“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

№2

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.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov
(məsul katib)

Bölmələr üzrə redaktorlar:

1. Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası: *t.e.d., prof. A.T. Məmmədov;*
t.ü.f.d., dos. İ.A. Xankişiyev

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

Abbasova H.M., Sazonova N.S. Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalarda nəzəri dəqiqlik modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi..... 5

Джафарова А.А., Джафаров Ф.Ф., Джафарли Ф.Ф. Влияние схемы прессование на деформационно – напряженное состояние уплотнителей типа втулок..... 13

Джафарова С.А., Рустамов Р.Д. Определение оптимального состава смеси углекислого газа с кислородом при полуавтоматической сварке судовых конструкций..... 25

Фатьянова Н.В. Методы получения и применения нанонаполнителей в производстве судовых ЛКМ..... 30

İsmayılov N.Ş., Xankişiyev İ.A., Məmmədov E.D., Orucov F.S., İsmayılov A.R. Silindr oymaqlarında kavitasiya aşınmalarının stend sınaqları..... 36

Məmmədov A.T., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç., Quliyev F.T. "Baku Steel Company" MMC-də yeni fasiləsiz tökmə maşınının quraşdırılması və tökülən pəstahların keyfiyyətinin yüksəldilməsi..... 43

Rəhimov C.R. Multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzinin təşkilati-funksional strukturunun modelləşdirilməsi..... 49

Yusubov N.D., Богатенков С.А., Dadaşov R.Y., Əzizli Z.M. RPİ dəzgahlarında emal keyfiyyəti və məhsuldarlığın yüksəldilməsinin araşdırılması..... 58

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

Аралбаева М.К. Исследования и разработка установки для определения центра тяжести портовых перегрузочных машин..... 66

Abbasov E.O., Rüstəmov Z.Ə. Dayazlıq naviqasiya təhlükəsi: yaranma ehtimalının bəzi qanunauyğunluqlarının tədqiqi 69

Akhundov E.F., Amirbayov A.H. Research methods for optimization flow regimes in pipeline systems..... 74

Korshunova T.E., Gorchakova S.A. Importance of the discipline "Material science" in education of marine engineers 78

Набиев Г.Н., Гонагов М.Н., Халилов А.Н. Влияние ветра на управляемость судна..... 82

Сличёнок М.Ю. Модель управления многонациональными экипажами..... 86

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P., Qocayeva A.B. Obyektlərin idarə edilməsi üçün məntiqi tənzimləyicinin sintezi və tədqiqi..... 91

Səlimova A.K., Sultanov E.F., İsmayılov S.S. Cərəyan invertoru əsasında qurulmuş tezlik çeviricilərinin avar elektrik qurğularında tətbiqinin təhlili..... 97

Sultanov E.F., Məmmədov E.M., Əlicanov R.R. Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorlarının tətbiqinin analizi..... 104

Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Əlicanov R.R. Günəş panelləri və onların gəmilərdə tətbiqinin araşdırılması..... 110

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

Həsənov Y.N. Kütlənin ölçülməsi və fundamental fiziki sabitlər..... 119

Kərimov H.Q. Pambıqtəmizləyicilərdə kolosniklərin texnoloji xarakteristikalarının differensial qiymətləndirilməsi..... 125

Mirzəyeva G.R., Mirzəyev A.R., Allahyarova N.Z. Müxtəlif kibertəhlükəsizlik kodları ilə kibertəhdidlərə qarşı güclü təhlükəsizliyin təmin edilməsi..... 130

Məmmədova K.A., Nəsibzadə Z., Əliyeva A.A. Beş sərbəstlik dərəcəsinə malik robot qolunun modelləşdirilməsi və matlab mühitində idarə edilməsi..... 135

Zərbəliyeva S.M. Sənaye ekologiyası – Azərbaycanda su obyektlərinin mühafizəsi problemi 143

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY

Abbasova H.M., Sazonova N.S. Assessing the adequacy of a theoretical accuracy model in multi-instrument multi-support setups……..... 5

Jafarova A.A., Jafarov F.F., Jafarli F.F. The influence of the pressing scheme of hollow-type fasteners on their stress-strain state……..... 13

Jafarova S.A., Rustamov R.D. Determination of the optimal composition of the mixture of carbon dioxide and oxygen during semi-automatic welding of ship structures……..... 25

Fatyanova N.V. Methods of obtaining and applying nanofillers in the production of ship LCM 30

Ismayilov N.Sh., Khankishiyev I.A., Mammadov E.D., Orujov F.S., Ismayilov A.R. Bench tests of cavitation wear in cylinder bores……..... 36

Mammadov A.T., Ismayilov N.Sh., Huseynov M.Ch., Guliyev F.T. Installation of a new continuous casting machine at "Baku Steel Company" LLC and improvement of the quality of cast pieces……..... 43

Rahimov C.R. Modeling of the organizational-functional structure of the multimodal logistics transport-distributioncenter……..... 49

Yusubov N.D., Bogatenkov S.A., Dadashov R.Y., Azizli Z.M. Investigating the improvement of machining quality and productivity in RPI machines……..... 58

OPERATION OF SHIPPING AND WATER TRANSPORTATION

Aralbaeva M.K. Research and development of an installation for determining the center of gravity of port handling machines……... 66

Abbasov E.O., Rustamov Z.A. Shallow navigation hazard: An investigation of some regularities of probability of occurrence……..... 69

Akhundov E.F., Amirbayov A.H. Research methods for optimization flow regimes in pipeline systems..... 74

Korshunova T.E., Gorchakova S.A. Importance of the discipline "aterial science" in education of marine engineers ……..... 78

Nabiyev H.N., Gonagov M.N., Khalilov A.H. Effect of wind on ship handling……..... 82

Сличёнок М.Ю. Model of management of multinational crews……..... 86

SHIPPING TECHNOLOGY

Farhadov V.G., Bayramova I.P., Gocayeva A.B. Synthesis and study of a logic controller for object management…….. 91

Sultanov E.F., Ismayilov S.S. Analysis of the application of frequency converters based on the current inverter in paddle electric devices……..... 97

Mammadov E.M., Alijanov R.R. Analysis of the application of compensating voltage stabilizers in shipboard electronic equipment and devices……. 104

Sultanov E.F., Ismayilov S.S., Alijanov R.R. Investigating solar panels and their application in ships..... 110

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION

Hasanov Y.N. Measurement of mass and fundamental physical constants……..... 119

Karimov H.G. Differential evaluation of the technological characteristics of colosniks in cotton gins……..… 125

Mirzayeva G.R., Mirzayev A.R., Allahyarova N.Z. Providing strong security against cyber threats with various cyber security codes……..... 130

Mammadova K.A., Nasibzadeh Z., Aliyeva A.A. Modeling and Controlling a Robot Arm with Five Degrees of Freedom in Matlab Environment..... 135

Zarbaliyeva S.M. Industrial ecology - the problem of protection of water bodies in Azerbaijan 143

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT 621.941.01

ÇOXALƏTLİ ÇOXSUPPORTLU SAZLAMALARDA NƏZƏRİ DƏQİQLİK MODELİNİN ADEKVATLIĞININ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

[1]Abbasova H.M., [2]Sazonova N.S.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti,
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
[2]Cənubi Ural Dövlət Universiteti
Rusiya, Çelyabinsk şəh., Lenin pr., 76
E-mail: abbasova.heyran@aztu.edu.az, 16nata@yandex.ru

Xülasə. *Məqalədə müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahlarında çoxalətli ikisupportlu sazlamalar zamanı yerinə yetirilən ölçülərin təhrif olunmasının tamfaktorolu matris modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi məqsədilə aparılmış eksperimentlərin nəticələri şərh olunmuşdur. Eksperimental məlumatların emalı nəticələri Styudent kriteriyası və Romanovski kriteriyası üzrə qiymətləndirməklə riyazi statistika metodları ilə həyata keçirilmişdir. Riyazi modellərin ədədi analizi kompüterdə Maple 2016 "Tətbiqi Proqramlar Paketinin" köməyi ilə yerinə yetirilmişdir. Ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelinin real prosesə adekvatlığının yoxlanılması üçün aparılmış araşdırma, bu qiymətlərin lazımı qədər yaxın olduqlarını göstərmişdir. Nəticədə, bir daha qeyd edilmişdir ki, tamfaktorlu matris modeli əsas texnoloji və konstruktiv amillərin təsirini ehtiva edir və dəqiqlik modeli əməliyyatların layihələndirilməsi üçün istifadə edilə bilər.*

Abstract. *The article reflects the results of the experiments carried out for the purpose of evaluating the adequacy of the full-factor matrix model of the distortion of dimensions performed in multi-tool two-carriage adjustments on modern multi-purpose CNC machines. Experimental data processing results were evaluated by Student's criterion and Romanovsky's criterion using mathematical statistical methods. Numerical analysis of mathematical models was performed on a computer with the help of Maple 2016 "Application Software Package". A study conducted to verify the adequacy of the theoretical full-factor model of measurement distortion to the real process showed that these values are close enough. As a result, it was once again noted that the full-factor matrix model includes the influence of the main technological and structural factors, and the accuracy model can be used to design operations.*

Аннотация. *В статье отражены результаты экспериментов, проведенных с целью оценки адекватности полнофакторной матричной модели искажения размеров, выполняемых в многоинструментных двухсуппортных наладках на современных многоцелевых станках с ЧПУ. Результаты обработки экспериментальных данных оценивали по критерию Стьюдента и Романовского с использованием методов математической статистики. Численный анализ математических моделей выполнен на компьютере с помощью «Пакет прикладных программ» Maple 2016. Исследование, проведенное для проверки адекватности теоретической полнофакторной модели искажения размеров реальному процессу, показало, что эти значения достаточно близки. В результате, еще раз было отмечено, что полнофакторная матричная модель включает влияние основных технологических и конструктивных факторов, и модель точности может быть использована для проектирования операций.*

Açar sözlər: *çoxalətli çoxsupportlu sazlamalar, dəqiqlik modeli, ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modeli, dəqiqlik modelinin adekvatlığı*

Key words: *multi-tool multi-carriage setups, accuracy model, a theoretical full-factor model of distortion of dimensions, adequacy of the accuracy model*

Ключевые слова: *многоинструментные многосуппортные наладки, точностная модель, теоретическая полнофакторная модель искажения размеров, адекватность точностной модели*

Giriş. Çoxməqsədli rəqəmli proqramla idarə edilən (RPİ) dəzgahları yüksək səviyyəli avtomatlaşdırmaya və geniş texnoloji imkanlara malikdir. Buna görə də çoxalətli emalın yeni nəsil RPİ çoxməqsədli dəzgahlarında tətbiqi daha səmərəlidir. Belə ki, müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahları alətin avtomatik dəyişilməsilə bir yerləşmədə çoxlu sayda səthin eyni zamanda emalına imkan verən avtomatlaşdırılmış RPİ dəzgahlarıdır və istehsalatda geniş tətbiq edilirlər. Eləcə də, müasir metal emalı sənayesinin qarşısında duran vacib məsələlərdən biri emal olunan hissələrin tələb olunan keyfiyyətinin və yüksək məhsuldarlığının təmin olunması üçün çoxalətli emalın optimal variantının seçilməsidir. Bu mənada çoxalətli emalın müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahlara tətbiqi maraq doğurur.

Hal-hazırda respublikamızın maşınqayırma sənayesində də yeni növ məhsulların istehsalatda mənimsənilməsi zamanı məmulun zəruri keyfiyyətini və rəqabətqabiliyyətliliyini təmin etməklə istehsalın səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün material, əmək, vaxt sərflərinin azaldılması və yüksək emal məhsuldarlığı məsələlərinin həlli yolları axtarılır. Belə məsələlərin həlli isə birbaşa mexaniki emal texnologiyasının təkmilləşdirilməsi və istehsal olunan məhsulun ölçü və həndəsi dəqiqliyinin sistematik yüksəldilməsi ilə əlaqəlidir. Bu baxımdan həm keçidlərin konsentrasiyası, həm də emalın dəqiqliyi ilə əlaqədar böyük texnoloji imkanlara malik müasir çoxsupportlu və çoxşpindelli RPİ çoxməqsədli dəzgahlarının belə müəssisələrin istehsalatında tətbiqinə ehtiyac yaranır. Bu avadanlıqlar üçün çoxalətli sazlamaların layihələndirilməsi və sazlamalar üçün kəsmə rejimlərinin təyini üzrə normativ tövsiyələrin olmaması isə müasir RPİ dəzgahlarının texnoloji imkanlarından həddindən artıq az səviyyədə istifadə olunmasına gətirib çıxarır.

Çoxalətli emalın layihələndirilməsinin hesablama nəzəriyyəsinin yaradılması zamanı A.A. Koşin [1] və N.D. Yusubov [2, 3, 4, 5], ilk növbədə, yerinə yetirilən ölçülərin təhrif edilməsi və onların səpələnmə sahələrinin modellərinin çoxalətli sazlamaların strukturunu (uzununa supportun və eninə supportun müxtəlif növ alətlərini, uzununa və eninə supportların eyni zamanda işləməsini və s.) nəzərə alan kompleks riyazi modellərinin işlənməsinin zəruri olduğunu göstərmişlər.

N.D. Yusubov müasir çoxşpindelli və çoxsupportlu RPİ dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin alətlərin əyri xətli trayektoriya üzrə hərəkət imkanları, eləcə də sazlamadakı alətlərin ixtiyari fəza yerləşməsi nəzərə alınmaqla sazlamadakı alətlərin qarşlıqlı qüvvə təsiri balansı əsasında qurulmalı olduğunu əsaslandırmış və müasir RPİ dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi üçün funksional idarəetmə səviyyəsinə qədər çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsini yaratmışdır. O, çoxalətli emalın təşkili üzrə müasir RPİ torna dəzgahları qrupunun texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla çoxalətli sazlamaların çoxfaktorlu sistematikasını - təsnifatını işləmiş, sonra isə çoxalətli sazlamaların yaradılmış təsnifatı əsasında yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyinin təhrif edilməsi və pəstah dəstlərinin emalı zamanı ölçülərin səpələnmə sahəsi modelindən ibarət kompleks matris modellərini işləmişdir. Burada ilk dəfə olaraq o, bütün koordinat oxları üzrə texnoloji sistemin elastikliyini nəzərə alınmış, sazlamanın alətlərinin ixtiyari fəza yerləşməsi mümkünlüyünü göstərmişdir [2, səh. 93; 6].

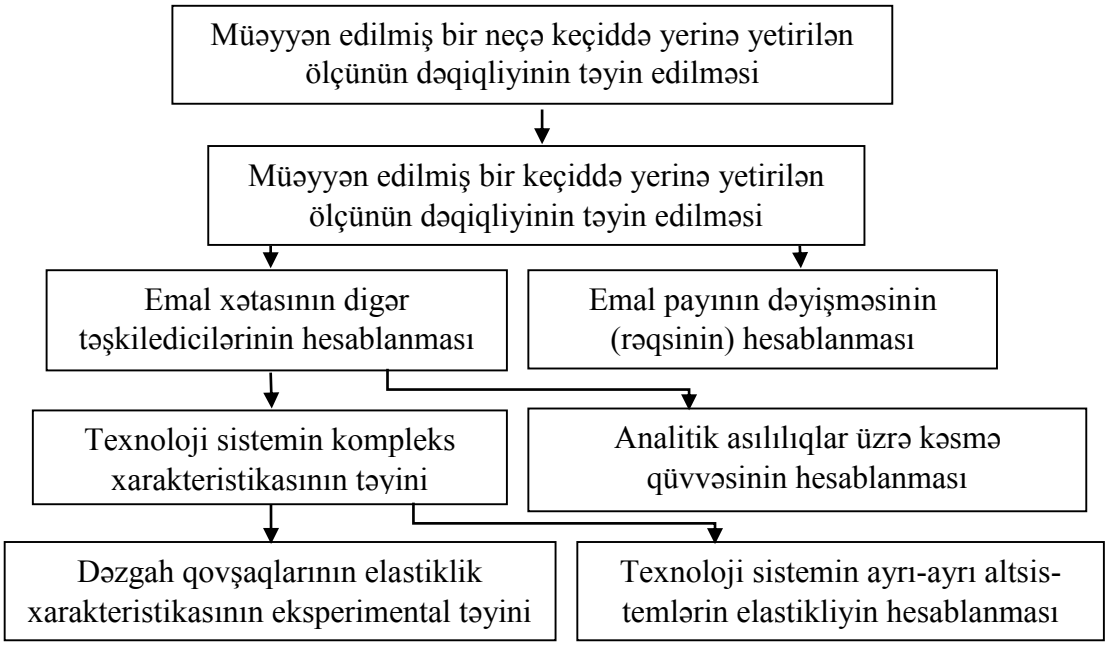
Araşdırma göstərmişdir ki, N.D. Yusubovun çoxalətli çoxsupportlu emalın dəqiqliyinin matris nəzəriyyəsi əsasında işlədiyi emal xətalarının əksər modelləri texnoloji sistemin altsistemlərinin düzxətli-paralel yerdəyişmələrini nəzərə alır. Emal xətalarının formalaşma prosesinə belə yanaşma qabarit ölçüləri bütün koordinat oxları boyunca eyni tərtibdə olan hissələr üçün buraxıla biləndir. Lakin praktikada torna əməliyyatı zamanı qabarit ölçüləri müxtəlif istiqamətlərdə kəskin fərqlənən hissələr də emal edilir. Məsələn, uzun vallar (xətti ölçüləri üstünlük təşkil edən), disk və flans (diametral ölçüləri üstünlük təşkil edən) tipli hissələr. Belə hallarda emal xətalarına əhəmiyyətli dərəcədə

mövcud vəziyyətdə emal edilən pəstahın dönmələri, xüsusilə də qabarit ölçülərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamətdə dönməsi də təsir edəcəkdir.

Dos. H.M.Abbasova tərəfindən çoxalətli ikisupportlu sazlamalarda yerinə yetirilən ölçülərin səpələnmə sahələrində texnoloji sistemin altsistemlərinin həm müstəvi-paralel yerdəyişmələrini, həm də baza nöqtələri ətrafında bucaq yerdəyişmələrini nəzərə alan tamfaktorolu matris modelləri işlənmişdir [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalar üçün işlənmiş ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri dəqiqlik modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi üçün müəyyən eksperiment və hesablamaların həyata keçirilməsi zəruridir.

Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalarda nəzəri dəqiqlik modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi üçün eksperimentlər. Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalar üçün işlənmiş ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modellərinin [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] adekvatlığının qiymətləndirilməsi üçün şəkil 1-də göstərilmiş bir neçə köməkçi eksperimental və hesablama məsələlərini həll etmək lazımdır.



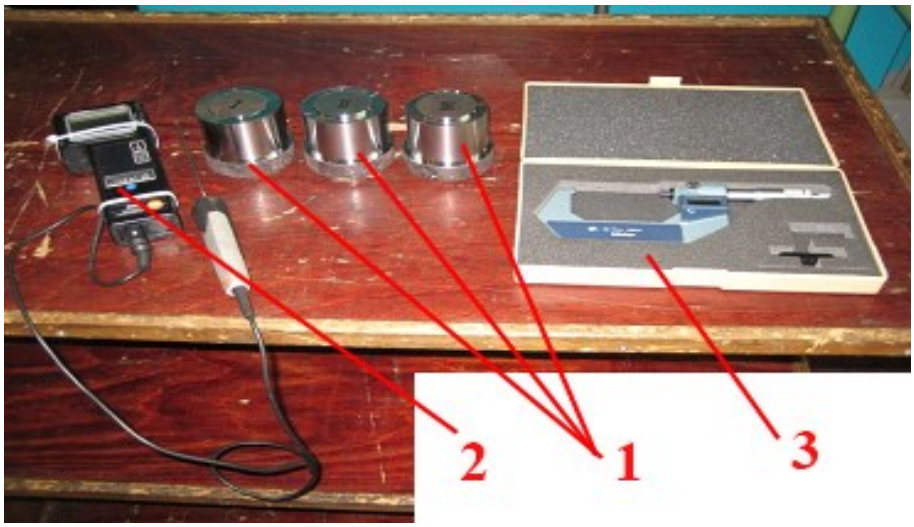
Şəkil 1. *Ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelinin təcrübi yoxlanılması sxemi*

Eksperimentlər INDEX V 160 RPİ torna dəzgahında torna emalı sxemi üzrə həyata keçirilmişdir (şəkil 2).

Müəyyən edilmiş bir və bir neçə keçiddə yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyinin təyin edilməsi üçün təcrübə zamanı 3 pəstah hazırlanmış və 1, 2, 3 rəqəmləri ilə nömrələnmişdir. Burada pəstahların diametrləri diametri 80 mm, materialları isə polad 45-dir. Sonradan isə bu pəstahların üçü də d=74,90 mm diametral ölçüsünə, son keçiddə t=0,5 mm olmaqla S=0,24m/dəq, v_c=200 m/dəq kəsmə rejimlərində emal olunmuş və müxtəlif temperaturlarda diametrləri ölçülmüşdür (şəkil 2, 3).



Şəkil 2. *Pəstah nümunələrinin emalı sxemi*



Şəkil 3. *Təcrübə zamanı istifadə olunan nümunə və ölçmə alətləri: 1 - 1,2,3 - pəstah nümunələri; 2 - Testoterm 9000 Typ K/J/Thermistor; 3 - Mitutoyo mikrometri*

Nəhayət 1-ci pəstahdan t=1 mm, 2-ci pəstahdan t=2 mm və 3-cü pəstahdan t=3 mm emal payı götürülməklə yuxarıda göstərilən kəsmə rejimləri ilə emal aparılmış, onların müxtəlif temperaturlarda xarici diametrləri ölçülmüşdür. Xarici diametrlərin ölçülməsi bir-birinə perpendikulyar iki istiqamətdə həyata keçirilmişdir. Təcrübələrin nəticələri cədvəl 1, 2, qrafik 1, 2 və 3-də verilmişdir.

Cədvəl 1

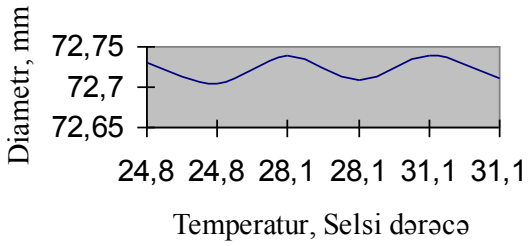
Müəyyən edilmiş bir və bir neçə keçiddə yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyinin təyin edilməsi üçün təcrübə nəticələri

1 nömrəli pəstah						
Emalın ilkin diametri, mm	Kəsmə rejimləri			Temperatur, Selsi dərəcə	Ölçmənin istiqaməti	Diametr, mm
	S, mm/dövr	V, m/dəq.	t, mm			
75	0,24	200	0,5	28,4	A-A	74,804
				28,4	B-B	74,78
				27,8	A-A	74,72
				27,8	B-B	74,719
74, 72			1	24,8	A-A	72,73
				24,8	B-B	72,705
				28,1	A-A	72,739
				28,1	B-B	72,709
				31,1	A-A	72,74
				31,1	B-B	72,71
2 nömrəli pəstah						
75	0,24	200	0,5	33,1	A-A	74,727
				33,1	B-B	74,723
74, 725			2	26,6	A-A	70,708
				26,6	B-B	70,683
				34,4	A-A	70,723
				34,4	B-B	70,691
3 nömrəli pəstah						
75	0,24	200	0,5	33,4	A-A	74,717
				33,4	B-B	74,714
74,716			3	27,3	A-A	68,692
				27,3	B-B	68,655
				38,6	A-A	68,702
				38,6	B-B	68,665

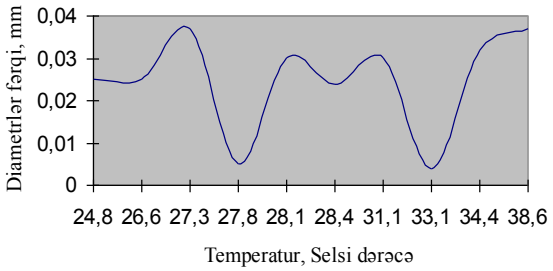
Cədvəl 2

Müəyyən edilmiş bir və bir neçə keçiddə yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyinin temperaturdan asılılığı

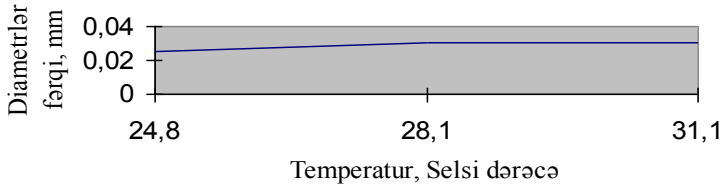
Temperatur	Diametr, A istiqamətində, mm	Diametr, B istiqamətində, mm	Orta diametr, mm	Diametrlər fərqi, mm
24,8	72,73	72,705	72,7175	0,025
26,6	70,708	70,683	70,6955	0,025
27,3	68,692	68,655	68,6735	0,037
27,8	74,724	74,719	74,7215	0,005
28,1	72,739	72,709	72,724	0,03
28,4	74,804	74,78	74,792	0,024
31,1	72,74	72,71	72,725	0,03
33,1	74,727	74,723	74,725	0,004
34,4	70,723	70,691	70,707	0,032
38,6	68,702	68,665	68,6835	0,037



Qrafik 1. *Pəstahın xarici diametrinin temperaturdan asılılığı*



Qrafik 2. *Diametrlər fərqinin temperaturdan asılılığı*



Qrafik 3. *1-ci pəstahın diametrlər fərqinin temperaturdan asılılığı*

Ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi. Ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelinin adekvatlığının qiymətləndirilməsi zamanı pəstahın yerləşdirilməsindən sonra pəstahın yerləşdirilmə xətasını və forma xətasını aradan qaldırmaq üçün onu müəyyən edilmiş 75 mm ölçüdə ilkin emal edirik. Bu isə öz növbəsində sonrakı emlda emal payının bərabərölçülülüyünü təmin edir. İlkin emalı böyük olmayan s verişi və t emal payı ilə yerinə yetiririk. Bundan sonra onun ölçüsünü mikrometr ilə ölçüb nəticəsini qeyd edirik. Asılılıqların adekvatlığının yoxlanılması üçün yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyinin nəzəri və eksperimental qiymətləri müqayisə edilmişdir. Analiz bu qiymətlərin lazımı qədər yaxın olduqlarını göstərmişdir (cədvəldə göstərilən və digər hallar üçün fərqlənmə 10%-i keçmir). Dəqiqlik modellərinin adekvatlığının yoxlanılması nəticəsi cədvəl 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3

Üst yonuş kəskisi ilə yonmada yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyinin hesablanmış və eksperimental qiymətlərinin tutuşdurulması (ilkin verilənlər: emal olunan material polad 45, σ = 630 *MPa*, kəsən alətin parametrləri: kəsən lövhə CNMG 120408 P04 4225 CoroKey: pəstahın dəqiqlik kvaliteti -12, kəsmə sürəti 200 m/dəq, veriş 0,24 mm/dövr)

Emalın ilkin diametri, mm	Kəsmə rejimləri			Yerinə yetirilən ölçünün dəqiqliyi		Fərq , %
	S, mm/dövr	V, m/dəq.	t, mm	Hesablama yolu ilə	Eksperiment yolu ilə	
				w	y	
1 nömrəli pəstah						
74,722	0,24	200	1	85	83	2,35
2-nömrəli pəstah						
74, 725	0,24	200	2	88	85	3,4
3 nömrəli pəstah						
74,716	0,24	200	3	102	96	5,8

Bütün təcrübi nəticələrin dağılması nəzərə alınaraq ortaq qiymətin təyini və onların Styudent kriteriyası üzrə nəzəri modelə uyğunluğu yoxlanılmışdır. Təcrübələrin zəruri təkrarlanma sayı Romanovski kriteriyası üzrə müəyyənləşdirilmişdir [14].

Nəzəri nəticələrin dürüstlüyü laboratoriya və istehsalat şəraitində eksperimentlərlə təsdiq edilmişdir. Təcrübə işləri müasir texniki vasitələrdən - qüvvə ölçən verici (Kraftmessung-Kraftmess-quarz Kistler Typ 9102 vorgespannt), yükləmə gücləndiricisi (Ladungsverstaerker Kistler Typ 5004), yerdəyişmə ölçən verici (Wegsensoren Solarton Typ AX/1/SH), ölçmə nəticələri gücləndiricisi (Messverstaerker HBM Typ MGCplus, Empfindlichkeit 100 *μm/V* oder 10 *μm/V*), siqnalqəbuledi-cidən (Signalaufnahme (National Instruments High Speed USD Carrier Typ Ni USD 9162, National Instruments Messkarte Typ Ni 9215, Filter: KEMO Typ VBF 8; Lowpass 10 Hz DC) və personal kompüterdən (Laptop HP Compaq nx 8220, Sofware: Ni LabView) istifadə etməklə aparılmışdır.

Nəticə.

1. Ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelinin real prosesə adekvatlığının yoxlanılması bu modelin kifayət qədər yaxınlaşma dərəcələrinin olduğunu göstərmişdir. Hesabi və eksperimental nəticələrin uyğunsuzluğu 10% -i keçmir, bu isə maşınqayırmada qəbul olunmuş 95 % etibarlıq ehtimalının səviyyəsinə uyğundur.
2. İkisupportlu sazlamalar üçün işlənmiş ölçülərin təhrif olunmasının nəzəri tamfaktorlu modelləri əsas texnoloji və konstruktiv amillərin təsirini əks etdirir və bu səbəbdən dəqiqlik tələbinin nəzərə alınması üzrə əməliyyatların layihələndirilməsi zamanı istifadə oluna bilər.
3. Tamfaktorlu matris modellərinin müəyyən edilmiş işləkliyi və nəzərə alınmış əhatə dairəsi onlardan çoxalətli ikisupportlu emalın idarəetmə modelinin əsasları kimi istifadə etməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Кошин, А. А. Теория точности и оптимизация многоинструментной токарной обработки: / диссертация доктора технических наук, специальность 05.02.08 – Технология машино-строения. −Челябинск, 1997. −290 с.

2. Юсубов, Н.Д. Повышение эффективности многоинструментной обработки на станках-автоматах токарной группы: / диссертация доктора технических наук, специальность 05.02.08 – Технология машиностроения. / −Баку, 2009. −424 с.
3. Юсубов, Н.Д. Многоинструментная обработка на станках - автоматах токарной группы (Матричная теория точности многоинстументной обработки на современных станках с ЧПУ токарной группы) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013, – 256 с.
4. Юсубов, Н. Д. Основы матричной теории точности многоинструментной токарной обработки (Принципы и структура теории, проектирования и управления процессами многоинструментной обработки) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: OmniScriptum GmbH & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 216 с.
5. Yusubov, N.D. Matrix Models of the accuracy in multitool two-support setup // – Moscow: Russian Engineering Research, – 2009. Volume 29, issue (3), – p. 268-271.
6. Кошин, А.А., Юсубов, Н.Д. Элементы матричной теории точности многоинструментной обработки в пространственных наладках // – Челябинск: Вестник машиностроения, – 2013. №9, – с. 13-17.
7. N.D.Yusubov, H.M. Abbasova. Çoxalətli emalın dəqiqliyinin ümumiləşdirilmiş bölümlü-matris modeli // – Bakı: Elmi Əsərlər, – 2018. №4, – s. 16-22.
8. Yusubov N.D., Abbasova H.M. Full-factor matrix model of accuracy of dimensions performed on multi-purpose CNC machines // – Moskow: *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science,* – 2021, 23(4), – p. 6-20.
9. Yusubov, N.D., Abbasova, H.M. Models for Machining Accuracy in Multi-Tool Adjustment // - Pekan, Pahang, Malaysia: International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME), – 2020. 17 (3), – p. 8067-8085.
10. Юсубов, Н.Д., Аббасова, Г.М. Управление обработкой при многоинструментной двухсуппортной наладке // – Москва: Вестник машиностроения, – 2020. №3, – с. 67-73.
11. Yusubov, N., Abbasova, H., Khankishiyev, İ. Entwicklung einer Projektierungstheorie für die Mehrwerkzeugbearbeitung mit den Möglichkeiten der modernen CNC-Werkzeugmaschinen // – Germany: Forschung im Ingenieurwesen, – 2021. No.85, – p. 661–678.
12. Yusubov, N.D., Movlazade, V.Z., Abbasova, H.M. Accuracy models of machining in multi-tool adjustments // The 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COİA 2022), – Baku, Azerbaijan: – 24-26, – 2022, –vol. II, – pp. 477-479.
13. Yusubov, N.D., Movlazade, V.Z., Abbasova, H.M. Research of sensitivity of full-factor models of scattering fields of dimensions performed in multi-tool machining // The 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COİA 2022), – Baku, Azerbaijan: – 24-26, – 2022, –vol. II, – pp. 480-482.
14. Справочник технолога – машиностроителя: [в 2 томах]. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – 5-е изд., исправл. – Москва: Машиностроение-1, – 2003. – 912 с.

Məqalə qəbul olunub: 15.09.23
Tövsiyə edib: prof. Yusubov N.D.

УДК: 621.762.4.8

ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ПРЕССОВАНИЕ НА ДЕФОРМАЦИОННО – НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УПЛОТНИТЕЛЕЙ ТИПА ВТУЛОК

[1]Джафарова А.А., [2]Джафаров Ф.Ф., [3]Джафарли Ф.Ф.

[1]Азербайджанский Технический Университет
AZ1073, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25
[2]Международный университет прикладных наук
Германия, Берлин, Франкфуртер Гарден, 73а
[3]Азербайджанский Университет архитектуры и строительства
AZ1073, г. Баку, ул. А.Султанова, 11
E-mail: afetceferova8@gmail.com, jafarovfarid3@gmail.com, jafarlyfj@gmail.com

Xülasə. *Elastiki-plastiki mühitə malik olan dəmir-çuqun ovuntu şixtəsinin sıxlaşdırılmasında gərginlik-deformasiya halına baxılmışdır. Bu halda plastiki möhkəmlənən mühitlə yanaşı elastiki mühitin də plastiki mühitlə müştərəkliyinə baxılır. Bu halda yükləmə səthlərinin rolu riyazi modelin alınmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir.*

Digər vacib aspekt kimi prespəstahın (kipləndiricinin) sıxlaşdırılmasının son mərhələsində gərginliklərin və məsaməliliyin paylanmasının hesablama metodları təklif olunmuşdur. Onların paylanmasının təyini üçün sxemlərin yeni variantları verilmişdir. Bir tərəfli, iki tərəfli, üzən matrisa və tərpənməz içliklə presləmə variantlarında prespəstahda gərginlik-deformasiya halı qiymətləndirilmişdir.

Abstract. *The stress-strain state during compaction of iron-iron powder mixtures consisting of an elastic-plastic medium is considered. At the same time, along with the elastic-plastic medium, the compatibility of elastic and plastic media is considered.*

As an important aspect, methods for calculating the distribution of stresses and porosity in the final stage of compaction of the compact (compactor) are proposed. New variants of schemes for determining their distribution are presented. An assessment was made of the stress-strain state of the pressing for the variants of one-sided, two-sided pressing, floating matrix and fixed rod.

Аннотация. *Рассмотрено напряженно-деформированное состояние при уплотнении железочугунных порошковых шихт, состоящих из упруго-пластичной среды. При этом, наряду с упруго-пластичной средой рассматривается совместимость упругой и пластической сред.*

В качестве важного аспекта предлагаются методы расчета распределения напряжений и пористости в конечном этапе уплотнения прессовки (уплотнителя). Представлены новые варианты схем для определения их распределения. Произведена оценка напряженно-деформированного состояния прессовки при вариантах одностороннего, двустороннего прессований, плавающей матрицы и неподвижного стержня.

Aşar sözlər: *kipləndirici, gərginlik-deformasiya halı, presləmə sxemi, tenzor, deviator, məsaməlik, tenzorun komponentləri*

Key words: *compactor, stress-strain state, pressing scheme, tensor, stress deviator, porosity, tensor components*

Ключевые слова: *уплотнитель, напряженно-деформированное состояние, схема прессования, тензор, девиатор напряжения, пористость, компоненты тензора*

Введение. Широкое применение нашли методы холодного прессования с взаимным смещением пресс-элементов. Определенный тип движения пресс-элементов определяет схему

прессования. С теоретической точки зрения, влияние схемы прессования на распределение основных характеристик в объеме полученных изделий изучено недостаточно. При холодном прессовании современные методы исследования напряжений и плотностей [1-4] предоставляют возможность наглядно учесть схему прессования.

1. Исследование влияния схемы прессования на напряженно-деформированное состояние осесимметричных уплотнителей.

В статье предложена механическая модель (основные уравнения, граничные условия), которая позволяет наглядно рассмотреть влияние схемы прессования на распределение напряжения и пористости в объеме изделия и поведение металлического порошка в условиях холодного прессования в закрытой пресс-форме.

Предположим, что поведение уплотняемого металлического порошка может быть записано в рамках представлений механической сплошной среды. В таком случае, принимаются нижеуказанные условия:

В момент всего времени – материал изотропен;

Отсутствуют эффекты, приводящие к асимметрии тензора напряжений при деформации, реологические свойства материала могут быть записаны в локальной форме соотношениями между характеристиками состояния среды.

Во всех последующих представлениях инерционные эффекты можно не учитывать.

Первые три условия основаны на их использовании в механике конструкций и жидких сред [5, 6]. Последнее характерно для процесса холодного прессования, в случае, когда скорость приложения нагрузки невелика.

Основа используемой нами среды основана на экспериментально обоснованном предположении, что формуемый материал в указанных условиях является пластически прочным. Прочность материала обуславливается как прочность материала порошка, так и изменение пористости.

Представлено достаточно обоснованное предположение, что оба фактора прочности при монотонной нагрузке однозначно связаны друг с другом. При этом, в текущий момент деформации, значение пористости принимается как единственный параметр упрочнения.

Из общих представлений механики пластически-упрочняемого тела видно, что в этом случае между компонентами тензора напряжений и пористостью существует соотношение называемое – условием последующего упрочнения [7]. Это условие основано на гипотезе о изотропности материала, тензорном инварианте и девиаторе напряжения и принимает следующий вид:

$$f\,(q_1,\ q_2,\ \theta)=0, \tag{1}$$

$$q_1=\sigma_{ij}\ \delta_{ij} \tag{2}$$

$$g_2^2=\left(\sigma_{ij}-\frac{1}{3}q_1\delta_{ij}\right)\left(\sigma_{ij}-\frac{1}{3}q_1\delta_{ij}\right), \tag{3}$$

где σ_{ij} – тензор напряжений, θ - пористость.

Анализ литературных данных о механических свойствах металлического порошка и способах их записи показывает, что в данном пространстве тензора напряжений функция f соответствует поверхности нагрузки, которая является выпуклой, замкнутой и гладкой или же может иметь характеристику реберного типа. В последнем случае деформация происходит на кусочно-гладкой поверхности ребра, что аналитически выражается выполнением этих двух условий.

$$\varphi\,(q_1,q_2,\ \theta)=0\ ;\quad \psi\,(q_1,q_2,\ \theta)=0, \tag{4}$$

где φ и ψ – являются гладкими функциями своих аргументов.

В этом разделе будут рассмотрены схемы прессования осесимметричных изделий. В связи с этим, все данные записываются для состояния осесимметричного случая в цилиндрических координатах. Напряженно-деформированное состояние рассматривается в текущий момент деформации, в результате которого целесообразно использовать представление Эйлера.

Запишем главную систему уравнений в общем состоянии:

Уравнение равновесия

$$\frac{d\sigma_z}{d_z}+\frac{d\tau_{rz}}{d_r}+\frac{\tau_{rz}}{r}=0\,, \tag{5}$$

$$\frac{d\sigma_r}{d_r}+\frac{d\tau_{rz}}{d_z}+\frac{\sigma_r-\sigma_\varphi}{r}=0; \tag{6}$$

Уравнение неразрывности

$$\frac{d\upsilon_z}{d_z}+\frac{d\upsilon_r}{d_r}+\frac{\upsilon_r}{r}=-\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt}\ . \tag{7}$$

Геометрические соотношения определяющие компоненты тензоров скоростей деформаций:

$$l_r=\frac{d\upsilon_r}{d_r}, \tag{8}$$

$$l_z=\frac{d\upsilon_z}{d_z}, \tag{9}$$

$$l_\varphi=\frac{\upsilon_r}{r}, \tag{10}$$

$$2l_{rz}=\frac{d\upsilon_z}{d_r}+\frac{d\upsilon_r}{d_z}\,. \tag{11}$$

Связь между пористостью и плотностью [8,9]:

$$\rho=\rho_k\left(1-\theta\right), \tag{12}$$

где ρ_k – плотность материала порошка.

К системе уравнений, записанных в состоянии поверхности гладкой нагрузки, добавляется уравнение (5) а к системе кусочно-гладких уравнений – уравнение (6).

Скорости деформации связаны с ассоциированными соотношениями закона и напряжений, которые для нагрузки гладкой поверхности принимают следующий вид:

$$l_{ij}=\dot{\mu}\frac{df}{d\sigma_{ij}}, \tag{13}$$

где l_{ij} – тензор скоростей деформаций, для кусочно-гладкой поверхности приобретает следующий вид:

$$l_{ij}=\dot{\nu}\frac{d\varphi}{d\sigma_{ij}}+\dot{x}\frac{d\psi}{d\sigma_{ij}}, \tag{14}$$

здесь $\dot{\mu}, \dot{\nu}, \dot{x}$ – ударения Лагранжа.

Уравнения приводят к двум группам соотношений в форме координат, т.е., для обоих видов поверхности нагрузки одинаковые девиаторы напряжений и осевые соотношения скоростей деформаций.

$$\frac{\sigma_z - \frac{1}{3}q_1}{e_z - \frac{1}{3}e} = \frac{\sigma_r - \frac{1}{3}q_1}{e_r - \frac{1}{3}e}, \tag{15}$$

$$\frac{\sigma_r - \frac{1}{3}q_1}{e_r - \frac{1}{3}e} = \frac{\sigma_\varphi - \frac{1}{3}q_1}{e_\varphi - \frac{1}{3}e}, \tag{16}$$

$$\frac{\sigma_r - \frac{1}{3}q_1}{e_r - \frac{1}{3}e} = \frac{\tau_{rz}}{e_{rz}}, \tag{17}$$

а также в состоянии гладкой поверхности приводит к скалярному равенству:

$$\frac{1}{3}e\frac{\partial f}{\partial q_2} = \gamma\frac{\partial f}{\partial q_1}, \tag{18}$$

здесь

$$e_{ij}\delta_{ij} = e; \quad \gamma^2 = \left(e_{ij} - \frac{1}{3}e\delta_{ij}\right)\left(e_{ij} - \frac{1}{3}e\delta_{ij}\right). \tag{19}$$

Дальнейшее уточнение механической модели связано с явным внешним видом функции f в состоянии нагрузки гладкой поверхности и функций φ и ψ в состоянии нагрузки кусочно-гладкой поверхности. Однако специфика механических свойств порошковых и пористых сред вызывает значительные затруднения при реализации экспериментальной программы по определению внешнего вида данных функций. На следующем этапе показан способ решения задачи, освобожденный от необходимости конкретной проблемы обновления поверхности и требующий значения зависимостей осевого и бокового давлений, зависящих от функции пористости [8].

Для постановки и решения конкретных вопросов в рамках приведенной модели необходимо определить тип граничных условий. Эти условия должны отражать характер взаимодействия внутренней поверхности пресс-элемента с поверхностью прессуемого тела, а также геометрические характеристики последнего. Определим тип этих условий для уплотнителя с внутренним радиусом a, внешним радиусом b и конечной высотой h.

Приняв за основу системы координат нижнюю плоскость пуансона (z=0) и при этом как недеформируемую плоскость получим:

$$u_z\big|_{z=0} = 0 \tag{20}$$

естественно, плоскость верхнего пуансона $z=h$, принимаем как недеформируемую. Так как, в верхнем пуансоне нет изгиба, тогда получаем следующее равенство:

$$\left.\frac{d_{uz}}{d_r}\right|_{z=h} = 0 \tag{21}$$

Кроме того, предположим, что матрица и боковые поверхности втулки не деформируются. Это предположение основано на том, что деформация этих элементов является эластичной и поэтому их величина очень мала по сравнению с осевой деформацией. Согласно сказанному, имеет равенство:

$$u_r\big|_{r=a} = u_r\big|_{r=b} = 0 \tag{22}$$

Боковые поверхности внешней матрицы (r=b) и внутреннего стержня (r=a) являются поверхностями трения. Примем закон внешнего трения в виде подвесок и на боковых поверхностях запишем как:

$$\left|\tau_{rz}\right\|_{r=a} = -\lambda\sigma_r\big|_{r=a}; \tag{23}$$

$$|\tau_{rz}||r = b = \lambda\sigma_r|r = b. \tag{24}$$

здесь λ – стенка матрицы порошка и коэффициент внешнего трения со втулкой.

Принятые на практике схемы прессования характеризуются внешним взаимным перемещением элементов пресс-формы [9]. Учитывается конкретный закон взаимного перемещения пресс-элементов (23) и позволяет уточнение вида соотношений (24).

Рассмотрим также законы движения, при которых перемещения обоих рассматриваемых пресс-элементов одинаково направлены с верхним пуансоном и превышают по абсолютной величине перемещения последнего [9].

Затем рассмотрим площадь перемещения на границе поверхности матрицы – прессуемого тела. Предположим, что перемещение верхнего пуансона ω_1 и матрицы ω_2 равны.

Согласно предположениям:

$$\left|\omega_2\right| \le \left|\omega_1\right|. \tag{25}$$

Только $u_z\big|_{r=b}$ составляющая функции z является на этой границе единственным компонентом перемещения не равным нулю, который в нижнем пуансоне будет варьироваться от нуля до ω_1, а в верхнем пуансоне непрерывно меняться. Ввиду отсутствия больших градиентов рассматриваемой величины $u_z\big|_{r=b}$ составляющей z и целостности разрушения, которые характерны для процесса прессования при значительных скоростях нагрузки – эту функцию, естественно, считать монотонной.

Итого, $u_z\big|_{r=b}$ – монотонная непрерывная функция, которая меняется в нижеследующих пределах:

$$0 \le \left|u_z\big|_{r=b}\right| \le \left|\omega_1\right|. \tag{26}$$

По теореме о промежуточном значении, значение z_b в интервале [0, h] будет найдено таким образом: $U_z\big|_{r=b}(z_b) = \omega_2$.

Координата z_b делит образующуюся матрицу на две части: o≤ z<z_b və z_b<z<h.

Согласно (25) в первой части получается неравенство:

$$0 \le \left|u_z\big|_{r=b}\right| \le \left|\omega_2\right|. \quad \text{при } 0 \le z < z_b,$$

во второй части:

$$\left|u_z\big|_{r=b}\right| \ge \left|\omega_2\right|. \quad \text{при } z_b < z < h.$$

Это неравенство выражает следующий факт: при $0 \le z < z_b$ – порошок движется медленнее внешней матрицы, а при $z_b < z < h$ – быстрее.

Полное аналогическое рассуждение справедливо и в соотношении внутренней втулки. На поверхности втулки обозначим соответствующие точки с помощью z_a.

Интерпретация свойств кинематического поля на поверхностях трения имеет наглядный результат. Посмотрим на часть поверхности порошка, оно движется быстрее матрицы. При этом трение о стенку матрицы этой части поверхности порошка препятствует ее движению в направлении верхнего пуансона. Здесь тангенциальная сила противоположна движению верхнего пуансона. Для части поверхности, медленно передвигающейся от боковых стенок, внешнее трение поможет движению порошка. Тангенциальная сила будет противоположна относительно значению выше рассмотренного случая.

Согласно уравнениям (23), (24) граничные условия можно уточнить следующим образом:

$$\tau_{rz}|r_b = \begin{cases} -\lambda\sigma_r|r=b & z_b < z < h - da; \\ 0 & z = z_b - da; \\ \lambda\sigma_r|r=b & 0 \le z \le z_b - da; \end{cases} \tag{27}$$

$$\tau_{rz}|r_a = \begin{cases} -\lambda\sigma_r|r=a & z_a < z < h - da; \\ 0 & z = z_a - da; \\ \lambda\sigma_r|r=a & 0 \le z \le z_a - da. \end{cases} \tag{28}$$

Метод назначений (15), (16) граничных условий включает в себя два независимых параметра – za, zb. Выше было выяснено, что эти два параметра характеризуют закон движения боковых пресс-элементов. В тоже время, законы движения определяют схему прессования [9], [10]. Таким образом, предлагаемый метод нахождения граничных условий учитывает схему прессования.

Кроме указанных граничных условий к уплотняемому порошку необходимо приложить условие взаимодействия пресса. В случае прессования, из-за давления таким условием будет равенство среднего напряжения, приложенного в верхнем пуансоне.

$$\frac{2}{b^2 - a^2}\int_a^b \sigma_z\big|_{z=h} r dr = \mathrm{P} \tag{29}$$

Если прессование осуществляется до опоры, то величина перемещения верхнего пуансона должна приравниваться величине перемещения верхнего слоя порошка:

$$U_z\big|_{z=h} = \omega_1 \tag{30}$$

Задание условий формул (29) и (30) требует знания величин P и ω_1. В практических условиях эти величины неизвестны и должны определяться из вышеуказанного предела. Окончательный результат процесса характеризуется формулой:

$$\theta_{or} = \frac{2}{h\left(b^2 - a^2\right)}\int_0^h \int_a^b \theta r dr dz, \tag{31}$$

где θ_{or} – среднее значение пористости после прессования.

Решив основные уравнения (13)–(19) в условиях (20)–(22), (23), (24), (26) и таким образом определяя распределение всех неизвестных величин, включая σ_z и u_z, можно найти значения P и ω_1.

На основе сказанного можно подтвердить, что если решена вышеуказанная математическая задача, то одновременно решена и следующая технологическая проблема: по указанной схеме нужно определить окончательное заданное средней пористости прессуемого изделия и по размерам необходимая сила прессования, движение пуансона, а также распределение остаточной пористости.

Указанный метод исследования можно легко применить к осесимметричным уплотнителям имеющие переходы по высоте. В этом случае, надо поставить граничные условия перед поверхностными частями параллельными основе (22), поверхностью основы (13), (21). Боковые поверхности необходимо охарактеризовать как рассмотренные вышеуказанные условия (22), (23).

2. Методы расчета распределения напряжений и пористости в уплотнителях.

В холодном прессовании металлических порошков основной характеристикой прессуемого изделия является средняя плотность объема брикета, распределение пористости и напряжений.

В этом разделе предложены новые варианты схем назначения этих распределений, а также проанализированы характеристики кинематического поля в различных схемах прессования уплотнителей в форме втулок. Основными соотношениями между характеристиками прессуемых изделий и параметрами процесса прессования были приняты прессовки в форме втулки.

Свойствами граничной задачи является доступность параметра λ в граничных условиях и его различным значениям будут соответствовать разные решения задачи. В уравнениях и граничных условиях непосредственная постановка показывает, что система функций равна:

$$\theta=\theta_{or},\ \sigma_z=P_{ox}(\theta_{or}),\ \sigma_\varphi=\sigma_r=P_b(\theta_{or}),\ u_r=v_r=l_{rz}=l_r=l_\varphi=\tau_{rz}=0,$$

$$V_z=\frac{\dot{h}}{h}z, l=l_z=\frac{\dot{h}}{h}, \tag{32}$$

где $\dot{h}$ – скорость движения верхнего пуансона, $P_{ox}(\theta_{or})$ və $P_b(\theta_{or})$ – зависимость симметричного и граничного давления от пористости, при $\lambda=0$ – задача решена.

Это единственное решение [11] и имеет совершенно четкий механический смысл: при отсутствии условий внешнего трения в процессе прессования втулок наблюдается однородное распределение пористости и напряжения в объеме изделий. Такой вывод был сделан Г.А. Мейерсоном на основе других соображений [12].

При отличии λ от нуля после решения задачи отметим, что по имеющимся данным параметр мал. Поэтому фактор внешнего трения, характеризуемый величиной этого параметра, можно считать влияющим в однородном состоянии и тогда решение задачи представляется следующим образом [13].

$$\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}+\lambda\sigma_{ij}^{(1)},\ l_{ij}=l_{ij}^{(0)}+\lambda l_{ij}^{(1)},\ v_i=v_{ij}^{(0)}\lambda v_{ij}^{(1)},\ \theta=\theta^{(0)}+\lambda\theta^{(1)} \tag{33}$$

При отсутствии внешнего трения, величина с индексом (0) описывает состояние однородного напряжения деформации. Аналитическое выражение для них дается в соотношениях (32) при $\theta^0=\theta_{or}$.

Воздействие внешнего трения на однородное поле отмечается в величинах индексом 1, которых необходимо определить. Для их определения, нужно привести выражение уравнений (33) к общему соотношению и путем упрощения получить малую величину λ. Рассмотрим состояние нагрузки кусочно-гладкой поверхности. При этом получается нижеследующее равенство:

$$\varphi\left(\sigma_{ij},\theta\right)=0,\ \psi\left(\sigma_{ij},\theta\right)=0, \tag{34}$$

Подставим выражение (33) в (34) и воспользуемся следующими результатами для однородного состояния:

$$\varphi\left(\sigma_{ij}^{(0)},\theta^{(0)}\right)=0,\ \psi\left(\sigma_{ij}^{(0)},\theta^{(0)}\right)=0, \tag{35}$$

Тогда получим:

$$\left.\frac{\partial\varphi}{\partial\sigma_{ij}}\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\sigma_{ij}^{(1)}+\left.\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\theta^{(1)}=0, \tag{36}$$

$$\left.\frac{\partial\psi}{\partial\sigma_{ij}}\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\sigma_{ij}^{(1)}+\left.\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\theta^{(1)}=0. \tag{37}$$

Вспомнив соотношение скоростей деформаций состояния текучести в ребре кусочно-гладкой поверхности приведенной в формуле (32), умножим уравнение (36) на $\dot{\nu}$ а (37) на $\dot{\chi}$ и прибавим результаты. Учтем, что в таком случае получается нижеследующее равенство:

$$e_{ij}^{(0)}=\left.\left(\dot{\nu}\frac{\partial\varphi}{\partial\sigma_{ij}}+\dot{\chi}\frac{\partial\psi}{\partial\sigma_{ij}}\right)\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}, \tag{38}$$

В итоге получим:

$$e_{ij}^{(0)}\sigma_{ij}^{(1)}+\left.\left(\dot{\nu}\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}+\dot{\chi}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)\right|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\theta^{(1)}=0. \tag{39}$$

Ударение $\theta^{(1)}$ может быть получено в результате соотношений $\varphi=0$ и $\psi=0$:

$$e_{ij}^{(0)}\sigma_{ij}^{(1)}+\left(\dot{\nu}\frac{\partial\phi}{\partial\theta}+\dot{\chi}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)\Big|_{\substack{\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^{(0)}\\ \theta=\theta^{(0)}}}\theta^{(0)}=0. \tag{40}$$

Здесь точка над символами показывает операцию взятия полной производной.

Рассматривая равенства (39) и (40) как систему линейных однородных уравнений, получаем:

$$\sigma_{z}^{(1)}=P'_{oc}(\theta_{cp})\theta^{(1)}. \tag{41}$$

Также это выражение может быть получено из уравнений нагружения гладкой поверхности с помощью значительно менее сложных предположений.

Использование нулевой степени однородности напряжений как скоростей деформаций может привести к нижеследующему равенству [3]:

$$v^{(1)} = u_r^{(1)} = e_r^{(1)} = e_\varphi^{(1)} = 0, \tag{42}$$

которое занимает место в объеме изделия. Учитывая это:

$$\frac{\partial v_z^{(1)}}{\partial r} = -2\frac{e^{(0)}}{P_\sigma(\theta_{ep}) - P_{oc}(\theta_{cp})}\tau_{rz}^{(1)}. \tag{43}$$

Последующее упрощение общей системы связано с предположением монотонности процесса нагрузки, результатом которого является следующее соотношение:

$$v_z^{(1)} = \frac{\rho_b}{\rho_{or}}\frac{v_z^{(0)}}{u_z^{(0)}}u_z^{(1)}, \tag{44}$$

где ρ_b – начальная плотность изделия, которое предложено как равномерное распределение, ρ_{or} – текущий момент деформации его средняя плотность;

$$u_z^{(0)} = \frac{h - h_k}{h}z.$$

Осевая ударная составляющая вектора смещения. Подставим формулу (44) в (43) и получим:

$$\frac{\partial u_z^{(1)}}{\partial r} = -\frac{h - h_k}{h}\frac{\rho_{or}}{\rho_b}\frac{1}{P_\sigma(\theta_{or}) - P_{oc}(\theta_{or})}\tau_{rz}^{(1)}. \tag{45}$$

Учитывая, что согласно формуле (42), осевая составляющая вектора смещения u_z отличается только от нуля, условие сохранения массы запишется следующим образом:

$$\frac{\partial u_z}{\partial z} = 1 - \frac{\rho}{\rho_b}.$$

Подставив в оба части уравнения представление (43), в результате получим следующую формулу:

$$\frac{\partial u_z^{(1)}}{\partial z} = \frac{\theta^{(1)}}{1 - \theta_b}. \tag{46}$$

Кроме равенства (43), результатом соотношения (42) является следующее уравнение: $\sigma_r^{(1)} = \sigma_\varphi^{(1)}$, с его помощью приходим к следующему выводу:

$$\frac{\partial u_r^{(1)}}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}^{(1)}}{\partial z}. = 0. \tag{47}$$

Подстановка соотношения (43) в условия уравнений (40) – (43) для ударных составляющих приводит к нижеследующим граничным условиям:

$$\tau_{rz}^{(1)}\big|_{r=b} = P_\sigma(\theta_{or})sign(z - z_b), \tag{48}$$

$$\tau_{rz}^{(1)}\big|_{r=a} = P_\sigma(\theta_{or})sign(z - z_a), \tag{49}$$

$$\int_0^h \int_a^b \theta^{(1)} r dr dz = 0, \tag{50}$$

$$\tau_{rz}^{(1)} | z \| 0 = \tau_{rz}^{(1)} | z = h = 0. \tag{51}$$

С граничными условиями (41), (42), (44) – (51), характерной особенностью получения ударных составляющих напряженно-деформированного состояния является независимость его решения от вида нагруженной поверхности, что выражается отсутствием f, φ и ψ, и их градиентов в указанных соотношениях. Это решение зависит только от вида функций P_{ox} (θ_{or}) и P_b (θ_{or}), которые можно определить методом, предложенным авторами работы [8].

Определенное свойство существенно упрощает подход к решению задач рассматриваемого класса. Вместо того, чтобы требовать большого количества очень сложных экспериментов по определению поверхности нагрузки для решения проблемы, он весьма ограничен информацией, полученной только из экспериментов по компрессорному сжатию [8].

Еще одно очень важное свойство полученной граничной задачи устанавливается в результате сокращения величины $U_z^{(1)}$ из уравнений (45) и (46), и величины $\sigma_z^{(1)}$ из уравнения (32). В таком случае получаем нижеследующую систему уравнений:

$$P_{oc}\left(\theta_{cp}\right)\frac{\partial \theta^{(1)}}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}^{(1)}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}^{(1)}}{r} = 0; \tag{52}$$

$$\frac{\partial \theta^{(1)}}{\partial r} - \chi \frac{\partial \tau_{rz}^{(1)}}{\partial z} = 0, \tag{53}$$

где $$\chi = -\left(\theta_{cp} - \theta_H\right)\frac{1-\theta_{cp}}{1-\theta_H}\frac{1}{P_\delta(\theta_{cp}) - P_{oc}(\theta_{cp})}.$$

Поскольку величина χ – положительна, системы уравнений (52), (53) относятся к эллиптическому типу [13,14]. Это свойство полученных уравнений определяет основное отличие рассматриваемой механической модели от классических моделей идеально-пластичной среды [13] и модели предельного равновесия [14], которые приводят к уравнениям гиперболического типа. Граничные уравнения в замкнутом контуре для уравнений гиперболического типа не являются корректными граничными условиями [14]. В тоже время, для уравнений эллиптического типа корректны задачи Дирихле.

Решение системы (52), (53) удовлетворяющие граничным условиям (48) – (51), принимают следующий вид:

$$\theta^{(1)} = \sum_{h=1}^{\infty} C_n(r)\cos \pi n \frac{z}{h}; \qquad \tau_{rz} = \sum_{h=1}^{\infty} D_n(r)\sin \pi n \frac{z}{h},$$

$$D_n(r) = \phi_1 l_1\left(\alpha \frac{\pi n}{h} r\right) + \phi_2 K_1\left(\alpha \frac{\pi n}{h} r\right);$$

$$C_n(r) = \frac{h}{P'_{oc}(\theta_{cp})}\sqrt{\alpha}\left[\phi_1 l_0\left(\alpha \frac{\pi n}{h} r\right) - \phi_2 K_0\left(\alpha \frac{\pi n}{h} r\right)\right]; \tag{54}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\chi}{P'_{oc}(\theta_{cp})}};$$

$$\Phi_1 = \frac{K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right)D_n(a) - K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right)D_n(b)}{l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right)K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right) - l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right)K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right)};$$

$$\Phi_2 = \frac{l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right)D_n(a) - l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right)D_n(a)}{l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right)K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right) - l_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}a\right)K_1\left(\alpha\frac{\pi n}{h}b\right)};$$

$$D_n(a) = \frac{2}{\pi n}P_\delta(\theta_{cp})\left(\cos\pi n + 1 - 2\cos\pi n\frac{z_a}{h}\right);$$

$$D_n(b) = -\frac{2}{\pi n}P_\delta(\theta_{cp})\left(cos\,\pi\, n + 1 - 2\,cos\,\pi\, n\frac{z_b}{h}\right).$$

При решении задачи для цилиндра без отверстий необходимо учитывать, что $D_n(a)=0$, так как на оси симметрии $\tau_{rz}^{(1)}$ превращается в нуль.

Полученное для $\theta^{(1)}$ и $\tau_{rz}^{(1)}$ аналитическое решение выражается с помощью функций $D_n(r)$ и C_n (r). Последние в свою очередь, выражаются $D_n(a)$ и $D_n(b)$, и таким образом, зависят от параметров r_a и r_b. Поскольку эти параметры определяют закон движения пресс-элементов, полученное решение, очевидно, учитывает схему прессования.

С точки зрения полученных результатов, проанализируем некоторые качественные особенности поля изменений. Для этого исключим $\tau_{rz}^{(1)}$ из уравнений (45), (47), (48). Введя символ $\beta=xP_b(\theta_{or})$, получим:

$$\frac{\partial u_z^{(1)}}{\partial r}\Big|_{r=b} = \beta sign(z - z_b);$$

$$\frac{\partial u_z^{(1)}}{\partial r}|r = b = \beta sign(z - z_a).$$

Производная $du_z^{(1)}dr$ от условия радиальной составляющей смещения, умноженная на коэффициент λ, является тангенсом угла уклона основания слоя, параллельной этой плоскости до прессования. Если обозначим этот угол уклона φ, то его граничные значения определяются следующими соотношениями:

$$t_g\varphi\big|_{r=b} = -\lambda\beta sign(\tau - \tau_b), t\varphi\big|_{r=a} = \lambda\beta sign(z - z_a). \quad (55)$$

Теперь определим, каким должны быть углы поворота слоев на внутренней и внешней поверхности изделия при разных схемах прессования.

При одностороннем прессовании $(z_a = z_b = 0)$ из соотношений (55) следует, что углы уклона наружной и внутренней стенок противоположны по обозначениям на каждой из этих поверхностей и одинаковы по высоте.

При двустороннем прессовании $z_a=z_b=h/2$. Как видно из уклонного вида слоев в формуле (55), зеркало, проходящее через середину высоты относительно плоскости, будет симметричной и перпендикулярной. По разным сторонам этой плоскости, как при одностороннем прессовании втулки высотой - h/2, слои будут располагаться на стенках.

Значения $z_a=0$, $z_b=h$ соответствуют прессованию с взаимным перемещением матрицы и стержня. При этом из формулы (55) видно, что углы уклона противоположных боковых поверхностей равны и не меняют обозначения по всей высоте втулки.

Прессование плавающей матрицы с неподвижным стержнем характеризуются значениями $z_a=0$ и $z_b=h/2$. Из формулы (55) ясно, что в этом случае слои на поверхности неподвижного стержня наклонены, а на поверхности плавающей матрицы как при двустороннем прессовании.

Уточненные качественные характеристики кинематического поля соответствуют экспериментальным данным, полученным в экспериментах с послойным рассеянием разноцветных порошков [15]. На основании выражения для $u_z^{(0)}$ можно наглядно определить связь параметров z_a и z_b с матрицей и величин перемещений со стержнем. По полученным данным точки z_a и z_b характеризуются отсутствием в них касательных напряжений. Следовательно, согласно (55) в этих точках изгиба слоев не происходит, т.е. дополнительные вертикальные изменения, вызванные внешним трением, в этих точках равны нулю. Таким образом, на основе уравнений (52) и (53) получим:

$$\omega_2 = u_z\Big|_{\substack{r=b\\z=z_b}} = \frac{\omega_1}{h} z_b; \qquad \omega_3 = u_z\Big|_{\substack{r=0\\z=z_a}} = \frac{\omega_1}{h} za,$$

где ω_1, ω_2, ω_3 – соответственно, перемещение верхнего пуансона, внешней матрицы и внутреннего стержня.

Выводы. Предложена модель влияния схемы прессования уплотнителей типа “втулка“ на их напряженно-деформированное состояние. В рамках предложенной модели может быть решен следующий вопрос: позволяет рассчитать остаточную пористость и распределение напряжений в объеме изделия в соответствии с требуемыми конечными размерами уплотнителя, конечным средним объемом его пористости и заданной схемой прессования.

Литература

1. Распределение плотности уплотнителей и перемещение порошkов при прессовании в закрытой пресс – форме. г.Москва-“Вестник машиностроения”, 2023г., том 102, №2, с. 115 – 119.
2. Особенности уплотнения железо-чугунной шихты на разных этапах прессования. г. Москва-“Вестник машиностроения”, 2023г., том 102, №7, с. 590 – 595.
3. Mamedov A. T., Mamedov V. A. Phenomenological approach to the plastic deformation of metallic powders in confined cavity // News of the Academy of Sciences of Az- erbaijan. 2012. N. 1 (9). P. 67—72
4. Перельман В.Е.,Перлин П.И., Роман О.В. Расчет полей напряжений и плотностей при вормировании порошков. // Порошковая металлургия, 1991, № 9, с. 14 - 18.
5. Перельман В.Е., Роман О.В., Слабодкин В.И. К вопросу о распределении напряжений на торце прессуемого пуансона. – В кн.: Порошковая металлурпгия, Ереван, Изд-во ЕрПИ, 1983, с. 94 - 98.
6. Schwarts, Weinsten. Model for Compaction of Ceramic Powder.- J.of Amer. Cer. Soc., 2005, 48, №7, p. 346-349.

7. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория пластичности упрочняющегося тела. М., «Наука», 1981. 231 с.
8. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М., «Наука» , 1980, 420 с.
9. Радомысельский И.Д.,Сердюк Г.Г., Ковалев Ю.И. Исследование величины коэффициента бокового давленияпри прессовании железных порошков. // Порошковая металлургия, 1986, № 9. с. 6-10.
10. Радомысельский И.Д., Печентковский Е.Л.,Сердюк Г.Г. Пресс-формы для порошковой металлургии. Расчет и конструирование. К., «Техніка», 1980, 172 с.
11. Радомысельский И.Д., Печентковский Е.Л. Влияние прессующего инструмента на распределение плотности в металлокерамических материалах типа втулок. //Порошковая металлургия, 1980, № 4, с. 13 – 19.
12. Максименко Л.А., Штерн М.Б.,Радомысельский И.Д., Сердюк Г.Г. О существовании сильных ударных волн при высокоскоростном прессовании металлических порошков.// Порошковая металлургия, 1982, № 9, с.17 – 20.
13. Меерсон Г.А. Современное состояние основных процессов порошковой металлургии. - В кн.: Вопросы порошковой металлургии. К., Изд-во АН УССР, 1985, с. 16 -53.
14. Соколовский В.В. Теория пластичности. М., «Высшая школа», 1989, 608 с.
15. Куррант Р. Уравнения с частными производными. М., «Мир», 1984, 830 с.

Məqalə qəbul olunub: 20.09.23
Tövsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.

УДК 621.791.753.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СМЕСИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С КИСЛОРОДОМ ПРИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Джафарова С.А., Рустамов Р.Д.

Азербайджанский Технический Университет
AZ1148, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25
E-mail: saida.jafarova2011@gmail.com

Аннотация. *В работе рассматривается вопросы повышения показателей качества сварных соединений при полуавтоматической сварке в среде смеси углекислого газа с кислородом и предложен оптимальный режим сварки судовых металлоконструкций.*

По результатам оценки процесса сварки на основе визуального наблюдения установили, что при содержании в смеси кислорода 20% происходит наиболее благоприятное формирование сварного шва с наименьшим разбрызгиванием.

Установлено, что при содержании в смеси кислорода 20% при полуавтоматической сварке повышается качество сварного шва и уменьшается разбрызгивание электродного металла. В результате расчётно-экспериментального исследования определен оптимальный режим полуавтоматической сварки в смеси углекислого газа с кислородом.

Xülasə. *Məqalədə karbon qazının oksigenlə qarışığında yarımavtomatik qaynaqda qaynaq birləşmələrin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması məsələləri nəzərdən keçirilir və metal konstruksiyaların qaynağının optimal rejimi təklif olunur.*

Vizual müşahidə və qaynaq prosesinin qiymətləndirilməsinin nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, qarışıqda oksigen miqdarı 20% olduqda qaynaq tikişinin əlverişli formalaşması təmin olunur və qaynaq daha az sıçrayışla baş verir.

Müəyyən edilmişdir ki, yarımavtomatik qaynaq zamanı qarışıqda oksigen qazının miqdarı 20% olduqda qaynağın keyfiyyəti yüksəlir və elektrod metalının sıçraması azalır. Hesablama və eksperimentlər nəticəsində karbon qazı və oksigen qarışığında yarımavtomatik qaynağın optimal rejimləri müəyyən edilmişdir.

Abstract. *The paper discusses the issues of improving the quality indicators of welded joints during semi-automatic welding in a mixture of carbon dioxide with oxygen and offers the optimal welding mode for metal structures.*

According to the results of the evaluation of the welding process based on visual observation, it was found that when the oxygen content in the mixture is 20%, the most favorable formation of the weld occurs with the least spatter.

It has been established that when the content of oxygen gas in the mixture is 20%. semi-automatic welding increases the quality of the weld and reduces spatter of the electrode metal. As a result of the computational and experimental study, the optimal mode of semi-automatic welding in a mixture of carbon dioxide and oxygen was determined.

Ключевые слова: *способ сварки, защитные газы, сварочные материалы, режим сварки, сварочные оборудования*

Açar sözlər: *qaynaq üsulu, qoruyucu qazlar, qaynaq materialları, qaynaq rejimi, qaynaq avadanlığı*

Key words: *welding method, shielding gases, welding materials, welding mode, welding equipment*

Введение. Как известно, сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Большой вклад в разработку прогрессивных сварочных технологий, механизацию сварочных процессов, проектированию современного сварочного оборудования, сварочных и основных материалов для изготовления судовых конструкций внесли центральный научно исследовательский институт технологии судостроения, институт электросварки имени Е.О.Патона [1-4].

За последние несколько десятилетий значительно увеличился объем научных исследований во всех областях сварочного производства, особенно в судостроении. Это привело к созданию новых марок сварочных материалов, что было связано с расширением номенклатуры сталей и сплавов, применяемых в различных отраслях промышленности. Несомненный прогресс наблюдается в области разработки и применения защитных газов при сварке. Из года в год увеличился объем механизированных способов сварки, особенно в среде защитных газов, достигнув в настоящее время 50-60% [5-7].

В современной судовой технике значительное место занимает сварка в среде защитных газов. Разновидности процесса сварки в среде защитных газов можно классифицировать по составу защитного газа, по типу электрода и по степени механизации.

Сварка в среде защитных газов применяется для соединения углеродистых, низколегированных конструкционных, высоколегированных нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов; алюминиевых, магниевых, никелевых и медных сплавов, активных и редких металлов

В работах [8-10] указана, что дуговая сварка в защитных газах может выполняться в инертных и актив газах. К первым относятся аргон и гелий, наиболее ярким представителем

вторых является углекислый газ. Сварка в инертных газах может производиться неплавящимся или плавящимся электродом.

При сварке неплавящимся электродом источником тепла является дуга, возбуждаемая между вольфрамовым или угольным электродом и изделием. Конец электрода, дуга и ванна расплавленного металла защищены газом. Газ находится в камере, в которой осуществляется сварка, или подается в виде потока, концентрически направленного относительно электрода.

Электрод укрепляется в зажимном устройстве специальной горелки, являющейся основным рабочим инструментом. Поток защитного газа формируется и направляется в сторону сварочной ванны соплом горелки.

Для получения при дуговой сварке высококачественных соединений необходима защита зоны дуги - сварочной ванны от вредного воздействия воздуха окружающей среды, а в ряде случаев также легирование и металлургическая обработка металла шва.

При сварке в защитных газах для защиты зоны дуги и расплавленного металла используется газ, подаваемый струей при помощи горелки. В качестве защитных газов используются инертные газы (аргон, гелий и их смеси) не взаимодействующие с металлом при сварке, и активные газы (углекислый газ, кислород, водород и др.), взаимодействующие с металлом, а также смеси инертных газов с активными ($Ar – O_2$, $Ar –N_2$, $Ar – H_2$, $Ar – CO_2$).

С целью экономии инертных газов, а также для получения оптимальных технологических и металлургических свойств защитной среды иногда применяются горелки, конструкция которых обеспечивает защиту двумя концентрическими потоками газов. Внутренний поток образуется аргоном или гелием, а наружный – более дешевыми азотом или углекислым газом.

Сварка неплавящимся электродом выполняется без присадки, когда шов формируется за счет расплавления свариваемых кромок, и с присадкой, когда в формировании шва участвует присадочный металл, подаваемый со стороны в зону дуги. Присадочный металл может быть также заранее уложен по свариваемому стыку соединения.

Дуга в среде инертных газов с неплавящимся электродом может быть использована для точечной сварки нахлесточных соединений, а также для прихваток в виде точек. Точечная дуговая сварка в среде инертных газов применяется для соединения малоуглеродистых и хромоникелевых нержавеющих сталей.

Когда не требуется концентрированный источник тепла, целесообразно осуществлять сварку в среде инертных газов независимой дугой, возбуждаемой между двумя вольфрамовыми электродами. Большие возможности для регулирования теплового потока, направляемого в сварочную ванну, имеет трехфазная дуга с неплавящимися электродами. Дуга в среде защитного газа с неплавящимся электродом используется для резки металлов.

При сварке плавящимся электродом источником тепла является дуга, возбуждаемая между свариваемым изделием и электродной проволокой, непрерывно подаваемой в зону дуги. Защитный газ может заполнять камеру, в которой осуществляется сварка, или подаваться в зону дуги в виде потока, как и при сварке неплавящимся электродом.

Электродная проволока подается механизмом подачи с постоянной или переменной скоростью в зависимости от напряжения дуги. Для направления проволоки, токоподвода к ней и подачи в зону сварки защитного газа применяется горелка.

В некоторых случаях для рассредоточения теплового потока применяют многоэлектродную сварку. Это позволяет уменьшить долю основного металла в шве и в ряде случаев уменьшить склонность к образованию пор и трещин.

Сварка сталей и некоторых других сплавов производится плавящимся электродом с комбинированной газо-флюсовой защитой. Нахлесточные соединения можно сваривать плавящимся электродом в среде защитных газов электрозаклепками

Дуговую сварку в среде защитных газов неплавящимся электродом можно выполнять: а) вручную, когда перемещение горелки и подача присадочной проволоки осуществляется сварщиком; б) полуавтоматом, когда перемещение горелки вдоль шва осуществляется вручную, а подача присадочной проволоки – с помощью специального механизма; в) автоматом, когда перемещение горелки и подача присадочной проволоки производится механически.

Дуговую сварку в среде защитных газов плавящимся электродом можно выполнять с помощью полуавтоматов и автоматов. Сварка неплавящимся электродом применяется при соединении тонколистовых материалов толщиной меньше 3 – 5 мм. В отдельных случаях для получения сварных соединений высокого качества сварку неплавящимся вольфрамовым электродом применяют и на изделиях из материалов толщиной более 5 мм.

Род защитного газа определяет физические, металлургические, технологические характеристики способа сварки. Защитный газ выбирают в зависимости от рода свариваемых металлов, технологических задач, требований, предъявленных к сварным соединениям и других условий [1-2]. Как уже убедились из анализа литературных данных, давление кислорода в углекислом газе дает положительный эффект. Как указано в работе [3-4] в соответствии с разъяснениями ВИНИКриогенмаша-головной организации в области кислорода, наличие смеси CO_2+O_2 (при содержании в смеси не более 30% кислорода) маслянистых веществ, попадающих в узел смесителя типа УКР-1-72 вместе с CO_2 из газификатора, не является опасным.

Постановка задачи. Основной задачей является теоретическое и экспериментальное исследование влияния состава газовой смеси углекислого газа и кислорода - на показатели качества сварного шва при полуавтоматической сварке металлоконструкции. Имеются многочисленные работы [1-4], в которых при сварке плавящимся электродом в качестве защитного газа, использовались двойные, либо тройные смеси газов с добавками кислорода.

Анализ литературных данных показывает, что плохое качество сварных швов нельзя отнести к вредному влиянию кислорода. Разработан металлургический метод подавления вредного влияния кислорода путем применения электродных проволок с повышенным содержанием элементов - раскислителей.

При этом, как явствует из выше приведённых данных, даже начинают проявляться определенные положительные действия кислорода. Поэтому следует дать предпочтение сварке в среде смеси CO_2+O_2 вместо сварки в среде углекислого глаза.

Однако, несмотря на существование в литературе определенных сведений о сварке $CO_2 + O_2$, при каждом конкретном случае требуется проведение определённых - реальных исследований по внедрению этого способа в производстве.

Решение задачи. С целью решения поставленной задачи проводили сварку в среде углекислого газа с кислородом в различных пропорциях. Оптимальный режим сварки и применяемое оборудование для полуавтоматической сварки в среде смеси 80% CO_2 + 20%O_2 приведены в табл.1.

Таблица 1

Экспериментальные данные по определению показателей при полуавтоматической сварке в среде смеси 80% CO_2 + 20% O_2

Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Диаметр проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
220-240	22-24	1,2	32,7	154
Примечание: сварочные работы выполняли полуавтоматом ПДГ-300 и источником питания ВДУ-500Е производства РФ.				

Результаты анализа состава газовой смеси с различным содержанием кислорода и оценки процесса сварки, установленных на основе визуального наблюдения, приведён в табл. 2.

Кроме указанных в таблице 2 результаты наблюдения показывают, что с увеличением содержания кислорода в смеси критическая длина дугового промежутка, при которой гаснет дуга, значительно увеличивается по сравнению со сваркой в среде чистого углекислого газа без добавки кислорода. Химический состав омедненной проволоки показан в табл. 3, а металла сварного шва в табл. 4. Механические свойства металла шва показаны в табл. 5.

По результатам оценки процесса сварки на основе визуального наблюдения установили, что при содержании в смеси кислорода 20% происходит наиболее благоприятное формирование шва с наименьшим разбрызгиванием. Поэтому более подробное исследование проводили со смесителем УКП-1-71, который позволяет при сварке получить газовую смесь с составом 80% CO_2 и 20% кислорода.

Таблица 2

Состав газовой смеси $CO_2 + O_2$ и характеристика процесса полуавтоматической сварки

Показатели на делении тарировочной сети	Состав газовой смеси		Оценка разбрызгивания электродного металла	Оценка формирования сварного шва
	Углекислый газ	Кислород		
1	97,5	2,5	Не уменьшается	Не замечается
2	92,5	7,5	Замечается уменьшение	То же
3	87,8	12,3	Улучшается значительно	То же
4*	78,5	21,5	Уменьшается более значительно	Улучшается
5	69,8	30,2	То же, образуется шлак	Не замечается
6	61,3	38,7	то же	то же
7	41,8	58	Более значительно образуется шлак	то же
Примечание: Сварка проведена омедненной проволокой Св-08Г1С в обычном режиме. * - предложенный оптимальный режим сварки.				

Таблица 3

Химический состав электродной проволоки при сварке в смеси $CO_2 + O_2$, в %

Проволока	C	Mn	Si	Cu	S	P
Св-08Г1С ГОСТ 2246-71	0,11	1,5	0,98	1,3	0,016	0,019
Примечание: приведены средние данные анализа						

Таблица 4

Химический состав металла шва (%) сваренного в среде смеси $CO_2 + O_2$

Проволока	C	Mn	Si	S	P
Св-08Г1С ГОСТ 2246-71	0,09	0,91	0,52	0,013	0,019

Таблица 5

Механические свойства металла шва

Проволока	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ,%	φ,%
Св-08Г1С ГОСТ 2246-71	35	22	35,1	78

Заключение. Таким образом, установлено, что при содержании в смеси кислородного газа 20%. при полуавтоматической сварке повышается качество сварного шва и уменьшается разбрызгивание электродного металла. В результате расчётно-экспериментального исследования определен оптимальный режим полуавтоматической сварки в смеси углекислого газа с кислородом при сварке крупных судовых металлоконструкций.

Литература

1. Новожилов Н.М. Вопросы металлургии сварки в защитных газах. В сб. «Новое в технологии сварки», М.: Машиностроение. 1996, 402с.
2. Новожилов Н.М. Образование пор при сварке плавящимся электродом в защитных газах. Сварочное производство, 1997, №2, с. 36-40
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение. 1992, 240с.
4. Рустамов Р.Д. Обеспечение качества сварных швов крупногабаритных металлоконструкций. Монография, Баку.: Чашыоглы, 2011,300с.
5. Сварка в машиностроении. Справочник. М.: Машиностроение. 1998, 450с.
6. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. М.: Машиностроение.1999, 230с.
7. Справочник по сварке цветных металлов. Киев. Наукова Думка, 2011, 601с.
8. Руссо В.Л. Дуговая сварка в инертных газах. Л.: Судостроение. 2014, 118с.
9. Контроль качества сварки /под ред. В.Н.Волченко. М.: Машиностроение, 2016, 327с.
10. Виноградов В.А. Сварочные деформации и напряжения. М.: Машиностроение, 2011, 210с.
11. Новожилов Н.М. Сварка плавящимся электродом в углекислом газе. М.: Машиностроение, 2018, 342с.
12. Новожилов Н.М. Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе. Сварочное производство, №7, 2008
13. Бродский А.Я. Дуговая сварка в инертной среде. М.: Машиностроение, 2012.278с.
14. Петров А.В. Давление дуги на сварочную ванну в среде защитного газа. Автоматическая сварка, №4, 2015.

Məqalə qəbul olunub: 20.09.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ НАНОНАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУДОВЫХ ЛКМ

Фатьянова Н.В.

"Азербайджанская Государственная Морская Академия" ПЛЮ
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиева, 18
E-mail: nice.natali92@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi lak-boya örtüklərinin istehsalında nanohissəciklərdən istifadənin müasir üsulları təhlil olunmuşdur. Gəmi təmiri və gəmiqayırmada istifadə olunan müxtəlif nanohissəciklərlə lak-boya örtüklərinin bəzi xüsusiyyətləri aşkar edilmişdir.*

Abstract. *This article analyzes modern methods of using nanoparticles in the production of marine coatings. Some features of paint coatings with various nanoparticles used in ship repair and shipbuilding are revealed.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы современные методы получения и применения наночастиц в производстве судовых ЛКМ. Выявлены некоторые особенности лакокрасочных покрытий с различными наночастицами, применяемых в судоремонте и судостроении.*

Açar sözlər: *lak-boya materialları, korroziya, nanodoldurucular, nanohissəciklər, nano-boya materialları, təbaşir, talk, nanotexnologiya*

Key words: *paint materials, corrosion, nanofillers, nanoparticles, nanopaints and varnishes, chalk, talc, nanotechnology*

***Ключевые слова*:** *лакокрасочные материалы, нанонаполнители, наночастицы, нанолакокрасочные материалы, мел, тальк, нанотехнология*

Введение. Всего двадцать лет назад начавшееся интенсивное развитие наноструктурных материалов и нанотехнологий уже находит широкое применение в различных сферах промышленности. Формируются задачи повсеместного применения этого перспективного технологического направления в соответствующих сферах. Нанотехнологии, получив широкое признание одного из самых перспективных направлений научно-технологического развития, стали основным объектом поддержки в разных странах мира [1].

Приставка «нано» от греч. «nanos», что в переводе означает «карлик» и обозначает одну миллиардную часть чего-либо. Номинально наномир представлен структурами и объектами, характерные размеры которых измеряются в нанометрах (1нм = 10^{-9}м).

Нанотехнологии – это совокупность методов, которые применяются в процессе производства наноструктур, включающих модификацию и целенаправленный контроль размера, формы, интеграции и взаимодействия наночастиц (до 100 нм), наличие которых приводит к радикальному улучшению свойств и характеристик получаемого продукта.

Сегодня нанотехнологии рассматриваются и как основное направление технологического развития, и как область науки в целом. В связи с этим появились понятия нанотехнологии, нанонауки и наноинженерии. Нанотехнология занимается созданием наноструктур, нанонаука – исследованиями свойств явлений в нанометровом масштабе и наноматериалов.

Основная часть. Нанонаполнителем (от англ. «nanofiller”) называется добавка, которая распределена в матрице лакокрасочного материала (ЛКМ). Размер обособленных частиц этого материала находится в нанодиапазоне как минимум по одному измерению [2].

Свойства ЛКМ определяют интенсивностью молекулярного взаимодействия между материалами матрицы и наполнителем, а также площадью поверхности раздела. Частицы нанонаполнителя в основном имеют размер меньше 100 нм, поэтому их высокая удельная поверхность позволяет существенно снижать степень наполнения ЛКМ.

При оптимизации параметров синтеза наноразмерность наполнителя даёт возможность сократить его удельный расход, а также производить материалы с более высокими характеристиками [3].

Наиболее распространёнными нанонаполнителями являются: углеродные нанотрубки и нановолокна, фуллерены, ультрадисперсные алмазы (нано-алмазы), слоистые алюмосиликаты (глины), неорганические нанотрубки, наночастицы карбоната кальция, наночастицы талька, оксида кремния и металлические наночастицы.

Одной из задач первостепенной важности при применении нанонаполнителей считается равномерное распределение нанонаполнителя в матрице ЛКМ [4]. Из вышесказанного следует, что нанонаполнители –это активные аддитивы нового поколения [5]. На сегодняшний день разработаны несколько методов производства структурных материалов, которые позволяют в точности регулировать размеры частиц, их строение и форму [6].

По принципу воздействия все способы получения наночастиц делятся на две группы:

Конденсационные методы – это методы “выращивания” наночастиц из атомов.

Конденсационные методы – так называемый подход “снизу вверх”, т.е. получение наночастиц посредством объединения отдельных атомов. Данный принцип устроен на основе феномена конденсации [7]. Конденсацией называется переход вещества из газообразного в твёрдое либо жидкое (конденсированное) состояние в результате охлаждения вещества.

При конденсационном методе получения наночастиц сначала испаряют исходные макротела, затем образующийся пар конденсируется до образования наночастиц необходимого размера. В итоге компактное вещество становится ультрадисперсным.

При восстановлении наночастиц используется жидкость, а не пар. При данном методе монокристалл нагревается до плавления и дальнейшего испарения, потом появившийся пар резко охлаждают. В процессе охлаждения появляются и становятся крупнее наночастицы. Они упорядочиваются и объединяются в наноагрегаты [8].

Границы между наночастицами постепенно теряются, и они начинают превращаться в микрокристаллы. При длительной выдержке в паре наиболее дефектные из микрокристаллов испаряются, а микрокристаллы более крупного размера и совершенные продолжают увеличиваться в размере.

В ходе всего периода с момента, когда в паре накопилось уже достаточное количество наночастиц, до того момента, когда большая часть наночастиц достигает размера, равного 100 нм, система преобладает в наносостоянии. Потом она переходит в состояние равновесия и наночастицы прекращаются появляться. Если для их консервации не создавать искусственные условия, возникшие частицы способны переходить в стадию компактного вещества [9].

В фотохимическом, биохимическом и радиационно-химическом синтезе процесс конденсации наночастиц происходит из раствора, а не из пара в специальных условиях, которыми обеспечивается защита наночастиц от реакций с раствором и слипания [10].

Диспергационные методы – основаны на получение наночастиц посредством механического измельчения. Диспергационные методы являются самыми простыми методами получения наночастиц, нечто вроде “мясорубки” для макротел, это подход “сверху вниз”, то есть исходные тела измельчаются до наночастиц.

При диспергационном методе, при условии притока достаточного количества механической энергии, уменьшается размер фрагментов, на которые монокристалл распадается. До тех пор, пока приток энергии достаточно велик, большинство из фрагментов имеет нанометровый размер и система преобладает в наносостоянии. Когда так называемая “мясорубка” остановится, нескомпенсированность связей привлечёт к срастанию и укрупнению. Это продолжается до той поры, пока в системе не воссоздастся монокристалл.

Чтобы предотвратить такой эффект, в систему вводят стабилизатор – раствор полимеров, белков или поверхностно-активных веществ (ПАВ). Стабилизатор на определённой стадии агрегации вступает в действие: растущая наночастица облепляется его молекулами со всех сторон, препятствуя её дальнейшему росту. Регулируя концентрацию и состав стабилизатора, можно получить наночастицы необходимого диаметра [11].

Таким образом, анализом методов получения нанонаполнителей выявлено, что при точном регулировании концентрации и состава стабилизатора (ПАВ) диспергационные методы позволяют получать наночастицы размером в диапазоне 10-50 нм, что является приемлемым для ввода в состав судовых ЛКМ.

Наиболее распространенным и производительным способом получения нанопорошков является механическое измельчение (диспергирование) материалов. Из всего многообразия механических измельчителей для получения субмикронных порошков применяются аппараты следующих типов: шаровые мельницы, бисерные мельницы, высокоскоростные мельницы и струйные агрегаты.

Помол производится для равномерного распределения частиц и для однородности массы. Помолу подвергается только наполнители (мел и тальк). Помол производится непосредственно в мельнице. Повышение дисперсности испытуемых образцов мела и талька может осуществляться путём измельчения порошков при оптимальном режиме в специальных мельницах.

Поэтому оба образца были отправлены в Институт полимерных материалов при министерстве науки и образования АР на помол в универсальную режущую экономичную вертикальную мельницу VLM-2, которая предназначена для того, чтобы измельчать образцы в лабораторных условиях (рис.1), где были измельчены до наночастиц.



Рис. 1. *Универсальная режущая вертикальная мельница VLM-2*

В мельнице уменьшение в размерах частиц происходит благодаря воздействию сдвигивающих и срезывающих сил между продуктом и вращающейся средой (бисером). В суспензии, которая проходит сквозь слой быстро двигающихся бисеринок, частицы твёрдой фазы раздавливаясь, истираются.

Измельчение частиц талька и мела происходило в чаше, куда порционно загружался измельчаемый нами материал. После загрузки продукта чаша мельницы закрывается прижимной крышкой, благодаря которой можно достаточно быстро измельчить большое количество продукта. Для разделения частиц по размерам был применён гидроклассификатор, совмещенный с мельницей. Крупность получаемых фракций зависит от времени помола. Чаще всего, время помола составляет от 5 секунд до минуты. Большая часть материалов измельчаются практически за несколько секунд. Частицы наномела были получены нами в течении 15 сек., тогда как наночастицы талька - в течении 45 сек. Разница во времени помола талька и мела объясняется тем, что тальк имеет более крупнодисперсную игольчатую кристаллическую решётку, менее подверженную измельчению.

После помола оба полученных образца наномела и наноталька были исследованы на электронном микроскопе. Было выявлено, что нанотальк в размерах значительно уступает размерам наномела. Даже после помола талька все равно не удалось добиться значительного уменьшения частиц и избавится от игольчатой формы. В то время как мел за значительно небольшое время намного уменьшился в размерах своих частиц. Это отчетливо видно на рис. 2 и 3.

Проведенные эксперименты показали, что при создании определённого режима работы мельницы, при котором можно будет получить нанопорошок с высоким агрегатным расслоением по плоскости их спайности, можно получить порошки максимальной величиной эффективной удельной поверхности. Таким образом, существенно повышается также набухание, гидрофильность и пластичность наночастиц.

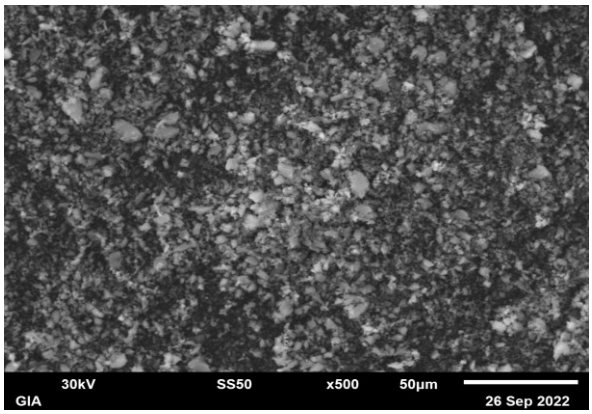


Рис. 2. *Морфологическое изображение наномела*

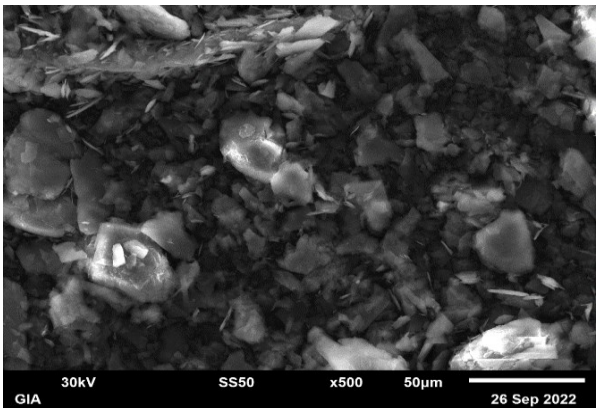


Рис. 3. *Морфологическое изображение наноталька*

Было установлено, что на первом этапе помола у талька можно наблюдать увеличение ёмкости обмена катионов, а за ним пластичности и набухания [12]. По достижении максимума показатели начинают постепенно снижаться. Высокая дисперсность обеспечивается по завершению 1-го этапа сухого помола. Правильный режим помола в мельницах при взаимодействии с дисперсионными полярными средами способствует максимальному проявлению пластичных свойств частичек талькита. И только лишь через несколько часов сухого помола можно будет наблюдать увеличение удельной поверхности частичек талька, в то время как мел в течении часа достигнет требуемой удельной поверхности частиц.

Для достижения данного эффекта время диспергации должно быть оптимальным, что обусловлено качеством и режимом работы универсальной режущей вертикальной мельницы VLM-2. Тем не менее, было установлено, что при одинаковых условиях для кальцитов требуется менее длительное растирание, чем для талькитов.

Кроме этого, на уровне субмикронных частиц талька становятся значительными когезионные силы. Поэтому при сухом механическом измельчении при достижении определенного размера частиц талька устанавливается равновесие в гранулометрическом составе талька: частицы из разрушенных агломератов снова коагулируют. Для уменьшения этого явления процессы измельчения должны производиться в диспергирующей среде (жидкости или газе) [13].

Эффективным приемом улучшения качества измельчения частиц талька является добавления поверхностно активных веществ (ПАВ). Это позволит избежать явления самозалечивания трещин в частицах за счет адсорбции на вновь возникающих поверхностях молекул жидкостей и ПАВ и их расклинивающего действия. Наличие адсорбирующих веществ усилит действие разрушающих сил, но будет оказывать плохое влияние на окружающую среду. Одним из основных отрицательных эффектов ПАВ в окружающей среде является понижение поверхностного натяжения. Практически все ПАВ могут высвобождать ионы тяжелых металлов. В отличие от талька в меле такого не происходит [14].

Для получения количественной информации о морфологии частиц нанопорошков талька и мела используется метод исследования функции размерного распределения, основанный на рассеянии лазерного излучения частицами. Для исследования гранулометрического состава ультрадисперсных и наноразмерных порошков практикуется методика седиментационного анализа.

Заключение. Таким образом, применение лакокрасочных материалов с различными наночастицами способствуют повышению качества окрашенной поверхности корпуса судна. Лакокрасочные материалы и покрытия с добавками нанонаполнителей позволяют во много раз повысить эффективность защиты от коррозии, а также защиты от разного рода повреждений поверхности корпуса судна.

Литература

1. Фатьянова Н.В., Садыгов В.Б., Исмаилов Н.Ш. Некоторые характеристики ЛКП, применяемых в Каспийском Морском Пароходстве // Сб. II-ой межд. науч. техн. конфер. «Проблемы металлургии и материаловедения», Баку: -2017, -с. 244-246.
2. Фатьянова Н.В. Применение наночастиц минерального наполнителя – талька в ЛКП // Сб. ст. XXIII Республиканской научной конференции, Баку: -2019, -с.198-201.
3. Фатьянова Н.В. Стабилизация свойств судовых лакокрасочных материалов с добавками наночастиц талька (НЧТ) // Научные труды АГМА, Баку: -2021, №2, -с.12-21.
4. Шумилин В.В. «АВИТИЛ» - эффективные средства защиты от коррозии // Автомоб.промсть. 2005, с. 36-37
5. Фатьянова Н.В. Методики и особенности исследования свойств судовых ЛКМ // Научно-практический журнал «Молодой исследователь», Баку: - 2018, -с. 22-28.
6. Баскаков П.С. Стабилизация серебряных наночастиц в водно-дисперсионных биоцидных ЛКМ. Белгород, Диссерт., 2017, 173с.
7. Mironova I.V., Karpov UA. New approach to assessment of coatings safety with analytic methods.//Theses of reports of the 8-th Int. Conf. « Coatings and Paints 2010. Mos.2004. p. 56-61
8. Баскин З.Л., Миронова И.В., Лавринов АА. Метрологические проблемы промышленного аналитического контроля. // «Современные проблемы аналитическои химии». М., 2002. с. 19-20
9. Латышев Ю.В. Антикоррозионный пигмент / Ю.В.Латышев, Н.Ф.Семенов, Л.М.Ленев// ЛКМ и их применение. 1999, №2, с. 14-18
10. Karpov U.A., Orlova V.A., Mironova I.V. Headspays analysis // Procedings of the 14-th Int. Conf. of the Israel Society. 2008. p. 540-546
11. Дюрягина А.Н., Тюканько В.Ю. Исследование структурирования ЛК систем в ПАВ// ЛКМ и их применение. - 2010. - №3. Москва, с. 31-36
12. Фатьянова Н.В. Анализ состава и свойств лакокрасочных материалов, изготовляемых на заводе «Биби-Эйбат» ЗАО КМП // Научно-техн. сб.РМРС., Санкт-Петербург: 2019, с. 94-100.
13. Фатьянова Н.В. Современные методы применения наночастиц в производстве судовых ЛКМ // Сб. XVII -ой межд. научно-технической конференции «Проблемы водного транспорта», Баку: -2022, с. 18-21.
14. Тюканько В.Ю., Островной К.А Дюрягина А.Н. Микроструктирирование ЛКП в присутствии азот и фосфорсодержащими поверхностно-активных веществ// Сб. тр. десятой межой конф. «Микросистемы, опто, наноэлектроника, нанотехнологии», 2008. с. 47-51.

Məqalə qəbul olunub: 22.09.23
Tövsiyə edib: dos. Xankişiyev İ.A.

UOT 621.742.571

SİLİNDR OYMAQLARINDA KAVİTASİYA AŞINMALARININ STEND SINAQLARI

İsmayılov N.Ş., Xankişiyev İ.A., Məmmədov E.D., Orucov F.S., İsmayılov A.R.

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

Xülasə. *Tədqiqatlar silindr oymaqlarının yeyilmə sürətinin qiymətləndirilməsinə həsr olunmuşdur. Gəmi dizelinin silindr oymağında yeyilmənin ölçmə nəticələri təhlil olunmuşdur. Yuxarı kəmər rayonunda oymağın yeyilməsinin orta hesabi qiyməti, real orta yeyilməsi, yeyilmənin orta sürəti müəyyən olunmuşdur. Silindr oymaqlarının möhkəmləndirilməsinin lazer texnologiyası standart metodika üzrə aparılmışdır. Təyin olunmuşdur ki, lazer texnoloji kompleksinin silindr oymaqlarının daxili səthinin emalında tətbiq olunması texniki-iqtisadi səmərə vəd edir.*

Lazer möhkəmləndirilməsinin seçilmiş rejimləri ilə 64PH36/45 mühərrikinin silindr oymaqları emal olunmuşdur. Oymaqlar "Dağıstan" teploxoduna və köməkçi mühərrikli sınaq stendinə qoyulmuşdur. Teploxoda qoyulmuş oymaqlar üç naviqasiya (6000 saat) işləmiş və aparılan texniki baxışda qüsürlar aşkar edilməmişdir. Natur sınaqalrı göstərmişdir ki, lazerlə emal olunmuş oymaqların yeyilməyə davamlılığı 1,5-1,6 dəfə yüksək olur. Sınaq stendində eksperimental oymaqlar 1000 saat işlədikdən sonra aparılan texniki baxış göstərmişdir ki, oymaqların yeyilməsi normativ qiymətlər həddində dəyişir.

Abstract. *Despite the significant work and research carried out today, it was not possible to ensure the standard resource of the cylinder liners of marine diesel engines. The reason for this is: the low quality of the casting blanks produced in disposable molds and centrifugal methods, as well as the lack of reliable methods of hardening the surface layer of the bushings. Therefore, increasing the wear resistance of cylinder liners is an urgent problem and is of scientific and practical importance.*

The aim of the work is to improve the technology of manufacturing marine cylinder liners for internal combustion engines based on the strengthening of their working surface by laser treatment. Analysis of hardening technologies of ship cylinder liners; determination of the main causes of wear and failure of cylinder liners; scientific substantiation of hardening of bushings made in one-time and centrifugal forms; assessment of processes occurring in the surface layer of gray cast iron bushings during laser hardening; determination of rational parameters of laser processing of cylinder liners and preparation of recommendations for ship repair and ship building enterprises.

The expediency of hardening by laser treatment of the surface of the cylinder liners of marine diesel engines has been substantiated. The effect of laser processing of bushings on the structures and physical and mechanical properties of gray cast iron has been studied. The influence of technological factors of processing on the structures and properties in the surface layer of the bushings has been determined. The technology of manufacturing cylinder liners for medium-speed marine diesel engines has been improved.

Аннотация. *Несмотря проведению значительных работ и исследований сегодня не удалось обеспечить нормативного ресурса цилиндровых втулок судовых дизелей. Причиной тому являются: низкое качество литейных заготовок, производимых в разовых формах и центробежным способом, а также отсутствие надежных способов упрочнение поверхностного слоя втулок. Поэтому повышение износостойкости цилиндровых втулок является актуальной проблемой и имеет научное и практическое значение.*

Целью работы является совершенствование технологии изготовления судовых цилиндровых втулок двигателей внутреннего сгорания на основе упрочнения их рабочей поверхности лазерной обработкой. Анализ упрочняющих технологий судовых цилиндровых втулок; определение основных причин износа и отказов цилиндровых втулок; научное обоснование упрочнения втулок изготовленных в разовых и центробежных формах; оценка процессов, происходящих в поверхностном слое втулок из серого чугуна при лазерном упрочнении; определение рациональных параметров лазерной обработки цилиндровых втулок и подготовка рекомендаций для судоремонтных и судостроительных предприятий.

Обоснована целесообразность упрочнения лазерной обработкой поверхности цилиндровых втулок судовых дизелей. Изучено влияние лазерной обработки втулок на структуры и механические свойства серого чугуна. Определено влияние технологических факторов обработки на структуры и свойства в поверхностном слое втулок. Совершенствована технология изготовления цилиндровых втулок среднеоборотных судовых дизелей.

Açar sözlər: *silindr oymaqları, kavitasiya aşınmaları, lazer texnologiyası, stend sınaqları*

Ключевые слова: *цилиндровые втулки, кавитационные разрушения, лазерная технология, стендовые испытания*

Key words: *cylinder bushings, cavitation fractures, laser technology, bench tests*

Giriş. Gəmi dizellərinin mürəkkəb istismar şəraiti hissələrin yüksək yeyilməsinə səbəb olur, bu isə ehtiyat hissələrinə böyük tələbat yaradır və buna uyğun olaraq gəmi təmirinə daha çox vəsaitin xərclənməsinə gətirib çıxarır. Müxtəlif tip və modifikasiyalı daxiiyanma mühərriklərinin istismarı (DYM) gəmi təmiri müəssisələrinin anbarlarında mühərriklərin ehtiyat hissələrinin böyük ehtiyatlarını saxlamaq zərurətini şərtləndirir. Belə ehtiyat hissələrinin dəyəri gəmilərin balans dəyərinin 15%-dək təşkil edir.

Gəmi mühəriklərinin istismar təcrübəsi göstərir ki, cari və orta təmirlərin aparılma müddətləri silindr piston qrupu (SPQ) detallarının texniki vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. SPQ-nin daha çox yüklənmiş və bahalı detallarından biri silindr oymağıdır (SO), onun işçi səthinin yeyilməsi mühərrikin işinin təmir arası dövrünü müəyyən edir. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının istismar xarakteristikaları və iş qabi liyyətinə irəli sürülən yüksək tələbləri hazırda möhkəmləndirilməmiş halda istifadə olunan oymaqlar ödəmir, onların resursunun artırılmasına ciddi ehtiyac vardır (1,2).

Oymaqların möhkəmləndirilməsinin kifayət qədər sayda üsulları mövcuddur: xromlaşdırma, azotlama, izotermik tablama və s. Lakin texnoloji proseslərin əmək tutumu, mexaniki emala optimal payların verilmə zərurəti bu metodların səmərəli istifadəsini məhdudlaşdırır. Maşın hissələri və mexanizmlərinin möhkəmləndirilməsi, onların hazırlanması, eləcə də təmir prosesində etibarlığının yüksəldilməsinin fundamental problemlərinə bir sıra tanınmış alimlərin elmi əsərləri həsr olunmuşdur: D.N.Qarkuna, A.N.Qavrilov, İ.V.Kraqelskiy, İ.A.Mişin, M.K.Ovsyannikov, L.İ.Poqodayev, A.P.Semenov, M.M.Tonenbaum, Y.N.Svetkov. Maşın və mexanizmlərin etibarlığının artırılması ilə əlaqədar problemlərin həllinə həmçinin A.B.Astaşkeviç, O.A.Borçevskiy, V.N.Dubnyakov, A.P. Yermakov, U.Y.Yejov, Y.Q.Kulik, Y.İ.Matveev, H.S.Molotsova, A.P.Pimoçenko, Y.B.Sumerkina və b. elmi əsərləri həsr olunmuşdur (3,4).

Əhəmiyyətli işlərin görülməsinə və tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq, hələ bu günədək resursunu normativ qiymətlərə qədər artırmağa imkan verən ortadövrlü mühərriklərin (ODM) oymaqlarının etibarlı möhkəmləndirilməsinin istehsal texnologiyaları mövcud deyildir. Ona görə də silindr oymaqlarının yeyilməyə davamlılığının artırılması problemi hələ də aktuallıq kəsb edir (5,6).

Orta dövrlü gəmi mühərriki 64PH36/45 silindr oymaqları təcrübi oymaqlar hazırlanmışdır. Eksperimental silindr oymaqları sınaq stendinə qoyulmuşdur, detalların işləmə müddəti 840 saat təşkil etmişdir. Zığ və Bibiheybət gəmi təmiri zavodlarında dizel mühərrikləri ehtiyat hissələrinin möhkəmləndirilməsi sahəsi yaratmaq təklif olunmuşdur. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarinin möhkəmləndirilməsi metodlarının təhlili əsasında oymaqların resursunun artırılması istiqamətləri

müəyyən olunmuşdur. Lazer texnologiyası və avadanlıqlarının tətbiqi xüsusiyyətlərinin araşdırılması nəticəsində silindr oymaqlarının lazer emalı texnologiyasının vəzifələri göstərilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, müasir dövrdə uzun ömürlü və yüksək səmərəli maşın və mexanizmlərin yaradılmasında mütərəqqi möhkəmləndirmə və bərpa texnologiyaları olmadan keçinmək mümkün deyildir.

Silindr oymaqlarının möhkəmləndirilməsinin mükəmməl texnologiyasının hazırda aparıcı müəssisələrdə olmaması gəmi dizellərinin resursunun azalması, etibarlığının aşağı düşməsi, ehtiyat hissələrinə tələbatın atrmasının əsas səbəbləridir və nəticədə dizellərin təmirinin əməktutumu xeyli artmışdır. Bu cür aktual məsələlərin həlli riyazi statistika qanunlarının tətbiqilə tədqiqatların artırılmasını, sonradan kompüterdə emal edilməklə müasir avadanlıqlarda aparılmış eksperimentlərin nəticələrinin emalı ilə mümkündür. Müəyyən olunmuşdur ki, hazırda silindr oymaqlarının resursu normativ qiymətlərdən əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır və bununla əlaqədar gəmi təmiri müəssisələrində ehtiyat hissələrinə tələbat daim artır. Silindr oymaqlarının aşağı resursunun əsas səbəbi, xüsusən ağır yanacaqlarda işləməsi zamanı işçi səthlərin böyük yeyilmələridir. Buna səbəb isə elektrokimyəvi korroziya, ərp əmələgəlmə və intensiv çöküntülərin yaranmasıdır. Diametr üzrə oymaqların daxili işçi səthlərinin yeyilməsi orta hesabla 0,9...1,2 mm təşkil edir.

Müəyyən olunmuşdur ki, gəmi dizelləri silindr oymaqlarının möhkəmləndirilməsinin müasir üsullarından texnoloji və istismar xarakteristikalarına görə daha məqsədəuyğunu lazer emalı hesab oluna bilər. Bir sıra xarici ölkələrdə silindr oymaqlarının lazerlə möhkəmləndirilməsi avtomobil və teplovoz mühərrikləri oymaqlarının hazırlanmasında istifadə olunmuşdur. Gəmi mühərrikləri detalları, xüsusilə silindr-piston qrupu detallarının lazer emalı ilə möhkəmləndirilməsinə dair sistemli tədqiqatlar indiyədək aparılmamışdır. Orta sürətli gəmi dizel mühərrikləri silindr oymaqlarının möhkəmləndirilməsi üçün analoqlarına işçi xarakteristikalarına görə uduzmayan CO_2 lazerini istifadə etmək məsləhət görülmüşdür.

Tədqiqatların metod və vasitələri. Tədqiqat obyekti kimi gəmi dizeli silindr oymaqlarının materialının struktur və keyfiyyət xarakteristikaları öyrənilmişdir. Metallqrafik tədqiqatlar Neofolt-32, MIM-8M və РЭМ-200 mikroskoplarında aparılmışdır. Mikrostrukturun faza analizi ДРОН-1 rentgen difraktometri və nüvə-qamma-rezonans analizatorunda (NQR) aparılmışdır. Spektrlər çoxkanallı LP-4840 analizatorunda qeydə alınmışdır.

Yeyilməyə dözümlülüyün qiymətləndirilməsi üçün nümunələr ПМТ-3 markalı bərklik ölçənində 1N yüklənmədə 10 mm/dəq. sürətlə hərəkətə gətirilmişdir. Şliflərə silindrin tərəflərinə müxtəlif bucaqlar altında cızıqlar çəkilmişdir. Tribotexniki sınaqlar 2070 CMT-1 sürtünmə maşınında disk-kolodka sxemi üzrə aparılmışdır. Qalınlığı 10 və diametri 50 mm olan disklər SÇ25 markalı boz çuqundan qum-gil və mərkəzdənqaçma qəlibində hazırlanmışdır. Kontrcisim qismində 6Ч3Н 36/45 ortadövrlü mühərrikin porşen həlqələrindən hazırlanmış nümunələr istifadə olunmuşdur.

Kolodkanın disklə təmas sahəsi 100 mm^2 olmuşdur. Disklərin səthi Ra=0,63...0,8 mkm, kolod-kanınkı isə Ra=1,25...1,6 mkm kələ-kötürlüyə malik olmuşdur. Sürtünən səthlərin kələ-kötürlüyünə 201 markalı profilometrlə nəzarət edilmişdir. Sürtünmə əmsalı induksiya vericisi vasitəsilə qeydə alınmış və КСП-4 elektron potensiometri ilə yazılmışdır. Sürtünən cütlərin yeyilməyə dözümlülüyə sınaqları kontakt zonasına sulu-yağlı emulsiyanın verilməsi ilə aparılmışdır. Yeyilmənin intensivliyi kriteriyası qismində nümunələrin kütləsinin azalması qəbul edilmişdir. Nümunələrin kütlə itkisi 10^4q dəqiqliklə BAP-200 markalı analitik tərəzidə təyin olunmuşdur.

Eksperimentlər və nəticələrin müzakirəsi. Nümunələrin lazer emalı gücü 1700Vt olan "Kometa-2" markalı qurğuda aparılmışdır. Lazer şüasının yerdəyişməsinin xətti sürəti və şualanma gücü V=4,5...10mm/s, P - 500...1700Vt həddində dəyişmişdir. Lazer emalına uğradılmış nümunələrin işçi səthlərində eni 2...12mm və addımı 2...5mm intervalında, emal olunan səthin oxuna 0, 30, 45 və 90^0 bucaq altında yerləşmiş möhkəmlənmiş zolaqlar müşahidə olunmuşdur. Sınaqdan əvvəl nümunələr 150^0C-də 2 saat müddətində $M10B_2$ yağı ilə hopdurulmuş, sonra isə Б-70 benzinində

yuyulmuş və 120^0C-də 10 dəq. ərzində quru dulmaqla otaq teperaturunadək soyudulmuşdur Sınaq nümunələri 10 dəq. ərzində ilkin olaraq 800N yük altında 0,2m/s sürətlə işlədilmişdir..

İkinci mərhələdə sınaqlar $M10B_2$ yağlayıcısını sürtünmə zonasına nasosun köməyilə damcı üsulu ilə verilməklə aparılmışdır. Hər bir sürtünmə cütünün sınaqları 0,2m/s sürüşmə sürəti və diskret dəyişən 800-1200N xüsusi yükdə aparılmışdır. Sürtünmə cütü kimi silindr oymağı (adi SÇ25 və lazer emalına uğradılmış SÇ25) və porşen həlqəsi götürülmüşdür. Sınaqlarda nümunələrə göstərilən təzyiq müntəzəm olaraq aptırılmışdır: ilkin olaraq 10 dəq ərzində 800N yükləmədə 0,2m/s sürətlə uyuşma aparılmışdır. Sonra kontakt zonasına yağın verilməsi dayandırılmış və proses quru sürtünmə mərhələsinə adlamışdır. $6500 \cdot 10^2$ dövrdən sonra yüklnəmə 1000N-dək artırılmışdır.

Sınaqların son mərhələsində nümunələrin yüklənməsi 1200 N-a qədər artırılmışdır. Bu yük altında nümunələr sürtünən səthlərin ilişmə anınadək sınaq edil mişlər. Sürtünmə momentinin kəskin artması ilə cızıqlanma qeydə alınmış və bundan sonra sınaqlar dayandırılmışdır. Beləliklə, ilkin laborator tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalın dan sonra silindr oymaqlarının səth qatlarının bərkliyi HV1000...1200 kq/mm^2 intervalında olur. Buna səbəb silindrin güzgü səthində austenit-martensit-karbidli strukturun üstün mövqelərə malik olmasıdır.

Göstərilmişdir ki, yeyilmə şəraitində işləyən detalların resursunu artırmaq üçün səth qatlarının strukturunu detalların hazırlanması və istismar şəraitinin birgə təhlili əsasında seçmək lazımdır. Boz çuqunun tərkibində daimi aşqar kimi iştirak edən elementlərin çuqunun fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinə sinergetik yanaşma tətbiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, əvvəla, silindr oymaqları istehsal etmək üçün boz çuqun tökükləri alarkən çuqunda kükürd və fosfor kimi zərərli elementlərin miqdarını maksimum azaltmaq lazımdır. İkincisi, lazer emalına uğradılan boz çuqun silindr oymaqlarını xüsusi kimyəvi tərkibdə hazırlamaq lazımdır: 2,9...3,3% C; 1,3...1,6% Si; 1,0...1,3% Mn; 0,3...0,5% Cr; P < 0,2% ; S < 0,1% . Sonrakı tədqiqatlarda lazer emalı rejimləri və boz çuqunun xassələri arasında qarşılıqla əlaqələr öyrənilmişdir. СЧ25 markalı qum-gil qəliblərdə və mərkəzdən-qaçma üsulu ilə hazırlanmış silindr oymaqlarının lazerlə möhkəmləndirilməsinin müxtəlif rejimləri aprobasiya edilmişdir. Lazer emalının oymağın materialına təsirinin qiymətləndiriləmə meyarları kimi: səth qatları üzrə mikrobərkliyin dəyişməsi *(HV),* tablanma dərinliyi *(h)* və yeyilmə intensivliyi *(W)* götürülmüşdür.

Müəyyən olunmuşdur ki, mikrobərkliyin (HV) dəyişməsi əsasən lazer şüa sının gücündən *(P)* asılıdır. Lazerin gücünü 700-dən 1700Vt-dək artırdıqda səthin mikrobərkliyi HV 750-dək (qum-gil qəlibə tökmə) artır. Mikrobərkliyin maksimal qiyməti (HV 900) mərkəzdənqaçma ilə tökülmüş oymaqlar üçün P=1700Vt olduqda alınır. Qum-gil qəliblərdə alınmış çuqunlarda 0,12 mm dərinlikdə P=700Vt olduqda mikrobərklik cüzi dəyişir. Bu, lazer ema lının yüksək sürəti və strukturu dəyişmək üçün aşağı gücü ilə izah olunur.

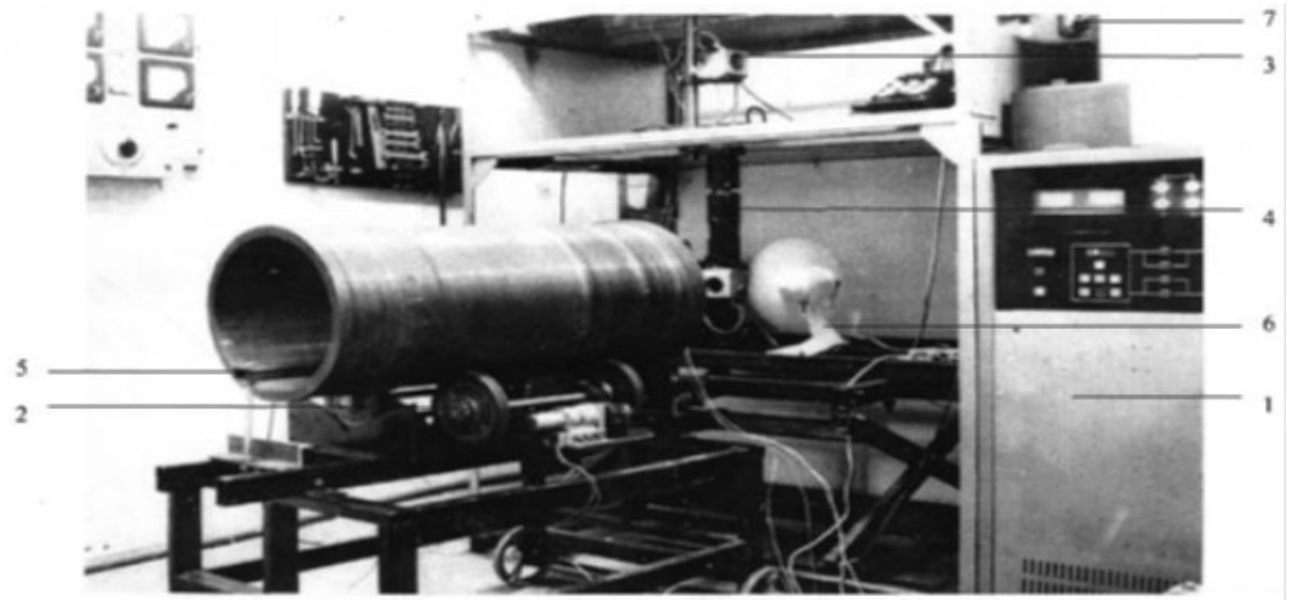
Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının rejimləri lazer təsiri zonalarının dərinliyi və eninə birbaşa təsirə malikdir. Lazer şüasının gücünün artırılması ilə termiki möhkəmlənmə zonasının eni və dərinliyi artır. Lazer emalının gücünün müxtəlif üsullarla alınmış boz çuqunların möhkəm ləndirilmiş zonasının dərinliyinə təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, gücün dəyişməsi daha böyük təsiri mərkəzdənqaçma üsulu ilə alınmış oymaqlara göstərir. Belə ki, çuqunun ərimə zonası (mərkəzdənqaçma tökməsi) P > 700Vt olduqda müşahidə olunur, eyni zamanda qum-gil qəliblərə tökülmüş çuqunlarda belə zona P = 800...900Vt olduqda yaranır.

Lazer şüasının gücünü 900...1700Vt-dək intervalda qaldırdıqda mərkəzdənqaçma çuqun oymaqlarda lazer möhkəmlənməsinin dərinliyi 2 mm-dək artır, qum-gil qəliblərdə hazırlanmış oymaqlarda bu göstərici 1,6 mm təşkil edir. Çuqunun möhkəmlənmiş zonasının dərinliyi üzrə mikrobərkliyin paylanma xarakteri təhlil olunmuşdur. Lazer emalının gücü 520...1700Vt olduqda dərinlik üzrə mikrobərkliyin azalmasının ümumi qanunauyğunluğu müşahidə olunur. P = 1280Vt olduqda lazer emalı zonasının səthində mikrobərkliyin müşahidə olunan azalması münasibdir, çünki materialın uyuşma prosesi daha az vaxt ərzində baş verəcəkdir.

Bu zaman lazer emalından sonra silindr oymaqlarının ,,uyuşma" əməliyyatının əmək tutumu azalır. Uyuşmadan sonra kontakt səthlərində 0,05...0,07mm dərinlikdə mikrobərklik HV = 800 kq/mm^2-dək artır, bu qatda yüksək yeyilməyə davamlı mikrostrukturun formalaşması gedir. Bu qalınlıqda xırdadənəli sementit birləşmələrilə austenit-martensit sahələri müşahidə olunur. Sınaqlar zamanı nümunələr lazerin gücü P=520...1700Vt və sürət V=10mm/s olduqda möhkəmləndirilmişdir. Torpaq qəliblərdə alınmış çuqun oymaqların lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün qrafit birləşmələrinin ölçüsü 95 mkm-dən az, onların faizlə miqdarı isə maksimal olmalıdır. Perlitin ölçüləri və miqdarı da lazer emalının dərinliyinə eyni cür təsirə malikdir. Perlitin ölçüləri 0,9 mkm-dək və onun miqdarı 88%-dən çox olduqda lazer emalının dərinliyi artır.

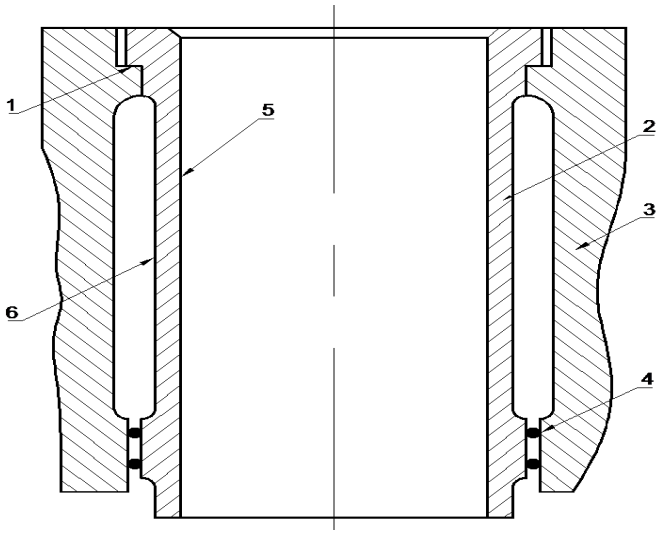
Mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış çuqunlarda qrafit birləşmələrinin böyüməsilə lazer emalının dərinliyinin azacıq artımı baş verir. Qrafitin faizlə miqdarının artması isə tərs mütənasib asılılığa tabe olur. Lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün perlitin maksimal miqdarı və minimum ölçülərini əldə etmək zəruridir. Qrafitin ölçüsü və perlitin miqdarının yeyilməyə təsir xarakteri qum-gil və mərkəzdənqaçma qəliblərində hazırlanan oymaqlar üçün eyni qanunauyğunluğa malikdir. Qrafitin ölçüsü 100mkm və miqdarı 90%-dək olduqda çuqunun yeyilməyə davamlılığı azalır. Qrafit 100-110 mkm ölçüdə və perlit 90...92% olduqda maksimal yeyilmə müşahidə olunur. Odur ki, yeyilməni azaltmaq üçün perliti maksimal və qrafiti 110...130 mkm olan struktur əldə etmək lazımdır.

Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, oymaqların minimal yeyilməsinə nail olmaq üçün lazer şüasının gücü P=1000...1300Vt, sürət V = 5...8mm/s intervalında olmalıdır, bu halda mikrobərklik HV 800...900 kq/mm^2 həddində alınır. Belə mikrobərklik çuqun oymaqların maksimal yeyilməyə davamlılığını təmin edir. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının lazerlə möhkəmləndirilməsi xüsusi texnoloji kompleksdə yerinə yetirilmişdir (şəkil 1). Lazer qurğusu (1), oymaqları fırlatmaq üçün ləvazimat (2), şüanı nəqletmə sistemi (3,4), fokuslayan quruluş (5), ventilyator (6) və siyirtmədən (7) ibarətdir. Şüanı nəqletmək üçün optik sistem onu fokuslama qurğusuna çatdırmağa imkan verir, sonuncu isə şüanı oymağın daxili səthinə istiqamətləndirir.



Şəkil 1. *Lazer texnoloji qurğusu*

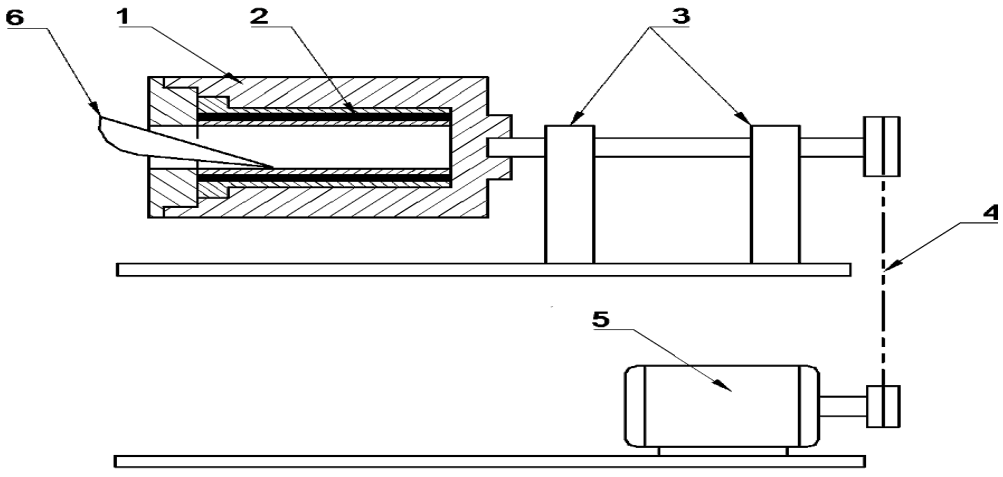
Gəmi dizel mühərriklərində istilik mübadiləsi proseslərinin effektivliyinin artırılması üçün blokda yerləşmə sxemi (şəkil 2) əsasında oymağın istismar şəraiti təhlil olunmuşdur.



Şəkil 2. *Silindr oymağının mühərrikin blokunda quraşdırılma vəziyyəti:*
1- dayaq bortu; 2- silindr oymağı; 3- silindr bloku; 4- kpləşdirici araqatları;
5- güzgü səthi;6- soyutma səthi

Silindr oymağını bimetallik tökmə üsulu ilə hazırlamaq təklif olunmuşdur: xarici qat – azkarbonlu tökmə poladı, aralıq qat – termoizoliyator, daxili qatı – modifikasiya edilmiş boz çuqun. Bimetallik silindr oymaqlarının hazırlanma texnologiyası belə təsvir edilir (şəkil 3). Əvvəlcə fırlanan metal qəlibə 25Л (ГОСТ 997-98) markalı azkarbonlu maye polad tökülür. Kristallaşma başladıqdan sonra polad pəstahın daxili səthinə pulverizatorla sirkon qumundan ibarət 0,3..0,4mm qalınlığında nazik termoizolyator qatı çəkilir. Sonra qəlibə lazımi qalınlıqda maye çuqun tökülür. Oymağın divarının termiki müqavimətinin artırılması temperatur basqısının artmasına gətirib çıxarır. Bu, istilikverən divarın temperaturu dəyişməz olduqda, istiliyi qəbul edən divarın temperaturunun artması hesabına baş verir.

Beləliklə, soyutmaya verilən istilik miqdarı və istilik mübadiləsinin digər faktorları sabit olduqda termiki müqavimətin artırılması silindrin səthləri arasında istilikötürmənin bərabərliyi təmin edilir. Bu isə mühərrikin effektiv f.i.ə. artmasına gətirib çıxarır və təklif edilən konstruktiv həllər və onların additiv texnoloji reallaşdırılmasının müsbət nəticəsinə dəlalət edir.



Şəkil 3. *Bimetallik oymağın mərkəzdənqaçma tökmə sxemi:*
1- metal qəlib; 2 - tökmə pəstah; 3 – yastıq dayaqları; 4 - mexaniki ötürmə;
5 - elektrik mühərriki; 6 – novça

Nəticə. Beləliklə, tədqiqatlar silindr oymaqlarının resursunun artırılmasının qiymətləndirilməsinə həsr olunmuşdur. "Akademik Tofiq İsmayılov" gəmisində dizelin silindr oymağında yeyilmənin ölçmə nəticələri təhlil olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, yuxarı kəmər rayonunda oymağın yeyilməsinin orta hesabi qiyməti 0,126mm, real orta yeyilməsi isə 0,136mm, yeyilmənin orta sürəti isə 6,8mkm/saat təşkil edir. Silindr oymaqlarının möhkəmləndirilməsinin lazer texnologiyasının tətbiqinin iqtisadi səmərəsinin hesablanması standart metodika üzrə aparılmışdır. Texniki-iqtisadi hesablamalarla təyin olunmuşdur ki, lazer texnoloji kompleksin silindr oymaqlarının daxili səthinin emalında tətbiq olunmasından əldə olunan iqtisadi səmərə 100 oymaq üçün resurs 50% artdıqda 47390 man, 100% artdıqda isə 188.325 man təşkil edir.

Lazer möhkəmləndirilməsinin seçilmiş rejimləri ilə 64PH36/45 mühərrikinin silindr oymaqları emal olunmuşdur. Oymaqlar "Dağıstan" teploxoduna sınaq stendinə qoyulmuşdur. Teploxoda qoyulmuş oymaqlar üç naviqasiya (6000 saat) işləmiş və aparılan texniki baxışda qüsürlar aşkar edilməmişdir. Natur sınaqalrı göstərmişdir ki, lazerlə emal olunmuş oymaqların yeyilməyə davamlılığı 1,5-1,6 dəfə yüksəkdir. Sınaq stendində eksperimental oymaqlar 1000 saat işlədikdən sonra aparılan texniki baxış göstərmişdir ki, oymaqların yeyilməsi normativ qiymətlər həddində dəyişir.

Ədəbiyyat

1. Провотар А.Г., Дорохов А.Ф. Исмаилов А.Р. Минимизация потерь мощности на преодоление сил трения судовых ДВС / Вестник Астраханского Государственного Технического Университета, 2015, №2, с. 30-36
2. Исмаилов А.Р., Исмаилов Н.Ш. Особенности технологии дефектации цилиндровых втулок судовых дизелей // "Dəniz nəqliyyatında innovativ texnologiyalar" X Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, ADDA, 2015, №1, s. 33-35
3. İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş. Gəmi mühərriklərində silindr oymaqlarının imtinalarının xüsusiyyətləri / ADDA, Elmi Əsərlər, 2015, №2, c. 30-36
4. İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş., Məmmədov E.D. Silindr oymaqlarının hazırlanma üsullarının xüsusiyyətləri / ADDA, Elmi Əsərlər, 2016, №2, s.18-20
5. Исмаилов А.Р., Исмаилов Н.Ш., Мамедов Э.Д. Повышение эффективности процессов теплообмена судовых двигателей путем получения биметаллических цилиндровых втулок / Науковий вісник Херсонської Державної Морської Академії, Херсон, 2016, № 2 (15), с. 20-24
6. İsmayılov N.Ş., Sadıqov V.B., Xankişiyev İ.A., İsmayılov A.R. Gəmi silindr oymaqlarının lazerlə emalında səth qatında çuqunun struktur və xassələrinin dəyişməsi / ADDA, Elmi Əsərlər, 2020, №1, s. 12-17

Məqalə qəbul olunub: 25.09.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

UOT 621.742.82

"BAKU STEEL COMPANY" MMC-də YENİ FASİLƏSİZ TÖKMƏ MAŞININ QURAŞDIRILMASI VƏ TÖKÜLƏN PƏSTAHLARIN KEYFİYYƏTİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

[1]Məmmədov A.T., [1]İsmayılov N.Ş., [1]Hüseynov M.Ç., [2]Quliyev F.T.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1148, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
[2]"Baku Steel Company" MMC
AZ1029, Bakı şəh., Mir-Cəlal küç., 15
E-mail: nizism@mail.ru

Xülasə. *"Baku Steel Company" MMC-də yeni fasiləsiz tökmə maşının quraşdırılması və onun mövcud maşınla müqayisəsi aparılmışdır. Polad pəstahların yeni fasiləsiz tökmə maşınında (PFTM) hazırlanmasının üstünlükləri göstərilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, PFTM-in qabarit ölçülərinin azaldılması üçün yeni quraşdırılan maşının əyrilik radiusu 10,2 metr qəbul edilməlidir. Bu radius kristallaşma zamanı pəstahlarda çatlar və digər xarici qüsurların yaranma ehtimalını sıfıra endirmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, əyrilik radiusunun rasional qiyməti kristallaşdırıcıda müxtəlif ölçülü kvadrat və boru pəstahlarının keyfiyyətli alınmasına imkan verir.*

Tökülən pəstahların tələb olunan keyfiyyətini təmin etmək üçün PFTM-da maye metalın elektromaqnit qarışdırma (EMQ) qurğusu nəzərdə tutulmuşdur. İstehsal olunan kvadrat və boru pəstahlarının keyfiyyətini daha da yüksəltmək üçün maye metalın sobadankənar emal üsulları və tökmə prosesinin təkmilləşdirilməsinin vacibliyi əsaslandırılmışdır.

Müəssisədə innovativ metallurji texnologiyaların tətbiqi və müasir avadanlığın istismarı hesabına polad pəstahların keyfiyyətinin yüksəldilməsi imkanları göstərilmişdir. Boru pəstahlarına qoyulan tələblər və yayma prosesinin xüsusiyyətlərinin təhlili əsasında pəstahlarda qeyri-metal birləşmələr və qazların miqdarını azaltmaq üçün fasiləsiz tökmə maşınının vakuumator qurğusu ilə təchiz olunması təklif olunmuşdur.

Göstərilmişdir ki, EMQ-nin tətbiqi pəstahların səth qusurlarını 2-3 dəfə azaltmağa, bərabəroxlu kristallar zonasını 50-100% artırmağa, mərkəzi məsaməlilik və likvasiyanı 0 baladək azaltmağa, tökmə sürətini 20-30% artırmağa və kristallaşdırıcı ilə EMQ-nin birlikdə kütləsini 3 dəfə azaltmağa imkan verir. EMQ və vakuumatorun birgə tətbiqi tökülən polad markaları, o cümlədən yüksək karbonlu və legirli poladların çeşidini xeyli genişləndirir.

Abstract. *The paper presents the results of work on the installation of a new continuous casting machine at Baku Stell Company LLC and conducts a comparative analysis with the existing machine at the plant. The advantages of the method of continuous casting of blanks on a new continuous casting machine (CCM) are shown. To reduce the overall dimensions of the continuous casting machine, the radius of curvature of the newly installed machine was assumed to be 10.2 m. This led to zero probability of cracks and other external defects during the crystallization of cast billets.*

To improve the quality of cast billets, the new CCM is provided with a liquid metal electromagnetic mixing device. It is shown that in order to ensure the high quality of produced square and pipe blanks, it is very important to choose a method for processing liquid metal and improve the casting process. To this end, the enterprise has created ample opportunities for the introduction of innovative technologies and equipment operation.

Depending on the rolling process, the requirements for the resulting tubular blanks, the amount of non-metallic inclusions and gases in them must be lower than the requirements of the standard so that these defects do not adversely affect the rolling process. The solution of these problems becomes

possible with the help of a new caster and an additionally installed device, an electromagnetic stirrer and a vacuum torus.

In addition, the use of an electromagnetic stirrer (EMF) makes it possible to reduce the number of surface defects by 2-3 times, increase the zone of equiaxed crystals by 50-100%, reduce the central porosity segregation to 0 points, increase the casting speed to 20-30% and reduce the weight of the mold together with EMF by 3 times. At the same time, the joint use of an EMF and a degasser will make it possible to expand the range of cast steel grades, including carbon and special steels.

Аннотация. *В работе излагаются результаты работ по установке новой машины непрерывной разливки в ООО "Baku Stell Company" и ведется сравнительный анализ с существующей на заводе машиной.Показаны преимущества способа непрерывной разливки заготовок на новой машине непрерывной разливки (МНЛЗ). Для уменьшения габаритных размеров МНЛЗ радиус кривизны новой установленной машины принят 10,2 м. Это привело к нулю вероятность образования трещин и других наружных дефектов во время кристаллизации отливаемых заготовок.*

Для повышения качества отливаемых заготовок нановой МНЛЗ предусмотрено устройство электромагнитного перемешивания жидкого металла. Показано, что для обеспечения высокого качества производимых квадратных и трубных заготовок очень важен выбор способа обработки жидкого металла и совершенствование процесса литья. С этой целью на предприятии созданы широкие возможности для внедрения инновационных технологий и эксплуатации оборудования.

В зависимости от процесса прокатки требования, предъявляемые к получаемым трубным заготовкам, количество неметаллических включений и газов в них должно быть ниже чем требования стандарта, чтобы эти дефекты не оказывали отрицательного влияния на процесс прокатки. Решение этих проблем становится вазможным с помощью новой МНЛЗ и дополнительно установленного устройства, электромагнитного перемешивателя и вакууматора.

Установлено, что применение электромагнитного перемешивателя (ЭМП) позволяет снизить количество поверхности дефектов в 2-3 раза, увеличить зону равноосных кристаллов в 50-100%, снизить центральной пористости и ликвацию до 0 балла, повышать скорость литья до 20-30% и уменьшить массу кристаллизатора вместе с ЭМП в 3 раза. Показано, что совместное использование ЭМП и вакууматора позволят расширать номенклатуры марок разливаемой стали, в том числе углеродистых и специальных сталей.

Açar sözlər: *kvadrat və boru pəstahları, vakuumator qurğusu, fasiləsiz tökmə maşını, maqnit qarışdırıcı, bağlı kontur*

Keywords: *square billet, pipe billet, device, degasser, continuous casting machine, magnetic stirrer, closed loop*

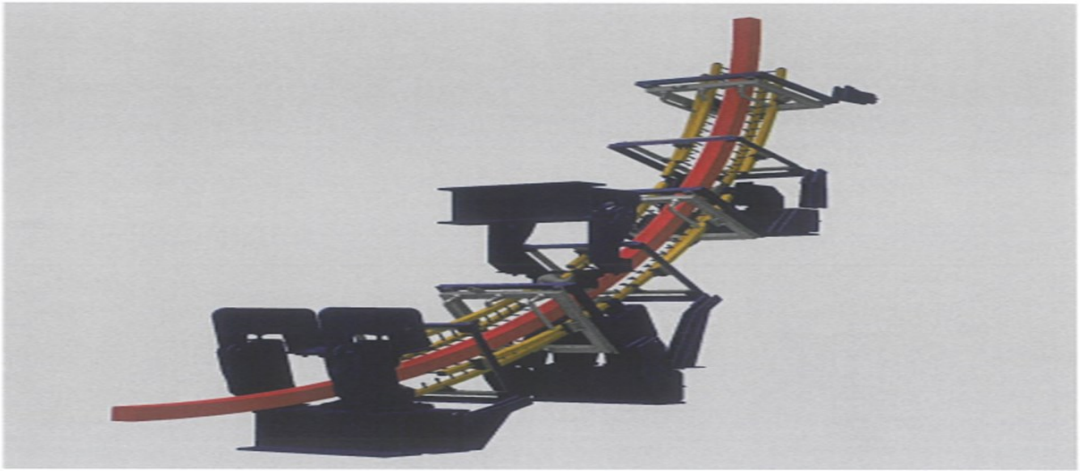
Ключевые слова: *квадратная заготовка, трубная заготовка, установка, вакууматор, машина непрерывного литья заготовок, магнитный перемешиватель, закрытый контур*

Giriş. "Baku Steel Company" MMC şirkətində yüksək keyfiyyətli polad pəstahlar istehsalını təmin edən yeni fasiləsiz tökmə maşınının quraşdırılması və sınaqları həyata keçirilir. Hazırda zavodda istismar olunan Pəstahların Fasiləsiz Tökmə Maşınının (PFTM) radial hissəsinin əyrilik radiusunun 6m və tökmə sürətinin xeyli aşağı olması keyfiyyətli pəstahların alınmasına şərait yaratmır [1-3].

Yeni quraşdırılan tökmə maşınının mövcud maşından üstünlüyü odur ki, radial hissənin əyrilik radiusu 10,2m-dir, maşın daha yüksək sıxlığa malik dörd axın xətli tökmə sisteminə malikdir və eyni vaxtda iki 60 tonluq çalovun yerləşdirilməsinə imkan verir. Şəkil 1-də yeni PFTM-in radial hissəsinin quruluşu göstərilmişdir. Yeni qurulan maşının daha bir özəlliyi ondan ibarətdir ki, poladın markasından asılı olaraq fasiləsiz tökməklə ölçüləri 100-200 mm-lik kvadrat, həm də 130-250 mm-lik dairəvi

pəstahların alınmasına imkan verir. Yeni maşının tökmə sürəti 0,5-6m/dəq intervalında dəyişir və pəstahın soyuma rejimi avtomatik tənzimlənir.

Yeni maşın pəstahların 6000-12000 mm uzunluqda tökülməsi, habelə sifarişçinin tələbinə uyğun uzunluqlarda pəstah istehsalı və pəstahların qaz kəsici ilə avtomatik kəsilməsini təmin edir. Radial tipli yeni fasiləsiz tökmə maşınının əsas özəlliklərindən biri də maye poladın kristallaşdırıcıya tökülməsinin qapalı mühitdə aparılmasıdır.



Şəkil 1. *Fasiləsiz tökmə maşınının radial hissəsi*

Bu halda maye metal çalovu, aralıq çalov və kristallaşdırıcı arasında məsafədə bağlı mühit yaradılır və kənar təsirlər olmadan tökmə prosesi yerinə yetirilir. Yeni Fasiləsiz Tökmə Maşınında kristallaşmanın daha nizamlı gedişini təmin edən kristallaşdırıcı gilizin başlanğıc hissəsində maqnitli qarışdırıcı qurğu yerləşdirilmişdir. Bu qurğu hesabına kristallaşma prosesi daha fəal gedir, kristal mərkəzlərinin yaranma və böyümə sürəti, həm də istiqaməti kristallaşma müddətindən asılı olaraq nizamlı şəkildə tənzimlənir Maqnit qarışdırıcı qurğu tətbiq etdikdə kristallaşma prosesində iridənəli struktur xırdadənəli strukturla əvəz olunur. Bu isə boruyayma üçün daha yüksək sıxlığa malik pəstah istehsalını təmin edir.

"Baku Steel Company" MMC-də vakuumator qurğusu ilə təchiz olunmuş yeni PFTM neftçıxarma sənayesi üçün daha yüksək keyfiyyətli boru pəstahlarının alınması və böyük dərinliklərdə yüksək təzyiq altında işləyən borular istehsal etməyə imkan verəcəkdir. Qeyd edək ki, sözügedən avadanlıqlar Zaqafqaziyada yalnız "Baku Steel Company" MMC-də qurulmuşdur və zavodun istehsal gücünü ildə 0,5mln tona çatdırmağa imkan verəcəkdir [2, 3]. Şəkil 2-də maye metal çalovunun PFTM-də yerləşdirilməsi göstərilmişdir.



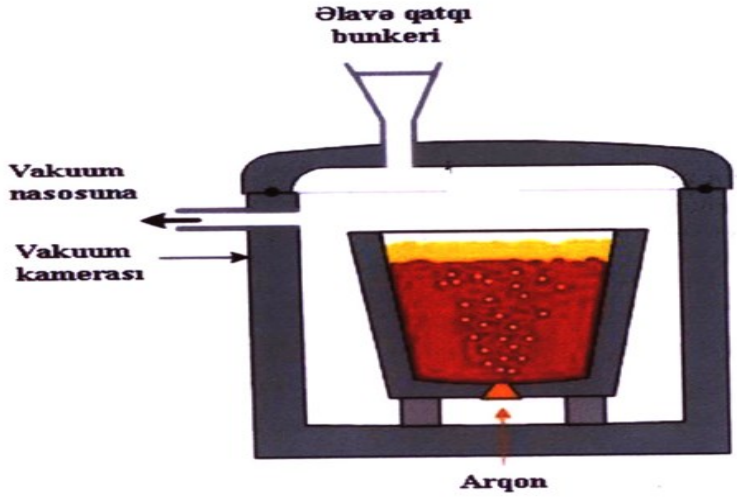
Şəkil 2. *Maye metal çalovunun PFTM-ə yerləşmə qurğusu*

Əsas məzmun. Son illər Azərbaycanın neft sektorunda xususi xas-səli polad borulara tələbat xeyli artmışdır. Bu tendensiyanı nəzərə alaraq "Baku Steel Company" MMC neftçıxarma sənayesində istifadə olunan yüksək təzyiqli qazma borularının APİ standartı və 01 yanvar 2021-ci il tarixdən qüvvədə olan yeni yaradılmış ГОСТ31446-2017 standartının tələblərinə cavab verən polad boruların istehsalını həyata keçirməyə başlamışdır. Bu məqsədlə şirkət yüksək keyfiyyətli polad istehsal etmək üçün xususi seyrəkliyə malik vakuum mühitində maye poladın emal edilməsi sahəsində işləri həyata keçirir.

Tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, vakuumator qurğusunun tətbiqi poladın markasından asılı olaraq daha dərin emal prosesini həyata keçirməklə yüksək keyfiyyətli boru pəstahlarının istehsalına imkan verir [4, 6]. Qeyd edək ki, fasiləsiz tökmə pəstahlarının istehsalında soba-çalovda emal prosesi poladda qeyri-metal birləşmələr, o cümlədən oksidlər (FeO, MnO SiO_2, P_2O_5) və Fe, Na, K-un azotla duzlu birləşmələri, habelə nitridlər ($Fe(NO_2)_3$, $NaNO_2$, KNO_2) və sulfidlərin (FeS, MnS, CuS, TiS) müəyyən dərəcədə təmizlənməsinə şərait yaradır.

Bundan başqa, sobada əritmə dövründə qaz və ovuntularla üfürmə, habelə çirkləndiricilərin kənarlaşdırılması üçün təsirsiz qaz mühitində vakuumator qurğusunda qalıq qazlardan təmizləmə poladı daha dərin emal etməyə imkan verir. Beləliklə, təsirsiz qazlar mühitində (Ar, He) vakuumator qurğusunda emal etməklə poladda olan O_2, N_2, H_2 kimi zərərli qazları maye poladdan daha dərindən təmizləmək və nəticədə keyfiyyətli məhsul əldə etmək olar.

Qeyd edək ki, yüksək təzyiq altında işləyən qazma boruları istehsalında maye poladın vakuumator qurğusunda emal edilməməsi metalın qazsızlaşdırılmasının tam həyata keçirilməsinə imkan vermir. Ona görə də borular markadan asılı olaraq sınaq müddətində 40-70 MPa təzyiqə yoxlanmaya davam gətirmir. Fikrimizcə, bunun əsas səbəbi əritmə prosesində yaranan qazlar və qeyri-metal birləşmələrin maye poladın tərkibindən tam kənarlaşdırıla bilinməməsidir. Hazırda bu məqsədlə "Baku Steel Company" MMC-də vakuumator qurğusunun quraşdırılması həyata keçirilir (şəkil 3).



Şəkil 3. *Vakuumator qurğusunun sxemi*

Bu qurğu maye metalla dolu çalovun vakuumator qurğusunun içərisinə yerləşdirilmə prinsipilə işləyir. Vakuumlaşdırma prosesini yaxşılaşdırmaq üçün metalı çalovun dibinə quraşdırılmış məsaməli tıxac vasitəsilə arqonla üfürürlər.

Vakuumlaşdırma prosesinin kinetikası. Poladın sənaye şəraitində vakuumla emal prosesini səmərəli aparmaq üçün qazsızlaşdırma reaksiyalarının sürəti və ona təsir edən amilləri bilmək lazımdır. Hidrogen və azotun kənarlaşdırılma kinetikası prosesin aşağıdakı əsas mərhələlərinin getməsilə təyin olunur:

- metal-qaz ayırma səthinə qazın atomlarının daşınması;

- hidrodinamik qarışdırma olmadıqda incə diffuziya qatı vasitəsilə diffuziya (maye vanna nə qədər intensiv qarışdırılırsa, diffuziya qatının qalınlığı bir o qədər az olur);
- səthi adsorbsiya qatında qazın atomlarının adsorbsiyası;
- molekullaşma reaksiyaları və qaz molekullarının yaranması;

$$2H_{agc} = H_2 \text{ və ya } 2N_{agc} = N_2;$$

- yaranan molekulların qaz fazasına desorbsiyası;
- səthdən qaz molekullarının getməsi və ya miqrasiyası.

Bu halda reaksiyanın sürəti Fik diffuziyasının birinci qanunu ilə yazılan tənliklə təqdim oluna bilər:

$$\frac{dc}{d\tau} = k\frac{F}{V}\cdot(C_S - C), \tag{1}$$

$$\ln\left[(C_s - C)/(C_s - C_0)\right] = -k\frac{F}{V}, \tag{2}$$

$$\ln\left[(P_s - P)/(P_s - P_0)\right] = -k\frac{F}{V}, \tag{3}$$

burada C – τ vaxtı ərzində poladdakı qazların konsentrasiyası; C_S – maye poladın səthində qazların taraz konsentrasiyası; C_0 – τ=0 vaxtında maye poladda qazların ilkin konsentrasiyası; $\frac{dc}{d\tau}$ – maye poladda həll olmuş qazların konsentrasiyasının dəyişmə sürəti; F – qazsızlaşdırmada səthin sahəsi; k – qazın tipi və maye poladın qarışdırılma intensivliyindən asılı olan kütləköçürmə əmsalı; V – maye poladın həcmi; P_s – tarazlıq yarandıqdan sonra maye polad üzərində qazların təzyiqi; P – τ vaxtından sonra maye polad üzərində qazların təzyiqi; P_0 – reaksiyanın başlanğıcında (τ=0) maye polad üzərində təzyiqdir.

(1) - (3) tənliklərindən görünür ki, qazsızlaşdırma sürətinə aşağıdakı amillər kömək edir: maye poladın səthi üzərində təzyiqin azalması; kütlə köçürmənin böyük əmsalı; səthin emal olunan metalın həcminə yüksək nisbəti. Bizim hal, yəni maye poladın çalovda qazsızlaşdırılması halı üçün demək olar ki, əgər çalov vakuum kamerada yerləşdirilirsə, onda qazsızlaşdırma üçün səthin yararlı sahəsi F maye poladın səthinə bərabər olacaqdır, yəni nisbət çox da böyük olmaya bilər. Bu nisbət arqon və digər qazlarla üfürməklə qarışdırmada, metalın ayrı-ayrı paylarının emalında əhəmiyyətli artırıla bilər. Qarışdırma kütləköçürmə əmsalının K artmasına kömək edir. Metal-qaz səthini bloklayan və azotun kənarlaşdırılma prosesinin getməsinə mane olan səthi-aktiv aşqarların iştirakı da böyük həmiyyət kəsb edir.

Belə aşqarlar sırasına, hər şeydən əvvəl, oksigen və kükürd aid edilə bilər. Ona görə metalın oksigensizləşdirilməsi və kükürdsüzləşdirilməsi vakuumlaşdırmada azotun kənarlaşdırma şəraitini hiss olunacaq dərəcədə asanlaşdırır [7,8]. Vakuum altında metalın saflaşdırma prosesi eyni zamanda karbon oksidlərinin qabarcıqlarının ayrılması ilə gedən proseslə sürəklənir, çünki qabarcıqlar metalı intensiv qarışdırır, hidrogen və azotun parsial təzyiqləri sıfra bərabər olduqda əlavə "vakuum kameraları" rolunda çıxış edirlər. Dəmirdə həll olmuş karbon və oksigenin qarşılıqlı təsir reaksiyasının limitləşdirici bəndi fazalararası səthin yaxınlığında kütləköçürmədir. Buna uyğun olaraq oksigen və karbonun konsentrasiyasının azalma sürəti aşağıdakı tənliklərlə yazılır:

$$\frac{d[O]}{d\tau} = k_o\frac{F}{V}\cdot([O]_s - [O]), \tag{4}$$

$$\frac{d[C]}{d\tau} = k_c \frac{F}{V} \cdot ([C]_s - [C]), \tag{5}$$

burada k_o, k_c – oksigen və karbonun kütləköçürmə əmsalları, sm/san; [O], [C] – mayedə oksigen və karbonun konsentrasiyası, %; $\frac{F}{V}$ – səthin həcmə nisbətidir, sm^{-1}.

Maye metalın vakuumlaşdırma prosesini həyata keçirən zavodların təcrübəsinin təhlili göstərir ki, metal tullantılarının iştirakı ilə şixtənin elektrik sobasında əridilməsi və sonra çalovda vakuum şəraitində emalı nəticəsində daha yüksək təmizliyə malik polad pəstahlar almaq mümkündür. Beləliklə, "Baku Steel Company" MMC-də hazırda həyata keçirilən tədbirlər, o cümlədən vakuumator qurğusu ilə təchiz olunmuş Pəstahları Fasiləsiz Tökmə Maşınının işə salınması ölkə və MDB məkanında neftçıxarma sənayesi üçün böyük dərinlik və təzyiqlərdə işləyən yüksək keyfiyyətli pəstahlar və onlardan boruların istehsalına imkan verəcəkdir.

Nəticə. Pəstahları Fasiləsiz Tökmə Maşınında (PFTM) radial hissənin əyrilik radiusunun 10,2m götürülməsi kvadrat və boru pəstahlarında daha əlverişli strukturun formalaşması və daha intensiv tökmə sürətinin seçilməsinə imkan verir, həm də bu halda pəstahlarda səth qüsurları müşahidə olunmur. Yeni quraşdırılan PFTM-də tökülən kvadrat və boru pəstahların yüksək keyfiyyətinə maye poladı bağlı konturla tökməklə nail olunur. Soba-çalov və vakuumator qurğularında maye metalı təsirsiz qaz mühitində üfürməklə boru pəstahlarının struktur və xassələrinin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşması gözlənilir. Vakuumator qurğusunda emal olunan poladın tərkibində qeyri-metal ünsürlərin azaldılması hesabına əritmə müddətində qazlarla çirklənən poladın yüksək keyfiyyətini təmin etmək mümkündür.

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişaf Fondunun maliyyə dəstəyilə yerinə yetirilmişdir: Qrant №EİF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.

Ədəbiyyat

1. Kərimov R.İ., Quliyev F.T. Fasiləsiz tökmə pəstahları (qüsurlar, onların aradan qaldırılma tədbirləri). Bakı, Sabah, 2018. 144 s.
2. Рахманов С.Р., Тополов В.Л., Гасик М.И., Мамедов А.Т., Азимов А.А. Процессы и машины электрометаллургического производства. Баку-Днепр-Сабах, 2017. 568 с.
3. Фролов Я.В., Рахманов С.Р., Бабанлы М.Б., Керимов Р.И., Мамедов А.Т.Технологические процессы и станы холодной пильгерной прокатки труб. Днепр-Баку-Сабах, 2020, 303 с.
4. Величко А.Г., Рахманов С.Р., Бабанлы М.Б., Мамедов А.Т., Байрамов А.Т. Внепечная обработка при производтве высококачественных сталей. Монография. НМетАУ и АГУНП, Баку, 2021, 467 с.
5. Величко А.Г. Технологии підвищення якості сталі. Дніпропетровськ, 2016, 196 с.
6. Величко А.Г. Внепечная обработка стали. Днепропетровск: Системные технологии, 2005, 670 с.
7. Ярошенко Ю.Г. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии. Учеб. пособие: Екатеринбург, ООО "УИПУ", 2012, 670 с.
8. Рахманов С.Р., Мамедов А.Т. и др. Машиностроительные материалы. Монография. НМетАУ и АзТУ, Баку, 2017, 410 с.

Məqalə qəbul olunub: 26.09.23
Tövsiyə edib: dos. Xankişiyev İ.A.

UOT 658.7

MULTİMODAL LOGİSTİK NƏQLİYYAT-PAYLAYICI MƏRKƏZİNİN TƏŞKİLATİ-FUNKSİONAL STRUKTURUNUN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Rəhimov C.R.

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

Xülasə. *Məqalədə multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzinin (MLNPM) təşkilati-funksional strukturunun modelləşdirilməsinə baxılmışdır. Multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzlərinin informasiya təminatı və inteqrasiyalı altsisteminin formalaşdırılması öyrənilmişdir. Eyni zamanda multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı sisteminin (MLNPS) informasiya təminatının təşkilati strukturu işlənilmişdir. Multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı sisteminin telekommunikasiya şəbəkəsinin iyerarxik strukturu hazırlanmışdır. Multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzin inkişafı üçün normativ-hüquqi təminat məsələlərinə baxılmışdır.*

Abstract. *The article considers the modeling of the organizational and functional structure of a multimodal logistics transport and distribution center (MLTDC). The formation of information support and an integrated subsystem of multimodal logistics transport and distribution centers has been studied. At the same time, the organizational structure of the information support of the multimodal logistics transport and distribution system (MLTDS) was developed. A hierarchical structure of the telecommunications network of a multimodal logistics transport and distribution system has been developed. the issues of regulatory and legal support for the development of a multimodal logistics transport and distribution center were considered.*

Аннотация. *В статье рассмотрено моделирование организационно-функциональной структуры мультимодального логистического транспортно-распределительного центра (МЛТРЦ). Исследовано формирование информационного обеспечения и интегрированной подсистемы мультимодальных логистических транспортно-распределительных центров. При этом была разработана организационная структура информационного обеспечения мультимодальной логистической транспортно-распределительной системы (МЛТРС). Разработана иерархическая структура телекоммуникационной сети мультимодальной логистической транспортно-распределительной системы. рассмотрены вопросы нормативно-правового обеспечения развития мультимодального логистического транспортно-распределительного центра.*

Açar sözlər: *nəqliyyat, multimodal logistika, modelləşdirmə, inteqrasiya, alt sistem, telekommunikasiya, regional, funksional, yük, əmtəə, çeviklik, adaptivlik, dəqiqlik, rasional, potensial, sxemlər, ekspedisiya, subyekt, informasiya*

Key words: *transport, multimodal, logistics, modeling, integration, subsystem, telecommunications, regional, functional, standard, freight, commodity, flexibility, manufacturability, accuracy, rational potential, schemes, expedition, subject, information*

Ключевые слова: *транспорт, мультимодальная, логистика, моделирование, интеграция, подсистема, телекоммуникация, региональный, функциональный, грузовой, товарный, гибкость, технологичность, точность, рациональный потенциал, схемы, экспедиция, предмет, информация*

Giriş. MLNPS-in formalaşdırılması metodologiyası sistemli, proqram-məqsədli və logistikanın inteqral paradiqmasına əsaslanır. Mürəkkəb sosial-iqtisadi obyektlərin sintezi zamanı tətbiq edilən

sistemli yanaşmanın əsas prinsipləri və müddəaları milli və funksional xüsusiyyətləri də nəzərə alınmaqla LNPS-in sintezində dəqiqləşmələr və konkretləşmələr tələb edir. Çünki, MLNPS öz növbəsində MLNPS mürəkkəb dinamik iyerarxik və stoxastik sistemdir, çoxsaylı qarşılıqlı təsir və qarşılıqlı əlaqədə olan elementlərdən – özləri də çoxsəviyyəli iyerarxik strukturlu logisstik sistem bloklarından ibarətdir. MLNPS-in bəndləri (elementləri) məqsədli və funksional təyinatlı nisbi stabilliklə səciyyə olunur, lakin bütövlükdə MLNPS üçün onlar logistik funksiyalarının qarşılıqlı əvəzedilməsi və aqreqatlaşdırılması imkanlarına görə qeyri-müəyyəndir.

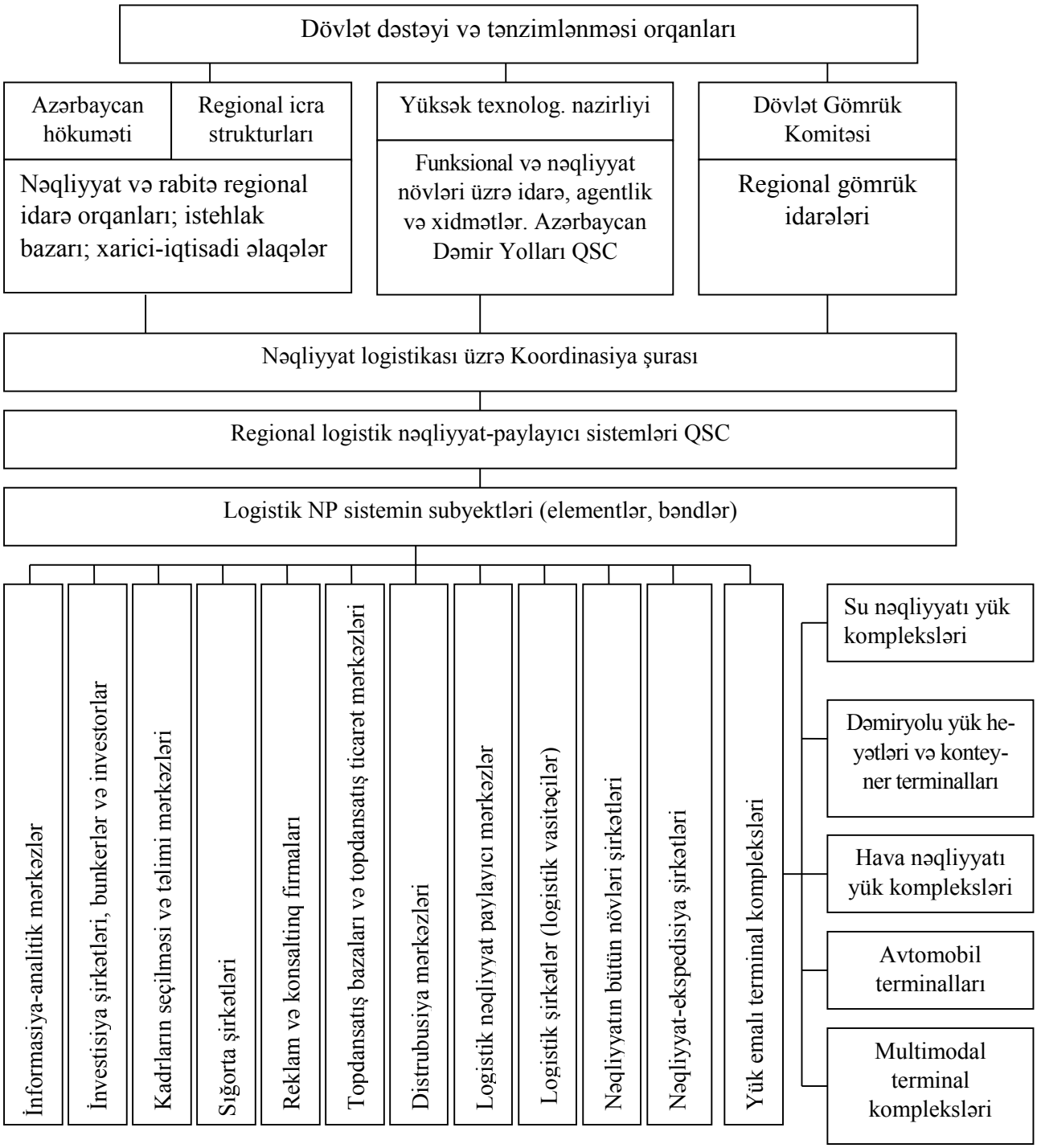
MLNPS-in yaradılması və fəaliyyəti yük və əmtəə dövriyyəsi prosesinin logistik idarə edilməsinin inkişafına əsaslanır, həmçinin beynəlxalq standartlara uyğun logistik nəqliyyat-paylayıcı sistemin (LNPS) formalaşmasını tələb edir. MLNPS-in fəaliyyəti və inkişafının idarə edilməsinin təşkilati strukturunun qurulmasının əsasında funksional və təminedici altsistemlərdən ibarət olan təşkilati-funksional struktur durur [1].

Məsələnin qoyuluşu. Multimodal terminal kompleksləri əsasında formalaşan inteqrasiyalı MLNPS-in idarə edilməsinin təşkilati strukturu şəkil 1-də təqdim olunmuşdur. Qarşıya qoyulan məqsəd MLNPM-nin təşkilati-funksional strukturunun modelləşdirilməsidir.

MLNPM-in yaradılması üzrə məqsədli proqramların reallaşdırılmasının idarə edilməsi orqanlarının formalaşdırılması zamanı aşağıdakı əsas prinsiplərin rəhbər tutulması məqsədəuyğundur:

- mürəkkəb və geniş şaxələnmiş LNPS kimi bir sistemin idarə edilməsi Azərbaycan iqtisadiyyatının, eləcə də təcrübi olaraq bütün sahələrin inkişafına güclü təsir göstərdiyindən üç səviyyəli xarakter daşımalıdır: beynəlxalq, milli və regional (yerli). Bu zaman müxtəlif səviyyəli idarəetmə orqanları arasında funksiya və səlahiyyətlərin səlis bölgüsü, qarşılıqlı maraqlar dairəsində uzlaşdırılmış birgə qərarların qəbul edilməsi tələb olunur;
- bazar iqtisadiyyatı xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması, hər şeydən əvvəl, qarşılıqlı faydalı əməkdaşlıq şərtlərinə əməl edilməsi, sistemin subyektləri arasında məcmu sinergetik effektin paylaşdırılması, iqtisadi güzəştlərə nail olunması və maraqların razılaşdırılması əsasında inteqrasiya olunmuş yük hərəkəti logistik sistem iştirakçılarının iqtisadi-hüquqi qarşılıqlı münasibətlərinin vahid sisteminin yaradılmasını nəzərdə tutur;
- marketinq və logistik menecment metodlarının nəqliyyat müəssisələrinin iş təcrübəsinə tətbiqi əsasında ölkənin nəqliyyat kompleksinin müəssisə və təşkilatlarının rəqabət qabiliyyətinin təmin edilməsi, nəqliyyat-logistik servisin inkişafı əsasında müştərilərin tələblərinin kəmiyyət və keyfiyyətcə maksimum ödənilməsi;
- yük və əmtəə dövriyyəsi sistemində mütərəqqi terminal texnologiyalarının təşkili və idarəetmənin logistik prinsiplərinin tətbiqi əsasında ölkədə nəqliyyat-ekspedisiya və logistik xidmətin keyfiyyətinin yüksəldilməsi məqsədilə, bu fəaliyyət sahələrində sahibkarlığın lisenziyalaşdırılması əsasında nəqliyyat-ekspedisiya və logistik xidmətlər bazarının inkişafının birbaşa dövlət tənzimlənməsi mexanizminin tətbiqi;
- büdcə və büdcədən kənar mənbələrin, o cümlədən iri və kiçik ölkə biznes-kommersiya strukturları və xarici kapitalı cəlb etməklə, ölkə ərazisində yerləşən nəqliyyat qovşaqlarında nəqliyyat və logistik infrastrukturun inkişafının pay bölgüsü üzrə maliyyələşdirilməsinin təmin edilməsi;
- intermodal əlaqəli operatorun iştirakı ilə qarışıq xarici ticarət yük daşımalarının təşkilində nəqliyyatın bütün növlərinin koordinasiyalı və qarşılıqlı əlaqəli işinə əsaslanan intermodal konsepsiyanın ümumşəbəkə (regional) nəqliyyat qovşağında reallaşdırılması;
- milli logistik nəqliyyat-paylayıcı sistem iştirakçılarının informasiya təminatının inteqrasiyalı sisteminin yaradılması üçün zəruri təşkilati-iqtisadi və istehsal-texniki şəraitlərin təmin edilməsi;
- əmtəə-material və onları müşayiət edən servis, informasiya və maliyyə axınlarının idarə edilməsində mütərəqqi terminal texnologiyaları və logistik yanaşmağa öyrədilməklə nəqliyyat-

ekspedisiya, servis və logistik fəaliyyətin digər (daşıma, anbarlama, paylayıcı və s.) sahələrində kadrların peşəkar hazırlığı və yenidən hazırlığının təşkili;



Şəkil 1. *Multimodal terminal kompleksləri əsasında formalaşan inteqrasiyalı milli nəqliyyat-paylayıcı sistemin idarə edilməsinin təşkilati strukturu*

– lisenziya sistemi, logistik infrastruktur obyektlərinə sərmayələrin güzəştli kreditləşdirilməsi, güzəştli vergiqoyma, terminal kompleksləri və logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzlərin, həmçinin digər regional distributiv şəbəkə obyektlərinin tikilməsinə torpaq sahələrinin ayrılması, regional nəqliyyat-paylayıcı sistemin iştirakçılarına eyni sərfəli şərtlərin təmin

edilməsinə yönəlmiş normativ-hüquqi tənzimləmə də daxil olmaqla dövlət və bələdiyyə tənzimləməsinin tətbiqi əsasında LNPS iştirakçılarına daha münasib şəraitin təmin edilməsi ilə dövlət dəstəyi və tənzimlənməsi sisteminin yaradılması;

– regionlararası və beynəlxalq inteqrasiyalı nəqliyyat-logistik sistemlərin formalaşdırılması əsasında LS-in yük və əmtəə hərəkətinin milli və beynəlxalq logistik sistemlərinə inteqrasiyasının təmin edilməsi.

Beləliklə, ümumşəbəkə (multimodal) nəqliyyat qovşağı əsasında formalaşdırılan inteqrasiyalı LNPS-in təşkilati idarəetmə strukturunda xüsusi yeri sxemdə təqdim olunmuş regional idarəetmə orqanları tutur. Yəni, nəqliyyat və rabitə üzrə regional idarələr, istehlak bazarı, xarici iqtisadi əlaqələr, elm və texnologiyalar; Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin nəqliyyat və rabitə sahələri üzrə ərazi orqanları; nəqliyyat növləri üzrə Departament və Agentliklər; Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi, Azərbaycan Dəmir Yolları, Azərbaycan Hava Yolları; Dövlət Gömrük Komitəsinin regional idarələri və s. [2]

Ölkə logistik nəqliyyat-paylayıcı sistemin (MLNPS) informasiya məkanı telekommunikasiya, proqram-texniki, informasiya və təşkilati-iqtisadi mühiti ilə müvafiq strukturları və onlar arasında normativ-hüquqi aktlarla müəyyən edilmiş təşkilati-iqtisadi münasibətləri özündə ehtiva edir. Telekommunikasiya və intellektual dəstəyin müasir vasitələrinin istifadəsinə əsaslanan vahid inteqrasiyalı informasiya məkanının ölkədə yaradılması MLNPS-in səmərəli fəaliyyət göstərməsi ilə yanaşı, idarəetmə orqanlarının səmərəli fəaliyyətini təmin edər. Həmçinin ölkə ərazisində yerləşən multimodal nəqliyyat qovşağında nəqliyyat növlərinin koordinasiya və qarşılıqlı təsirinin səmərəliliyi yüksələr. Ölkədə vahid informasiya məkanının formalaşdırılmasına bütövlükdə nəqliyyat-paylayıcı sistemin fəaliyyətinin idarə edilməsi sisteminin tərkib hissəsi kimi baxmaq lazımdır, bu zaman o inteqrasiyaedici rol oynayacaq, sahə və regional vəzifələrin həllində rasional potensial imkanları daha da artıracaqdır.

İnteqrasiyalı informasiya altsisteminin qurulmasının əsasında aşağıdakı əsas prinsiplər durmalıdır.

İstifadəçi üçün informasiyanın dolğunluğu və yararlılığı. MLNPS-in menecmenti qərarlar qəbul etmək üçün zəruri (kifayət) və dolğun, özü də ona lazım olan şəkildə informasiyaya malik olmalıdır. Məsələn, hazır məhsul ehtiyatlarının və ya istehsalçıların (yük göndərənlərin) yüklərin daşınmasına dair informasiyaları çox vaxt ilkin emal tələb edir və nəqliyyatçı təşkilatın menecerinin qərar qəbul etdiyi iş yerində yerləşdirilmir. Odur ki, informasiya sistemi informasiyanı müvafiq nəqliyyat-logistik funksiyaların və əməliyyatların yerinə yetirilməsində tələb olunan yerdə, şəkildə və dolğunluqla təqdim etməlidir.

İlkin informasiyanın dəqiqliyi və dürüstlüyü. Düzgün qərarlar qəbul etmək üçün ilkin informasiyanın dəqiqliyi prinsipial əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, müasir LNPS-də distributiv şəbəkədə yük ehtiyatlarının səviyyəsi barədə informasiyada səhvlər və ya fiziki paylanma ehtiyatlarının yaradılması və istehlakçıların məmnunluğunda qeyri-müəyyənlik 1%-dən çox olmamalıdır. İlkin məlumatların dəqiqliyi və dürüstlüyü tələbatın proqnozlaşdırılması, məhsul həcminin planlaşdırılması, yük daşımalarının istiqamətləri və strukturunun müəyyənləşdirilməsində böyük əhəmiyyət kəsb edir.

İnformasiyanın vaxtında daxil olması. Yük daşımalarına tələbata dair informasiya menecment sisteminə vaxtında daxil olmalıdır. Bunu nəqliyyat-logistik texnologiyaların əksəri, xüsusən just in time (dəqiq vaxtında) konsepsiyasına əsaslanana texnologiyalar tələb edir. İnformasiyanın vaxtında verilməsi LNPS-də təcrübi olaraq bütün nəqliyyat-paylayıcı logistik funksiyası və əməliyyatlar üçün çox vacibdir. Bundan başqa, nəqletmədə, əməliyyat menecmentində, sifariş və ehtiyatların idarə edilməsində bir çox məsələlər real zaman rejimində (on line) həll olunur. Bunu həm də nəqliyyat logistik monitorinqin çoxsaylı məsələləri tələb edir. İnformasiyanın vaxtında daxil olması və emalı tələbi skanerləmə, peyk naviqasiyası, ştrixli kodlaşdırma, EDİ/EDİFACT standartlarının tətbiqinin müasir logistik texnologiyaları vasitəsilə də reallaşdırıla bilər.

İnformasiyanın çevikliyi və adaptivliyi. MLNPS-də sirkulyasiya edən informasiyalar konkret istifadəçilər üçün uyğunlaşdırılmalı və onlar üçün istifadəyə daha rahat şəkildə olmalıdır. Bu, həm firmanın personalı, həm də LNPS-ə daxil olan logistik vasitəçilər və son istehlakçılara aiddir.

Kağız və elektron sənəd dövriyyəsi, aralıq və çıxış formaları, hesabatlar, arayış və digər sənədlər nəqliyyat-paylayıcı logistik proseslərin bütün iştirakçılarının tələblərinə uyğunlaşdırılmalı və mümkün çoxistifadəli interfeysə adaptasiya olunmalıdır.

Müxtəlif istifadəçilər üçün informasiyanın uyğunluğu. İnformasiya sisteminin kompüter və telekommunikasiya şəbəkələrində tətbiq edilən verilənlər və məlumatların formatları texniki sistemlərin məhsuldarlığına (yaddaşın həcmi, sürətliliyi, buraxıcılıq qabiliyyəti və s.) maksimal imkan verməlidir.

Sənədlərin növləri və formaları, kağız sənədlərdə rekvizitlərin yerləşməsi, verilənlərin ölçüləri və digər parametrlər informasiyanın maşın emalını asanlaşdırmalıdır. Bundan başqa, nəqliyyatın bütün növləri üzrə daşıyıcıların, ekspeditorların, logistik vasitəçilər və verilənlər formatının digər istifadəçilərinin kompüter və telekommunikasiya sistemlərinin informasiya uyğunluğu təmin edilməlidir. Qeyd edək ki, MLNPS-in informasiya dəstəyini üç aspektdə araşdırmaq lazımdır: ərazi (sahə), ölkə və beynəlxalq miqyaslarda [3].

Ərazi mövqeyindən LNPS-in informasiya təminatı regionun telekommunikasiya mühitinin elementi kimi çıxış edir. Bu isə mühitin digər elementləri ilə uyğunluq tələbini ön plana çəkir, müxtəlif informasiyaların regionun maraqları çərçivəsində emalı zərurətini ortaya qoyur.

Sahə aspekti informasiya dəstəyini nəqliyyatın müəyyən növünün və ya ayrıca nəqliyyat müəssisələrinin idarə edilməsinin vacib tərkib hissəsi kimi baxılmasını nəzərdə tutur. Problem ümumi maraqlar naminə regionun və nəqliyyat növünün informasiya resurslarının rasional uyğunlaşdırılmasından ibarətdir.

Aydındır ki, milli logistik nəqliyyat-paylayıcı sistem beynəlxalq nəqliyyat sisteminin tərkib hissəsi və ya elementdir. Onun səmərəli istifadə edilməsi ərazilərin və regionların sosial-iqtisadi inkişafına, Azərbaycanın Avropa İttifaqı iqtisadi məkanına inteqrasiyasına kömək edir.

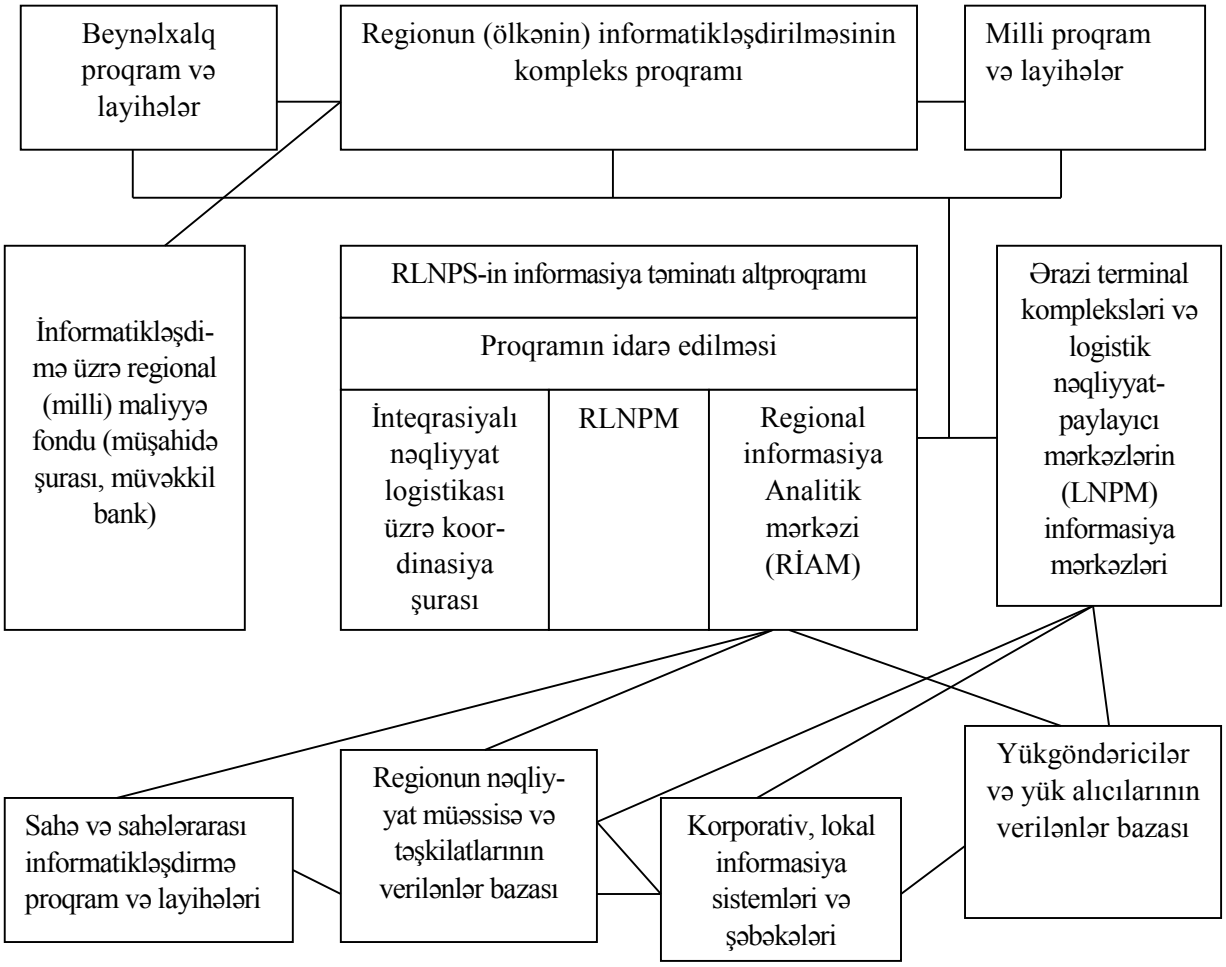
Bununla yanaşı, logistik nəqliyyat sistemləri nəqliyyat logistikası, ticarət, bank, sığorta, vergi və gömrük əməliyyatları sahəsində aparılan bu günkü informatikləşdirmədə qəbul edilmiş vahid yanaşmalara riayət edilməsini tələb edir.

Bu problemlərin ən yaxşı həlli dünya standartları və protokollara uyğun razılaşdırılmış və ekvivalent quruluşa malik sənəd dövriyyəsi və normativ-hüquqi bazaya əsaslanan informasiya mübadiləsinin təşkili şəraitində mümkünüdür. Belə tələblər yalnız regionda vahid informasiya məkanının mövcudluğu şəraitində yerinə yetirilə bilər.

MLNPS-in fəaliyyətinin çoxfunksiyalılığı və özünəməxsusluğu, bir tərəfdən, ölkə ərazisində məskunlaşmış müəssisə və təşkilatların nəqliyyat-paylayıcı strukturlarla səmərəli qarşılıqlı təsiri zərurəti, digər tərəfdən isə etibarlı koordinasiya mexanizmlərinin yaradılmasını tələb edir.

Müasir şəraitdə bu problemin həlli nəqliyyatın, terminalların, LNPM, logistik vasitəçi şirkətlərin – yük və əmtəə hərəkəti sistemi təşkilatçılarının və vahid informasiya məkanı çərçivəsində fəaliyyət göstərən sosial-iqtisadi kompleksin digər obyekt və subyektlərinin fəaliyyətinin koordinasiyası vasitəsilə mümkündür.

Beləliklə, vahid informasiya məkanı (VİM) strateji məqsəd kimi qoyulur, ona nail olmağa isə MLNPS-in informasiya təminatı altproqramı yönəldilməlidir. Şəkil 2-də yuxarıda şərh olunan prinsiplər əsasında qurulmuş MLNPS-in informasiya dəstəyinin tövsiyə olunan təşkilati strukturu təqdim olunmuşdur. Şəkil 3-də MLNPS-in telekommunikasiya şəbəkəsinin iyerarxik strukturu təsvir olunmuşdur. Göründüyü kimi, ölkənin vahid informasiya məkanında baş koordinator qismində regional informasiya-analitik mərkəz (RİAM) təklif olunur. RİAM regional logistik nəqliyyat-paylayıcı mərkəzin (RLNPM) tərkibinə girir.

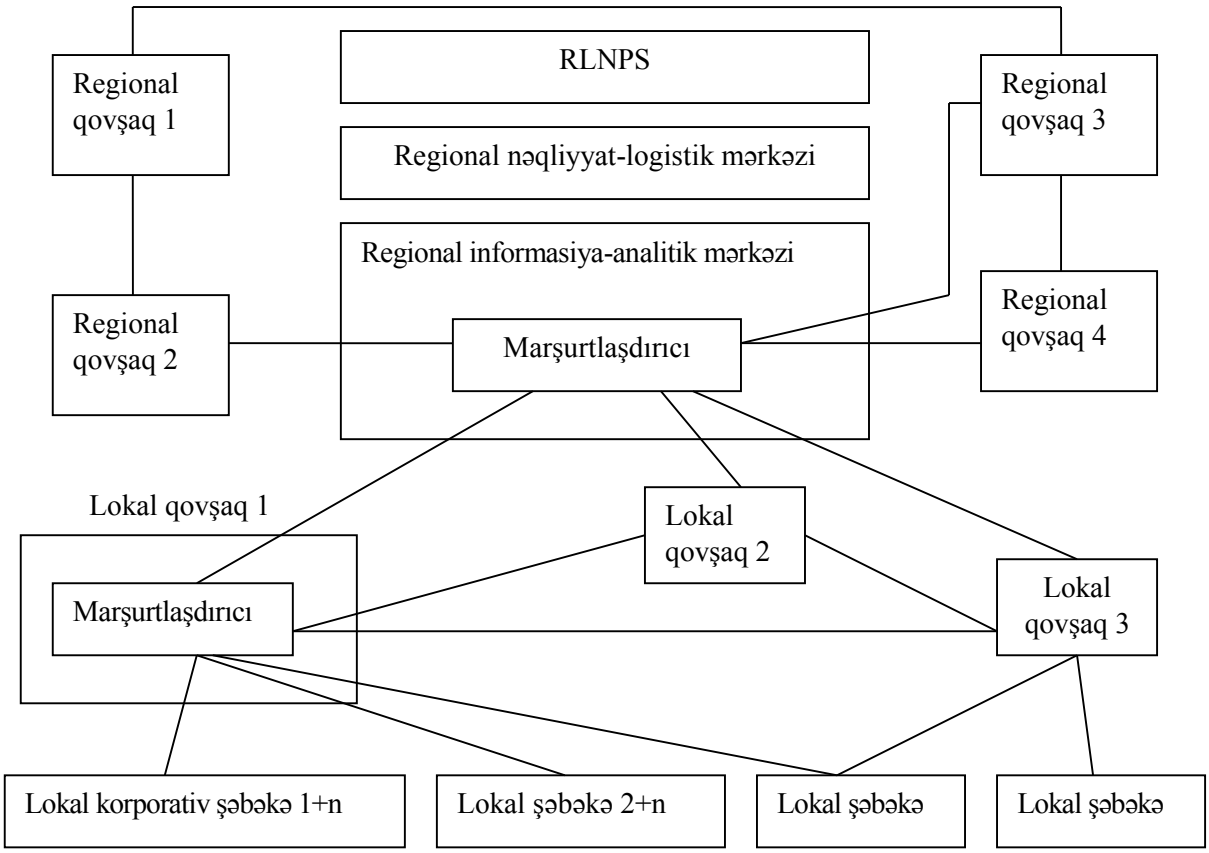


Şəkil 2. *MLNPS-in informasiya təminatının təşkilati strukturu*

MLNPS-in informasiya dəstəyi altproqramının əsas məqsədlərini aşağıdakıları hesab etmək olar:

1. MLNPS-in informatikləşdirilməsi sisteminin yaradılması və inkişafı üzrə işlərin koordinasiyası, onların milli və beynəlxalq layihə və proqramları ilə uyğunluğu və qarşılıqlı təsirlərinin təmin edilməsi, nəqliyyat-paylayıcı kompleksinin informasiya və telekommunikasiya infrastrukturu və nəqliyyat logistikasının təkmilləşdirilməsi.
2. Razılaşdırılmış konseptual baza və dünya standartları əsasında vahid regional informasiya məkanının yaradılmasında iştirak.
3. Ölkənin nəqliyyat kompleksinin bütün növləri və bəndlərinin dayanıqlı idarə edilməsini təmin edən LNPS-in infromatikləşmə infrastrukturunun formalaşdırılması və inkişafı.
4. Ölkədə istifadəçilərin geniş dairəsinə müasir telekommunikasiya və informasiya xidmətlərinin göstərilməsi.
5. Nəqliyyat-logistik servisin təşkili və həyata keçirilməsi zamanı nəqliyyat logistikası, informasiya uyğunluğu və informasiyanın elektron mübadiləsinin digər sferalarında beynəlxalq əməkdaşlığın həyata keçirilməsi.

Qoyulmuş məqsədlərə nail olmaq üçün MLNPS-in informasiya təminatı altproqramında aşağıdakı vəzifələri həll etmək lazımdır:



Şəkil 3. *MLNPS-in telekommunikasiya şəbəkəsinin iyerarxik strukturu*

- ✓ ölkədə LNPS-in telekommunikasiya mühiti və informasiya infrastrukturunun inkişafı plan və layihələrinin işlənməsi zamanı sahələr və nəqliyyat idarələri arasında altproqram çərçivəsində qarşılıqlı təsirlərin təşkili;
- ✓ idarəetmə, informatikləşdirmə və telekommunikasiya sahəsində LNPS-in maraqlarına toxunan beynəlxalq və milli layihə və altproqramlarla altproqram çərçivəsində qarşılıqlı təsirlərin təşkili;
- ✓ idarəetmə ərazisində yerləşən LNPS-in müxtəlif bəndlərinin vəziyyəti və fəaliyyəti barədə dövlət və icra idarəetmə orqanlarının informasiya təminatı sahəsində ərazilərin informatikləşdirilməsi proqramları ilə qarşılıqlı təsirlərin təşkili;
- ✓ nəqliyyat-logistik servisin informatikləşdirilməsi sahəsində ümumi istifadə təyinatlı verilənlər bazası və banklarının regional sistemi ilə qarşılıqlı təsirlərin təşkili;
- ✓ LNPS-in vahid informasiya məkanının metodologiyası, texnologiyası və təşkilinin formalaşdırılmasında iştirak;
- ✓ LNPS-in müxtəlif struktur bəndlərinin proqram texniki komplekslərinin yaradılması və inkişafı konsepsiyası, proqramları və layihələrinin işlənməsi və reallaşdırılması;
- ✓ beynəlxalq və milli nəqliyyat xətlərində təqdim olunan informasiya xidmətlərinin kəmiyyət və keyfiyyətinin artırılması;
- ✓ ölkənin informasiya təhlükəsizliyinin təmini tələbləri və prinsiplərinə uyğun olaraq informasiya fondlarına girməyin sanksiyalı giriş rejiminin, informasiyanın etibarlı mühafizəsi və saxlanmasının zəruri səviyyəsinin təmini;
- ✓ ölkədə və regionda yük və əmtəə hərəkəti sisteminin rasionallaşdırılması üzrə kompleks funksional qarşılıqlı əlaqəli vəzifələri həll edən, terminal kompleksləri və logistik-nəqliyyat-

paylayıcı mərkəzlərin tərkib hissəsi kimi informasiya-analitik mərkəzlərin (İAM) yaradılması layihələrinin işlənməsi və reallaşdırılması.

Ölkədə formalaşdırılan LNPS-in fəaliyyəti və inkişafında normativ-hüquqi təminat altsistemi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, LNPS-in formalaşdırılması proqramının reallaşdırılmasının normativ-hüquqi təminatının altsisteminin məqsədləri aşağıdakılardır:

- ✓ vahid normativ-hüquqi məkanın və LNPS iştirakçıları və subyektlərinin iqtisadi qarşılıqlı əlaqələrinin qarşılıqlı faydalı sisteminin yaradılması;
- ✓ nəqliyyat-logistik fəaliyyətin dövlət tənzimlənməsi altsisteminin yaradılması, LNPS iştirakçılarına daha münbit şəraitin təmin edilməsi;
- ✓ regionda və ölkədə nəqliyyat logistik xidmətlərin sivil bazarının yaradılması;
- ✓ beynəlxalq standartlara uyğun yeni nəsil iri multimodal terminal kompleksləri və LNPM-nin nəqliyyat şəbəkəsi qovşaqlarında yaradılması, eləcə də nəqliyyat-logistik infrastrukturun digər elementlərinin inkişafına böyük sərmayələrin, o cümlədən xarici investorların cəlb edilməsi üçün şəraitin təmini.

Daxili və beynəlxalq bazarda nəqliyyatın inkişafını təmin etmək məqsədilə nəqliyyat servisinin, ilk növbədə nəqliyyat-ekspedisiya və logistik xidmətin sürətli inkişafı vəzifəsi qoyulmalıdır. Logistik xidmətlər yüklərin daşınması, terminallarda emalı, eləcə də nəqliyyatın bütün növlərində müxtəlif mülkiyyət formasında xırda, orta və iri ekspeditor təşkilatları və logistik vasitəçi şirkətlərinin yaradılması ilə əlaqədar iş və xidmətlərin geniş kompleksini əhatə etməlidir [4].

Bu müddəanın təsdiqini altsahə kimi fəaliyyətinin əsas şərtlərini tənzimləyən Nəqliyyat Strategiyasının "Nəqliyyat ekspedisiyası" bölməsində təsbit olunması göstərir. Elə bu Strategiyada "Nəqliyyat-ekspedisiya fəaliyyəti haqqında" Qanunun işlənib hazırlanması zərurəti qeyd olunmuşdur. Strategiyada nəqliyyat ekspedisiyaları xidmətinin inkişaf etdirilməsi və fəaliyyətinin tənzimlənməsinin ümumi məsələləri əksini tapmışdır.

Nəqliyyat-ekspedisiya fəaliyyəti haqqında qanunvericilik aktına zərurətin vacibliyini təsdiqləyərək, qeyd etməliyik ki, hətta bu sənəd mükəmməl olsa belə, bütün məsələləri həll edə bilməyəcəkdir. Nəqliyyat-ekspedisiya fəaliyyətinin dövlət tərəfindən tənzimlənməsi və stimullaşdırılması tədbirlərinin işlənməsi üçün Nəqliyyat Nazirliyi və bütün maraqlı təşkilatların, habelə sahənin görkəmi alim və mütəxəssislərinin cəlb edilməsi ilə elm-texniki konfrans və metodoloji seminarların keçirilməsi də faydalı ola bilərdi.

Məsələn, Nəqliyyat Strategiyasında nəqliyyat-ekspedisiya fəaliyyətində mütərəqqi bir yanaşma kimi logistik yanaşmanın daha geniş tətbiq edilməsi zərurəti vurğulanmalıdır. Çünki, əvvəllər də qeyd etdiyimiz kimi, bir çox qabaqcıl Qərb şirkətləri, son vaxtlar isə Rusiya firmaları nəqliyyat-ekspedisiya biznesinə daha çox diqqət yetirərək, özlərini logistik şirkətlər adlandırır, bununla da mütərəqqi logistik texnologiyaların tətbiqini müştərilərə xidmətdə ön plana çəkirlər.

Hazırda nəqliyyat xidmətləri bazarında ekspeditor fəaliyyəti böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ekspeditor burada əsas rollardan birini oynayır, ekspeditor əmtəə-material və müşayiətedici servis, informasiya və maliyyə axınlarının təşkili və hərəkəti ilə əlaqədar logistik funksiyaların daha böyük miqdarını özündə birləşdirir.

Qeyd etdiyimiz kimi, nəqliyyat xidmətləri bazarında rəqabət mühitinin formalaşması şəraitində nəqliyyat xidmətinin keyfiyyətinə tələblər xeyli artır, yük daşımalarına tələbin strukturu dəyişir. Yük nəqliyyatında xırda göndərişlərin çatdırılmasına, konteyner daşımalarının təşkilində, şəhərlərarası və beynəlxalq daşımalarda nəqliyyat-ekspedisiya xidmətlərinə, təcili və bahalı yüklərin çatdırılmasına tələbat durmadan artır. Bunlar son istehlakçıya yüklərin çatdırılmasının təşkilində prinsipcə yeni yanaşma tələb edir, onun əsasında nəqletmənin təşkili və idarə edilməsinin logistik prinsipləri və logistika texnologiyaları durur. Qeyd edək ki, beynəlxalq yük daşımalarında yük sahiblərinə göstərilən nəqliyyat xidmətinin keyfiyyəti, milli nəqliyyat operatorlarının rəqabət qabiliyyətinin təmini, hər şeydən əvvəl, təqdim edilən nəqliyyat-ekspedisiya xidmətlərinin səviyyəsindən, daşıma prosesində tətbiq edilən texnologiyalardan, eləcə də əmtəə-material axınlarının informasiya müşayiəti

də daxil olmaqla göstərilən nəqliyyat-logistik servisin xarakteri və səviyyəsindən asılıdır. Beləliklə, MLNPS-in formalaşdırılması proqramının reallaşdırılmasının səmərəliliyi xeyli dərəcədə onun normativ-hüquqi təminatının keyfiyyət və dərinliyindən asılıdır.

MLPS-in formalaşdırılması və inkişafının normativ-hüquqi təminatı altsistemi aşağıdakı əsas vəzifələrin həllinə istiqamətlənməlidir:

- ✓ MLNPS-in yaradılması Proqramının reallaşdırılması iştirakçıları iqtisadi qarşılıqlı münasibətlərinin vahid qarşılıqlı faydalı sisteminin yaradılması;
- ✓ ölkədə nəqliyyat-logistik xidmətləri (nəqliyyat-ekspedisiya, gömrük-anbar, terminal, ticarət-vasitəçi, kommersiya-işgüzar və digər servis xidmətləri, yük və məhsul daşımalarının müşayiət edən digər xidmətlər) sivil bazarının yaradılması;
- ✓ ölkədə yük və məhsul daşımaları sisteminin dövlət tənzimlənməsi, MLNPS iştirakçılarına daha münasib şəraitlərin yaradılması;
- ✓ Proqramın reallaşdırılmasına qeyri-dövlət, o cümlədən xarici sərmayələrin də cəlb olunması üçün şəraitin təmini.

Milli və regional səviyyələrdə nəqliyyat-ekspedisiya və logistik fəaliyyətlərin inkişafının stimullaşdırılması, hər şeydən əvvəl, dövlətin nəqliyyat-logistik infrastruktur obyektlərinin (yollar, terminallar, NPM, kommunikasiya sistemləri və s.) tikintisi, müasirləşdirilməsi və fəaliyyətinin təşkilinə vəsaitlərin qoyulması ilə əlaqədardır.

İri nəqliyyat-logistik infrastruktur obyektlərinin tikintisi və fəaliyyəti, adətən xeyli böyük sərmayələr tələb edir və bəzi hallarda ancaq dövlətin iştirakı ilə həyata keçirilməlidir. Bununla yanaşı, ölkə, eləcə də regional səviyyələrdə dövlət qurumları ilə biznes subyektlərinin tərəfdaşlığı mexanizmi də istifadə oluna bilər.

MLNPS-in inkişafının daha bir vacib amili nəqliyyat-ekspedisiya və logistika müəssisələrində işləmək üçün kadrların hazırlanması və ixtisasının yüksəldilməsi üçün peşə təlimi şəbəkəsinin inkişafının stimullaşdırılmasıdır. Çünki nəqliyyat ekspedisiya və logistik şirkət işçilərinin yaxşı peşə-ixtisas hazırlığı uğurlu fəaliyyət üçün mühüm şərtdir.

Beləliklə, nəqliyyat-ekspedisiya və logistik fəaliyyətin dövlət tənzimlənməsində mərkəzi məsələ nəqliyyat-ekspedisiya və servis xidmətinin keyfiyyətinin təmin edilməsidir.

Nəqliyyat-ekspedisiya və logistika fəaliyyətinin keyfiyyətinin idarə edilməsi sferasında dövlət siyasətinin ən vacib prinsipi isə kompleks nəqliyyat-ekspedisiya və logistika xidmətləri istehlakçılarının (fiziki və hüquqi şəxslərin) ehtiyaclarının ödənilməsinə yönəlməlidir.

Nəticə. MLNPS-in funksional altsistemləri arasında mərkəzi yeri regional paylayıcı mərkəzlər (RPM) tutur, onlar özlərində böyük miqdarda əsas və dəstəkləyici nəqliyyat-logistik funksiyaları inteqrasiya edir və yüklərin cəmləşməsini, emalını, servis və kommersiya-işgüzar xidmətini təmin edir. Məhsulların səmərəli paylanmasının təşkili və onların son və ya aralıq istehlakçıya çatdırılması prosesinin düzgün yerinə yetirilməsi nəqliyyat-texnoloji prosesin səmərəli uzlaşdırılmasına gətirib çıxarır. MLNPS təşkilati funksional strukturunun modelləşdiriməsi proqramı sayəsində texniki-iqtisadi və səmərəlilik göstəriciləri yüksələcək və investisiyalar əsasən regionda nəqliyyat-logistik infrastrukturun inkişafına yönəldiləcəkdir.

Bu məqsədlə, MLNPM-nin informasiya təminatı və inteqrasiyalı altsisteminin formalaşdırılması öyrənilməklə MLNPM-nin təşkilati-funksional strukturu üçün yeni modellər təklif edilmişdir. Həmin strukturda MLNPS informasiya təminatı məsələləri təkmilləşdirilmişdir. Müasir tələblərdən biri hesab edilən multimodal logistik nəqliyyat-paylayıcı sisteminin telekommunikasiya şəbəkəsinin iyerarxik strukturu normativ-hüquqi təminat sənədləri nəzərə alınmaqla işlənib hazırlanmışdır.

Ədəbiyyat

1. Rəhimov C.R., Adilzadə R.E. Su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin innovativ üsullarla yüksəldilməsi. ADDA-nın “Elmi əsərləri”. №1, Bakı, 2022, səh. 72-77.

2. Rəhimov C.R. Regionlarda nəqliyyat sisteminin inkişafının səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinin metodoloji əsasları. ADDA-nın "Elmi əsərləri". №1, Bakı, 2016, səh. 77-80.
3. Rəhimov C.R. Milli Logistik sistemlərin formalaşdırılmasının əsaslandırılması. ADDA-nın "Elmi əsərləri". №2, Bakı, 2016. Səh. 114-119.
4. Rahimov J.R, Isgandarov E.B. Main direction of transport system managment. European Academy of Natural sciences. "Materials of the international symposium eanw". Hannover, Germany. Vol. II. 2018, p.118-120.

Məqalə qəbul olunub: 26.09.23
Tövsiyə edib: prof. Yusubov N.D.

UOT 621.941.01

RPİ DƏZGAHLARINDA EMAL KEYFİYYƏTİ VƏ MƏHSULDARLIĞIN YÜKSƏLDİLMƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

[1]Yusubov N.D., [2]Богатенков С.А., [1]Dadaşov R.Y., [1]Əzizli Z.M.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
[2]Cənubi Ural Dövlət Universiteti
Rusiya, Çelyabinsk şəh., Lenin pr., 76
E-mail: nizami.yusubov@aztu.edu.az, ser-bogatenkov@yandex.ru, dadashov@aztu.edu.az, zerife.ezizli@aztu.edu.az

Xülasə. *Məqalədə RPİ dəzgahlarında emal keyfiyyəti və məhsuldarlığın yüksəldilməsinin araşdırılması məsələsinə baxılmışdır. Qeyd edilmişdir ki, RPİ dəzgahlarında metal emalı əməliyyatları məhsuldarlığının, müasir istehsal üçün məhsulların keyfiyyəti və dəqiqliyinin artırılması mürəkkəb vəzifələrdən biridir, onun həlli istehsal avadanlıqlarının dəqiqliyi ilə əlaqədar bir sıra məsələlərin nəzərdən keçirilməsini tələb edir. Bu məqsədlə, RPİ dəzgahlarında emalın keyfiyyəti və dəqiqliyinə təsir edən əsas amillər araşdırılmış, RPİ dəzgahlarında detalların emal dəqıqliyi təhlil edilmişdir. Təhlillərin nəticələri əsasında hazırda müasir maşınqayırma müəssisələri üçün RPİ dəzgahlarının təkmilləşdirilməsi və istehsal olunan məhsulların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün prioritet fəaliyyət sahələrini formalaşdırmağa imkanların mövcudluğu göstərilmişdir. Detalların istehsalı üçün texnoloji proseslərin layihələndirilməsi zamanı mümkün olan ən yüksək məhsuldarlıqla emal edilən səthin keyfiyyətini təmin etmək məsələsi, eləcə də məhsuldarlığı artırmaq üçün kəsmə prosesinin rasional parametrlərinin seçilməsi həll olunan ən vacib məsələlərdən biri kimi tövsiyə edilmişdir.*

Abstract. *In the article, the issue of researching the improvement of machining quality and productivity on CNC machines was considered. It was noted that increasing the productivity of metal processing operations on CNC machines, the quality and accuracy of products for modern production is one of the complex tasks. Its solution involves consideration of a number of issues related to the accuracy of production equipment. For this purpose, the main factors affecting the quality and accuracy of machining on CNC machines were investigated, and the machining accuracy of parts on CNC machines was analyzed. Based on the results of the analysis, it has been shown that there are opportunities to form priority areas of activity for the improvement of CNC machines and the improvement of the quality of manufactured products for modern machine-building enterprises. During the design of technological processes for the production of parts, the issue of ensuring the quality of the machined surface with the highest possible productivity, as well as the selection of rational parameters*

of the cutting process to increase productivity, was recommended as one of the most important issues to be resolved.

Аннотация. *В статье рассмотрена задача повышения качества обработки и производительности на станках с ЧПУ. Отмечено, что повышение производительности операций по обработке металла на станках с ЧПУ, качества и точности изделий является одной из сложных задач для современного производства, решение которой предполагает рассмотрение ряда вопросов, связанных с точностью технологического оборудования. С этой целью были исследованы основные факторы, влияющие на качество и точность обработки на станках с ЧПУ, а также проанализирована точность обработки деталей на станках с ЧПУ. По результатам анализа показано, что существуют возможности для формирования приоритетных направлений деятельности по совершенствованию станков с ЧПУ и повышению качества выпускаемой продукции для современных машиностроительных предприятий. При проектировании технологических процессов изготовления деталей задача обеспечения качества обрабатываемой поверх-ности при максимально возможной производительности, а также выбор рациональных параметров процесса резания для повышения производительности, была рекомендована как одна из основных, наиболее важных решаемых задач.*

Açar sözlər: *RPİ dəzgahlarında emal dəqiqliyi, emal keyfiyyəti, emal məhsuldarlığı, istehsal texnologiyas, RPİ dəzgahlarının dəqiqliyi*

Key words: *Machining accuracy on CNC machines, machining quality, machining productivity, production technology, precision of CNC machines*

Ключевые слова: *Точность обработки на станках с ЧПУ, качество обработки, производительность обработки, технология производства, точность станков с ЧПУ*

Giriş. Müasir maşınqayırmada rəqəmli proqramla idarəetmə (RPİ) dəzgahları geniş tətbiq tapmışdır. Çünki belə dəzgahlar köməkçi vaxtın azalması və kəsmə rejimlərinin intensivləşdirilməsi ilə əlaqəli yüksək məhsuldarlıq və istehsal çevikliyini təmin edir. Nəticədə hazır məhsulların maya dəyərinin aşağı salınmasına şərait yaranır. RPİ dəzgahlarında pəstahların emalı zamanı bərk xəlitələrlə təchiz edilmiş kəsici alətdən istifadə edərkən, kəsmə sürətini əl ilə idarə olunan dəzgahlarda çətin mümkün olan qiymətlərə qədər artırmağa imkan yaranır.

Lakin RPİ avadanlıqlarının tətbiqi bir sıra məsələlərin həllini nəzərdə tutur: kadr hazırlığı, istehsal texnologiyasının təkmilləşdirilməsi, sürətli sazlama sistemlərinin istifadəsi və s. [1]. Bundan əlavə, metal emalı əməliyyatlarının məhsuldarlığının, müasir istehsal üçün məhsulların keyfiyyətinin və dəqiqliyinin artırılması mürəkkəb vəzifələrdən biridir ki, onun həlli istehsal avadanlıqlarının dəqiqliyi ilə əlaqədar bir sıra məsələlərin nəzərdən keçirilməsini nəzərdə tutur [2].

Hal-hazırda mexaniki emalın dəqiqliyinin yüksəldilməsi maşınqayırma texnologiyası və kəsmə nəzəriyyəsinin ən aktual məsələlərindən və maşınqayırma istehsalının prioritet sahələrindən biridir. RPİ sistemləri ilə təchiz edilmiş avadanlıqların yüksək yerdəyişmə diskretliyinə, kəsici alətin hərəkət trayejtoriyasının korreksiyası funksiyasına, kəsici tilin yeyilməsinin nəzərə alınması və digər texniki imkanlaramalik olmasına baxmayaraq, emal dəqiqliyi həmişə müəyyən edilmiş tələblərə uyğun gəlmir.

Yuxarıda göstərilənlərin hamısı ilə əlaqədar olaraq, RPİ dəzgahlarında pəstahın emal keyfiyyətinə və dəqiqliyinə təsir edən amilləri nəzərə almaq vacib və zəruri görünür.

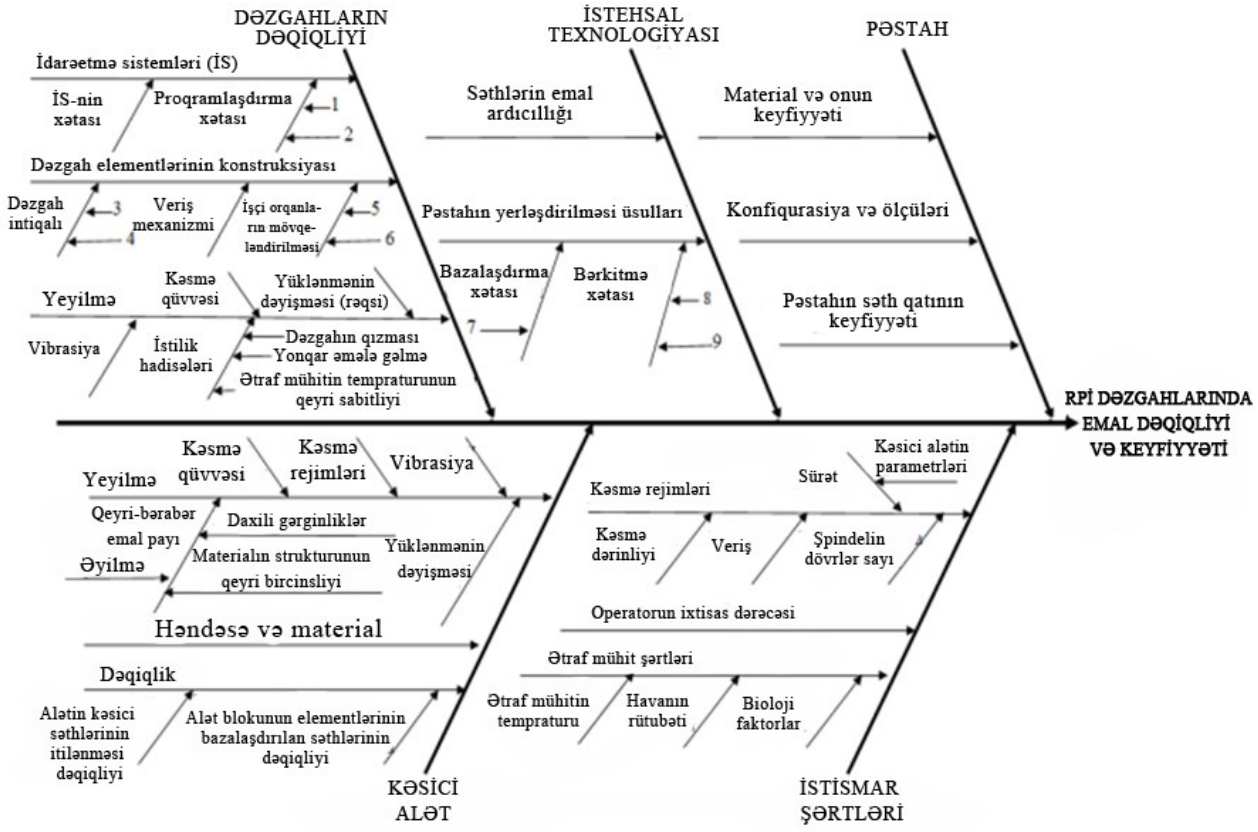
RPİ dəzgahlarında mexaniki emalın dəqiqliyinə təsir edən amillər. Yuxarıda göstərilən problemin həlli yalnız istehsala aşağıdakı elementləri özündə cəmləşdirən bir sistem kimi baxıldıqda mümkündür: işçi heyəti, maşın və avadanlıqlar, məhsul, idarəetmə və nəzarət, onların hər biri istehsal prosesi zamanı baş verən və hazır məhsulun dəqiqliyinə və keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən xətaları minimuma endirməyə yönəldilmişdir. Nəticədə müştəri məmnuniyyətinə və bütövlükdə müəssisənin rəqabət qabiliyyətinə nail olmaq olur. RPİ dəzgahlarında emal keyfiyyətinə

və dəqiqliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən əsas amillər şəkil 1-də səbəb-nəticə əlaqələrinin diaqramı şəklində göstərilmişdir.

Bir çox tədqiqatçılar [1, səh. 165; 2, səh.129-130; 3-16] kəsmə qüvvələr, istilik hadisələri, kəsici alətin yeyilməsi nəticəsində yaranan xətaların emal xətasına təsirini kritik hesab edir. Belə ki, məhz bu xətalar həm dəzgahın icra orqanlarının, həm də emal olunan pəstahın forma və fəza vəziyyətinin dəyişməsinə səbəb olur [3, səh. 41-43].

Emal dəqiqliyinə təsir edən əsas amilləri nəzərdən keçirək.

Dəzgahların dəqiqliyi. Verilən yerdəyişmənin dəqiqliyi idarəetmə sistemi və dəzgahın müvafiq elementlərinin konstruksiyaları ilə müəyyən edilir. Öz növbəsində, idarəetmə sisteminin dəqiqliyinə hesablama nəticələrinin yuvarlaqlaşdırılmasından (şəkil 1 (1)) və kəsici alətin ucundakı (təpəsindəki) radiusun təsirindən (şəkil 1) ibarət olan proqramlaşdırma xətası təsir göstərir. (2)). Dəzgah elementlərinin konstruksiyasını nəzərdən keçirsək, onda xüsusi yeri burada dəzgah inteqalı, veriş mexanizmi və avadanlığın işçi orqanlarının mövqeləndirilməsi tutur. Dəzgah inteqalının xətası idarəetmə proqram sistemi (şəkil 1(3)) və dəzgahın işçi orqanlarının veriş intiqallarının konstruksiyalarının dəqiqliyi (şəkil 1(4)) ilə müəyyən edilir.



Şəkil 1. *RPİ dəzgahlarında emalın keyfiyyətinə və dəqiqliyinə təsir edən əsas amillər [7]*

Mövqeləndirmə xətası isə dəzgahın işə salınması və dayandırılması zamanı istiqamətləndiricilərdə sürtünmə qüvvələrinin qeyri-sabitliyi (şək. 1(5)) və momentləri (şəkil 1 (6)) nəticəsində baş verir [4, səh. 91].

Dəzgahın dəqiqliyinə təsir edən müəyyən edilmiş amillər arasında xüsusi yer onun güc və istilik hadisələri, həmçinin vibrasiya və yük dəyişmələri (rəqsləri) nəticəsində yaranan yeyilməsidir.

Kəsmə qüvvələri istənilən kəsmə prosesində baş verir və həmişə emal dəqiqliyinə təsir göstərir. Belə qüvvələr həm avadanlıqların, həm də alət elementlərinin elastik deformasiyalarına (yerdəyişmələrinə), pəstahın deformasiyalarına (yerdəyişmələrinə) səbəb olur. Onların təsrini azaltmaq üçün əsas istiqamət çatı, supportlar və şpindellərin sərtliyinin artırılmasıdır. İstilik həm yonqarın əmələ gəlməsi prosesində, həm də dəzgahın mühərriklərdən, elektronikadan qızması nəticəsində, həmçinin dəzgahın funksional məqsədlərinə uyğun olaraq işlədiyi otaqların temperaturunun qeyri-sabitliyi səbəbindən ayrılır. Bütün bunlar texnoloji sistemin elementlərinin istilik deformasiyalarına və emalın verilən qiymətlərdən kənara çıxmasına səbəb olur. Bu amillərin əksəriyyətinin minimuma endirilməsi hazırda kəsmə zonasında yağlayıcı-soyuducu vasitələrin (mayelərin) bol istifadəsi səbəbindən baş verir, dəzgahların qızmasına sensorlar tərəfindən nəzarət olunur və dəzgahın RPİ qurğusu ilə kompensasiya edilir. Güc və istilik amillərinin pəstaha təsiri onda qalıq gərginliklərin yaranmasına səbəb olur ki, bu da emaldan sonra zaman keçdikcə detalın əyilməsinə, yəni forma və ölçülərinin dəyişməsinə səbəb ola bilər.

Kəsici alət. Avtomatik rejimdə emalı həyata keçirən RPİ dəzgahları üçün alətin keyfiyyətinə olan tələblər, dəqiqliyi və emal keyfiyyətini müəyyən edən amil kimi əhəmiyyətli dərcədə artır. Alət blokunun elementlərinin baza səthlərinin dəqiqliyi, eləcə də alətin kəsici hissələrinin itilənməsinin dəqiqliyi emal nəticəsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Alətin həndəsəsinin dəyişdirilməsi hesablanmış trayektoriyanın təhrif edilməsi səbəbindən emal zamanı xətalara, itiləmənin keyfiyyətsizliyi isə kəsici qüvvələrin artmasına, kələ-kötürlüyün pisləşməsinə, vibrasiyaya və hesablanmış emal şəraitindən digər kənara çıxmalara səbəb ola bilər.

Əhəmiyyətli meyarlardan biri alətin *davamlılığıdır*. Alətin davamlılığını proqnozlaşdırmaq üçün alət istehsalçılarının təklif etdiyi kəsmə rejimləri ilə əlaqədar məlumat xarakterli tövsiyələrinə ciddi riayət etmək lazımdır. Ən əhəmiyyətli problemlər dəyişən yüklə kəsilən (fasilələrlə) emal zamanı yaranır (məsələn, frezeləmə, dişfrezləmə, eksantrik yonma və s.). Belə emalın xüsusiyyəti, kəsilən qat kəsiyində yükün dəyişən qiymətilə kəsilməsidir. Kəsmə qüvvəsi dəyişdikdə yükün dəyişməsi vibrasiyaya, səth təbəqəsinin kələ-kötürlülüyünun artmasına və ölçü dəqiqliyinin azalmasına, alətin kəsici səthinin yeyilməsinin artmasına və onun davamlılığının azalmasına səbəb olur. Bundan əlavə, alətin davamlılığının azalması bir sıra digər amillərlə də əlaqəlidir, bunlara aşağıdakılar daxildir: material strukturunun qeyri-bircinslyi, daxili gərginliklər, əyilmə - formalaşmış səthlərdə emal payının qeyri-bərabər paylanmasına təsir edir [1, səh. 165]. Nəticədə, bu amillərin təsiri məhsuldarlığın azalmasına və müəyyən edilmiş tələblərə cavab verməyən məhsulların istehsalına səbəb olur.

Pəstah və istehsal texnologiyası. Yerləşdirmə üsulları və səthlərin emal ardıcıllığı, emal olunan materialın keyfiyyəti, pəstahın ölçüləri və konfiqurasiyası emalın dəqiqliyinə və məhsuldarlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Emal olunan səthin xətasının qiymətinə əhəmiyyətli dərəcədə texnoloji və konstruktiv bazaların üst-üstə düşməməsindən yaranan baza xətası (şəkil 1 (7)) və bərkitmə qüvvəsinin qiymətinin (şəkil 1 (8)) və pəstahın səth qatının keyfiyyətinin (şəkil 1(9)) dəyişməsindən (rəqsindən) yaranan yerləşdirmə xətası daxildir [4, səh. 90]. Bu xətalar dəzgahın müvafiq sazlamaları ilə, həmçinin pəstahın yerləşdirmə səthlərinin ilkin emalı ilə azaldıla bilər.

İstismar şərtləri. Texnoloji sistemin funksional təyinatını qorumaq və hazır hissələrin yüksək dəqiqliyini və keyfiyyətini təmin etmək qabiliyyəti konkret detalların tipləri üçün rasional kəsmə rejimlərinin seçimini, onların normal işləməsi üçün şəraitin təmin edilməsi məqsədilə RPİ dəzgah istehsalçılarının tövsiyələrinə ciddi riayət etməyi əhatə edən istismar şərtlərindən, o cümlədən: sabit ətraf mühit temperaturunun, havanın rütubətinin və mikrobioloji mühitin saxlanmasından asılıdır. Bundan əlavə, operatorun ixtisas dərəcəsi texnoloji prosesin son nəticəsinə birbaşa təsir göstərir.

RPİ dəzgahlarında detalların emal dəqıqliyinin təhlili. RPİ dəzgahlarının texnoloji imkanları əməliyyatların yüksək konsentrasiyasını təşkil etməyə və pəstahların yüksək dəqiqliklə emalını təmin etməyə imkan verir. RPİ dəzgahlarının dəqiqliyi normalaşdırılır və bütün növ metalkəsmə dəzgahları üçün ümumi olan müvafiq yoxlamalar zamanı aşkar edilir. Bundan əlavə, RPİ dəzgahları üçün əlavə yoxlamalar aparılır:

- dəzgahın işçi orqanlarının xətti mövqelənmələrinin (yerdəyişmələrinin) düzgünlüyü;
- qeyri-həssas zonanın qiyməti (hərəkət istiqamətini dəyişdirərkən dəzgahın işçi orqanlarının yerdəyişmələrində geriləmə);
- dəzgahın işçi orqanlarının verilmiş nöqtəyə qayıtmasının dəqiqliyi;
- avtomatik dəyişdirildikdən sonra alətlərin vəziyyətinin sabitliyi.

RPİ dəzgahının dəqiqliyinin əsas göstəricilərindən biri dəzgahın işçi orqanlarını sazlama vəziyyətinə gətirdikdə onların minimum yerdəyişmələrini təyin edən koordinatlar üzrə hesablamanın diskretliyidir. Bununla belə, diskretliyin qiyməti $\Delta_{ö}$ ölçülərin səpələnmə sahələrinin yalnız bir təşkiledicisidir. Buna görə də RPİ dəzgahlarında koordinatlar üzrə emalın faktiki dəqiqliyi diskretliyinin qiymətindən aşağıdır [4, səh. 89, 17, 18].

Pəstahların konfiqurasiyası və ölçüləri, materialın keyfiyyəti, yerləşdirmə üsulları və səthlərin emal ardıcıllığı, kəsici alətin həndəsəsi, kəsmə rejimləri emalın dəqiqliyinə və məhsuldarlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Əl ilə idarə olunan dəzgahlara analoji olaraq RPİ dəzgahında emal dəqiqliyinin balansı aşağıdakı asılılıq ilə müəyyən edilir [4]:

$$\Delta_{ö}= k\sqrt{\varepsilon_{yer}^2 + \Delta_{ö.saz}^2 + \Delta_{ö.RPİ}^2 + \Delta_{ö.ey}^2} \quad (1)$$

burada ε_{yer} – yerləşdirmə xətası sahəsi; $\Delta_{ö.saz}$ – sazlama xətası sahəsi; $\Delta_{ö.RPİ}$ – RPİ sisteminin xətası sahəsi; $\Delta_{ö.ey}$ – elastiki deformasiyalardan ölçülərin xətası sahəsidir.

Yerləşdirmə xətası sahəsi detalın emal olunan səthlərinin xətalarının qiymətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir,

$$\varepsilon_{yer} = \sqrt{\varepsilon_{baz}^2 + \varepsilon_{bər}^2 + \varepsilon_{tər}^2} \quad (2)$$

burada ε_{baz} - texnoloji və konstruktiv bazalarının uyğunsuzluğundan yaranan bazalaşdırma xətası sahəsi; $\varepsilon_{bər}$ - bərkitmə qüvvəsinin qiymətinin və pəstahın səth qatının keyfiyyətinin dəyişməsi nəticəsində yaranan bərkitmə xətası sahəsi; $\varepsilon_{tər}$ - tərtibatın hazırlanması, onun elementlərinin yerləşdirilməsi və istismar zamanı yeyilməsi nəticəsində yaranan xəta sahəsidir.

RPİ dəzgahlarında texnoloji proseslərin işlənib hazırlanmasında ε_{yer} yerləşdirmə xətası sahəsinin təşkiledicilərinin qiymətlərini azaltmaq üçün texnoloji və konstruktiv bazaları üst-üstə salmağa çalışmaq lazımdır, bu halda $\varepsilon_{baz} = 0$ olacaqdır. $\varepsilon_{bər}$ bərkitmə qüvvəsinin qiymətinin və pəstahın səth qatının keyfiyyətinin dəyişməsi nəticəsində yaranan bərkitmə xətası sahəsiniin qiyməti detalın yerləşdirmə səthlərinin ilkin emalı hesabına azaldılır. $\varepsilon_{tər}$ tərtibatın hazırlanması, onun elementlərinin yerləşdirilməsi və istismar zamanı yeyilməsi nəticəsində yaranan xəta sahəsi qiyməti isə dəzgahın uyğun sazlanması ilə aradan qaldırıla bilər.

RPİ torna qrupu dəzgahlarında val tipli pəstahlarını emal edərkən, ε_{yer} yerləşdirmə xətası sahəsi, əsəsən mərkəz deşiklərinin hazırlanması dəqiqliyindən asılıdır. Mərkəz deşiklərinin dərinliyinin müsaidəsi valın oxboyu ölçülərinin müsaidələrinə baza xətası kimi daxil edilir. Mərkəz deşiklərinin dairəvilikdən sapması eninə kəsikdə valın emal olunmuş səthlərinin forma dəqiqliyinə təsir göstərir.

$\Delta_{ö.saz}$ sazlama xətası sahəsi dominant xətalar kateqoriyasına aiddir. Kəsici alətlər dəzgahdan kənarda alət bloklarında əvvəlcədən quraşdırılır və sonra dəzgahda emal dövrünün (tsiklinin) başlanğıc nöqtəsi olan sıfır nöqtəsinə uyğunlaşdırılır.

Bu halda, sazlama xətası sahəsi dörd təşkiledicidən asılıdır [4]:

$$\Delta_{ö.saz}= k\sqrt{\Delta_{ö.a.s}^2 + \Delta_{ö.a.b}^2 + \Delta_{ö.a.f}^2 + \Delta_{ö.a.ölçmə}^2} \quad (3)$$

Burada $\Delta_{ö.a.s}$ - blokda alətin ilkin sazlanma xətası sahəsi; $\Delta_{ö.a.b}$ - blokun dəzgahda yerləşdirmə xəta sahəsi; $\Delta_{ö.a.f}$ - fırlanan alət tutqacı və ya dəzgahın revolver başlığının fiksasiyası xətası sahəsi; $\Delta_{ö.a.ölçmə}$ – dəzgahın sazlanmasın zamanı ölçmə xətası sahəsidir.

$\Delta_{ö.RPİ}$ RPİ sisteminin xətası səbəbi ilə hissənin ölçü xətası $\Delta_{ö.x}$ idarəetmə proqramlarının hazırlanması xətasından və onların $\Delta_{ö.y.yet}$ oxunması və yerinə yetirilməsi xətası təşkiledicilərindən ibarətdir. Birinci $\Delta_{ö.x1}$ təşkiledicisi $\Delta_{ö.p.x}$ proqramlaşdırma xətalarından və $\Delta_{ö.i.x}$ interpolyasiya xətasından asılıdır [4].

$$\Delta_{ö.1x}= k\sqrt{\Delta^2_{ö.p.x} + \Delta^2_{ö.i.x}} \tag{4}$$

Burada $\Delta_{ö.p.x}$- proqramlaşdırma xətası sahəsi; $\Delta_{ö.i.x}$ - interpolyasiya xətası sahəsidir.

İkinci $\Delta_{ö.x2}$ təşkiledici dəzgahın $\Delta_{ö.di.x}$ intiqal, $\Delta_{ö.vm.x}$ veriş mexanizmi və $\Delta_{ö.iomöv.x}$ mövqeləndirmə xətaları ilə formalaşır.

$$\Delta_{ö.2x}= k\sqrt{\Delta^2_{ö.di.x} + \Delta^2_{ö.vm.x} + \Delta^2_{ö.iomöv.x}} \tag{5}$$

burada $\Delta_{ö.di.x}$ – dəzgah intiqalının xətası sahəsi; $\Delta_{ö.vm.x}$ – veriş mexanizminin xətası sahəsi;

$\Delta_{ö.iomöv.x}$– dəzgahın işçi orqanlarının mövqeləndirmə xətası sahəsidir.

$\Delta_{ö.p.x}$ proqramlaşdırma xətası approksimasiya (yaxınlaşma), hesablama nəticələrinin yuvarlaqlaşdırılması və kəsici alətin ucundakı (təpəsindəki) radiusun təsiri xətalarından ibarətdir. Onların əmələ gəlmə ehtimalını nəzərə alsaq, o zaman onları dəqiqlik balansından qismən çıxarmaq olar.

$\Delta_{ö.di.x}$ dəzgah intiqalının xətası dəzgahın işçi orqanlarının veriş intiqallarının konstruksiyası və idarəetmə proqram sisteminin dəqiqlikləri ilə müəyyən edilir.

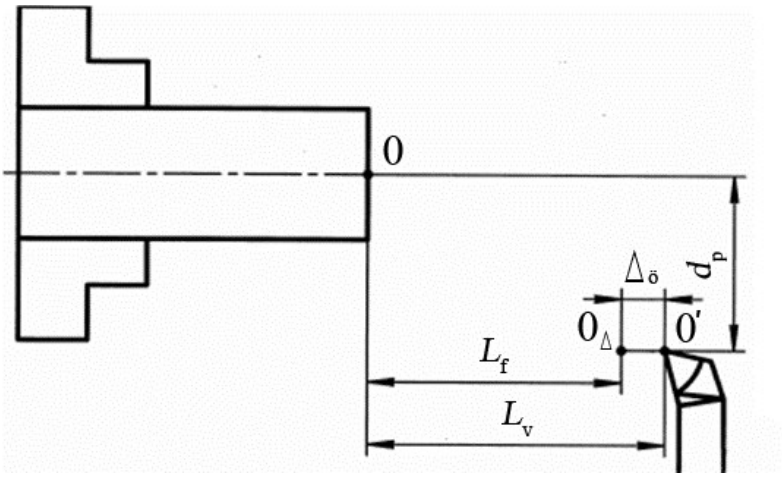
$\Delta_{ö.vm.x}$ veriş mexanizminin xətası gediş vintinin hazırlanma xətası, kürə-vint cütünün boşluqlarının olması və əks əlaqə sensorlarına nisbətən ötürücü və reduktorların dişli çarxlarının yığılmış səhvi ilə şərtlənir.

$\Delta_{ö.iomöv.x}$ dəzgahın işçi orqanlarının mövqeləndirmə xətası dəzgahı işə salarkən və dayandırarkən istiqamətləndirisilərdə sürtünmə qüvvələri və momentlərinin qeyri-sabitliyi nəticəsində baş verir.

Alətin sazlama vəziyyətinin və onun hərəkət trayektoriyasının korreksiyası, eyni detallar dəstini dəzgahda emal edərkən, emalın cəm xətasının hissənin ölçüləri üzrə müsaidələrini aşmaq ehtimalı olduqda lazımdır. Adaptiv idarəetmə sistemlərinin istifadəsi bu problemi həll etməyə və bununla da emalın dəqiqliyini yaxşılaşdırmağa və ya yüksəltməyə imkan verir.

RPİ dəzgahlarında təmiz emal dəqiqliyi balansının hesablanması, L_f sazlama ölçüsünün faktiki qiymətinin L_v verimiş qiymətdən $\Delta_ö$ sapmasını təyin etməyə imkan verir. Sazlama ölçüsünün L_v qiymətinə uyğunlaşdırılması (korreksiyası) aşağıdakı kimi həyata keçirilir (şəkil 2). Dəstin birinci detalını emal etdikdən sonra dəqiqlik balansı hesablanır və nəticədə alınan $\Delta_ö$ qiyməti sazlama ölçüsünün $\Delta_{s.ö}$ müsaidə sahəsinin qiyməti ilə müqayisə edilir.

$\Delta_ö$ qiyməti sazlama ölçüsünün $\Delta_{s.ö}$ müsaidə sahəsinin qiymətindən çox olarsa, idarəetmə sistemi dəzgahın veriş intiqalı tərəfindən yerinə yetirilən, faktiki və verilən sazlama ölçüsünün bərabərliyini təmin etmək üçün lazım olan korreksiya edici impulsların sayını müəyyən edir.



Şəkil 2. *Sazlama sxeminin yenidən sazlanması sxemi [4]*

Nəticə.

1. RPİ dəzgahlarında pəstahların mexaniki emal dəqiqliyinə təsir edən amillərin nəzərdən keçirilməsi dəzgahın dəqiqliyi, kəsici alətin keyfiyyəti, pəstah və istehsal texnologiyası, habelə istismar şərtləri daxil olmaqla ən əhəmiyyətli olanları müəyyən etməyə imkan verdi. Təhlillərin nəticələri müasir maşınqayırma müəssisələri üçün dəzgahların təkmilləşdirilməsi və istehsal olunan məhsulların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün ən prioritet fəaliyyət sahələrini formalaşdırmağa imkan verəcəkdir.
2. Müasir maşınqayırmanın ən mühüm məsələlərindən biri maşın detallarının emalının səmərəliliyinin artırılmasıdır. Bu məsələnin həlli zaman detalların səth qatının verilmiş keyfiyyət səviyyəsində ən yüksək emal məhsuldarlığına nail olmaq da daxildir. Mümkün olan ən yüksək məhsuldarlıqla işlənmiş səthin keyfiyyətini təmin etmək detalların istehsalı üçün texnoloji proseslərin layihələndirilməsi zamanı həll olunan ən vacib məsələdir.
3. Məhsuldarlığı artırmaq üçün ehtiyatlardan biri kəsmə prosesinin rasional parametrlərinin seçilməsidir. Bu baxımdan, verilmiş emal şərtləri və emal olunan səthlərin keyfiyyətinə olan tələblər üçün maksimum məhsuldarlığı təmin edən optimal kəsmə rejimlərinin parametrlərinin tədqiqi aktuallaşır.

Ədəbiyyat

1. Кузнецов А.С. Технологическое обеспечение точности при обработке на станках с ЧПУ / А.С. Кузнецов, А.А. Дроздов // Современные проблемы науки и образования (Пенза). [Электронный ресурс] –№2, 2015. – с. 165- 170. – Режим доступа. – URL: http:// Elibrary.ru.
2. Максимов Ю.В. К вопросу об обеспечении точности обработки на станках с ЧПУ // Ю.В. Максимов, А.А. Бекаев, М.А. Надольский, А.В. Прохоров // Известия Московского государственного технического университета (МАМИ, Москва). [Электронный ресурс] – Том2, №2(14), 2012. – с. 129- 130. – Режим доступа. – URL: http:// Elibrary.ru.
3. Некрасов Р.Ю. Структура и принципы работы интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ / Р.Ю. Некрасов, А.И. Стариков, И.В. Соловьев, О.В. Бекарева // Технология и материалы. - №4, 2015. – с. 41-48.
4. Неизвестных А.Г. Анализ точности обработки деталей на станках с ЧПУ / А.Г. Неизвестных, Е.Г. Крылов // Известия Волгоградского государственного технического университета (Волгоград). [Электронный ресурс] – Том 4, №9(47), 2008. – с. 89-91. – Режим доступа. – URL: http:// Elibrary.ru.

5. Лысенко А.Ф. К оценке погрешности обработки деталей при интеллектуальном управлении станком / А.Ф. Лысенко, А.И. Изюмов, О.В. Гончаров // Вестник донского государственного технического университета (Ростов-на-Дону). [Электронный ресурс] – Том 14, №3(78), 2014. – с. 96-102. – Режим доступа. – URL: http:// Elibrary.ru.
6. Системный подход к ротационному резанию при получении порошковых материалов / В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин // Металлообработка. - 2013. - № 2. - с. 23-26.
7. Темпель Ю.А., Темпель О.А. Особенности и факторы, оказывающие влияние на точность механической обработки на станках с ЧПУ / Новые технологии - нефтегазовому региону. Материалы Международной научно-практической конференции. Том II. 2016 Издательство: Тюменский индустриальный университет (Тюмень): 2016, с. 265-270
8. Юсубов, Н.Д. Повышение эффективности многоинструментной обработки на станках-автоматах токарной группы: / диссертация доктора технических наук, специальность 05.02.08 – Технология машиностроения. / − Баку, 2009. − 424 с.
9. Yusubov, N., Abbasova, H., Khankishiyev, İ. Entwicklung einer Projektierungstheorie für die Mehrwerkzeugbearbeitung mit den Möglichkeiten der modernen CNC-Werkzeugmaschinen // – Germany: Forschung im Ingenieurwesen, – 2021. No.85, – p. 661–678.
10. Yusubov N.D., Abbasova H.M. Full-factor matrix model of accuracy of dimensions performed on multi-purpose CNC machines // – Moskow: *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science,* – 2021, 23(4), – p. 6-20.
11. Yusubov, N.D., Movlazade, V.Z., Abbasova, H.M. Research of sensitivity of full-factor models of scattering fields of dimensions performed in multi-tool machining // The 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COİA 2022), – Baku, Azerbaijan: – 24-26, – 2022, –vol. II, – pp. 480-482.
12. Yusubov, N.D., Abbasova, H.M. Models for Machining Accuracy in Multi-Tool Adjustment // - Pekan, Pahang, Malaysia: International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME), – 2020. 17 (3), – p. 8067-8085.
13. Кошин, А.А., Юсубов, Н.Д. Элементы матричной теории точности многоинструментной обработки в пространственных наладках // – Челябинск: Вестник машиностроения, – 2013. №9, – с. 13-17.
14. Юсубов, Н.Д. Многоинструментная обработка на станках - автоматах токарной группы (Матричная теория точности многоинстументной обработки на современных станках с ЧПУ токарной группы) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013, – 256 с.
15. Юсубов, Н.Д. Основы матричной теории точности многоинструментной токарной обработки (Принципы и структура теории, проектирования и управления процессами многоинструментной обработки) / Н.Д. Юсубов. – Саарбрюккен: OmniScriptum GmbH & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 216 с.
16. Юсубов, Н.Д., Аббасова, Г.М. Управление обработкой при многоинструментной двухсуппортной наладке // – Москва: Вестник машиностроения, – 2020. №3, – с. 67-73.
17. Комиссаров, В.И. Точность, производительность и надежность в системах проектирования технологических процессов / В.И. Комиссаров, В.И. Леонтьев. – М.: Машиностроение, 1985. – 425 с.
18. Соломенцев, Ю.М. Управление гибкими производственными системами / Ю.М. Соломенцев, В.Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1985. – 352

Məqalə qəbul olunub: 26.09.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

УДК 656. 615

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПОРТОВЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН

Аралбаева М.К.

Yessenov University, Морская академия
Казахстан, г. Актау
E-mail: mereke.aralbayeva@yu.edu.kz

Аннотация. *В статье рассмотрена актуальная проблема по исследованию и разработке установки для определения центра тяжести погрузочно - разгрузочных машин. Определение действительного центра тяжести необходимо для расчетов устойчивости. Данной установкой можно определить точку приложения центра тяжести от веса самой машины, при неправильном определении этой точки соответственно изменятся плечи приложения сил и расчет коэффициента устойчивости будет неверен.*

Xülasə. *Məqalədə yükləmə və boşaltma maşınlarının ağırlıq mərkəzini təyin etmək üçün qurğunun öyrənilməsi və inkişafı ilə bağlı aktual problem müzakirə olunur. Sabitliyin hesablanması üçün həqiqi ağırlıq mərkəzinin müəyyənləşdirilməsi lazımdır. Bu quraşdırma ağırlıq mərkəzinin tətbiq nöqtəsini maşının özünün ağırlığından təyin edə bilər, bu nöqtə düzgün müəyyənləşdirilmədikdə qüvvələr tətbiqinin çiyinləri müvafiq olaraq dəyişəcək və sabitlik əmsalının hesablanması səhv olacaqdır.*

Abstract. *The article deals with the actual problem of research and development of an installation for determining the center of gravity of loading and unloading machines. Determination of the actual center of gravity is necessary for stability calculations. With this installation, it is possible to determine the point of application of the center of gravity from the weight of the machine itself, if this point is incorrectly determined, the shoulders of the application of forces will change accordingly and the calculation of the stability coefficient will be incorrect.*

Ключевые слова: *подвижная опора центра тяжести погрузчика, тарированные пружины, истинный центр тяжести*

Açar sözlər: *daşınan dayaq, forkliftin ağırlıq mərkəzi, yüklənmiş yaylar, həqiqi ağırlıq mərkəzi*

Key words: *movable support, loader center of gravity, calibrated springs, true center of gravity*

Введение. К самоходным перегрузочным машинам на пневмоколесном ходу предъявляются всё более строгие требования в отношении веса, габаритов, манёвренности, скорости, устойчивости при условии их полной надёжности и экономичности.

В течение последних лет в странах СНГ и за рубежом обсуждается вопрос устойчивости погрузчиков который гарантировал бы полную безопасность работы, давая возможность повысить технико-эксплуатационные показатели перегрузочных машин. Возникает потребность в простом и достаточно точном методе проверки устойчивости погрузчиков, пригодном для практического применения [1].

В практической работе водителю погрузчика приходится перевозить смешанный груз неизвестного веса и с неизвестным расположением центра тяжести. Поэтому ему приходится интуитивно определять безопасность условий работы. Для решения этого вопроса в «Морской академии» Yessenov University им. Ш. Есенова была разработана установка – выдвижной противовес, который увеличивает грузоподъёмность погрузчика до максимально допустимой.

Постановка задач. При эксплуатации самоходных погрузчиков не полностью используется номинальная грузоподъёмность при работе погрузчиков с рабочим оборудованием навесной стрелой. В следствии этого значительно снижается производительность и при несоблюдении таблицы подъема грузов погрузчик переворачивается. Для решения этой проблемы необходима разработать дополнительно систему выдвижного (плавающего) противовеса, который увеличит коэффициент устойчивости погрузчика. Для расчета моментов сил удерживающих и сил опрокидывающих необходимо точно определить центр тяжести исследуемого погрузчика. Для этого необходима разработать установку для определения центра тяжести.

Анализ полученных результатов. При определении продольной устойчивости погрузчиков, большое значение имеет точное определение центра тяжести погрузчика в нерабочем (ненагруженном) состояний [2].

Для определения центра тяжести предложена установка, состоящая из четырёх подвижных площадок – весов-1. Автопогрузчик въезжает на эти площадки, причём каждое из четырёх колёс – опор устанавливается на своей площадке при этом показатели веса передней и задней оси будут одинаковы, после этого системой гидроцилиндров выдвигается металлическая плита-3, опирающая на две одинаковые, тарированные пружины, причём упругость пружин составляет 25% от веса автопогрузчика (рисунок 1) [3].

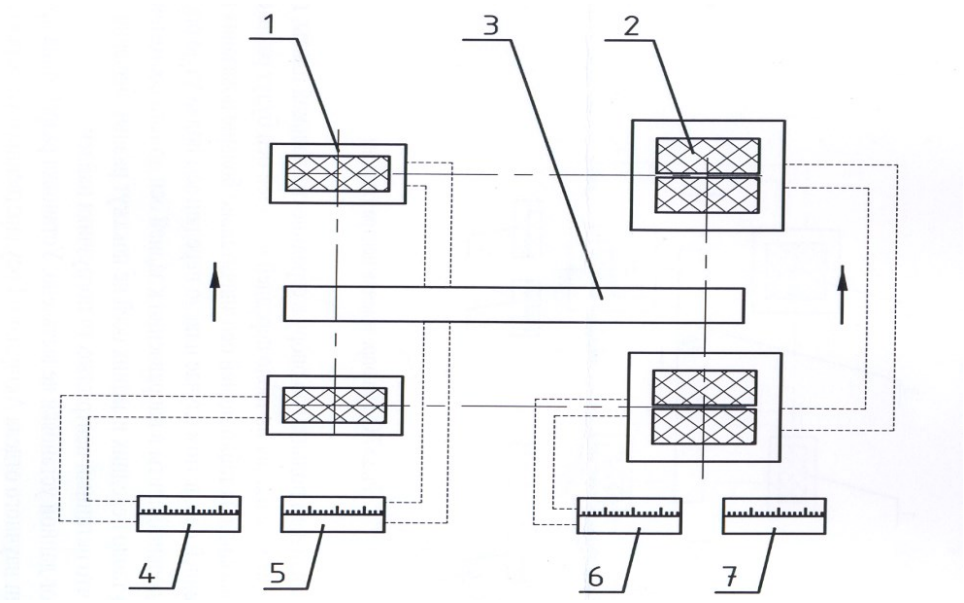


Рисунок 1. *Схема определения центра тяжести в поперечной оси:1,2 - подвижные площадки весов; 3-плита металлическая; 4,5,6,7-табло весов*

Показатели веса опор – колёс на весовом табло-4,5,6,7, изменяется при этом, если на табло, например, двух передних опор получается разные значения, то это говорит о том, что центр тяжести в направлении поперечной оси выбран неправильно.

Например, показания табло правой передней опоры больше показаний левой передней опоры, соответственно и табло задних опор будут отличаться. В этом случае, подпружиненная плита переустанавливается ближе к правым опорам в направлении, показанном стрелкой на рисунке 1.

После того как показания табло передних опор и соответственно задних опор, покажут одинаковые значения, будет ясно, что центр тяжести в поперечных осях выбран правильно.

Для определения истинного центра тяжести, т.е. в продольной оси гидроцилиндром выдвигаем подвижную опору, линия действия которой направлена вдоль продольной плиты (рисунок 2) [4].

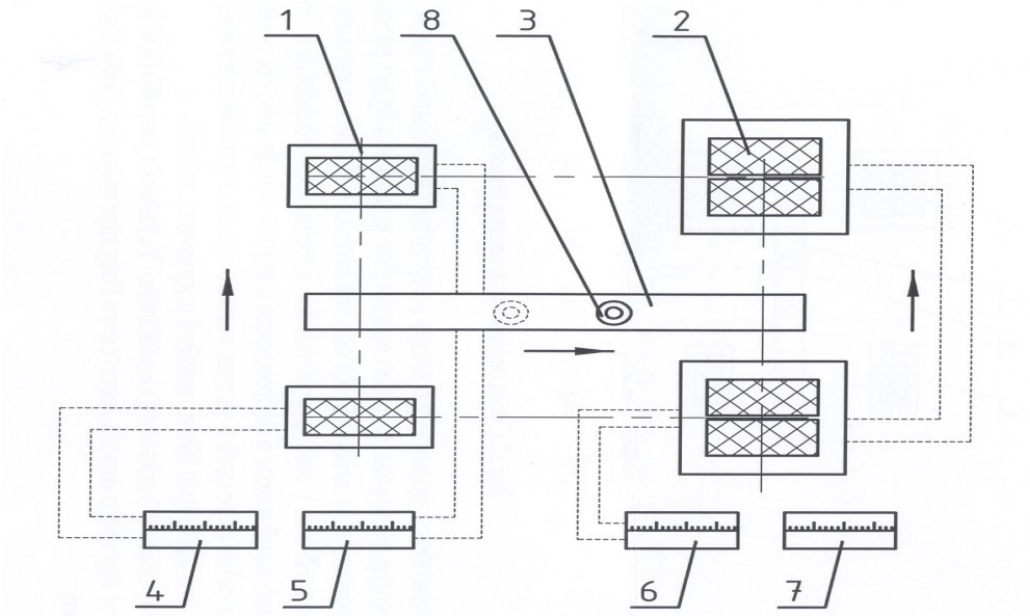


Рисунок 2. *Схема определения истинного центра тяжести в продольной оси: 1,2 – подвижные площадки весов; 3-плита металлическая; 4,5,6,7-табло весов, 8-подвижная опора*

Устанавливаем подвижную опору в середине продольной плиты -3, при этом, например, показания на табло передней и задней оси будут разные, причём показания на табло задней оси значительно больше показания на табло передней оси. В этом случае, плавно передвигаем подвижную опору-8 вдоль продольной плиты-3 в направлении к задней оси до того состояния, когда показания табло передних и задних осей не покажут равные значения, это означает, что истинный центр тяжести погрузчика найден, при этомпоказания весовые данных на всех четырех табло должны быть одинаковыми (рис.2) это указывает на то что центр тяжести определен верно.

Заключение. На разработанной установке можно определить центр тяжести любой самоходной перегрузочной машины и по полученным данным рассчитать коэффициент устойчивости.

Аналога данной установки не выявлено. Установка разработана Морской академией при содействии научного отдела Yessenov University.

Литература

1. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. – М. Машиностроение, 2018.
2. Мархель И.И. Детали машин. – М. Ф ОРУМ-ИНФРА-М, 2015.
3. Барабанов В.А. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. – М. Мастерство, 2012.
4. Спиваковский А.О., Бржезовский С.М., Дьячков В.К. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкции. – М., Машиностроение, 2017.
5. Барсов И.П. Грузоподъемные машины и оборудование. – М., Академия, 2014.

Məqalə qəbul olunub: 02.10.23
Tövsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.

UOT 629.123.1

DAYAZLIQ NAVİQASİYA TƏHLÜKƏSİ: YARANMA EHTİMALININ BƏZİ QANUNAUYĞUNLUQLARININ TƏDQİQİ

Abbasov E.O., Rüstəmov Z.Ə.

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

Xülasə. *Məqalədə gəminin naviqasiya təhlükəsinin dəf edilməsi, üzmə təhlükəsizliyinin artırılması, idarəolunmanın təminatı ilə əlaqəli sahildə və gəmidə quraşdırılmış müvafiq naviqasiya texniki vasitələri, vəhdətlik şərti ilə araşdırılaraq, aralarında funksional asılılığın mövcudluğu əsaslandırılır. Müəyyənləşmiş funksional asılılığa istinad edərək, bir cihazın göstərici dəyişməsinin digərinə təsirinin nəzəri-praktiki əsasları tədqiq olunur.*

Abstract. *In the article, in order to prevent navigational hazards, improve the safety of navigation, ensure the controllability of ships, the corresponding navigational technical means installed on the shore and on the ship are investigated, and the presence of a functional relationship between them is substantiated. With regard to the established functional dependence, the theoretical and practical foundations of the influence of a change in the indicators of one device on another are investigated.*

Аннотация. *В статье, с целью предотвращении навигационных опасностей, повышение безопасности мореплавания, обеспечения управляемости судами исследуются соответствующие навигационные технические средства, установленные на берегу и на судне, обоснуются наличия функциональной зависимости между ними. Применительно к установленной функциональной зависимости исследуются теоретические и практические основы влияния изменения показателей одного прибора на другой.*

Açar sözlər: *gəmi, üzəgənlik, naviqasiya, laq, exolot, təhlükəsizlik*
Key words: *ship, buoyancy, navigation, log, echo sounder, safety*
Ключевые слова: *судно, плавучесть, навигация, лаг, эхолот, безопасность*

Giriş. Dəniz nəqliyyatı, təyinatından asılı olmayaraq, istismarı dövründə dəniz və okeanlarda minlərlə mil məsafə qət və naviqasiya təhlükəsini dəf etməklə, bütün hallarda üzmənin təhlükəsiz, etibarlı, zəmanətli və səmərəli təminində xüsusi maraq kəsb edən nəqliyyat növüdür. Bu baxımdan istər ticarət, istərsə də digər xüsusi məqsədlər üçün (hərbi, sənaye, geoloji və s.) müəyyən olunaraq tikilmiş gəmilərin naviqasiya təhlükəsinin dəf edilməsi, üzmə təhlükəsizliyinin artırılması, bununla əlaqəli sahildə və gəmidə quraşdırılmış müvafiq texniki vasitələrin təkmilləşdirilməsi istiqamətində aparılan elmi tədqiqat işləri hər bir zaman aktuallığını qoruyub saxlamaqdadır.

Beləliklə, tədqiqat obyekti olan ticarət gəmiləri, uzaq səfərlərə çıxmaqla minlərlə mil qət edərək kütləvi sərnişin-turist və ya kifayət qədər yüksək miqdarda müxtəlif fiziki-kimyəvi xüsusiyyətli yüklərin daşınması, dünya dəniz və okeanların sularında uzunmüddətli səyahətləri zamanı naviqasiya təhlükəsini dəf etmə məcburiyyətindədirlər.

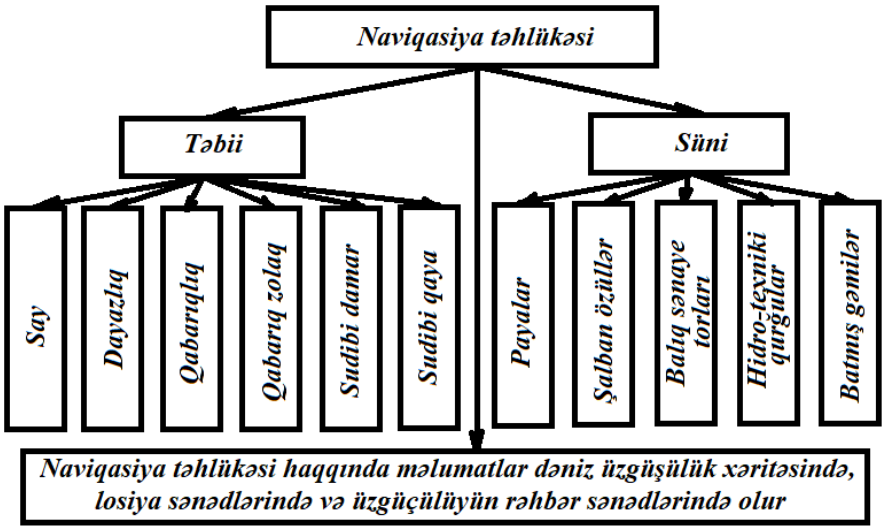
Yüksək dənizçi təcrübəsi və nəzəri bilik tələb olunan gəmi rəhbərliyi və idarə heyəti, səfərlər üçün ən etibarlı marşrutları seçmək iqtidarında olsalar da, tanımadığı və məhdud görmə imkanlı yerlərdən təhlükəsiz üzmənin təşkilinə görə məsuldarlar. İstismar şəraitinin müxtəlifliyi, turist səyahətinin və gəzintisinin rəngarəngliyi gəmi kapitanlarından tufanlar, tələtümlər, fırtınalar, qayalıqlar, buzlaqlıqlar, dayazlıqlar, dar keçidlər, məhdud akvatoriyalar, qabarmalar-çökmələr, axınlar, intensiv hərəkət və s. sahələrdə ola biləcək ***naviqasiya təhlükəsini*** də dəf edərək gəmini təhlükəsiz idarə etmə bacarığına sahibliyi ön plana çıxır. Bu zaman dənizçilər yüksək psixoloji hazırlıqlı olmaqla yanaşı, bütün gözlənilən

və gözlənilməyən hadisələrə, o cümlədən ***naviqasiya təhlükəsi*** mövcugluğuna daim hazır olmalı və insan amilinə tuşlanmadan risk etməyə də qadir olmalıdırlar [1,2].

Naviqasiya təhlükəsi - gəminin üzməsi üçün real təhlükə yaradan maneə dəniz naviqasiya təhlükəsi adlanır. Su laylarında dibin yüksəlməsinə səbəb ola biləcək təbii və süni obyektlərin olması kildən aşağıda yerləşən qurğuları (sükan hissələri, hərəkət pərləri, hidroakustik cihazların gövdədən kənarlaşa bilən qurğu-elementləri və s.) zədələmək imkanlı olmaqla gəmi naviqasiyasında potensial təhlükə sayılır. Naviqasiya təhlükəsizliyinin artırılması məqsəd ilə etibarlı ***idarə olunmanın*** təmini, sürət və manevr keyfiyyətlərin səmərliliyinin yüksəldilməsi tələb olunur. Bu zaman gəmdən kənarlaşdırma dəliklərinin və filtrlərin lil, qum və s. ilə tıxanaraq tutulmasının qarşısının alınması da daxil olmaqla, bir çox səbəblərdən kil altında kifayət qədər ***"təmiz"*** su layının olması və bu lay qatına (dərinliyə) nəzarət dəqiqliyi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Bildiyimiz kimi, idarəolunma – gəminin verilmiş düz və ya traektoroya üzrə etibarlı hərəkət qabiliyyətliliyi, yəni verilmiş istiqaməti qoruyub saxlamaq və/və ya idarə qurğularının təsiri ilə hərəkət istiqamətini dəyişmə imkanlığı kimi qəbul olunur. Göstərilən məqsədə nail olmaq üçün gəmidə əsas idarəolunma qurğuları yerləşdirilir: sükanın idarə olunması vasitələri; hərəkətin (güc qurğusunun) idarə olunması vasitələri; aktiv idarə olunma vasitələri. Nəticədə, idarəolunma iki keyfiyyəti özündə cəmləyir: istiqamət etibarlılığı – düzxətli hərəkət (üzüş); dönmə imkanlılığı – trayektoriya üzrə hərəkət (üzüş).

Beləliklə, gəmi naviqasiya üçün təhlükəli sayılan suüstü, sualtı, su örtüklü dağılmış hidrotexniki qurğular, batmış gəmilər, itirilmiş lövbərlər, beton konstruksiyalar və s. ilə yanaşı, su üzərinə yüksələn təbii relyef birləşmələri və süni tikililər də müəyyən təhlükə yaradır. Dəniz üzgüçülüyü üçün təhlükə yarada biləcək naviqasiya təhlükəsini daimi və müvəqqəti olmaqla iki qrupa bölmək olar (şək.1).



Şəkil 1. *Naviqasiya təhlükəsinin təsnifatı*

Daimi naviqasiya təhlükəsinə kəskin yüksəlmiş dəniz dib relyefi ola bilər ki, onlar da dəf oluna bilən və dəf olunmayanlara bölünürlər. Su dibi kəskin yüksəlmiş relyefin dəf oluna bilməyənləri, məhz naviqasiya təhlükəsi yaratmış olurlar.

Müvəqqəti naviqasiya təhlükələri əsasən hidrometroloji şərait nəticəsində formalaşır – duman, külək, dalğalanma, axınlar və s. Bunlara üzən naməlum obyektləri, yəni lövbərdən açılmış minalar, çəlləklər, buylar, balıqçı torları, yarı batmış ağaclar və s. müvəqqəti naviqasiya təhlükəsinə aid edilə bilər.

Naviqasiya təhlükəsi siyahısında birinci yeri tutan say (şək.1) təbii dayazlıq əlaməti sayılır və xüsusi tədqiq olunma obyekti kimi qəbul olunur. Dayaz sularda üzüş gəminin istismarı zamanı düşə

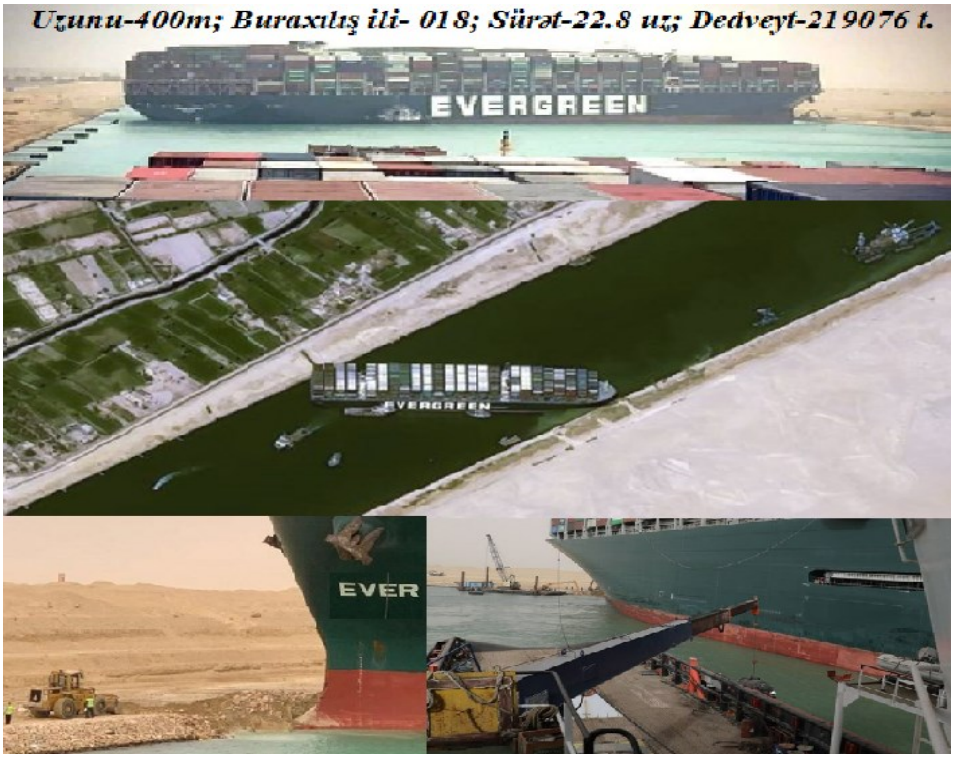
biləcəyi ən çətin şəraitlərdən biri sayılır. Bu halda vəziyyətin mürəkkəbliyi təkcə kil altında kifayət qədər ***"təmiz"*** su layının olmaması ilə kifayətlənmir, həm də dayazlıqda gəminin hərəkət imkanları və davranışı açıq dəniz və kifayət qədər dərinlikdəki davranışdan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənməsindən ibarət olur [3,4].

Gəminin dayazlıqda davranışının əsas fərqləndirici xüsusiyyətlərinə idarəolunma qabiliyyətinin pisləşməsi, tormozlama-dayanma məsafəsinin artması, suoturumunun artması ilə suya çökmənin yüksəlməsi və enerji sərfiyyatının sabit qalması ilə gəminin sürətinin azalması kimi neqativ halları aid etmək olar. Beləliklə, dayazlıq gəminin müəyyənləşmiş istiqamətdən sağa-sola meyillənməsi, daim istiqamət düzəlişlərinə tələbi və gəminin qabaq və arxasında yaranan dalğalanma, arxaya deifferentin çoxalması və orda boşluğun yaranması ilə sükan idarəsinin təsirsizliyini artırır. Bir çox hallarda dayazlıq gəminin titrəyişli üzüşünə və avar vintinin tərəddüdlü (titrəyişli) işinə da səbəb olur. Bu hal üçün müəyyənləşmiş kritik sürət aşağıdakı kimi təyin olunur [1,3,4].

$$V_{kr} = 3{,}13\sqrt{H} \ ,$$

burada H - gəmi üzdüyü dərinlikdir, m.

Gəminin dayaz sulardakı neqativ davranışına məhdud akvatoriya (boğazlar, kanallar), darısqallıqda kanal kənarları (sahil) və hərəkətdə olan digər üzən obyektlər (intensivlik) xüsusi mənfi təsir göstərməyə və idarəolunmanı daha da pisləşdirməyə qadirdir. Qeyd olunan üzmə şəraitlərində idarəolunmaya təsir edə biləcək neqativ faktları bilməmək və ya onlara laqeydlik bir çox hallarda qəza ilə nəticələnir (şək.2).



Şəkil 2. *Süveyş kanalı, 23 mart 2021-ci il tarixində "Ever Qiven" qəzası*

Beləliklə qeyd etmək olar ki, "dayazlıq" nisbi anlayış kimi qiymətləndirilir. Dayazlığın gəminin davranışına təsiri təkcə kilaltı məsafədən asılı deyil, bu həm də gəminin qabarit ölçülərindən və sürətindən asılıdır. Bu baxımdan dayazlığın təsir etməyə başladığı dərinliyi təyin etmək üçün müxtəlif empirik düsturlar mövcuddur. Düsturlardan birinə [1] görə, dayaz suyun gəminin davranışına təsiri aşağıdakı dərinliklərdə müşahidə olunur:

$$H_{də} \leq 4d_o + \frac{3V_{gə}^2}{g} \quad ,$$

burada $H_{də}$ – dərinlik, m; d_o – gəminin orta oturumu; $V_{gə}$ – gəminin sürəti, m/c; g – sərbəst düşmə təcili, 9.81 m/c^2.

Dayazlığın gəminin hərəkətinə təsirini, gəmi ətrafında yaranan dalğalanmaya əsaslanaraq, qiymətləndirən digər göstərici kimi sualtı məsafə ilə əlaqəli müəyyənləşən "Fruda ədədi" tətbiq olunur [1,2].

$$Fr_H = \frac{V_{gə}}{g * H_{də}}$$

Tədqiqatlar göstərir ki, $Fr_H > 0.4 \div 0.5$ olduğu təqdirdə dayazlığın gəminin sürətinə təsiri nəzərə çarpacaq həddə olur, yəni idarə olunmaya dayazlığın təsir müəyyən qədər qeyd olunandan öncə başlanır. Bu araşdırmalar bir daha sübuta yetirir ki, kilaltı məsafədən, yəni dayazlıq həddinin dəyişməsi → azalması və bununla əlaqəli gəminin hərəkət sürətinin dəyişməsi → azalması və/və ya gəmi tormoz yolunun dəyişməsi ← artması arasında müvafiq funksional asılılığın olduğunun söylənməsi nəzəri əsaslı sayılır. Bu baxımdan gəminin qabarit ölçülərindən və su oturumundan (tonnajından) asılı olaraq onun sürətinə (tormoz yoluna) və idarə olunma keyfiyyətinə təsir edə biləcək kilaltı məsafə həddinin müəyyənləşməsi təmin olunmalıdır. Yəni, gəminin normal və təhlükəsiz istismarı üçün dayazlığın buraxıla bilən həddinin başlanğıc anına və tədrici azalmasına əsaslanaraq, müəyyən funksional asılılığın yaradılması, qrafik təsvirinin formalaşması və mümkün proqram təminatı ilə optimal sürət həddinin planlaşdırılaraq nəzarəti daha etibarlı istismara zəmanətdir.

Beləliklə, "Fruda ədədi" $Fr_H \geq 0.4$ həddindən başlanaraq gəminin hərəkət sürətinin, yəni laq göstəricisinin (V_{laq}), dayazlıqdan, yəni exolat göstəricisindən (H_{exo}) funksional asılılığı nəzəri sübutunu tapmış olur:

$$V_{laq} = fH_{exo},$$

Nəzəri olaraq gəminin müəyyən olunmuş sürətlə irəliləyişi məqsədi ilə ona müqaviməti dəf etməyə qadir hərəkətverici qüvvə tətbiq etmək lazımdır. Müqaviməti dəf edə biləcək hərəkətverici faydalı güc aşağıdakı kimi hesablanır [3]:

$$N_f = R \cdot V,$$

burada R – müqavimət qüvvəsi; V – hərəkət sürətidir.

Bildiyimiz kimi, hərəkət verici qüvvə pərlərin işi ilə təmin olunur ki, bu da digər mexanizmlərdə olduğu kimi, qismən qeyri-məhsuldar enerji itkisi olmaqla işçi güc (N_i) tətbiqi ilə təmin olunur:

$$N_i = M \cdot n,$$

burada M – pərin fırlanma müqavimət momenti; n – pərin fırlanma tezliyidir.

Ümumi halda, gəminin verilmiş hərəkət sürətinin təmini və tələb olunan gücün xarakterizə olunması üçün faydalı gücün, itkiləri də nəzərə alan işçi gücə nisbətlə müəyyənləşən gövdə-mühərrik sisteminin təkan əmsalından (η_t) istifadə olunur:

$$\eta_t = N_f / N_i = R \cdot V / M \cdot n$$

Nəticə etibarı ilə, bütün ötürmə boyu qurğulardakı itkilər də nəzərə alınmaqla gəmi güc qurğusunun tam effektiv gücü aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$Ne = R \cdot V / \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_r$$

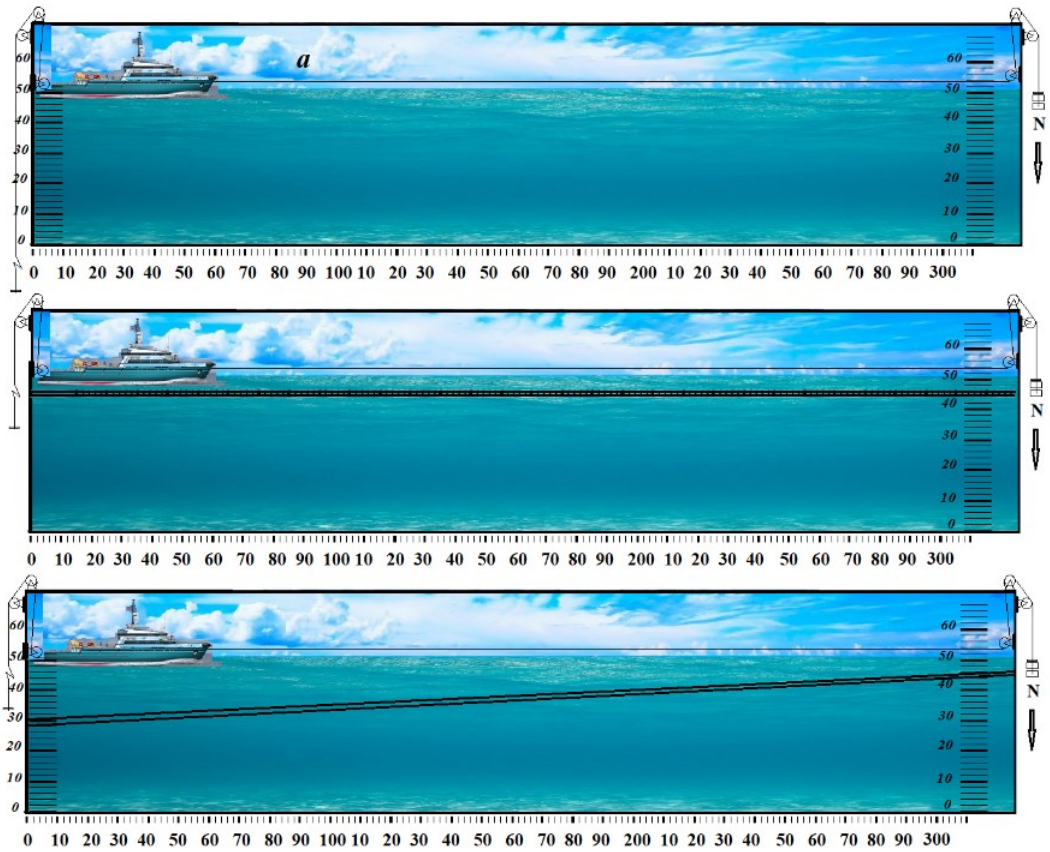
burada η_v, η_r – müvafiq olaraq valın və reduktorun faydalı iş əmsalıdır.

Digər tərəfdən, dayazlığın yaranması ilə yaranan dəyişkən müqavimət əmsalı da nəzərə alınarsa, onda bu mühərrikə təsir edə biləcək güc itkisi kimi qəbul olunmur. Yeni təklif olunan əmsal, bilavasitə kirtik dayazlıq həddinin bərqərar olması ilə gəminin hərəkətinə müqavimət göstərən dayazlıq müqavimət əmsalı ~$k_{day} \geq 1$, olmaqla sürət itkisi kimi formalaşması nəzəri əsasını tapmış olur:

$$V = \frac{N_e \cdot \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_r}{R \cdot k_{day}}$$

Hərəkət parametrlərinin dayazlıq ilə əlaqəli dəyişməsi və müvafiq asılılığın qurulması, o cümlədən korrelyasiya asılılığının qurulması naviqasiya təhlükəsinin öncədən proqnozlaşdırılmasına və buna əsaslanaraq müvafiq idarə olunmanın təmini ilə təhlükənin sovuşmasına da tam imkan yaratmış olar.

Bu baxımdan nəzəri araşdırmaların praktiki olaraq laboratoriya şəraitində tədqiqi məqsədi ilə xüsusi akvarium hazırlanmışdır (şəkil 3).



Şəkil 3. *Dayazlığın gəminin hərəkət parametrlərinə təsirinin praktiki tədqiqi stendi (akvariumu)*

Nəticə. Beləliklə praktiki tədqiqatlara əsaslanaraq dayazlığın dəyişməsi ilə formalaşa biləcək kəmiyyətlərin korrelyasiya asılılığının yaradılması mümkündür. Bununla da dəyişən dayazlıq müqavimət əmsalının təyini empirik düsturu dayazlıqdan yarana biləcək naviqasiya təhlükəsini proqnozlaşdırmağa və etibarlı idarəetmənin təmininə imkan yaratmış olacaq.

Təklif olunan laborator stendi vasitəsilə praktiki tədqiqatların daha da genişləndirilməsi məhdud akvatoriyanın (ensizlik, darısqallıq, intensivlik) gəminin hərəkət parametrlərinə təsirini tədqiq etmək və müvafiq nəzəri asılılıqların proqnozlaşması ilə təhlükəsizliyin təmininə mümkün tövsiyə (metodika) hazırlamaq olar.

Ədəbiyyat

1. Воробьев Ю.Л., Соколов В.Т., Журавицкий Г.Д., Коханов Э.В., Кубачев Н.А., Лабин А.И. К вопросу о навигационных запасах глубины под килем судна при плавании в каналах и на мелководье // Морской транспорт. Серия "Судовождение и связь": экспресс-информация В/О "Мортехинформреклама". -1986. - Вып. 9(194). - с. 1 - 18.
2. Коханов Э.В., Лабин А.И. Исследование просадки судов, движущихся по мелководному фарватеру // Теория и практика модернизации судов. -М.: ЦРИА "Морфлот", 1981. -с.15-21.
3. Управление судном и его техническая эксплуатация / Под ред. А.И.Щетининой. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. - 656 с.
4. Ковалев А.П. К вопросу о проседании судна на мелководье и в канале // Морской транспорт. Сер. Безопасность мореплавания. 1984. Вып.5 (165). с. 19-22.

Məqalə qəbul olunub: 02.10.23
Tövsiyə edib: dos. Kəlbiyev F.M.

UOT 621.01

RESEARCH METHODS FOR OPTIMIZATION FLOW REGIMES IN PIPELINE SYSTEMS

Akhundov E.F., Amirbayov A.H.

"Azerbaijan State Marine Academy" LEPL
AZ1000, Baku, Z.Aliyeva str., 18
E-mail: akhundov.eldar@gmail.com, amirbayov7777@gmail.com

Abstract. *The article explains the advantages and disadvantages of pipeline transport, its application in oil and gas and various other sectors of the economy. The importance of pipelines in the transportation of liquids and gas is emphasized, as well as the reasons for the optimization of operating modes are studied. Based on the analysis, it is proposed as a method of efficiency in the operation of pipeline systems and its expediency is described on the basis of appropriate formulas.*

Xülasə. *Məqalədə boru kəməri nəqliyyatının üstünlükləri və çatışmazlıqları, iqtisadiyyatın neft-qaz kimi və digər müxtəlif sahələrində tətbiqi izah edilmişdir. Maye və qazın daşınmasında boru kəmərlərinin əhəmiyyəti vurğulanır, həmçinin işçi rejimlərinin optimallaşdırma səbəbləri öyrənilir. Eyni zamanda, təhlil əsasında boru kəmərləri sistemlərinin istismarında səmərəliliyinin üsulu olaraq təklif verilir və müvafiq düsturlar əsasında məqsədə uyğunluğu təsvir edilir.*

Аннотация. *В статье раскрыты преимущества и недостатки трубопроводного транспорта, его применение в различных сферах экономики, например в нефтегазовой. Подчеркнуто значение трубопроводов при транспортировке жидкости и газа, изучены причины оптимизации режимов работы. При этом на основе анализа делается предложение по методу повышения эффективности эксплуатации трубопроводных систем и описывается целесообразность анализа на основе соответствующих формул.*

Key words: *transport, pipeline, oil and gas, resistances, Reynolds number*

Açar sözlər: *nəqliyyat, boru kəməri, neft-qaz, müqavimətlər, Reynolds ədədi*

Ключевые слова: *транспорт, трубопровод, нефть-газ, сопротивления, число Рейнольдса*

Introduction. Today, the issues of transportation of gas and oil products (energy carriers) have a great impact on the development of Azerbaijan Republic and other countries. For this purpose, any means of transport can be used, but the most widespread type is pipeline transport. So, currently, the majority of oil and gas products are delivered to buyers (consumers) through pipelines, which allows products to be transported not only with high quality, but also with speed (quickly).

Almost all of the produced gas and oil (their processing products) are transported through main oil and gas pipelines with a diameter of 530 to 1220 mm (large diameter welded pipes are used for this, which effectively withstand the high working pressures of the transported environment - Figure 1). Appropriate transmission power units are also applied to pipe fittings of that diameter (pump or compressor stations) [1].



Figure 1. *High-pressure oil and oil products pipeline system*

Practically, in order to understand why pipelines are used to deliver gas and oil around the world, it is necessary to know their features, advantages and disadvantages. For general information, it should be noted that all pipelines used in the transportation of liquids are divided into three groups:

1. Underground gas pipelines;
2. Oil and oil products pipelines;
3. Liquid pump pipelines.

The peculiarity of transporting this type of raw material (or other type of liquid) is the high pressure at which the whole process is carried out. Thus, as a rule, the pressure of 4.0-6.4 MPa falls on the pipes pumping oil and oil products, and on the pipe fittings (devices) transporting gas and gas mixtures - up to 7.0 MPa. Due to the increase in pressure in the pipes, pipelines resistant to pressures of 10 MPa or more have recently been put into operation (Figure 1) [1].

In general, due to the large length indicators of this type of pipelines (thousands of kilometers), it is envisaged to place a number of relevant devices near the pipe fittings for diagnostic work on them. Among such means:

1. Linear devices (looping, communication lines, corrosion protection stations, etc.);
2. Pump stations - installed every 300-500 km of the pipeline.

Advantages of pipeline use include the following parameters [1,2]:

- low cost of transportation;
- minimum investment in the transportation of liquid and liquid mixtures (gas and gas mixtures) from one point to another, as well as quick return of the investment made after design;
- the ability to create the shortest route (corridor) for the delivery of transported raw materials (liquid, gas) – the pipeline can be laid in any direction and at any distance;
- possibility of installation in a short period of time;
- uninterrupted and timely delivery of transported products to the consumer (to the required place) regardless of climatic conditions;
- automation of most part of the transportation process;
- losses of oil and gas products during transportation are practically equal to zero;

- simultaneous transportation of several types of oil or gas products through one pipeline;
- the possibility of increasing the transmission capacity of the system due to the installation of additional transmission pumping stations and parallel pipelines (looping);
- the possibility of applying an intensive work regime (work mode) during the year (provided that there may be short stops during an accident or diagnostics);
- the ability to comprehensively monitor all elements (armatures) of the pipeline, control and measurement devices and other equipment as a whole;
- reducing the load of traditional transport types due to the existence of pipelines;
- easy to use and reliable.

All the mentioned advantages have turned the pipeline into one of the most developed and widespread methods of raw material transportation in the world. In the Azerbaijan Republic, the location of newly discovered oil and gas fields at a fairly far distance from the processing and sales points had an effect on the increase in demand for pipeline systems.

Despite the indicated advantages, pipeline transport also has the following disadvantages [1,2]:

- the construction of the pipeline system requires large capital investment. This, in turn, makes it advisable to install the pipeline only with a stable and regular supply of oil and gas products;
- filling pipeline systems with gas, oil or other liquid raw materials also requires considerable financial costs. This is especially felt in highway pipelines, where high costs are associated with large metal consumption, low speed of raw materials (usually no more than 10 km/h) and other factors;
- "rigidity" of the pipeline line (route) and, as a result, additional capital investment is required to ensure the supply of the transported product to new points of sale;
- the limitation of the scope of transportation - this mode of transportation is mainly intended for the supply of oil (oil products) and gas (gas mixtures);
- environmental damage is possible (especially in underwater pipelines);
- the complexity (and in some cases, the impossibility) of laying a route (corridor) in regions with difficult terrain.

Research reasons. The main problem of this type of transport in modern times is the constant increase in the demands of oil consumers, and in this regard, it is not so easy to increase the volume of supplied products. This problem can be solved by increasing the pressure in the pipes or replacing them with larger diameter pipes. In some countries, the diameter of such pipes in most cases is 1020 mm, while in others these dimensions are more than 2000 mm. When replacing pipes with larger diameter another pipes, a new problem arises - the need for new costs for digging and replacing pipes (on the other hand, the cost of pipe fittings). Increasing the pressure is also a risky decision, as the pipeline system is no longer withstand the excess pressure resistant and leaks can occur, leading to large losses of raw materials, also repair costs, or it can cause suspension (additional cost) of the delivery of raw materials to the point of sale and to the processing point [3,4,5].

Taking into account the above analysis, it can be concluded that one of the ways to increase the efficiency (optimization) of pipeline transport is to minimize resistances in pipes and pipe fittings (pipeline system elements). A review of the literature shows that the effect of molecular viscosity is negligible in the turbulent regimes of flow associated with high Reynolds numbers. From the given data on hydraulic resistances, it can be seen that the resistance coefficients in laminar flow regimes (or regimes close to it) depend on the Reynolds number (Re) (Figure 2). At low values of *Re*, the resistance effect is usually caused by viscous forces and is proportional to the first degree of velocity [3,4]. In this case, the resistance coefficient changes inversely proportional to the Reynolds number, that is

$$\xi = \frac{A}{Re}$$

where, *A* - is a constant quantity depending on the type of resistance.

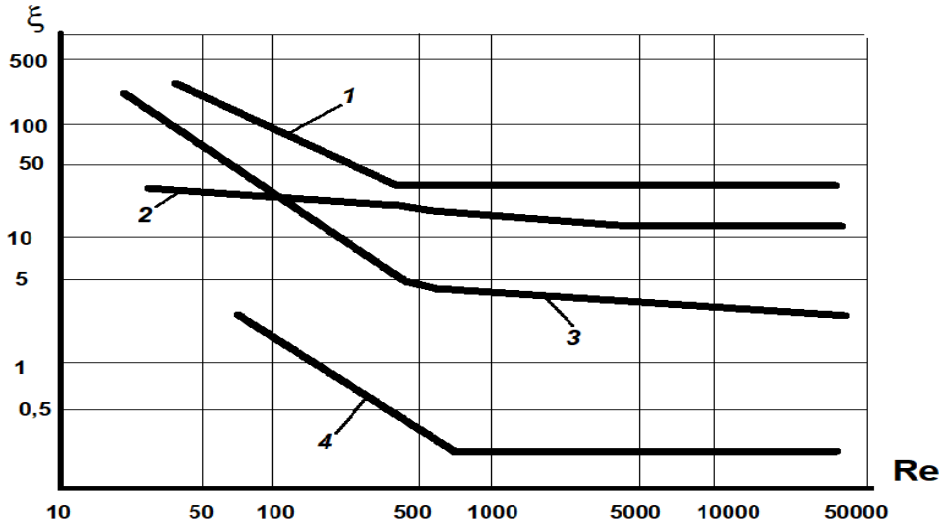


Figure 2. *Graph of dependence of resistance coefficient on Reynolds number (1– ball valve, 2 – globe valve, 3 – gate valve, 4 – "T" fittings)*

A sufficiently high Reynolds number leads to the formation of flow particles separated from the pipe wall in the flow, which, in turn, is one of the main factors in the formation of resistances. In this case, the resistance coefficient is almost unchanged, i.e

$$\xi = const.$$

As a first approximation, it can be said that the coefficient ξ does not depend on the Reynolds number when Re >3000 for sharp transitions and Re >10000 for smooth contours. In general, we can write the following expression for the ξ coefficient [3,4]:

$$\xi = \frac{A}{Re} + \xi_{Re}$$

where ξ_{Re} - is the resistance coefficient at high values of *Re* (ξ=const.).

It should be noted, that for the linear law of resistance (slanted lines in Figure 2), the concept of equivalent length (l_e) can be used to determine pressure losses. Equivalent length is the length of a straight section of a pipeline of a given diameter, when the friction losses along the length are equal to the pressure loss caused by the given local resistance, i.e. $h_{line} = h_{local}$. So, to determine the pressure loss in the local resistance, we replace it with a straight pipe of equivalent length. This allows us to apply the Darcy-Weisbach formula to determine the pressure loss in the local resistance and take into account the change in the Reynolds number [3,4]:

$$h_y = \lambda \frac{l_e}{d} \frac{v^2}{2g}$$

where, l_e - is the equivalent length, depending on the diameter of the pipe and the type of resistance.

Conclusion. Summarizing the above mentioned, it is proposed to automate the regulation of the flow regime for the optimization of the transportation process in pipeline systems (resulting in

saving energy consumption). Here, the term regulation refers to the Reynolds factor related to the flow regime:

$$Re = \frac{vd}{\vartheta}$$

Adjusting the velocity $\boldsymbol{v}$, which is the main quantity of the Reynolds formula, would help to solve the described problem. However, as mentioned in the article, the flow speed in pipeline transportation does not exceed 10 km/h, which does not allow us to obtain high values of the Reynolds number. Therefore, it would be appropriate to maintain the *Re* indicator in the range of 1000 ÷ 5000 and ensure the corresponding speeds. On the other hand, at values close to 1000 of *Re*, as shown, it creates a sharp dependence of resistances on *Re*.

In order to continue the research in this direction, in the "Hydraulics" laboratory under the "Ship power devices" department, it is planned and planned to conduct experiments with the purpose of determining the resistances on the small model of the pipeline and establishing the dependence of the resistance coefficients on the Re number (in the given interval) [6].

References

1. Pipeline transport of oil and gas / R.A. Aliyev, V.D. Belousov, A.G. Nemudrov and others - M.: Nedra, 1988. - 368 p.;
2. Main pipelines / “Qosstroy Russia”.: 1997. – 52p.;
3. S.O. Huseynov, A.H. Guliyev, Hydraulics., Baku, 2008, 260p.;
4. A.D. Altschul, Hydraulic resistances, M., "Nedra", 1982.;
5. C.O. Huseynov, E.F. Akhundov, A.G. Guliyev, Experimental study of pressure losses in tubes of pneumatic and hydro control systems., “Izvestiya VUZ-ov”, "Oil and gas" No. 1-2 1998, p. 38-40;
6. Seleznev V.E., Pryalov S.N. Methods of building flow models in main pipelines and channels / M.: 2012. – 560 p.

Məqalə qəbul olunub: 05.10.23
Tövsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.

УДК 372.862

IMPORTANCE OF THE DISCIPLINE "MATERIAL SCIENCE" IN EDUCATION OF MARINE ENGINEERS

[1]Korshunova T.E., [2]Gorchakova S.A.

[1]Far Eastern State Technical Fisheries University,
Russian Federation, Vladivostok, Lugovaya st. 52b
[2]Admiral Nevelskoy Maritime State University,
Russian Federation, Vladivostok, Verkhneportovaya st, 50a
E-mail: corte12@mail.ru, gorchakova@msun.ru

Abtract. *The purposes and issues of the discipline "Materials science" in relation to the professional work of marine engineers using the knowledge of materials science are considered; the place and significance of discipline for the program of preparation of engineers.*

Xülasə. *Materialşünaslıq biliklərindən istifadə edən dəniz mühəndislərinin peşə fəaliyyətləri ilə bağlı “Materialşünaslıq” fənnin məqsəd və vəzifələri nəzərdən keçirilir; təlim proqramında nizam-intizamın yeri və əhəmiyyətim qeyd olunur.*

Аннотация. *Рассмотрены цели и задачи дисциплины «Материаловедение» применительно к профессиональной деятельности инженеров морских специальностей с использованием знаний материаловедения; место и значение дисциплины в программе подготовки специалистов.*

Key words: *materials science, the purposes and problems of the discipline, the engineer, marine specialities, professional work*

Açar sözlər: *materialşünaslıq, fənnin məqsəd və vəzifələri, mühəndis, dəniz ixtisasları, peşə fəaliyyəti*

Ключевые слова: *материаловедение, цели и задачи дисциплины, инженер, морские специальности, профессиональная деятельность*

The purpose of this review is to show that the study of the discipline "Materials Science" is one of the priority tasks in the studying of marine engineers (navigators, ship mechanics, electromechanics). Cadets have to study this discipline for effective professional activity at Far East, at Russian Federation and at the world.

Introduction. Development of port and fishery complexes at Far East is one of priority tasks at the regional and federal levels. These complexes are of great importance in anticipation of the development of Northern Sea Route and Arctic. The fastest growth rates are shown by the ports of Vladivostok. Operation, maintenance and repair of ships of the transport and fishing fleet require technically competent and experienced navigators, ship mechanics, and electricians.

Leading universities that train engineers for enterprises of Far East at these areas are Far Eastern State Technical Fisheries University (FGBOU Dalrybvtuz) and Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy (Moscow State University named after adm. G.I. Nevelskoy).

Presentation of main material. Port of Vladivostok is one of the main transport hubs at Far East of Russian Federation, which plays an important role in international transportation at Asia-Pacific Region (APR). The largest enterprises that occupy one of first places at Russian Federation in the transportation and transshipment of cargo for various purposes at Russian Far East are Vladivostok Commercial Sea Port (VMTP), which is part of FESCO group, and Vladivostok Sea Fishing Port OJSC (Vladmorrybport OJSC), VMRP). The production capacities of VMTP and VMRP allow handling all types of general, bulk, agro-industrial and container cargo, fish products, oil products, cars, heavy equipment, oversized and large-tonnage cargo.

Far East has direct access to the seas of Far East basin. It is one of the most important fishing regions of Russian Federation and the main supplier of fish raw materials and finished products for domestic market and for Asia-Pacific countries. Russian Fishery Company, the Nakhodka Active Marine Fishing Base, Dalrybprom JSC, Dalryba JSC, Dobroflot LLC, Russian Crab Group of Companies occupy a leading position among the fishing enterprises of Far East, as they have their own fleet and carry out production, processing of fish and aquatic biological resources.

Maintenance, repair and operation of transport and fishing vessels require technically competent and experienced navigators, ship mechanics, and electricians. They are specialists in navigation, operation and maintenance of transport, fishing and fish processing boats, including individual mechanisms, machines and equipment. Thus, the training of highly qualified specialists involved in shipping and fishing is an important task for enterprises at Far East region.

Leading universities provide training for marine engineers of the specialties 05.26.05 "Navigation", 05.26.06 "Operation of ship power plants", 05.26.07 "Operation of ship electrical equipment and automation". These universities are Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelsky (Moscow State University named after adm. G.I. Nevelsky) and Far Eastern State Technical Fisheries University (FGBOU "Dalrybvtuz").

Cadets receive knowledge and skills at the field of navigation, technologies for the transportation and safety of goods, technical operation and repair of ship structures and equipment at marine

conditions for transporting goods and fishing. Training of specialists is carried out in accordance with International Convention, STCW Code and Federal State Educational Standard of HE [1-5]. These documents regulate the requirements for the professional activities of certified marine engineers.

In accordance with these documents, navigators are obliged to perform the functions determined by ship's production activities and voyage task. Ship mechanical engineer must ensure the reliable and safe technical operation of the vessel, maintenance and repair of ship power plants, deck mechanisms and devices, and hull structures. The specialist in the operation of ship electrical equipment must ensure the safe technical operation and repair of ship electrical equipment and automation systems. Consider the goals and objectives of the discipline "Materials Science" at the training program for marine engineers [6-9].

Science "Materials Science" studies the relationship between the chemical composition, structure and properties of structural materials used in technology. This data helps to select the necessary materials for the most effective use in specific operating conditions.

The purpose of discipline "Materials Science" for marine cadets is to study material's properties and technological methods to ensure the required properties by obtaining the necessary structure of alloys. Knowledge of the peculiarities of materials management is necessary for the operation, maintenance and repair of ship equipment.

The purpose of the discipline "Materials Science" for electrical engineers, in addition to knowledge at the field of structural materials, is to study the processes occurring in electrical materials under the influence of electric and magnetic fields, temperature and other operational factors. Electrical materials are used for manufacture of electrical machines, apparatus, instruments and elements of ship electrical equipment, electrical installations and automation systems [10, 11].

The main objectives of studying the discipline "Materials Science":

– disclosure of the physical essence of the phenomena occurring in the materials of the elements of ship systems under the influence of production and operational factors;

– establishing the relationship between the composition, structure and properties of materials;

– study of ways of influencing materials of ship machinery parts and hull elements;

– study of modern materials of ship equipment, their application and behavior under operating conditions, maintenance and repair;

– study of the influence of technological processing methods on the structure and properties of ship materials;

– study of predicting the behavior of materials in production conditions;

– determination of the causes of failures of parts and tools under the influence of production and operational factors;

– mastering the choice of materials and methods of their processing to obtain the structure and properties that ensure the reliability of parts;

– obtaining practical skills in studying the structure and properties of various materials.

A navigational engineer can use knowledge to:

– ensure the safe operation of the ship and ship equipment, the safety of the transported cargo, and environmental protection;

– to carry out calculations of the working loads of lifting and fishing mechanisms, taking into account the properties of the materials from which they are made, to ensure the optimal mode of their operation;

– use cargo and fishing equipment, taking into account the technical characteristics of the materials.

To ensure the efficient operation of the vessels of the fishing fleet, the navigator is obliged to know the materials of fishing gear, fishing mechanisms and devices and their behavioral characteristics in fishing conditions.

A marine engineer can use knowledge to:

– carry out installation, adjustment, technical supervision of the work of ship equipment, efficient use of materials, equipment, appropriate algorithms and programs for calculating the parameters of technological processes;

– to monitor the condition of the main and auxiliary ship machines, mechanisms, equipment and systems, their maintenance in order to ensure uninterrupted operation and timely detection and elimination of breakdowns;

– promptly eliminate malfunctions of ship equipment and organize its repair without decommissioning the ship, or in the conditions of a ship repair enterprise, if the malfunction cannot be eliminated by the crew;

– carry out scheduled and emergency repair work of ship equipment.

An electrical engineer can use knowledge in a similar way to marine engineers, but in relation to ship electrical equipment and automation.

Resume. Analysis of production activities of marine engineers (navigators, ship mechanics, electromechanics) allows us to conclude that obtaining knowledge at the field of materials science is one of the priority tasks at the training program for marine engineers at Far East region and water basins of Russian Federation for the implementation of effective professional activities.

References

1. International Convention on the Training, Certification and Watchkeeping of Seafarers (STCW MK).
2. Code for Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW Code).
3. Federal State Educational Standard of Higher Education (FSES HE) - specialty in the specialty 26.05.05 "Navigation".
4. Federal State Educational Standard of Higher Education (FGOS VO) - specialty in the specialty 26.05.06 "Operation of ship power plants".
5. Federal State Educational Standard of Higher Education (FGOS VO) - specialty in the specialty 26.05.07 "Operation of ship electrical equipment and automation".
6. Materials science / B.N., Arzamasov, V.I. Makarova, G.G. Mukhin and others; Under total ed. B.Ya. Arzamasova, G.G. Mukhin. -M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2008. 648p.
7. Solntsev Yu.P., Pirainen V.Yu., Vologzhanina S.A. Materials science of special branches of mechanical engineering. - St. Petersburg: KHIMIZDAT, 2020. - 784 p.
8. Andreev V.V. Materials science for shipbuilders. - L.: Shipbuilding, 1981. - 248 p.
9. Andreev V.V. Shipbuilding materials. - L.: Shipbuilding, 1985. 120 p.
10. Bichurin M.I., Petrov V.M., Fomin O.G. Material science and materials of electronic means. - Veliky Novgorod: NovGU, 2006. 278 p.
11. Dudkin A.N., Kim V.S. Electrotechnical materials science. − Tomsk: TPU Publishing House, 2004. 198 p.

Məqalə qəbul olunub: 09.10.23
Tövsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.

УДК 629.126.72

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ СУДНА

Набиев Г.Н., Гонагов М.Н., Халилов А.Н.

"Азербайджанская Государственная Морская Академия" ПЛЮ
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиева, 18
E-mail: həzi.nəbiyev@asco.az, musaim57@yahoo.com,

Xülasə. *Gəminin əsas üzmə keyfiyyətlərindən biri onun idarə olunmasıdır. Gəmi bir mürəkkəb mühəndis qurğusu kimi iki mühitin - suyun və havanın qovuşduğu sərhəddə istismar olunduğu üçün aero və hidrodinamiki qüvvələrə məruz qalır. Nəticədə gəminin idarə olunması mürəkkəb prosesə çevrilir. Gəminin idarə edilmə qabiliyyətinə müxtəlif amillərin, o cümlədən küləyin təsiri araşdırılmışdır.*

Abstract. *One of the main nautical qualities of a ship is its handling. Since the ship as a technical device is operated on the border of two media, water and air, it is affected by aero- and hydrodynamic forces. As a result, ship management becomes a complex process. Various factors affect the handling of a ship. One of them is the wind.*

Аннотация. *Одним из основных мореходных качеств судна является его управляемость. Поскольку судно как техническое устройство и эксплуатируется на границе двух сред, воды и воздуха, на него действуют аэро- и гидродинамические силы. В результате управление судном становится сложным процессом. Рассматрены влияние различных факторов в том числе ветра на управляемость судна.*

Açar sözlər: *üzmə təhlükəsizliyi, gəminin idarə edilməsi, küləyin təsiri*
Key words: *safety of navigation, controllability of the vessel, the influence of wind*
Ключевые слова: *безопасность мореплавания, управляемость судна, влияние ветра*

Введение. Одно из мореходных качеств судна - управляемость - определяет его способность перемещаться по траектории, выбранной судоводителем. Если эта траектория прямолинейна, то говорят о способности судна двигаться по прямой линии, или об устойчивости движения судна на прямом курсе. Под понятием «управление судном» понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасность мореплавания.

Ветер оказывает существенное влияние на управляемость судна, вызывая дрейф и разворот судна. Каждое судно подвержено действию ветра в разной степени. Ветер, обдувая надводную часть корпуса и надстройки судна, вызывает появление аэродинамических сил, стремящихся изменить положение судна. Величина и направление аэродинамических сил в первую очередь зависят от формы и размеров надводной части судна, то есть от его парусности, а также от направления и скорости самого ветра.

Сила ветра находится в прямой зависимости от его скорости и вычисляется в соответствии с уравнением Хьюза

$$Ra = 1/2\ \mathrm{P}aCa(Aa\cos^2\varphi + Ba\sin^2\varphi)Va^2, \qquad (1)$$

где $Ra-$ сила ветра (тс);

$pa-$ плотность воздуха (0,00125 т/м^3 или 1,25 кг/м^3);

$Ca-$ коэффициент силы ветра, зависит от курсового угла действия ветра на судно и обводов корпуса;

$Aa-$ проекция площади парусности судна на мидель (м²);

$Ba-$ проекция площади парусности судна на диаметральную плоскость (м)

$\varphi-$ курсовой угол кажущегося ветра;

$Va-$ скорость ветра (м/с).

На рис. 1 центр тяжести корпуса судна и точка приложения вектора силы ветра обозначены как G и C соответственно. a – расстояние от носового перпендикуляра судна до точки приложения вектора силы ветра. Оно тем больше, чем больше курсовой угол кажущегося ветра. При курсовых углах, близких к 90°, точка приложения вектора силы ветра совпадает с центром тяжести надводной части корпуса судна (G). Максимальное значение **а** принимает при действии ветра с кормовых курсовых углов.

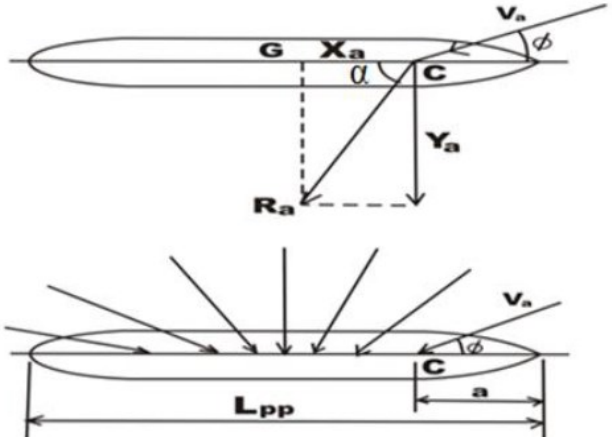


Рис. 1. *Сила ветра и точка приложения вектора силы ветра*

Центр приложения силы истинного ветра вычисляется по формуле

$$a=(0{,}292+0{,}0023\varphi)Lpp, \quad (2)$$

где $a-$ расстояние от носового перпендикуляра до точки приложения силы ветра C (м);

$\varphi-$ курсовой угол кажущегося ветра.

Угол действующей силы истинного ветра (угол атаки) вычисляется по формуле

$$\alpha=[1-0{,}15(\varphi/90) - 0{,}80(1-(\varphi/90)^3]90, \quad (3)$$

где $\alpha-$ угол действующей на судно силы ветра (угол атаки).

Момент силы ветра, стремящийся развернуть судно вокруг плоскости мидель-шпангоута, возникает в связи с тем, что центр приложения силы ветра и центр тяжести судна обычно не совпадают. Момент силы ветра, действующего на судно, вычисляют по формуле

$$Rm=CG\times Y_a=Ra\ sin\alpha(1/2\ L_{pp}-a)\ , \quad (4)$$

где Rm – момент силы ветра (тс х м);

$CG-$ расстояние между центром тяжести судна и центром приложения силы ветра ($CG = 1/2\ L_{pp}-a$).

Рассмотрим влияние ветра на перемещение судна.

Судно в дрейфе. Когда судно не имеет хода относительно воды, точка приложения силы ветра близка к середине корпуса судна (рис. 2). Таким образом, точка приложения силы ветра и центр тяжести корпуса судна достаточно близки для того, чтобы не разворачивать судно. Обычно считают, что судно дрейфует по направлению ветра, если он действует по траверзу или несколько впереди, или позади траверза судна.

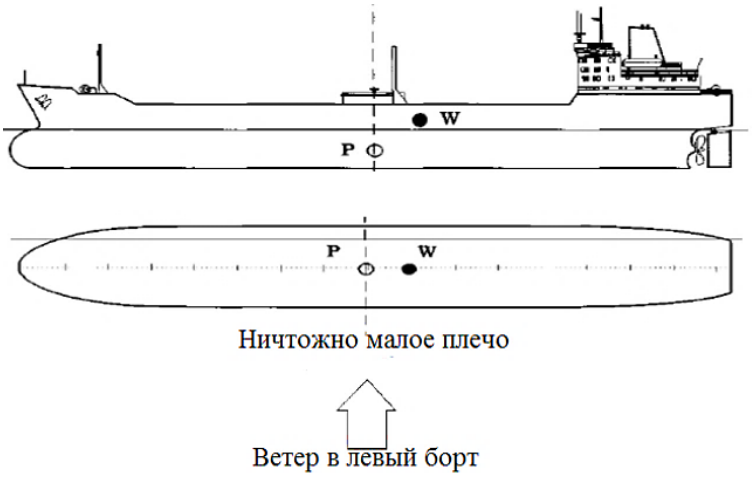


Рис. 2. *Действие ветра на судно в дрейфе*

Судно имеет ход вперёд. Если ветер действует по траверзу судна, точка приложения силы ветра (W) остаётся прежней, близкой к центру корпуса судна, а центр вращения судна (P) сдвинется в нос (рис. 3). Таким образом, создастся плечо поворота, и, следовательно, вращающий момент, величина которого будет зависеть от силы ветра и скорости судна. В результате нос судна будет приводиться на ветер. Если снизить скорость судна, то эта тенденция усугубится в связи с тем, что центр вращения судна сдвинется ещё дальше в нос из-за того, что уменьшится основная гидродинамическая сила потока воды, препятствующая движению судна, тем самым увеличивая плечо поворота и дрейф. Этот эффект от уменьшения скорости движения особенно необходимо помнить, когда судно идёт к причалу при действии ветра с траверзного или почти с траверзного направления и вынуждено уменьшать свою скорость. В таком случае, воздействие ветра на судно будет постепенно увеличиваться, что, в свою очередь, потребует значительных корректирующих действий со стороны экипажа.



Рис. 3. *Действие ветра на судно, имеющее ход вперёд*

С другой стороны, это означает, что, если судно, не имеющее дифферента, подходит к причалу, и ветер действует прямо по носу, управление судном легко контролировать. Даже следуя малым ходом, судно не будет приводиться на ветер вплоть до полной остановки.

Судно имеет ход назад. Эффект от влияния ветра на судно, движущееся назад, обычно более сложный и трудно предугадываемый. У одновинтового судна он осложняется поперечным смещением корпуса от работы гребного винта. Рассматривая влияние ветра на судно, движущееся задним ходом, следует помнить, что центр вращения судна сместится от кормы на

расстояние, равное ¼ длины корпуса (рис. 4). Таким образом, создастся крутящий момент, который будет разворачивать нос судна под ветер, а корма приводиться на ветер. Тем не менее, надо помнить, что если плечо крутящего момента будет небольшим, то эффект ухода носа судна под ветер исчезнет. Особенно это касается судов с посадкой на ровный киль.

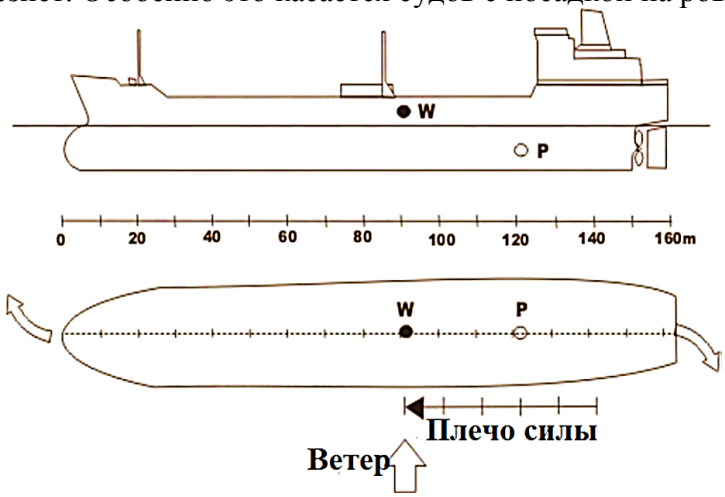


Рис. 4. *Действие ветра на судно, имеющее ход назад*

Ещё одним составляющим фактором, влияющим на дрейф судна, является направление вращения винта. Если у судна винт правого вращения, а ветер дует с траверза левого борта, то есть вероятность, что из-за взаимодействия ветра и винта корма судна будет приводиться на ветер. Если же ветер дует в правый борт, то может получиться, что ветер и смещение судна от вращения винта компенсируют друг друга. Всё будет зависеть от соотношения силы набрасываемой от винта струи и величины силы ветра.

Заключение. Таким образом знание и учет в практической деятельности особенностей и закономерности влияния ветра на управляемость судна, улучшит безопасность плавания.

Литература

1. Bəşirov A.A. Gəminin idarə olunması. Bakı, Elm, -2003, 320s.
2. Алексеев Л.Л. Практическое пособие по управлению морским судном. СПб.: −ЗАО ЦНИИМФ, 1996. −118 с.
3. Снопков В.Н Управление судном. Санкт-Петербург, 2004, 360с.
4. Жуков Е. И., Либензон М. Н. и др. Управление судом и его техническая эксплуатация. Под ред. А. И. Щетининой. 3-е изд. М.: Транспорт, 1983. - 655 с.
5. Лихачев А. В. Управление судном. СПб.: Издательство Политехнического Университета, 2004, − 504 с.
6. Макаров И.В. Морское дело. М.: Транспорт, 1989, - 288 с.
7. Шарлай Г. Н. Управление морским судном. Учебное пособие: Владивосток: МГУ им. адмирала Г.И. Невельского, 2012, 562 с.
8. Аносов А.Н., Дидык А.Д. “Управление судном и его техническая эксплуатация” – Изд.“Морской транспорт” 1986.
9. «Справочник капитана дальнего плавания» Под редакцией Г.Г. Ермолаева. Москва «Транспорт» 1988, 249 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.10.23
Tövsiyə edib: prof. Rüstəmov Z.Ə.

УДК 656.6

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОНАЦИОНАЛЬНЫМИ ЭКИПАЖАМИ

Сличёнок М.Ю.

Государственный Университет Морского и Речного Флота имени адмирала С.О. Макарова
Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, дом 5/7
E-mail: slitchonok@yandex.ru

Аннотация. *В середине 80-х годов изменение глобального рынка труда моряков привело к тому, что в настоящее время более 80% состава мирового морского флота составляют многонациональные экипажи. Анализ многолетнего опыта управления многонациональными экипажами российским командным составом показывает, что основными факторами влияющими на личностно-профессиональные качества членов экипажа и командного состава судов являются национальная политика, состояние судоходной индустрии, социальное положение моряков в стране, национальные особенности, система школьного обучения, основные вероисповедания, система подготовки моряков, которые и составили основу модели управления многонациональными экипажами использование которой позволяет выработать оптимальные методы управления многонациональным экипажем.*

Xülasə. *80-ci illərinin ortalarında dənizçilərin qlobal əmək bazarındakı dəyişiklik və dünya donanmasının tərkibinin 80%-dən çoxunun çoxmillətli ekipajlardan ibarət olmasına səbəb oldu. Rusiya komanda heyətinin çoxmillətli ekipajlarını idarə etmək təcrübəsinin təhlili göstərir ki, ekipaj üzvlərinin və gəmilərin komanda heyətinin şəxsi və peşə keyfiyyətlərinə təsir edən əsas amillər milli siyasət, gəmiçilik sənayesinin vəziyyəti, ölkədəki dənizçilərin sosial vəziyyəti, milli xüsusiyyətləri, təhsil sistemi, əsas dinlər, çoxmillətli ekipajların idarəetmə modelinin əsasını təşkil edən dənizçilər üçün təlim sisteminin istifadəsi çoxmillətli ekipajın idarə edilməsinin optimal metodlarını inkişaf etdirməyə imkan verir.*

Abstract. *In the mid-80s of the country, a change in the global seafarer labor market and has led to the fact that currently more than 80% of the composition of the world marine fleet is made up of multinational crews. An analysis of many years of experience in managing multinational crews by the Russian command staff shows, that the main factors affecting the personality and professional qualities of crew members and command personnel of ships are national policy, the state of the shipping industry, the social situation of sailors in the country, national features, a school education system, basic religions, a seamen training system, which formed the basis of the multinational crew management model, the use of which allows the development of optimal methods for managing a multinational crew.*

Ключевые слова: *многонациональный экипаж, национальные особенности, модель управления*

Açar sözlər: *çoxmillətli ekipaj, milli xüsusiyyətlər, idarəetmə modeli*

Key words: *multinational crew, national characteristics, management model*

Введение. В середине 80-х годов страны судовладельцы стран, традиционно морских наций так называемого блока «Организация экономического и совместного развития» (OECD) совместными усилиями избавились от зависимости установленных и регулируемых внутренних рынков труда, к которым они были привязаны и где располагались их компании, и получили возможность свободного выбора в любом регионе мира, предлагающего недорогую рабочую силу, что позволило максимально сократить затраты на экипажи морских судов.

Смягчение требований к национальностям своих экипажей во многих европейских

странах, создание всемирной сети агентств и организаций, занимающихся наймом и управлением экипажей для судов торгового и пассажирского флота [1], появление и развитие «удобных» флагов, на долю которых приходилось более половины мирового торгового флота вызвало изменение глобального рынка труда моряков и привело к тому, что в настоящее время более 80% состава мирового морского флота составляют многонациональные экипажи.

Согласно анализу рынка труда на торговом флоте Балтийского и Международного морского совета (BIMCO), опубликованному в 2021 году, общее количество моряков в мире составляет примерно 1,9 млн человек, из них более миллиона рядовых и около 900 тысяч офицеров [2].

Среди стран-поставщиков рабочей силы на флот первенство сохранили Филиппины – в целом филиппинские моряки занимают более 13.33% от всего плавсостава в мире. По рядовым должностям этот процент еще выше – более 16.5%. Следом за Филиппинами в этом рейтинге оказалась Российская Федерация. Российские моряки составляют почти 10.47% от общего количества плавсостава в мире. В топ–5 также попали индонезийцы – 7.59%, китайцы – 7.10% и индийцы – 6%. Китай пока уступает Индонезии менее 1 процента в общем, однако по офицерским должностям значительно ее опережает. В первую десятку также попали Украина, США, Вьетнам, Малайзия и Мьянма [3].

Существуют определенные предпочтения, взгляды и мнения при выборе национальности экипажей и их «смешиваемости». Один из наиболее важных факторов - способность общения на английском языке. Но очень часто выбор делается на основании межрегиональных отношений и преференций, сложившихся исторически:

– граждане Кореи, Вьетнама и Китая работают на судах японских судовладельцев;

– Индонезия и народности Западной Африки – у голландских и британских судовладельцев;

– экипажи с Египта, Сирии – на борту судов турецких и греческих судовладельцев;

– моряки с Польши, Украины, России – у немецких, норвежских, датских и также греческих судовладельцев;

– владельцы из Сингапура предпочитают нанимать моряков с Малайзии, Таиланда, Филиппин и Индонезии. Однако на практике цена и доступность будут иметь приоритет над любыми чувствами и культурной близостью [1].

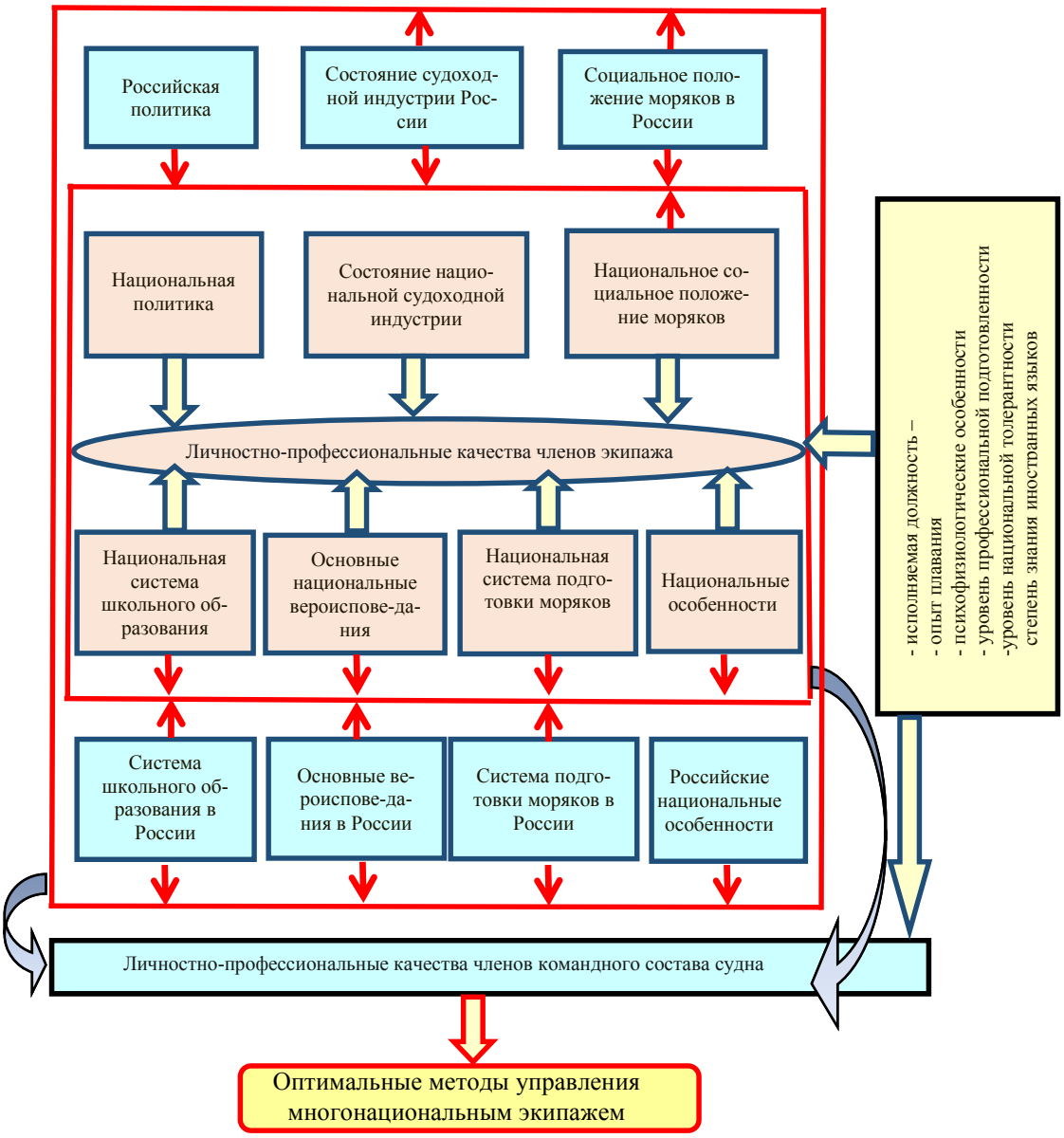
Основное содержание. Анализ многолетнего опыта управления многонациональными экипажами российским командным составом показывает, что основными факторами влияющими на личностно-профессиональные качества членов экипажа и командного состава судов являются как общие факторы такие как национальная политика, состояние судоходной индустрии, социальное положение моряков в стране, национальные особенности, система школьного обучения, основные вероисповедания, система подготовки моряков, так индивидуальные: исполняемая должность, опыт плавания, уровень профессиональной подготовленности психофизиологические особенности, степень знания иностранных языков и уровень национальной толерантности, которые и составили основу модели управления многонациональными экипажами (рис.).

Исторический опыт свидетельствует, что морские флоты во все времена являлись важнейшим инструментом политики государств, имеющих выход к морю, которая формировалась на основе национальных интересов и определяющей состояние судоходной индустрии.

Командному составу рекомендуется знать основные положения национальной политики государств, сравнить политику государств, понять место и роль Российской Федерации во внешнеполитической деятельности, что позволит не только лучше понять членов экипажей, их идеологию, но и использовать эти сведения в своей деятельности.

Сегодня в основном мононациональные экипажи можно встретить на борту судов, принадлежащих развивающимся странам мира, и в то же время именно эти же страны являются

поставщиками рабочей силы на суда «удобных» флагов.



Модель управления многонациональными экипажами

Затраты на экипаж судна в основном определяются его национальностью и также зависят от флага судна и может быть вдвое выше при сравнении – европейский флаг и «удобный» флаг типа Либерии, Панамы или Сингапура.

Еще одной причиной растущего числа многонациональных экипажей является социальный аспект. Рост уровня жизни в развитых странах Западной Европы, США и Японии вызвал также изменения на международном морском рынке труда, вследствие того, что заработная плата моряка сегодня может быть незначительно выше оплаты труда квалифицированного рабочего или служащего в развитых странах и это еще одна из причин, почему мы все больше встречаем экипажей судов из представителей развивающихся стран [1].

Командному составу судов необходимо учитывать особенности национального образования. Ведь в экипажах руководящему составу приходится работать зачастую с матросами, которые имеют только школьное образование, имеющими минимальный опыт плавания или

вообще без него. Опыт показывает, что уровень школьного образования в этих странах ниже российского. У обучающихся зачастую отсутствуют элементарные знания по предметам, которые необходимы для выполнения своих функциональных обязанностей.

Как состояние образования в стране определяется в основном уровнем ее экономического развития, так и морское образование непосредственно связано с морской мощью государства. Состав, состояние национальных морских флотов и задачи ими решаемые определяют содержание, уровень, ступени и всю систему подготовки моряков. Требования к качеству подготовки специалистов национальных морских флотов, отношение к обеспечению обучения, несомненно, отражается на степени подготовки моряков национальных морских флотов.

Гипотеза о существовании национального характера очень давно распространена и в обыденном сознании, и в художественной литературе и в научном мире. Хорошо известна вежливость японцев, сдержанность англичан и дисциплинированность немцев.

Несмотря на логичность подобных рассуждений и аргументов, конкретный этнический материал не подтверждает эту гипотезу полностью, хотя благодаря ей ученые исследуют важные стороны жизни народов. Учёные (особенно в США) пытаются найти ей подтверждение, полагая, что психические особенности людей одной национальности обусловлены традициями воспитания, семейных отношений и т.д. Зарубежные авторы определяют национальный характер как «модальную личность» или сужают понятие национального характера до системы установок и представлений у членов одной этнической общности, выполнения ролевых функций, соблюдения правил и табу.

Национальный характер определяет национальные особенности (этностереотипы), которые влияют на этнические симпатии – антипатии, национальные установки, обуславливающие межэтническое поведение людей, они формируются на основе избирательности – сопоставления своей этнической общности с другими («нас» с «не нами»). Наряду с другими факторами национальные особенности обуславливают характер национальных отношений, способствуя формированию образов «хороших» и «плохих» народов (народов союзников-партнеров и народов соперников-врагов) [4].

Офицерскому составу рекомендуется изучать и использовать в своей деятельности свойства национального характера. Он значительно явственнее проявляется в тех случаях, когда действуют не отдельные личности, а группы взаимодействующих людей в многонациональных экипажах и определяет национальные особенности, характер межнациональных отношений, и межэтническое поведение многонациональных групп. Неучёт национальных особенностей членов экипажей, как правило, приводит к возникновению психологического барьера и негативного отношения к командному составу.

Знание и использовать командным составом в своей деятельности национальных особенностей членов экипажей, определяющих характер межнациональных отношений и межэтническое поведение людей, позволит избежать возможных недоразумений, преодолеть в короткие сроки психологический барьер, адекватно реагировать на различные ситуации, возникающие в процессе плавания, вызывает уважение у экипажа и позволяет эффективно организовывать управление многонациональными экипажами.

Для человека, живущего в условиях той или иной цивилизации, не обязательно быть истово верующим. Ему в первую очередь необходимо осознавать свою принадлежность к общности, связанной канонизированными религией нормами отношений. Религия была и остается влиятельным элементом политической и духовной жизни многих государств.

Невозможно жить в обществе и быть полностью от него свободным, не следовать обычаям, определенным ритуалам, взглядам, ценностным установкам, не придерживаться определенного образа жизни. Религиозное влияние в наше время проявляется по-разному в каждой стране в зависимости от государственного строя, степени социально-экономического развития, исторических традиций и других условий.

Даже если человек считает себя неверующим, он внутренне придерживается определенной религиозной ориентации, так как постулаты других религий вызывают у него отторжение, а какая-то определенная религия считается им «своей» или кажущейся ему близкой по своим основным понятиям, связывающей его со своим народом, своей национальностью, своими традициями.

Практически во всех странах, являющихся основными поставщиками моряков для многонациональных экипажей многих аспектах жизни соблюдаются предписания национальных религий. В экипажах могут быть моряки различных вероисповеданий, поэтому командному составу рекомендуется иметь понятие об постулаты религий распространенных в стране, чтобы умело использовать эти знания в своей деятельности.

В многонациональных экипажах могут возникать психологические барьеры на фоне различных культур, языков и религий, что приводит к трудностям восприятия или полному непонимание при обсуждении каких-либо личных вопросов и проблем, вызванных различным менталитетом и национальными особенностями. Все это может привести к разрозненности членов экипажа, замкнутости, чувству одиночества, что пагубно сказывается как на экипаже, так и в целом на работе судна.

Знание особенностей национальных культур членов многонационального экипажа, их национальных особенностей, уважение национальных традиции и религиозные чувств позволят командному составу избежать возможных недоразумений и негативного отношения, преодолеть в короткие сроки психологический барьер между членами экипажа судна, адекватно реагировать на различные ситуации, возникающие во время рейса.

Позволяет уяснить некоторые аспекты в их поведении, понять логику их поступков, вызывает чувство уважения у членов экипажа, помогает повысить эффективность его деятельности и обеспечить повышение безопасности плавания.

Заключение. Таким образом знание национальных и религиозных особенностей позволяет избежать возможных недоразумений и негативного отношения к командному составу, преодолеть в короткие сроки психологический барьер, адекватно реагировать на различные ситуации, возникающие в рейсе. Позволяет уяснить некоторые аспекты в их поведении, понять логику их поступков, вызывает чувство уважения у членов многонационального экипажа и позволяет эффективно управлять их деятельностью.

Использование факторов в комплексном виде, сравнение российских и национальных факторов, представленных в модели управления многонациональными экипажами позволяет избегать возникновения психологических барьеров и каких-либо недоразумений, т.к. иностранные моряки с уважением и почтением относятся к офицерам, обладающим знаниями об их родине и уважающим их национальные и религиозные традиции и в то же время пользоваться заслуженным авторитетом у всех членов экипажа и выбирать судовым офицерам методы оптимального управления.

Литература

1. Сапронов К. Многонациональные экипажи. Как их видит история и современность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://teletype.in (Дата обращения: 02.04.2023).
2.. Количество моряков в России увеличилось. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: //http://www.sur.ru/ (Дата обращения 02.04.2023).
3. Россия вышла на второе место в мире по количеству моряков. «Морская газета.23». – Режим доступа: //http://dzen.yandex.ru/ (Дата обращения 02.04.2023).
4. Роль и значение этнических стереотипов в деятельности и поведении**.** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studexpo.ru/ (Дата обращения: 02.04.2023).

Məqalə qəbul olunub: 12.10.23
Tövsiyə edib: dos. Abbasov E.O.

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT 629.12.066

OBYEKTLƏRİN İDARƏ EDİLMƏSI ÜÇÜN MƏNTİQİ TƏNZİMLƏYİCİNİN SİNTEZİ VƏ TƏDQİQİ

Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P., Qocayeva A.B.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç.,18
E-mail vahidf@mail.ru, genclik76@mail.ru

Xülasə. *Məntiqi tənzimləyicilərin qurulması avtomatik idarəetmənin nəzəri və tətbiqi məsələlərinin əsas istiqamətlərdən biridir. Sintez məsələsinin çətinliyi bir çox elektromexaniki sistemlərin, texnoloji proseslərin, mobil və uçan aparat vasitələrinin riyazi modellərinin yüksək qeyri-müəyyənlik dərəcəsinə, eyni zamanda obyektin qeyri-xətti və qeyri-stasionarlığının olması ilə xarici və parametrik təsirləri çox vaxt ölçməyin mümkün olmamasından ibarətdır. Belə hallarda tənzimləyicilərin sintezinə konstruktiv yanaşmalardan biri məntiqi idarəetmədir. Bu yanaşma hərəkətin fundamental göstəricilərinin məntiqi-linqvistik təhlilinə əsaslanır və buna görə də obyektin formal riyazi modeli və həyacanlandırıcı təsirlərin xüsusiyyətləri haqqında çox bilik tələb edilmir. Məntiqi-linqvistik idarəetmənin sintezinə əsas yanaşmalardan biri də "Lyapunov funksiyası üsulu"dur. Hazırda bu üsul həm deterministik, həm də qeyri-səlis tənzimləyicilərin sintezi üçün geniş istifadə olunur.*

Аннотация. *Построение логических регуляторов является одним из основных направлений теории и практики автоматического управления. Задача синтеза усложняется тем, что математические модели многих электромеханических систем, технологических процессов, подвижных и летательных аппаратов имеют большую степень неопределенности, а также часто бывают недоступны измерению внешние и параметрические возмущения, являющиеся источниками нелинейности и не стационарности характеристик объекта. В указанной ситуации одним из конструктивных подходов к синтезу стабилизирующих регуляторов является логическое управление. Этот подход основывается на логико-лингвистическом анализе фундаментальных показателей движения и поэтому не требует больших знаний о формальной математической модели объекта и характеристик возмущений. Одним из основных подходов синтеза логико-лингвистического управления является «метод функции Ляпунова». В настоящее время этот метод широко используется как для синтеза детерминированных, так и нечетких регуляторов.*

Abstract. *The construction of logical controllers is one of the main directions in the theory and practice of automatic control. The task of synthesis is complicated by the fact that mathematical models of many electromechanical systems, technological processes, mobile and aircraft vehicles have a high degree of uncertainty, and external and parametric disturbances, which are sources of nonlinearity and non-stationarity of object characteristics, are often inaccessible to measurement. In this situation, one of the constructive approaches to the synthesis of stabilizing controllers is logical control. This approach is based on a logical-linguistic analysis of the fundamental indicators of movement and therefore does not require much knowledge about the formal mathematical model of the object and the characteristics of disturbances. One of the main approaches to the synthesis of logical-linguistic control is the "method of the Lyapunov function". Currently, this method is widely used for both the synthesis of deterministic and fuzzy controllers.*

Açar sözlər: *tənzimləyici, faza portreti, məntiqi idarəetmə, alqoritm, astatizm, gücləndirmə əmsalı, statik xəta, keçid prosesi*

Ключевые слова: *регулятор, фазовый портрет, логическое управление, алгоритм, астатизм, коэффициент усиления, статическая ошибка, переходный процесс*

Key words: *regulator, phase portrait, logic control, algorithm, astatism, amplification factor, static error, transition process*

Giriş. Məntiqi idarəetmə modellərinin meydana gəlməsi avtomatlaşdırma sahəsində qeyri-müəyyən obyektlərin tədqiq edilməsi ilə əlaqədərdir. Bu halda idarəetmənin ənənəvi üsulları aşağı effektivli və ya sadəcə yararsız olurlar. Bunun əsas səbəbi aşağıdakılardır [1]:

1. Bir-çox idarə məqsədləri ədədi münasibətlərlə ifadə oluna bilmir.
2. Bəzi idarə girişləri arasında dəqiq ədədi asılılıqları təyin etməyin mümkün olmaması.
3. İdarə prosesinin coxmərhələli olması və hər bir addımın təsirinin əvvəlcə təyin oluna bilməməsi.
4. Obyektlərin mövcud yazılış üsullarının praktikada real zamanda istifadə oluna bilməməsi.
5. Obyektin fəaliyyəti zamanə onun parametrləri və strukturunun dəyişməsi.

Bu səbəbdən hər bir konkret hal meydana gəldikcə, idarəni dəyişmək lazım gəlir ki, bu da idarəetməni əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir. İdarəetmədə məntiqi üsulların əlverişliyi aşağıdakı səbəblərlə əlaqədardır:

1. Tələb olunan nəticəni tam informasiya və bilik tələb olunmadan aksiomatik xarakterli anlayışlar və müddəaların əsasında almaq olar.
2. Formalizasiya prosesi (riyazi təsviretmə) təbiiyə adekvat olan məntiqi mühakiməyə gətirir.
3. Məntiqi mühakimə nisbətən daha sadə olan dil konstruksiyalarından ibarət olur.
4. Dinamik proseslər halında formal mülahizələr dayanıqlıq nəzəriyyəsinin ümumi qaydaları əsasında qurulur ki, bu da mühakimə prosesini başa düşməyə və yoxlamağa imkan verir.
5. Formal mühakimənin nəticəsini hər hansı bir sistemdə çıxarış kimi almaq olar, çıxarışın axtarış prosesini isə konstruktiv qaydalardan ibarət olan sistemdə kompyuter proqramlarının köməyi ilə asanlıqla yetirilə yetirmək olar. Bu halda, məsələn, "*if-then*" ("əgər-onda") qaydalarından istifadə elmək olar.

Hazırda texnika və texnologiyada istifadə edilən obyektlər üçün məntiqi-linqvistik idarənin qurulmasına olan əsas yanaşmalardan biri x_i faza dəyişənləri arasında sonlu sayda ədədi münasibətlərin ayrılmasına əsaslanır. Bu münasibətlər idarə strategiyasının ayrı-ayrı elementlərini əlaqələndirir.

Əsas hissə. Dinamik obyektlər üçün məntiqi idarənin əsas sintez üsulu Lyapunov funksiyası üsuludur. Bu məsələnin həllində determinik [1] və qeyri-səlis [2] yanaşmalar mövcuddur. Məntiqi idarənin əsasını Lyapunovun 2-ci üsulu təşkil edir. Bu üsula əsasən, əgər "məsafə" ilə əlaqədar olan, məsələn, evklid norması, elə müsbət müəyyən $V(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ funksiyası seçmək və idarəni seçməklə bu "sürətiin" sıfırdan kiçikliyini təmin etmək mümkün olarsa, yəni $dV(x)/dt < 0$ şərti ödənərsə, onda hesab etmək olar ki, idarəetmənin əsas məsələsi, dinamik sistemlər üçün, dayanıqlıq ödənilmişdir.

Energetik baxımdan bu xüsusiyyəti belə əsaslandırmaq olar. Əgər Lyapunov funksiyası adlanan $V(x)$ potensial funksiyasının enerjisi sistemin traektoriyası x(t) boyunca azalırsa, sistemin hərəkəti müəyyən vaxtdan sonra yekunlaşacaqdır. Adətən, kanonik kvadratik və xətti vuruqlara ayrılan kvadratik formalardan istifadə olunur.

Alınmış məntiqi idarəetmə strategiyası seçilmiş Lyapunov funksiyasının tipindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Məsələnin həlli sadə halda 4 mərhələdən ibarətdir:

• müsbət müəyyən (yəni $V(x) > 0, V(0) = 0$) funksiyanın seçilməsi; obyektin traektoriyası x(t) üzrə bu funksiyanın zamana görə $dV(x)/dt$ törəməsinin təyin olunması; alınmış törəmənin idarə u ilə əlaqələndirilməsi: $dV(x)/dt = f(u).$; $dV(x)/dt < 0$ şərtini ödəyən əks əlaqəli $u(x)$ idarəsinin təyin olunması.

Kanonik kvadratik forma halında x_i , i=1,2,...n, faza dəyişənlərinin işarəsindən asılı olaraq elə idarə $u_j(x)$ seçilir ki, işarələrin kombinasiyasının baxılan oblastında törəmənin sıfırdan kiçikliyini təmin edir. Bu səbəbdən, hər bir j-ci oblastda özünün lokal $u_j(x)$ təyin edilir. Sistemin tərtibi artdıqca işarələrin kombinasiyalarının sayı kəskin artır və məntiqi qanunauyğunluqlar ekspert tərəfindən getdiycə başa düşülmür.

İşdə qeyri-xətti obyektlər üçün yuxarıda göstərilən çətinliklərdən qismən azad olmağa imkan verən məntiqi rele idarəetmə alqoritmi işlənilmişdir. Bu halda obyekt qeyri-müəyyən olub, qeyri-xəttilik və xarici həyazanlandırıcı təsirlər məlum olmur. İki tip məntiqi rele tənzimləyiciləri işlənilmişdir:

1. Kvazisürüşən rejimdə işləyən rele tənzimləyiciləri.
2. "if-then" qaydaları əsasında qurulmuş rele tənzimləyiciləri.

Bu halda qeyri-xəttiliyin və həyacanlandırıcı təsirin hədd qiymətlərini bilmək kifayətdir. Təbii ki, bu halda rele siqnalının səviyyəsi qeyri-xəttiliyin yaratdığı hərəkət toplananını və həyacanlandırıcı təsirləri dəf edə bilmək üçün kifayyət etməlidir.

Xətti vuruqlara ayrılan kvadratik formaqan istifadə etdikdə tapılmış idarə sürüşən rejim doğurur. Sürüşən rejim sonlu gücləndirmə əmsalında avtomatik idarəetmədə əldə edilən ən robast rejimdir. Lakin bu rejimdə idarə siqnalının yüksək tezlikli rəqslər etməsi icra orqanının dayanıqlığını və etibarlığını zəiflədir. Bu xüsusiyyət sürüşən rejimlərin tətbiq sahəsini məhdudlaşdırır. İşdə bu çatışmamazlıq qoşma s=0 xəttinin sərhəd təbəqəsində u=0 idarə siqnalının istifadə edilməsə yolu ilə zəiflədilir.

Məntiqi idarənin sintezi məsələsinin qoyuluşu. $\dot{V}(x)$ törəməsinin sıfırdan kiçik olmasını təmin edən elə idarəni təyin etmək lazımdır ki, butün x_i faza dəyişənlərinin işarəsini təhlil təhlil etmək mümkün olsun. Yüksək tərtibli obyektlər halında kombinasiyaların sayı kəskin artır və bütün işarə kombinasiyaları üçün $\dot{V}(x) < 0$ şərtini təmin edən məntiqi qanunauyğunluqların qurulması olduqca çətinləşir.

Lyapunov funksiyasını qurduqdan sonra ikinci əsas məsələ $\dot{V}$ törəməsinin u idarəsindən asılığını tapmaqdan ibarətdir.

Bu halda Lyapunov funksiyası aşağıdakı şəkildə verilir:

$$V(x) = \frac{1}{2}\sum_{i}^{n}\sum_{j}^{n} q_i x_i x_j = \frac{1}{2} x^T Q x,$$

burada $x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)^T$ – vəziyyət vektoru; $Q = (q_{ij})$, $i, j = \overline{1,n}$ – müsbət müəyyən ədədi matrisdir. Kanonik formada Q diaqonal şəklində qəbul etmək olar $Q = diag(q_{ij})$. Xüsusi halda $Q = I$, burada I – vahid matrisdir.

Obyektin tənliyi $$\frac{dx}{dt} = f(x,u).$$

$f(x,u)$ – obyektin vektor funksiyasıdır.

Bu funksiyanın obyektin trayektoriyası $x(t)$ üzrə zamana gərə törəməsi:

$$\frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial V}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt} = x_1\dot{x}_1 + x_2\dot{x}_2 + \ldots + x_n\dot{x}_n = \nabla V \cdot f(\boldsymbol{x},\boldsymbol{u}). \qquad (1)$$

Burada $\nabla V(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ - Lyapunov funksiyasının qradiyentidir.

Məntiqi idarənin sintezi məsələsinin həlli. Misal olaraq **s**abit cərəyan mühərrikinin sürətini idarə edən məntiqi tənzimləyicinin qurulması misalına baxaq. Belə dinamik obyektlərin riyazi modeli belə olur:

$$dx^2 / dt^2 = u.$$

Burada x – yerdəyişmə (mühərrik üçün valın dönmə bucağı); $\dot{x}$ - sürət (bucaq sürəti); u – idarə təsiri.

Faza dəyişənlərində uyğun model:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = u, \quad x = x_1.$$

Kanonik formada Lyapunov funksiyası:

$$V = \frac{1}{2}\left(x_1^2 + x_2^2\right).$$

Bu funksiyanın (1) ifadəsinə əsasən zamana görə törəməsi:

$$dV / dt = x_1\dot{x}_1 + x_2\dot{x}_2. \qquad (2)$$

Obyektin tənliyindəki $\dot{x}_2 = u$ ifadəsini (2)-də yerinə yazsaq törəmə ilə u idarəsinin əlaqəsini taparıq. Onda

$$dV / dt = x_1\dot{x}_1 + x_2u = x_1x_2 + x_2u = x_2(x_1 + u).$$

$dV/dt < 0$ şərtini idarəni seçməklə təmin etmək üçün 4 sayda işarə kombinasiyası və o qədər də məntiqi qaydalar mümkündür:

Əgər $x_1 > 0$ və $x_2 > 0$, onda $u < -K x_1$, $\quad |Kx_1| > |x_1 x_2|$ (3)

Əgər $x_1 < 0$ və $x_2 < 0$, onda $u > -Kx_1$, Əgər işarələr müxtəlifdirsə, onda $u = 0$.

Alınmış nəzəri (3) əks əlaqəli məntiqi idarə alqoritminə nəzərən bəzi qeydlər etmək lazımdır. Birincisi, u-nun seçilməsinin birqiymətli olmaması. İkincisi, traektoriyanın pərçimlənməsinin qarşısını almaq üçün u=0 idarəsini x_1 absis oxunun kiçik ətrafında qoşmaq olmaz. Bu səbəbdən u=0 əvəzinə $u = \pm\varepsilon$, $\varepsilon > 0$ – kiçik kəmiyyətdir, və ya u=0 qiymətinə qadağa qoyulan kiçik $-b \le x_2 \le +b$ oblastını ayırmalıyıq. Bununla bərabər x_2 oxunun ətrafında u=0 olan $-a \le x_1 \le a$ oblast ayırmaq lazımdır. Belə modifikasiya edilmiş alqoritm $x_1 = 0, x_2 = 0$ tarazliq nəqtəsinin kiçik ətrafında stabilləşdirici $u = 0$ idarəsinin təsir etdiyi və tərəfləri a , b olan düzbucaqlı ayırmağa imkan verir.

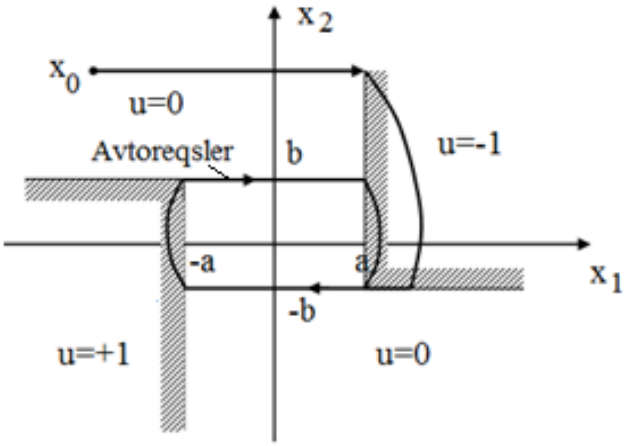
Qeyd olunanları nəzərə alaraq (3) məntiqi alqoritminin rele variantını aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

Əgər $x_1 \ge a$ və $x_2 > -b$, onda $u < -1$, (4)

Əgər $x_1 \le -a$ və $x_2 \le b$, onda $u > 1$, digər hallarda $u = 0$.

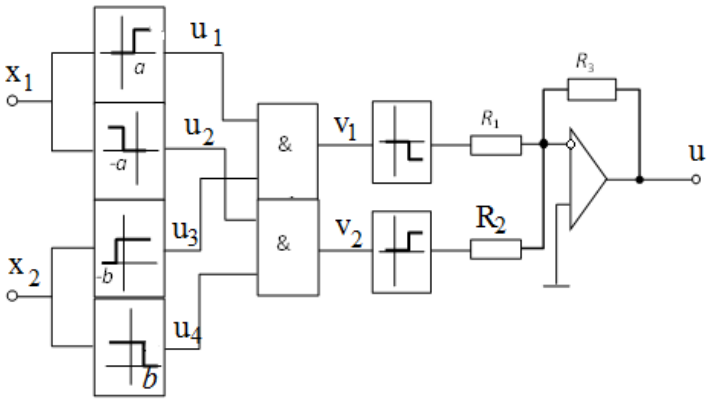
Şəkil 1-də sistemin faza portreti göstərilmişdir.

Parametrlər a və b kiçik kəmiyyətlər olduğundan avtoəqslərin amplitudu çox da böyük olmayaraq buraxıla bilən tənzimləmə xətası ilə uzlaşır. Əks halda a parametrini kiçiltmək olar.



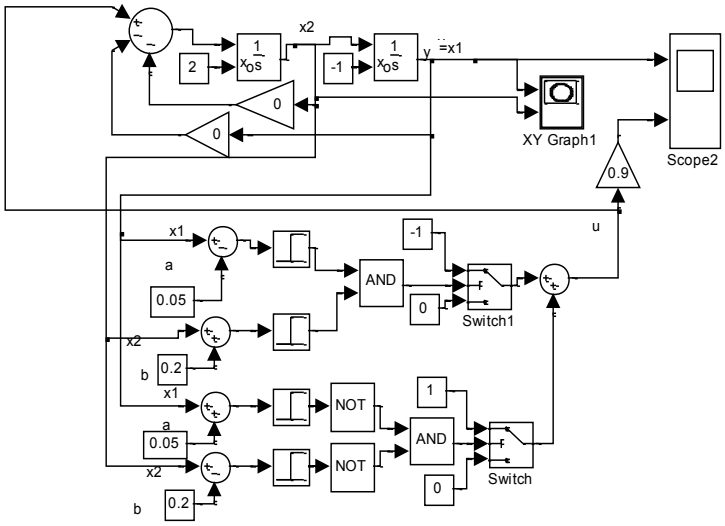
Şəkil 1. *Sistemin faza portreti*

Şəkil 2-də (4) alqoritmi əsasında qurulmuş tənzimləyicinin realizasiya sxemi göstərilmişdir.



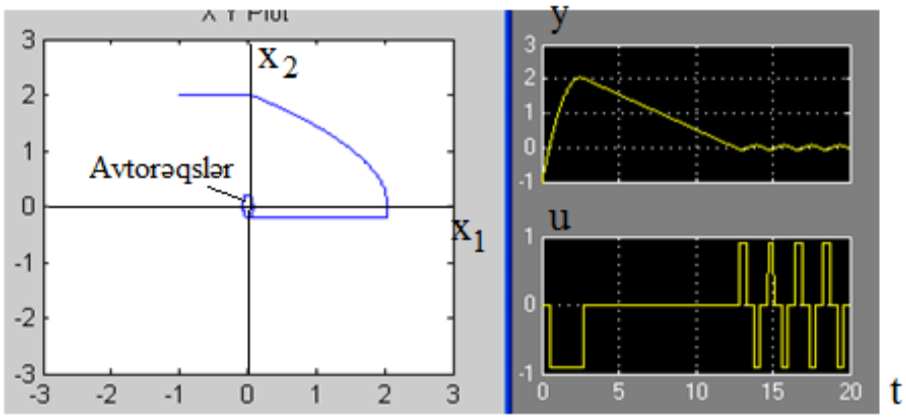
Şəkil 2. *Tənzimləyicinin realizasiya sxemi*

Şəkil 3-də tənzimləyicinin Simulink sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 3. *Tənzimləyicinin Simulink sxemi*

Şəkil 4, *a*-*b*-də $a = 0.05$, $b = 0.2$ qiymətlərində sistemin faza portreti (a), tənzimlənən $y = x_1$ kəmiyyəti və idarə siqnalı u göstərilmişdir.



a) *b*)

Şəkil 4. *Sistemin faza portreti (a), tənzimlənən* $y = x_1$ *kəmiyyəti və idarə siqnalı u (b)*

Təklif olunan (4) məntiqi alqoritmin çatışmayan cəhəti x=0 tarazlıq nöqtəsinin kiçik ətrafında avtorəqslərin mövcud olmasıdır. Bu xüsusiyyət idarə siqnalının məhdud, yəni çəmisi üç u=± 1 və u=0 qiymətlərini ala bilməsidir.

Nəticə. Beləliklə, obyektlərin idarə edilməsi üçün məntiqi tənzimləyicinin sintezi və tədqiqi məsələsinə baxılmışdır. Belə hallarda tənzimləyicilərin sintezi üçün əsas yanaşmalardan biri məntiqi idarəetmədir. Bu yanaşma hərəkətin fundamental göstəricilərinin məntiqi-linqvistik təhlilinə əsaslanır və buna görə də çox məlumatlar tələb olunmur. Bu məqsədlə məntiqi-linqvistik idarəetmənin sintezinə əsas yanaşmalardan biri olan "Lyapunov funksiyası üsulu" təklif edilir. Xətti vuruqlara ayrılan kvadratik formadan istifadə sürüşmə və avtorəqs rejimlərindən azad olmağa imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. 2-ci hissə. Ali texniki məktəblər üçün dərslik. Bakı, Nasir nəşriyyatı, 2006, 532 s.
2. Рустамов Г.А., Фархадов В.Г., Рустамов Р.Г. Исследование Коробастных систем при ограниченном управлении //Мехатроника, автоматизация, управление. Москва, № 11, 2018. с. 699-706.

Məqalə qəbul olunub: 12.10.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.

UOT 629.12.066

CƏRƏYAN İNVERTORU ƏSASINDA QURULMUŞ TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN AVAR ELEKTRİK QURĞULARINDA TƏTBİQİNİN TƏHLİLİ

Səlimova A.K., Sultanov E.F., İsmayılov S.S.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: afag_sk@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru

Xülasə. *Avar elektrik qurğularında (AEQ) güclü elektrik maşınları üçün perspektivli olan cərəyan invertorları əsasında qurulmuş tezlik çeviricilərinin (TÇ) xüsusiyyətlərindən bəhs edilir. Bir və üç fazalı cərəyan invertoru, eləcə də gəmi üçün istehsal olunan cərəyan çeviricisi üçün sxematik həllər təhlil edilmiş, cərəyan invertorlarının sxemlərinin (CSI) qurulmasının əsas prinsipləri və tezlik çeviricisinin iş prinsipi nəzərdən keçirilmişdir. CSI sxemlərinin əsas 394elementlərinin seçimi aparılmış, cərəyan invertorlarının üstünlükləri, çatışmazlıqları və xüsusiyyətləri verilmişdir.*

Аннотация. *Рассмотрены особенности преобразователей частоты (ПЧ) на базе инверторов тока, перспективных для электрических машин гребных электроустановок большой мощности. Проанализированы схемные решения одно- и трехфазных инверторов тока, а также преобразователей тока, выпускаемых в морском исполнении, рассмотрены основные принципы построения схем инверторов тока (ИТТ) и принцип работы преобразователей частоты. Сделан выбор основных элементов схем инверторов тока, приведены преимущества, недостатки и характеристики инверторов тока.*

Abstract. *The characteristics of built-in frequency converters (FC) based on current inverters, which are promising for powerful electric machines in oar electric devices (OED) were discussed in the article. The schematic solutions for one- and three-phase current inverters, as well as current converters manufactured for ships, considered the basic principles of constructing current inverter circuits (CSI) and the working principle of frequency converters were analyzed in the article.The selection of the main elements of CSI schemes was made, the advantages, disadvantages and characteristics of current inverters were presented.*

Açar sözlər: *tezlik çeviricisi (TÇ), cərəyan invertorları, avar elektrik qurğuları (AEQ), vahid elektriktroenergetika sistemləri, tədqiqat gəmiləri*

Ключевые слова: *преобразователь частоты (ПЧ), инверторы тока, лопастные электроустановки (ВЭУ), комплексные электроэнергетические системы, научно-исследовательские суда*

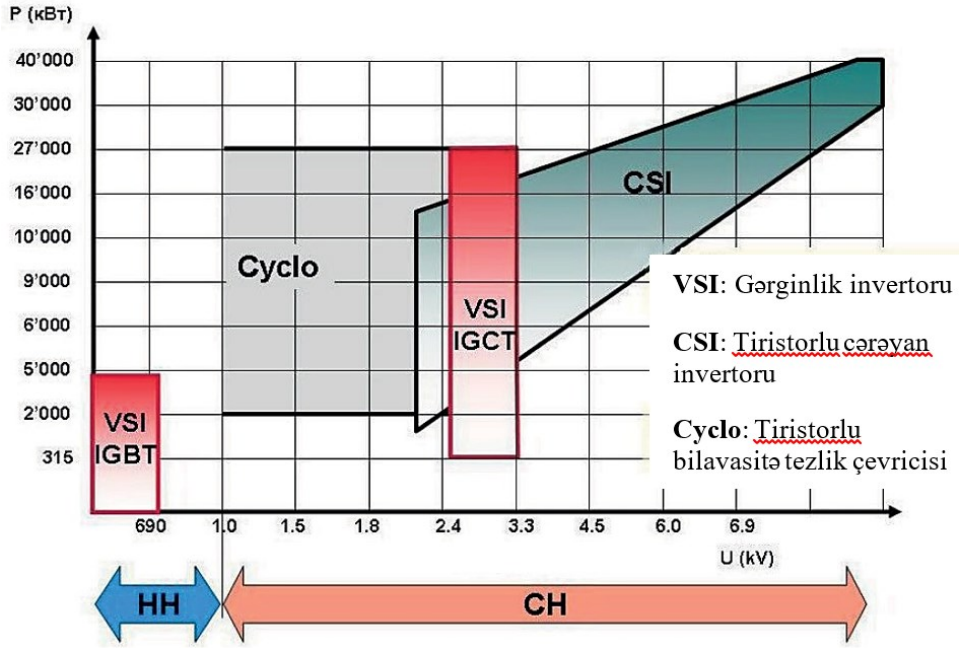
Key words: *frequency converter (FC), current inverters, oar electric devices (OED), integrated electric power systems, research vessels*

Giriş. Dəniz donanmalarının gəmilərinin avar elektrik qurğularında tətbiq edilən elektrik maşınlarının gücünün tələbata uyğun olaraq artması, daha güclü elektrik çeviricilərinin tətbiq edilməsini zəruri edir. Hazırda dəniz donanmasının gəmilərində sabit cərəyan bəndi olan TÇ –ri geniş istifadə olunur. Bu cür çeviricilər manevr qabiliyyətini, istehsal ehtiyaclarını və gəminin təhlükəsizliyini təmin edən güclü elektrik ötürücülərini idarə etmək üçün istifadə olunan sabit cərəyanın paylanma şinlərini təşkil etmək qabiliyyətinə malikdir. İlk növbədə bunlar köməkşi sükan qurğuları, yük nasosları və kompressorlar, yanğın nasosları və lafetlərdə quraşdırılmışdır [6,8].

ABB şirkətinin proqnozuna əsasən, diaqramlarda göstərildiyi kimi, cərəyan invertorlarından əsasən yüksək güclər və yüksək gərginliklər üçün istifadə etmək məqsədəuyğundur (şəkil 1). Müasir gəmi invertorlarının işçi gərginliyi 10 kV-a, gücü isə 50 MVt-a çata bilər.

Əsas hissə. Cərəyan invertorunun (CSI-Current Source Inverter) ilkin olaraq konstruksiyası, sadə idi və mürəkkəb element bazası tələb etmirdi. Onun iki xüsusiyyəti var:

- invertorun girişi nəzəri olaraq sonsuz bir induktivliyə malik olmalıdır, onda invertorun giriş dövrəsi birbaşa cərəyan mənbəyi olacaqdır. Təcrübədə, yük müqavimətinin aktiv komponentindən minimum iş tezliyində indüktorun induktiv müqavimətinin mütləq dəyərdə 5-6 dəfə yüksək olması kifayətdir. Tiristorun dəyişdirilməsi prosesində tiristor açarının çıxışında "dəyişən" cərəyan, daha doğrusu, əks qütblü sabit cərəyanın düzbucaqlı impulsları baş verəcək;
- düzbucaqlı cərəyan impulslarını minimal təhriflə ötürmək üçün invertorun yükü daxili dinamik müqaviməti sıfıra yaxın olan dövrə olmalıdır. Bu məqsədlə, yükə paralel olaraq, impuls cəbhələrinin göründüyü anda yükü manevr edən bir kondensator bağlanır. Beləliklə, cərəyan invertorunun çıxış dövrəsinin xüsusiyyətləri qoşulma anlarında gərginlik mənbəyinin xüsusiyyətlərinə yaxındır.



Şəkil 1. *Müxtəlif növ invertor və TÇ–nin tətbiqində gərginlik və güc aralıqları*

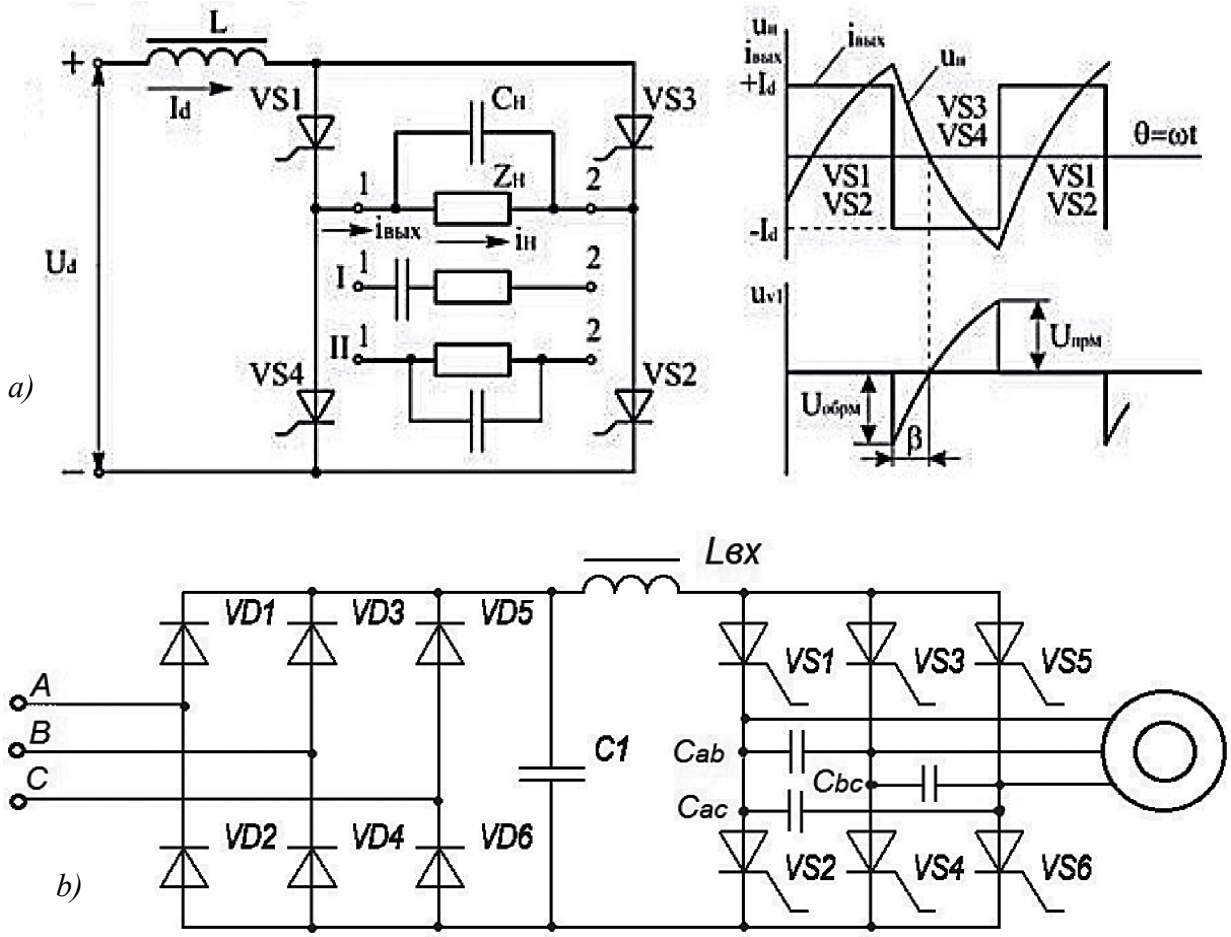
Çıxış cərəyanının forması i_g yalnız tiristorların qoşulma sırası ilə müəyyən edilir və gərginliyin forması yükün təbiətindən asılıdır. Avtonom invertorlar təbii və süni kommutasiya ilə işləyə bilər. Kompensasiya edilmiş sinxron mühərriklərdə, fırçasız mühərrikin stator dolaqlarında və s. işləyərkən avtonom invertorun təbii kommutasiyası yer alır. Bununla belə, ən çox tiristorlarla hazırlanmış avtonom invertorlarda ventillərin süni kommutasiyası tətbiq olunur.

Cərəyan invertorunun ümumi yükü tutum xarakterli olmalıdır. Bu halda, kondensator C_g yalnız yükün Z_g reaktiv gücünü deyil, həm də invertorun reaktiv gücünü kompensasiya etməlidir (şəkil 2, a). Bu o deməkdir ki, bağlanma klapanına tiristorların ani kommutasiyası şərti ilə, β = δ bucağı ilə müəyyən edilmiş və onun idarəetmə xassələrini bərpa etmək üçün zəruri olan müddət ərzində mənfi gərginlik tətbiq edilməlidir. C_g kondensatorundakı gərginlik yükün və tiristorun U_{V1} gərginliyinə bərabərdir. Çıxış cərəyanının tezliyini tənzimləyərkən, δ bucağının sabitliyini qorumaq üçün C_g kondensatorunun tutumunu tezliyin kvadratına tərs mütənasib olaraq dəyişdirmək lazımdır. Bu, aşağı tezliklərdə çox böyük bir tutum dəyəri ilə nəticələnir.

Beləliklə, şəkil 2, b-də göstərilən sxem praktiki olaraq istifadə edilmir, lakin daha mürəkkəb sxemlər istifadə olunur. Invertorun çıxış siqnalının keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün eninə impuls

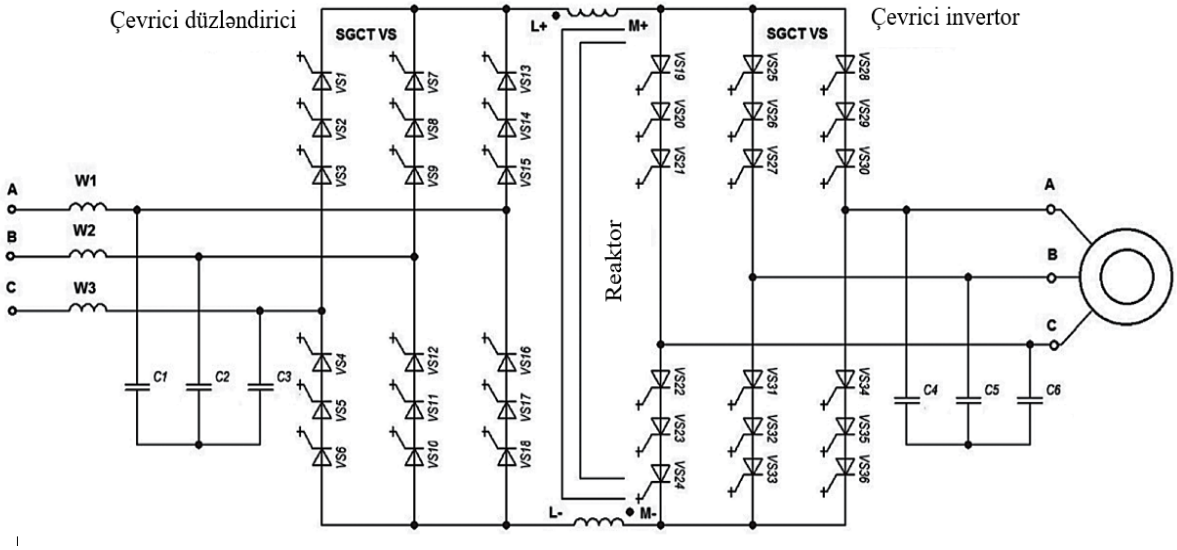
modulyasiyasından (PWM) istifadə olunur [1,2]. Gəmilərdə istifadə edilən çoxsəviyyəli invertorlada olduğu kimi, daha çox effekt əldə etmək üçün eninə amplitud modulyasiyasından (APWM) istifadə olunur [3,4].

Hər bir faza üçün çoxfazalı invertorun işi şəkil 2-də göstərilən bir fazalı çeviricinin işinə bənzəyir. VS1 və VS2 açıq olduqda, cərəyan soldan sağa axır. Bu halda kommutasiya kondensatoru U_d gərginliyinə qədər doldurulur. Kondensatorun sol tərəfində "müsbət" olacaq. Kondensatordan keçən cərəyan yalnız kommutasiya anında axır, buna görə də kommutasiya edici adlanır. VS3 və VS4 tiristorları açılan kimi (diaqramda –VS1 və VS4 - sonra C_{ab} üçün VS3 və VS2), əvvəllər açıq olan tiristorlar U_c əks (bloklama) gərginliyinin təsiri altında olacaq və kilidlənməyə başlayacaq. Buna görə də, adi cərəyan çeviricilərinin sxemlərində sadə bloklanmayan tiristorlar istifadə edilə bilər.



Şəkil 2. *Cərəyan invertorunun sxemi:*
a - birfazlı cərəyan invertoru, cərəyan və gərginliyin asılılıq əyrisi
b - keçid kondensatorlu üçfazlı cərəyan invertorulıq əyrisi

Şəkil 3-də göstərilmiş TÇ–sinin sxemi PowerFlexTM 7000 TÇ –də 6000 - 6600 V gərginliklər üçün dəniz gəmilərində istifadə olunur. TÇ–nin girişində PWM düzləndiricisi (aktiv filtrlə) və çıxışında - PWM ilə cərəyan invertoru vardır.



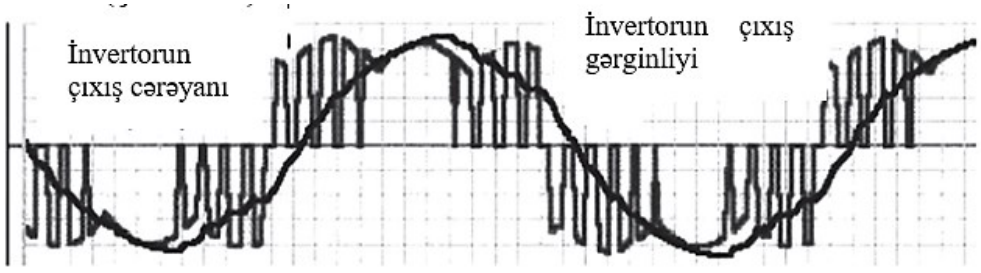
Şəkil 3. *Eninə impuls modulyasiyalı və cərəyan invertorlu TÇ–nin sxemi*

PowerFlexTM 7000, Rockwell Automation kompaniyasının üçüncü nəsil yüksək gərginlikli intiqallarının nümayəndəsidir. TÇ –si sxemində simmetrik idarəetmə elektrodu olan SGCT (Symmetrical Gate Commutated Thyristor) tiristorları istifadə olunur. SGCT inteqrasiya edilmiş drayver ilə qapanan tiristorun (GTO- Gate Turn-Off thyristor) modifikasiyasıdır. Drayverin SGCT-yə yaxın yerləşdirilməsi idarəetmə dövrəsinin aşağı indutivliyi ilə nəticələnir ki, bu da güc komutasiya qurğusunun daha bircinsli və səmərəli idarə edilməsini təmin edir. SGCT tiristoru IGCT cihazı ilə eyni xüsusiyyətlərə malikdir, onlar bir sıra çeviricilərdə istifadə olunur, lakin SGCT 6500 V-a qədər gərginliyi NPT strukturu (Non-Punch-Through Structure) hesabına yalnız duz deyil, həm də əks istiqamətdə saxlamaq (bloklamaq) qabiliyyətinə malikdir.

PowerFlex 7000L tipli çeviricilərdə SGCT tiristorlarının istifadəsi əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir [5]:

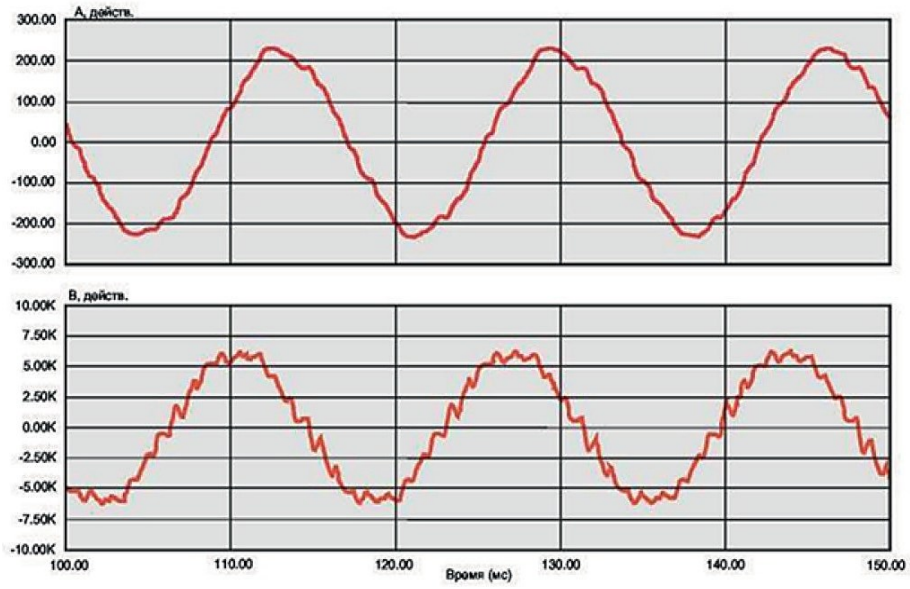
- dövrənin konstruksiyasının sadələşdirilməsi və kondensatorun tutumunun təxminən 10 dəfə azalması;
- daha yüksək modulyasiya tezliyində (420-540 Hs) PWM-nin formalaşması və nəticədə passiv komponentlərin ölçüsünün 50% azalması;
- elektrik intiqalında elektromaqnit və elektromexaniki keçid proseslərinin xüsusiyyətlərinin ümumiyyətlə təkmilləşdirilməsi;
- komponentlərin sayını azaltmaq və etibarlılığını artırmaq, TÇ–nin ölçüsünü azaltmaq.

Invertorin çıxış cərəyanının formasının yaxşılaşdırılması cərəyanın hər yarım dövrəsini trapesiya qanununa uyğun olaraq müddəti dəyişən cərəyan impulslarının ardıcıllığı şəklində formalaşdırmaqla əldə edilir (şəkil 4).



Şəkil 4. *EİM–lı invertorun çıxışında gərginlik və cərəyan*

İnvertorin çıxışındakı kondensatorlar, çıxışda cərəyan invertoru olan cərəyan impulsları ilə bir qayda olaraq, onlarda cərəyan artımına yol verməyən induktiv empedansa (transformatorların, asinxron mühərriklərin səpələnmə induktivliyi) malik Z_Y yükü arasında "enerji buferi" funksiyasını yerinə yetirir. Buna görə də, avar mühərrikinin gərginlik və cərəyan qrafikləri (bir faza üçün) şəkil 5 –də göstərilən formaya malikdir.



Şəkil 5. *Tam yükdə və nominal sürətdə mühərrikin cərəyanı və gərginliyinin forması*

Kondensatorun yükə görə necə qoşulmasından asılı olaraq, cərəyan və gərginlik invertorları paralel, ardıcıl və ardıcıl-paralel invertorlara ayrılır. Paralel invertorda kommutasiya kondensatoru yüklə paralel olaraq qoşulur.

Cərəyan invertorunun xarici xarakteristikası şəkil 6–da göstərilmişdir. Yüksuz işləmə rejimində, C kondensatoru U gərginliyinə kimi doldurulduqda, tiristorlar açılmağı dayandırdığından invertor işləmir. Yüksək yük cərəyanı ilə, C kondensatorunda gərginlik sürətlə azaldıqda (t_c vaxtı azalır), sürüşmə baş verə bilər, yəni işdən çıxan tiristorların bağlanmağa vaxtı olmayacaq. Dönmə zamanı dövrədəki cərəyan yalnız L induktorunun aktiv müqaviməti ilə məhdudlaşdırılacaq. Buna görə də, avtonom cərəyan invertoru məhdud yük cərəyanlarında işləyə bilər. Dəyişən çıxış gərginliyin sinusoidinin hissələri ilə ifadə olunan t_c zamanını β bucağı kimi qəbul etmək olar.
İnvertorin normal işləməsi üçün aşağıdakı şərt yerinə yetirilməlidir:

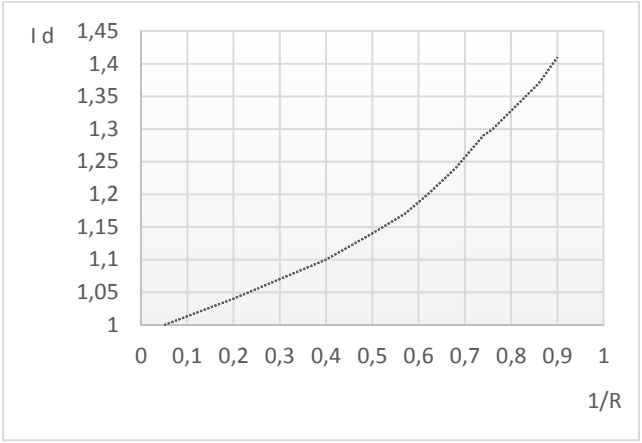
$$\beta \geq \omega t_{çıx} \tag{1}$$

Həmçinin β – bucağı aşağıdakı kimi də ifadə edilə bilər:

$$\beta = Y/Y_Y \cos\varphi - tg\varphi_Y \tag{2}$$

$$\varphi_Y = arctgX_Y/R_Y.$$

Burada $Y_C = wC - C$ kondensatorunun keçiricilik modulu; $Y_Y = 1/Z_Y$ - yükün keçiricilik moduludur.



Şəkil 6. *Cərəyan invertorunun xarici xarakteristikası*

Yükdəki gərginlik və C kondensatorunun tutumunun tələb olunan qiyməti əvvəlcədən müəyyən edilə bilər. Aktiv və reaktiv güclərin balansından alınan yük parametrlərinin funksiyaları şəklində təqdim edilə bilər:

$$P_Y = U_c I_c = U_Y I_Y cos\beta;\ Q_Y = P_Y tg\beta;\ Q_I = Q_K - Q_Y = U_Y^2 \omega C - P_Y tg\varphi_H.$$

burada U_c – yükdə dəyişən gərginliyin cari qiyməti, I_c- yükdə dəyişən cərəyanın cari qiyməti, P_Y - yükün aktiv gücü; Q_K - kondensatorun reaktiv gücü; Q_Y - yükün reaktiv gücü; Q_I - invertorun istehlak etdiyi reaktiv güc.

Yükdə əsas harmonikanın dəyişən cərəyan gərginliyinin effektiv qiyməti

$$U_Y = \pi/2(\sqrt{2} \cdot U_c)/C cos\beta$$

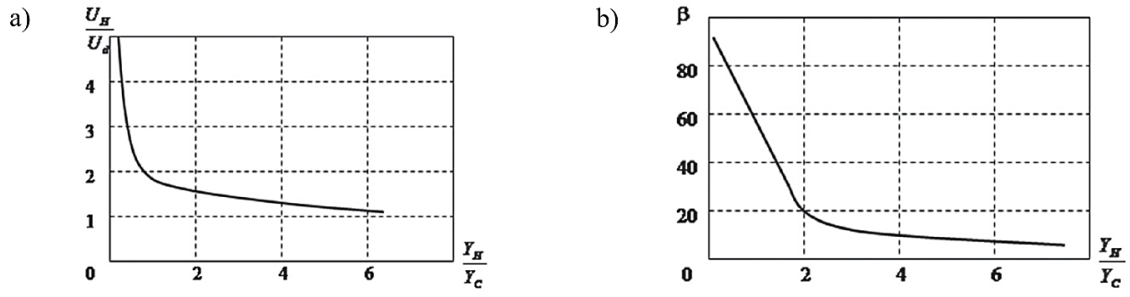
Bu ifadədə (2) ifadəsini nəzərə alsaq, aşağıdakı ifadəni yaza bilərik

$$U_Y = \pi/2(\sqrt{2} + \omega C/(Y_Y cos\varphi_Y - tg\varphi_Y)^2 \quad (3)$$

Kondensator tutumunun tələb olunan qiyməti isə aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$C = P_Y(tg\beta + tg\varphi)/\omega U_Y^2 \quad (4)$$

Cərəyan invertorunda dəyişən çıxış gərginliyinin tezliyi geniş diapazonda dəyişə bilməz, çünki L drosselinin induktivliyi sonlu bir qiymətə malikdir və tezliyin azalması ilə sxemdə drossel artıq cərəyan generatoru rejimini saxlaya bilməyəcək (şəkil 7).



Şəkil 7. *İnvertorun çıxış gərginliyinin (a) və β (b) bucağının yük parametrlərindən və C kondensatorunun tutumundan asılılıqları*

Təhlilə əsasən, gəmilərdə tətbiqi geniş miqyas alan cərəyan invertorları ilə bağlı aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- gərginliyin kəskin düşməsi sahəsi ilə xarici xarakteristikaya malikdir;
- yüksüz işləmə rejimlərinə icazə vermir və yük cərəyanının sərhəd qiymətinə məhdudiyyət qoyulur;
- yükün dəyərindən asılı olan çıxış gərginliyi formasına malikdi;
- inersiya çeviricidir, çünki rejimin dəyişmə sürəti böyük Ld induktivliyinə malik reaktorda cərəyanın dəyişmə sürəti ilə müəyyən edilir;
- çıxış gərginliyinin aşağı tezliklərini əldə etmək üçün kifayət qədər rasional deyil, çünki bu reaktorun həmçinin kondensatorun çəkisini və ölçüsünü artırır.

Çatışmazlıqların təsirini azaltmaq və ya bəzilərini aradan qaldırmaq üçün klassik sxem adətən aşağıdakı dəyişikliklərlə modifikasiya olunur:

- invertorun çıxışında əlavə kondensatorların daxil edilməsi;
- ayırma ventillərinin tətbiqi;
- əks cərəyan ventillərinin tətbiqi;
- tiristor-induktiv tənzimləyicinin tətbiqi;
- AEQ üçün zəruri olan əks əlaqənin tətbiqi;
- invertorun çıxış cərəyanının eninə-impuls tənzimlənməsinin tətbiqi;
- vektor (faza) tənzimlənməsinin tətbiqi.

Nəticə. Gəmi AEQ–da güclü elektrik maşınları üçün perspektivli olan cərəyan invertorlarına əsaslanan TÇ–nin istifadəsi və konvertorların xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Aparılmış təhlilə əsasən, gəmilərdə tətbiqi geniş miqyas alan cərəyan invertorlarının üstünlükləri və çatışmazlıqları qeyd edilmişdir. Dünya ölkələrində istifadəsinə geniş tələbat duyulan AEQ-dan ölkəmidə gələcəkdə tikilməsi planlaşdırılan gəmilərimizdə tətbiqi məqsədə uyğundur. Belə olan təqdirdə yeni tikilən gəmilərimizdə, müasir idarə və işəburaxma sistemləri ilə təmin edilmiş AEQ –nın sahib olduğu bütün üstünlükləri əldə etmək olar.

Ədəbiyyat

1. НЭС «Академик Трешников». Военно-технический сборник «Бастион». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://bastion-karpenko.narod.ru/22280.html (дата обращения: 20.08.2017).
2. Radan D. Power electronic convertors for ship propulsion electric motors / D. Radan. — Trondheim, Nor-way: NTNU, 2005. - 23 p.
3. Романовский В. В. Гребные электрические установки для арктических ледоколов / В. В. Романовский // Морской вестник. - 2015. - № 4 (56). - С. 53–54.
4. Гармаш Д. Суда спасатели: новые подходы к концепции создания / Д. Гармаш, Т. Наумова, М. Темкин, П. Мартулев // Морской флот. - 2014. - № 5. - С. 36–46.
5. Rockwell Automation [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.rockwellautomation.com (датаобращения – 23.09.2022).
6. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: учебник: в 2 ч. / Г. С. Зиновьев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - Ч. 2. - 197 с.
7. Дмитриев Б. Ф. Судовые полупроводниковые преобразователи: учебник / Б. Ф. Дмитриев, В. М. Рябенький, А. И. Черевко, М. М. Музыка. - Архангельск: Изд-во САФУ, 2015. - 556 с.
8. Быков А. С. Гребные электрические установки атомных ледоколов / А. С. Быков, В. В. Башаев,В. А. Малышев, В. В. Романовский. - СПб.: Элмор, 2004. - 320 с.
9. Силовые полупроводниковые устройства в цепях электрических машин. [Электроный ресурс]. - Режим доступа: https://books.ifmo.ru/file/pdf/386.pdf (дата обращения: 20.08.2022).

Məqalə qəbul olunub: 18.10.23
Tövsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.

UOT 621-317.7

GƏMİ ELEKTRON AVADANLIQ VƏ QURĞULARINDA KOMPENSASİYA TİPLİ GƏRGİNLİK STABİLİZATORLARININ TƏTBİQİNİN ANALİZİ

Sultanov E.F., Məmmədov E.M., Əlicanov R.R.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000 Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.com, ralicanov@mail.ru

Xülasə. *Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən düzləndiricilər və stabilizatorlar çıxış gərginliyinin tələb olunan stabilliyini hər zaman təmin edə bilmirlər. Buna görə də şəbəkə gərginliyi və yaxud yükün qiyməti iş prosesində dəyişməsi səbəbindən yükə tətbiq olunmuş gərginlik yaxud cərəyan dəyişməyə məcbur olur. Bunlardan əsas olaraq yalnız birinin stabilliyinə yükün dəyişməsinin qarşının alınması vasitəsilə nail olmaq mümkün olur. Məqalədə gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən gərginlik stablizatorlarının iş prinsipi araşdırılmış və nasazlıqların yaranmasının qarşısını almaq məqsədi ilə kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun tətbiqi təklif olunmuşdur.*

Аннотация. *Выпрямители и стабилизаторы, применяемые в судовом электронном оборудовании и установках, не всегда обеспечивают необходимую стабильность выходного напряжения. Вследствие изменения во время работы величины напряжения сети или значения нагрузки, напряжение или ток, подаваемый на нагрузку, как правило изменяются. В основном имеется возможность добиться стабильности лишь одной из этих величин, ограничением изменения нагрузки. В статье исследуется принцип работы стабилизаторов напряжения, применяемых в судовой радиоэлектронной аппаратуре и устройствах, а также предложено использование стабилизаторов напряжения компенсационного типа в целях предупреждения возникновения неисправностей.*

Abstract. *Straighteners and stabilizers used in ship electronic equipment and devices do not always provide the required stability of the output voltage. Therefore, as the mains voltage or load value changes during operation, the voltage or current applied to the load is forced to change. Basically, the stability of only one of them can be achieved by preventing load changes. For all these reasons, voltage stabilizers must be provided with automatic and uninterrupted operation. The principle of operation of voltage stabilizers used in ship electronic equipment and facilities, and proposes the use of compensation-type voltage stabilizers in order to prevent failures is investigated in the article.*

Açar sözlər: *gəmi, elektron qurğu, kompensasiya tipli stabilizator, giriş gərginliyi, qida mənbəyi, düzləndirici*

Ключевые слова*: судно, электронный блок, стабилизатор компенсационного типа, входное напряжение, источник питания, выпрямитель*

Key words: *ship, the electronic unit, compensation type stabilizer, input voltage, power supply, straightener*

Giriş. Gəmilərdə elektron güc çeviricilərinin tətbiqinə təxminən 1960-70-ci illər arasında başlanılmışdır. Bu hadisə gəmi elektrik stansiyasının dəyişən cərəyan hasil etməyə başlaması dövrünə təsadüf edir. Gəmi elektrik stansiyasının sinxron generatorlarını öz-özünə təsirlənmə üsulu ilə təsirləndirmək üçün yarımkeçirici diodlardan yığılmış bir və ya üç fazalı körpü sxemli düzləndiricilərdən istifadə edilirdi. Bu vaxtlar tam elektrikləşdirilmədiyinə görə gəmi elektrik

stansiyasının gücü təxminən 300-400 kVt-a kimi olan generatorlar qurulurdu. Bu vaxt generatorların gərginliyini tənzim etmək üçün təsirlənmə sarğısının dövrəsinə reostat qoşulurdu.

1970-1980-cı illər gəmilərin tam elektrikləşdirilməsi və qismən avtomatlaşdırılma (Avtomatlaşdırılma dərəcəsi A2) dövrü sayılır. Bu vaxtlar hazırlanan gəmilərdə işçilər və şərnişinlər üçün normal həyat şəraitinin yaradılması üçün çoxlu sayda elektrik işlədiciləri qurulmağa başlandı, iş mexanizmlərinin və onları hərəkətə gətirən asinxron mühərriklərinin gücü artırıldı. Müvafiq olaraq gəmi sinxron generatorlarının gücü də artdı. Bu vaxtlardan başlayaraq elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə geniş tətbiqinə başlandı [1, 2].

Gəmi sinxron generatorlarını təsirləndirmək üçün idarə olunmayan düzləndiricilərlə yanaşı tiristorlardan yığılmış idarə olunan düzləndiricilərin də istifadəsinə başlanıldı, bu da öz növbəsində sinxron generatorların gərginliklərinin avtomatik tənzim edilməsini asanlaşdırdı. Gəminin bir çox iş mexanizmlərinin rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrik üçün bilavasitə (bir bəndli) tezlik çeviricilərinin tətbiqi başlandı. Bunlardan əlavə təxminən 1980-cı illərdən başlayaraq gəmilərdə geniş tətbiq edilən böyük güclü val generatorları nəinki təsirlənmə dövrəsində tiristor gərginlik tənzimləyicisinin qurulmasını, hətta generatorun çıxışında da böyük güclü idarə olunan yarımkeçiricilərdən yığılmış tezlik çeviricinin qurulmasını tələb edir. Bunun da əsas səbəbi val generatorlarının fırlanma hərəkətini gəmiyə hərəkət verən baş mühərriklərdən almasıdır. Təxminən 1990-cı illərdən başlayaraq gəmilər A1 avtomatlaşdırılma (tam avtomatlaşma) dərəcəsinə malik olur. Belə gəmilərin baş mühərrikləri və elektrik stansiyasının generatorlarının mikroprosessorla idarə olunması və bunlarda tətbiq edilən güc çeviricilərinin həm sayı, həm də güc diapazonu artmışdır. Belə gəmilərdə fırlanma sürətinin tənzim olunması tələb olunmayan böyük güclü rotoru qısa qapanmış asinxron mühərriklərinin işə buraxılmasıda tezlik çeviricisi vasitəsilə yerinə yetirilir.

Kənar təsirlərə həssas olan gəmi elektron ölçü aparatları və nəzarətedici qurğularında kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorlarının tətbiq edilməsi ilə, kiçik döyünmə qiymətləri olan yüksək gərginlik sabitliyinin əldə olunmasına imkan yaradılır. Əvvəllər elektron qurğularda stabil gərginliyin bir mənbəyi istifadə olunurdu. Müasir dövrdə stabilizatorlar qismində inteqral gərginlik stabilizatorlarından ıstifadə edilir. Gərginlik stabilizatorları parametrik və kompensasya tipli stabilizatorlarına bölünürlər. Bunlardan daha geniş istifadə edilən kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorları, rezistiv gərginlik bölücüsündən ibarət olan model kimi baxılaraq, müxtəlif bölünmə əmsallarında giriş gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində çıxış gərginliyinin sabitliyini təmin edirlər [1,2].

Əsas hissə. Parametrik stabilizatorların tətbiq olunması yalnız iş prosesində yük cərəyanının kiçik hədlərdə dəyişən hallarda məqsədəuyğundur. Əks halda bu stabilizatorların FİƏ kiçik olur, həmçinin kiçik olan sabitləşdirmə əmsalı onların gəmilərdə tətbiqini məhdudlaşdırır.

Gəmi elektron avadanıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli stablizatorların iş prinsipi ona əsaslanır ki, U_g, yaxud I_y cərəyanının dəyişməsinin qarşısını almağa xidmət edir. Buna görə stabilləşmə gərginliyini təmin etmək üçün yükün qiymətinin dəyişməsinin qarşısının alınması funksiyasını xüsusi olaraq, sxemə daxil edilmiş TE – tənzimləyici elementin vasitəsi ilə U_y–ün dəyişməsinin qarşısını alınır. Tənzimləyici element kimi adətən güc tranzistoru, əməliyyat gücləndiricisi və stabilizator istifadə olunur. Elementlərin ardıcıl yaxud paralel qoşulmasından asılı olaraq kompensasiya tipli stablizatorlar da ardıcıl yaxud paralel olur. İstehsalatda ən çox ardıcıl stablizatorlar istifadə edildiyindən onun iş prinsipini öyrənək.

Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorları parametrik stabilizatorlarından fərqli olaraq daha yaxşı stabilləşdirmə xüsusiyyətinə malikdirlər. Ardıcıl kompensasiya tipli gərginlik stabilizatoru gərginlik düşgüsünü tənzimləmək və çıxış gərginliyinin sabitliyinin saxlanılması üçün rezistiv bölücünün tənzimlənən ballast müqavimətidir [3].

Belə müqavimət kimi rezistor, tranzistor və yaxud əməliyyat gücləndiricisi seçilir.

Ardıcıl tipli gərginlik stabilizatoru üçün yükə düşən gərginlyin qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$U_y = \frac{U_{1n} R_{con}}{Rcon_{var}}$$

Paralel tipli gərginlik stabilizatoru üçün isə yükə düşən gərginlyin qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$U_y = \frac{U_{1n} Rd}{Rcon_d}$$

Burada giriş gərginliyi dəyişdikdə yükdəki gərginliyin tənzimlənməsi üçün ballast elementin müqaviməti (R_d) dəyişməlidir. R_d – in qoşulma növündən asılı olaraq, kompensasiyalı stabilizatorlar ardıcıl və paralel olurlar. Ardıcıl stabilizatorlar üçün onların giriş gərginliyi U_g R_d və R_{const} arasında paylaşdırılır:

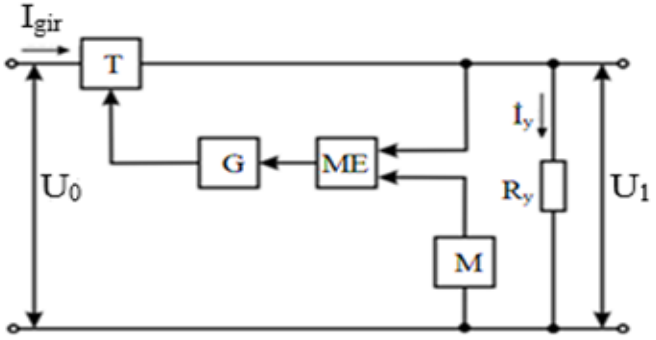
$$U_{g.} = R_d + R_{con}$$

Yükdə gərginliyin stabilləşdirilməsi R_d - in dəyişməsi hesabına və eləcədə $R_{const.}$- da gərginlik düşgüsü nəticəsində yerinə yetirilir. Stabilləşdirilmə prinsipinə uyğun olaraq yükdə gərginlik artdıqda *Uç* kompensasiya müqaviməti R_{var} artır, bu da R_{const} -da gərginliyin artmasına gətirir:

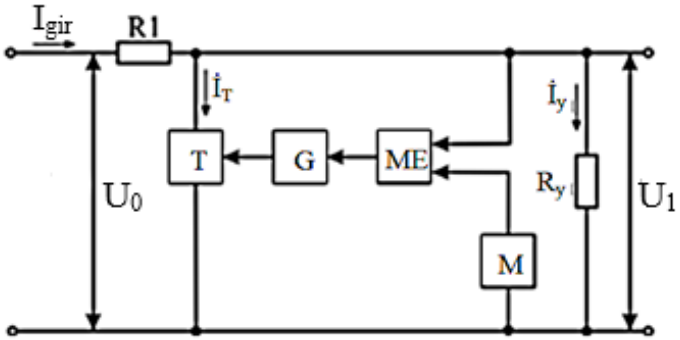
$$U_{Rcon} = U_d - U_{Rd.}$$

Ardıcıl qoşulmada gərginliklər cəmlənir, ona görə sonuncu ifadənin yerinə yetirilməsi üçün yük gərginliyi azalır. Stabilizatorlarda R_{var} – müqavimətinin dəyişməsi, *Iy, Ug, Uy* qiymətlərindən asılı olaraq avtomatik dəyişir. Bir çox hallarda R_{var} qismində tranzistorlardan da istifadə olunur. Bipolyar tranzistordan istifadə edildiyi halda R_d – kollektor-emitter keçidinin müqavimətidir (R_k=R_{ke}) və məlumdur ki, idarəedici elektrod tranzistorun bazasıdır. Sahə tranzistoru üçün R_k – kanal müqavimətidir (R_k=R_{ci}) və siqnalın idarə edicisi idarəedici elektroddur. Kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemləri aşağıda göstərilmişdir [2, 3].

Bütün kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorlarının əsas elementləri tənzimləyici elementdir (*TE).* Bu element dayaq gərginlik mənbəyi (*M*), müqayisə elementi və sabit cərəyan gücləndiricisindən (G) ibarətdir. Şəkil 1-də ardıcıl kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemi, şəkil 2-də isə paralel kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemi göstərilmişdir Ardıcıl tipli gərginlik stabilizatorlarında tənzimləyici element giriş gərginliyinin mənbəyi U_0 və yüklə $R_{y.}$ qoşulmuşdur. Əgər hər hansı bir səbəbdən gərginlik çıxışda U_1 öz nominal qiymətindən dəyişir, onda dayaq və çıxış gətginliyin fərqi dəyişir. Bu gərginlik güclənir və tənzimləyici elenentə təsir edir. Bu halda tənzimləyici elementin müqaviməti avtomatik dəyişir və U_0 gərginliyi *TE* və R_y arasında elə paylaşdırılır ki, yükdə gərginliyin dəyişiklikləri kompensasiya olunsun [2, 3].



Şəkil 1. *Ardıcıl kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemi*



Şəkil 2. *Paralel kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemi*

Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorlarında tənzimləmə funksiyası adətən tranzistorlarla yerinə yetirilir. Onları seçərək, kollektor və emitter arasında cərəyanın ötürmə əmsalının, doyma gərginliyin qiymətləri nəzərə alınır. Çox vaxt müqayisə elementlərinin sxemləri və sabit cərəyan gücləndiriciləri bir çox funksiyaları özündə əks etdirirlər və ya adi gücləndiricilər, diferensial yaxud əməliyyat gücləndiricilər üzərində yerinə yetirilirlər. Tənzimləyici element müqayisə sxemilə idarə olunan keçid tranzistorudur. Müqayisə sxeminin məsələsi verilən qiymətdən çıxış gərginliyinin fərqinin təyinidir. Əksər hallarda dayaq gərginliyi çıxış gərginliyinin bir hissəsilə müqayisə edilir. Adətən icra elementi gərginliyin rezistiv bölücüsü kimi yerinə yetirilir və burada əsas məsələ bölünmənin sabit əmsalının təmin olunmasıdır. Əmsalın dəyişən olduğu halda, idarə olunan çıxış gərginlikli gərginlik stabilizatorunun alınması mümkündür. Müqayisə sxemindən idarə siqnalı sabit cərəyan gücləndiricisi ilə gücləndirilən $\Delta U=U_{gir}-U_{dayaq}$ gərginliklər fərqidir. Gərginlik stabilizatorunun iş keyfiyyəti ən çox dayaq gərginliyi mənbəyindən asılıdır. Əgər dayaq gərginliyi stabil olmasa, onda çıxış gərginliyi də stabil olmayacaq [3,4].

Adətən dayaq gərginliyinin mənbəyi stabilitronda parametrik gərginlik stabilizatoru kimi yerinə yetirilir. Tənzimləyici elementin idarə dövrəsində əks əlaqələrin mövcudluğu və yaxud olmaması stabilizatorun aşağıdakı xüsusu xarakteristikaları ilə təyin edilir:

1. Stabilləşdirmə əmsalı;
2. Dinamiki müqavimət.

Əks əlaqələrin növündən asılı olaraq stabilləşdirmə əmsalının qiymətini və dinamiki müqaviməti yaxşılaşdırmaq olar. Ona görə də stabilizatorların əks əlaqələrə görə bölünməsi böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

- Giriş gərginliyinə görə stabilləşdirmə əmsalı stabilizatorun giriş və çıxışdakı nisbi gərginliklər artımının nisbəti kimi təyin etmək olar:

$$K_{st} = \frac{\frac{\Delta U_g}{U_g}}{\frac{\Delta U_x}{U_ç}},$$

burada ΔU_g, $\Delta U_ç$–yük cərəyanı dəyişməz olduqda stabilizatorun giriş və çıxış gərginliklərinin artımı; U_g, $U_ç$ – stabilizatorun nominal giriş və çıxış gərginlikləridir.

- Giriş gərginliyi dəyişməz olduqda çıxış gərginliyinin artımı $\Delta U_ç$ yük cərəyanının artımı ΔI_y nisbətinə bərabər olan stabilizatorun daxili müqavimətidir.

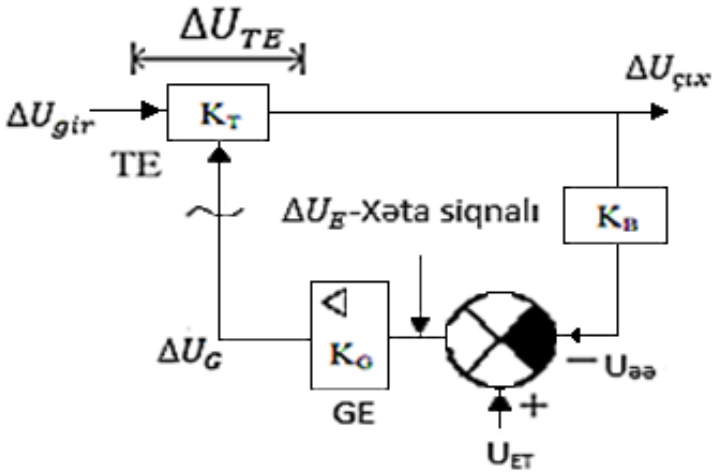
$$R_i = \frac{\Delta U_ç}{\Delta I_y}$$

- Giriş gərginliyi və yük cərəyanı sabit olduqda çıxış gərginliyinin artımı $\Delta U_ç$ ətraf mühit temperaturunun artımı $\Delta T_{əm}$ nisbətinə bərabər olan stabilləşdirmənin temperatur əmsalı.

$$T_k = \frac{\Delta U_x}{\Delta T_{em}}$$

Qeyd olunan parametrlərdən başqa, gərginlik stabilizatorları energetik, kütlə qabarit və s. parametrlərlə də qiymətləndirilirlər.

Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli stabilizatorun struktur sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.



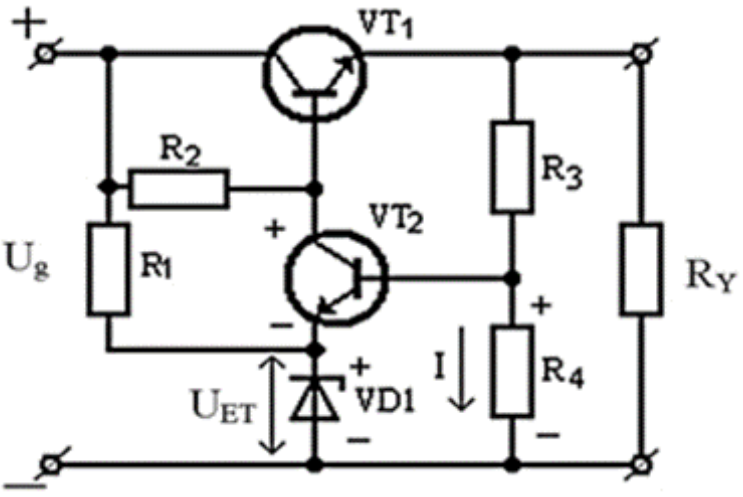
Şəkil 3. *Kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun struktur sxemi*

Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli stabilizatorda çıxış gərginliyinin stabilləşdirilməsi əks əlaqə vasitəsi ilə aparılır. Çıxış gərginliyi giriş gərginliyinin təsiri və ya yük cərəyanının dəyişməsilə dəyişə bilər. O dayaq gərginliyi ilə müqayisə olunur və onun qiyməti uyğunlaşdırılır. Kompensasiya tipli stabilizatorun iş prosesində tənzimləyici element kimi istifadə olunan tranzistor daxili müqavimətini dəyişir. Bu müqavimətdə Om qanununa görə ΔU_{TE} gərginlik düşgüsü baş verir. Bu anda çıxışda qida gərginliyinin lazımi qiymətinin alınması qədər gərginlik düşür. Bu o deməkdir ki, kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun tətbiqində giriş gərginliyi çıxış gərginliyindən çox olmalıdır. Göstərilən sxemdə tənzimləmə elementinin ötürmə əmsalı K_T çıxış gərginliyinin giriş gərginliyindən asılılığını təyin edir. Bu əmsal nə qədər kiçik olarsa, stabilizator bir o qədər keyfiyyətli hesab edilir [5, 6].

Giriş gərginliyinin döyünmələri stabilizatorun çıxışında əks olunmur. Ona görə tənzimləmə elementində adətən giriş gərginliyi bipolyar tranzistorun kollektoruna ötürülür. Adətən etalon gərginliyi U_{ET} stabilizatorun çıxış gərginliyi ilə üst-üstə düşmür, ona görə müqayisə sxemi və çıxış arasında bölücü əmsalı olan K_b gərginlik bölücüsü qoyulur. Lazımi stabilləşdirmə əmsalının alınması üçün müqayisə qurğusu və tənzimləyici tranzistor arasında sabit cərəyan gücləndiricisi quraşdırılır ki, o da xəta siqnalını U_E gücləndirir. Rabitə gücləndiricisinin ümumi əmsalı bu sxemdə belə təyin edilir:

$$K_{İ\,\text{lg.}} = K_T K_G K_B$$

İki tranzistor üzərində qurulan kompensasiya tipli stabilizatorunun sxemi şəkil 4-də göstərilmişdir.



Şəkil 4. *Sadə kompensasiya tipli gərginlik stabilizatorunun prinsipial sxemi*

Bu sxemdə tənzimləyici element qismində ümumi kollektorlu sxemə əsasən qoşulmuş VT_1 tranzistorundan istifadə olunmuşdur. Müqayisə sxemi VT_2 tranzistorda realizə olmuşdur. Bu tranzistorun cərəyanı baza və emitter arasındakı gərginliklər fərqindən asılıdır. Etalon gərginlik mənbəyi kimi rezistor R_1 və $VD1$ stabilitronu üzərində qurulan parametrik stabilizator istifadə olunmuşdur. Çıxış gərginliyi gərginlik bölücüsü R_3, R_4 vasitəsilə VT_2 tranzistorun bazasına daxil olur. Əgər gərginlik stabilizatorunun çıxışında hər hansı bir səbəbdən gərginlik artarsa o zaman VT_2 tranzistoru açılacaq, kollektordakı gərginlik azalacaq. Kollektora VT_2 tranzistorun VT_1 bazası qoşulmuşdur və stabilizatorun çıxışında gərginlik azalır (yəni verilən qiymətə qayıdır). Analoji olaraq, mənfi əks əlaqə sxemi çıxışdakı gərginliyin azalmasında da işləyir [5, 6].

Nəticə. Gəmi elektron avadanlıq və qurğularında tətbiq edilən kompensasiya tipli gərginlik stabilizator, çıxış kəmiyyətinin avtomatik tənzimlənməsini həyata keçirən qurğudur, yəni o giriş gərginliyi və çıxış cərəyanının dəyişməsində çıxış gərginliyinin qiymətinin stabilliyini təmin edir. Parametrik stabilizatorlardan fərqli olaraq kompensasiya tipli stabilizatorlar böyük çıxış cərəyanları, kiçik çıxış müqavimətləri, böyük stabilləşdirmə əmsalları ilə fərqlənirlər. Kompensasiya tipli stabilizatorların müasir gəmilərin daxilindəki vericilərdə, qəbuledicilərdə və ölçmə qurğularında, yüksək keyfiyyətli nəticələrin əldə edilməsi məqsədi ilə tətbiq edilməsi təklif olunur.

Ədəbiyyat

1. E.F. Sultanov. Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi, Bakı, ADDA, 2015, 100 səh.
2. E.F. Sultanov, F.V. Məmmədova. Gəmi elektronikası və güc çeviriciləri. Bakı, ADDA, 2020,180 səh.
3. Ефимов И.П. Источники питания РЭА: Учебное пособие. 2–е изд., испр. Ульяновск: Ул-ГТУ, 2012, 136 с.
4. Кондаков Е.В. Импульсные преобразователи и стабилизаторы напряжения, учебно-методическое пособие, Ростов-на-Дону, 2014, 41 с.
5. Биполярные транзисторы. -https://geektimes.com/post/253730. 2018-48 с.
6. Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г., Абрамов С.С. “Электропитание устройств и систем связи”: Учебное пособие/ ГОУ ВПО СибГУТИ. Новосибирск, 2008, 112 с.

Məqalə qəbul olunub: 20.10.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.

UOT 629.12.066

GÜNƏŞ PANELLƏRİ VƏ ONLARIN GƏMİLƏRDƏ TƏTBİQİNİN ARAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Əlicanov R.R.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru, ralicanov@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə günəş panellərinin hazırki vəziyyəti, günəş energetikasının əsas müsbət və mənfi cəhətləri, həmçinin günəş panellərinin gələcək modelləri haqqında məlumatlar verilməklə yanaşı onların gəmilərdə tətbiqindən bəhs olunur. Həmçinin məqalədə yüksək qiymətli neft məhsullarından istifadənin azaldılması və qaz emissiyalarının minimuma endirilməsi məqsədi ilə günəşdən alınan enerjinin istifadəsi məsələləri də araşdırılmışdır.*

Аннотация. *В статье рассматривается современное состояние солнечных панелей, основные плюсы и минусы солнечной энергетики, а также информация о будущих моделях солнечных панелей, а также их применение на кораблях. Также в статье рассматривается использование солнечной энергии с целью сокращения использования высокоценных нефтепродуктов и минимизации газовых выбросов.*

Abstract. *The current state of solar panels, the main pros and cons of solar energy, as well as information about future models of solar panels, as well as their application on ships are discussed in the article. The use of solar energy in order to reduce the use of high-value oil products and minimize gas emissions is investigated in the article.*

Açar sözlər: *gəmi, günəş paneli, bərpa olunan enerji, elektrik enerjisi, günəş enerjisi*

Ключевые слова: *судно, солнечная панель, возобновляемая энергия, электрическая энергия, солнечная энергия*

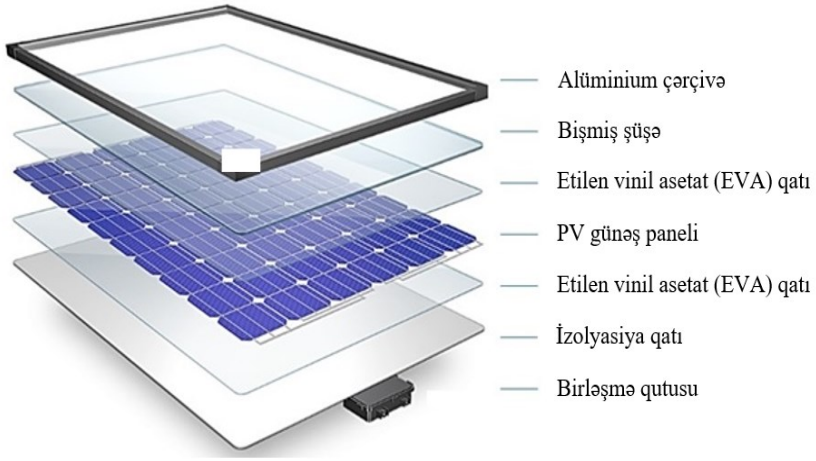
Key words: *ship, solar panel, renewable energy, electric energy, solar energy*

Giriş. Yer kürəsinin Günəşdən aldığı enerjinin miqdarı dünyadakı bütün neft, qaz, kömür ehtiyatları və digər enerji resurslarının ümumi miqdarından artıqdır. Bu enerjinin cəmi 0.0125 %-i dünya energetikasının bugünkü ehtiyaclarını, 0.5 %-i isə, ümumiyyətlə, gələcəkdə enerjiyə olan tələbatı tamamilə ödəyərdi. Günəş enerjisindən istifadə edilən texnologiyaların əsas üstünlükləri ondan ibarətdir ki, Günəş qurğuları işləyərkən Yer atmosferinin aşağı qatlarının qızmasma səbəb olan istilik praktiki olaraq ayrılmır, istixana effektləri yaranmır və hava çirklənmir. Lakin atmosfer şəraitindən, günün vaxtlarından və fəsillərdən asılı olaraq Günəş energetikasının da çatışmazlıqları vardır [1].

Son 160 ildə gəmi və dəniz texnologiyasının inkişafına baxdıqda, gəmi güc sistemlərində böyük dəyişikliklərin yaşandığı müşahidə edilir. Statistika məlumatlarına baxıldığında, gəmilərin neft qaynaqlı yanacaqların istifadəsinə görə, gəmilərin qlobal Karbon Dioksid (CO2) emissiyasının 3% -nə, Azot Oksid (NOx) emissiyasının 15% -nə və Kükürd Dioksid (SO2) emissiyasının 6% -nə səbəb olduğu aşkar edilmişdir [2]. Buna görə, Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (IMO) gəmilərin ətraf mühitə təsirlərini minimuma endirən bir sıra tədbirlər görmüşdür [3]. Enerji Səmərəliliyi Dizayn İndeksi (EEDI) ilə yeni gəmilərdə CO2 emissiyalarının nəzarət altına alınması hədəflənmişdir. Gəmi Enerji Səmərəliliyi İdarəetmə Planı (SEEMP), bütün gəmilərdə əməliyyat səmərəliliyini təmin etmək məqsədi daşıyır. Dənizlərin gəmilərdən çirklənməsinin qarşısını alma Beynəlxalq Konvensiyanın (MARPOL) Ek-VI Maddəsin 13 və 14-cü qaydaları ilə gəmilərdən buraxılan NOx, SOx və PM emissiyalarının məhdudlaşdırılması planlaşdırılmışdır [4]. MARPOL Ek-VI ya görə gəmi dizel mühərrikinin tutumuna və inşa ilinə bağlı olaraq NOx emissiya yayma meyarları müəyyənləşmişdir.

Bundan əlavə, gəmi yanacaqlarında icazə verilən maksimum kükürd tərkibi 2020 -ci ilinə qədər 3,5% -dən 0,5% -ə endirmək qərarı verilmişdir [5]. Həmçinin, MARPOL Ek-VI çərçivəsində, Baltik dənizi, Şimal Dənizi, Birləşmiş Dövlətlər Karib Dənizi və Şimali Amerikanı əhatə edən bölgələrin bəzi hissələri Emissiya (tullantıya) Nəzarət Sahəsi (ECA) olaraq müəyyən edilmişdir. Bu ərazilərdə fəaliyyət göstərən gəmilərin 2015-ci il etibarı ilə kükürd dərəcəsi 0,1%-dən çox olmayan dəniz yanacağından istifadə etməli olduqları müəyyənləşdirilmisdir [6].

Əsas hissə. İlk istehsalından bəri günəş panelləri çox dəyişmişdir. Bu gün onları daha səmərəli edən çox inkişaf etmiş materiallar ilə istehsal olunmasıdır. Şəkil 1–də günəş panelinin əsas elementləri göstərilmişdir.



Şəkil 1. *Günəş panelinin elementləri*

Silikon əsaslı panelləri müqayisə etməyin müxtəlif yolları var və bunlar əsasən bir neçə kateqoriyaya bölünür: amorf; polikristal; monokristal.

Günəş panellərinin hər birinin xüsusiyyətlərinin təhlili aşağıda verilmişdir [7]:

- **Amorf panellər**: müəyyən bir quruluşa sahib olmadıqları və işin ilk aylarında çox səmərəliliyi itirdikləri üçün daha az istifadə olunur.
- **Polikristal panellər:** Fərqli yönlü kristallardan ibarətdir və mavi bir rəngə sahib olması ilə seçilirlər. İstehsal prosesi daha ucuzdur, lakin səmərəliliyi daha aşağıdır.
- **Monokristal Panellər:** ən yüksək keyfiyyətli məhsul hesab olunurlar. Burada hüceyrələr paneli əmələ gətirir və homojen bir temperaturda möhkəmlənmiş yüksək saflıqlı bir silikon kristalından ibarətdir. İstehsal prosesi daha bahalı olsa da, modullara daha böyük səmərəlilik verir.

Bu gün istifadə etdiyimiz əsas ənənəvi enerji resurslarının hamisinin - istər elektrik enerjisi olsun, istər yanacaq enerjisi, istərsə də atom enerjisi - geoloji, ekoloji və bioloji sistemlərə, həmçinin Yer atmosferinə ciddi zərəli təsirləri vardır ki, bu da bəzən qarşısıalınmaz fəsadların yaranmasına səbəb olur. Ancaq həm Günəş enerjisi çeviricilərinin, həm də Günəş enerjisi ilə işləyən qurğuların ətraf mühitə zərərli təsirləri praktiki olaraq yoxdur və ya cüzi dərəcədədir. Lakin bütün üstünlükləri ilə bərabər Günəş enerjisindən istifadə etməyin də müəyyən müsbət və mənfi cəhətləri vardır. Bu cəhətləri qısa da olsa şərh etməyə çalışacağıq [8].

Günəş enerjisindən istifadə etməyin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

1. **Yenilənməsi və bərpa olunması.** Günəş enerjisindən bəhs edərkən birinci növbədə qeyd etmək lazımdır ki, neftin, qazın və kömürün enerjisindən fərqli olaraq Günəş enerjisi yenilənən və bərpa olunandır. Günəş bir ulduz kimi bundan sonra da çox uzun müddət ərzində ətrafa enerji şualandırmaqda və Yer kürəsini də enerji ilə təmin etməkdə davam edəcəkdir. Günəşin şüalanma parametrlərini bilməklə asanlıqla hesablamaq olar ki, bu müddət təqribən 5-6 milyard ilə bərabərdir.

2. **Ehtiyatının çox olması.** Yer kürəsinin vahid zamanda Günəşdən aldığı enerjinin miqdarı yuxanda qeyd edildiyi kimi 19.2-10^{16} Vt-dır. Əgər bu enerjinin bütün dünyada sərf olunan enerjidən 20 min dəfə çox olduğunu nəzərə alsaq, onda Günəş enerjisi ehtiyatının miqyasının nə qədər böyük olduğunu təsəvvür edə bilərik.
3. **Yer kürəsinin hər yerində əldə edilə bilən olması.** Yerin Günəş ətrafında dolanma dinamikası elədir ki, Günəş şüaları Yer kürəsinin hər yerinə düşür. Sadəcə olaraq ilin fəsillərindən asılı olaraq hər hansı bir regionda il boyu Günəş şüalarının intensivliyi dəyişir.
4. **Ekoloji təmizliyi.** Yer kürəsində ekoloji təhlükəsizliyin qorunması uğrunda görülən genişmiqyaslı tədbirlər fonunda Günəş eneıj isinin tədricən digər enerji mənbələrini əvəz etməsi prinsipial bir məsələdir. Ona görə ki, Günəş enerjisi çeviricilərinin istismarında, daşınmasında, qurulmasında və digər proseslərdə praktiki olaraq ekoloji sistemlərə və atmosferə heç bir ziyan dəymir və ya ətraf mühit nəzərə alınmayacaq dərəcədə az ziyan görür.
5. **Səssizlik.** Digər enerji mənbələrindən fərqli olaraq Günəş mənşəli enerji sistemlərində istər akustik, istərsə də elektromaqnit xarakterli dalğalar əmələ gəlmir ki, bu da onların ətraf mühitə, xüsusən biosistemlərə təsirini sıfıra endirmiş olur.
6. **İqtisadi səmərəliliyi və istismar xərclərinin az olması.** İlkin qurulma xərclərini nəzərə almasaq Günəş enerjisindən sərbəst enerji mənbəyi kimi istifadə olunması (məsələn, şəxsi evlərdə) nəzərə çarpacaq dərəcədə maddi vəsaitlərə qənaət olunmasına səbəb olur. Uzun bir müddət ərzində Günəş stansiyaları demək olar ki, texniki qulluq tələb eləmir. Bir qayda olaraq Günəş çeviricilərinin işləməsi üçün 20-25 il təminat verilir. Sadəcə olaraq ildə bir neçə dəfə çeviricilərin işlək səthləri silinib təmizlənməlidir.
7. **Tətbiq sahələrinin genişliyi.** Günəş enerjisi Yer kürısinin hər yerində və kosmosda istifadə oluna bilən yeganə alternativsiz enerji mənbəyidir. Enerji təminatı mərkəzlərinə qoşulmaq mümkün olmayan hər yerdə Günəş enerjisindən ən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunur.
8. **Yeni innovasiya texnologiyalarının sürətlə tətbiq edilməsi.** Nanotexnologiyaların və kvant fizikasının sürətlə inkişafı daha mükəmməl və səmərəli Günəş çeviricilərinin istehsalı üçün yeni innovasiya texnologiyalarının istifadəsinə möhkəm zəmin yaratmışdır. Bu sahədə yaponiya şirkəti "Sharp" liderlik edir. Şirkət artıq pəncərə şüşələrini əvəz edə biləcək şəffaf Günəş panelləri yaratmağa müvəffəq olmuşdur.

Bu üstünlükləri ilə bərabər, Günəş enerjisindən istifadənin bəzi mənfi cəhətləri də vardır ki, bunların da əksəriyyətini tədricən tamamilə aradan qaldırmaq mümkündür. Günəş enerjisindən istifadə etməyin çatışmayan cəhətləri əsasən aşağıdakılardır.

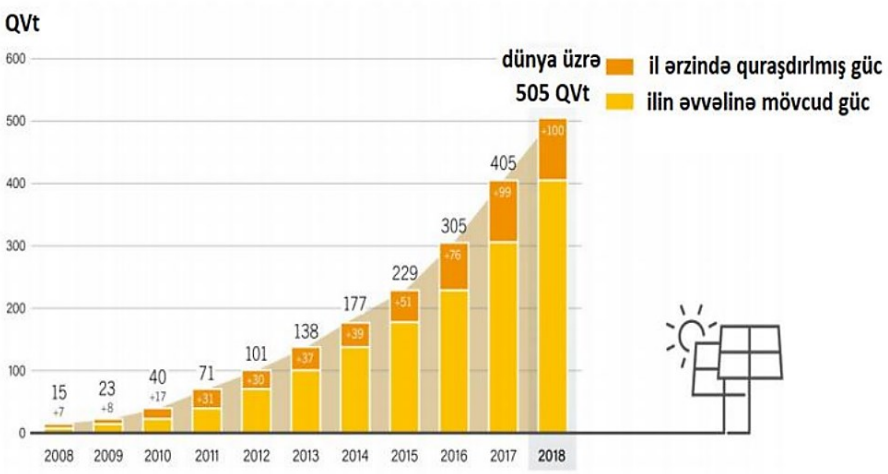
1. **Maya dəyərinin yüksək olması.** Günəş enerjisini digər enerji növlərinə çevirən qurğuların baha başa gəlməsi və faydalı iş əmsalının aşağı olması (12-18%) ilkin mərhələdə Günəş çevirici stansiyaların qurulmasına xeyli vəsaitin xərclənməsinə səbəb olur ki, bu da alınan enerjinin maya dəyərini yüksəldir. Ancaq daha ucuz və effektli çevirici elementlərin tapılması və yeni innovasiya texnologiyalarının tətbiqi ilə Günəş mənbəli enerjinin maya dəyərini kəskin surətdə aşağı salmaq mümkündür. Bu sahədə görülən işlərin səviyyəsi deməyə imkan verir ki, bu problem yaxın 10-15 il ərzində öz həllini tapacaqdır.
2. **Kəsilən olması.** Günəş radiasiyasının gecə vaxtı olmaması, havanın tutqun və yağışlı vaxtlarında isə intensivliyinin kəskin surətdə azalması digər enerji mənbələrinə ehtiyacı zərurətə çevirir. Günəş enerjisinin, necə deyərlər, ən böyük "islaholunmaz" cəhəti onun kəsilən olmasıdır. Hələlik bu nöqsanı aradan qaldırmağın yeganə üsulu günün işıqlı vaxtlarında əldə olunan enerjinin akkumliyasiya edilməsidir. Bu üsul çox baha başa gəldiyindən həmişə ondan istifadə etmək əlverişli olmur.
3. **Cüzi də olsa ətraf mühiti çirkləndirməsi.** Digər enerji mənbələrinə nisbətən Günəş energetikasının ekoloji sistemlərə vurduğu ziyan müqayisə olunmayacaq dərəcədə azdır. Buna baxmayaraq Günəş panellərinin hazırlanmasının bəzi texnoloji prosesləri atmosferdə "istixana" effekti yaradan az miqdarda azot və kükürd mənşəli qazların ayrılması ilə müşayiət olunur.

Texnoloji sistemlərin təkmilləşdirilməsi ilə bu çatışmazlığı asanlıqla aradan qaldırmaq olar.

4. **Güc sıxlığının az olması.** Elektrik enerjisi mənbələrini xarakterizə edən əsas parametrlərdən biri orta güc sıxlığıdır. Bu parametr Vt/m^2 -lə ölçülür və enerji daşıyıcılarının vahid səthindən alına biləcək enerjinin maksimum miqdarını təyin edir. Bu parametr Günəş şüalanması üçün 170 Vt/m^2 -a bərabərdir. Bu göstərici bəzi bərpaolunan enerji mənbələrinə (məsələn, külək enerjisi) nisbətən yüksək olsa da, neft, qaz, kömür və atom energetikası sistemlərinin göstəricilərindən çox aşağıdır. Bu səbəbdən də hələlik Günəş fotoçeviricilərinin 1 m^2 -dən ən çoxu 0.5 kVt enerji əldə etmək mümkündür.

Bu gün biz Günəş enerjisindən lazım olan səviyyədə istifadə edə bilmirik. Bunun əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, Günəş enerjisinini digər enerji növlərinə çevirən qurğuların istehsalı baha başa gəlir. Ancaq yeni ucuz çevirici materialların əldə edilməsi və texnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsi bu problemi tədricən aradan qaldırır ki, bunun da nəticəsində Günəş enerjisindən istifadə ildən-ilə sürətlə artır.

2008-2018-ci illərdə dünya üzrə quraşdırılmış günəş enerjisinin inkişaf dinamikasını şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. *2008-2018-ci illərdə dünya üzrə quraşdırılmış günəş enerjisinin inkişaf dinamikası*

Qrafikdən göründüyü kimi, Günəş enerjisi üzrə qoyuluş gücü 2017-ci ilə nisbətən 25% artaraq 505 QVt-a çatıb. 2018-ci il ərzində 100 QVt yeni güc quraşdırılıb. Günəş enerjisi hesabına elektrik enerjisi istehsalı texnologiyaları içində iş prinsipi fotoeffkt hadisəsinə əsaslanan fotovoltaik (PV) texnologiyası ən sürətli inkişaf edən texnologiyadır. Bu texnologiya üzrə 2018-ci ildə 10 ölkədə 1 QVt-dan artıq güc istifadəyə verilib [9].

Öz növbəsində dənizçilik sektoru nümayəndələri və tədqiqatçılar, beynəlxalq konvensiyalardan irəli gələn öhdəlikləri yerinə yetirmək, artan ətraf mühit həssaslığına qarşı daha təmiz enerji mənbələrinə yönəlmək və yüksələn enerji xərcləri səbəbindən daha ucuz enerji mənbələrindən istifadə etmək üçün gəmilərdə alternativ enerji sistemlərinin istifadəsi məqsədi ilə çalışmalara başlamışdılar. Tədqiqatçılar, elektrik enerjisi istifadəsində səmərəliliyi artırmaq üçün günəş enerjisi, külək enerjisi və qurudan enerji təchizatı kimi alternativ enerji sistemlərinin gəmilərdə istifadəsinə diqqət yetirirlər. Ədəbiyyatdakı bəzi çalısmalara nəzər yetirdiktə, gəmilərdə alternatif enerji sistemlərinin tətbiqinə dair çalışmaların texnik, ətraf mühit və iqtisadi tərəfdən baxıldığı görülməktədir. Xüsusilə ticarət fəaliyyətlərini həyata keçirən və alternativ enerji sistemlərinə sahib gəmilərlə əlaqəli nümunə tətbiqetmələr təqdim olunur. Bundan əlavə, yeni nəsil gəmi dizaynlarına dair layihələr haqqında məlumat verərək dənizçilik sahəsindəki inkişaflara diqqət çəkilmişdir [10].

Gəmilərdə günəş enerjisinin icrası. Yenilənə bilən enerji sistemlərinin icrası, günəş enerjisindən elektrik istehsalı PV panelləri ilə həyata keçirilir. Günümüzdə, enerji ehtiyacı az olan

gəmilərdə yenilənə bilən enerji resurslarının istifadəsinə rast gəlinməklə yanaşı, artıq ticari fəaliyyət göstərən gəmilərdə də yenilənə bilən enerji mənbələrindən istifadə edildiyi görülməktədir.

2008 -ci ildə neft qiymətlərindəki artım səbəbiylə yenilənə bilən enerji sistemlərinə sahib gəmi anlayışlarına maraq daha da artmışdır. Bunun nəticəsində, Hong Kong Jokey Klubu kommersiya fəaliyyətlərində istifadə etmək məqsədi ilə OCIUS firmasına günəş enerji sisteminə malik 4 ədəd bərə sifariş etmişdir.

Hong Kong Jokey Klubu üçün inşa edilmiş Solar Golf, Solar Birdie, Solar Eagle və Solar Albatross adlı gəmilərin mövcud bərə ilə müqayisədə yanacaq istehlakında 50% -ə qədər qənaət edəcəyi və illik əməliyyat xərclərini təxminən 2,5 milyon Hong Kong dolları azaltacağı ifadə edildilmişdir [11, 12]



Şəkil 3. *"Solar Albatross" gəmisinin günəş enerjisi icrası*

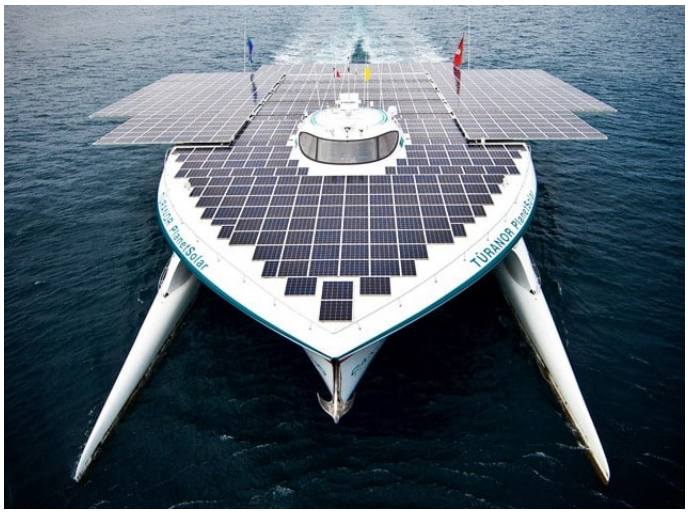
"M/V Auriga Leader" adlı yük gəmisi isə günəş enerjisi tətbiqi ilə diqqəti özunə cəlb etməyə müvəffəq olmuşdur. 2008-ci ildə inşa edilən, təxminən 200m uzunluğa, 32m genişliyə və 60213 groston həcimə malik gəmi qismən günəş enerjisi ilə işləyən ilk yük gəmisi ünvanını almışdır. Gəmiyə quraşdırılmış 328 ədəd FV panel vasitəsi ilə təxminən 40 kW güc əldə edilmişdir. FV sisteminin ümumi dəyəri 1,68 milyon dollar olmuşdur. Günəş enerjisi sistemi ilə, gəmidəki enerji ehtiyyacının təxminən 10% -i ödənilə bilmişdir.



Şəkil 4. *"M / V Auriga Leader" gəmisinin günəş enerjisi icrası*

Həmçinin, FV panel tətbiqi ilə generatorlara sərf olunan yanacağa 0,5 ilə 2% arasında qənaət edildiyi təxmin edilmişdir. Yanacaq istehlakından illik 13 ton və CO2 emissiyasından 40 ton azalma əldə olunduğu bildirilmişdir. Hazırda 6400 avtomobil tutumu olan gəmi öz ticarət fəaliyyətini davam etdirir (Businessgreen, 2018; GloMEEP, 2018). "M/V Auriga Leader" gəmisi, yük daşıyan dəniz nəqliyyat vasitələrinin də ənənəvi gəmi güc təchizatı sistemlərinə əlavə olaraq alternativ enerji mənbələrindən istifadə edə biləcəyini və kommersiya fəaliyyətinə davam edə biləcəyini göstərməsi baxımından vacib bir nümunədir.

"M/S Turanor PlanetSolar" adlı bərə isə yalnız FV panelinin tətbiqi ilə işləyən və dünyanı gəzən ilk dəniz gəmisi olaraq qeydə alınmışdır. Uzunluğu 30m və eni 16m olan qayığın 512 m^2 -lik bölümü 809 ədəd FV paneli ilə örtülmüşdür. FV panelləri ümumilikdə 93kVt gücə malikdir. İstehsal edilmiş artıq enerji bərə korpusuna yerləşdirilmiş litium-ion batareyalarında saxlanılır. Bu layihə, gəmilərdə bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə istiqamətində bu sahəni canlandıran mühüm addımlardan biri olmuşdur.



Şəkil 5. *"M/S Turanor PlanetSolar" gəmisində günəş enerjisinin tətbiqi*

2010-cu ildə Almaniyadakı Knierim tersanəsində tikintisi başa çatdırılmış gəminin dəyəri təxminən 12,5 Milyon Avrodur. Qayığın maksimum sürəti 14 knot çatır və 50 sərnişin daşıya bilir [13]. Bu konsepsiya (anlayış), dəniz nəqliyyatının gələcəkdə sıfır yanacaq və sıfır emissiya (tullantı) ilə idarə oluna biləcəyini göstərən vacib bir araşdırmadır. Gəminin ilkin investisiya xərclərinin azaldılması, onun istifadə sahəsinin genişləndirilməsi və daşıma qabiliyyətinin artırılması üzrə aparılacaq akademik və sahə çalışmaları sayəsində gəmi və dəniz texnologiyasında əhəmiyyətli nailiyyətlər əldə ediləcəkdir.

Bu cür təcrübələr diqqətə alındığında, dənizçilik sektorunun gəmilərdə alternativ enerji mənbələrinin istifadəsinə dair istəyin olduğu görülməktədir. Xüsusilə, ticarət fəaliyyətlərini davam etdirən gəmilərin alternatif enerji mənbələrindən istifadə etməsi, gəmilərdən qaynaqlanan ətraf mühitə mənfi təsirləri azaldacaq və dəniz sektorunun dayanıqlılığına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verəcəkdir.

Qeyd edilən məlumatlardan görünür ki, bu sahədə çalışan alimlər xüsusilə günəş külək və digər təbii enerji mənbələrindən istifadə etməklə təbiət qarşısında insanlıq borcunu yerinə yetirərək, ekoloji baxımdan ən səmərəli, alternativ yolu tətbiq edərək dənizçilik sistemini bu sahədə inkişaf etdirməyə çalışırlar. Alternativ enerji sisteminin gəmilərdə tətbiqi zamanı müşahidə edilmişdir ki, əldə edilmiş enerjinin saxlanması üçün öncədən gəmiyə yerləşdirilmiş batareyalar şəbəkədən doldurulur və istehsal edilən enerji, istifadə edilməsi nəzərdə tutulan avadanlıqlar kifayət edəcək qədər potensiala

malik deyildir. Odur ki, hazırda bu sistemin gəmilərdə tətbiqinin dizel yanacağı ilə birgə istifadə edilməsi məqsədəuyğun hesab edilmişdir.

Alimlər tədqiqatlarını və sınaqları ilk olaraq qısa səfərlər edən kiçik təchizat gəmilərində aparmışlar. Tədqiqatlar zamanı məlum oda olmuşdur ki, sistem gəmilərə tətbiq edildikdən sonra sistemin gəmidə daimi olmasını təmin etmək üçün şirkətlər öz gəmilərində texniki və logistik tələblərida tam şəkildə təmin etməyi bacarmalı və bu sahədə əvvəlki sistemə nəzərən köklü surətdə dəyişikliklər etməlidirlər.

Nəzərdə tutulan nəticənin əldə edilməsini müşahidə etmək məqsədi ilə 2018-ci il tarixində müxtəlif təyinatlı 4 gəmidə (təlim, təchizat, dalğıc, hidroqrafiq tədqiqat) tədqiqat işləri aparılmağa başlanıldı. 1-ci cədvələ nəzər yetirdikdə görmək olar ki, tədqiqat işi aparılan gəmidə və gəmi tipində əldə edilməsi planlaşdırılmış nəticə hansı il üçün nəzərdə tutulmuşdur. Eyni zamanda 2-ci cədvəldə günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sisteminin tətbiq edilmiş hidroqrafik tədqiqat gəmisinin əsas parametrləri qeyd edilmişdir [14].

Cədvəl 1

2018-ci il tarixində günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemi tətbiq edilmiş müxtəlif təyinatlı 4 gəmi və atmosferə buraxılan CO_2, azot və digər mühərrik emissiyaların azalmasında müsbət nəticə verməsi nəzərdə tutulan tarixlər

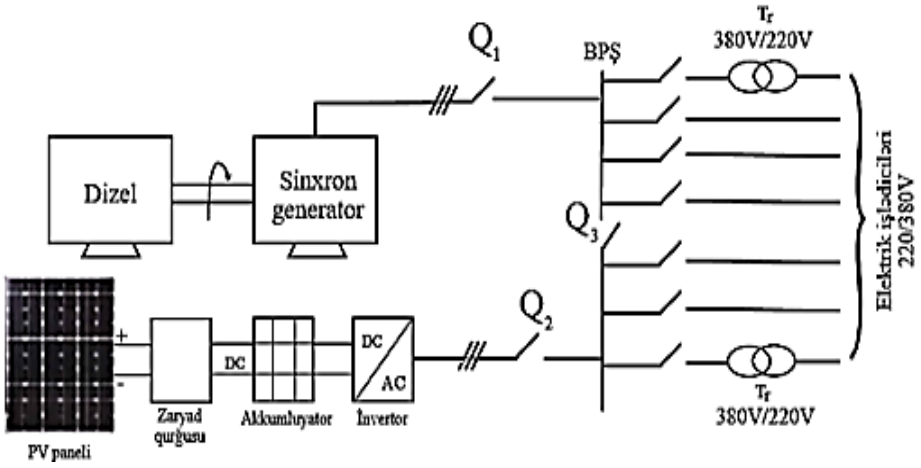
Gəminin tipi	***Gəminin adı***	***Planlaşdırılmış tarix***
Təlim gəmisi	M/V Kinsbergen	2025
Dalğıc gəmisi	M/V Mercuur	2026
Təchizat gəmisi	M/V Pelikaan	2030
Hidroqrafiq tədqiqat gəmisi	M/V Luymes and Snellius	2033

Cədvəl 2

Günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemi tətbiq edilmiş hidroqrafik tədqiqat gəmisinin əsas parametrləri

Parametr	***Miqdarı (ölçüsü)***	***Azaldılmış diapazon üçün miqdar***
Tranzit sürət	12 uz	
Maksimum sürət	13 uz	
Tranzit diapazonunun sürəti	12000 nm	5000nm
Saxlanılan enerji	3750 MVt	1500 MVt
Əsas və köməkçi sistemlər	350kVt	

Beləliklə, adları qeyd edilən gəmilərə tətbiq edilmiş günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemində istifadə edilmiş elektrik stansiyasının sxematik quruluşu ilə tanış olaq. Hidroqrafik tədqiqat gəmilərinin elektrik stansiyası F-76 dəniz dizel yağı (MDO) ilə işləyən dizel generatorlarından və yanma enerjisi tədarükü olan elektrik mühərrikindən ibarətdir. 1-ci sxematik şəkildən göründüyü kimi əsas mühərrikə paralel olaraq alternativ enerji mənbələrindən qidalanan, yanacağa qənaət edən və eyni zamanda atmosfer çirklənməsinin qarşısını alan hibrid təkan verici sistemə inteqrasiya edilmiş güc mənbəyi (batareya) vardır. Sistemin üstün cəhəti alternativ enerjidən istifadə edən mühərrikə genən enerji mənbəyinin istənilən vaxt dəyişdirilə bilməsidir. Beləki, mühərrik lazım gəldikdə dizel yanacağından əldə edilən enerjidən, lazım gəldikdə isə digər alternativ enerji mənbələrindən qidalanmaq funqsiyasına malikdir. Göründüyü kimi, alimlər mürəkkəb dinamik effektləri özündə birləşdirən yeni model günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemində işləyən mühərrikin effektivlik dərəcəsini yoxlayaraq nəticə almağa çalışırlar [11].



Şəkil 6. *Günəş və ənənəvi (hibrit) enerjiyə malik BPŞ –nin birxətli sxemi*
Q_1-generatorun seksiya avtomat açarı, Q_2- günəş enerjisinin seksiya avtomat açarı,
Q_3 – BPŞ-də şin ayırıcı avtomat açar

Şəkil 6–da Günəş və ənənəvi (hibrit) enerjiyə malik baş paylayıcı şitin (BPŞ –nin) birxətli sxemi qurulmuşdur. Burada Q_1 avtomat açarı vasitəsi ilə dizel generatorun elektrik enerjisi BPŞ–nin sağ seksiyalarında mövcut olan işlədicilərə, Q_2 avtomat açarı vasitəsi ilə isə günəş panellərindən alınan elektrik enerjisini BPŞ –nin sol seksiyalarında mövcut olan işlədicilərə elektrik enerjisi vermək üçün istifadə edilir. Normal vəziyyətdə BPŞ –də, Q_3 şin ayırıcı avtomat açarı açıq olur. Dizel generatorda yaxud günəş enerjisində hər hansı qəza halları baş verərsə Q_3 - şin ayırıcı avtomat açarını qapamaqla mövcut enerjini BPŞ nin bütün işlədicilərinə ötürmək mümkün olur.

Nəticə. Beləliklə, alternativ enerji sistemlərinin ticarət gəmiçiliklərində də tətbiq potensialının olması müəyyən misallarla araşdırılmışdır. Atmosfer çirklənməsinin qarşısının alınması məqsədi ilə dövlətlər tərəfindən bağlanmış beynəlxalq müqavilələr nəticəsində gəmiləçilik təşkilatlarına tətbiq edilən məhdudiyyətlərdən də göründüyü kimi, bu tip layihə və konsepsiyalar artaraq gələcək illərdə daha da qabarıq formada özünü biruzə verəcəkdir. Gəmilərin hərəkətvericilərində istifadə edilən güc mənbələrinin bir hissəsini qarşılaya biləcək günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemi ilə bağlı görülmüş işlərdən, həyata keçirilmiş layihələrdən və həyata keçirilməsi planlaşdırılan layihələrdən aydın görünürki, sıfır emissiyalı təmamilə bərpa olunan enerji mənbələri ilə işləyən nəqliyyat gəmiləri konsepsiyası gələcəkdə tam şəkildə reallığa çevriləcəkdir və öz yerini tutacaqdır. Gəmiçilik siferasında texnologiyanın sürətli inkişafını nəzərə alsaq respublikamızda bu sahədə araşdırmalar və tədqiqat işləri dahada dərinləşsə, əldə edilən nəticələrə görə inkişafın növbəti mərhələlərində bu sahədə tədqiqat aparan ölkələrlə qarşılıqlı əməkdaşlıq şəraitində qarşıya qoyulan məqsədlərə nail olmaq mümkündür.

"Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi" QSC-nin kiçik həcmli mövcud gəmilərində kiçik konstruksiya dəyişikliyi etməklə, təklif edilən hibrid enerji təchizatlı BPŞ-dən ibarət stansiyaları qurmaq olar ki, bununla da sınaq məqsədi ilə ekoloji təmiz günəş enerjisindən qismən istifadəni təmin etmiş olarıq.

Ədəbiyyat

1. https://az.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCn%C9%99%C5%9F_enerjisi
2. Samosir, D.H., Markert, M. and Busse, W. (2017). The technical and business analysis of using shore power connection in the port of Hamburg. Jurnal Teknik ITS, 5 (2).
3. IMO MEPC 72, 2018. Initial strategy on greenhouse gas emissions reduction for ships. Tech. rep., International Maritime Organisation (IMO), April.

4. MARPOL 73/78 Санкт–Петербург, ЗАО «ЦНИИМФ» - 2008
5. Yiğit, K., Acarkan, B. (2018). "The Importance of Ships in the Next-Generation Electric Power Systems" Book Chapter in Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions, 167-178. London: Academic Press.
6. Chen, L., Yip, T.L. and Mou, J., (2018). Provision of emission control area and the ımpact on shipping route choice and ship emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 58, 280- 291.
7. https://www.renovablesverdes.com/az/g%C3%BCn%C9%99%C5%9F-panell%C9%99rinec%C9%99-i%C5%9Fl%C9%99yir%3F/
8. http://plusiminusi.ru/plyusy-i-minusy-solnechnoj-energetiki/
9. https://minenergy.gov.az/uploads/energetika/alternativ/BOEM.pdf
10. Sultanov E.F., İsmayılov S.S. "Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrindən istifadə imkanlarının araşdırılması"/ ADDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2021, səh. 151-157.
11. RINA, Technical Meeting, https://www.rina.org.uk/res/Tech%20Meeting%201%20August%202018.pdf [Online]
12. HKJC, Solar Ferry and Solar Golf Carts Go into Operation at Kau Sai Chau Public Golf Course Demonstration Components of HKJC's Environment Project, http://www.hkjc.com/english/corporate/racing_news_item.asp?in_file=/english/news/news_20100 62525631.htm [Online] [Giriş 13.03.2021]
13. Dailymail, The World's Largest SOLAR Boat. http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2405853/The-worlds-largest-SOLAR-boat-powered-809-panels-Eco-friendly-vessel-breaks-world-record-crossing-Atlantic-just-22-days--completely-silent.html [Online] [Giriş02.02.2021]
14. Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., Hopman, J. J., 2017b. Pitch control for ships with mechanical and hybrid propulsion: Modelling, validation and performance quantification. In: Applied Energy. Vol. 206. pp. 1609–1631.

Məqalə qəbul olunub: 20.10.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

UOT 001:006.91:621.317

KÜTLƏNİN ÖLÇÜLMƏSİ VƏ FUNDAMENTAL FİZİKİ SABİTLƏR

Həsənov Y.N.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyev küç., 18
E-mail:yusif_nadiroglu@mail.ru

***Xülasə**. Fundamental qarşılıqlı təsirlər və instrumental ölçmələr nəzəriyyələrinin əhatə dairəsi çox böyük zaman və məkan miqyasındadır. Etalonların yeni tərifl ərinin tətbiqi dövründə (onun praktik reallaşdırılması ilə bağlı əlavə izahatlarla) fundamental fiziki nəzəriyyələr, onların sabitləri və ümumilikdə metrologiya arasındakı əlaqəyə, eləcə də vahidlər sisteminin qurulmasına maraq, xüsusilə xeyli artmışdır. Hazırda bütün ölkələrdə bu istiqamətdə işlər çox intensiv aparılır. Bu işlərdə metrologiya ilə fundamental fiziki sabitlər arasında əlaqənin müxtəlif aspektləri araşdırılır:FFS (fundamental fiziki sabitlər) istifadə edərək əsas SI vahidlərinin müəyyən edilməsinin mümkünlüyü, tələb olunan FFS dəstinin seçimi, FFS-nin mümkün fəza dəyişiklikləri (variyasiyaları) zamanla onların mümkün qeyri-sabitliyi və FFS-nin mümkün variyasiyalarının vahidlər sisteminə təsiri və s. Buna görə də təbiətin əsas qanunlarına və fundamental fiziki sabitlərə əsaslanan bütün fiziki kəmiyyətlərin etalonlarını hazırlamaq və istifadə etmək lazımdır.*

***Аннотация.** В период применения новых определений эталонов (с дополнительными пояснениями, касающимися его практической реализации) интерес к связи между фундаментальными физическими теориями, их константами и метрологией в целом, а также к установлению системы единиц, в частности, значительно увеличилось. В настоящее время работа в этом направлении ведется очень интенсивно во всех странах. В этих работах исследуются различные аспекты взаимосвязи между метрологией и фундаментальными физическими константами: возможность определения основных единиц СИ с помощью ФФС (фундаментальные физические константы), выбор необходимого набора ФФС, возможные пространственные изменения (вариации) FFS, их возможная нестабильность во времени и влияние возможных вариаций FFS на систему единиц и др.*

***Abstract.** During the period of application of new definitions of standards (with additional explanations regarding its practical implementation), the interest in the relationship between fundamental physical theories, their constants and metrology in general, as well as the establishment of the system of units, in particular, has increased significantly. At present, work in this direction is being carried out very intensively in all countries. In these works, various aspects of the relationship between metrology and fundamental physical constants are investigated: the possibility of determining the basic SI units using FFS (fundamental physical constants), the choice of the required set of FFS, possible spatial changes (variations) of FFS, their possible instability over time and the effect of possible variations of FFS on the system of units, etc.*

***Açar sözlər**: metrologiya, etalon, fundamental fiziki sabitlər, nisbilik nəzəriyyəsi*

***Ключевые слова:** метрология, эталон, фундаментальные физические константы, теория относительности*

***Key words:** metrology, standart, fundamental physical constants, theory of relativity*

Giriş. 1889-cu ildə Çəkilər və Ölçülər üzrə I Baş Konfransda platin-iridium ərintisindən (90% Pt, 10% Ir) hazırlanmış bir kiloqram silindr formalı prototip kütlə vahidi kimi təsdiq edildi. Həmin

kiloqramdan 43 nüsxə hazırlanmış və püşkatma yolu ilə paylanmışdı. Beynəlxalq Vahidlər Sisteminin (SI) qəbul edildiyi 1960-cı ildə XI CGPM-də kütlə vahidi kimi kiloqram əsas SI vahidlərindən birinə çevrildi.

Məlumdur ki, cismin kütləsi fiziki kəmiyyət kimi Nyuton tərəfindən təqdim edilmişdir və bir tərəfdən cismin xarici qüvvələrin təsirinə reaksiyasını (ətalət kütləsi), digər tərəfdən isə cismin digər cisimlərlə qravitasiya qarşılıqlı təsirinin (qravitasiya kütləsi) kəmiyyətini xarakterizə edir. Yüksək dəqiqliklə (10^{13} qədər dəqiqliklə) eksperimental olaraq təsdiqlənmiş ekvivalentlik prinsipinə əsasən ətalət kütləsi və qravitasiya kütləsi bir-birinə mütənasibdir. Kütlənin ən mürəkkəb fiziki kəmiyyət olduğu ortaya çıxdı, çünki hər hansı bir cismin kütləsinin meydana gəlməsi mexanizmi, həmçinin kütlənin təbiəti, hətta fundamental qarşılıqlı təsirlərin müasir nəzəriyyələri çərçivəsində də sona qədər qeyri-müəyyən olaraq qalır. Məsələn, hiqqs bozonu hələ kəşf edilməmişdir, onunla qarşılıqlı əlaqədə, Standart Modeldə proqnozlaşdırıldığı kimi, əsas hissəciklərin kütlələri yaranır. Hazırda mövcud kütlə etalonu vahidi, bir sıra çatışmazlıqlara malikdir. Kiloqramın platin-iridium (Pt-Ir) prototipi zədələnə və ya hətta məhv edilə bilər, həmçinin çirklənməyə və aşınmaya məruz qalır. Orijinal yalnız bir yerdə mövcuddur, bu da onun ölçüsünü işçi ölçmə vasitələrinə dəqiq ötürməyi çətinləşdirir. Pt-Ir prototipinin hazırlandığı ərintinin yüksək sıxlığı, praktikada kiloqram ölçüsünün havada müqayisəli ötürülməsi üçün sonrakı prosedurlarda istifadə olunan ikinci polad kiloqram etalonları ilə və ya bəzi hallarda ölçmələrin aparılması dəqiqliyinin azalmasına səbəb olur.

Bununla birlikdə, ən əhəmiyyətli çatışmazlıqlar kiloqramın ölçüsünü törəmə vahidlərə, xüsusən də elektrik vahidlərinə ötürmənin aşağı dəqiqliyi, həm də hər bir etalonun və bütün platin-iridium etalonları sisteminin nəzarətsiz zaman sürüşməsidir. Həqiqətən də, bu etalonların bir-biri ilə tutuşdurmaları nəticəsində yaranan qeyri-müəyyənliklər bu etalonların stabilliyinə sübut ola bilməz. Bütün platin-iridium etalonlarının kütlələri təxminən eyni sürətlə dəyişə bilər. Bütün bu etalonlar eyni vaxtda eyni ərintidən hazırlandığından, onların eyni vaxt sürüşməsi olduqca mümkündür. Müxtəlif müəlliflər tərəfindən müxtəlif metodikalardan istifadə etməklə hazırlanmış fundamental fiziki sabitlərin etalonlarının müxtəlif nüsxələrinə nisbətən kiloqram ölçüsünün dəyişməsinin təxminləri 100 ildə kiloqramın $5x10^{-8}$ kq, 50 il ərzində 1 mq-a qədər dəyişməsinin qiymətini verir. Qeyri-bircins qravitasiya sahəsində mövcud kiloqram etalonunun ölçüsünün ötürülməsi bir sıra prinsipial və metodik çətinliklərlə müşayiət olunur. Beləliklə, Pt-Ir istifadə edərək kütlə vahidinin etalonunun təyin edilməsi - kiloqramın prototipi bunu edir, fundamental metrologiyanın müasir səviyyəsinə uyğun gəlmir, buna görə də hazırda onun inkişafının prioritet istiqaməti müəyyən fiziki sabitlərin qiymətlərinə əsaslanmalı olan kütlə vahidinin əsaslı şəkildə, müxtəlif dəyişikliklərə münasibətdə yüksək dəqiqliklə uyğunlaşan yeni etalonuna keçiddir.Kütlə vahidinin - kiloqramın yeni tərifinin, yəni: Plank sabitinin h və ya Avogadro N_A sabitlərinin qiymətlərindən istifadə etməklə 2007-ci ilin noyabrında Çəkilər və Ölçülər üzrə XXIII Baş Konfransında baxılan iki əsas variantı var.

Əsas hissə. "Atom kiloqramı" adlanan birinci variant aşağıdakı kimi tərtib edilmişdir: kiloqram kütlə vahidi, $5{,}01845166x10^{25}$ sərbəst karbon 12 atomunun sükunət və əsas (kvant) vəziyyətində dəqiq kütləsidir. Bununla, karbon atomunun kütləsi, həmçinin molun cari tərifi saxlanılarsa, Avogadro sabiti, NA təyin edilir. Bu tərif bu gün Avoqadro sabitinin qiymətini ölçmək üçün istifadə edilə bilən hər hansı bir təcrübə ilə həyata keçiriləcəkdir, məsələn, h və N_A arasındakı əlaqəni nəzərə alaraq kristal silisium kürəsi təcrübəsi və ya vatt tərəzisi təcrübəsindən istifadə edərək.

"Elektrik kiloqramı" adlanan ikinci variant aşağıdakı kimi tərtib edilmişdir. Kiloqram elə kütlə vahididir ki, Plank sabitinin qiyməti dəqiq $6{,}6260693x10^{-34}$ kqm^2s^{-1}-ə bərabər olsun. Bu düstur Plank sabitinin h qiymətini təyin edir. Metr və saniyə artıq müəyyən edildiyi üçün h-nin ədədi qiymətinin təyin edilməsi kiloqramı müəyyən edir. Bu təyinat h-nin qiymətini müəyyən etmək üçün hazırda istifadə edilən hər hansı bir təcrübə ilə əldə edilə bilər, məsələn, vatt tərəzisi və ya h və N_A arasındakı əlaqəni nəzərə alaraq N_A-nı ölçmək üçün silikon kristalının sıxlığı üzrə ekspermentlə. Plank və Avoqadro sabitləri, təəssüf ki, bu məqsədlə indiyə qədər kifayət qədər dəqiqliklə müəyyən edilməmişdir. N_A üçün qiymətin nisbi standart qeyri-müəyyənliyi $5•10^{-8}$-dir, eyni qeyri-müəyyənlik

h-ın təyinində də mövcuddur, məqsəd isə Plank sabitinin və ya Avoqadro sabitinin təyinində $2•10^{-8}$ nisbi standart qeyri-müəyyənliyə nail olmaqdır. Qeyd edək ki, kiloqramın ölçüsünün ötürülməsinin əldə edilmiş maksimum dəqiqliyi daxilində kiloqramla üst-üstə düşmə şərtindən imtina etmək və elektrik vahidlərini, məsələn, volt və kulon kimi əsas götürərək yeni kiloqramı törəmə vahid kimi təqdim etmək təklifləri var. Bununla belə, bu imkan nəzərə alınmayacaq, çünki bu, fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün mövcud sistemin, xüsusən də yüksək dəqiqlikli kütlə ölçmələri sahəsində əsassız olaraq köklü şəkildə yenidən qurulmasına səbəb olacaqdır. Burada kiloqramın tərifinin versiyasını - atom kütləsi və Avogadro ədədi ("atom kiloqramı") vasitəsilə ətraflı təhlil edəcəyik. Avogadro ədədindən və atom kütlə vahidindən istifadə kiloqramın prototipini əvəz etməyin ən təbii yollarından biridir. Həqiqətən, istənilən Y maddəsi üçün mol tərifindən molyar kütlə tapılır:

$$M(Y)=N_A m(Y), \quad (1)$$

burada

$$m(Y) = A_r(Y) m_u , \quad (1.1)$$

Y maddəsinin atomunun kiloqramla çəkisi, Ar (Y)- Y maddəsinin nisbi atom kütləsi, m_u - k.a.v. (kütlənin atom vahidi) (k.a.v. - ^{12}C karbon izotopunun kütləsinin 1/12 hissəsi). (1) və (1.1) istifadə edərək bunu yaza bilərik:

$$N_A m_u = M_u , \quad (1.2)$$

burada $M_u = 10^{-3}$ kq mol - molyar kütlə sabiti, həmçinin

$$1 \text{ kq} = 10^3 \{N_A\} m_u , \quad (1.3)$$

$\{N_A\}$ Avoqadro sabitinin N_A (Avoqadro ədədi) ədədi qiymətidir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, kiloqram etalonunun yenidən müəyyən edilməsi prosedurunu həyata keçirmək üçün N_A-nı ən azı $u_r = 2•10^{-8}$ nisbi standart qeyri-müəyyənliyi ilə müəyyən etmək lazımdır. Avoqadro ədədini təyin etmək üçün əsas müasir üsullardan biri XRCD üsuludur (kristalların sıxlığını təyin etmək üçün rentgenoqrafik metod), rentgen şüalarından istifadə edərək kristal qəfəsin parametrlərinin interferometrik tədqiqi nəticələrinin toplusundan istifadə edir. Hazırda XRCD metodu ilə bir neçə səbəbə görə tələb olunan nisbi qeyri-müəyyənliklə nümunədəki hissəciklərin sayını müəyyən etmək mümkün deyil. Birincisi, baxılan metodla kremni (silisium) atomlarının hesablanması kremnidəki qarışıqların sayı və növləri, həmçinin qarışıqların kütlə və həcmə təsiri haqqında məlumatın mövcudluğunu nəzərdə tutur. Bu halda, kristal qəfəsdə müxtəlif növ qüsurların mümkün mövcudluğunu nəzərə almaq lazımdır. İkincisi, silisiumun molyar kütləsini ölçmək üçün nümunənin izotopik tərkibini dəqiq ölçmək lazımdır. M(Si) silisium nümunəsinin molyar kütləsi onun izotoplarından birinin molyar kütləsi ilə ifadə edilə bilər: $M(Si)=(^{28}Si)(1+£)$, burada £-in qiyməti digər izotopların tərkibindən asılıdır. £-in qiymətini ölçmək üçün nümunəni SiF_4 ionlarının qazşəkilli qarışığına çevirmək lazımdır, izotop tərkibi qaz kütləsi spektrometrindən istifadə etməklə müəyyən edilir. Silikon nümunəsi yetişdirərkən görülən ehtiyat tədbirlərinə baxmayaraq, onun tərkibində nazik amorf silikon, silikon dioksid və qarışıqlar ola bilər. Sadalanan nümunə qüsurlarının hamısı onun makroskopik sıxlığının təyin edilməsinin dəqiqliyinə təsir edir və ona gətirib çıxarır ki, hazırda 10^{-8} nisbi qeyri-müəyyənliklə nümunədəki hissəciklərin sayını müəyyən etmək mümkün deyil. Buna baxmayaraq, yuxarıda qeyd olunan çətinliklər yaxın gələcəkdə aradan qaldırıla bilər və yeni kütlə etalonunun tətbiqi üçün ən az sayda qüsuru olan ("silikon yolu") ifratyüksək təmizlikli silikon kristallarından istifadə etmək təklif olunur. Avropa İttifaqında SİMUS (Silicon for Mass Unit and Standard) layihəsi həyata keçirilir ki, bu layihə çərçivəsində, xüsusən də silisium kristalları müxtəlif

şəraitdə yetişdirilir. Ən qabaqcıl nümunələrin yaradılmasında əldə edilən nəticələrdən bəziləri dəqiq elektromaqnit ölçmələri üzrə konfranslarda təqdim edilmişdir: CPEM 2002 və CPEM 2004 (Conference for Precise Electromagnetic Measurements-Dəqiq Elektromaqnit Ölçmələr Konfransı). Çəkilər və Ölçülər üzrə XXII Baş Konfransda (Paris, 2003) Avogadro sabiti N_A üzrə İşçi Qrupunun verdiyi məlumata görə, N_A–nın nisbi standart qeyri-müəyyənliyi 10^{-7} səviyyəsində idi. Bununla belə, 99,99% zənginləşdirilmiş Si izotopunun tətbiqi nisbi standart qeyri-müəyyənliyi $5x10^{-8}$-ə qədər azaltmağa imkan verdi. 2011-ci ildə Avogadro ədədi tələb olunan ümumi nisbi standart qeyri-müəyyənliklə $2x10^{-8}$ ilə müəyyən edilmişdir. Hazırda N_A və h qiymətləri təqribən $5x10^{-8}$ qeyri-müəyyənliklə götürülür.

2005-ci ildə Plank sabiti vatt-tərəzilərindən istifadə etməklə $5,2\ x10^{-8}$ nisbi qeyri-müəyyənliklə, Avoqadro sabiti isə $3,1\ x10^{-7}$ nisbi qeyri-müəyyənliklə müəyyən edilmişdir. Lakin nəzərə alsaq ki, Plank və Avoqadro sabitləri 10^8-dən çox dəqiqliklə müəyyən edilmiş sabitlərdən asılı olan ifadəni istifadə etməklə əlaqələndirilə bilər, yəni:

$$N_A = cA_r(e)\alpha^2M_u/2hR, \qquad (1.4)$$

$A_r(e)$ -elektronun nisbi atom çəkisidir, onda N_A və h üçün müstəqil olaraq əldə edilmiş eksperimental nəticələr hər hansı bir sabitin qiyməti üçün bu sabitlərin müstəqil ölçülməsi 10^{-6} qiyməti ilə elan edilmiş qeyri-müəyyənliklərlə uyğun gəlməyən fərqə səbəb olur.

Kiloqramın tərifinin iki variantının qeyri-müəyyənliklərinin böyüklüyü ilə bağlı razılığın olmadığını nəzərə alaraq, vahidlər üzrə məsləhət komitəsi kiloqramın hər hansı yeni tərifinin təxirə salınması tövsiyəsi ilə Çəkilər və Ölçülər üzrə XXIII Baş Konfransa müraciət etdi və h üçün vatt-tərəzilərinin nəticələri ilə N_A üçün silisium kristalının sıxlıq nəticələri arasında mövcud uyğunsuzluğun aradan qaldırılmasına qədər təxirə salındı.

Təklif olunan iki əsas metodu müqayisə edərək, kiloqramın etalonunu ("atom kiloqramı" və "elektrik kiloqramı") yenidən müəyyənləşdirərək hesab edirik ki, Avoqadro ədədinə və atom kütlə vahidinə əsaslanan metod daha perspektivli üsuldur. Avogadro ədədini təyin edərkən yuxarıda qeyd olunan çətinliklər, ideal kristalların əldə edilməsi texnologiyasının inkişafı ilə əsaslı şəkildə aradan qaldırıla bilər və standart qeyri-müəyyənliklərin əldə edilə bilən qiymətləri $10^{-8} \div 10^{-9}$ bölgəsində ola bilər. Yeni kiloqram etalonuna keçidin daha bir üstünlüyü Avogadro ədədi və atom kütlə vahidi üzərindən qeyd edilməlidir. Fundamental hissəciklərin kütlələrini u_r təyin etmək üçün nisbi standart qeyri-müəyyənliklər "elektrik kiloqramı" istifadə edərək kütlə vahidinin təyin edilməsi ilə müqayisədə xeyli aşağı olur. Beləliklə, məsələn, elektronun kütləsini təyin etmək üçün u_r 15 dəfə, protonun kütləsində isə 50 dəfə azdır.

Nəticələrin müzakirəsi. Beləliklə, fundamental hissəciklərin kütlələrinin təyin edilməsinin dəqiqliyi və deməli, daha mürəkkəb zərrəciklər sistemlərinin kütlələrinin nəzəri hesablamalarının, o cümlədən makroskopik cisimlərin kütlələrinin təxminlərinin dəqiqliyi baxımından, Avogadro ədədinə və atom kütlə vahidinə (yəni "atom kiloqramı"ndan istifadə etməklə) əsaslanan kütlə vahidin müəyyən edilməsi daha üstündür. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, elektron kütləsi Ridberq sabitinə və bir sıra digər fiziki sabitlərə daxildir, ona görə də onun daha dəqiq qiyməti bu sabitləri çox yüksək dəqiqlik səviyyəsində uyğunlaşdırmağa imkan verəcəkdir.

Onu da qeyd edirik ki, neytral və yüklü atomların və molekulların kütlələrinin atom kütlə vahidlərində (a.k.v.) təyin edilməsi texnikası hazırda davamlı olaraq təkmilləşdirilir. Penning tələləri karbon atomunun ionları olan atom kütlə vahidlərində elektronun kütləsini ən yaxşı dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir, hansı ki: m_e=5,4857990945(24)x10^{-4} a.k.v. [$4,4x10^{-10}$] (bu qiymət Penninq tələsində tutulan elektronların və karbon ionlarının siklotron tezliklərini müqayisə etməklə əldə edilmişdir). Elektronun kütləsini təkcə kiloqramlarla deyil, həm də elektron voltlarla təyin etməyin dəqiqliyi , əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır:

$$m_e = 0{,}51099892\ (4)\ \text{MeV}[7{,}8x10^{-8}] \quad (1.5)$$

Hidrogen kimi ionlar üçün Larmor və siklotron tezliklərinin nisbətləri yaxın gələcəkdə ~ 10^{-11} nisbi qeyri-müəyyənliyi ilə Penninq tələlərində ekspermental olaraq ölçülə bilər. Dəqiqlik həm xarici sahələrdə, həm də atom və ionlarda bağlı elektronlar üçün nəzəri hesablamalar da son vaxtlar əhəmiyyətli dərəcədə artmış və eksperimental ölçmələrdə əldə edilən ~ 10^{-10} dəqiqliyinə bərabər olmuşdur.

Müxtəlif vahidlərdə bir sıra fundamental hissəciklərin kütlə qiymətləri

Hissəcik	Kütlə, kg	Standart nisbi qeyri-müəyyənlik	Kütlə, a.k.v.	Standart nisbi qeyri müəyyənlik
E	$9{,}1093826(16)\bullet10^{-31}$	$1{,}7\bullet10^{-7}$	$5{,}4857990945(24)\bullet10^{-4}$	$4{,}4\bullet10^{-10}$
P	$1{,}67262171(29)\bullet10^{-27}$	$1{,}7\bullet10^{-7}$	$1{,}00727646688(13)$	$1{,}3\bullet10^{-10}$
N	$1{,}67492728(29)\bullet10^{\bullet-27}$	$1{,}7\bullet10^{-7}$	$1{,}00866491560(55)$	$5.5\bullet10^{-10}$
A	$6{,}644\ 6565(11)\bullet10^{-27}$	$1{,}7\bullet10^{-7}$	$4{,}001506179149(56)$	$1{,}4\bullet10^{-11}$

Cədvəldə elektron m_e, proton m_p, neytron m_n və alfa hissəcik m_α kütlələrinin ölçülməsində nisbi qeyri-müəyyənliklər göstərilir. Cədvəldən göründüyü kimi, kiloqramla ifadə edilən ölçmə nəticələri üçün nisbi standart qeyri-müəyyənlik $1{,}7x10^{-7}$-dir. Atom kütlə vahidlərində ifadə edilmiş kəmiyyətlərin ölçülməsi nəticələri 10^{-10} səviyyəsində olan (α-zərrəciyi üçün10^{-11}) bir neçə pillə aşağı nisbi qeyri-müəyyənliyə malikdir. Beləliklə, bir və eyni fiziki kəmiyyətin ölçülməsinin dəqiqliyi onun ölçü vahidinin seçilməsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı ola bilər. Çünki cədvələ daxil olan elektron və proton kütlələri bir sıra digər fiziki sabitlərin ölçülməsinin düzgünlüyünü müəyyən edir, buna görə düzgün seçim, məsələn, atom kütləsi vahidinin ölçü vahidi kimi seçilməsi, kütlələrin, bir çox digər fiziki kəmiyyətlərin, həmçinin instrumental ölçmələrin keyfiyyətcə yeni dəqiqlik səviyyəsinə nail olmaq üçün ölçmə dəqiqliyinin kəskin artmasına səbəb ola bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda bəzi elementar hissəciklərin kütlələrinin qeyri-sabitliyinin təzahürünün göstəricisi ola bilər. Beləliklə, məsələn, Q 0347-382 kvazarının spektrində molekulların rəqsi-fırlanma səviyyələri arasında keçidlərin dalğa uzunluqlarının μ nisbətindən fərqli olaraq asılılığı faktı metodundan istifadə etməklə $\mu = m_p / m_e$ ($\Delta\mu/\mu = (5.02 \pm 1.82) \times 10^{-5}$) nisbətinin varyasiyasının sıfırdan fərqli qiyməti tapıldı. Bununla belə, kəmiyyətin effekti 3σ-lıq dəhlizdən kənara çıxmır, buna görə də bu nəticənin əlavə yoxlanılması tələb olunur.

Bildiyiniz kimi, kütlə vahidinin etalonu SI-nin yeganə etalonudur ki, özünün süni şəkildə yaradılmış maddi prototipi ilə tamamilə müəyyən edilir. Üç əsas SI vahidi - amper, mol və kandela - kiloqramdan istifadə edərək dolayı yolla müəyyən edilir, buna görə də kütlə vahidi standartının hazırda qəbul edilmiş tərifinin qeyri-kamilliyi onların tərifinə təsir göstərir. Kütlənin əmələ gəlməsi mexanizminin hələki qurulmadığından, kütlə vahidi etalonunun yenidən müəyyən edilməsi kütləni təyin edən heç bir proses əsasında həyata keçirilə bilməz. Kütlə vahidinin müəyyən mənada "təbii" prototipini tapmaq lazımdır. Bu nöqteyi-nəzərdən problemin ən yaxşı həlli elektron kütləsini təbii hissə kütlə vahidi kimi təqdim etmək olardı. Hartri vahidlər sisteminin belə bir seçimə əsaslanmasına baxmayaraq, bu imkan hazırda metroloqlar tərəfindən praktiki olaraq müzakirə edilmir. Bununla belə, qeyd etmək istərdik ki, bu seçim təbii kütlə etalonu probleminin ən yaxşı həlli olacaqdır. Elektronun kütləsi, atom kütlə vahidindən fərqli olaraq, daha sabit kəmiyyətdir və çox güman ki, qeyri-məhdud vaxt intervalları üçün super ekstremal şəraitdə belə dəyişməz qalır.

Buna görə də, onu işığın sürəti kimi, qiyməti dəqiqləşdirilməsinə məcburiyyət olmayan mütləq sabitə çevrmək olardı. Belə mütləq sabitdən həm digər cisimlərin kütlələrinin nəzəri hesablamalarında, həm də bir sıra fiziki kəmiyyətlərin eksperimental ölçülməsində reper sabiti kimi istifadə oluna bilərdi. Bu zaman kütlə qüsurlarını və hissəciklərin hərəkəti ilə bağlı relyativistik və

kvant effektlərini nəzərə almaq lazımdır. Bununla belə, mövcud texnologiyanı nəzərə alaraq, kütlə vahidinin yeni etalonunu yaratmaq üçün bu imkanın həyata keçirilməsi uzun müddət tələb edir. Halbuki, kiloqramın mövcud beynəlxalq prototipinin dəyişdirilməsi məsələsi aktualdır və kütlə və kütlə ölçü vahidlərinin hasil edilməsi, saxlanması və ötürülməsinin keyfiyyətcə yeni səviyyəsinə keçid üçün prioritet kimi irəli sürülür.

Onu da qeyd edirik ki, Avoqadro ədədi və atom kütlə vahidindən istifadə etməklə kütlə standartının yenidən müəyyən edilməsi fizikanın tədrisi baxımından üstünlüklərə malikdir. Həqiqətən də texniki universitetlərin standart fizika kurslarında mexanika qanunlarını öyrənərkən kütlə anlayışı kursun əvvəlində verilir. Avoqadro ədədi və atom kütlə vahidinə əsaslanan tərifin istifadəsi, kütlə anlayışının tətbiqindən dərhal sonra SI kütlə vahidini müəyyən etməyə imkan verir. Plank sabitinin, Cozefson effektinin və kvant Hall effektinin qiymətlərinə əsaslanan tərifin qəbul edilməsi imkanı fizika kursunun sonuna saxlanılır, nəticədə tələbələr uzun müddət fizikanı öyrənməli və bu sistemdə kütlə vahidinin nə olduğunu bilmədən SI sisteminin vahidlərindən istifadə etməli olurlar.

Yuxarıda göstərilənlərin hamısını ümumiləşdirərək deyə bilərik ki, hazırda fundamental qarşılıqlı təsirlər və instrumental ölçmələr nəzəriyyələrinin əhatə dairəsi çox böyük zaman və məkan miqyasındadır. Buna görə də təbiətin əsas qanunlarına və fundamental fiziki sabitlərə əsaslanan bütün fiziki kəmiyyətlərin etalonlarını hazırlamaq və istifadə etmək lazımdır. Eksperimental müşahidələrin nəticələrini emal edərkən arxaik,qeyri-iradi seçilmiş etalonlardan, xüsusən kiloqramın beynəlxalq prototipindən istifadə yanlış nəticələrə səbəb ola bilər. Eyni zamanda, atom təzahürləri əsasında standartların istifadəsi vahid ölçülərin ötürülməsinin dəqiqliyi və stabilliyinin artmasına səbəb olur. Bunun yaxşı nümunəsi uzunluq və vaxt (tezlik) vahidlərinin atom standartlarına keçiddir ki, bu da bu vahidlərin hasil edilmə dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa, işığın sürətini, uzunluq vahidinin "işıq metri" deyilən yeni etalonunu yüksək dəqiqliklə təyin etməyə və sonra tətbiq etməyə imkan verdi.

Anoloji olaraq, atom kütlə vahidinə və Avoqadro ədədinə əsaslanan kütlə vahidinin (atom kiloqramının) atom etalonuna keçid SI etalonları sistemində əsaslı dəyişikliyə və metrologiyada əhəmiyyətli irəliləyişlərə səbəb olacaqdır.

Kütlə vahidinin yeni etalonunun tətbiqi üçün təklif olunan metodlar arasında, fikrimizcə, Avoqadro ədədinin və atom kütlə vahidinin birbaşa istifadəsinə əsaslanan metod həm mikrohissəcik və makroskopik cisimlərin kütlə ölçmələrinin, həm də çoxsaylı fundamental fiziki sabitlərin təyin edilməsinin dəqiqliyini artırmaq üçün ən üstün olanıdır.

Bununla belə, Beynəlxalq Çəkilər və Ölçülər Komitəsinin bir çox üzvləri Plank sabitini təyin etməklə əldə edilən kiloqramın yeni tərifinə üstünlük verirlər və iddia edirlər ki: c-nin nisbilik nəzəriyyəsinin əsas sabiti olduğu kimi, h kvant mexanikasının əsas sabitidir və nəzəri fizika h və c iki sabitinin qiymətlərinin dəqiq tərifi ilə yaxşı inkişaf etdirilə bilər; amper də elektron yükünün fiksasiya edilməsi ilə yenidən təyin olunarsa, o zaman 2e/h və h/e^2 kəmiyyətləri elektrik ölçmələrinin metrologiyası üçün üstünlüklər verən dəqiq müəyyən edilmiş qiymətlərə malik olacaqdır.

Birinci arqument olduqca mübahisəli görünür, çünki Plank sabitinin təyin edilməsi, əksinə, Plank sabitinin qiymətini və mümkün variasiyalarını aydınlaşdırmaq üzrə tədqiqatın durğunluğuna səbəb ola bilər.

Nəticə. Beləliklə, aydındır ki, kütlə vahidinin, eləcə də digər əsas ölçü vahidlərinin praktiki istifadəsində vahidin ölçülərinin hasil edilməsi və ötürülməsinin real yollarına ehtiyac var. Çəkilər və Ölçülər üzrə XXIII Baş Konfrans qeyd etdi ki, kiloqramın tərifinin reallaşdırılmasına bu gün olduğu kimi eyni şəkildə ikinci dərəcəli etalonlar kimi istifadə ediləcək kiloqram prototipləri dəsti saxlamaqla nail olmaq olar, lakin, h-ın qiymətini ölçmək üçün bu gün istifadə oluna bilən vatt tərəziləri və ya hər hansı digər təcrübədən istifadə etməklə Plank sabitinin h-a əsaslanan təyininə uyğun olaraq intervallarla kalibrlənməlidir. Bu prosedur, bu gün olduğu kimi, prototipin ikinci dərəcəli etalonlarının Beynəlxalq Prototip K ilə müqayisədə kalibrlənməsini əvəz etməlidir. İlkin olaraq beynəlxalq prototipin vatt - tərəzidən istifadə edərək Plank sabitinə uyğun olaraq

kalibrlənməsinə üstünlük verilir ki, sonuncu etalon kimi daha da istifadə olunsun. Bununla belə, vatt-tərəzi ilə təchiz edilmiş hər bir laboratoriya öz kütlə etalonunu saxlaya bilər.

Ədəbiyyat

1. A.Həşimov, Y.Həsənov.”Qanunverici Metrologiyanın əsasları”. Bakı. Elm, 2011, 360s.
2. Ю.Н.Гасанов,О.Н.Величко,Т.Б.Гордиенко.Метрологическая прослеживаемость: нормативные и основные компоненты. Баку. 2010, 320с.
3. Международный Словарь Терминов Законодательной Метрологии (VİML), OİML, Париж, издание 2000.
4. JCGM 200: 2008. International Vocabulary of Metrology - Basic and general concepts and associated terms, 3rd Edition. Joint Committee for Guides in Metrology.
5. Ю.Н.Гасанов, О.Н.Величко, Т.Б.Гордиенко. Обработка результатов измерений: основы и нормативное обеспечение. Баку. 2011, 250с.

Məqalə qəbul olunub: 23.10.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

UOT 677.21.051.152

PAMBIQTƏMİZLƏYİCİLƏRDƏ KOLOSNİKLƏRİN TEXNOLOJİ XARAKTERİSTİKALARININ DİFFERENSİAL QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Kərimov H.Q.

Azərbaycan Texnologiya Universiteti (UTECA)
AZ2011, Gəncə şəh., Ş.İ.Xətai pr., 103
E-mail: kerimov_husnu@mail.ru

Xülasə. *Pambıq emalı müəssisələrində xam pambığın kənar qarışıqlardan təmizlənməsi üçün istər batareyalı, istərsə də axın xəttində tətbiq olunan ÇX – 3M2, ÇX - 5, RX1, 1XP, SÇ - 02, 1XK maşınları, həmçinin UXK aqreqatında tətbiq olunan və müəyyən araməsafələrində bir-birinə paralel millərdən ibarət olan kolosnik şəbəkə təmizləmə prosesində əsas işçi orqanlardan sayılır. Kolosniklərin dairəvi, dairəvi seqment, konik, trapesiya, üçüzlü prizmatik və s. olan profillərindən istifadə edilir. Praktikada bu kolosniklərin kombinasiyasından ibarət kombinə konturlu kolosniklərdən də istifadə edilir. Texnoloji prosesdə kolosniklərin texnoloji xarakteristikalarının diferensial qiymətləndirilməsi zərurəti yaranır.*

Təmizləyici seksiyada ayrı-ayrı kolosniklərin təmizləmə effektinin təyin edilməsi üçün alınan düsturları təmizləyici maşınların layihələndirilməsi, kolosniklərin profili, araməsafələri, mişarlı barabana nəzərən maillik bucağının təyin edilməsində böyük əhəmiyyəti olacaqdır.

Abstract. *At the enterprises of primary processing of cotton to clean raw cotton from impurities, in battery cleaners or production lines, cleaners of the brand ÇX- 3M2, ÇX - 5, RX - 1, 1XP, SÇ - 02, 1XK or a combined UXK unit are used. The main working bodies of these machines are parallel rods - grates. These grates have different profiles, round, triangular prismatic, conical or trapezoidal. In the technological process, a differential assessment of the technological characteristics of these grates is required.*

In the article, formulas for the differential evaluation of individual grates are obtained, which are of great importance in the design of cotton gins.

Аннотация. *На предприятиях первичной обработки хлопка для очистки хлопка – сырца от посторонних примесей, в батарейных очистителях или поточных линиях применяются очистители марки ЧХ – 3М2, ЧХ – 5, РХ – 1, 1ХП, СЧ – 02, 1ХК или комбинированный агрегат УХК. Основными рабочими органами этих машин являются параллельно расположенные стержни – колосники. Эти колосники имеют разные профиля, круглые, трехгранные призматические, конические или трапециевидные. В технологическом процессе требуется дифференциальная оценка технологических характеристик этих колосников.*

В статье, получены формулы для дифференциальной оценки отдельных колосников, которые имеют большое значение при проектировании хлопкоочистительных машин.

Açar sözlər: *xam pambıq, kənar qarışıq, təmizləyici, kolosnik, təmizləmə effekti*

Key words: *raw cotton, extra mix, cleaner, colosnik, cleaning effect*

Ключевые слова: *хлопок-сырец, экстрасмесь, очиститель, колосник, очищающее действие*

Giriş. Respublikamızda xam pambığın maşınla yığım tempi gündən günə artdığından onun tərkibindəki kənar qarışıqların miqdarı da çox olur. Pambığın ilkin emalı müəssisələrində xam pambığın kənar qarışıqlardan təmizlənməsi əsas məsələlərdən sayılır. Xam pambığın təmizlənməsi quruducu təmizləyici və təmizləyici sexlərdə həyata keçirilir. Təmizləyici maşınlar batareyada və yə axın xəttində quraşdırılır [1-3].

Maşınların təmizləmə effektivliyi xam pambığın sənaye növü, nəmliyi, ilkin zibilliliyi, kənar qarışıqların liflə ilişmə xarakteri, pambığın təmizləyicidə qalma müddəti, işçi orqanların konstruksiyası və çoxsaylı digər göstəricilərdən asılıdır. Reqlamentli texnoloji prosesə uyğun olaraq xam pambıq əvvəlcə xırda sonra isə iri qarışıqlardan təmizlənir. Belə ki, iri qarışıqlar pambıq elementləri ilə aktiv ilişmədə olduğundan onların ayrılması məsələni çətinləşdirir [4-6].

Müəyyən olunmuşdur ki, texnoloji proses mexaniki təsir ilə getdiyindən, əsas işçi orqanların konstruktiv elementləri, kinematik və dinamik parametrləri nəzərə alınmalıdır. İşçi orqanlar layihə olunarkən konstruksiyası elə olmalıdır ki, pambıq elementləri zədələnməsin. Deməli maşının təmizləmə effektinin yüksəldilməsi ilə yanaşı emal olunan pambığın texnoloji göstəriciləri də nəzərə alınmalıdır. Hal hazırda təmizləyici maşınlarda diametri 20 mm, araməsafələri 40 mm olan dairəvi en kəsiyə malik kolosniklər tətbiq olunur.

Xam pambığın təmizlənməsi üçün kolosnik şəbəkənin iş prinsipi aşağıdakı kimidir [7-10]:

Mişarlı barabanın dişləri ilə tutulmuş və bir-biri ilə əlaqəli olan pambıq uçağanları barabanın fırlanma hərəkəti ilə tərpənməz kolosniklərin səthinə zərbə ilə çırpılır və bunun nəticəsində pambığın tərkibindəki iri zibil qarışıqları ayrılır. Mişarlı barabanın dişləri ilə tutulmuş lif kütləsi ilə sıx əlaqədə olan pambıq uçağanları müəyyən sərbəstliyə malik olduğundan (mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri ilə mişar dişlərindən meyllənə bilir) kolosniklərə zərbə ilə çırpılır və nəticədə kənar qarışıqlar ayrılır. Bu zaman təmizlənmiş pambıq növbəti maşına verilir, kənar qarışıqlar isə maşından xaric olur [11-12].

Pambıqtəmizləyicilərin effektiv işi istifadə olunan kolosniklərin profilindən əsaslı dərəcədə asılıdır. Kolosniklər layihə olunan zaman onun texnoloji göstəriciləri yoxlanılmalıdır. Belə təmizləyicilərdə kolosniklər çoxpilləli yerləşdiyindən, onların fərdi şəkildə qiymətləndirilməsi tələb olunur. Ona görə də təmizləyicilər üçün kolosniklər layihə olunan zaman kolosniklərin texnoloji xarakteristikalarının diferensial qiymətləndirilməsi məsələsi aktualdır [13-15].

Tədqiqatın məqsədi. Hazırda tədqiqatçıların qarşısında duran ən vacib məsələlərdən biri təmizləyici maşınlarda tətbiq olunan kolosniklərin profilinin təkmilləşdirilməsidir. Bu zaman emal olunan məhsulun texnoloji göstəriciləri ilə yanaşı kolosniklərin texnoloji xarakteristikalarının yoxlanılması da böyük əhəmiyyətə malikdir. Təmizləyici seksiyada tətbiq olunan kolosniklər çoxpilləli olduğundan texnoloji parametrləri optimallaşdırmaq üçün kolosniklərin texnoloji

xarakteristikalarının diferensial qiymətləndirilməsi üçün çoxsaylı eksperimentlər aparılaraq düsturlar təklif olunmuşdur.

Tədqiqat obyekti olaraq xam pambığın iri qarışıqlardan təmizləyicisinin mişarlı baraban – kolosnik şəbəkə sistemində pambığın emalı qəbul edilmişdir.

Materiallar və müzakirələr. Pambıqtəmizləyicilərin təmizləyici seksiyalarının təmizləmə effektini təyin etmək üçün əsasən aşağıdakı düsturlardan istifadə edilir:

$$k = \frac{C_c - C_1}{C_C} \cdot 100\% = \frac{C_2}{C_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$k = \frac{З \cdot (З_1 - З_2)}{З_1 \cdot (З_3 - З_2)} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$k = \frac{q_{itki} \cdot З_3}{G_2 \cdot З_2 + q_{itki} \cdot З_3} \cdot 100\% \quad (3)$$

Burada C_c – xam pambıqdakı ilkin kənar qarışıqlar cəmi;

C_1 – təmizlənmiş xam pambıqdakı kənar qarışıqların cəmi;

C_2 – xam pambıqdan ayrılan kənar qarışıqların cəmi;

Z_1 – xam pambığın ilkin zibilliliyi, %;

Z_2 – xam pambığın təmizlənmədən sonrakı zibilliliyi, %;

Z_3 – itkinin zibilliliyi, %;

G – təmizlənmiş pambıq kütləsi;

q_{itki} – kənar qarışıqlarla birlikdə ayrılmış xam pambığın kütləsidir.

Pambıq zavodlarında istifadə olunan təmizləyicilərin təmizləmə effektini (1), (2) və (3) düsturları ilə təyin etmək mümkündür. Lakin çoxpilləli təmizləyici seksiyaya malik təmizləyicilərin layihələndirilməsində, eyni zamanda kombinə konturlu kolosnik şəbəkələrinin tətbiqi ilə yerinə yetirilən elmi – tədqiqat işlərində aşağıdakı amillər nəzərə alınmır:

- təmizləmə prosesində bir kolosnikdən digər kolosnikə ötürüldükdə xam pambığın tərkibindəki kənar qarığıqların miqdarı dəyişir;
- kolosniklərin profili və araməsafələri ayrı – ayrı kolosniklərin və kolosnik şəbəkənin təmizləmə effektinə təsiri;
- hansı kolosnik yüksək təmizləmə effektinə malik olur;
- Kolosnik şəbəkənin təmizləmə effektinin ayrı – ayrı kolosniklətin təmizləmə qabiliyyətindən asılılığı.

Bu çatışmamazlıqları nəzərə alaraq ayrı – ayrı kolosniklətin təmizləmə effektini təyin etmək üçün onları diferensial qiymətləndirmək lazımdır. Bu zaman ayrı – ayrı kolosniklətin təmizləmə effektinin təyin olunması məsələsini həll etmək üçün tədqiq olunan təmizləyicinin təmizləyici seksiyasında hər bir kolosnikdən ayrılan xam pambıq silkələnərək ayrılan kənar qarışıqlar çəkilir. Bu zaman nəzərə almaq lazımdır ki, təmizləmə prosesində xam pambığın zibilliliyi getdikcə azalır.

(1) düsturundan istifadə edərək ilkin xam pambıqdan kənar qarışıqların kütləsi C_c və birinci kolosnikdən ayrılan kənar qarışıqların miqdarı C_2^1 – məlum olduqda birinci kolosnikin təmizləmə effekti aşağıdakı kimi təyin olunar.

$$k_1 = \frac{C_2^{'}}{C_C} \cdot 100\% \quad (4)$$

Nəzərə alsaq ki, ikinci kolosnikə daxil olduqda kənar qarışıqların ilkin kütləsi C_2^2 - azalır, onda ikinci kolosnikin təmizləmə effektini analoji olaraq təyin edə biləirik:

$$k_2 = \frac{C_2^2}{C_C - C_2} \cdot 100\% \tag{5}$$

Üçüncü kolosnikdən ayrılan kənar qarışıqların miqdarı C_2^3 – məlum olduqda və yenə də onun miqdarının getdikcə azalmasını nəzərə alsaq yaza bilərik:

$$k_3 = \frac{C_2^3}{C_c - C_2^{'} + C_2^2} \cdot 100\% \tag{6}$$

(4), (5) və (6) – cı düsturdakı qanunauyğunluqları nəzərə alsaq, n – ci kolosnikin təmizləmə effektini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturları yaza bilərik:

$$k_n = \frac{C_2^{(n)}}{C_c - \sum_{i=1}^{n-1} C_2^{(i)}} \cdot 100\% \tag{7}$$

Hər bir kolosnikdən ayrılan kənar qarışıqları itkilərdəki zibillərin miqdarı ilə ifadə etsək n–ci kolosnikin təmizləmə effektini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$k_n = \frac{q_{itki}^{(n)} \cdot 3_3^{(n)}}{C_c - \sum_{i=1}^{n-1} q_{itki}^{(i)} \cdot 3_3^{(i)}} \cdot 100\% \tag{8}$$

Təmizlənmiş xam pambıqda kənar qarışıqların miqdarı C_1 – i nəzərə alsaq, düsturu aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$k_n = \frac{C_2^{(n)}}{C_1 + \sum_{i=1}^{n-1} C_2^{(i)}} \cdot 100\% \tag{9}$$

Maşının təmizləyici seksiyasının təmizləmə effekti K_c, seksiyaya daxil olan kolosniklərin təmizləmə effektlərinin cəminə bərabər olar.

$$k_c = k_1 + k_2 + k_3 + ... + k_n = \sum k \tag{10}$$

Nəticə. Beləliklə, təmizləyici seksiyada ayrı-ayrı kolosniklərin təmizləmə effektinin təyin edilməsi üçün alınan düsturlar təmizləyici maşınların layihələnditilməsində, kolosniklərin profili, ara məsafələri, mişarlı barabana nəzərən maillik bucağının təyin edilməsində istifadə oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. Лугачев А.Е., Салимов А.М. Первичная обработка хлопка. Ташкент, 2007, 131с
2. Керимов У.Г., Велиев Ф.А. Влияния профиля колосников на интенсивность выделения сорных примесей. Молодой ученый, №9 (11), Москва, 2016, с.496-500
3. Велиев Ф.А.,Керимов У.Г. Колосниковая решетка для очистки хлопка-сырца. F 2020 № 0023, Патент на полезную модель, Азербайджанская Республика, Baky, 2020, 8 с.
4. Керимов У.Г. Совершенствование очистителя хлопка-сырца от мелкого сора // Международная научно-техническая конференция Дизайн технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. Москва, 2018, с. 37-39
5. Karimov H., Mustafayeva E., Jafarov E., Safarova T., Veliev F., Theoretical research of the grate-saw cleaner of a large litter of the mounted type. Eastern european journal of enterprıse technologıes, 2021 2/7 (110), Scopus, pp. 74-84
6. F. Veliev, R. Sailov Influence of elastic characteristics ofraw cotton on the mechanics of feed rollers in the cleaners from large impurities. Eastern European Journal Enterprise Technologies, 5/1(95), 2018, p. 53–60
7. Корабельников Р.В., Иброгимов Х.И. Комплексный показатель воздействия очистителя хлопка на хлопок-сырец в процессе очистки. Технология текстильной промышленности. 2008, №3., с. 35-38.
8. Khakimov Sh. Theoretical studies of the motion of raw cotton the gaps between the grate fixing and serated drum // Stuttgart: European applied sciences, 2015, 63-66 pp.
9. Tashpulatov, D. S. Kolosnik oscillations on elastic supports with nonlinear rigidity with random resistance from cotton-raw maternity/D. S. Tashpulatov, A. D. Djuraev, A. F. Plekhanov//European Sciences review Scientific journal. -2018. -№ 5-6. p. 353-355.
10. Veliev F. Construction of a theoretical method for estimating the calculation of power used by feed rollers in the cleaners of raw cotton from fine debris. Eastern-European Journal of Enterprise Technolodgies. 4\7(100)2019, p.42-53.
11. William Y. Martin, Stedronsky L. Victor. Effect of variations in design ofgin-saw teeth on lint guality u ginning effeciency Washington, D. C.1999, August, p. 25.
12. Khakimov Sh.Sh. Mardonov B.M. Modeling of movement of foreign impurities soft along the chopping drum during cleaning of raw cotton from small litter// Austrian journal of technical and natural sciences, 2015, №9-10, C. 86-90. (02.00.00. №2)
13. Carlos B. Armijo, Kevin D. Baker, Sidney E. Hughs, Edward M. Barnes, and Marvis N. Gillum Harvesting and Seed Cotton Cleaning of a Cotton Cultivar with a Fragile Seed Coat The Journal of Cotton Science 2009. №13:pp.158–165
14. Thomasson, J. A. 1993. Foreign matter effects on cotton color measurement: determination and correction. Transactions of the ASAE 36(3): 663-669.
15. Armijo, C. B., S. E. Hughs, M. N. Gillum, and E. M. Barnes. 2006a. Ginning a cotton with a fragile seed coat. Journal of Cotton Science 10:46-52.
16. Valco, T.D., J.K. Green, R.A. Isom, D.S. Findley, T.L. Price, and H. Ashley. 2009. The cost of ginning cotton-2007 survey results. p. 540–545 In Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. 5-8 Jan. 2009. Natl. Cotton Counc. Am., Memphis, TN.

Məqalə qəbul olunub: 10.10.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

UOT[002:004]:316.774

MÜXTƏLİF KİBERTƏHLÜKƏSİZLİK KODLARI İLƏ KİBERTƏHDİDLƏRƏ QARŞI GÜCLÜ TƏHLÜKƏSİZLİYİN TƏMİN EDİLMƏSİ

[1]Mirzəyeva G.R., [2]Mirzəyev A.R., [3]Allahyarova N.Z.

[1]"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası"PHŞ
[2]Bakı Ali Neft Məktəbi
[3]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
E-mail: gulnar.mirzayeva@gmail.com, mirzayev.araz@gmail.com

Xülasə. *Kiber dünyada texnologiyanın və internetin sürətli tərəqqisi inkişaf edən kibercinayətləri də özü ilə gətirir. Təhlükəsizlik kodları (captcha) bu cinayətlərin qarşısını almaq üçün yaradılmış təhlükəsizlik təbəqəsi kimi istifadə olunur. Bu, girişin istifadəçi tərəfindən edilib-edilmədiyini ayırd etmək üçün nəzərdə tutulmuş təhlükəsizlik mexanizmidir və zərərli bot proqramlarından qorunmaq üçün istifadə olunur. Bu səbəbdən girişin insan və ya bot proqramı tərəfindən edilməsi vacibdir.*

Abstract. *The rapid development of technology and the Internet in cyberspace entails the development of cybercrime. Security codes (captcha) are used as a layer of security created to prevent these crimes. This is a security mechanism designed to determine if a user is accessing or not and is used to protect against malicious bots. For this reason, it is important that the system is logged in by a human or a bot.*

Аннотация*. Быстрое развитие технологий и Интернета в киберпространстве влечет за собой развитие киберпреступлений. Коды безопасности (капча) используются в качестве уровня безопасности, созданного для предотвращения этих преступлений. Это механизм безопасности, предназначенный для определения того, осуществляется ли доступ пользователем или нет, и используется для защиты от вредоносных ботов. По этой причине важно, чтобы вход в систему осуществлялся человеком или программой-ботом.*

Açar sözlər: *türinq, kibertəhlükəsizlik, Captcha, bot, təhlükəsizlik*
Key words: *turing, cybersecurity, Captcha, bot, security*
Ключевые слова: *тьюринг, кибербезопасность, Капча, бот, безопасность*

Giriş. İnternet texnologiyalarının inkişafı və geniş yayılması ilə bu sistemlərin təhlükəsizliyi də mühüm elementə çevrilmişdir. Təhlükəsizliyə yönəlmiş əməliyyatlar inkişaf etdikcə, sistem zəifliklərinə qarşı mübarizə aparan zərərli proqramlar da ortaya çıxdı. Bu bot hücumlarının qarşısını almaq üçün doğrulama sistemləri lazımdır.

Turinq testi ilk dəfə 1950-ci ildə Alan Turinqin "Hesablama maşınları və kəşfiyyat" adlı məqaləsində qeyd edilmişdir. Turing testinin məqsədi kompüterin düşünüb-düşünmədiyini müəyyən etməyin mümkünlüyünü yoxlamaqdır. Turinq testinə görə sual verənin sual verməklə respondentlərdən hansının kompüter, hansının insan olduğunu müəyyən etmək cəhdidir. Dindiricinin sualları yalnız klaviatura vasitəsilə yazmaqla göndərilir. Təkrar testlər nəticəsində müstəntiq cavabdehin insan olub-olmadığını müəyyən edir.

Məsələnin qoyuluşu. Təhlükəsizlik kodu (Captcha-Completely Automated Public Turing test for Computers and Humans Apart) avtomatik qeydiyyat, spam və ya zərərli bot proqramlarının qarşısını almaq üçün istifadə olunur.

Təhlükəsizlik kodu (captcha) internet səhifələrindəki formalara daxil olarkən, mesaj göndərərkən gündəlik internet istifadəsi zamanı bir çox yerdə rast gəlinən mürəkkəb kodlarla fərqli texnikalarla oxunması çətinləşdirilən insan və botları ayırd etmək üçün hazırlanmış bir layihədir.

Təsdiq olmadan təcavüzkarların seçdikləri veb-saytlara zərər verməsi, parol bərpa formalarına kobud güc hücumundan istifadə edərək parolları sındırması və botların mesaj formalarında reklam və ya zərərli paylaşımları paylaşması çox asan ola bilər. Bu vəziyyətlərin qarşısını almaq üçün oxunması çətin, əyri, trapezodial, fərqli rənglərdə olan və ya fərqli üsullarla dəyişdirilən bu doğrulama tətbiqləri, görüntü emal vasitələri və müəyyən edilə bilməyəcəyi düşünülən bu doğrulama tətbiqləri ilə istifadə olunur.

Təhlükəsizlik kodu (captcha) təhlükəsizliyi və dizaynı bir çox işçi qrupları tərəfindən tədqiq edilmişdir. Mövcud təhlükəsizlik kodları (captcha) mətn əsaslı, şəkil əsaslı və səs əsaslı olaraq üç kateqoriyaya bölünə bilər. Mətnə əsaslanan Captcha adətən ingilis hərfləri və ərəb rəqəmlərinə əsaslanır və maşının tanınmasının qarşısını almaq üçün mürəkkəb təhrif, fırlanma və ya səs-küy müdaxiləsindən istifadə edir [1-3].

Mürəkkəb əyrilik: Mətn əsaslı captchalarda müəyyən edilməsi arzu edilir.

Fırlanma: Mətn əsaslı captchalardakı simvolların açıq şəkildə fırlandığı və hər simvolun fərqli fırlanma bucağı olduğu vəziyyətlərdə istifadə olunur.

Səs-küy: Mətnə əsaslanan captcha simvollarındakı simvoldan eyni və ya fərqli rəngli piksellərin və ya simvola bitişik piksellərin əlavə edilməsi arzuolunmazdır və OCR sorğularında oxunmasını çətinləşdirir.

Şəkil əsaslı və audio əsaslı Captcha kateqoriyası ilə müqayisədə mətn əsaslı Captcha ən çox istifadə edilən sxemdir. Bu geniş istifadə onun aşkar üstünlükləri ilə bağlıdır, həmçinin mətn əsaslı Captcha təhlükəsizlik kodlarının ən qədim formasıdır.

Təhlükəsizlik kodunun (captcha) inkişafı və növləri. Təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqlərinin yayılması ilə kibercinayətkar qruplar tərəfindən təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqləri inkişaf etdirildi və bununla da proqnozlaşdırılan virtual müharibə başladı. Bu qrupların daim inkişaf edən kiberhücumlarına qarşı çıxmaq üçün hazırlanmış təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqləri daha mürəkkəb səviyyələrə çatır [2].

1. Sadə Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Bu növ Captcha çox sadə və səssiz mətn əsaslı Captcha-nın ilk nümunələrindən biridir. Bu cür təhlükəsizlik kodları (captcha) zərərli proqramlar tərəfindən xüsusi olaraq hədəf alındıqda çox asanlıqla yan keçə bilər.

2. Cari Təhlükəsizlik kodu (captcha)

Sadə Captcha-nın xakkerlər tərəfindən sındırılması ilə, Captcha tərtibatçıları Captcha strukturlarının daha bulanıq, səs-küylü, əyri və təsviri müxtəlif ikona, qaralama və formalarla dolduran daha mürəkkəb variantlarını hazırlamağa başladılar.

3. Riyaziyyat Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Sadə riyazi əməliyyatlara əsaslanır, "8+5" cəminin tapılması kimi əməliyyatların nəticəsinin daxil edilməsi xahiş olunur. Məqsəd bütün ənənəvi botları bloklamaqdır. Lakin veb səhifəyə xas botlar sadəcə maneəni keçə bilər.

4. Kompleks Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Bu cür Captcha dizaynları müasir və təhlükəsiz olsa da, fərqli və daha çətin dizaynlara ehtiyac olduğunu iddia edərək, daha mürəkkəb dizaynlardan istifadə etməyə üstünlük verənlər də var. Bu dizaynın ən yaxşı nümunəsi kimi Quantum Random Bit Generator (IRB,2018) verilə bilər. Quantum Random Bit Generator xidmətinin üzvü olmaq istəyənlər kompleks Təhlükəsizlik kodunu (captcha) keçmək üçün kompleks modeli həll etməlidirlər. Bu isə öz növbəsində çox çətin prosesdir, vaxt baxımından idarəolunma problemi yarada bilər.

5. Obyekt Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Sistemlərini kiberhücumlardan qorunmaq üçün qoruyan tərəflərin bəziləri çətin təhlükəsizlik kodlarından (captcha) istifadəyə üstünlük verir, digərləri isə daha sadə, lakin hələ də təhlükəsizliyi

pozacağı düşünülməyən fərqli üsullardan istifadə edir. Bu cür Captcha növündə uyğunlaşma üslubunda olduğu kimi, müxtəlif bucaqlarda əyilmiş klassik hərf və rəqəmlərdən başqa, onun rəsmlərində iştirak etdiyi tətbiqlər də var.

6. Şəkil Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Təhlükəsizlik kodu (captcha) keçidi üçün istifadə edilən strukturlarda mənasız hərf-rəqəm birləşmələrindən istifadə məhdudiyyətləri aradan qaldırıldıqdan sonra obyektlərdən daha çox Security code (captcha) tətbiqlərində istifadə olunmağa başlandı. İnternet sürətinin və server saxlama imkanlarının artması ilə çox daha təhlükəsiz olduğu düşünülən və zəhlətökən olmayan şəkil Təhlükəsizlik kodu (captcha) daha çox istifadə olunmağa başladı.

7. Slider Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Tətbiqə daxil olmaq üçün sistemə daxil olan istifadəçilərdən slayderi sağa sürüşdürmələri xahiş olunur. Sürgü göndərmə seçiminə gətirildikdə, göndərmə düyməsi aktiv olur, beləliklə, keçid təmin edilir. Ancaq xüsusi ehtiyacları olan insanlar üçün bu təhlükəsizlik səviyyəsini məğlub etmək çətin olacaq. Bu cür istifadələr javascript və ya flash texnologiyalarından istifadə etdiyi üçün ehtiyat yoxlama mexanizmi tələb edir.

8. reCaptcha Təhlükəsizlik Kodu (captcha)

Google Təhlükəsizlik kodu (captcha) xidmətini satın aldıqdan sonra bu xidmətə yeni funksiyalar əlavə etdi. reCaptcha 2009-cu ildə təcavüzkarlar tərəfindən yaradılmış zərərli avtomatlaşdırılmış proqram botlarını bloklamaq üçün hazırlanmışdır. Mətn əsaslı məlumatların rəqəmləşdirilməsində istifadə edilmək üçün əldə edilən OCR çıxışlarını istifadəçilərə yönəldilməsi üçün reCaptcha kimi təhlükəsizlik kodu yenidən təşkil edildi. Doğrulama mərhələsində əvvəllər təsdiqlənmiş söz və ikinci naməlum söz göstərilir. Əvvəlcədən təyin edilmiş sözə uyğun olaraq, insan ayrı-seçkiliyi edildikdən sonra Google Kitabxanaları və digər reCaptcha yoxlamaları üçün ikinci sözü müəyyən edilir. Beləliklə, Captcha proqramlarının yoxlanılması zamanı daha etibarlı sistem keçidi təmin edilir.

Təhlükəsizlik kodu (captcha) ümumi məntiq və əməliyyat. Təhlükəsizlik kodu (captcha) proqramlarında captcha botların aşkar edə bilmədiyi təsadüfi şəkli serverdən alır və üzərindəki mətnin yoxlanılması üçün istifadəçidən onu müəyyən etməyi xahiş edir. Bu yoxlama tamamlanana qədər həm şəxs, həm də botlar sistemdə irəli gedə bilməz.

Buradakı əsas və vacib məntiq ondan ibarətdir ki, təqdim olunan görüntü yalnız insanlar tərəfindən qəbul edilməli və botların onu tanıya bilməyəcəyi şəkildə yaradılmalıdır.

Təhlükəsizlik Kodu (captcha) kimi şəkil yaratma ardıcıllığı:

- Bitmap obyekti yaradılır;
- Bu bitmap obyektinin şrift və şrift kimi xassələri redaktə edilir;
- Təsadüfi obyekt yaradılır və bu təsadüfi obyektin diapazon dəyərləri yaradılır;
- Sonra təsadüfi dəyişən yaradılır;
- Bu təsadüfi sətir sessiyaya daxil edilir və müqayisə üçün istifadəçinin düzgün daxil olub-olmadığı yoxlanılır;
- Nəhayət, istəyə uyğun səs-küy əlavə edilir və istədiyiniz zaman simvol müəyyən bir bucaq altında fırlanır.

Əvvəlcə sadə olan bu tətbiq tərzi, OCR (Optik Xarakter Tanıma) adlı optik xarakter tanıma proqramlarının inkişafı və proqramların daha yaxşı nəticələr əldə etməsi ilə təkmilləşdirilmişdir.

Şəkillər yalnız insanlar tərəfindən müəyyən edilmir və qeyri-adekvat olaraq qalır. Əks tətbiqlərlə yarış zamanı təhlükəsizlik kodu (captcha) fərqli tətbiq üslubları ortaya çıxsa da, əsasən tətbiqlərin məntiqi həmişə eynidir. Bu məntiq Turinq testinə əsaslanır [3].

Captcha (təhlükəsizlik kodu) kodunun sındırılması. Klassik Captcha üçün fon səs-küyü və ya şəklin üzərindən keçən düz xətlər bərpa ediləcək ilk elementlərdir. Rəng səviyyələrini rəng fərqləri ilə dəyişdirərək və səviyyə diapazonlarını açmaqla mətn fondan ayrıla bilər. Optik xarakter identifikasiyası bütün mətn və ya xarakter və xarakter əyriliyinə qarşı bir neçə dəfə təkrarlana bilər. PWNtcha

- Captcha Dekoderi (Türinq Kompüteri Deyil, İnsan Antaqonistiyik) tətbiqinin məqsədi bir çox captcha modellərinin səmərəsizliyini aşkar etməkdir. PWNtcha bunu edən bir neçə proqramdan yalnız biridir.

Daha mürəkkəb hallarda, məsələn, simvolların arxasına qaranlıq fiqurların yerləşdirilməsi kimi sayt üçün çox xüsusi öyrənmə və ya təcrübə üsullarından istifadə edən süni neyron şəbəkələrindən istifadə edilməlidir.

Səs yoxlamaları aparılarkən fon səsləri və səslər insan səsi və hərf tərifləri görə fərqləndirilə bilər və bu düzəlişlərin öhdəsindən gəlmək olar. Yenə də bu, süni neyron şəbəkəsi məlumat emalı vasitəsilə həyata keçirilə bilən bir prosesdir.

Tədqiqat metodu. Məqalədə Captcha növləri və Təhlükəsizlik kodu (captcha) tədqiqatlarına əsaslanaraq daha təhlükəsiz təhlükəsizlik kodu (captcha) kombinasiya testi təqdim olunur. Təklif olunan yanaşma əsasən üç mərhələdən ibarətdir. Birinci mərhələdə istifadəçinin Təhlükəsizlik kodu (captcha) ilə testini çətinləşdirməmək üçün sadə mətn əsaslı təhlükəsizlik kodu (captcha) ilə sınaqdan keçirilməsi xahiş olunur. İkinci mərhələdə mətn və şəkillərə əsaslanan daha çətin captcha testi birinci mərhələdəki test uğursuz olduqda təqdim olunur.

Üçüncü mərhələ ilk iki mərhələdən daha mürəkkəb və istifadəçi dostudur. Tətbiq etmək üçün müxtəlif əsaslı təhlükəsizlik kodu (captcha) təklif olunur. Bu yanaşma ilə istifadəçi ilə bot arasındakı fərqi asanlaşdırmaq və yaradılmış təhlükəsizlik kodunun (captcha) birləşməsi ilə bot proqramlarının alqoritmindən imtina etmək olar.

Təhlükəsizlik kodu (captcha) yaxın gələcək. Təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqləri indi spamın qarşısını almağa çalışarkən, funksionallıqlarını itirərək istifadəçinin qarşısını alan və qıcıqlandıran strukturdan xilas olur və ReCaptcha nümunəsindəki kimi daha müasirləşir və işlək hala gəlir. Bu, tələbə bağlı bir inkişaf kimi görünsə də, əslində məcburi bir hərəkətdir. Bu gün hətta təhlükəsiz deyilən uyğunlaşmalar kifayət qədər olmaya bilər və onları inkişaf etdirmək lazımdır.

Qırılan sistemlərdən sonra edilən təkmilləşdirmələr və inkişaflar əslində tərəflər arasında müharibənin zolağını bir pillə yüksəldir və bu, son nəticədə proqram dünyasının və bəşəriyyətin xeyrinədir.

Hal-hazırda geniş istifadə edilməsə də, gələcəkdə video təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqləri qəbul ediləcək və inkişaf edən sensor ekran sistemləri ilə şəkil təhlükəsizlik kodu (captcha) inkişaf etdiriləcək və əl işarəsi, rəsm yoxlamaları və uyğunlaşdırmalar geniş istifadə ediləcəkdir. Xüsusilə Microsoft kimi proqram nəhənginin bu gün böyük əhəmiyyət kəsb edən təhlükəsizlik kodu (captcha) xidmətinin sındırılması bunun ən böyük göstəricisidir.

3D Təhlükəsizlik kodu (captcha) insan təxəyyülünə və məkan perspektivinə əsaslanır. Əsas ideya fərdi 3D modeli çevirmək və düzgün fırlanma mövqeyini tapmaqdır. İstifadəçinin vəzifəsi modeli döndərmək və düzgün müşahidə nöqtəsini tapmaq üçün Captcha-nı uğurla deşifrə etməkdir. Ziyarətçiləri xoş bir Captcha oyunu ilə əyləndirir. Şəkildəki çatışmayan parçaları tamamlamağa imkan verən kiçik bir tapmaca oyunudur.

PlayThru - CPATCHA əsaslı HTML5 oyunu, İnsan olduğunuzu sübut etmək üçün oyunu uğurla tamamlamalısınız. Bu, ingilis dilini başa düşən hər kəs üçün asan başa çatdırmaq üçün çox çətin olmayan bir Təhlükəsizlik kodudur.

Google Yeni Təhlükəsizlik Kodu (captcha) Layihəsi. Google bildirir ki, uzun müddətdir istifadə edilən reCAPTCHA təhlükəsizlik addımı saytları qoruyur, lakin bu olduqca çətin bir tətbiqdir. Bunu nəzərə alaraq, "Mən robot deyiləm" qutusunun yaxın gələcəkdə tamamilə gizlədiləcəyini və ziyarətçilərin məzmuna çatma vaxtını sürətləndirmək üçün "Görünməz reCaptcha"nın olacağını açıqladı (Google,2017) .

Görünməz reCaptcha istifadəçilərin IP ünvanını və fonda (ekranda) siçan hərəkətləri kimi dəyişənləri izləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bununla da google səhifədəki şəxsin insan və ya bot olduğunu ayırd edə biləcək. Beləliklə, istifadəçilər “Küçə işarəsi olan meydanları seçin.”, “Şəkilləri

ağaclarla qeyd et.” seçimlərini edə bilərlər və istifadəçilərə "Ekranda rəqəmləri daxil edin." kimi sorğular göndərilməyəcək.

Maşın öyrənməsi və qabaqcıl risk analizinin birləşməsindən ibarət The Invisible reCaptchan-ın alqoritm strukturu təhlükəsizlik addımlarını çox daha sürətli yerinə yetirəcək və məzmuna ani girişi təmin edəcək [4].

Kiber təhlükələrə qarşı təhlükəsizlik kodu (captcha) test işi. Ümumiyyətlə, təhlükəsizlik kodu (captcha) sistemlərə daxil olmağa çalışan zərərli botlara qarşı fiziki dünyada olduğu kimi təhlükəsizliyi təmin edən, icazəsiz girişin qarşısını alan zireh kimidir. Bu kontekstdə qiymətləndirildikdə fiziki qoruma təmin edən zirehlər insanın daşıya biləcəyi qədər yüngüldür və nə qədər çox seçilirsə, o qədər də istənilən dizayn və təsirlərə qarşı qorunur. Təhlükəsizlik kodu (captcha) zirehlər kimi davamlıdırsa, sistemin daşıya biləcəyindən daha az enerji sərf edirsə və istifadəçi dostudursa, onda tələb daha yüksək olacaq.

Təhlükəsizlik kodunun (captcha) keçmişdən bu günə qədər inkişafına nəzər saldıqda onun əsas məntiqi 3 əsas kateqoriyaya əsaslanır. Bunlar mətn, səs və şəkildir. Bu və ya onların birləşmələri götürülərək müxtəlif təhlükəsizlik kodları (captcha) yaradılmışdır. Bu yaradılmış Təhlükəsizlik kodu (captcha) bot proqramı, hətta ən çətin və mürəkkəb təhlükəsizlik kodunu (captcha) inkişaf etməkdə olan əksər texnoloji inkişaflarla, xüsusən də OCR sistemləri və maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələri, dərin öyrənmə üsulları ilə sındıra bilmişdir. Bunların istifadəsi ilə təhlükəsizlik kodu (captcha) krekinqinə və inkişaf edən texnologiyaya paralel olaraq inkişaf edən və hədəflənən təhlükəsizlik kodu (captcha) modelinə doğru bir təhlükəsizlik kodu (captcha) təkamülü baş verdiyi görülür. İnkişaf etməkdə olan texnologiya sistem təhlükəsizliyini daha təsirli etməyə çalışarkən, qarşı tərəf adlanan zərərlilər bu inkişaf edən texnologiyadan istifadə edərək daha təsirli bot proqramları hazırlayırlar.

Təhlükəsiz və pozulmuş uyğunlaşmadan sonra daha mürəkkəb və təhlükəsiz tətbiqin inkişafı qaçınılmaz olsa da, təhlükəsizlik kodunun (captcha) belə inkişafı DeCaptch-in təkamülünə səbəb olur. Daha yüksək, səs-küylü və çətin səs bu, təhlükəsizlik kodundan (captcha) yan keçə bilən və daha yüksək səsli mühitlərdə belə istifadəçinin səsini müəyyən edə bilən proqram təminatı deməkdir.

Sürətlə inkişaf edən kiber dünyada inkişaf edən kompleks təhlükəsizlik kodu (captcha) yaradılarkən, buna uyğun olaraq inkişaf etdirilən bot proqramı daha ağıllı olmağa başladı. Hazırlanmış kompleks təhlükəsizlik kodu (captcha) və istifadəçi dostu, interfeyslər (javascript, html, flash.. kimi ehtiyaclar) nəzərdə tutulmuşdur. Bu araşdırma təhlükəsizlik kodu (captcha) testlərinin çətinliyi və istifadəçinin testdən keçməkdə çətinlik çəkməsi səbəbindən istəksizliyin artması kimi problemlər nəzərə alınaraq hazırlanmışdır.

Bunun nəticəsində istifadəçinin sistemdə qalma müddətini uzatmayan və ona virtual oğru kimi baxan əsas təhlükəsizlik kodu (captcha) səviyyəsindən başlayaraq istifadəçinin istifadəçi olub-olmamasından asılı olmayaraq Təhlükəsizlik kodu (captcha) müxtəlifliyindən istifadə edilir. insan və ya bot. Nəticəyə əsasən, getdikcə çətinləşən təhlükəsizlik kodu (captcha) növbəti səviyyəyə keçir və sistemin təhlükəsizliyi daha da çətinləşdirilən testlə təmin edilir. Beləliklə, sistem və istifadəçi dostu təhlükəsizlik kodu (captcha) testi yaradılır. Bu araşdırmanın əsas məqsədi bot hücumlarında təhlükəsizlik kodunun (captcha) müxtəlifliyini artırmaqla bot proqram təminatının alqoritm strukturuna meydan oxumaq və bununla da daha təhlükəsiz təhlükəsizlik kodu (captcha) testini təmin etməkdir.

Nəticə. Texnologiyanın sürətli inkişafı ilə paralel olaraq virtual aləmdə kiber müharibə proporsional olaraq artır. Bu çərçivədə texnologiyanın müsbət və mənfi tərəflərinin eyni vaxtda inkişafı, istifadəçilərin virtual aləmdə daha rahat və təhlükəsiz hərəkət etməsi üçün müxtəlif təhlükəsizlik tədbirləri görülüb. Bu təhlükəsizlik tədbirlərindən əsas olanı Təhlükəsizlik kodu (captcha) sistemləridir.

Təhlükəsizlik kodu (captcha) tətbiqlərinin qeyri-kafi olduğu hallarda təkamülü nəticəsində öhdəsindən gəlmək daha çətin ola biləcək sadə üsullardan biridir. Xüsusi süni intellekt nümunələri ilə cüzi tələblər ortaya çıxır və bu çətinlikdə süni intellektin öyrənilməsi ilə strukturları həll etmək

bacarığı hadisəni Təhlükəsizlik kodu (captcha) yoxlama səhnəsindən fərqli bir ölçüyə aparır. Aydındır ki, təhlükəsizlik kodu (captcha) bu cür süni neyron şəbəkələri ilə inkişaf edənlər üçün gündən-günə inkişaf edən və çətinləşən yaxşı bir sınaq vasitəsidir. Onun inkişafı ərzində fərqli xüsusiyyətlər qazansa belə təklif olunan yanaşma ilə təhlükəsizlik kodu (captcha) əsas növlərinə əsaslanır

Çətinlik səviyyəsinə görə əməliyyatlar istifadəçini sıxışdırmadan və sistemi məcbur etmədən addımlarla həyata keçirilir. Ən əhəmiyyətli rəy baş verə biləcək bot hücumlarında istifadə edilən təhlükəsizlik kodu (captcha) çeşididir və zərərli proqramın alqoritmik strukturunu məcbur edərək sistemi qoruyur. 2017-ci ildə Microsoft Təhlükəsizlik koduna (captcha) edilən hücumda istifadə edilən alqoritmin bir növ Təhlükəsizlik kodu (captcha) strukturunun öhdəsindən gəlmək üçün nəzərdə tutulduğunu və sındırıldığını nəzərə alsaq, məcbur etmək mümkündür. Təhlükəsizlik kodunun müxtəlifliyi (captcha) ilə bot proqram təminatının alqoritmi onun sistem təhlükəsizliyi baxımından əhəmiyyəti daha yaxşı başa düşüləcək.

Ədəbiyyat

1. L. von Ahn, M. Blum, N. Hopper, and J. Langford. *EUROCRYPT, volume 2656 of Lecture Notes in Computer Science, page 294--311. Springer-Verlag,* (*2003*)
2. https://static.hlt.bme.hu/semantics/external/pages/%C3%A1ltal%C3%A1nos_mesters%C3%A9ges_intelligencia/en.wikipedia.org/wiki/CAPTCHA.html
3. Bursztein, Elie; Aigrain, Johnathan; Mosciki, Angelika; Michell, John C. (August 2014). The End is Nigh: Generic Solving of Text-based CAPTCHAs. WoOT 2014: Usenix Workshop on Offensive Security.
4. https://www.2captcha.com.

Məqalə qəbul olunub: 20.10.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

UOT 007.5

BEŞ SƏRBƏSTLİK DƏRƏCƏSİNƏ MALİK ROBOT QOLUNUN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ MATLAB MÜHİTİNDƏ İDARƏ EDİLMƏSİ

Məmmədova K.A., Nəsibzadə Z., Əliyeva A.A.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr. 20

Xülasə. *Bu məqalədə insan qolu anatomiyasına əsaslanan insanabənzər robot qolunun modelləşdirilməsi və simulyasiyası təqdim edilir. Bu işdə beş sərbəstlik dərəcəsi olan insanabənzər robot qolu kinematik və dinamik baxımından araşdırılmışdı. Robot qolunun dinamik tənliklərini yazmaq və hər bir oynağın dinamik davranışını müşahidə etmək üçün Matlab/Simulink proqramından istifadə edilmişdir. Robot idarəetmə qolunun modelləşdirilməsində məqsəd robotun son nöqtəsinin verilmiş trayektoriyanı ən uyğun şəkildə izləməsini təmin etməkdir. Bunun üçün sistemin riyazi modeli qurulmuş və sistemin uyğun idarəedici modeli layihələndirilmişdir. Müasir robot qolunun idarəetmə sistemlərində tətbiq edilən əsas yanaşma hər bir qolun müstəqil servo mexanizmlər kimi nəzərdən keçirməkdir. Robot qollarını idarə etmək üçün sürətə və fırlanma momentinə nəzarət kimi müxtəlif yanaşmalar üzərində araşdırmalar aparılmışdır. PID tənzimləyici ən çox istifadə edilən əks-əlaqəli idarəetmə problemlərinin öhdəsindən çox yaxşı gəldiyi üçün robot qolunu və hər bir birləşmə*

nöqtəsini idarə etmək üçün PID idarəetmə sistemindən istifadə edilmişdir. Alınmış riyazi tənliklər və PİD idarəetmələri MatlabSimulink mühitinə köçürülmüş və sınaqdan keçirilmişdir.

***Abstract**. This paper presents the modeling and simulation of a humanoid robotic arm based on human arm anatomy. In this study, a humanoid robot arm with five degrees of freedom was investigated in terms of kinematics and dynamics. Matlab/Simulink software was used to write the dynamic equations of the robot arm and observe the dynamic behavior of each joint. The goal of modeling a robot control arm is to ensure that the end point of the robot follows a given trajectory in the most appropriate way. For this, a mathematical model of the system was built and a suitable control model of the system was designed. The main approach used in modern robotic arm control systems is to consider each arm as an independent servo mechanism. Various approaches, such as velocity and torque control, have been investigated to control robotic arms. A PID control system was used to control the robot arm and each joint point, as the PID controller copes very well with the most commonly used feedback control problems. Obtained mathematical equations and PID controls were transferred to MatlabSimulink environment and tested.*

***Аннотация.** В этой статье представлено моделирование гуманоидной роботизированной руки на основе анатомии человеческой руки. В этом исследовании рука гуманоидного робота с пятью степенями свободы была исследована с точки зрения кинематики и динамики. Программное обеспечение Matlab/Simulink использовалось для написания динамических уравнений руки робота и наблюдения за динамическим поведением каждого сустава. Целью моделирования рычага управления роботом является обеспечение того, чтобы конечная точка робота следовала заданной траектории наиболее подходящим образом. Для этого была построена математическая модель системы и спроектирована подходящая модель управления системой. Основной подход, используемый в современных системах управления роботизированной рукой, заключается в рассмотрении каждой руки как независимого сервомеханизма. Для управления роботизированными руками были исследованы различные подходы, такие как управление скоростью и крутящим моментом. Для управления манипулятором робота и каждой точкой соединения использовалась система ПИД-управления, поскольку ПИД-регулятор очень хорошо справляется с наиболее часто используемыми задачами управления с обратной связью. Полученные математические уравнения и ПИД-управления были перенесены в среду MatlabSimulink и протестированы.*

***Açar sözlər:** insanabənzər robot qolu, PID tənzimləyici, PID idarəetmə sistemi, robot qolunun dinamik və kinematik modeli, Robot qolunun Matlab/Simulink blok diaqramı*

***Key words**: humanoid robot arm, PID controller, PID control system, dynamic and kinematic model of robot arm, Matlab/Simulink block diagram of robot arm*

***Ключевые слова**: рука гуманоидного робота, ПИД-регулятор, система ПИД-управления, динамическая и кинематическая модель руки робота, блок-схема руки робота Matlab/Simulink*

Giriş. İnsanabənzər robotlar və onların üzvlərinin dizaynı, istehsalı və idarə edilməsi son illərdə mühüm tədqiqat mövzuları olmuşdur. İnsanlar üçün təhlükə yaradan yerlərdə, çətin şəraitdə və ağır işlərdə ,buna nail olmaq üçün insan qolları və ayaqları ilə oxşar quruluşa malik olan insanabənzər qol və ayaqlar üzərində araşdırmalar sürətlənmişdir. Əvvəllər sənayedə sabit aşağı platformalı manipulyatorlar istifadə olunurdu. Halbuki insanlar ayaqları sayəsində hərəkət edə bilən və oynaq quruluşu sayəsində bir çox hərəkəti asanlıqla yerinə yetirə bilən canlılardır. Sabit platforma manipulyatorlarında bu məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq üçün insanabənzər robot dizaynlarına ehtiyac var idi. Bu işdə alt platforması sürünən və yuxarı hissəsi insanın üst bədəninə bənzəyən bir robot platformasına aid qolun dinamikası üzərində dayanılmış və idarəetmə alqoritmi hazırlanmışdır. Ədəbiyyata baxdığımızda çoxlu uğurlu insanabənzər robot dizaynları var. Xüsusilə, insan qolunun hərəkətliliyinə yaxın olduğu üçün 5 və 7 sərbəstlik dərəcəsi ilə insanabənzər robot qolunun dizaynına

xüsusi diqqət yetirilib. Vaseda Universiteti (Yaponiya) tərəfindən Wabian insanabənzər robot və Wendy mobil robotu dizayn işləri aparılmışdır.

Arnold adlı tək qollu mobil insanabənzər robot 1997-ci ildə Ruhr Universiteti tərəfindən hazırlanmışdır. Hermes 1999-cu ildə mobil robot platforması hazırlanmışdır. "DAV" adlı mobil insanabənzər robot 2002-ci ildə Miçiqan Universiteti (ABŞ) tərəfindən hazırlanmışdır. Bu robot dizayn və dəyəri nəzərə alınmaqla hazırlanmışdır [1]. Bu istehsal edilmiş robotun əsas ölçüləri 750(l) x 750 (w) x 1700(h) (mm) təşkil edir. Robot ümumilikdə 43 sərbəstlik dərəcəsinə malikdir. Bunlardan 4-ü bədənin hərəkətini təmin edən təkərlərə, 2-si bədənə, 7-si qollara, 8-i əllərə, 8-i isə başa aiddir. Bundan əlavə, robot bir-birindən müstəqil işləyən iki kameraya malikdir [1]. "Robovie" adlı mobil insanabənzər robot 2002-ci ildə Vakayama Universiteti (Yaponiya) tərəfindən hazırlanmışdır. Üst bədəni insana bənzəyən bu robot insanlarla ünsiyyət qurmaq üçün nəzərdə tutulub. O, eşitmə, görmə və toxunma kimi insan hisslərinin funksiyalarını yerinə yetirmək üçün müxtəlif sensorlara malikdir [2].“YİREN” adlı mobil insanabənzər robot 2005-ci ildə Şenyan Universiteti (Çin) tərəfindən hazırlanmışdır [3]. Mobil humanoid robotun təkərləri qarışıq məkanda hərtərəfli hərəkəti təmin etmək üçün nəzərdə tutulub. Robot ümumilikdə 23 sərbəstlik dərəcəsinə malikdir. Bunlardan 3-ü bədənin hərəkətini təmin edən təkərlərə malikdir (onlardan 2-si sürücü təkər, 1 səyahət təkər), 7 qollara, 1 əl, 2 bel və 2 boyun nahiyəsinə aiddir [3].

Bu məqalədə robot manipulyatorlarının mexanikasını modelləşdirmək üçün metod təqdim edilmişdir. İki keçidli planar robot qolunun modelləşdirilməsi və idarə edilməsi prosedurunun tam təsviri SimMechanics Toolbox-da mexaniki modelin yaradılmasından Matlab/Simulink istifadə edərək simulyasiya edilmişdir. Robot manipulyatorları üçün ən sadə mövqe idarəediçilərindən biri istənilən çəkisi kompensasiyasına malik PID idarəetmədir. Bu metodun tətbiqi bu modeldə yoxlanıldı. Simulyasiyanın nəticələri göstərir ki, SimMechanics robotun mexanikasını modelləşdirmək üçün istifadə edilə bilər və sabit cazibə kompensasiyası üsulu ilə müqayisədə onlayn cazibə kompensasiyası üsulu ilə daha yaxşı performans əldə edilə bilər.

2. Robot qolunun kinematikası. Robot manipulyatorlarının mövqeyinə nəzarət robot idarəetməsində ən sadə məqsəd olmaqla eyni zamanda praktik manipulyatorlarda ən aktual məsələlərdən biridir. Bu nəzarət problemini müalicə etmək üçün bir çox yanaşma tətbiq edilmişdir. Məlumdur ki, sərt robot qolu, cazibə qüvvəsinin əks əlaqə ilə ləğv edilməsi şərti ilə, birgə xətalar üzrə PD nəzarətçi vasitəsilə verilmiş birgə konfiqurasiya ətrafında qlobal miqyasda asimptotik şəkildə sabitləşdirilə bilər. Mütənasib qazanc üzrə mülayim şəraitdə bu sxemi istədiyiniz konfiqurasiyada yalnız sabit çəkisi kompensasiyasını yerinə yetirməklə sadələşdirmək olar [1]. Bu yazı Sciavicco və Siciliano [2] tərəfindən hazırlanmış bir nümunə araşdırmasını təqdim edir, burada qeyri-xətti cazibə kompensasiyası termini mövcud konfiqurasiyada onlayn olaraq qiymətləndirilir. Amma burada biz SimMechanics Toolbox istifadə edərək robot manipulyatorunun mexanikasını modelləşdiririk. SimMechanics-dən robotun mexanikasını modelləşdirmək üçün bir vasitə kimi istifadə modelə əsaslanan idarəetmə alqoritmini yoxlamaq imkanı verir.

Bu işdə beş sərbəstlik dərəcəsi olan insanabənzər robot qolu kinematik və dinamika baxımından araşdırıldı. Beş sərbəstlik dərəcəsi olan insanabənzər robot qolunun bir çox fərqli dizaynı var. Bunlardan ən çox istifadə olunanlar şəkil 1-də verilmişdir [7].

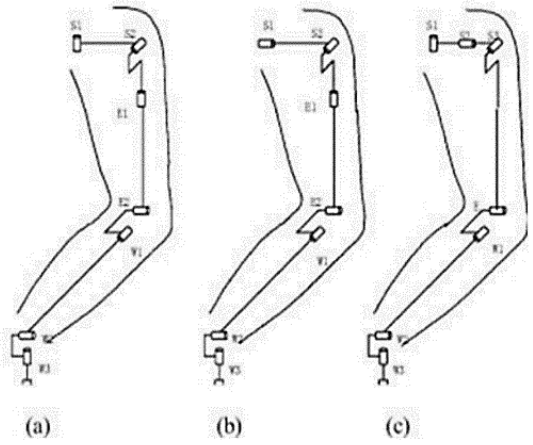
Bu işdə şəkil 1b-dəki qol quruluşu seçilmişdir. Seçilmiş qol quruluşuna uyğun olaraq hər bir üzvün istinad koordinat sistemi və istinad sistemi şəkil 2-də göstərilmişdir.

Şəkil 2-də göstərilən mexanizmdə *θ-lar* (teta) hər birləşmənin bucaq yerdəyişməsini göstərir. İnsanabənzər robot qolumuz beş sərbəstlik dərəcəsinə malik olduğundan, beş fərqli θ bucağı var. *C_m*-lər də əzələlərın ağırlıq mərkəzini göstərir. Hər bir üzv kvadrat kəsikli düzbucaqlı prizma kimi seçilmişdir.

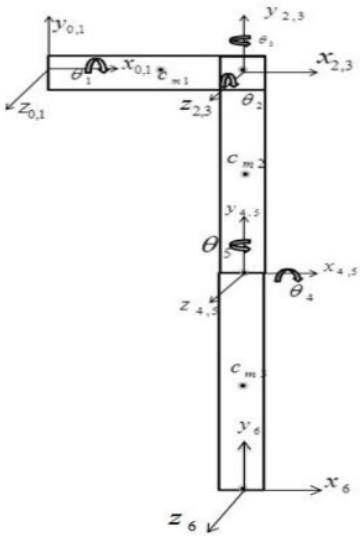
Robot qolunun istinad koordinat sisteminə uyğun olaraq *i* və *i-1* birləşmələri arasında koordinat çevrilməsi homojen transformasiya matrisləri ilə təmsil olunur. Homojen çevrilmə matrisi;

$$ {}^{i-1}_{i}\tau = \begin{bmatrix} c\theta_i & -c\alpha_i s\theta_i & s\alpha_i s\theta_i & \alpha_i c\theta_i \\ s\theta_i & c\alpha_i c\theta_i & -s\alpha_i c\theta_i & \alpha_i s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (1) $$

şəklində verilmişdir.



Şəkil 1. *Beş sərbəstlik dərəcəsinə malik qolun müxtəlif dizaynları*



Şəkil 2. *Seçilmiş qol strukturu və istinad oxu dəsti*

3. Robot qolunun dinamikası

Robot qolun dinamik modeli robot qolunun dinamik davranışını təyin edən hərəkət tənliklərindən ibarətdir. Bu tənliklərin kompüterlərin köməyi ilə robot idarəetmə dizaynı baxımından böyük rahatlıq təmin edir. Robot qolunun dinamik analizi , sürücü elementləri tərəfindən birləşmələrə tətbiq olunan moment və ya güc böyüklükləri ilə robot qolunun zamana nisbətdə mövqeyi, sürəti və sürətlənməsi arasındakı əlaqəni araşdırmaq deməkdir. Belə bir analiz üçün robot qolunun dinamik davranışını təsvir edən qeyri-xətti diferensial tənliklər toplusu alınmalı və həll edilməlidir.

Robot qolunun dinamik tənliklərini əldə etmək üçün bir çox məlum üsullar mövcuddur. Bunlar Laqranj-Eyler (LE), Rekursiv Laqranj (R-L), Nyuton-Euler (N-E), Ümumiləşdirilmiş D'Alambert (G-D) prinsipi və s. yanaşmalardır. Bu üsullardan ən çox istifadə edilən LE və N-E yanaşmalarıdır [8]. Bu işdə yaxşı planlaşdırılmış struktura malik olan və N-E yanaşmasından daha sadə və sistematik olan L-E yanaşması ilə robot qolun dinamik modeli əldə edilmişdir və aşağıdakı tənliklərdən istifadə edilmişdir [9].

$$ K_i = \frac{1}{2}(m_i v_{c_i}^T + \omega_i^T {}^{c_i}I^i \omega \qquad (2) $$

$$ K = \sum_i^n K_i \qquad (3) $$

$$ U_i = -m_i^0 g^T P_{Ci} + U_{ref} \qquad (4) $$

$$ U = \sum_i^n U_i \qquad (5) $$

$$ L = K - P \qquad (6) $$

Burada, U=Robot qolunun ümumi potensial enerjisi K= Robot qolunun ümumi kinetik enerjisi L= Langrange funksiyasını təyin edir. Eyler-Laqranj tənlikləri ilə əldə edilən dinamik tənlikləri yoxlamaq üçün hər bir üzvə sərbəst düşmə hərəkəti verilir.

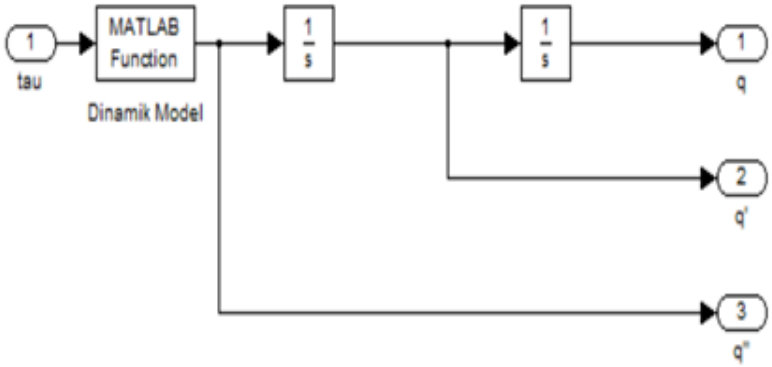
Modelləşdirilmiş robot qolunun texniki xüsusiyyətləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl

Ağırlıq (kq)	1.9625	6.86875	6.86875
Uzunluq (m)	0.1	0.35	0.35
Eni (m)	0.05	0.05	0.05
Hündürlük (m)	0.05	0.05	0.05

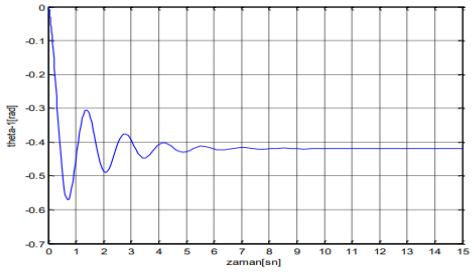
4. MATLAB-dan istifadə etməklə robot qolunun modelləşdirilməsi

Bu bölmədə məqsəd, MATLAB-ın qabaqcıl mühitinin əlavə modulları: SimMechanics və Qrafik İstifadəçi İnterfeysi (GUI) MATLAB-dan istifadə etməklə robot qolunun modelləşdirilməsinin və onun dinamik simulyasiyasının effektiv üsulunun tətbiqini təqdim etməkdir. Robot qolunun dinamik tənliklərini yazmaq və hər bir oynağın dinamik davranışını müşahidə etmək üçün Matlab/Simulink proqramından istifadə edilmişdir. Robot qolunun Matlab/Simulink blok diaqramı şəkil 3-də göstərilmişdir.

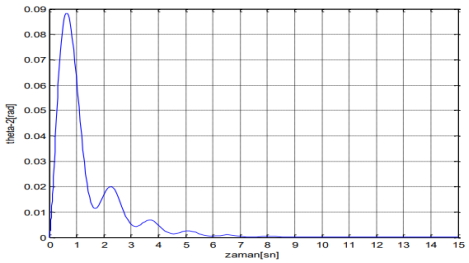


Şəkil 3. *Matlab/Simulink blok diaqramı*

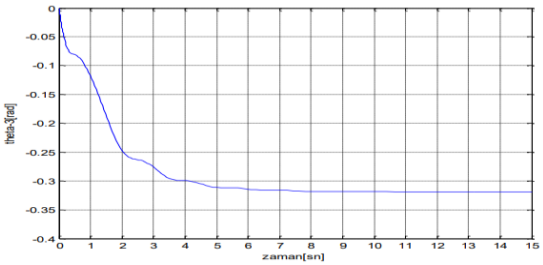
Hər bir oynağın sərbəst düşmə hərəkəti nəticəsində əldə edilən birgə mövqe qrafikləri şəkil 4-də verilmişdir.



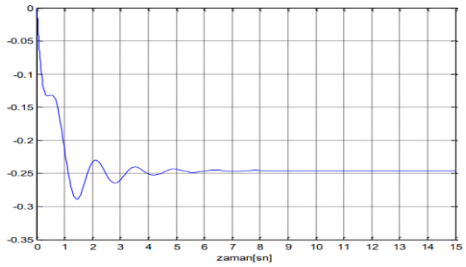
a) θ_1 qrafiki



b) θ_2 qrafiki



c) θ_3 qrafiki

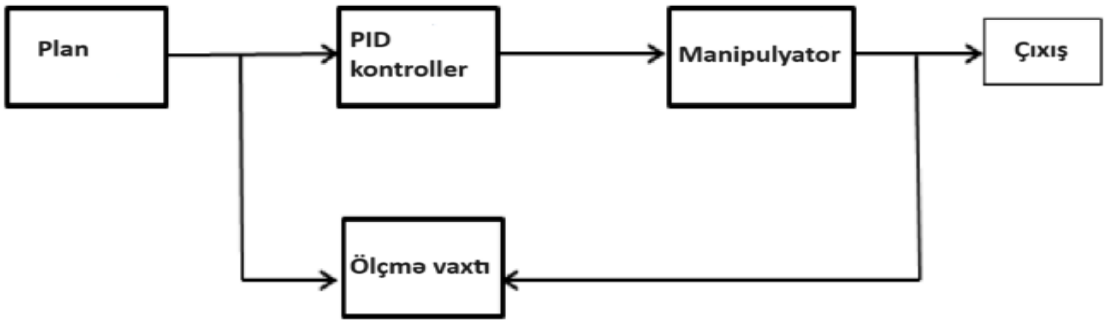


d) θ_4 qrafiki

Şəkil 4. *Trayektoriyanın planlaşdırılması blok diaqramı*

4. Robot qolunun idarə edilməsi

Robot idarəetmə probleminin məqsədi robotun son nöqtəsinin verilmiş trayektoriyanı ən uyğun şəkildə izləməsini təmin etməkdir. Bunun üçün sistemin riyazi ifadəsi alınmalı və sistem üçün uyğun idarəedici layihələndirilməlidir. Müasir robot qolunun idarəetmə sistemlərində ümumi yanaşma hər bir qolu müstəqil servo mexanizmlər kimi nəzərdən keçirməkdir [10]. Robot qollarını idarə etmək üçün sürətə və fırlanma momentinə nəzarət kimi müxtəlif yanaşmalar üzərində araşdırmalar aparılır. Sənaye mühitlərində PID tənzimləyicisi hələ də ən çox istifadə edilən əks-əlaqə tənzimləyicisidir (şəkil 5).



Şəkil 5. *PID tənzimləyicili idarəetmə sistemi*

Praktiki təcrübə göstərir ki, bu tənzimləyici bir çox prosesə idarəetmə problemlərinin öhdəsindən çox yaxşı gəlir. PID metodunun digər üstünlükləri onun az sayda dizayn parametrlərinə malik olması və performans ölçüləri ilə asanlıqla əlaqələndirilə bilməsidir. Robot qolunu və hər bir birləşmə nöqtəsini idarə etmək üçün PID idarəetmə sistemindən istifadə edilmişdir. Alınmış riyazi tənliklər və PİD idarəetmələri MatlabSimulink mühitinə köçürülmüşdür [6-8].

Burada sistemin çıxışları hər bir birləşmənin θ_1 ,θ_2 , θ_3, θ_4 , θ_5 bucaq yerdəyişməsidir və sistemin girişi bu birləşmələrə tətbiq edilməli olan moment dəyəridir. Robot qolunun hər birləşməsinin mövqeli yerdəyişməsi üçün üçüncü dərəcəli polinomlardan istifadə edilmişdir və hər birləşmənin trayektoriyası aşağıda verilmişdir.

$$\theta(t) = a + b\,t + c\,t^2 + d\,t^3$$

$$\theta_1 \quad 0\text{--}\frac{\pi}{2};$$

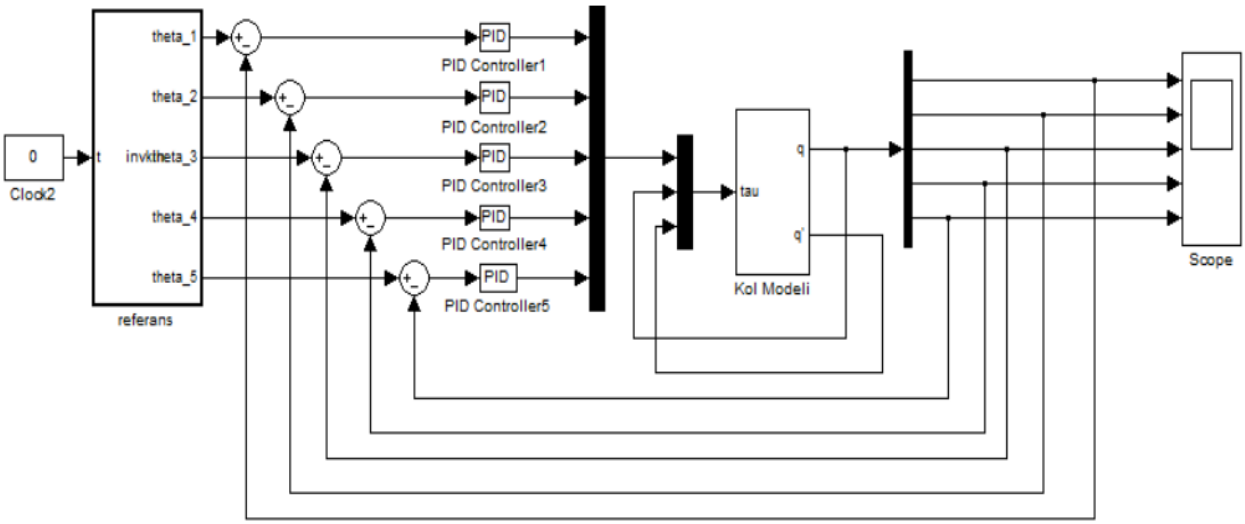
$$\theta_2 \quad 0\text{--}\frac{\pi}{4};$$

$$\theta_3 \quad 0\text{--}\frac{\pi}{3};$$

$$\theta_4 \quad 0\text{--}\frac{\pi}{2};$$

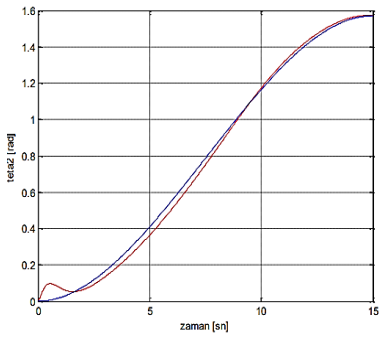
$$\theta_5 \quad 0\text{--}\frac{\pi}{6}$$

İstifadə olunan hər birləşmənin orbital əmsalları aşağıdakı başlanğıc və bitmə şərtlərindən istifadə etməklə hesablanmışdır [5,9].

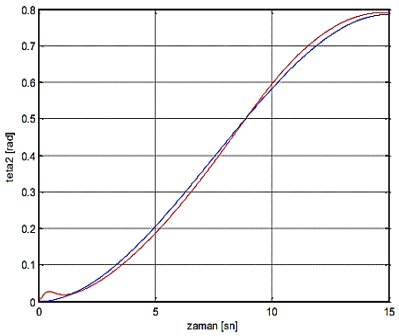


Şəkil 6. *PID idarəetmə blok diaqramı [10]*

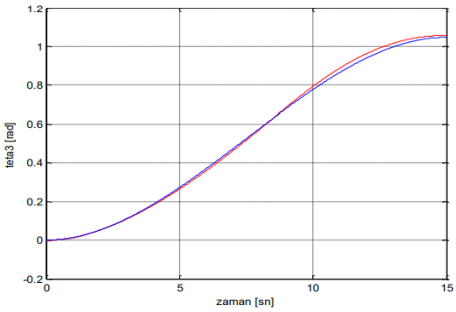
Hər birləşmənin PID idarəetmə sistemləri nəticəsində əldə edilən birgə orbit arayışı və reallaşdırılmış dəyər qrafikləri (şəkil 7) verilmişdir.



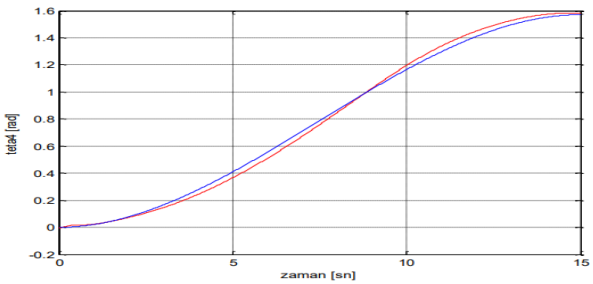
$a)$ θ_1 qrafiki



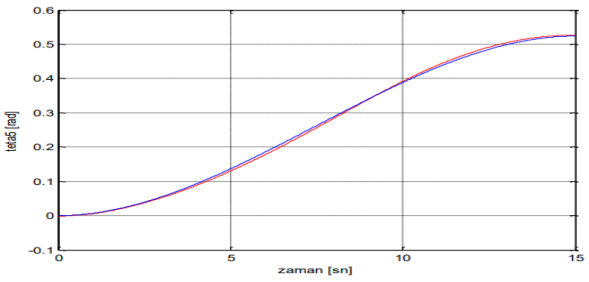
$b)$ θ_2 qrafiki



$c)$ θ_3 qrafiki



d) θ_4 qrafiki



e) θ_5 qrafiki

Şəkil 7. *PID idarəetmə sistemlərinin reallaşdırılmış qiymət qrafikləri*

Nəticə. Simmechanics istifadə edərək, insanabənzər robot əlinin modeli uğurla işlənib hazırlanmışdır. PID tənzimləyicinin tətbiqi ilə robot qolu modelləşdirilmiş və Matlab mühitində simulyasiya edilmişdir. Həyata keçirilən sınaqlar analiz edilmişdir. PID tənzimləyici insan qavrayışından 5%-dən az xəta ilə hərəkəti dəqiq yerinə yetirmiş, robot qolunun irəli kinematikasını təmin etmişdir.

Ədəbiyyat

1. Han J.D., Zeng S.Q., Tham K.Y., Badgero M., Weng J.Y., Dav: A Humanoid Robot Platform for Autonomous Mental Development, ICDL, 2012.
2. Kanda T., Ishiguro H., Ono T., Imai M., Nakatsu R., Development and Evaluation of an Interactive Humanoid Robot "Robovie", IEEE International Conference on Robotics Automation, 2002.
3. Tiejun Z., Dalong T., Mingyang Z., The Development of a Mobile Humanoid Robot with Varying Joint Stiffness Waist, IEEE International Conference on Robotics Automation, 2015.
4. Asfour T., Berns K., Dillmann R., The Humanoid Robot ARMAR Design and Control, IEEE, 2000. Ly D.N., Regenstein K., Asfour T., Dillmann R., A Modular and Distributed Embedded Control Architecture for Humanoid Robots, IEEE International Conference on Robotics Automation, 2014.
5. Albers A., Brudniok S., Ottnad J., Sauter C., Sedchaicharn K., Armar III – Design of the uper body.
6. Zhao T., Yuan J., Zhao M., Tan D., Research on the Kinematics and Dynamics of a 7-DOF Arm of Humanoid Robot, International Conference on Robotics and Biomimetics, 2016.
7. Eğrisöğüt A., Kozan R., Scara Robot Dinamiğinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi, Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 46, Sayı 550.
8. John J. Craig, Introduction to Robotics Mechanics and Control, 2014
9. Choi, C., Shin, M., Kwon, S., Park, W., & Kim, J. (2008, December). Understanding of hands and task characteristics for development of biomimetic robot hands. In Humanoid Robots, 2018. Humanoids 2018. 8th IEEE-RAS International Conference on (pp. 413-417). IEEE. Cutkosky,
10. M. R., & Wright, P. K. Modeling manufacturing grips and correlations with the design of robotic hands. In Robotics and Automation. Proceedings. IEEE International Conference on (Vol. 3, pp. 1533-1539). IEEE.

Məqalə qəbul olunub: 24.10.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

UOT 556.727

SƏNAYE EKOLOGİYASI – AZƏRBAYCANDA SU OBYEKTLƏRİNİN MÜHAFİZƏSİ PROBLEMİ

Zərbəliyeva S.M.

Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası
AZ1089, Suraxanı, Elman Qasımov küç.
E-mail: sadagat.zarbaliyeva@fhn.gov.az

Xülasə. *Müasir cəmiyyətdə sənaye ekologiyasının rolu kəskin şəkildə artır. Bu səbəbdən də sənayeləşmənin təbiətə vurduğu zərərin dərəcəsinin qiymətləndirilməsi əsasında təbiəti qorumaq üçün mühəndis-texniki vasitələrin işlənib hazırlanmasına və təkmilləşdirilməsinə ehtiyac duyulur.Məqalədə ətraf mühitin qorunması, az tullantılı, tullantısız və qapalı texnoloji dövrlərin və istehsalın yaradılmasının əsaslarını hər cür inkişaf etdirmək haqqında fikirlər irəli sürülür.*

Аннотация. *В современном обществе резко возрастает роль промышленной экологии, в свою очередь призванной на основе оценки степени вреда, приносимого природе индустриализацией, разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развивать основы создания малоотходных, безотходных и замкнутых технологических циклов и производств.*

Abstract. *in modern society, the role of industrial ecology is sharply increasing, which, in turn, is called upon, on the basis of an assessment of the degree of harm brought to nature by industrialization, to develop and improve engineering and technical means of protecting the environment, to develop in every possible way the foundations for creating low-waste, waste-free and closed technological cycles and production.*

Açar sözlər: *sənaye ekologiyası, sənaye müəssisələri, çirklənmə, tullantı suları, su obyektləri, davamlı inkişaf*

Ключевые слова: *промышленная экология, промышленные предприятия, загрязнение, водоемы, сточные воды, устойчивое развитие*

Key words: *industrial ecology, industrial enterprises, pollution, wastewater, water bodies, sustainable development*

Giriş. Təbii mühitə ən böyük ziyan şəhərləşmiş və texnogen yüklü ərazilərin tərkib hissəsi olan sənaye müəssisələri, enerji və avtomobil nəqliyyatı tərəfindən vurulur. Bu, sənaye istehsalının və bütövlükdə iqtisadi sistemin təşkilinə və fəaliyyətinə yeni yanaşma tələb edir.

"Sənaye ekologiyası" anlayışı ilk dəfə 1989-da Frosch və Gallopulosun əsərləri ilə təqdim edilmişdir. Sənaye ekologiyası - ekologiyanın ayrı-ayrı müəssisələrdən texnosferə qədər sənayenin bütün sahələrinin ətraf mühitə təsirini öyrənən böyük bir bölməsidir.

Insan – təbiət münasibətləri geniş miqyaslı texnogen fəaliyyət nəinki biosferdə gedən proseslərin inkişafını pozur, həm də insanlığı təbiətdən uzaqlaşdırır. O, artıq biosenozlarla və ümumilikdə biogeosenozlarla üzvi vəhdətdə deyil. Bir qayda olaraq, insan təbiəti öz maraqlarına tabe etməyə çalışır. Onun fəaliyyətinin əksəriyyəti ekosistem qanunlarından kənara çıxır və hətta onlara baxmayaraq inkişaf edir. Nəticədə insan təbiətlə ziddiyyət təşkil edərək, onun yaşayış mühiti, həyat fəaliyyəti üçün xüsusi mühit - texnosfer yaratmışdır.

Bəşəriyyətin sosial-iqtisadi ehtiyaclarını ödəmək üçün insan tərəfindən texniki vasitələrin, eləcə də texniki və texnogen obyektlərin (binaların, yolların, mexanizmlərin) dolayı təsiri ilə boisfer köklü şəkildə dəyişdirilir. Beləliklə bu tip dəyişikliklər biosferdə yeni bir sferanı – texnosferanı yaradır. Demək texnosfera biosferin bir hissəsi olub, müasir insanın yaşayış yeridir.

N.F.Reymersə (1990) görə Texnosfer - biosferin bəşəriyyətin sosial-iqtisadi ehtiyaclarını ən yaxşı şəkildə ödəmək üçün texniki vasitələrin birbaşa və dolayı təsiri ilə insanlar tərəfindən dəyişdirilmiş hissəsidir [3]. Texnosfer – insanın məqsədyönlü fəaliyyəti nəticəsində yaradılmış süni obyektlərin və bu fəaliyyət nəticəsində dəyişdirilən təbii obyektlərin məcmusudur.

Yer qabığında, hidrosferdə, atmosferdə və kosmosa yaxında aparılan mühəndis-texniki proseslərin məcmusu, insana təbii ehtiyatlardan istifadə etməyə və yaşayış mühitinin vəziyyətini dəyişməyə imkan verən elmi-texniki nailiyyətlər, həmçinin biosferin yenidən qurulması və bəşəriyyətin geoloji qüvvə kimi üstünlük təşkil etdiyi yeni planetar qabığın (texnosferin) yaradılması, yəni insanın istehsal fəaliyyəti ilə bağlı olan hər şeyə texnogenez deyilir.

Texnogenez prosesində yaranan və ya onun əlavə nəticəsi kimi yaranan süni (texnogen) maddələr, o cümlədən orqanizmlərin yaşayış mühitinə müəyyən təsir göstərən istismardan kənar avadanlıqlar texnogen məhsullar adlanır.

V.A.Zaytsevin (1999) fikrincə, sənaye ekologiyası maddi, ilk növbədə sənaye istehsalının, insanların və digər canlı orqanizmlərin ətraf mühitlə əlaqəsini və qarşılıqlı asılılığını öyrənir, yəni onun tədqiqat predmeti ekoloji və iqtisadi sistemlərdir [2].

Sənaye ekologiyası təbiətdə həyata keçirilən material axınlarının tsiklik xarakterini təmin edən "tullantısız texnologiya" konsepsiyasına əsaslanır. Beynəlxalq Cəmiyyət olan Roma Klubunun hesabatları dünya şüurunun ekolojiləşdirilməsində, artımın ləngiməsinin və planet əhalisinin sabitləşdirilməsinin zəruriliyi ilə bağlı mövqeyin inkişafında mühüm rol oynadı.

Son illərdə alternativ ekoloji - iqtisadi anlayışlar da meydana çıxdı. İqtisadiyyat və ətraf mühit arasındakı əlaqədə köklü dəyişikliyin baş verməməsi ekotopiya anlayışına gətirib çıxardı. Bu konsepsiyanın əsas istiqamətləri bunlardır: mümkün qədər tez təbiətə qayıdış, bioloji və mədəni müxtəliflik, sadə texnologiyalar, yalnız ətraf mühiti məhv edən elmi-texniki tərəqqinin rədd edilməsi və s. Eyni zamanda, əxlaqi kamilliyə, insan kamilliyinin ictimai, dini və mənəvi cəhətlərinə çox diqqət yetirilməlidir.

Beləliklə, sənaye ekologiyasının əsas vəzifəsi təbii sərvətlərdən rasional istifadənin yollarını tapmaq, onların tükənməsinin, tənəzzülünün və ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaqdan və son nəticədə maddələrin texnogen və biogeokimyəvi dövrələrini birləşdirməkdən ibarətdir.

Əsas hissə. Sənaye müəssisələri tərəfindən su obyektlərinin çirklənmə dərəcəsini azaltmaq üçün sonuncunun layihələndirilməsi mərhələsində çirklənmiş tullantı sularının su obyektlərinə axıdılmasının həcmini kəskin şəkildə azaltmaq və ya qarşısını almaq üçün tədbirlər görmək lazımdır.

Yer kürəsinin 4 milyard illik inkişafı tarixində həyatın yaranması və biosferin formalaşması proseslərində su həlledici rol oynamış və oynamaqdadır. Hələ qədim zamanlardan bəri dünyanın elm adamları içməli suya daim diqqət yetirmiş, insan həyatında onun misilsiz rol oynadığını qeyd etmişlər. Şirin su problemi bu gün dünyada aktual sosial iqtisadi problemə çevrilmişdir və təəssüflə qeyd edilməlidir ki, onun həlli yolları istənilən səviyyədə deyil. Bunun üçün dünya birliyi müəyyən tədbirlər görür və suyun mühafizə olunması və qənaətlə işlədilməsi üçün optimal yollar axtarır. Bu məqsədlə 2005-ci il martın 22-də dünya birliyi ümumdünya içməli su gününü qeyd etdi və 2005-2015-ci illər BMT tərəfindən "İçməli su həyat üçün" devizi altında onillik elan olundu. Bu bir həqiqətdir ki, içməli su problemi bəşəriyyəti bir dünyəvi problem kimi narahat edib və etməkdədir. Şirin suyun bir litrinin qiyməti bu gün bəzi ölkələrdə neftlə bərabər səviyyəyə gəlib çatmışsa, gələcəkdə yaranacaq gərgin mənzərəni təsəvvür etmək heç də çətin deyildir. Hazırda bir çox ölkələrdə içməli su ticarət obyektinə çevrilib. Belə ki, Avropanın Almaniya, Niderland, Danimarka kimi inkişaf etmiş ölkələri İsveçdən içməli suyu satın alırlar, Yaponiyada mağazalarda şüşə qablarda Norveçdən gətirilmiş su satılır, 4 milyon nəfər əhalisi olan Honkonq kəmər vasitəsi ilə Çin Xalq Respublikasının kontinental ərazisindən su ilə təchiz olunur. Səudiyyə Ərəbistanı Filippindən, Sinqapur isə Malayziyadan tankerlərlə içməli su alır.

İnsan həyatında suyun misilsiz rol oynadığını nəzərə alan Azərbaycan respublikasında da içməli suya olan tələbatın ödənilməsi və su mənbələrinin axtarılması işinə daim diqqət yetirmiş və bu

problem bu gün də ölkə rəhbərliyinin nəzarətindədir. Bu sahədə görülən işlər Azərbaycanın Dövlət müstəqilliyinə qoşvuşduğu illərdən sonra daha da intensiv xarakter almışdır. Bu isə öz təsdiqini Azərbaycan Respublikasının Prezidenti cənab İlham Əliyevin yanında 23 iyul 2020-ci il tarixində Respublikada su təsərrüfatının vəziyyətinə həsr olunmuş müşavirədə tapmışdir [5].

Ümumilikdə bu layihələrin icrası nəticəsində ölkəmiz sürətlə inkişaf etmişdir. 2004-cü ildə Azərbaycanda içməli su ilə təminat 40 faiz səviyyəsində idisə, bu gün bu rəqəm 70 faizə çatıbdır. Bakı şəhərində içməli suyu davamlı şəkildə alan əhalinin sayı 29 faiz olduğu halda, bu gün bu rəqəm təxminən 82 faizə çatmışdır. Son illərdə Azərbaycanda həyata keçirilən nəhəng su layihələri vəziyyəti tamamilə müsbət tərəfə dəyişmişdir. Onların arasında Oğuz-Qəbələ-Bakı su kəmərinin, 270 milyon kubmetr su tutan, təqribən 30 min hektar suvarılmayan torpaqların suvarılmasına imkan verən Taxtakörpü su anbarının tikintisi, Ceyranbatan su anbarının yenidən qurulması, Şəmkirçay, Göytəpə və Tovuzçay su anbarlarının da inşası xüsusilə qeyd edilməlidir.

Dövlət səviyyəsində əhalinin su ilə təchiz olunmasına və suların çirklənməsinin qarşısının alınmasına xüsusi diqqət yetirilmişdir [4]. Bütün görülən tədbirlərə baxmayaraq çaylarımızın və sularımızın əvvəlki illərdə olduğu kimi indi də çirkləndirilməsi prosesi davam etməkdədir. Əslində isə su həyat deməkdir. İlk növbədə, insanların sağlamlığı böyük dərəcədə təmiz içməli sudan asılıdır. Gözləntinin belə çox olduğu bir vaxtda su itkilərinə yol verilməməli və suyun mənbəyi düzgün təhlil edilməlidir. Belə olduqda su çatışmazlığı olmazsa, iqtisadiyyatımıza, kənd təsərrüfatının inkişafına, fermerlərin gəlirlərinə ziyan vurulmaz, taxılçılıqda və pambıqçılıqda məhsuldarlıq daha yüksək olardı.

Belə ki, bəşəriyyətin "həyat mənbəyi" hesab olunan suların çirklənməsi ətraf mühitə edilən ən ciddi təsirlərdən hesab edilir. Suların çirklənməsi və yaranan ekoloji problemlər cəmiyyətdə təhlükəli proseslər kimi qiymətləndirilir. Su mühitinə düşən zərərli qarışıqların əksər hissəsi axınlar vasitəsilə çirklənmə mənbələrindən çox uzaq məsafələrə aparılaraq geniş sahələrdə ekoloji problemlərin yaranmasına səbəb olur. Su mühitinin mühafizəsi, sudakı flora və faunanın qorunub saxlanılması, suların öz-özünü təmizləməsi xüsusiyyətini saxlaması, sudakı çirkləndirici maddələrin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi müasir dövrün ən aktual problemlərindən biridir. Digər tərəfdən içməli suyun çatışmamazlığı problemi, ehtiyat şirin su mənbələri, onlardan istifadə olunması üçün tətbiq olunan texnologiyalar, belə suların istifadəçiyə çatdırılması şərtləri bu günümüzün ən aktual məsələlərindəndir. Görülən geniş miqyaslı tədbirlərə baxmayaraq xüsusilə mərkəzi şəhərlərdə su çatışmamazlığı hələ də qalmaqdadır. Bu problem özünü xüsusilə, yay aylarında daha qabarıq göstərir. Bəzən təmiz su həftələrlə kanalzasiyalara axır, və yaxud bəlkə də sahibinin işlətmədiyi iri həcmli su çənlərinə və hovuzlara doldurulur. Əhalinin bir hissəsi isə içmək üçün suya həsrət qalır. Böyük bağ sahibləri həftələrlə içməli su turbası ilə ağac sulayırlar. Belə hallar görülən fasiləsiz işlərə kölgə salır. Bu problemi aradan qaldırmaq üçün bir sıra adekvat tədbirlərin görülmısi daha məqsədə müvafiq olardı.

Bakıda su mövsümlər üzrə, qeyri-bərabər və əlverişsiz paylandığından, su anbarlarının tikintisi həmişə vacib məsələ olmuşdur. Tikilən su Anbarlarından isə bir çox məqsədlər üşün istifadə edilməsi daha məqsədə uyğun olardı. Bu anbarlardan yalnız suvarma və ya hidroelektrik enerji hasilatı məqsədilə ilə yox , bütün sahələrdə suya olan tələbatların ödənilməsi üçün istifadə edilməsi vəziyyəti yaxşılaşdıra bilər. Digər bir tərəfdən ağac əkmək bağ salmaq və becərmək hər tərəfli əhəmiyyətli bir işdir. Amma yaxşı olardı ki, bağlara verilən su ilə içməli su fərqlənəydi. Hətta içməli suya qoyulan qiymət fərqi də bizcə edilən israfçılığın qarşısını ala bilər. Belə olduqda su qıtlığının qarşısı alınar və suya olan tələbat vaxtında ödənilərdi.

Azərbaycanda içməli su kimi istifadə edilən Kür, Araz və digər çay sularının keyfiyyəti əsasən qonşu ölkələr tərəfindən pisləşdirilir. Kür çayı hövzəsinə axıdılan tullantı sularının böyük bir hissəsi Gürcüstanın və Azərbaycanın payına düşür. Kür çayına axıdılan tullantı sularının həcmi, 2000-ci illə müqayisədə 1992-ci ildə orta hesabla 55 faiz çox idi. Ona görəki, zəhərli zavodların fəaliyyəti dayandığına görə, axıdılan tullantıların miqdarı da azalmışdır [6].

Cənubi Qafqazdakı səth sularının bir hissəsi Türkiyə və İranın ərazilərində formalaşır. Kür və onun əsas qolu olan Araz çayları Cənubi Qafqazın əsas su arteriyalarıdır. Bu çayların hövzəsində regionun əsas şirin su ehtiyatı cəmləşmişdir.

Kür çayı Türkiyənin Ərdahan vilayətindən, 2470 metr hündürlükdən başlayır. Uzunluğu 1515 kilometr olan Kür çayının böyük qolu Araz çayıdır. Bu çay da Türkiyədən, hündürlüyü 2990 metrə çatan Bingöl silsiləsindən başlayır. Onun uzunluğu 1072 kilometrdir. Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycanın su resurslarının 80%-i Kür çayı və onun qollarının payına düşür. Azərbaycan, Gürcüstan və Ermənistanın su mühafizə təşkilatlarının məlumatlarına görə 1992-ci ildə Kürün hövzəsinə 575 milyon kvadratkilometr tullantı suları axıdılmışdır. Onlardan ümumi həcmin 52 faizi Ermənistanın, 43 faizi Gürcüstanın 5 faizi isə Azərbaycanın payına düşür. Sonrakı illərdə həmin respublikalardakı iqtisadi çətinliklərlə əlaqədar bir çox zavod və fabriklərin dayanması səbəbindən bu rəqəmlər bir qədər azalmış, 1998-ci ildə ümumi həcmin 3,7 faizinə düşmüşdür. Bakı və digər böyük şəhərlərdə su paylama şəbəkələrinin köhnəlməsi səbəbindən böyük həcmdə su itkisi yaranır və nəticə etibarilə qrunt suları çirkab suları ilə çirklənir.

Nəticə. Bu çətinliklər göstərir ki, Azərbaycan əhalisi və iqtisadiyyatının şirin su ilə təmin edilməsi bu gün ən vacib problemlərdəndir. Bu problemin aradan qaldırılmasına kömək və dəstək göstərmək hər bir Azərbaycan vətəndaşının borcu olmalıdır.

Su hövzəsinin mühafizəsində aşağıdakı tədbirlər eyni dərəcədə mühüm rol oynayır:

1. Sənaye müəssisələrinin iri şəhərlərdən çıxarılması və əhalinin az məskunlaşdığı ərazilərdə kənd təsərrüfatına yararlı olmayan və yararsız torpaqlarla yenilərinin tikilməsi.
2. Ərazinin relyefi nəzərə alınmaqla sənaye müəssisələrinin optimal yerləşdirilməsi.
3. Sənaye müəssisələrinin ətrafında sanitar zonaların yaradılması.
4. Optimal ekoloji şəraiti təmin edən təmizləyici qurğuların tikintisinin rasional planlaşdırılması.
5. Tullantı sularının təmizlənməsinə əsaslanan drenajsız texnoloji sistemlərin və su dövriyyəsi dövrlərinin işlənib hazırlanması.
6. Texnologiyanın təkmilləşdirilməsi və daha az su sərfiyyatı olan avadanlıqların inkişafı.
7. Şərti təmiz və standart təmizlənmiş suların keyfiyyət tərkibini və növlərini göstərməklə su sərfiyyatının və tullantı sularının bilavasitə anbara axıdılmasının həcminin müəyyən edilməsi üçün hesablamaların aparılması;.

Beləliklə, sadalanan bu tədbirlər, ilk növbədə, müəssisələrdə su ehtiyatlarından istehsal ehtiyacları üçün daha səmərəli istifadəyə, təmizlənməmiş tullantı sularının axıdılmasını kəskin şəkildə azaltmağa, su obyektlərinin ekoloji vəziyyətinin yaxşılaşdırılmasına yönəldilməlidir.

Ədəbiyyat

1.“Ətraf mühitin mühafizəsi haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu. http:// www.eco. gov.az/qanunlar/q24.doc
2. Амиров Я.С., Сайфуллин Н.Р., Гимаев Р.Н. Технико-экономические аспекты промышленной экологии: Учебное пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1919. 262 с.
3. Промышленная экология. Под ред. Денисова В. В: Учеб. курс. Ростов-на-Дону, 2020. 720с.
4.“İstehsalat və məişət tullantıları haqqında” AR Qanunu, 1998 www.eco.gov.az/qanunlar/-istehsalat_və_məishət_tullantıları_haqqında_qanun
5. https://president.az/az/articles/view/39990
6. https://demokrat.az/az/news/130297/azerbaycanda-en-cox-cirklenmis-su-hovzeleri-hansilardir

Məqalə qəbul olunub: 24.10.23
Tövsiyə edib: prof. Həsənov V.H.

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: 15.09.23. Çapa imzalanıb 30.11.23.
Format 60x84 $^{1}/_{8}$. F.ç.v.19. Sifarış №19
Kağız əla növ. Tiraj 60 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

"Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası" PHŞ-nin mətbəəsi