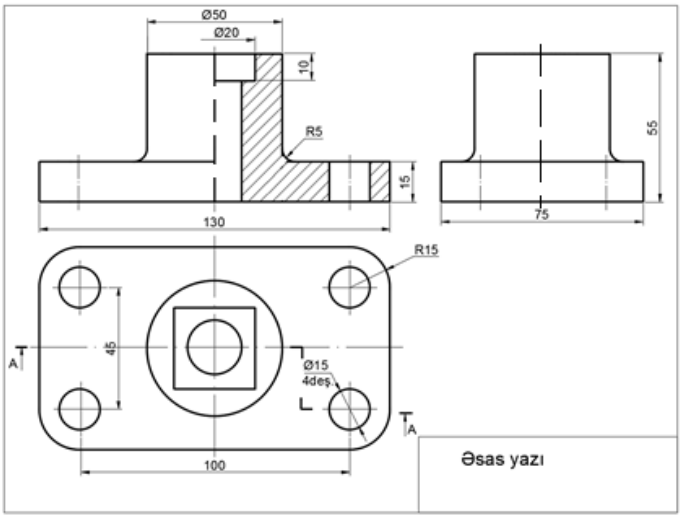
Bununla da çertyojların tərtibi üçün tələb olunan şablonun yaradılması və yaddaşda saxlanması başa çatmış olur. Buraya lazım olan və seçilmiş format (A3), onun çərçivələrinin çəkilməsi, çertyojların tərtibində tələb olunan xətlərin qatlarda yaradılması, əsas yazı cədvəlinin çəkilməsi, mətn və ölçü stillərinin yaradılması daxil olur. Şəkil 2-də modelin kompleks cizgisi göstərilmişdir.

Model sahəsində cizgini çəkməyə başlamazdan əvvəl yeni fayl açmaq məsləhətdir. Bunun üçün komandalar menyusundan File > new və ya CTARL+N komandası işə salınır və asılmış Selec a template pencərəsindəki siyahıdan A3 formatı seçilib Open düyməsi sıxılır. Formatı ekranda görmək üçün komandalar sətrinə "Z" yazıb «Enter» düyməsi və sonra is"A" yazılıb «Enter» basılır.

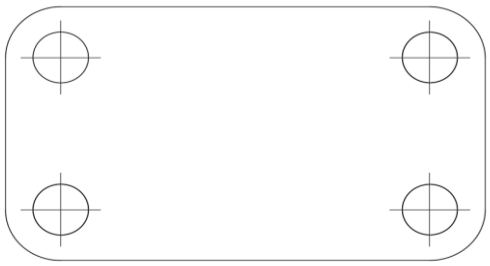
Ekranın açağısında Hal Sətrində bəzi nizamlama işləri aparılıb və burada yerləşən Workspace (İşçi sahə) pəncərəsindən 2d Drafting-Annotation seçməklə ekran 2d cizgilərinin çəkilməsində istifadə edilən komandalara sazlanır. Bununla da cizgilərin çəkilməsinə hazırlıq tədbirləri sona çatdırılır.

Line (Düz xətt) komandası işə salınaraq detalın baş görünüşü seçilib çəkilir. Detal bu görünüşdə simmetrik olduğuna görə, onun yarısı çəkilərək Mirror (Güzgü) əmri ilə mərkəz oxu ətrafında fırladılaraq tam çəkilmiş olur. Daxildə görünməyən kontur xətlərini göstərmək üçün detalın bu görünüşünün yarısı kəsilərək Hatch (Ştrix) əmri ilə ştrixlənir.

Eyni ilə proyeksiya əlaqələrini saxlamaqla detalın üst və sol görünüşləri Line (Düz xətt), Circle (Çevrə), Polyqon (Çoxbucaqlı), Mirror (Güzgü) və Fillet (Qovuşma) əmrləri ilə tam çəkilib sona çatdırılır. Lazım olan redaktə işləri aparıb ölçülər göstərilir (şəkil 2).



Şəkil 2. *Modelin kompleks cizgisi*



Şəkil 3. *Lazım olmayan elementlərin pozulması*

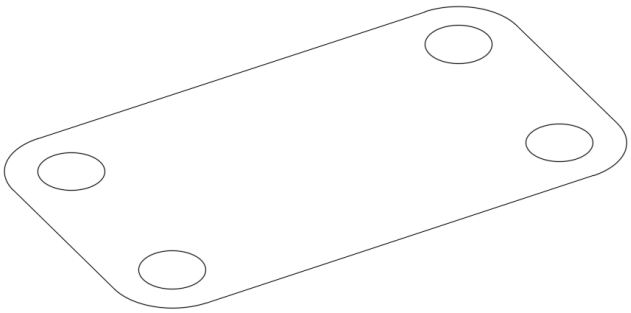
Yaradılmış üçölçülü modellər istər səth, istərsə də dolu bərk cisim modeli olsun, istənilən halda onların ekranda görünüşü sxematik olur. İndi isə aşağıda detalın 3D modelinin yaradılması ardıcıllığını nəzərdən keçirək. Bunun üçün hal sətrində yerləşən Workspace pəncərəsindən 3D modeling seçməklə ekrana 3D modelinin çəkilməsində istifadə edilən əmrlər gətirilir və hal sətrində bəzi nizamlama işlər aparılıb, 3D modelinin yaradılmasına hazırlıq işləri sona çatdırılır.Burada detalın əvvəlki cizgilərindən üst görünüş cizgisinin surəti ekrana gətirilir, lazım olmayan bəzi elementlər pozulur və şəkil 3-dəki kimi göstərilir.

Bu görünüşün şəkil 4-də izometrik fəza sistemi verilmişdir. Sonra Draw (Çəkmə) alətləri lövhəsindən Region (Ərazi) komandası aktivləşdirilir və bu cizgi tam seçilərək «Enter» düyməsi sıxılır. Nəticədə region olunmuş beş qapalı kontur yaradılmış olur.

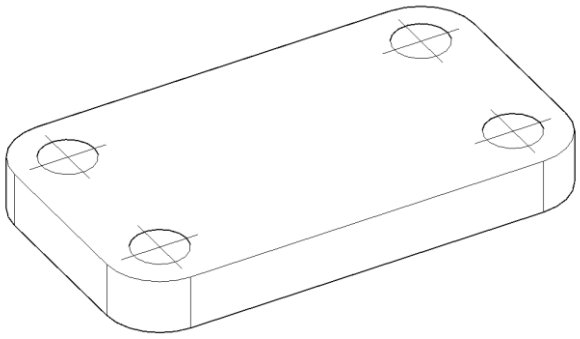
Bundan sonra Solid Editing (Bərk cisim redaktəsi) lövhəsindən Subtract (Çıxmaq) komandası aktivləşdirilir və verilmiş cizgidə xarici kontur xətti seçilib «Enter» düyməsi sıxılır, sonra isə verilmiş dörd kiçik çevrələr seçilərək «Enter» düyməsi sıxılır və bununla da hər bir çevrə olan yerlər deşilmiş olur.

AutoCAD proqramının köməyi ilə burada biz nəzərdə tutulmuş 3D modelini qurmaq üçün, bu modeli təşkil edən sadə həndəsi fiqurların qurulma alqoritmini nəzərdən keçirib yaxçı mənimsəməli

və onların kombinasiyası nəticəsində müxtəlif mürəkkəblikdə uçölçülü modelin yaradılmasını araşdırmalıyıq. Hal-hazırda verilmiş detalın alt hissəsinin 3D modelini yaratmaq üçün biz iki ölçülü sistemdən üç ölçülü fəza sisteminə keçirik. Bunun üçün View/3D Views/ SW Izometrik (/Görünüş/ 3D Görünüşləri /Cənub Qərb İzometrik/) aktivləşdirilib, şəkil 3-ki cizgi seçılır və bu cizgi şəkil 4-dəki vəziyyətini alır. Sonra Modeling (Modelləşdirmə) lövhəsindən- Exteude (Sıxıb-Dartma) əmri aktivləşdirilib şəkil 4-dəki cizgi seçilib klaviaturadan alt hissənin qalınlığı 15 daxil edilib «Enter» düyməsi sıxılır və bunulada bizim 3D modelinin alt hissəsi qurulmuş olur (şəkil 5).



Şəkil 4. *İzometrik fəza sistemi*

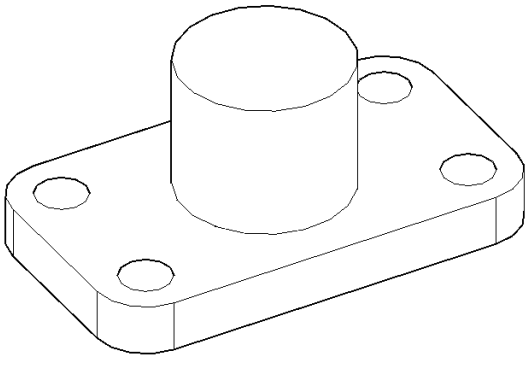


Şəkil 5. *3D modelinin alt hissəsi*

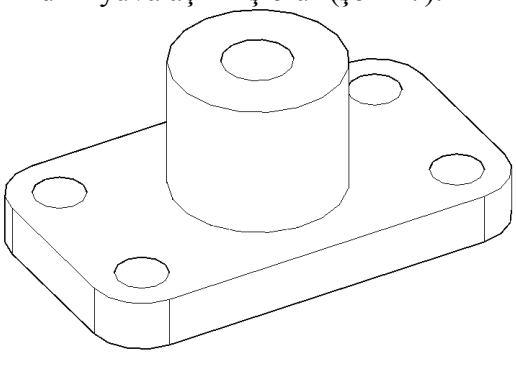
Bunun üzərində yerləşən silindr modelini qurmaq üçün isə Modeling lövhəsindən Cylinder (Silindr) aləti işə salınıb şəkil 5-də onun mərkəzi göstərilib və klaviaturadan silindrin radiusu olan 25 daxil edilir. Bundan sonra bu silindirin hündürlüyü 40 daxil edilib «Enter» düyməsi sıxılır. Bununla da modelin alt hissəsi üzərində Ø50mm və hündürlüyü 40mm olan silindr qurulmuş olur (şəkil 6).

Bu silindr ilə modelin oturacağını vahid bir detal kimi birləşdirmək üçün Solid Editing lövhəsindən Union (Birləşmə) əmri aktivləşdirilir. Bundan sonra hər iki hissə seçilərək «Enter» düyməsi basılır.

Modelin daxilində olan Ø20mm yuvanı yaratmaq üçün Modeling lövhəsindən silindr aləti işə salınır və şəkil 6-da onun mərkəzi göstərilib klaviaturadan 10 daxil edilib «Enter» düyməsi sıxılır və Mousune köməyi ilə aşağı istiqamət göstərilib klavilaturadan 60 daxil edilib «Enter» düyməsi basılır. Bundan sonra Solid Editing lövhəsindən Subtract əmri işə salınır və böyük silindir seçilərək «Enter» basılır, sonra isə daxilə çəkilmiş Ø20mm silindr seçilərək «Enter» düyməsi basılır. Bununla da böyük silindr daxilində və modelin oturacağın da Ø20mm-ik silindrik yuva açılmış olur (şəkil 7).



Şəkil 6. *Modelin alt hissəsi üzərində silindrin qurulması*

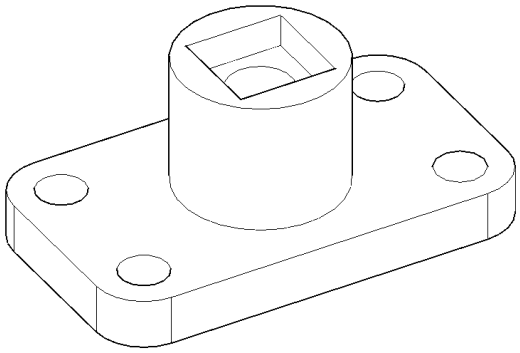


Şəkil 7. *Böyük slindrin daxilində silindrik yuvanın açılması*

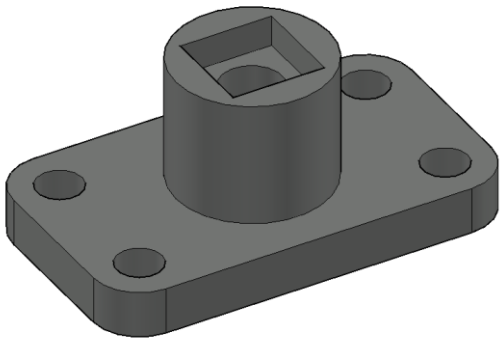
Şəkil 8-də Ø 50mm-ik silindrin daxilində 30x30 kvadrat və dərinliyi 10 mm olan yuvanın yaradılması göstərilmişdir. Bunun üçün silindrin üst oturacağında Poliqon (Çoxbucaqlı) və ya Rectangle (Düzbucaqlı) əmrlərinin köməyi ilə 30x30 ölçüdə düzbucaqlı çəkilir.

Bundan sonra Modeling löhəsindən Presspull (Sıxıb-sürüşdürmə) əmri işə salınıb silindirin üst oturacağında yerləşən bu düzbucaqlı seçilib «Enter» düyməsi sıxılır. Mousune köməyi ilə aşağı tərəfə istiqamət verərək klaviaturadan 10 yazaraq «Enter» düyməsi sıxılır. Silindrin daxilində yaradılmış 30x30x 10mm ölçülərdə yaradılmış paralelopiped Subtract əmri ilə çıxılaraq şəkil 8-ki 3D modeli tam yaradılmış olur.

Sonda ekranda View menyusundan Visual Style-Realistic rejimi seçilir. Render menyusundakı Materials (Materiallar) lövhəsindən yaradılmış 3D modelinə lazım olan material və ya rənglər seçilib tətbiq edilir (şəkil 9).



Şəkil 8. *3D modelinin tam cizgisi*



Şəkil 9. *Cizginin materialının və rənginin seçilməsi*

Nəticə. Beləliklə, layihələndirmə işlərinin avtomatlaşdırılması və sürətli inkişafı, ənənəvi üsulla çox vaxt və əmək sərf edən kulman arxasında əl ilə yaradılan layihələndirmədən böyük imkanlara malikdir. Burada işlərin sürətlə və keyfiyyətlə yerinə yetirilməsi, redaktə edilməsi, çoxaldılması, çertyojların bir yerdən başqa bir yerə müxtəlif üsullarla ötürülməsi, yaddaşda saxlanması, lazım gəldikdə təkrar istifadə olunmasıdır. Şərh etdiyimiz misalda bu özünü tamamilə doğruldur. Belə ki, bu üsulla yaradılan layihələr konstruktor sənədlərinin vahid standartı **(ESKD)** və beynəlxalq standartlaşdırma təşkilatının **(İSO)** tələblərinə tam cavab verir.

Ədəbiyyat

1. Qurbanov N.Ə., Nadirov U.M. Kompüter qrafikası. Bakı-2015,282 s.
2. Орлов А.И. AutoCAD 2015. Полное руководство. Издательство -(Питер), Санкт –Петербург -2015. -35с.
3. Həbibov İ.Ə., Məlikov R.X. Mühəndis qrafikası. Ali texniki məktəblər üçün dərslik.Bakı: ADNA, 2011, 165s.

Məqalə qəbul olunub: 20.04.23
Tövsiyə edib: dos. Ağarzayev B.K.

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBİ QAYDALARI

1. Əlyazma A4(210x297mm) formatlı, yuxarı və aşağıdan 25 mm, soldan və sağdan 20 mm boş yer saxlamaqla çap olunur. Əlyazmanın həcmi **8-10 səhifədən** çox olmamalıdır.
2. Hər bir məqalədə **UOT indekslər** və ya PACS tipli kodlar göstərilməlidir.
3. **Məqalə üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis** dillərində çap oluna bilər. **Məqalədə xülasə 3 dildə və 100-150 söz aralığında verilməlidir**. Müxtəlif dillərdə olan xülasələrin mətnləri eyni və məqalənin məzmununa uyğun olmalıdır. Açar sözlər üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis dillərində verilməlidir (5 sözdən az olmamaqla).
4. Məqalənin mətni azərbaycan dilində - latın, rus dilində - kiril, ingilis dilində - ingilis əlifbası ilə Times New Roman versiyasında 12 şrift ilə, bir intervalla yığılmalıdır.
5. Tənliklər və düsturlar mətndən bir boş sətirlə ayrılmalıdır.
6. Düsturları, ardıcıl olaraq, sətrin sağ tərəfində dairəvi mötərizələrdə yerləşdirilmiş ərəb rəqəmləri ilə nömrələmək lazımdır.
7. Simvolların və ədədi əmsalların izahı bilavasitə düsturun altında, onların düsturda rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir.
8. Məqalənin nəticələrində, elm sahəsinin və məqalənin xarakterinə uyğun olaraq, işin elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti, iqtisadi səmərəsi və alınan əsas nəticələr aydın şəkildə verilməlidir.
9. Məqalənin sonunda verilən ədəbiyyat siyahısı istinad olunan ədəbiyyatların mətndə rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir. Onlara istinad [1] və ya [1, s.119] kimi işarə olunmalıdır. Ədəbiyyat siyahısında son 5-10 ilin elmi məqalələrinə, monoqrafiyalarına və s. istinadlara üstünlük verilməlidir.
10. Məqalədə müəllif(lər)in işlədiyi müəssisə və onun ünvanı, müəllifin elektron poçt ünvanı göstərilməlidir.
11. Məqalənin sonunda məqaləni çapa tövsiyə edən müəssisənin elmi şurasının müvafiq iclas protokolunun nömrəsi və tarixi qeyd olunmalıdır.
12. Müəllif(lər) məqalənin çap olunması üçün yazılı surətdə razılıq verməlidir(lər).
13. Səhifələr vərəqin sağ tərəfdəki aşağı küncündə karandaşla nömrələnməlidir.
14. Əlyazmada aşağıdakı ardıcıllıq gözlənməlidir:
    - UOT indeks (qalın, 12 ölçü, böyük hərflərlə, məqalənin yuxarısında, sol hissədə abzasdan yazılmalı);
    - məqalənin adı (qalın, 12 olçü, böyük hərflərlə yazılmalı, UOT indeksilə məqalənin adı arasında iki interval buraxılmalıdır);
    - müəllif(lər)in soyadı, adı, atasının adı (qalın, 12 olçü, kiçik hərflərlə yazılmalı, məqalənin adı ilə müəllif(lər)in soyadı arasında bir interval buraxmalıdır);
    - təşkilatın adı, ünvanı, e-mail (12 olçü, kursiv, kiçik hərflərlə yazılmalı, müəllif(lər)in soyadı ilə təşkilatın adı, ünvanı, e-mail arasında bir interval buraxılmalıdır);
    - **Xülasə**
    - **Abstract**
    - **Аннотация**
    - **Açar sözlər**
    - **Key words**
    - **Ключевые слова**
    - **Giriş**
    - **Məsələnin qoyuluşu**
    - **Alınmış nəticələrin analizi**
    - **Nəticə**
    - **İstifadə olunmuş ədəbiyyat**
15. Əlyazmalar çap və elektron variantda təqdim olunur.

PREPARATION RULES ARTICLES

1. Handwriting is published leaving 20 mms space from right and left, 25 mms from top and bottom in A4 (210 x 297 mm) form. The volume of handwriting must not exceed **8 – 10 pages.**
2. In each article indexes of **UOT** and/or PACS types codes must be shown
3. **The article can be published in three languages: Azerbaijani, Russian and English.** The texts of abstracts in different languages must be the same and must conform to the content of the article. Key words must be given in three languages: Azerbaijani, Russian and English.
4. The texts of the article in Azerbaijani must be typed in Azerbaijani language in Latin, in Russian language in Cyrillic and in the English language in Latin alphabets with one interval, with the size of 12 in Times New Roman version.
5. Equations and formulae must be separated from the text by one empty line.
6. Formulae must be systematically numbered in Arabic figures given in round brackets on the right side of the page.
7. Explanation of symbols and literary coefficient must directly be given under the formulae with the succession they are met in the equations.
8. Scientific innovation and importance of the application, economic benefit of the work must be given in accordance with the character of the article and field of science in the summary of the article.
9. The list of literature given at the end of article must be given by succession as they are referred to in the article. The reference to them must be noted like [1] or (1, p.119). Advantage must be given to the references to the scientific articles, monographs of the last 5- 10 years in the literature list.
10. The place of work of the author(s), their addresses, and e – mail address must be shown in the article.
11. At the end of the article the number of the protocol of the appropriate meeting and date of scientific council of the institution advising the article for printing must be noted.
12. The author(s) must give written consent for the printing of the article.
13. The pages must be numbered by pencil in the right corner of the bottom of the paper.
14. The following succession must be observed.
    - UOT index (bold, size 12, big letters, on the top of the article, on the left side from the new line);
    - Title of the article (bold, size 12, big letters, Two-unit space must be between the title of the article and UOT index);
    - Surname and initials of the author(s), e-mail, name of the organization, its addresses must be in bold, size of 12, with the small letters. Two-unit space must be between the name of the article and the author(s)
    - Name of the organization and its address and e-mail must be in italics of 12 size in small letters. One-unit interval must be between the name of the article.
    - **Abstract**
    - **Key words**
    - **Introduction**
    - **Formulation of the issue**
    - **Analysis of the results achieved**
    - **Result**
    - **The literature used**
15. Handwritings must be presented and electronic version

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Рукопись печатается в формате А4 (210х297 мм), отступ сверху и снизу – 25 мм, слева и справа – 20 мм. Объём рукописи не должен превышать **8-10 страниц.**
2. В каждой статье должны быть указаны индексы **УДК или коды типа PACS**.
3. Статья может быть написана на одном из трёх языков: азербайджанском, русском или английском. Аннотация представляется на 3 языках. Тексты аннотации на этих языках должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть на трёх языках: азербайджанском, русском и английском (не менее 5 слов).
4. Текст статьи должен быть набран с интервалом 1, шрифтом 12 версии Times New Roman: на азербайджанском языке - латиницей, на русском - кириллицей, на английском - английским алфавитом.
5. Уравнения и формулы должны быть отделены от текста одной пустой строкой.
6. Уравнения необходимо последовательно нумеровать с правой стороны строки в круглых скобках.
7. Пояснения и числовые коэффициенты даются непосредственно под уравнением в той же последовательности, что и в уравнении.
8. В выводах статьи должны в ясной форме указаны соответствующие характеру статьи научная новизна работы, прикладное значение, экономическое значение.
9. В конце статьи необходимо указывать использованную литературу в той последовательности, в которой она встречается в статье. Ссылки на источники должны обозначаться как [1] или [1, с. 119]. В качестве использованной литературы нужно отдавать предпочтение источникам, опубликованным за последние 5-10 лет.
10. В статье необходимо указывать место работы автора (авторов), его адрес и адрес электронной почты.
11. В конце статьи необходимо указывать номер и дату заседания учёного совета предприятия, рекомендующего статью к печати.
12. Автор (авторы) должны в письменной форме дать согласие на публикацию.
13. Страницы должны быть пронумерованы карандашом с правой стороны внизу страницы.
14. В статье должна быть информация в следующем порядке:
    - Индекс УДК (жирно, размер 12, прописными буквами и набраны в левой части с абзаца).
    - Название статьи (жирно, размер 12, прописными буквами, между индексом УДК и названием статьи должно быть два интервала).
    - Фамилия и инициалы строчными буквами, жирно, размер 12. Между названием статьи и информацией об авторах должен быть пробел в один интервал.
    - Название организации, адрес, e-mail авторов строчными буквами, курсив, размер 12. Между фамилиями авторов и информацией о них должен быть пробел в один интервал. Статья должна иметь следующую структуру:
    - **Аннотация**
    - **Ключевые слова**
    - **Введение**
    - **Постановка задачи**
    - **Анализ полученных результатов**
    - **Выводы**
    - **Литература**
15. Статьи необходимо представлять в печатюм и в электронной версии.

Yığılmağa verilib: 07.06.23. Çapa imzalanıb 21.06.23.
Format 60x84 1/8. F.ç.v.15,5. Sifarış №19
Kağız əla növ. Tiraj 60 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ-nin mətbəəsi