“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI

ISSN 2220-1025

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASININ

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

AZERBAIJAN STATE MARINE ACADEMY

№2

BAKI-2021

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

Baş redaktorun müavini
t.e.d., prof. ***Z.Z.Şərifov***

Redaksiya heyəti

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

t.e.d., prof. V.V. Panin
Dövlət İnfrastruktura və texnologiya
Universitetinin (Ukrayna) rektoru

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. A.S. Vaskov
Uşakov adına Dövlət Dəniz Universiteti
(Rusiya)

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

Bölmələr üzrə redaktorlar:

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

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

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

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

****

Redaksiya:
E-mail: sciencejournal@acsc.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, 2021

MÜNDƏRİCAT

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 7
Orucov F.S., Sadıqov V.B., Burhanlı R.C. Gəmi ötürücü vallarının istismar şəraitinin analitik təhlili..... 7
Фатьянова Н.В. Стабилизация свойств судовых лакокрасочных материалов с добавками наночастиц талька (НЧТ)..... 12
İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş. Lazer emalı rejimləri və boz çuqunun xassələri..... 22
Горчакова С. А. Фазовые превращения в порошковой быстрорежущей стали..... 31
Məmmədov A.T., Rəsulov F.R., Əbilhəsənli M.İ. Tökülərin səthinə örtükçəkmə prosesinə texnoloji amillərin təsiri..... 36
Малышко С.Б., Тарасов В.В. Влияние степени легирования стали на глубину упрочненного слоя и его микротвердость при электромеханической обработке..... 43
Shchedrolosiev O.V., Terlych S.V., Konovalova H.V. The current status and prospects of modular houseboats construction and technical exploitation…… 46

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 56
Abbasov E.O. Böyük dairə qövsü ilə üzmə. Ortodromiya ilə üzmənin hesablanması qaydası 56
Кирносов Д.А., Саламатова А.П., Мишин А.С. Исследование вариантов решений по использованию экологического топлива в рамках политики ИМО 2020-2050 г..... 64
Лаврентьева Е.А. Организационно-экономические последствия пандемии для судоходного бизнеса..... 69
Lukas Norkevičius, Sergejus Lebedevas. Investigation of performance indicators of a harbor tug on liquefied natural gas..... 76
Muhsin Kadıoğlu Avrupa Birliği'nin İrini operasyonu ve sonuçları..... 87
Paşayev Ə.Z. Azərbaycanda nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirə təsir edən amillərin ekonometrik qiymətləndirilməsi..... 93
Şirəliyev Ə.T. Koronavirus xəstəliyi (Covid-19) pandemiyasının dünya dəniz ticarət donanmasının fəaliyyətinə təsiri..... 103
Zeynalov E.A. Dəniz ingilis dili diskursunun bəzi xüsusiyyətləri..... 108

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 113
Axundov İ.S. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinə və mühərrikin əsas göstəricilərinə təsirinin nəzəri tədqiqi..... 113
Abdullayev Y. R., Cəlilov T.A. Gəmi elektrik intiqallarında istifadə olunan tezlik çeviricilərinin təhlili..... 119
Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P., Babayeva A.Ə. Yüksək gücləndirmə əmsalına malik izləyici robast sistemlərin sintezi..... 125
İbrahimov B.Q., Məmmədova F.V. Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin buraxma qabiliyyətinin göstəricilərinin təhlili və tədqiqi..... 130
Казимиренко Ю.А., Михелев И.Л., Матвеев Н.А. Информационная поддержка управления процессами обработки данных при стендовых испытаниях камер сгорания судовых газотурбинных двигателей..... 136
Məmmədov L.V., Həsənov E.A., Məmmədov E.M. Körpü kranlarının mühərriklərinin idarəetmə sistemlərinin işinin yaxşılaşdırılması üsulları..... 142
Rzayev M.Ə. Gəmi istilik mübadilə aparatlarının effektivliyinin artırılması..... 146
Sultanov E.F., İsmayılov S.S. Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrindən istifadə imkanlarının araşdırılması..... 151

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ……. 158
Алиева Е.Н. Построение модели УФ радиации Солнца, дошедшей уровня Каспийского моря..... 158
Алиева И.К., Алиев Х.М. Природа возбудителей термолюминесценции в полимерах.... 163
Байрамов Д.Д., Абдулова И.Н. Фотопроводимость и электрофизические свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ 170
Həsənov V.H., Kəlbiyev F.M., Bayramova F.İ., Hacıbalazadə C.R. Gəmiçilik sənayesində innovativ texnologiyalarla tökmə tərtibatlarının hazırlanma üsulları…….. 177
Quliyeva R.A., Muxtarova G.S., Həsənov V.H. Yüksək keyfiyyətli dizel yanacağının alınması 181
Гасанов Ю.Н., Мамедов С.З. Взаимодействие рабочих поверхностей деталей механических систем..... 186
Мамедов И.Р., Агаев Г.А. Построение схемы цифрового ТВ приемника с адаптивной регулировкой его чувствительности 191
Zhalgasbayeva Aliya, Nagimzhanova K.M. Information and communication technologies as a means of developing the motivation of educational activities..... 196

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY…….. …… 7
Orujov F.S., Burhanli R.C., Sadigov V.B. Analytical analysis of the operating conditions of the ship transmission shafts..... 7
Fatyanova N.V. Stabilization of the properties of marine paint and varnish materials with additives of talc nanoparticles (NPT)…….…... 12
Ismayilov A.R., Ismayilov N.Sh. Laser processing modes and properties of gray iron…….. 22
Gorchakova S.A. Phase transformations in high-speed powder steel..... 31
Mamedov A.T., Rasulov F.R., Abilhasanli M.İ. İnfluence of technological factors on covering process on the surface of the casting…… 36
Malyshko S.B., Tarasov V.V. Influence of the degree of alloying of steel on the depth of the hardened layer and its microhardness during electromechanical treatment……..... 43
Shchedrolosiev O.V., Terlych S.V., Konovalova H.V. The current status and prospects of modular houseboats construction and technical exploitation……. 46

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT……. 56
Abbasov E.O. Swimming with a large circle arc. The procedure for calculating swimming with orthodromia..... 56
Kirnosov D.A., Salamatova A.P., Mishin A.S. Research of decision options on the use of ecological fuel in the problem of the IMO policy 2020-2050…….. 64
Lavrenteva E.A. Organizational-economic impact of the pandemic for the shipping business.. 69
Lukas Norkevičius, Sergejus Lebedevas. Investigation of performance indicators of a harbor tug on liquefied natural gas..... 76
Muhsin Kadıoğlu. The Irini operation of the European Union and its results……. 87
Pashayev A. Z. Econometric assessment of factors affecting the income from cargo transportation in the transport sector in Azerbaijan..... 93
Shiraliyev A.T. Effects of the choronavirus disease (Covid-19) pandemy on the activity of the world sea merchant marine fleet……..... 103
Zeynalov E.A. Some features of the Maritime English discourse..... 108

SHIPPING TECHNOLOGY……. 113
Akhundov I.S. Theoretical investigation of an influence of a fuel injection advanced angle on parameters of combustion process, and to main indicators of marine diesel engine type of 6L20. 113
Abdullayev Y.R., Jalilov T.A. Analysis of frequency converters used in the ships electrical drives 119
Farchadov V.G., Bayramova İ.P., Babayeva A.A. Synthesis of robast systems with high authority..... 125
İbrahimov B.G., Mammadova F.V. Analysis and research of indicators of the multiservice telecommunication network capacity……. 130
Kazymyrenko Y.A., Mykheliev I.L., Matveyev M.A. Information support managing data processing during stand tests of combustion chambers of ship gas turbine engines..... 136
Mammadov L.V., Hasanov E.A., Mammadov E.M. Methods of improving the operation of bridge crane engine control systems..... 142
Rzayev M.A. Improving the efficiency of ship heat exchangers..... 146
Sultanov E.F., Ismayilov S.S. Exploring the possibilities of using alternative energy sources on ships..... 151

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION…… 158
Aliyeva E.N. Construction of a model sun UV radiation reaching the level of the Caspian Sea.. 158
Aliyeva I.K, Aliyev X.M. Transportation of awakeners thermoluminescents in polymers…… 163
Bayramov J.J., Abdulova I.N. Photoconductivity and electrophysical properties of $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ solid solutions..... 170
Hasanov V. H., Kalbiyev F.M., Bayramova F.I., Hajibalazade J.R. Methods of manufacturing of cast structures with innovative technologies in the shipping industry..... 177
Guliyeva R.A., Mukhtarova G.S., Hasanov V.H. Obtaining high-quality diesel fuel…… 181
Hasanov Yu.N. Mammadov C.Z. Interaction of working surfaces of parts of mechanical systems……..…. 186
Mammadov I.R., Aghayev H.A. Construction of digital TV receiver circuit with adaptive adjustment of its sensitivity…… 191
Zhalgasbayeva Aliya, Nagimzhanova K.M. Information and communication technologies as a means of developing the motivation of educational activities..... 196

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT:621.762.08.11

GƏMİ ÖTÜRÜCÜ VALLARININ İSTİSMAR ŞƏRAİTİNİN ANALİTİK TƏHLİLİ

Orucov F.S., Sadıqov V.B., Burhanlı R.C.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: fazil.orujov@asco.az, rburhanli@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə gəmi ötürücü vallarının istismar şəraitinin analitik təhlili aparılmışdır. Gəmi ötürücü vallarında çatların əsas növləri və yerləşməsi göstərilmişdir. Həmçinin ötürücü valların dayanıqlıq göstəriciləri hesablanmışdır.*

Abstract. *The article provides an analytical analysis of the operating conditions of the transmission shafts. The main types and location of cracks in the ship's gears are shown. Also the resilience of the converters has been calculated.*

Аннотация. *В статье дан аналитический анализ условий эксплуатации трансмиссионных валов. Показаны основные типы и расположение трещин судовых валопроводов. Рассчитаны показатели устойчивости валопроводов.*

Açar sözlər: *gəmi, ötürücü val, çat, polad, qüsur, istismar, konstruksiya*

Key words: *ship, transmission shaft, crack, steel, defect, exploitation, construction*

Ключевые слова: *судно, валопровод, трещина, сталь, дефект, эксплуатация, конструкция*

Giriş. Ötürücü valların istismar təcrübəsinin təhlili onun hazırlanma prosesinin təkmilləşdirilməsi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məlumdur ki, ötürücü val istismar zamanı ciddi mexaniki təsirlərə məruz qalır və bu val xəttinin vacib detallarında bir sıra qüsurlar yarana bilər.

Ən çox rast gəlinən qüsurlar avar valında müxtəlif ölçülü və müxtəlif mənşəli çatlardır ki, onlar da bütövlükdə val xəttinin işləmə müddətində böyük təsirə malik olur. Çatların əsas növləri, yerləşməsi və onların avar vallarında baş verməsi səbəbləri də müxtəlifdir və ciddi araşdırma tələb edir.

Əsas hissə. Əvvəlcə vallarda çatların əmələ gəlməsinə təsir göstərən istismar amilləri nəzərdən keçirilməlidir. Bu məqsədlə gəmi vallarında çatların inkişafının öyrənilməsinin nəzəri əsasları hazırlanmışdır. Valların model nümunələrində çatlar boyunca intensiv gərginlik əmsalını müəyyənləşdirmək üsulu işlənib hazırlanmışdır. Valın eksperimental nümunələri üçün köhnəlmə diaqramı qurulmuş və polad 35 üçün Perisa tənliyində ***n*** və ***c***-nin sabit qiymətləri müəyyən edilmişdir. Gəmi vallarının çatlarla uzunömürlülüyünün proqnozlaşdırma üsulu hazırlanmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, vaxtlı vaxtında və diqqətli texniki baxış, təhlükəli yerlərin, həmçinin zədələnmiş hissələrinin yoxlanılması avar vallarının istismar zamanı dağılmasının vaxtında qarşısını almağa imkan verir. Xarici yoxlama zamanı heç bir zədələnmə nəzərə çarpmadığı təqdirdə, valın göstərilən sahələri, hissələri maqnit və ya rəngli maqnit qüsur aşkar üsulları ilə 0,05 mm-dən çox dərinlikdə və açılış eni 0,02 mm-dən çox olan avar vallarının səthində çatları aşkar etməyə imkan verir.

Çatlar səbəbindən yararsız olan valların zədələnməsinin araşdırılması göstərir ki, onların köhnəlməsi və köhnəlib korroziyaya uğraması yararsız vəziyyətə səbəb olur. Bir qayda olaraq, çatlar ən çox valın mühərrikdən çıxışında meydana gəlir, yəni valın böyük bazasında çatların meydana gəlməsi başa düşüləndir. Vala aralıq birləşmə ilə pərçimlənmiş avar vintinə burucu moment ötürüldükdə maksimum yük aralıq valının başlanğıcına düşür. Uzununa davam edərkən avar vintinin və valın

konus səthləri arasında yaranan sürtünmə qüvvələri tərəfindən başladığı üçün burucu momentin ötürülməsində yüklənmə azalır.

Rusiya Dəniz Registri tərəfindən sertifikatlaşdırma və ya avar vallarının qüsurlarının yoxlanması zamanı qüsurlar aşkar edildikdə əsasən aşağıdakı çatlara rast gəlinir: çevrənin ətrafında yerləşən çatlar, yəni val oxuna dik olan, val oxuna maili olan çatlar və həmçinin X - formalı çatlar müşahidə olunur. Hər hansı formada və ölçüdə çatlar varsa, bu təsnifat cəmiyyətinin qaydaları və digərləri avar vallarının istismarına imkan vermir.

Konstruksiya (ölçülər, gərginlik konsentratorları) və istismar (temperatur, yükləmə tezliyi, ətraf, davamlı yükləmə rejimi) amilləri köhnəlmə nəticəsində yaranan çatların sabit inkişafına müqavimət nümunələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir, nəticədə onların böyümə dövrünün uzunluğunu kritik bir ölçüdə müəyyənləşdirir.

Gəmi vallarına bu qədər ciddi tələblərin səbəbi, gərginlik toplumu olan bir çatın, dövri olaraq təsirlər-yüklər altında köhnəlməyə səbəb olacağı qənaətidir. Ancaq tədqiqatçılar, köhnəlmədən əmələ gələn çatlarının inkişaf prosesinin çox uzun ola biləcəyini və böyümə sürətindən asılı olduğunu müəyyən etdilər.

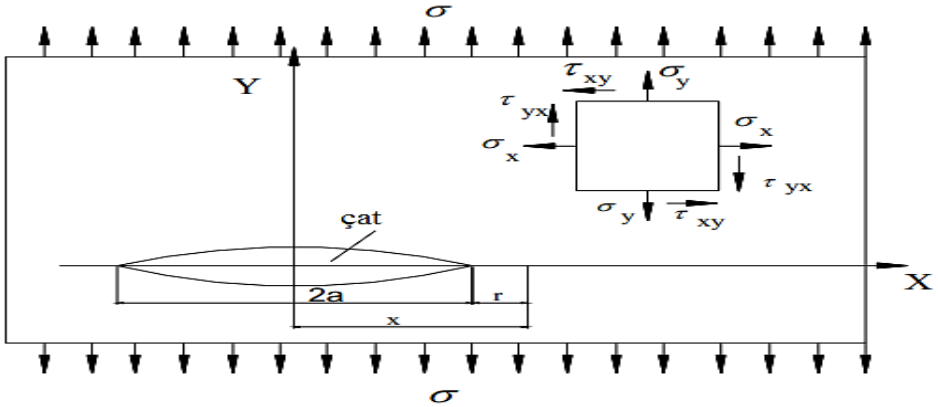
Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən, köhnəlmədən əmələ gələn çatların böyümə sürətinə təsir edən bir neçə səbəb var. Bunlar arasında fəaliyyət göstərən gərginlik səviyyəsində dəyişikliyi, böyüməsi ilə çat ucundakı yükləmə dövrünün asimmetriyasının dəyişməsini inkişaf zamanı çatlar köhnəlmə zirvəsində vəziyyətin artmasını, çat ucunun uzunluğunu, dağılmasını və s. qeyd etmək olar.

Avar valında mövcud gərginlik səviyyəsinin azaldılması, yəni gəmi energetik qurğularının paylaşılan yüklərdə işləməsi yəqin ki, çatlamış valların kifayət qədər yüksək uzunömürlüyünü təmin edə bilər. Çatların inkişafının müasir təhlili dağılma sınıq mexanikası anlayışlarına əsaslanır, burada hissənin makroskopik məhv edilməsi, ya istehsal prosesində, ya da nümunənin sınması və ya bir hissəsinin işləməsi zamanı çatların inkişafı nəticəsində yaranır. Çatların mövcudluğunu nəzərə alaraq, sınıq mexanikası, hissəyə göstərilən gərginlik, çatların şəkili və ölçüsü, bu çatların sabit və qeyri-sabit inkişafına maddi müqavimət arasında kəmiyyət əlaqəsi vardır.

Bu sahədə fundamental əsərlər P.Peris, F.Erdoğan, L.Şkolnik, İ.Kudryavtseva, V.Tereşşenko, V.Panasyuk, V.Rumba və S.Yeryominin tədqiqatlarıdır. Müəyyən edilmişdir ki, çatların yayılma mərhələsindən nümunənin və ya hissənin tamamilə məhv edilməsinə qədər olan mərhələsi, onun böyüməsi mexanizmində fərqlənən üç xarakterik mərhələyə bölünə bilər.

Birinci mərhələ aşağı sürətlə xarakterizə olunur, çünki çat hələ də kiçikdir və irəliləməsi əsasən sürüşmə zolaqları boyunca baş verir. Çat ən yüksək normal gərginlikdə perpendikulyar istiqamətdə sabit sürətlə böyüdükdə ikinci mərhələdir. Üçüncü mərhələdə çat artıq kifayət qədər böyük ölçülərdə olduqda, böyümə sürəti kəskin artır və kövrək sınıq demək olar ki, ani olur. Çatların inkişafının belə mərhələli ayrılması, mərhələli qırıq köhnəlməsi adlanır.

Sınıq mexanikasında D.İrvinin nəzəriyyəsinə görə, çat kəskin kənarları olan bir ellips şəklində təsvir olunur (şəkil 1). Çatın kənarı çatın inkişafından asılı olaraq, çox güclü bir gərginlik toplusudur və çatın inkişaf sürəti gərginliyin intensivliyi amilindən asılıdır.



Şəkil 1. *Çat boyunca deformasiya gərginliyinin paylanması*

Qırılma mexanikası Qriffitsin kövrək sınıq nəzəriyyəsinin inkişafıdır, bunun əsasında D.İrvin sonsuz bir səth çatının uzunluğu ilə çat ucundakı gərginlik arasında əlaqə qurdu. Bu parametrlər gərginlik intensivliyilə əlaqəlidir:

$$K_1 = \sigma\sqrt{n \cdot a}\,, \tag{1}$$

burada K_1 – gərginlik intensivliyi əmsalı; σ – ümumi kəsikdə nominal gərginlik, MPa; a –çatlağın yarımuzunluğu, mm.

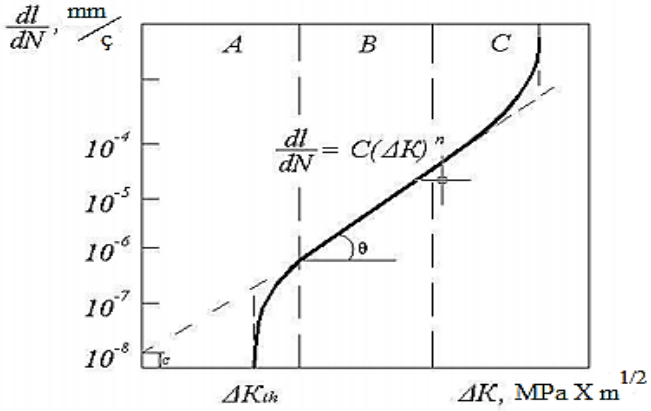
Çoxsayda eksperimental nəticələri ümumiləşdirərək, hər dövrdə çat uzunluğunun artımından asılılıq ifadə edilmişdir (2):

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K_1)^n\,, \tag{2}$$

burada l – çatın uzunluğu, mm; N – dövrlər sayı, c və n sabitlərdir, eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir. Əhəmiyyətli xətalar məlum olsa da n-nin dəyərləri 2<n<6 aralığındadır.

(2) bərabərliyinin tənzimlənməsinin qrafiki qırıq əyridir (şəkil 2). Əyrini 3 xarakterik hissəyə bölmək olar: A, B və C. A hissəsində əyrinin aşağı hissəsi asimptotik olaraq yaxınlaşır, gərginlik intensivliyi əmsalı ΔK_{th} qiyməti alır, bunun altında eksperimental olaraq aşkar edilə bilməyəcəyi qədər aşağı sürətdə çatlaqlar inkişaf etmir və böyümür.

A bölməsindəki yükləmə rejimləri adətən həddətrafı adlanır. B bölümünə Peris tənliyilə izah olunan əyrinin düzbucaqlı hissəsi daxildir. Bu bölmə 10^{-6}...10^{-3} mm/dövrdə orta çatlaq artım tempilə xarakterizə olunur. C bölməsi artım xarakterizə olunur; bu qeyri-sabit çatlaq böyüməsi və ya katastrofik uğursuzluq hissəsidir. Bu hissədə K_{1c} statik yük altında sınıq sərtliyinə K_t yaxınlaşır.



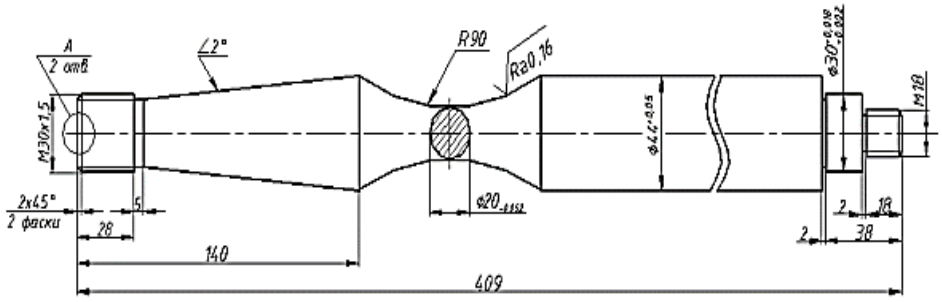
Şəkil 2. *Yorulma sınağının əyrisi (dağılma halı)*

Köhnəlmə (yorğunluq) sınağı diaqramı, mövcudluğu boyu çatın inkişafının əsas xarakteristikasıdır, proqnozlaşdırma nöqteyi-nəzərindən, eləcə də çatın inkişafına təsir baxımından orta bölümüdür – çatların inkişaf sürəti arasındakı loqarifmik koordinatlardan xətti asılılıq gərginlik intensivliyi əmsalının amplitudu ilə müşahidə olunur. Əyrinin bu hissəsi Perisa tənliyi ilə ən dəqiq şəkildə təsvir edilmişdir.

Tədqiqatda məqsəd QOST 1050-88-ə uyğun olaraq polad 35-dən hazırlanmış dairəvi nümunələrin (şəkil 3) köhnəlmə-yorğunluq sınığı əyrisinin qurulmasıdır. Nümunələrin forması və materialı yükləmə şəraitinin və tammiqyaslı gəmi vallarının materiallarının fiziki modelləşdirilməsi nəticəsində seçilmişdir.

Çatların tipindən, yerləşməsindən və ilkin ölçüsündən asılı olaraq müxtəlif gəmilər üçün çat olan avar vallarının dayanıqlıq göstəricilərinin hesablanması aparılır. Eyni zamanda bir neçə çatın olması halında avar vallarının dayanıqlığının qiymətləndirilməsi verilir.

Çatlar olan avar vallarının uzunömürlülük göstəricilərinin hesablanması bir neçə gəmi üçün aparılmışdır. Üç gəzinti gəmisi, dörd tanker, üç quru yük gəmisi üçün hesablamalar aparılmışdır.



Şəkil 3. *Sınaq nümunəsi*

Hesablama üçün ilkin şərtlər belə götürülmüşdür: ilkin çatlaq uzunluğu 0,1 mm-dir (bu rəngli və maqnitli qüsür aşkarlanması üsulu ilə aşkar olunan minumum çatlaqdır) və çatlağın kritik ölçüsü ilə müəyyən olunan son çatlaq uzunluğu 0,2D-dir. Avar valları məhz bu zaman tez qırılır.

Çatlar olan avar vallarının qalıq resursu ilkin çatlaq ölçülərindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Məsələn, 1000 tonluq bir tanker üçün (cədvəl 1) hesablamalar göstərilmişdir ki, ilkin çat yarıuzunluğu 0,1 mm olan avar valının qalıq ömrü 9.835 saat və ilkin çat yarıuzunluğu 0,2 mm olduqda isə qalıq ömrü 9.254 saat təşkil edir. Yəni, çat yarıuzunluğu 0,1 mm artdıqda qalıq resurs 6-7% azalır və çat yarıuzunluğu 0,5 mm artdıqda isə qalıq ömrü 15-16% azalır.

Cədvəl 1

1000 tonluq tankerin valının uzunömürlülüyünün çatlardan asılılığı

Çatın ilkin yarı-uzunluğu a_o,Mm	Çatın son yarı-uzunluğu a_k, Mm	Ekvivalent gərginliyin amplitudu $\Delta\sigma_e$, MPa	Uzunömürlülük göstəricisi	
			N, dövr 10^6	Qalıq mənbəyi, saat
1	2	3	4	5
0,05	25	29,51	236,93	10530
0,1	25	29,51	221,29	9835
0,2	25	29,51	208,22	9254
0,5	25	29,51	175,41	7796
1,0	25	29,51	155,48	6910
1,5	25	29,51	141,73	6299
2,0	25	29,51	130,91	5818
2,5	25	29,51	121,82	5414
3,0	25	29,51	113,94	5064
3,5	25	29,51	106,94	4753
4,0	25	29,51	100,64	4473
4,5	25	29,51	94,88	4217
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
24,0	25	29,51	1,87	83
24,5	25	29,51	0,81	36

Bu işdə mühərriklə valın birləşmə bölgəsində və arxa üzlüklərin (oymaq - örtük) ucları altında (birləşmə hissəsi) meydana gələn bütün əsas çatlar üçün valların uzunömürlülük göstəriciləri hesablanmışdır. Valların uzunömürlülüyünü müxtəlif ərazilərdə əmələ gələn çatlarla müqayisə etsək, konusun böyük dayaq bölgəsində meydana gələn çatların avar vallarının qalan hissələrindən aşağı olduğu görünür. Avar vallarının konus dayağı hissəsinin sahəsi ən çox həssas hesab olunur.

Bu, həssas yerlərin əyilmə momenti və avar valının yüksək təmas gərginliyinin bu zonada cəmləşməsi ilə əlaqədardır. Avar vallarının qalıq resursunun val oxuna 45° bucaq altında olan və val oxuna perpendikulyar olan yerlərdə də çatların uzunömürlülüyə təsiri hesablanmışdır. Hesablamalar göstərmişdir ki, val oxuna perpendikulyar maili çatları olan avar vallarının qalıq resursu 5-7% daha aşağıdır.

Beləliklə, nəzərdən keçirilən bütün gəmilər üçün daxiliyanma mühərriklərinin işləməsi zamanı çatları olan avar vallarının dayanıqlıq – uzunömürlülük göstəricilərinin hesablanması ötürücü valların uzunömürlülük göstəricilərinin valların diametrində olan çatlardan asılılığı müəyyən edilmişdir. Gəminin vallarında çatlamalar varsa, qarşıya qoyulan tapşırıq ondan ibarətdir ki, qırılmamışdan öncə uzunömürlülüyü qiymətləndirmək və uzunömürlülüyü uzatmaq yolları tapılmalıdır.

Nəticə. Beləliklə, gəmi vallarının resursunun artırılması üçün materialların dağılma mexanikasına əsaslanan valların qalıq ehtiyatlarının proqnozlaşdırılması üsulu hazırlanmışdır. Nəzərdən keçirilən gəmilər üçün DYM nominal rejimdə istismar edilərkən, qalıq resurs 1060 saatdan 10530 saata, paylaşılan rejimlərdə işləyərkən nominal rejimlə müqayisədə 2 dəfəyədək artır. Polad 35-dən hazırlanan valların əsas həndəsi parametrləri müəyyənləşdirilmişdir, bunlar valların qalıq resursunu hesablamaq üçün istifadə olunmuşdur. Valın konus hissəsinin böyük bazasındakı çatlar hesabına həmin hissədə resursun az olması təsdiqlənmişdir. Valların qalıq resursunun çatların ilkin ölçüsü və valın diametrindən əhəmiyyətli dərəcədə asılılığı müəyyən edilmişdir. Valların qalıq resursunun hesablama xətalarının orta qiymətinin təxminən 7% olduğu müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Александров, М.В. Об опыте сборки бронзовых облицовок с гребными и дейдвудными валами // Вестник технологии судостроения, -2001. №9, -с. 36 -38.
2. Александров, М.В. Напряженное состояние разделительного слоя между гребным валом и его облицовкой / М.В. Александров, П.М. Лысенков // Судостроение, -2001. №6, -с. 57-58.
3. Чулков, Н.А. Надежность технических систем и техногенный риск / Н.А. Чулков, А.Н. Деренок -Изд. Томского политехнического университета, ФГБОУ, ВПО, НИ ТПУ, -2012 г, -с. 149.
4. Андриенко, Л.А. Влияние изнашивания на динамические нагрузки в червячной передаче / Л.А. Андриенко, В.А. Вязников // Ж. Известия высших учебных заведений, -2011, №9.
5. Травин, С.Я. Оценка обеспечения надежности судового оборудования/ С.Я. Травин, Л.А. Промыслов. -Ленинград, «Судостроение», -1988 г. -204с.
6. Блехман, И.И. Об износе оборудования в условиях вибрации и ударных нагрузок / И.И. Блехман, Л.И. Блехман и др.// Ж. Вестник научно-технического развития, -2012 г. №11(63).
7. Хисматуллина, Л.Э. Физический износ оборудования // Теория и практика современной науки, ФБГОУ ВО КНИТУ, -2016, №10(16).
8. Острейковский, В.А.Теория надежности / В.А. Острейковский, -М.: Высшая школа, -2008. -463с.
9. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей, Задачи и упражнения / Е.С. Вентцель, Л.С. Овчаров. -М.: Наука. -2008. -368 с.
10. Барлоу, Р. Математическая теория надежности / Р.Барлоу, Ф.Прошан, -М.: Советское радио. -2009. -488 с.
11. Нейман, Д. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Д.Нейман. -М.: Мир. -1970
12. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. -М.: Издательство стандартов, -1981.
13. Хейли, Э.Д. Надежность технических систем и риск / Э.Д. Хейли и др. -М.: Машиностроение, -1984. -320 с.
14. Дидро, Д. Собрание сочинений в 10 томах / Д. Дидро -М.: -1947.
15. Тихомиров, А.В. Надежность судовой техники с позиции синергетики // -Н. Новгород: Вестник ВГАВТ, -2007, №22, -с.78-83.
16. Сороко, Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем / Э.М. Сороко. -М.: Ком-Книга, -2006. -263 с.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

СТАБИЛИЗАЦИЯ СВОЙСТВ СУДОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ ТАЛЬКА (НЧТ)

Фатьянова Н.В.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
А31000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: nice.natali92@mail.ru

Аннотация. *В статье изучен процесс формирования тонкой плёнки с сохранением размера наночастиц талька. Разработана схема плёнкообразования. На основе данной схемы сформирована физическая модель структуры покрытия. Приведены расчётные и измеренные спектры эллипсометрических углов (ψ, Δ) для лакокрасочного покрытия с наночастицами талька, а также спектральные соотношения показателей преломления и поглощения наночастиц талька для основного и верхнего слоя.*

Xülasə. *Məqalədə talkın nanohissəciklərinin ölçüləri saxlanılmaqla nazik örtüyün formalaşması prosesi öyrənilib. Örtüyün əmələgəlməsi sxemi işlənilib. Verilmiş sxemin əsasında örtüyün strukturunun fiziki modeli formalaşdırılıb. Nanohissəcikli talkın lak-boya örtüyü üçün ellipsmetrik bucaqların (ψ, Δ) hesabat və ölçülən spektri, həmçinin əsas və yuxarı qat üçün talkın nanohissəciklərinin sınma və udulma göstəricilərinin spektral nisbəti verilmişdir.*

Abstract. *In this article studied the process of forming a thin film while maintaining the size of talc nanoparticles. A film formation scheme was developed. Based on this scheme, a physical model of the coating structure was formed. The calculated and measured spectra of ellipsometric angles are given for paint coating with talc nanoparticles, as well as spectral ratios of refractive indices n and absorption to talc nanoparticles for the main and upper layers.*

Ключевые слова: *лакокрасочные покрытия. пленкообразование, тальк, нанонаполнители, пленкообразующие вещества, пигментная паста*

Açar sözlər: *lak-boya örtükləri, plyonka əmələgətirmə, talk, nano-doldurucular, plyonka əmələgətirici maddələr, piqment pastası*

Key words: *paint coatings, film formation, talc, nanofill, film-forming substances, pigment paste*

Введение. Способность к пленкообразованию - одно из основных требований к лакокрасочным материалам. Под пленкообразованием понимают процесс перехода материала из жидкого или вязкотекучего состояния в твердое на поверхности подложки с образованием адгезированной пленки.

Переход пленкообразующего вещества из вязкожидкого состояния в твердую сплошную пленку, прочно прилипающую к поверхности покрываемого изделия, зависит от соотношения сил адгезии между молекулами пленкообразователя и сил адгезии между пленкообразователем и покрываемой поверхностью.

Основная часть. Формирование тонкой плёнки с сохранением размера наночастиц талька в целях обеспечения биоцидной функции представляет особый практический интерес. Для определения структуры сформированного лакокрасочного покрытия с наночастицами талька методом эллипсометрии была разработана схема плёнкообразования (рис.1) [1].

На 0 стадии частицы, в процессе испарения воды, контактируют друг с другом, образуя при этом гель (1 стадия), который при последующем высыхании деформируется. В процессе разрушения на поверхности адсорбционно-гидратных оболочек (2 стадия) через границы частиц диффундирует, при этом формируется сплошная плёнка (3 стадия).

На основе данной схемы была сформирована физическая модель структуры покрытия (рис.2) [2], основываясь на которую была произведена съёмка эллипсометрических углов Δ и ψ (рис.3), и решение обратной-эллипсометрической задачи, что дало возможность определить параметры слоёв покрытия (таблица 1 и рис.4) [3].

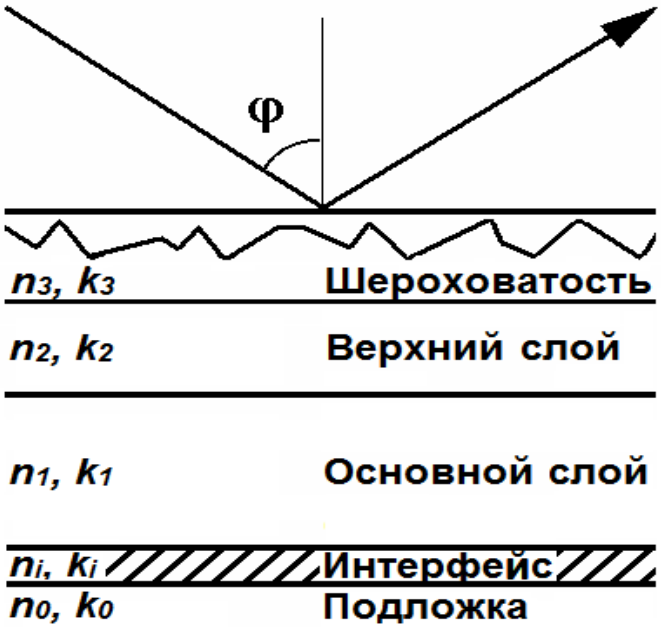
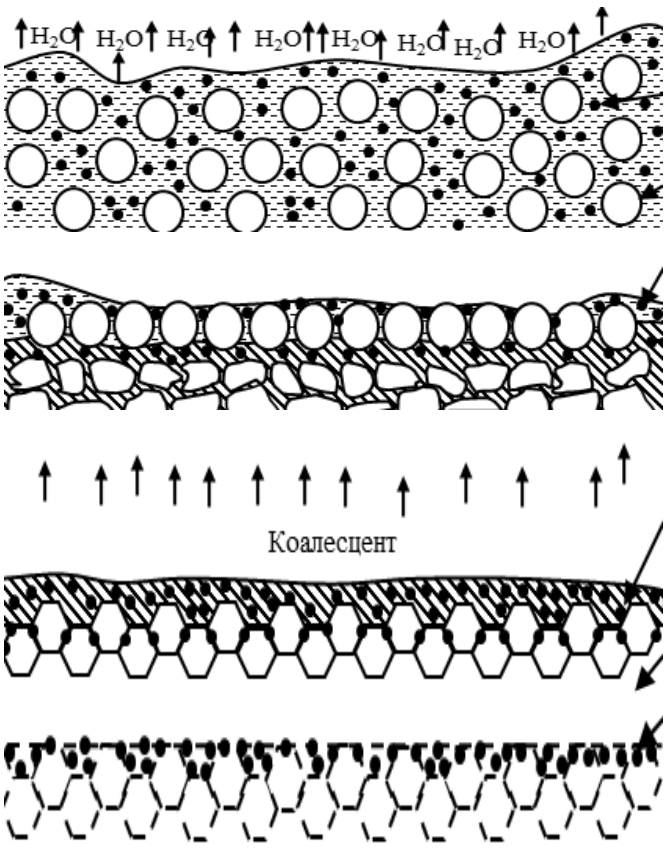


Рис. 1. *Многослойная модель лакокрасочного покрытия*



Стадия 0. Акриловая дисперсия с НЧТ после нанесения
Введенные в раствор НЧТ
Частицы полимера

Стадия 1. Испарение воды и стабилизации латекса
Выделение коалесцента в осадок
НЧТ стремятся в верхний слой покрытия

Стадия 2. Образование геля с необратимыми межчастичными контактами
Коалесцент
НЧТ находятся в среде коалесцента и в межфазных слоях акриловой дисперсии

Стадия 3. Испарение коалесцента и формирование пленки
НЧТ полностью переходят в верхний слой

Рис. 2. *Схема процесса плёнкообразования лакокрасочного покрытия при добавке наноталька*

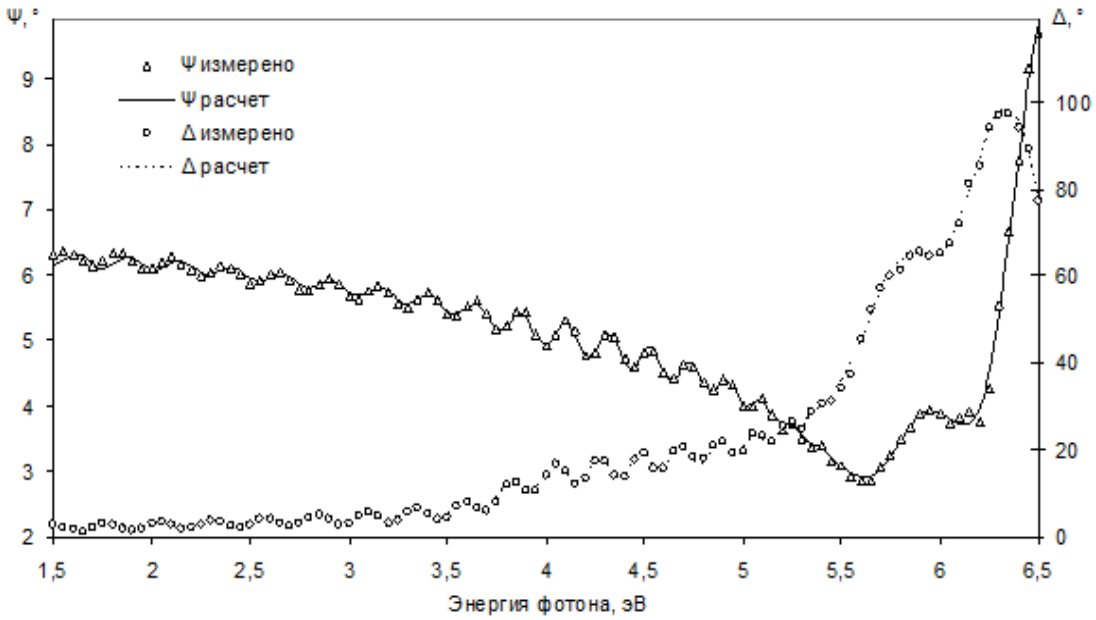


Рис. 3. *Расчётные и измеренные спектры эллипсометрических углов (ψ, Δ) для лакокрасочного покрытия с наночастицами талька*

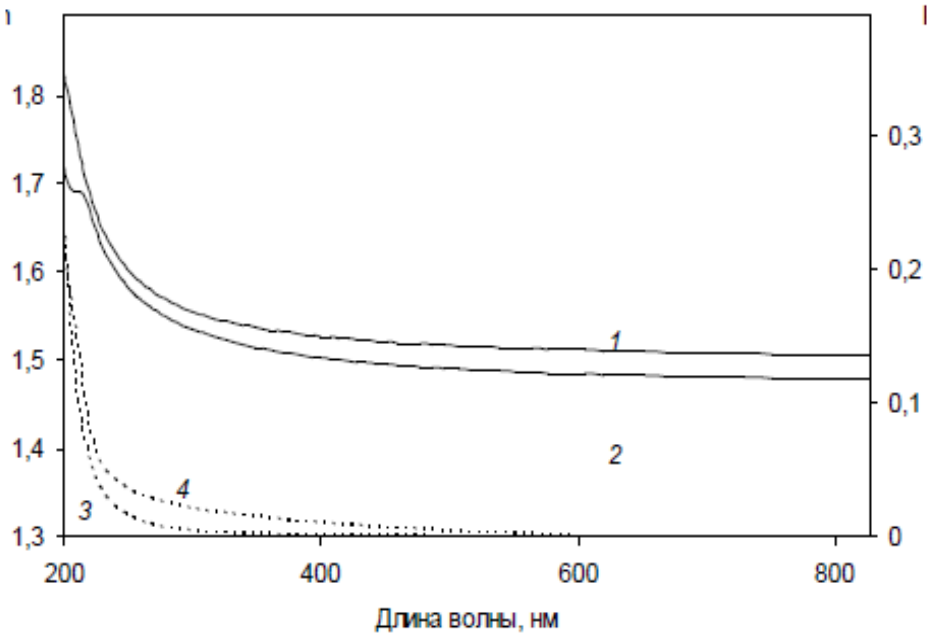
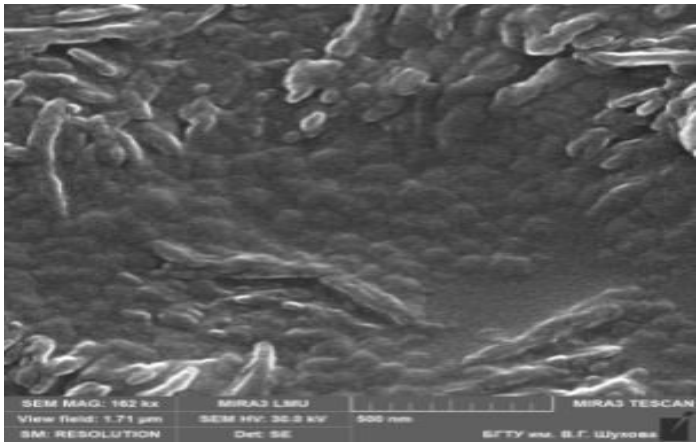


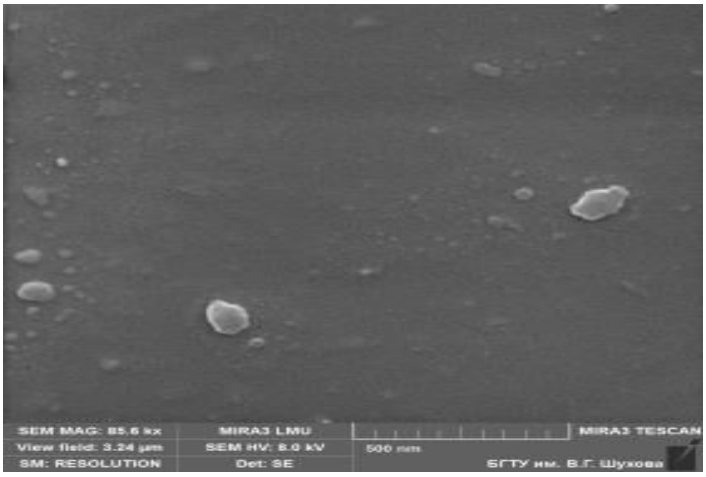
Рис. 4. *Спектральные соотношения показателей преломления n (1,2) и поглощения к (3,4) наночастиц талька для основного (1,3) и верхнего слоя (2,4)*

Установлено, что наночастицы талька наиболее эффективно конденсируются в верхнем слое покрытия, в то время как содержание их в основном слое близко к нулю.

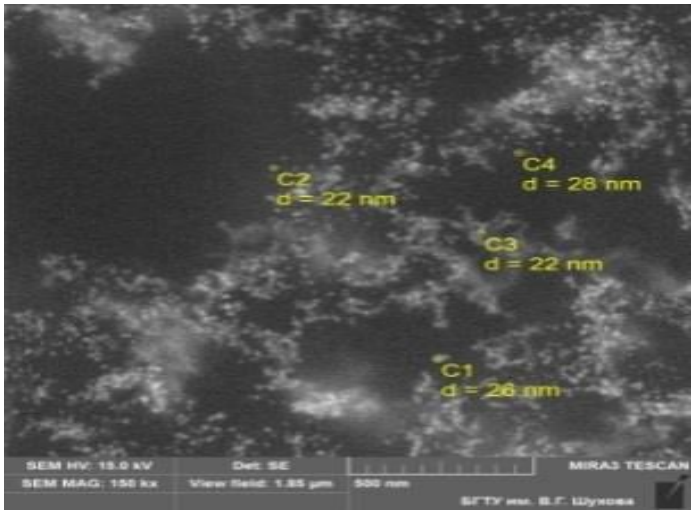
Представленную схему процесса плёнкообразования из АД (акриловой дисперсии) с участием коалесцентов хорошо согласуют с полученными способом эллипсометрии данными. Это подтверждено характером поверхности (рис.5) [4]: однородностью лакокрасочного покрытия с нано-частицами талька, в составе которых имеется пропиленгликоль и шероховатостью, обусловленной отсутствием коалесцента для контрольных образцов.



а)



б)



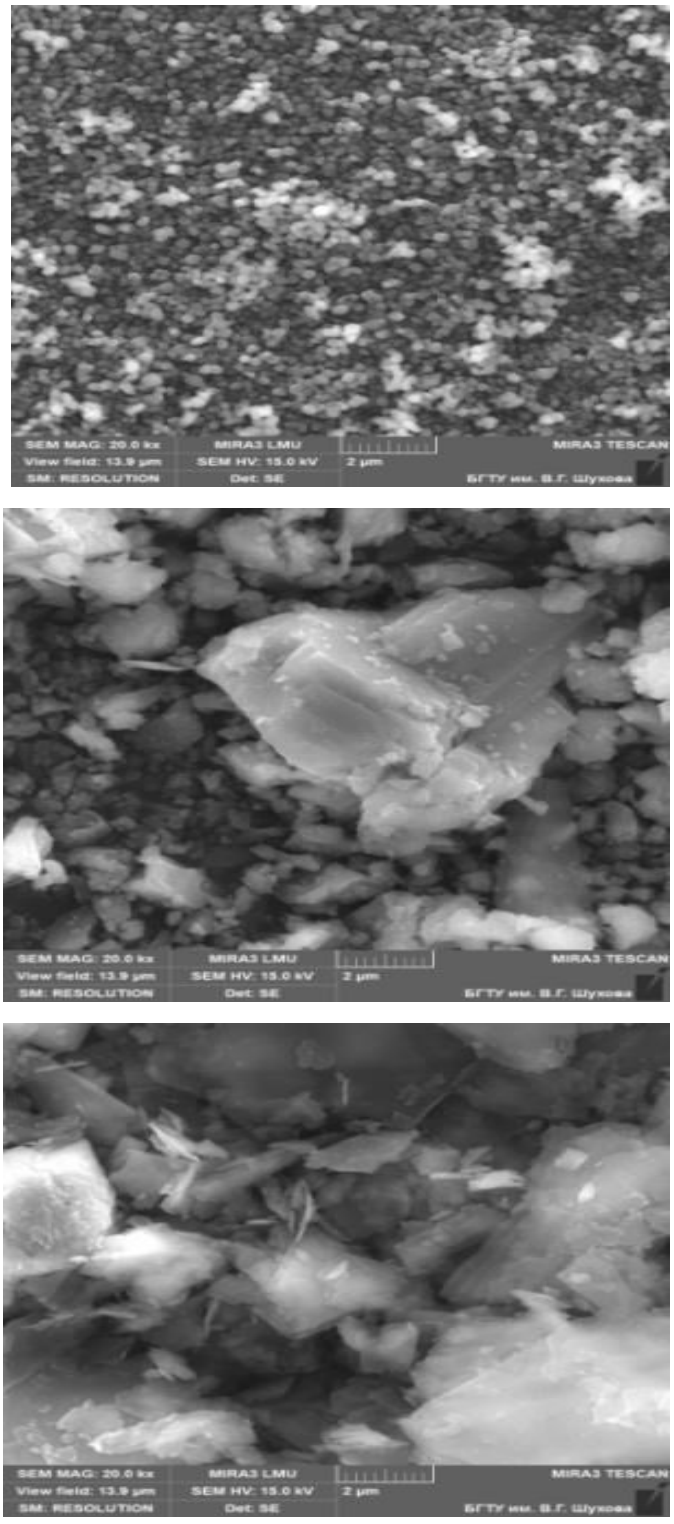
в)

Рис. 5. *Микроструктура образцов покрытий составов: а – контрольный; б – акриловый с пропиленгликолем и водным раствором наночастиц талька; в – пропиленгликолевый раствор и наночастиц талька с акриловым покрытием*

Вода, выделяемая на поверхность при формировании лакокрасочного покрытия и пропиленгликоль наночастицами талька, стабилизированными в них, дают возможность зафиксировать приповерхностное положение растворённого талька в виде наночастиц в случае водного раствора.

Наиболее важными критериями при подборе нанонаполнителей являются монодисперсность, химическая инертность и размер, их технологические свойства, а также доступность.

Тальк и кальцит являются природными материалами широкого диапазона распределения по размеру (рис. 7) [5], а также характерной формой частиц (рис.6, б, в) [6], что объясняется структурой их кристаллических решёток. Например, полученный способом газофазного синтеза тальк обладает сферической формой частиц (рис. 6, а) и дисперсностью, близкой к моноразмерности.



а)

б)

в)

Рис. 6. *Микроструктура применяемых наполнителей: а – рутил; б – кальцит; в – тальк*

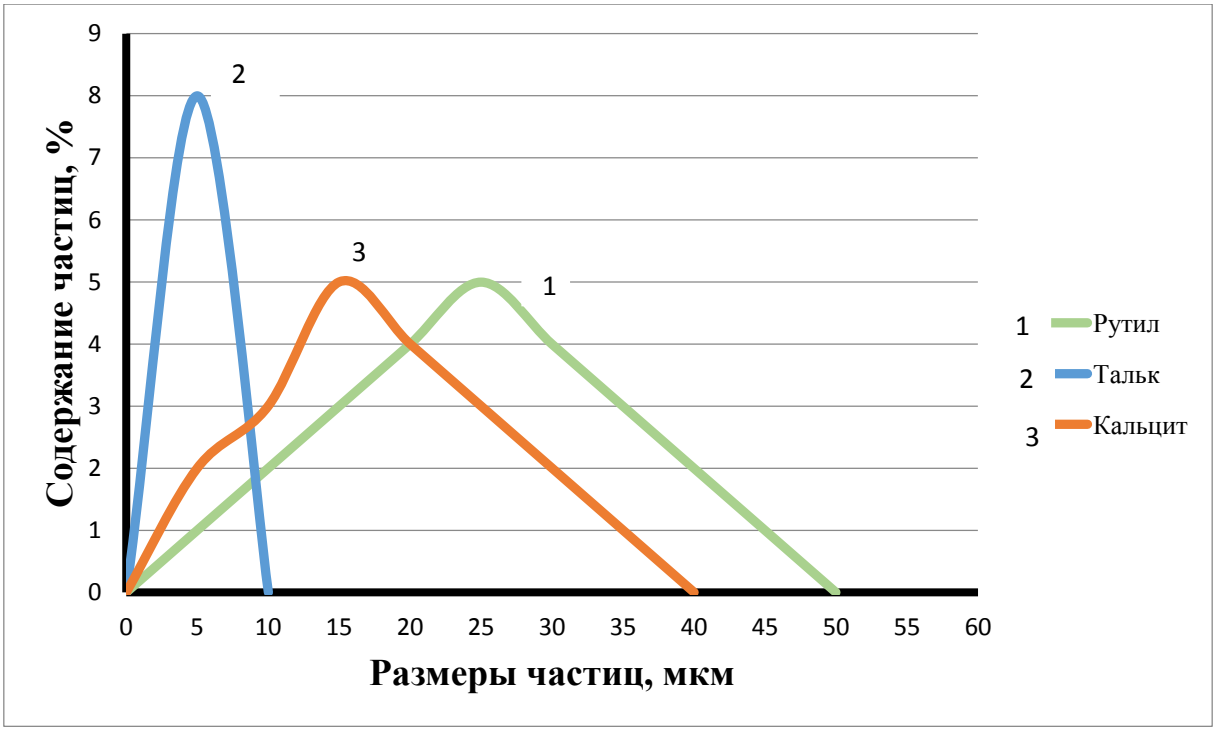


Рис. 7. *Гранулометрический состав кальцита, талька и рутила*

Таблица 1

Параметры слоёв сформированных покрытий

Наименование слоя	**Толщина слоя d, нм**			**Показатель преломления n**			**Объемный состав слоя (акрил/серебро/воздух), %**		
	Контр. без НЧТ	**Водн. НЧТ**	**Глик. НЧТ**	**Контр. без НЧТ**	**Водн. НЧТ**	**Глик. НЧТ**	**Контр. без НЧТ**	**Водн. НЧТ**	**Глик. НЧТ**
Шерохо-ватость	10,2	-	-	1,4145			-	-	-
Верхний слой	-	50,1	45,5	-	1,3622	1,4842	-	36,81/ 9,16/ 54,03	44,50/ 46,49/ 49,04
Основной слой	9655,7	1240,6	1819,1	1,5189	1,5015	1,5113	-	99,38/ 0,62/ 0	100/ 0/ 0
Интер-фейс	64,3	-	-	1,5124	-	-	-	-	-
Подложка	106	106	106	1,5061	1,5061	1,5061	-	-	-

Установлено, что по сравнению с кальцитом, тальк показывает свойственную слоистым минералам низкую плотность упаковки (η=0,262) при равном среднем размере частиц (~ 7-8 мкм) и при ширине распределения согласно размеру (от 0,5 до 50 мкм). При разработке пигментных паст, производимых на их основе, требовалось повысить плотность упаковки талька посредством более дисперсного рутила (1,17 мкм, η=0,625), а также более дешёвого и упакованного плотнее кальцита (η=0,5) [7].

Для того, чтобы в пигментной пасте рассчитать плотности упаковки зёрен (σ_n), используется принцип бимодальных упаковок, взятый для конкретного класса распределения зёрен наполнителей и пигментов в смеси:

$$\sigma_n = \sigma_{n-1} + \frac{1-\sigma_{n-1}}{\left(\frac{\sigma_{n-1}}{\eta_n}\right)^k}\psi_{i,j}^m$$

где *к* является коэффициентом раздвижки зёрен, который состоит из n-1фракций;

$\psi_{i,j}^m$ – степень заполнения в крупной фракции свободного объёма частицами мелкой классом m, для смеси из двух фракций выбиралось в зависимости от d_n/d_1 [8].

Таблица 2

Состав пигментной пасты

Единица измерения	Рутил	Тальк	Кальцит	Сумма
Объёмных ед.	32,77	26,2	100	158,97
Массовых ед.	131,08	69,43	270	470,51
% масс.	27,86	14,76	57,38	100

Для того, чтобы определить объём вводимой фракции (φ_n), используется данное соотношение, основываясь на которое разработали состав пигментной пасты (таблица 2) [9], с критической объёмной концентрацией пигментов (КОКП) 0,75:

$$\varphi_n = 1 - \sigma_{n-1}\frac{\eta_n}{\sigma_{n-1}}\left(\frac{\sigma_{n-1}}{\eta_n}\right)^k \cdot \sum_{i=1}^{n-1}\varphi_i$$

Достоверность расчётных данных по критической объёмной концентрации пигментов подтверждается расчётными (уравнением Гута-Гольда) и измеренными реологическими характеристиками, стойкостью, а также внешним видом [10].

Для исследования возможности блокирования микрочастицами талька и рутила активных центров на поверхности кальцита, положительно заряжённых, а также общего с ними действия натрия ТПФ (триполифосфата) и натриевой соли КМЦ (карбоксиметилцеллюлозы), пигментная паста подвергается измельчению в лабораторном диссольвере.

Установлено, что средний заряд частиц пигментной пасты возрастает в промежутке 0-20 минут измельчения (рис.8) [11], что идентично увеличению площади поверхности частиц кальцита, которое происходит посредством разрушения его агрегатов.



Рис. 8. *Изменение удельной поверхности и заряда пигментной пасты при измельчении*

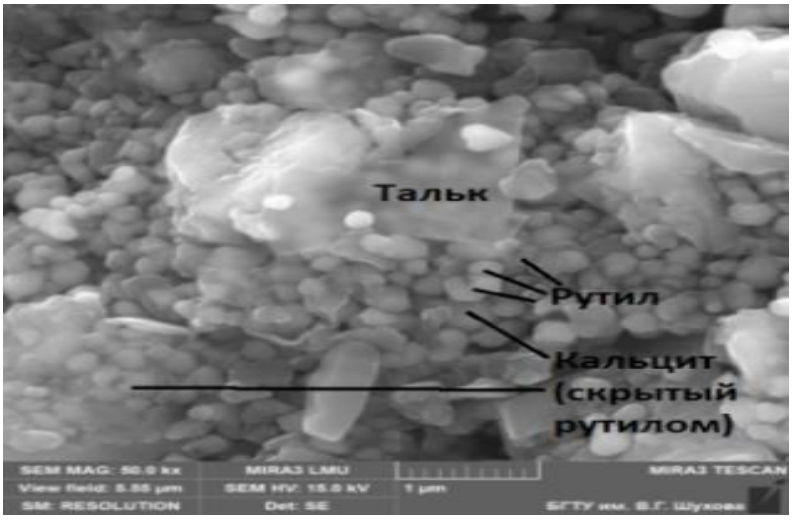
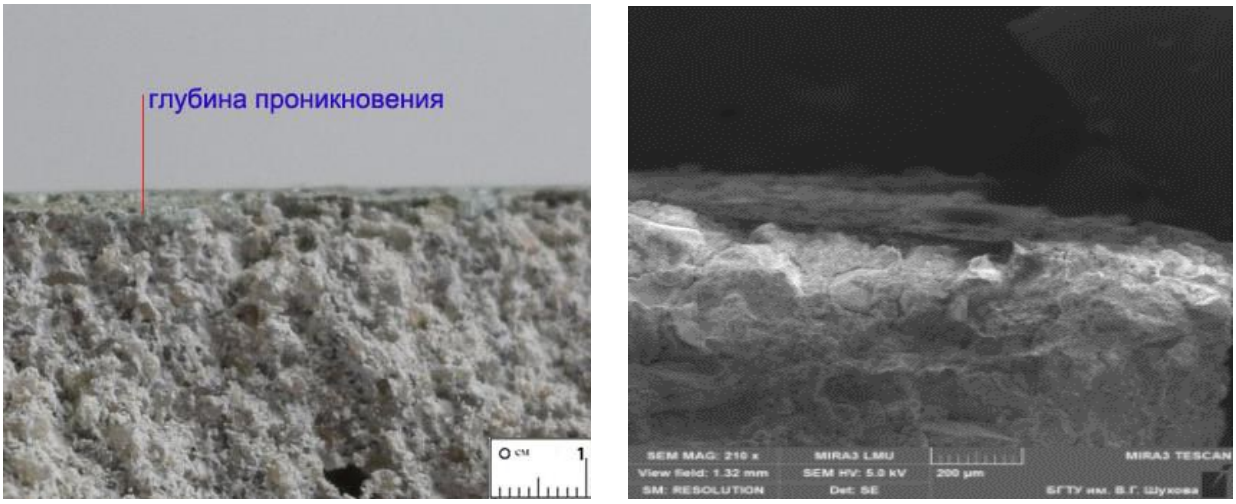


Рис. 9. *Микроструктура пигментной пасты после измельчения*



а) *б)*

Рис.10. *Макроструктура (а) и микроструктура (б) судовой поверхности с нанесённой на него грунтовкой*

Следовательно, соответственно изученной агрегативной устойчивости, стабильность наночастиц талька не снижается компонентами лакокрасочных материалов.

В связи с этим на основе стирол-акриловой дисперсии АС-10 разработали грунтовку, которая состоит из 80% воды, 15% полимерной дисперсии, 5% комплексной добавки. Данный состав обеспечивает гидрофобизацию поверхности, укрепление мелящего основания за счёт впитывания (рис.10) [13] и уменьшение щелочных выделений (рис.11) [14].

Исследования разработанных составов лакокрасочных материалов проводились в условиях лаборатории методом смывки с поверхности.

Установлено, что разработанная структура лакокрасочных покрытий с наночастицами талька обладает бактерицидной активностью и имеет прямо пропорциональную зависимость от количества, введённого в раствор наночастиц талька (рис. 12).

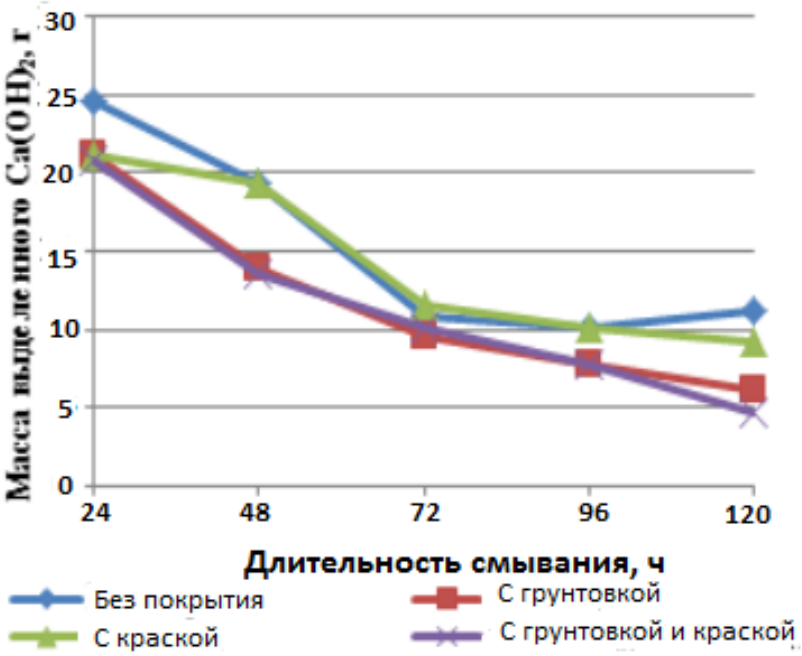


Рис. 11. *Объём щелочных выделений из подложки и покрытия с нанесённой на него грунтовкой и без грунтовки*

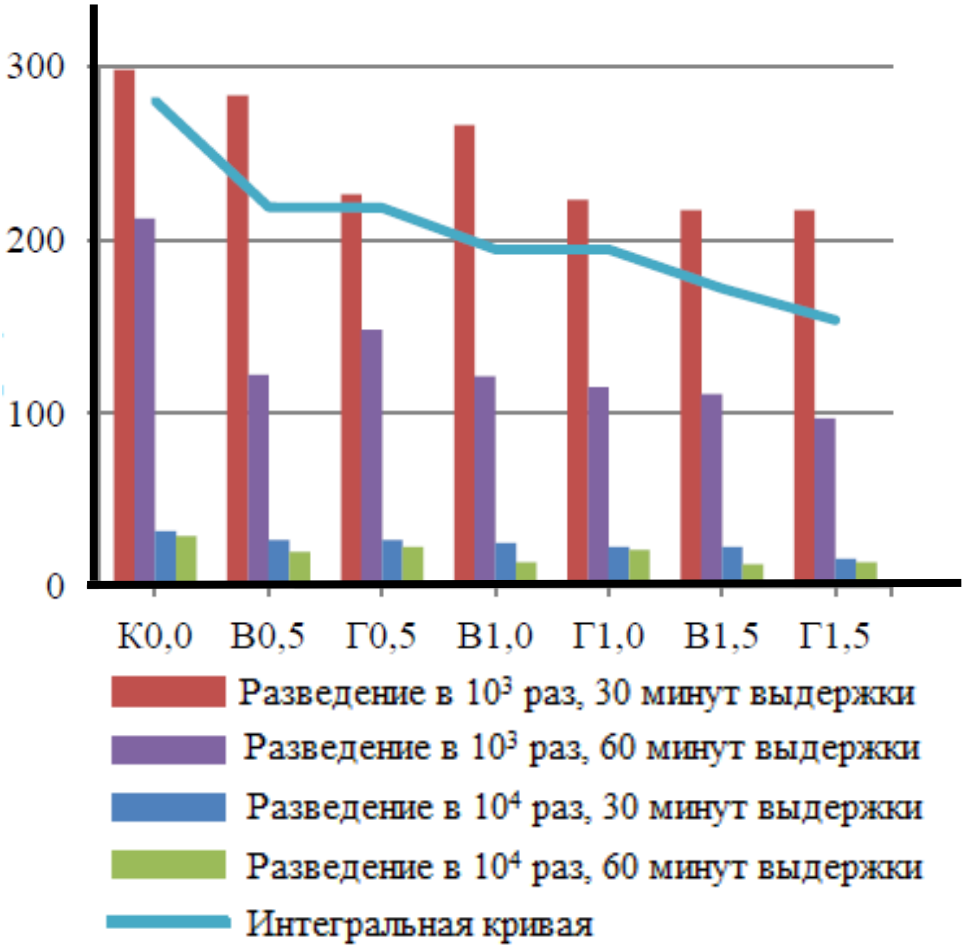


Рис. 12. *Снижение обсеменённости образцов краски в соответствии с количеством введения наночастиц талька: КХ – контрольный, ВХ – водный, ГХ – гликолевый раствор наночастиц талька, где Х – это количество введения раствора наночастиц талька, в %*

Выводы. Таким образом, основываясь на выполненные экспериментальные исследования, нами предложен метод стабилизации лакокрасочных материалов с наночастицами талька, а также разработан режим и метод на базе диссольверных технологий производства. Посредством этого метода наночастицы талька предохраняются от потери устойчивости и щелочного воздействия. Высокие скорости сдвига при помоле создают возможность успешного применения технологических и экологически чистых наполнителей для судовых ЛКМ.

Литература

1. Фатьянова, Н.В. Principles of selection of marine paint and coating materials and coating systems // Тезисы докл. XVI Межд. конф. молодых учёных «Молодёжь в науке 2019», -Минск: -2019, - с. 240-242.
2. Тюканько В.Ю., Островной К.А. Дюрягина А.Н., Пономарева Е.Б., Ширин С.А., Буйнова О.А. Модифирование кремнийорганических ЛКМ азот- и фосфорсодержащими поверхностно-активных веществ// Сборник трудов шестой межд. научно-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», – СПб., -2007, – с. 204.
3. Пат. 212256 РФ C09C1/62 (2006.01), C09C3/08 (2006.01), C09C3/12 (2006.01). Способ получения антикоррозионного пигмента на основе фосфатов алюминия и молибдена / ЗАО «Производственная фирма «Оксид»»; заявитель и патентообладатель ЗАО «Производственная фирма «Оксид»»; заявл. 01.07.1997, Бюлл. №9, 6 с.
4. Karpov U.A., Orlova V.A., Mironova I.V. Head-spays analysis of paints. //Proceedings of the 14-th International Conf. of the Israel Society for Quality. -2002. -p. 540-541.
5. Клестов, М.М. Основные этапы развития отечественной науки в области технологии судостроения // -1997. №3.
6. Дринберг, А.С. Антикоррозионные грунтовки / А.С.Дринберг, Т.В.Калинская, Э.Ф.Ицко// -Санкт-Петербург: ООО «НИПРОИНС ЛКМ и П с ОП», -2006, -168 с.
7. Дринберг, А.С. Растворители для ЛКМ/ А.С. Дринберг, Э.Ф. Ицко // -Санкт-Петербург: Химиздат, -2003, -216 с.
8. Максимов, А.Е. Механизация окраски наружных поверхностей корпусных конструкций в судостроении / А.Е. Максимов, Е.Л. Вакс, Е.К. Чирко // -1980. №4.
9. Михайлова, М.Л. Технологические резервы повышения долговечности ЛКП / М.Л. Михайлова, В.Д. Пирогов // Лакокрасочные покрытия и их применение. -2000. №7, -с. 16.
10. Барский, А.М. Пат. 241745 РФ C09C1/62 (2006.01), C09C3/08 (2006.01), C09C3/12 (2006.01). Антикоррозионный пигмент / И.А. Толмачев, А.С. Янковский. заявитель и патентообладатель Барский А. М. – 2009114560/05; опубл. 20.10.2010, Бюлл. №29, -6 с.
11. Фатьянова, Н.В. Применение наночастиц минерального наполнителя – талька в ЛКП // Сб. ст. XXIII Республиканской научной конф., -Баку: -2019, - с.16.
12. Фатьянова, Н.В. Принципы выбора судовых ЛКМ и систем покрытий. // Сб. мат. межд. науч. конф. «Актуальные проблемы и пути их решения при производстве строительных материалов», посвящённой памяти проф. Б.С.Сафарова, -Баку: -2018, -с. 147.
13. Фатьянова, Н.В. Методы расчёта расходов судовых ЛКМ// Научный журнал «Транспортное дело России», -М.: -2019г., -с. 156-157.
14. Салькеева, Л.К. Диспергирование пигментов фосфорсодержащими соединениями/ Л.К. Салькеева, А.Н. Дюрягина, В.Ю. Тюканько, К.А. Островной // Караганда, -2008. №3. -с. 69-74.

Məqalə qəbul olunub: 03.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

UOT 621.742.571.

LAZER EMALI REJİMLƏRİ VƏ BOZ ÇUQUNUN XASSƏLƏRİ

İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç.,18
Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
E-mail: nizism@mail.ru

Xülasə. *Lazer emal rejimlərinin boz çuqunun struktur və xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının əsas parametrləri - emal gücü və emal sürəti qum-gil və mərkəzdənqaçma qəliblərində alınmış oymaqların yeyilmə xarakteristikalarına əhəmiyyətli təsir göstərir. Təyin olunmuşdur ki, silindr oymaqlarının minimal yeyilməsinə lazer şüasının gücü P = 1250...1300 Vt və emal sürəti V = 6...7 mm/san (qum-gil qəlib), P =1200...1300 Vt və V = 4,5...6 mm/san (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) olduqda nail olunur.*

Abstract. *The effect of the laser treatment regime parameters on the structures and the properties of gray cast iron has been investigated. It has been established that the basic parameters of laser treatment - the power and speed of treatment has a significant impact on the wear of cylinder sleeves, obtained in sand-clay and centrifugal forms. It has been determined that minimal sleeve wear is provided at the power of the P=1200..1300 Wt laser and processing speed V= 4...6 mm/s.*

Аннотация. *Исследовано влияние режимных параметров лазерной обработки на структуры и свойства серого чугуна. Установлено, что основные параметры лазерной обработки – мощность и скорость обработки оказывает существенное влияние на характеристики износа цилиндровых втулок, полученных в песчано-глинистых и центробежных формах. Определено, что минимальый износ втулок обеспечивается при мощности лазера P=1200..1300 Вт и скорости обработки V = 4...6 мм/с.*

Açar sözlər: *rejim parametrləri, lazer emalı, struktur və xassələr, boz çuqun, oymaqların yeyilməsi*

Key words: *modes of parameters, laser treatment, structure and properties, grey cast iron, sleeve wear*

Ключевые слова: *режимные параметры, лазерная обработка, структура и свойства, серый чугун, износ втулок*

Giriş. Gəmi dizellərinin mürəkkəb istismar şəraiti hissələrin yüksək yeyilməsinə səbəb olur və gəmi təmirinə daha çox vəsaitin xərclənməsinə gətirib çıxarır (1,2). Gəmi mühərriklərinin istismar müddəti xeyli dərəcədə silindr-piston qrupu (SPQ) detallarının texniki vəziyyətindən asılıdır.

SPQ-nin daha çox yüklənmiş detallarından biri silindr oymağıdır (SO), onun yeyilməsi mühərrikin işləmə dövrünü müəyyən edir (3,4). Odur ki, gəmi dizelləri silindr oymaqlarının yeyilmə xarakteristikaları və resursunun artırılmasına ciddi ehtiyac vardır.

Oymaqların möhkəmləndirilməsinin kifayət 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 (5,6).

Əhəmiyyətli tədqiqatların aparaılmasına baxmayaraq, oymaqların etibarlı möhkəmləndirilməsi texnologiyaları mövcud deyildir. Ona görə də silindr oymaqlarının yeyilməyə davamlılığının artırılması problemi hələ də aktuallıq kəsb edir.

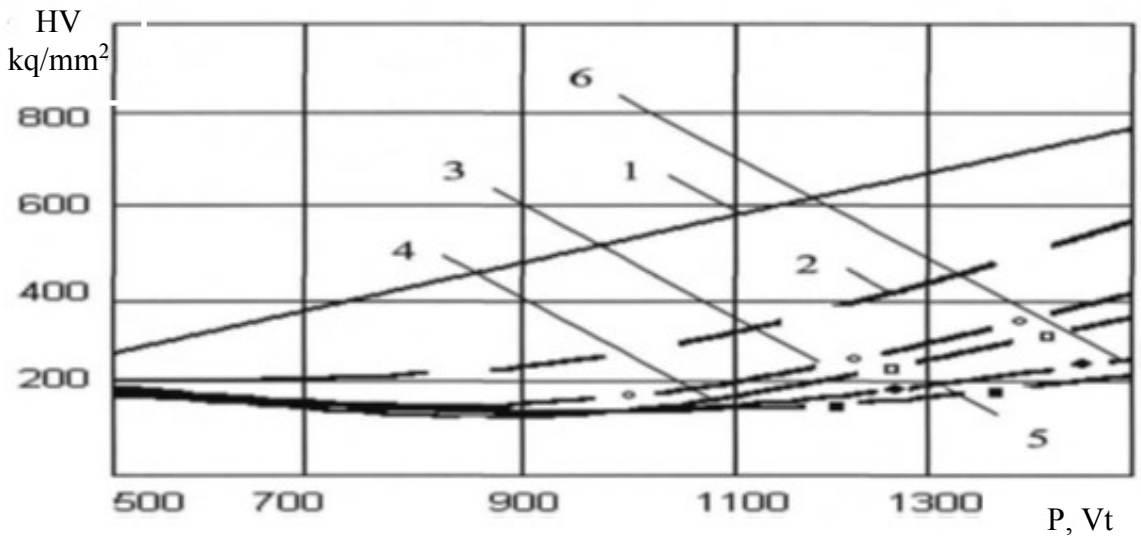
Tədqiqatın əsas məzmunu. Əvvəlki tədqiqatlar göstərir ki, qum-gil qəlibdə və mərkəzdənqaçma texnologiyası ilə hazırlanmış və işçi səthi möhkəmləndirilmiş boz çuqunun

strukturu və fiziki-mexaniki xassələri əhəmiyyətli dərəcədə lazer emalının rejim parametrləri, xüsusilə emal gücü və sürətindən asılıdır (6,7).

Boz çuqundan (СЧ25) iki üsulla: mərkəzdənqaçma və qum-gil qəliblərdə hazırlanan silindr oymaqlarının lazerlə möhkəmləndirilməsinin müxtəlif rejimləri öyrənilmişdir. Məlumdur ki, mərkəzdənqaçma tökmə üsulu daha mütərrəqi və texnolojidir, çünki bu halda alınan çuqunun strukturu daha kip olur.

Lazer emalının oymağın materialına təsirinin qiymətləndiriləmə meyarları kimi: səth qatının bərkliyi (HV), qatlar üzrə mikrobərkliyin dəyişməsi, tablanma dərinliyi h, yeyilmə və variasiya amillərinin bütün diapozonunda mikrostruktur götürülmüşdür.

Tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, mikrobərkliyin (HV) dəyişməsi lazer emalının zonalarının dərinliyi üzrə əsasən lazer şüasının gücündən P asılıdır (şək. 1 və 2). Lazerin gücünü 700-dən 1700 Vt-dək artırdıqda səthin mikrobərkliyi HV 750-dək (qum-gil qəlibə tökmə) artır və bu, qrafitin sürətli həll olması, mikroməsamələrin miqdarının azlması və ledeburitin miqdarının artması ilə əlaqədardır.



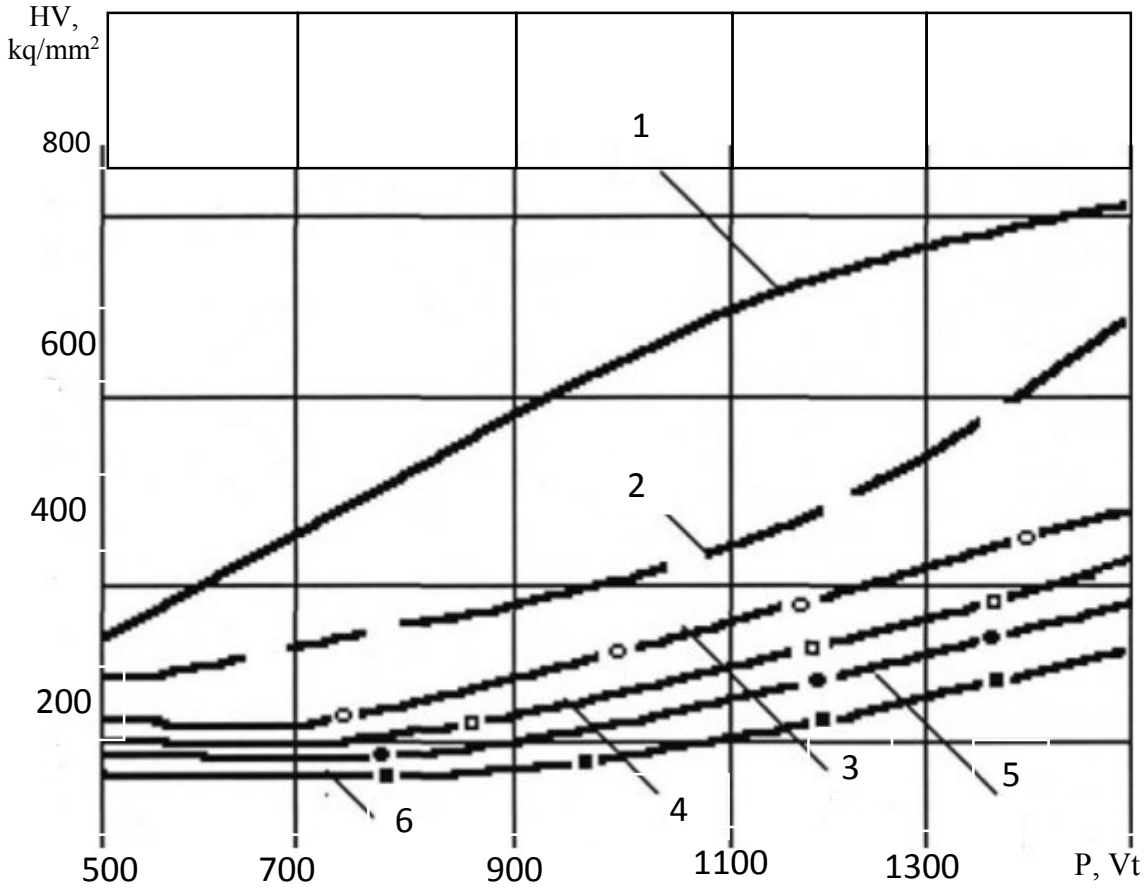
Şək. 1. *Lazerin gücündən P asılı olaraq emal zonalarının dərinliyi h üzrə mikrobərkliyin HV dəyişməsi (qum-gil qəlib)*

1) —— $h_{0,02}$, 2) —— —— $h_{0,12}$, 3) —— ° —— $h_{0,22}$,
4) —— □ —— $h_{0,32}$, 5) —— • —— $h_{0,42}$, 6) —— ■ —— $h_{0,52}$

Mikrobərkliyin maksimal qiyməti (HV 900) mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış çuqun oymaqlar üçün P = 1700 Vt olduqda alınır. Qum-gil qəliblərdə alınmış çuqunlarda 0,12 mm dərinlikdə P = 700 Vt olduqda mikrobərklik cüzi dəyişir. Bu, lazer emalının yüksək sürəti və aşağı gücü (strukturu dəyişmək üçün) ilə izah olunur.

≥ 0,22 mm dərinlikdə yerləşmiş qatlarda mikrobərkliyin azacıq azalması baş verir. Bu onunla izah olunur ki, bu qatlarda yəqin ki, tabəksiltmə strukturu əmələ gəlir.

Lazerin gücünün sonrakı artırılması (P > 1700 Vt) zamanı bərkliyin müəyyən qədər azalması baş verir. Aydındır ki, bu halda qrafit demək olar ki, bütünlüklə həll olunmuşdur, lazerin gücünün artırılması isə austenitin miqdarının artmasına və soyutma sürətinin azalması hesabına martensitin miqdarının azalmasına gətirib çıxarır, həmçinin karbonsuzlaşma səbəbindən sementitin miqdarının azalması baş verir.



Şək. 2. *Lazerin gücündən P asılı olaraq lazer emalı zonanın dərinliyi h üzrə mikrobərkliyin HV dəyişməsi (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)*

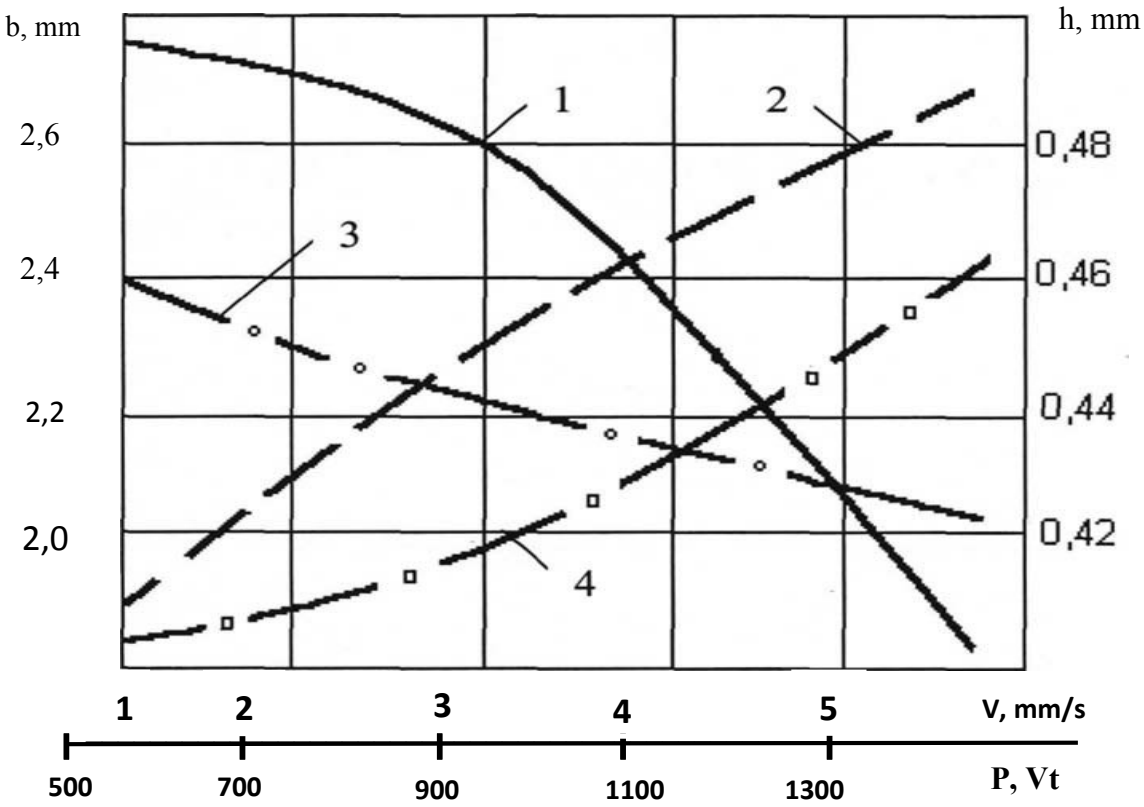
1) ——— $h_{0,02}$, 2) — — — $h_{0,12}$, 3) — ° — $h_{0,22}$,
4) — □ — $h_{0,32}$, 5) — • — $h_{0,42}$, 6) — ■ — $h_{0,52}$

Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının rejimləri lazer təsiri zonalarının dərinliyi və eninə birbaşa təsirə malikdir. Şək. 3-də lazer emalı zonasının dərinliyi h və eni b-nin lazer şüasının sürəti və gücündən asılılığı göstərilimişdir. Lazer şüasının gücünün artırılması ilə termiki möhkəmlənmə zonasının eni və dərinliyi artır.

Sürət V > 3 mm/s və güc P > 500 Vt olduqda ərimə zonası yoxdur, çuqunun mikrostrukturunda ancaq dərinliyi 0,2 mm-dən çox olmayan bərk fazanın tablanma zonasını müşahidə etmək olar. Şüalanma gücünü 900 Vt-dək yüksəltdik də və sürət V = 1,2 mm/s olduqda ərimə zonasının səthində mikro nahamarlığın böyük hündürlükləri (Rz = 100...160mkm) və ərimiş cığırların qeyri-bərabər eni müşahidə olunur.

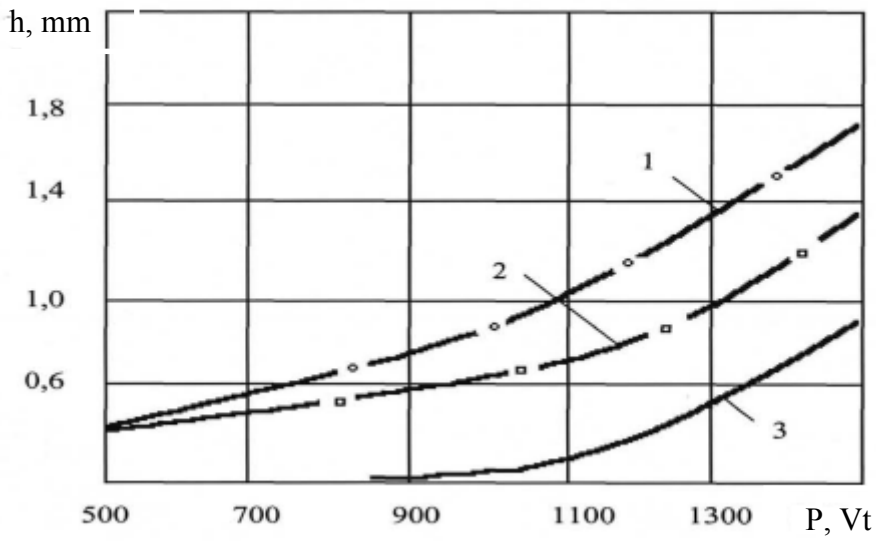
Emal sürətinin artırılması isə termiki təsir zonasının üst hissələrində qrafit birləşmələri ətrafında matrisanın karbonla doyma dərəcəsinin azalmasına gətirib çıxarır. Termiki təsir zonasının aşağı hissəsində austenit çevrilmələrinin qızdırma zamanı başa çatmaması və bərk məhlul karbonla daha az doyur. Nəticədə lazer emalının dərinliyi və eni sürətin azrtması zamanı hiss olunacaq dərəcədə azalır.

Lazer emalının gücünün müxtəlif üsullarla alınmış boz çuqunların möhkəmləndirilmiş zonasının dərinliyinə təsiri şək. 4 və 5-də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, gücün dəyişməsi daha böyük təsiri mərkəzdənqaçma üsulu ilə alınmış СЧ25 çuqunun termomöhkəmləndirmə dərinliyinə göstərir.



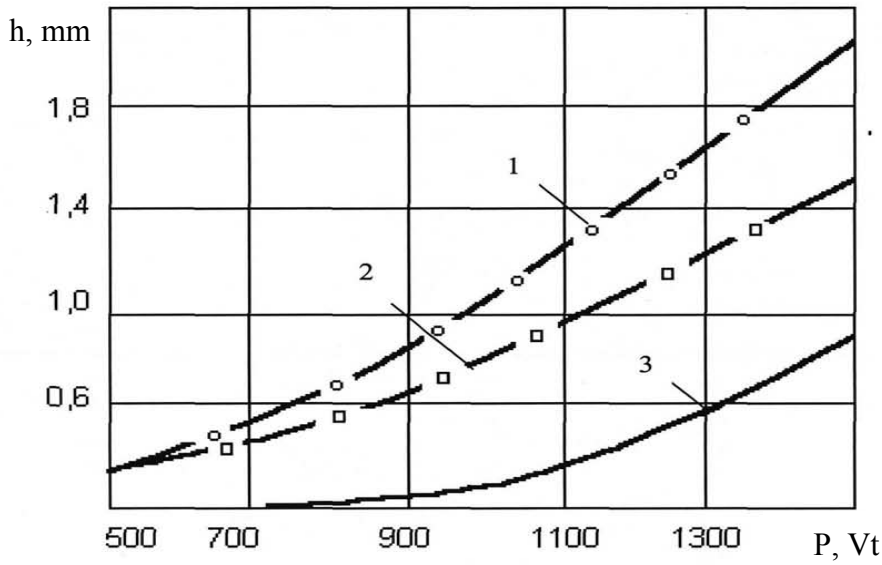
Şək. 3. *Lazer emalının zonasının dərinliyi h və eninin b sürət V və gücündən P asılılığı:*

1) ——— h(v) , 2) —— —— h(ρ),
3) —— □ —— h(v) 4) —— • —— h(ρ) ,



Şək. 4. *Şüanın gücünün P lazer emalı zonası dərinliyinə h təsiri (qum-gil qəlib)*

1) —— ° —— h, 2) —— □ —— h_{TTZ} , 3) ——— h_{LEZ} ,



Şək. 5. *Şüanın gücünün P lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)*

1) —— ° —— h, 2) —— □ —— $h_{ЗТФ}$, 3) —————— $h_{ЗЛО}$,

Belə ki, çuqunun ərimə zonası (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) P > 700 Vt olduqda müşahidə olunur, eyni zamanda torpaq qəliblərə tökülmüş çuqunlarda belə zona P = 800...900 Vt olduqda yaranır.

Lazer şüasının gücünü 900...1700 Vt-dək intervalda qaldırdıqda mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökülmüş çuqun oymaqlarda laer möhkəmlənməsinin dərinliyi 2 mm - dək artır, qum - gil qəliblərdə hazırlanmış çuqunlarda bu göstərici 1,6 mm təşkil edir.

Çuqunun möhkəmlənmiş zonasının dərinliyi üzrə mikrobərkliyin paylanma xarakteri şək. 6-da təqdim olunur. Lazer emalının gücü 520...1700 Vt olduqda dərinlik üzrə mikrobərkliyin azalmasının ümumi qanunauyğunluğu müşahidə olunur. P = 1280 Vt olduqda lazer emalı zonasının səthində mikrobərkliyin müşahidə olunan azalması münasib şəraitdir, çünki materialın uyuşma prosesi daha az vaxt ərzində baş verəcəkdir.

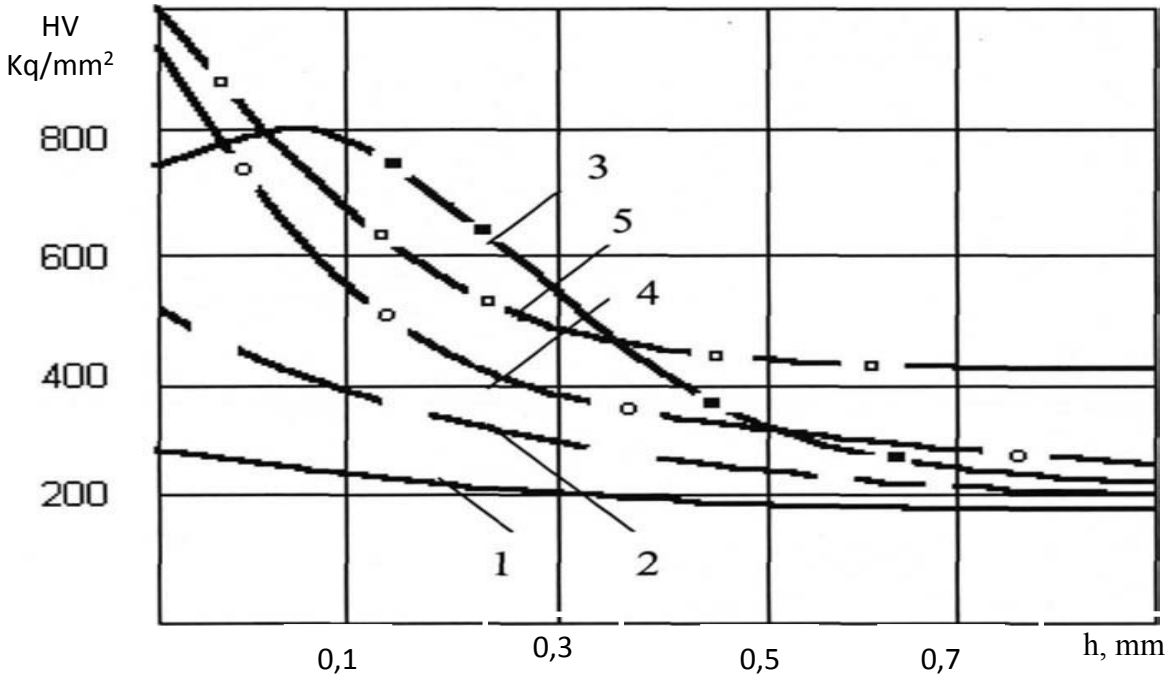
Bu zaman lazer emalından sonra silindr oymaqlarının ,,uyuşma" əməliyyatının əmək tutumu azalır. Uyuşmadan kontakt səthlərində 0,05...0,07 mm dərinlikdə mikrobərklik HV = 800 kq/mm^2 - dək artır, yüksək yeyilməyə davamlı mikrostrukturun formalaşması gedir.

Belə qalınlıqda xərdadənəli sementit birləşmələrilə austenit – martensit sahələri müşahidə olunur. Struktur təşkiledicilərinin, qrafit və perlitin (Гр, Гп, Пд, Пп – uyğun olaraq) miqdarının boz çuqunun ərimə zonasının dərinliyinə təsiri şək. 7 və 8-də göstərilmişdir.

Sınaqlarda nümunələr güc P=520...1700 Vt və sürət V=10 mm/s olduqda möhkəmlən-dirilmişdir. Torpaq qəliblərdə alınmış çuqun oymaqların lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün qrafit birləşmələrinin ölçüsü 95 mkm-dən az onların faizlə miqdarı isə maksimal olmalıdır. Perlitin də 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.

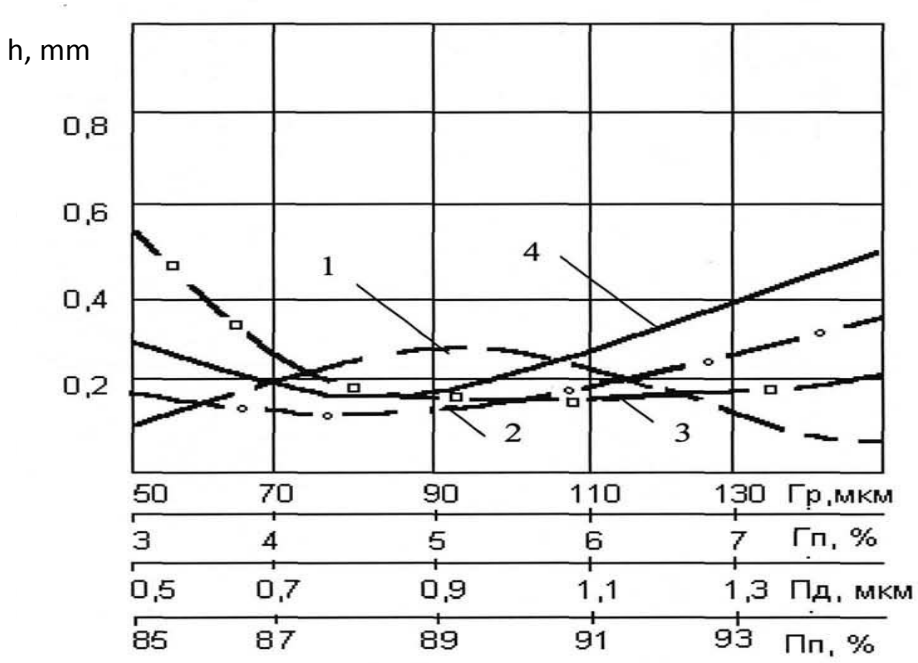
Mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış çuqunlarda qrafit birləşmələrinin böyüməsilə lazer emalının dərinliyinin azacıq artımı baş verir. Qrafitin faizlə miqdarının artması isə tərs asılılığa səbəb olur. Lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün perlitin maksimal qatılığı və minimum ölçülərini əldə etmək zəruridir. Qrafitin ölçüsü və perlitin faizlə miqdarının yeyilməyə təsiri şək. 9 və 10-da göstərilmişdir. Bu amillərin yeyilməyə təsir xarakteri töküklərin baxılan alınma üsullarında eyni qanunauyğunluğa malikdir. Qrafitin ölçüsü 100 mkm-dək və miqdarı 90%-dək artırdıqda çuqunun yeyilməyə davamlılığı azalır.

Qrafitin ölçülərinin 100 – 110 mkm intervalında və perlitin miqdarı 90...92% olduqda maksimal yeyilmə müşahidə olunur. Odur ki, yeyilməni azaltmaq üçün perlitin maksimal qatılığına və qrafit birləşmələrinin 110...130 mkm ölçüsünə malik struktur əldə etmək lazımdır.



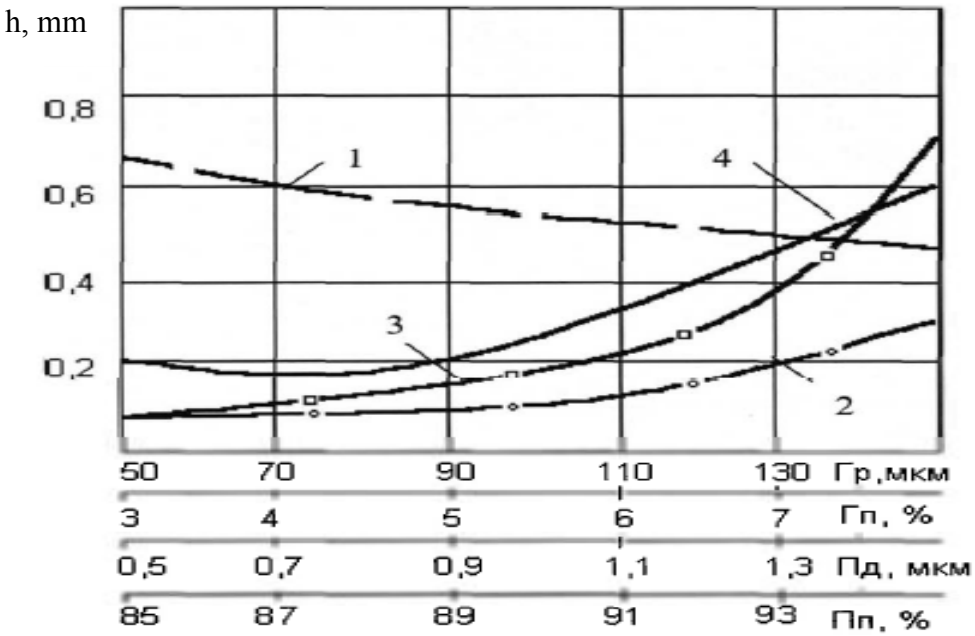
***Şək. 6**. Sürət V = 10 mm/s olduqda gücün P dərinlik üzrə mikrobərkliyə HV təsiri:*

1) ——— P = 520 Vt , 2) — — P = 930 Vt , 3) —°— P=1280Vt ,
4) — □ — P = 1570 Vt , 5) —▪— P= 1700 Vt



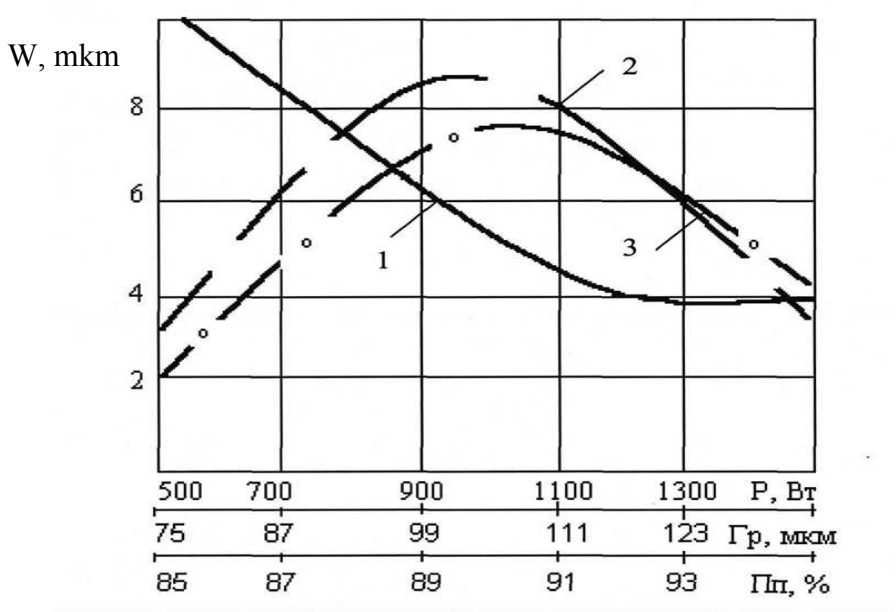
***Şək. 7.** Qrafitin (Гр, Гп) və perlitin (Пд, Пп) ölçü və miqdarının lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri (P = 520...1700 Vt, V = 10 mm/s, qum-gil qəlib)*

1) — — Гр, 2) —°— Гп ,
3) — □ —Пд, 4) ——— Пп



Şək. 8. *Qrafitin və perlitin ölçü və miqdarının (Гр, Гп və Пд, Пп) lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri (P = 520...1700 Vt, V = 10 mm/s, mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)*

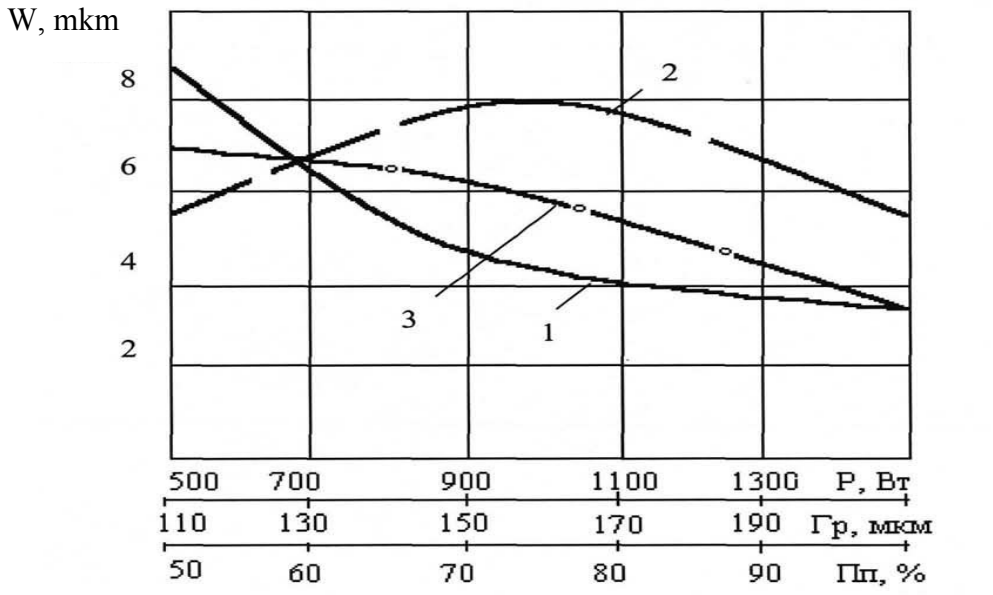
1) ——— ——— Гр, 2) ——— ◦ ——— Гп,
3) ——— □ ——— Пд, 4) ——————— Пп



Şək. 9. *Şüanın gücü P, qrafitin ölçüsü Гр və perlitin miqdarının Гп boz çuqunun yeyilməsinə W təsiri (qum-gil qəlib)*

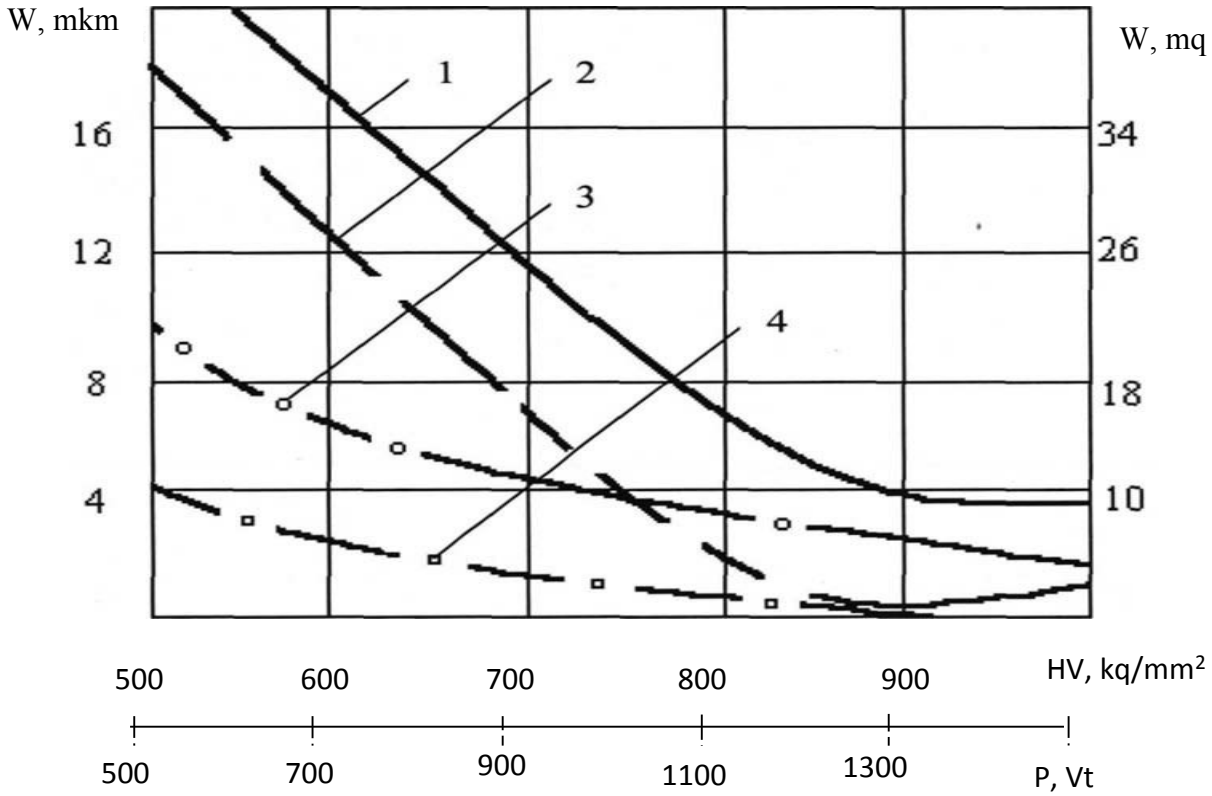
1) ——————P, 2) ——— ——— Гр , 3) ——— ◦ ——— Гп

Şək. 11 və 12-də boz çuqundan hazırlanmış silindr oymaqlarının lazer emalından sonra xətti və çəki yeyilməsinə əsas amillərin təsiri göstərilmişdir. Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, oymaqların minimal yeyilməsinə nail olmaq üçün lazer şüasının gücü P = 1000...1300 Vt, sürət V = 5...8 mm/s intervalında olmalıdır, bu halda mikrobərklik HV 800...900 kq/mm^2 həddində alına bilər. Belə mikrobərklik çuqun oymaqların maksimal yeyilməyə davamlılığını təmin edə bilər.



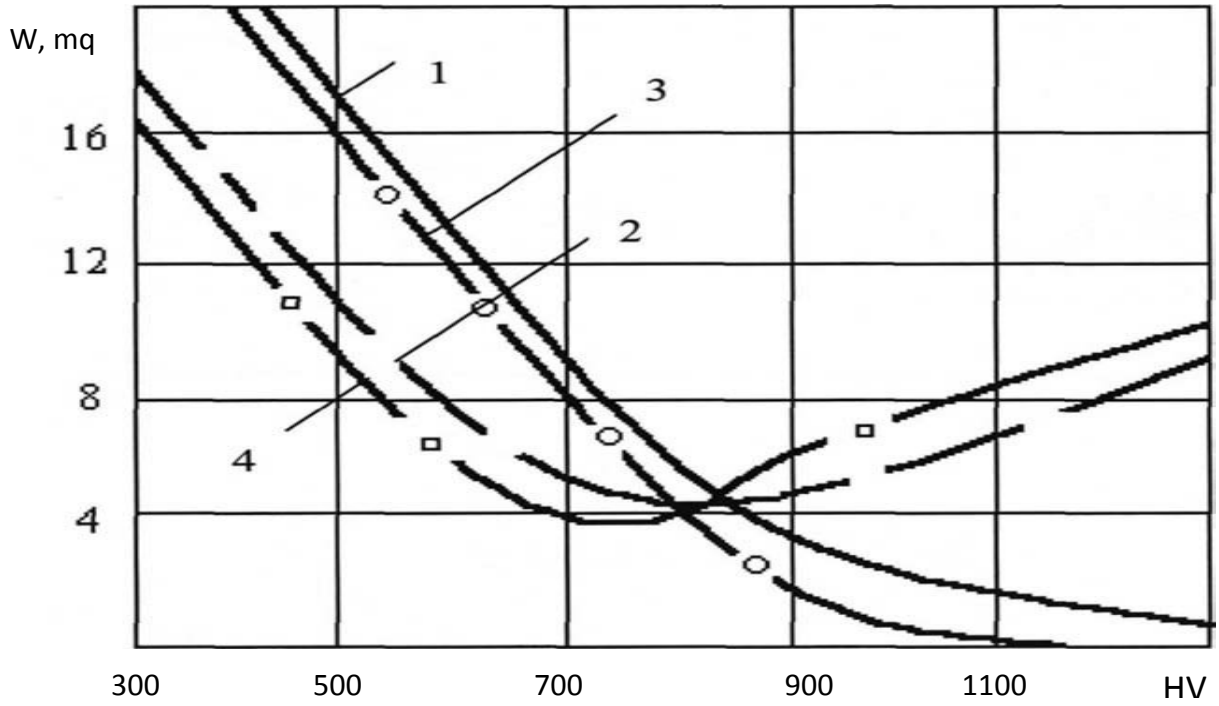
Şək. 10. *Lazer emalının gücü P, qrafitin ölçüsü Гр və perlitin miqdarının Пп boz çuqunun yeyilməsinə W təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)*

1) ——— P, 2) ——— ——— Гр,
3) ——— ◦ ——— Гп



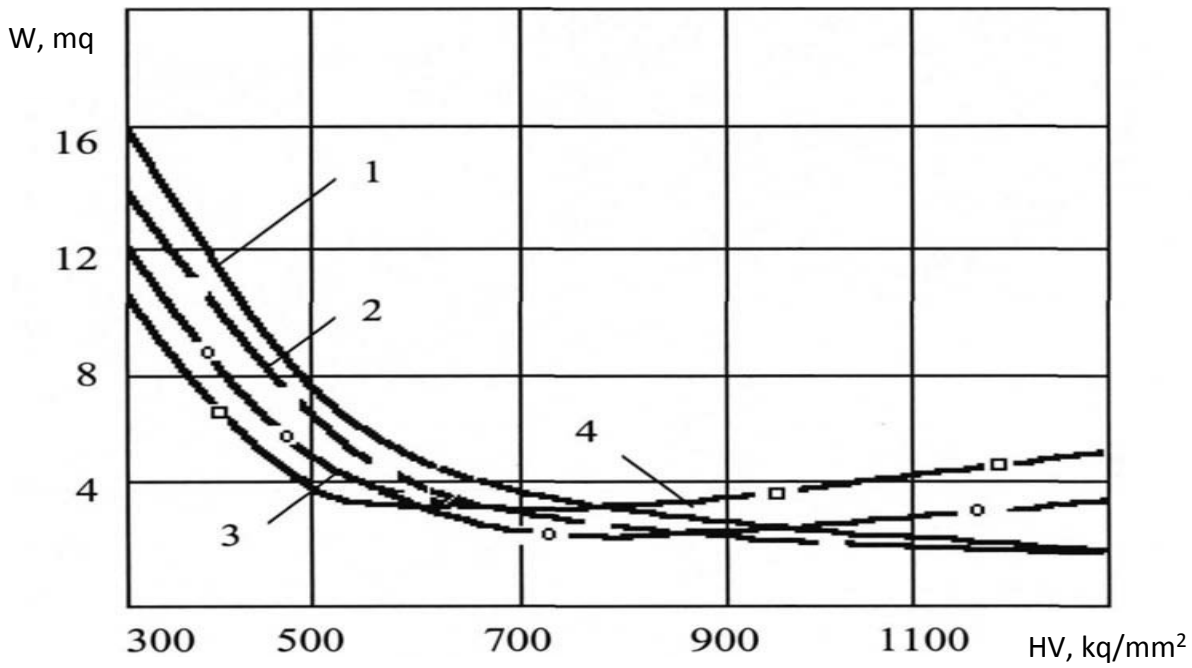
Şək. 11*. Boz çuqunun yeyilməsinə lazer şüasının gücünün P və mikrobərkliyin HV təsiri:*

1) ——— W, mkm (P) , 2)——— ——— W, mq (P),
3) ——— ◦ ——— W, mkm (HV), 4)——— □ ——— W, mq (HV),



Şək. 12. *W mikrobərkliyin HV materialın yeyilməsinə lazer emalı zonasının müxtəlif dərinliklərində h təsiri (qum-gil qəlib):*

1) ——— $h_{0,02}$, 2) — — $h_{səth}$,
3) — ○ — $h_{0,07}$, 4) — □ — $h_{0,12}$,



Şək. 13. *Lazer emalı zonasının müxtəlif dərinliklərində h materialın yeyilməsinə W mikrobərkliyin HV təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)*

Nəticə. Beləliklə, müəyyən olunmuşdur ki, silindr oymaqlarının minimal yeyilməsinə lazer şüasının gücü P = 1250...1300 Vt və lazer şüasının sürəti V = 6...7 mm/san (qum-gil qəlib), P =1200...1300 Vt və V = 4,5...6 mm/san (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) olduqda nail olunur.

Ədəbiyyat

1. Pratik Kakade. Analyzing and Identifying Various Approaches for Crankshaft Failures // Pratik Kakade. Manish D. Pasarkar Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 3159-0040, Vol. 2 Issue 2, February. –2015.
2. 2. Troy F. Guidelines for preventing torsional Vibration Problems in reciprocating Machinery / F. Troy, H. Charles // Engineering Dynamics Incorporated. San Antonio: University Oak, -2002. p. 48.
3. Правила классификации и постройки морских судов. ЧАСТЬ VII. // Механические установки. НД №2-020101-124. СП-б.: РМРС, -2020. -107 с. 4.
4. International Management for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention (Edition 2015), -2015. -7 c.
5. Jianda, Y., Hongyun, L., Zhonghua, L. (2014). A plasticity-corrected stress intensity factor for fatigue crack growth in ductile materials under cyclic compression. International Journal of Fatigue, 59, 208 – 214.
6. Yamada, Y., Ziegler, B., Newman Jr, J.C. (2011). Application of a strip-yield model to predict crack growth under variable-amplitude and spectrum loading – Part 1: Compact specimens. Engineering Fracture Mechanics, 78, 2597 – 2608.
7. Wang J., Yi B., Zhou H. Framework of computational approach based on inherent deformation for welding buckling investigation during fabrication of lightweight ship panel // Ocean Engineering. 2018. V.157. Pp. 202–210.
8. Wang J., Ma N., Murakaw H. An efficient FE computation for predicting welding induced buckling in production of ship panel structure // Marine Structures. 2015. V.41. Pp. 20–52

Məqalə qəbul olunub: 01.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

УДК 621.762

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПОРОШКОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Горчакова С.А.

Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского
Российская Федерация, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50 а
E-mail: gorchakova@msun.ru

Аннотация. *Изучена возможность использования порошковой быстрорежущей стали для изготовления режущего инструмента. Исследованы структурные особенности, фазовый состав и свойства порошковой стали, полученной из стружковых отходов. Исследовано влияние углерода и термической обработки на фазовый состав и структуру порошковых сталей.*

Xülasə. *Kəsici alətin hazırlanması üçün tezkəsən ovuntu poladından istifadə edilməsi imkanı öyrənilmişdir. Yonqar tullantılarından alınan ovuntu poladının struktur xüsusiyyətləri, faza tərkibi və xassələri tədqiq edilmişdir. Karbon və termik email ovuntu poladının faza tərkibinə və strukturuna təsiri tədqiq edilmişdir.*

Abstract. *The possibility of using high-speed powder steel for the manufacture of cutting tools is research. The structural features, phase composition and properties of powder steel obtained from chip waste are studied. The influence of carbon and heat treatment on the phase composition and structure of powder steels is investigated.*

The structural features and phase composition of high-speed powder steel obtained from chip waste are research.

Ключевые слова: *структура, фазовый состав, быстрорежущие стали, термическая обработка, порошковая металлургия*

Açar sözlər: *struktur, faza tərkibi, tezkəsən polad, termik emal, ovuntu metallurgiyası*

Key words: *structure, phase composition, high-speed steels*, *heat treatment, powder metallurgy*

Введение. Своевременное проведение технического обслуживания и качественный ремонт являются основой эффективной работы как морского, так и наземного транспорта. Для совершенствования технологии ремонта необходимо развивать оптимизацию технологических процессов, а также снижать себестоимость ремонтных работ.

В практике ремонта для механической обработки используют различные инструменты, включая слесарные, измерительные и режущие. Для изготовления инструментов применяют различные инструментальные материалы в соответствии с конкретными условиями эксплуатации. Независимо от этих условий инструментальные материалы должны обладать высокой твёрдостью, прочностью и износостойкостью. Для изготовления режущего инструмента широко используют быстрорежущие стали, в том числе полученные порошковой металлургией с использованием в качестве исходного сырья стружковых отходов сталей [1]. Использование порошка, полученного из металлической стружки, позволяет решить проблему вторичного употребления образовавшихся в процессе фрезерования стружечных отходов быстрорежущих сталей, которые содержат дорогостоящие легирующие элементы.

Основная часть. На некоторых металлообрабатывающих предприятиях складируются металлические отходы в виде стружки, образовавшейся при изготовлении инструмента из быстрорежущих сталей в процессе фрезерования. Такая стружка содержит значительное количество дорогостоящих легирующих элементов, поскольку соответствует химическому составу исходной быстрорежущей стали. К таким элементам относятся вольфрам, ванадий, кобальт, молибден, поэтому стружкоотходы быстрорежущих сталей являются ценным вторичным сырьём.

Металлические отходы промышленных предприятий поступают на переплавку, в результате чего часть легирующих элементов теряется вследствие их выгорания при высокой температуре. Для снижения потери этих легирующих элементов альтернативно традиционной технологии переплавки успешно используются методы порошковой металлургии. В свою очередь методы порошковой металлургии различаются по способу переработки исходных материалов, в частности, механический размол стружкоотходов, получение распылённого порошка, механохимический синтез.

Независимо от способа производства быстрорежущей стали для придания инструменту требуемых эксплуатационных свойств необходимо выполнять термическую обработку. Порошковые стали имеют свои структурные особенности, которые необходимо учитывать при выборе режима термической обработки. Выбор правильного режима очень важен, так как обеспечивает инструменту необходимую структуру, механические и эксплуатационные свойства.

В данной работе исследовали влияние содержания углерода на фазовый состав, структуру и свойства порошковой стали, полученной из стружкоотходов стали Р6М5. Стружку измельчали в порошок размером до 250 мкм, прессовали методом холодного прессования, прессовки спекали, дополнительно прессовали методом горячего прессования, затем подвергали термической обработке. После размола в шаровых мельницах порошки имели повышенную окисленность, которая увеличивалась пропорционально дисперсности порошка. Массовое содержание кислорода в стружке составляло 0,05 %, после размола оно увеличилось до 0,25% в порошке зернистостью менее 250 мкм и до 0,47% в порошке зернистостью менее 63 мкм. Кислород присутствовал в виде окислов железа Fe_2O_3 и окислов хрома Cr_2O_3.

Для снижения примеси кислорода в процессе последующего спекания порошок смешивали с сажистым графитом. Предполагалось, что вводимый углерод (графит) полностью израсходуется на соединение с кислородом в процессе спекания. На практике оказалось, что при спекании углерод привёл к образованию карбидов, что способствовало науглероживанию и изменению фазового состава и структуры стали. Для изучения этого влияния исследовали образцы с содержанием углерода 0,8…1,3%.

Вследствие введения графита порошковая сталь имеет повышенное содержание углерода, что следует учитывать при выборе режима термической обработки. Также необходимо учитывать некоторые структурные особенности порошковых сталей, которые оказывают значительное влияние на кинетику фазовых превращений [2]. К таким особенностям относятся повышенное количество дефектов, таких как флуктуации по углероду вследствие его различной концентрации внутри частиц и на граничных поверхностях, неоднородность распределения легирующих элементов, скопление дислокаций вблизи пор. Действие пор, как и действие других дефектов, очевидно, создаёт условия быстрого зарождения центров кристаллизации.

Было установлено, что после спекания сталь имеет следующий состав: мартенсит, остаточный аустенит и карбиды типа M_6C, M_3C_2, M_7C_3, MC. По мере повышения содержания углерода в стали увеличивается параметр кристаллической решётки аустенита, достигая максимального значения при 1,2…1,3%C, что указывает на перенасыщенность углеродом γ–твёрдого раствора. Кроме того, растёт количество остаточного аустенита с 21 до 65%, достигая наибольшего значения при 1,3%C. Микроструктура стали с содержанием углерода 0,8…1,05% по массе характеризуется мелкими равномерно распределёнными карбидами со средним размером 1…2мкм, мартенситом и остаточным аустенитом, размер зерна которого составляет 10-11 баллу.

У спечённой стали с массовым содержанием углерода 1,05…1,3% наблюдается крупное зерно аустенита (7-8 балл) и карбиды размером 5…6 мкм. В образцах с содержанием 1,2…1,3%C отмечается образование карбидной сетки, а также появление ледебуритной эвтектики. После спекания и последующего динамического горячего прессования образцы отжигали с целью подготовки структуры для закалки и предупреждения появления нафталинистого излома. Основные фазовые составляющие отожжённой стали: феррит и карбиды типа M_6C, M_3C_2, M_7C_3, MC. Параметр кристаллической решётки α–фазы имеет наибольшее значение при 0,8…0,9%C, а наименьшее – при более 0,9%C. Это свидетельствует о том, что с увеличением содержания углерода в стали растворимость легирующих элементов в α –твёрдом растворе падает. В то же время параметр кристаллической решётки карбида M_6C увеличивается за счёт уменьшения дефицита углерода в углеродной подрешётке карбида [2].

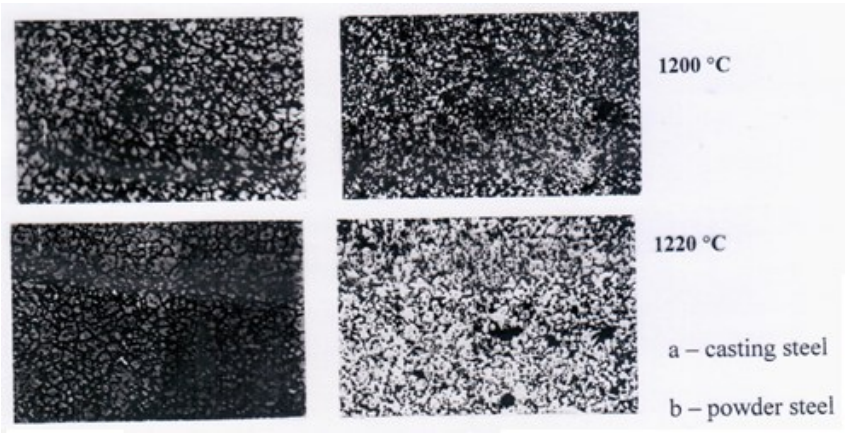
Закалённая и отпущенная сталь имеет следующие фазовый состав: мартенсит, карбиды типа M_6C, M_7C_3, MC и остаточный аустенит. Аустенит высокоуглеродистой стали характеризуется повышенной устойчивостью, температура начала мартенситного превращения снижается. Структура стали с 0,8…1,05% углерода состоит из мелкоигольчатого мартенсита и дисперсных карбидов. В структуре стали с 1,1…1,3% углерода карбиды – укрупнённые, мартенсит – крупноигольчатый.

При исследовании фазового состава особенно важно было изучить характер изменения состава карбида, обеспечивающего высокую красностойкость стали – карбида M_6C. Из результатов фазового анализа видно, что состав карбида M_6C после отпуска по сравнению с закалённым состоянием несколько изменился. Эти изменения обусловлены тем, что что при отпуске выделяются дисперсные карбиды M_6C, M_3C, M_7C_3, MC, причём в решётку карбида M_6C могут входить атомы легирующих элементов, а из карбида в твёрдый раствор переходить атомы железа. Кроме того, существовавшие до отпуска карбиды M_6C служат центрами кристаллизации и на них могут кристаллизоваться карбиды различного происхождения в виде оторочки. Поэтому концентрация легирующих элементов и железа в карбиде M_6C может изменяться в до-

вольно широких пределах. При этом надо учитывать, что выделяющиеся карбиды M_6C по концентрации W, Mo и др. беднее, чем первичные, нерастворившиеся карбиды. Так, например, в высокоуглеродистой стали с более низкой легированностью матрицы карбид M_6C обедняется вольфрамом и молибденом, но обогащается ванадием. Это вызвано тем, что на поверхности первичных карбидов M_6C кристаллизуются дисперсные карбиды M_6C с меньшей концентрацией этих элементов. Увеличение ванадия в карбиде связано с более высокой насыщенностью матрицы углеродом и выделением карбида ванадия. Уменьшение хрома в карбиде обязано обменной реакции с железом при отпуске. Количество кремния в карбиде вольфрама после отпуска уменьшается также вследствие обменной реакции с железом. Таким образом, в высокоуглеродистой отпущенной стали выделившийся карбид вольфрама обеднён вольфрамом и молибденом вследствие ненасыщенности твёрдого раствора.

Порошковая сталь по сравнению с литой обладает более низкой склонностью к росту зерна аустенита. Это объясняется измельчением первичного зерна литой быстрорежущей стали при стружкообразовании и размоле. При этом измельчаются карбиды, разрушается карбидная (дендритная) ликвация. Кроме того, на уменьшение склонности к росту зерна может повлиять остаточная пористость вследствие того, что границы зёрен при движении, выходя на поры, закрепляются на них.

Качество термической обработки контролировали по величине зерна аустенита, которая должны соответствовать 10…11 баллу для создания необходимого комплекса свойств режущего инструмента. После закалки, как и после спекания, структурными составляющими являлись мартенсит, аустенит и карбиды (рис.). Твёрдый раствор порошковой стали насыщается легирующими элементами при более низких температурах по сравнению с литой сталью, что сопровождается стабилизацией остаточного аустенита. Повышение температуры закалки способствует более полному растворению карбидов, и, следовательно, упрочнению твёрдого раствора. Однако при этом возникает структурная неоднородность, так как сталь в процессе размола и смешивания приобретает химическую неоднородность. По мере повышения температуры закалки наряду с ростом зерна аустенита растут поры, образуется эвтектика. Возрастание склонности к росту зерна при повышении температуры закалки вызвано растворением карбидов, расположенных по границам зёрен и служащих барьером для роста зерна.



x500

Рис. *Микроструктура сталей Р6М5 после закалки:*
а – сталь литая, б – сталь порошковая

Было установлено, что температура закалки порошковой стали из стружкоотходов ниже в среднем на 30 градусов по сравнению с литой сталью Р6М5 с аналогичным содержанием углерода. Это вызвано тем, что мелкие и равномерно распределённые в структуре порошковой стали карбиды имеют высокую растворимость в твёрдом растворе, что снижает температуру

закалки. При этом приобретаемые порошковой сталью твёрдость и износостойкость не ниже, чем у литой стали Р6М5. Было установлено, что порошковая сталь менее склонна к росту зерна, что объясняется благоприятной исходной структурой частиц порошков: отсутствие пороков слитка, мелкозернистое строение и равномерное распределение дисперсных карбидов, в том числе избыточных. Высокая дисперсность карбидов обеспечивает их быстрое растворение, что позволяет снизить температуру закалки. Было установлено, что температура закалки на 10…11 балл зерна порошковой стали должна быть ниже на 30 градусов по сравнению с температурой закалки литой стали аналогичного химического состава. Это обеспечивает создание необходимого комплекса свойств для режущего инструмента. Установлено, что температура начала мартенситного превращения ниже, чем у литой стали, что следует объяснять повышенной дефектностью стали, способствующей стабилизации аустенита.

Отпуск после закалки должен обеспечить снятие закалочных напряжений, превращение остаточного аустенита в мартенсит и высокую вторичную твёрдость. Для литой стали Р6М5 применяют двукратный отпуск при 560°С. Стабилизация аустенита после закалки порошковой стали вызвало необходимость определения оптимального режима отпуска. Повышенное содержание углерода приводит к увеличению количества остаточного аустенита после закалки и повышению его устойчивости против отпуска. Стабилизации аустенита способствует повышенная дефектность порошковых сталей, так как дефекты кристаллической решётки являются энергетически более выгодными местами для атомов углерода, чем нормальные позиции этих атомов в решётке мартенсита. Исследование структурных и фазовых превращений позволило установить, что следует применять двукратный отпуск в интервале температур 560…580°С. Первый отпуск снимает напряжения, созданные закалкой, однако при охлаждении мартенситное превращение аустенита вызывает новые напряжения. Второй отпуск снимает напряжения, созданные охлаждением при первом отпуске.

Перед отпуском для снижения количества аустенита проводили обработку холодом в жидком азоте с выдержкой 15 минут. В результате количество остаточного аустенита снизилось до 5…7%, прочность при сжатии увеличилась, повысилась стабильность режущих свойств.

Испытания режущих свойств после предложенной термической обработки выполняли при следующих условиях: точение термоулучшенной стали 40ХФА, скорость резания 20 м/мин, подача 0,11 мм/об, глубина резания 0,5 мм, критерий затупления – износ по задней грани 0,5 мм. В результате испытаний было установлено, что стойкость порошковой стали достигала 35 мин, литой стали 27 мин, коэффициент относительной стойкости составил 1,3.

Выводы. Таким образом, применение порошковой быстрорежущей стали и выбор правильной термической обработки обеспечивает инструменту не только качественный ремонт морского транспорта, но и экономию дорогостоящих легирующих элементов.

Литература

1. Горчакова, С.А. Термическая обработка порошковой быстрорежущей стали // Труды XIV Международной научно-технической конференции «Проблемы морского транспорта», – Баку: Азербайджанская государственная морская академия, – 2-3 мая, -2019, – с.10.
2. Горчакова, С.А. Структурные особенности порошковых быстрорежущих сталей // Материалы X МНПК «Проблемы транспорта Дальнего Востока», – Владивосток: МГУ им.адм. Г.И. Невельского, – 2017, – с.185.

Məqalə qəbul olunub: 15.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

UOT 621.762:669.701

TÖKÜKLƏRİN SƏTHİNƏ ÖRTÜK ÇƏKMƏ PROSESİNƏ TEXNOLOJİ AMİLLƏRİN TƏSİRİ

Məmmədov A.T., Rəsulov F.R., Əbilhəsənli M.İ.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: ariff-1947@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə tökləri̇n səthinə örtük çəkmə prosesinə ovuntu materialı hissəciklərinin dispersliyinin, örtük qatın qalınlığının, tökükdə metallostatik təzyiqin və temperaturun təsiri öyrənilmişdir. Ovuntu kompozisiyasını qəlibdə bilavasitə maye metalla hopdurma yolu ilə tökülərin səthinin legirlənməsi zamanı müəyyən olumuşdur ki, ovuntu kompozisiyasının maye metalla hopması ovuntu hissəçiklərinin dispersliyindən, örtük qatın qalınlığından, tökükdə metallostatik təzyiqin miqdarından və metalın temperaturundan asılıdır. Tədqiqatın nəticəsi təsdiq etməyə imkan verir ki, səthi-legirlənmiş qatın yaranma mexanizmi istifadə edilmiş təbii materiallarla, onların qəlibin divarına çəkmə üsulu və legirləyici ərintinin xassələri ilə təyin edilir. Bununla bərabər, onların xassələrindən və vəziyyətindən asılı olaraq aparıcı proseslər ərimə, həll olma, süzülmə, diffuziya, qızıb bitişmə ola bilər.*

Abstract. *The article investigates the effect of particle dispersion of powder material, thickness of the coating, metallostatic pressure and temperature on covering process on the surface of the casting. During the alloying of the surface of the casting by absorption of powder composite directly into the liquid metal in mold, it was found that absorption of powder composite with liquid metal depended on the dispersion of the powder particles, the thickness of the coating layer, a amount of the metallostatic pressure in the casting and the temperature of the metal. The results of the research allow us to confirm that the mechanism of formation of surface alloyed layer is determined by the natural materials used, the way they are applied to the mold wall and the properties of the alloying alloy. At the same time, depending on their properties and condition, the leading processes may be melting, solubility, filtration, diffusion, overheating.*

Аннотация. *В статье изучено влияние гранулометрического состава порошков, толщины покрытия, металлостатического давления и температуры на процессы нанесения покрытия на поверхности отливок. В литейном процессе легирования поверхности отливок путем пропитки порошковой композиции жидким металлом при заливке последного в литейную форму установлено, что пропитываемость порошковой намазки жидким металлом зависит от гранулометрического состава порошков, тольшины покрытий, металлостатического давления и температуры металла. Результаты исследования позволяют подтвердить, что механизм формирования поверхностных покрытий определяется используемыми природными материалами, способом их нанесения на стенку литейной формы и свойствами легирующего сплава. В то же время, в зависимости от их свойств и состояния, ведущими процессами могут быть плавление, растворимость, фильтрация, диффузия, перегрев.*

Açar sözlər: *tökük, tökmə qəlibi, kompozisiya örtüyü,ovuntu kompozisiyası*

Key words: *casting, casting mold, composition coating, powder composition*

Ключевые слова: *литье, литейная форма, композиционное покрытие, порошковая композиция*

Giriş. Maşınları, mexanizmləri və cihazları konstruksiya etdikdə əksər hallarda elə materiallar tələb olunur ki, onlar müxtəlif kompleks xassələrə malik olsunlar. Lakin, nəzəri tədqiqatlar, həm də metallurgiya texnologiyasının praktikası göstərir ki, hər bir konkret halda istənilən kompleks

xassələrin birlikdə alınmasını təmin etmək mümkün olmur. Əksər hallarda belə kompleks xassələrin yaradılmasını işçi səthlərdə təmin etmək lazım gəlir. Bu askpektdə problemləri daha çox bimetallik töküklərin alınması ilə həll etmək olur. Məsələn, müxtəlif metal və ərintini bu və ya digər üsullarla hissələrin səthinə çəkməklə onların xassələrinin artırılması ilə yanaşı, həm də ölçülərinin bərpasına nail olmaq mümkündür. Örtüklü töküklərin alınması üçün bir neçə metoddan istifadə edilir: qalvanik örtüklə metallaşdırma, əritməklə ikinci qatın yaradılması, kimyəvi bərpa etmə, diffuziyalı hopdurma, iki metalı birgə yaymaqla, mexaniki təsirlə, işçi səthinə ovuntudan örtük qatı çəkilmiş qəlibə maye ərintinin tökülməsi və s. [1,2].

Töküklərin etibarlılığına, uzunömürlülüyünə, yeyilməyə və korroziyaya dözümlülüyünə qoyulan tələblər gün-gündən sərtləşir. Bunun yerinə yetirilməistiqamətlərindən biri həcmi və yerli səthi legirləmə ilə möhkəmləndirmə üsuludur. Bu üsullar son zamanlar qeyri sabit nəticələrin alınması, ərinti ilə möhkəmləndirici örtük materiallarının qəlibin ayrılma səthində qarşılıqlı rabitənin mürəkkəbliyi və prosesin tam öyrənilməməsi səbəbindən geniş tətbiq edilmir.

Qəlibin səth qatı materialı örtük ilə dəmir-karbon ərintisinin qarşılıqlı təsirinin tədqiqində qeyd olunur ki, müxtəlif proseslərdə onlar arasında daxil olma rabitələri (filtirasiya, ərimə, diffuziya və s.) temperatur şəraiti ilə müəyyən edilir [3,4,5].

Məsələnin qoyuluşu. Maye metalı tökmə üsulunda maye və bərk fazaların iştirakı ilə örtük çəkmə prosesin nəzəri və praktiki müddəaların işlənməsindən və nəticədə polad və çuqun töküklərin səthinin xassələrinin kompleks yaxşılaşdırılmasından, yeyilmiş, sıradan çıxmış detalların ölçülərinin bərpasından ibarətdir. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün tədqiqatların aşağıdakı elmi və təcrübi vəzifələri müəyyən edilmişdir: töküklərin səthinə örtük çəkmə prosesinə texnoloji amillərin təsiri;tökmə prosesində örtüklü polad və çuqun töküklərin alınma üsullarının təhlili; polad və çuqun tökükləristehsalında detalların xrom, nikel əsaslı ovuntu ilə hopdurulmasında səth qatının möhkəmliyinin, korroziyaya və yeyilməyə dözümlülüyünün artırılması mümkünlüyünün araşdırılması; ərinti ilə örtük materialı arasında qarşılıqlı əlaqədə diffuziya prosesinin, töküyün kristallaşmasının və strukturunun formalaşmasının fiziki – kimyəvi proseslərinin tədqiqi.

Prosesin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, 5-6% maye şüşə ovuntu ilə qarışdırılır və alınmış məsaməli ovuntu məcun qəlibin və ya içliyin işçi səthinə çəkilir, qəlib qurudulur, yığılır və maye metalla doldurulur. Maye metal və kompozision ovuntu qəlib örtüyü arasında qarşılıqlı əlaqə nəticəsində səthi legirlənmiş yüksək keyfiyyətli və yüksək xassələrə malik örtüklü tökük alınır. Bu üsulda həcmi legirləməyə nisbətən bahalı legirli materiallara xeyli qənaət olunur.

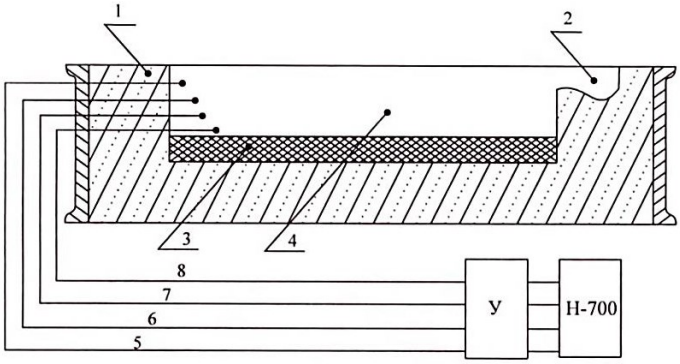
Ovuntu materialı 5-6%, ρ=1,35-1,37 qr/sm^3 sıxlığa malik olan maye şüşə ilə qarışdırılır, qəlibin və ya içliyin işçi səthinə 5, 10, 15 mm qalınlıqda örtük çəkilir. Qurudulmuş qəlibin işçi səthinə örtük çəkildikdən sonra 8 saat müddətində havada qurudulur. Hazır qəlibə maye polad 1450 – 1560^{0}C, maye çuqun isə 1360-1440^{0}C temperaturda tökülür və kristallaşma nəticəsində səthi legirlənmiş yüksək mexaniki, fiziki-kimyəvi xassələrə malik kompozisiya örtüklü polad və çuqun tökük alınır [6,7].

Tədqiqatda əsas etibari ilə 5-6% maye şüşənin sulu məhlulu olan:

1. ФХ650А, ФМн3, ФМн2, ФБ0 və 2. ПГХН80СР3 ovuntularından hazırlanan nümunələrin 35Л markalı polad (1560^{0}C temperaturda) və СЧ15 markalı çuqun (1400^{0}C temperaturda) ərintiləri ilə qarşılıqlı təsiri öyrənilmişdir. Maye ərinti ilə hopmada kapilyar və 25 mm. cv.st-da başlanğıc metallostatik təzyiqin təsiri altında ərintinin 33-34 mm hündürlüyə qalxmanın orta sürəti 1,0 - 1,1 mm/san. təşkil edir.

Legirlənmiş qatlı kompozisiya örtüklü çuqun və polad töküyün formalaşmasının eksperimental temperatur şəraiti – 150 x 200 mm ölçülü, qalınlığı 20-30-40 mm olan lövhə nümunədə öyrənilmişdir.

95% ФХ650А markalı ferroxrom və 5% ФМн3 markalı ferromanqandan ibarət olan örtük qatı yüksək dəqiqliyə malik W-Re-termocüt quraşdırıldıqdan sonra qəlibə yerləşdirilmiş qum-gilli qarışıqdan olan quru yastı içliyin səthinə çəkilir (şək.1) və təkrar qurudulur, temperatur təyin edilir.



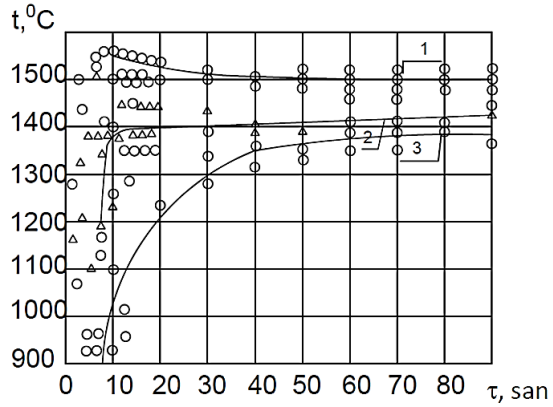
Şəkil 1. *Metal əsas və kompozisiya örtüyünün temperatur sahəsini ölçmək üçün qurğunun sxemi: 1-qum-gil qəlib; 2- maye metalı tökmək üçün novça; 3- ovuntu örtük qatı; 4-qəlibin boşluğu; 5-8- termocüt; У- gücləndirici; Н-700- osilloqraf*

İçliyin səthinə çəkilmiş örtük qatın qalınlığı 3 mm təşkil edir. Qəlibə 35Л markalı polad 1560^0C temperaturda, СЧ 15 markalı çuqun isə 1400^0C temperaturda tökülür (şək.1).

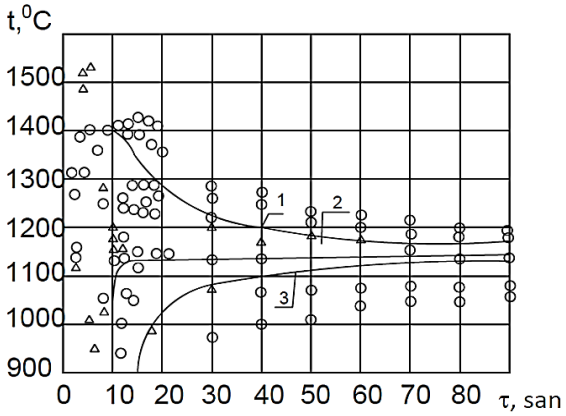
Alınmış nəticələrin analizi: Göründüyü kimi 18-20 san. müddətində örtük-metal səthində temperatur bəzi hallarda tökmə temperaturuna çatır və ona bərabər olur, ancaq çuqun tökükdə isə onu ötüb keçir və ondan yüksək olur (şək. 2 və 3).

Maye çuqunun örtüyün oksidləşmiş dənələri ilə kontaktı zamanı xrom oksidin karbonla bərpasında gedən termodinamiki reaksiyada xeyli miqdarda istilik ayrılır. Tökmə prosesində örtüyün maye poladla kontaktı zamanı səthdə temperatur bəzi hallarda 35Л markalı poladın likvidus temperaturunu keçir və ya ona yaxın olur.

Tökmə zamanı bu sahədə temperaturun dəyişməsi başlıca olaraq metalın hərəkət xarakteri ilə müəyyən olunur. Buna görə də müəyyən müddət ərzində örtük ilə kontaktda olan maye polad örtüyün təşkiledicilərini əridir və onun məsamələrinə daxil olur. Başlanğıc dövrdə poladla, sonra örtüyün təşkiledicilərinin əriməsi zamanı yaranmış ərinti ilə örtüyün hopma dərinliyi və daha sonra onların dərinlik üzrə qızmasından asılı olur.



Şəkil 2. *35Л markalı polad üçün ölçülmüş və hesablanmış temperaturun eksperimental qiyməti, T_t=1560 ⁰C: 1-töküyün 25 mm mərkəzində; 2- maye metalın örtüklə təmas zonasında; 3-örtüyün qəliblə təmas zonasında*



Şəkil 3. *СЧ15markalı çuqun üçün ölçülmüş və hesablanmış temperaturun eksperimental qiyməti, T_t=1400 ⁰C: 1-töküyün 25 mm mərkəzində; 2-maye metalın örtüklə təmas zonasında; 3-örtüyün qəliblə təmas zonasında*

Qəliblə toxunan səthində örtüyün temperaturu tökmə anındakı qiymətə çatmır, əks halda maye metalın qəlibin səthinə qədər süzülməsi baş verə bilər. Ona görə polad töküklərdə qatın bir hissəsi maye fazanın iştirakı ilə örtük dənələrinin qızıb bitişməsi yolu ilə yaranır, məsələn örtüyün tərkibinə daxil olan ferromanqan $1170\text{-}1180^0$C temperaturda əriyir. Çuqun töküklərdə örtük qatı tökmə zamanı nisbətən daha yüksək temperatura qədər qızır, bu da maye ərintinin örtüyün bütün qalınlığı üzrə daxil

olmasını (süzülməsini) təmin edir. Ona görə də maye poladın örtüyün məsamələrinə süzülməsini təmin edən temperatur şəraitini yaratmaq üçün onun qızmasını təmin edən əlavə tədbir görmək lazımdır, lakin çuqunu tökmə zamanı buna ərintinin temperaturunu nizamlamaqla nail olunur.

Maye metalın məsaməli metal materiallarla qarşılıqlı təsiri ərimə sobasından, nümunə başlıqlı, vakuum sistemli və temperaturu avtomatik tənzimləyicidən ibarət yüksəktezlikli baza əsasında yaranmış МВП-5 markalı soba qurğusunda öyrənilmidir.

Tədqiq olunan ovuntu şəkilli materialları əlaqəyaradıcı ilə kvars boruda sıxlaşdırmaqla nümunələr hazırlanır, ərinti ilə birbaşa kontaktda olmadan qızdırılır və onunla qarşılıqlı təsir üçün tənzim olunan vakuum şəraitinə salınır. Hazırlanan nümunənin hündürlüyü 100 mm, diametri isə 50 mm təşkil edir.Vakuum yaratma zamanı ərinti qalxır və nümunənin məsamələrinə süzülür.

Əlavə təzyiq yaratma zamanı 50 mm.cv.st-da ərintinin 3 saniyədə qalxmanın orta sürəti ovuntu dənələrinin ölçülərinin 0,20-0,16 mm-dən 0,6-0,4mm-ə qədər həddində böyüklük dərəcəsindən asılı olaraq 2,3mm/san-dən 9,2 mm/san-ə qədər dəyişir. Xarici təzyiqi 3 dəfə artırdıqda qalxmanın orta sürəti tədqiqatda 9 -10 dəfə həddində artır (şək.5).

Töküyün səth qatının möhkəmləndirilməsi üçün tökmə qəlibinin işçi səthinə çəkilən məsaməli ovuntu örtük qatının qalınlığı 3-5mm təşkil edir. Belə məsaməli ovuntu örtüyün hopdurulması üçün yüksək temperatura qədər qızmada ovuntunun dənə tərkibindən asılı olaraq metalın 75 mm.cv.st təzyiqi zamanı 0,42-dən 0,54 san. qədər vaxt tələb olunur.

Ərintinin ovutu dənələrin arasına daxil olması onların əriməsinə səbəb olur. Dənələr arası boşluqlara dolmuş ərintidə legirləyici elementlərin sonrakı əriməsi verilən temperatur konsentrasiyası üçün tarazlıq halına çatan ana qədər davam edir. Çətinəriyən materialdan ibarət örtük qatı ilə çuqunun qarşılıqlı təsiri dənəli strukturlu qatın yaranmasına səbəb olur. Maye poladın 5 saniyə ərzində və 10 saniyədə 1560^0C temperatura qədər ilkin qızmış örtük qatı ilə qarşılıqlı təsiri əsasən istifadə olunan ovuntunun dənəvərliyindən təyin olunur. Ovuntu dənələrinin ölçüləri ancaq yaranan legirlənmiş qatın qalınlığına təsir göstərmir, həm də maye ərinti ilə örtük qatın qarşılıqlı təsir mexanizmini müəyyən edir.

Beləliklə, 1-3№-li örtük qatInda məsamələrə daxil olan polad qismən ferroxromu əridir: qalıq dənələrin orta ölçüləri ilkin ovuntuda 0,315-0,20 mm-ə qarşı 0,180 mm təşkil edir və onlar diffuziya yolu ilə karbonla zənginləşir. Dənələrin ölçülərinin sonrakı kiçilməsi örtük qatın qismən qızıb bitişməsi zamanı baş verir. Ərintinin ona daxil olması çətinləşir və yaranan (məsələn örtük №4) qatın qalınlığı nisbətən az olur. 5-6 №-li örtüklə (cədvəl) yaranan qatda, aparıcı proses onun dənələrinin qızıb bitişməsi olur.

Cədvəl

Ovuntu dənələrin ölçüləri və hopma dərinliyi

Məcunun №-si	1	2	3	4	5	6
Örtük qatında ferroxrom dənələrin ölçüsü, mm.	0,6-0,4	0,4-0,3	0,3-0,2	0,2-0,16	0,16-0,10	0,10-0,063
Hopma dərinliyi, mm.	6,50	6,10	10,0	8,0	7,60	12,0
Örtük qatında ПГ-ХН80СР3 dənələrin ölçüsü, mm.	0,4-0,3	0,3-0,2	0,2-0,16	0,16-0,10	0,10-0,063	0,063-0,050
Hopma dərinliyi, mm.	5,50	5,0	11,2	8,4	11,0	12,0

Rentgenstruktur və rentgenspektral analiz göstərir ki, 95% ФХ650А markalıferroxrom və 5%ФМн3 markalı ferromanqanla legirlənmiş polad töküyün səth qatı 3 zonadan- dəyişən tərkibli ϭ-məhlul və karbiddən ibarət olur. Töküyün səthində birinci zonanın əsasını ϭ-bərk məhlul təşkil edir. Xromun konsentrasiyası ilkin ferroxromda onun miqdarına uyğun olur. Bu zonada karbidlər iridir, həm mərkəzdə, həm də dənələrin sərhəddində yerləşir. İkinci zonada bərk məhlul qatın orta hissəsində daha çox bircinslidir, karbidlər xırdadır və dənələrin sərhədlərində yerləşir. Üçüncü zona-qatdan 35Л

markalı polad əsasa keçid tipik diffuziyalı formalaşma struktura malikdir. Onda xromun paylanmasının şək. 6-da göstərilməsi ($t_{tök} = 1560°C$) qatın struktur zonasında formalaşma mexanizminin fərqliliyini təstiq edir.

Həmin tərkibli möhkəmləndirici örtüklə СЧ15markalı çuqun tökükdə 1400^0C temperaturda tökmə zamanı öz strukturu və xromun paylanması ilə əhəmiyyətli fərqlənən örtük qatı formalaşır [8] (şək.7). Göründüyü kimi qatın bütün dərinliyi üzrə ferroxrom dənələri qalır, boş yerlərin arasına xromlu çuqun dolur; xromun konsentrasiyası qatdan əsasa çuquna tərəf keçid zonada birdən sıçrayışla yox olur, örtük qatın bütün dənələri tam əriyir və həll olur.

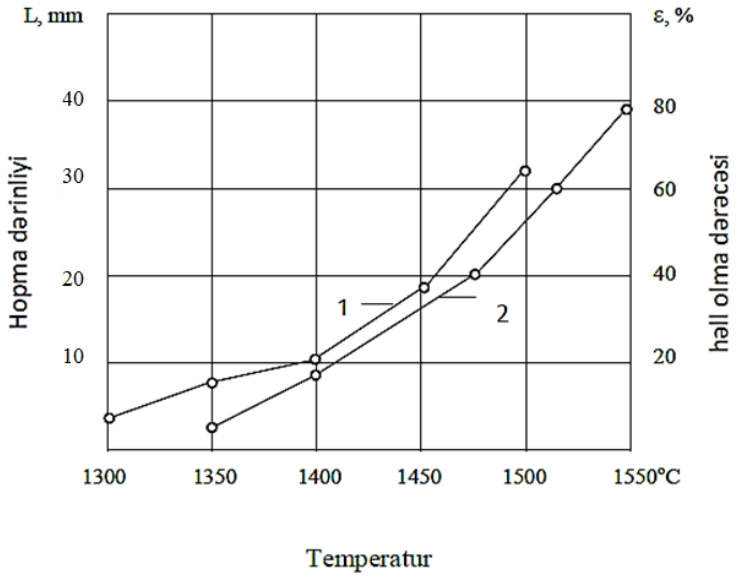
Polad töküklərin səthini nisbətən asanəriyən materiallarla karbonlu ferroxromla (ФХ650А) və karbonlu ferromanqanla (ФМн3) möhkəmləndirmə zamanı maye halında qatın əsasında austenitin dərinlik üzrə konsentrasiyası bərabər, uyğun olaraq 9 -10% Cr və ya 16- 18%Mn, mürəkkəb karbidin tərkibində 30-60% Cr və ya 31-37% Mn olur.

Tədqiqatın nəticəsi təstiq etməyə imkan verir ki, səthi-legirlənmiş qatın yaranma mexanizmi istifadə edilmiş təbii materiallarla (ferroərintilər, oksidlər, duzlar və s.), onların qəlibin divarına çəkmə üsulu və legirləyici ərintinin xassələri ilə təyin edilir. Bununla bərabər onların xassələrindən və vəziyyətindən asılı olaraq aparıcı proseslər ərimə, həll olma, süzülmə, diffuziya, qızıb bitişmə ola bilər.

Ona görə də qatın ölçülərini və xassələrini nizamlanma texnoloji üsulu müxtəlif olmalıdır.

Ferroərinti metal ovuntudan ibarət məcundan istifadə etməklə 25-40 mm divar qalınlıqlı tökülərdə dərinliyi 2,5-4,5 mm və iri tökülərdə 10-12 mm-ə qədər yüksək konsentrasiyalı (20-60%) legirləyici element olan səth qatı almağa imkan verir.

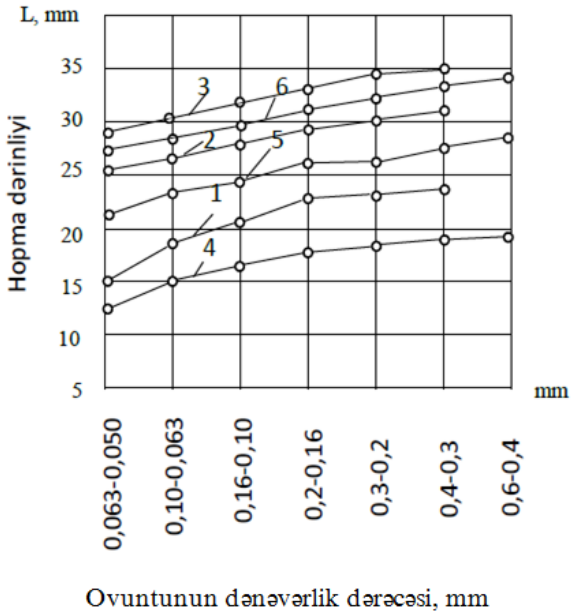
Şək. 4-də ovuntu qatına hopma dərinliyinin və ovuntu hissəciklərinin həll olma dərəcəsinin çuqunun (1) və poladın (2) temperaturundan asılı olaraq dəyişməsi göstərilmişdir.



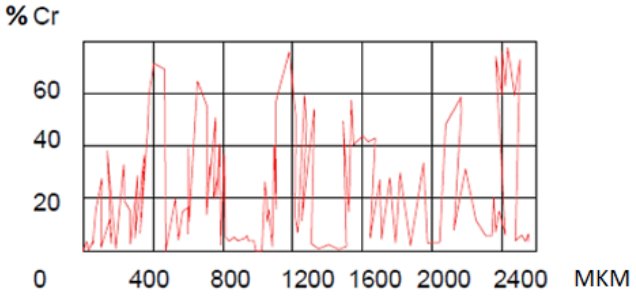
Şəkil 4. *Hopma dərinliyinin və ovuntu hissəciklərinin həll olma dərəcəsinin çuqunun (1) və poladın (2) temperaturundan asılı olaraq dəyişməsi: 1-ПГ-ХН80СР3;2-ФХ650А, ФМн2, ФМн3, ФБ0.*

Şək. 5-də məsaməli ovuntu qatına çuqunun (1, 2, 3) və poladın (4, 5, 6) hopma dərinliyinin metallostatik təzyiqin miqdarından və ovuntu hissəciklərinin ölçüsündənasılı olaraq dəyişməsi göstərilmişdir.

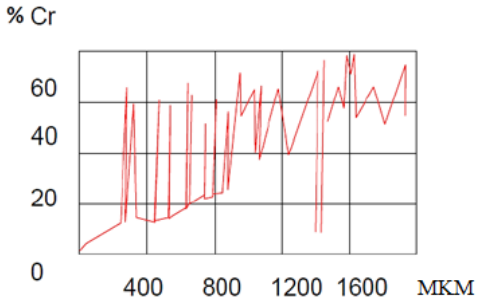
Legirlənmiş qatın qalınlığının legirləyici örtük qatın qalınlığından asılı olaraq dəyişməsi şək. 8-də göstərilmişdir.



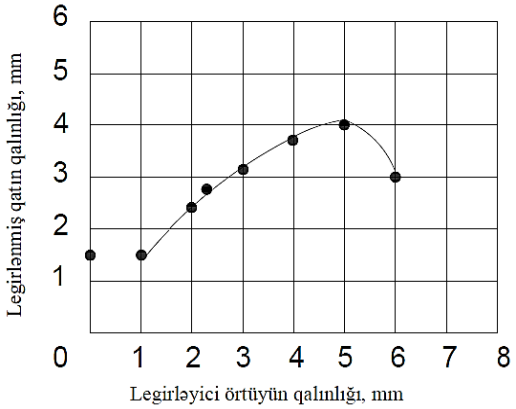
Şəkil 5. *Məsaməli ovuntu qatına çuqunun (1, 2, 3) və poladın (4, 5, 6) hopma dərinliyinin metallostatik təzyiqin miqdarından və ovuntu hissəciklərinin ölçüsündən asılı olaraq dəyişməsi:*
1, 2, 3- 25, 50 və 75 mm.c.st. metallostatik təzyiqdə çuqunun ПГ- ХН80СР3 ovuntu qatına hopma dərinliyi, (T_t=1400^{0}C) ;4, 5, 6- 25, 50 və 75 mm.c.st. metallostatik təzyiqdə poladın ФХ650А, ФМн2, ФМн3,ФБ0 ovuntu qatına hopma dərinliyi, (T_t=1560^{0}C).



Şəkil 6. *Polada keçid zonada xromun paylanması, ($t_{tök}$ = 1560℃).*

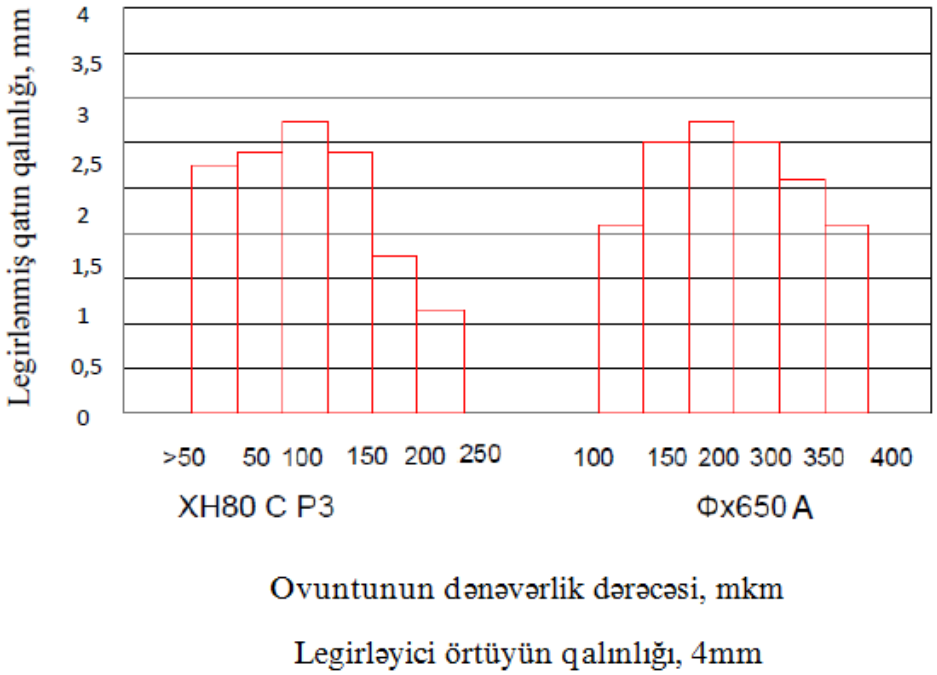


Şəkil 7. *Çuqun töküyün örtük qatında xromun paylanması*



Şəkil 8. *Legirlənmiş qatın qalınlığının legirləyici örtük qatın qalınlığından asılı olaraq dəyişməsi*

Poladın və çuqunun tökmə temperaturu uyğun olaraq 1520və1400^{O}C təşkil edir. Legirlənmiş qatın qalınlığının legirləyici örtüyün dənəvərlik dərəcəsindən asılı olaraq dəyişməsi şək. 9-da göstərilmişdir.



Şəkil 9. *Legirlənmiş qatın qalınlığının legirləyici örtüyün dənəvərlik dərəcəsindən asılı olaraq dəyişməsi*

Nəticə. Bimetallik örtük çəkmədə səthi legirlənmiş qatın yaranma mexanizmi istifadə edilmiş ovuntu materialları, onların qəlibin səthinə çəkmə üsulu və legirləyici materialların xassələri ilə təyin edilir. Bununla bərabər bu materialların xassələrindən asılı olaraq aparıcı proseslər rolunu ərimə, həllolma, süzülmə, diffuziya, qızıb bitişmə oynaya bilər.

Müəyyən olunmuşdur ki, ferroərinti metal ovuntudan və maye şüşədən ibarət məcundan istifadə etməklə 20-40 mm divar qalınlıqlı töküklərdə dərinliyi 2-4 mm və iri töküklərdə isə 10-12 mm-ə qədər yüksək konsentrasiyalı (20-60%) legirləyici element olan səth qatı almaq mümkün olur.

Müəyyən olunmuşdur ki, hopma dərinliyini artırmaq və kompozisiya örtüyünün qalınlığı üzrə daha çox bircinsli strukturun alınması üçün uyğun olaraq ovuntu örtüyün qalınlığını 3-5 mm-ə qədər azaltmaq və ərintinin tökmə temperaturunu ovuntu hissəcik metalının ərimə temperaturundan 80-100^{0}C yüksəltmək lazımdır.Ovuntu qatın qalınlığını 3-5 mm-ə qədər azaltmaqla və maye çuqunu 1420-1440^{0}C , poladı isə 1560-1580^{0}C temperaturda tökmə zamanı və ovuntu hissəciklərinin dispersliyi 50-160 mkm olduqda keyfiyyətli səthi legirlənmiş kompozisiya örtüklü töküyün formalaşması baş verir.

Ədəbiyyat

1. Şirinov, T.İ. Çoxfunksiyalı örtüklər. Dərslik / T.İ. Şirinov, R.Q. Hüseynov, S.N. Namazov, R.R. Məmmədova –Bakı: "Təhsil" NPM, -2009. -226 s.
2. Баева, Л.С. Повышение долговечности деталей машин методом нанесения многокомпонентных защитных диффузионных покрытий / Л.С. Баева, Е.К. Медко // Изобретение в машиностроении, -2000. №3, -с. 15-17.
3. Rəsulov F.R. Tökmə qəlibində məsaməli ovuntu örtüyünə maye çuqunun hopmasının çuqun töküyün bərkimə kinetikasına təsiri // Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar Beynəlxalq Elmi Texniki Konfrans, -2016, -s. 335-338.
4. Бокштейн, Б.С. Диффузия в металлах / Б.С. Бокштейн, -М., Металлургия, -1978. -248 с.
5. Гурьев, М.А. Разработка нового метода легирования поверхности отливок / М.А. Гурьев, С.Г. Иванов, И.А. Гармаева, Дон Яджи, Мэй Шунчи, Б.Д. Лыгденов, А.М. Гурьев// Международный журнал экспериментального образования, -2015, №8, -с. 103-105.

6. Кидалов, Н.А. Поверхностное легирование отливки «звено гусеницы» в форме // Литейное производство, -2015. № 5, -с. 9-10.
7. Расулов, Ф.Р. Особенности поверхностного легирования отливки в литейной форме // - Москва: Вестник машиностроение, -2017. №4, -с. 86-88.
8. Rasulov, F.R. Surface Alloying of the Casting in the Casting Mold / F.R. Rasulov, A.I. Babaev// Engineering and Applied Sciences, -USA: -2018. Vol. 3, No.1-3, -p. 64-73.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

УДК 621.789

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ НА ГЛУБИНУ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ И ЕГО МИКРОТВЕРДОСТЬ ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Малышко С.Б., Тарасов В.В.

Морской государственный университет им адм. Г.И. Невельского
Российская Федерация, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а
E-mail: malyshko_svetlan@mail.ru, tarasov@msun.ru

Аннотация. *Исследованы закономерности влияния степени легирования стали на глубину и микротвердость упрочненного слоя при электромеханической обработке. Сделаны выводы об эффективности упрочнения конструкционных низколегированных сталей.*

Xulasə. *Elektromexaniki emal zamanı möhkəmləndirilmiş qatın dərinliyinə və mikrobərkliyinə poladın legirlənmə dərəcəsinin təsir qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir. Azlegirlənmiş konstruksiya poladlarının möhkəmləndirilməsinin effektivliyi barədə nəticələr verilmişdir.*

Abstract. *The regularities of the influence of the degree of alloying of steel on the depth and microhardness of the hardened layer during electromechanical treatment are investigated. Conclusions are drawn about the effectiveness of strengthening of structural low-alloy steels.*

Ключевые слова: *электромеханическая обработка, степень легирования стали, глубина и микротвердость упрочненного слоя*

Açar sözlər: *elektromexaniki emal, poladın legirlənmə dərəcəsi, möhkəmləndirilmiş qatın dərinliyi və mikrobərkliyi*

Key words: *electromechanical treatment, the degree of alloying of steel, the depth and microhardness of the hardened layer*

Введение. Повышение надежности деталей машин и их эксплуатационных показателей опирается на использовании прогрессивных технологий их изготовления и восстановления. Технологии электромеханической обработки, основанные на формировании уникальных поверхностных структур и свойств деталей, являются экологически чистыми и конкурентноспособными и позволяют получать эксплуатационные свойства поверхностей, недоступные традиционно применяемым методам.

В судовом машиностроении для изготовления большой номенклатуры деталей машин и механизмов широко используются конструкционные среднеуглеродистые низколегированные стали с термически улучшенные структурой. В предыдущих работах [1] было установлено, что наибольшая эффективность электромеханического упрочнения достигается на зернистых структурах сорбита отпуска и было рекомендовано перед электромеханической обработкой проводить улучшение сталей. Поэтому большое практическое значение имеет проведение исследований по определению влияния степени легирования стали на результаты упрочнения в

процессе электромеханической обработки, в особенности при формировании в поверхностных слоях закалочных структур.

Основная часть. С этой целью проведены экспериментальные исследования, для которых выбраны стали 40Х, 40ХН и 38Х2МЮА. Химический состав этих сталей дает возможность определить влияние степени легирования на результаты электромеханического упрочнения.

Учитывая особенности электромеханического упрочнения по кратковременности температурного воздействия, исследуемые стали по химическому составу подобраны с относительно низким суммарным содержанием карбидообразующих элементов. Это приводит к тому, что в исходной структуре отсутствуют специальные карбиды. Кроме того, исследуемые стали имеют практически одинаковую среднюю массовую долю углерода, что дает возможность определить влияние степени легирования на результаты ЭМО.

Помимо состава сталей, на результаты упрочнения существенное влияние оказывает исходная структура исследуемых сталей. Особенно сильно это влияние проявляется при электромеханическом упрочнении за счет фазовых превращений с получением закалочных структур. Все исследуемые стали были предварительно подвергнуты полной закалке с последующим высоким отпуском. Исходные микроструктуры среднеуглеродистых сталей 40Х, 40ХН и 38Х2МЮА представляли собой сорбит отпуска, ориентированный по бывшему мартенситу.

Электромеханическое упрочнение проводилось без принудительного охлаждения обрабатывающего инструмента при варьировании силы тока в интервале от 500 до 800 А с шагом варьирования в 100 А. Этот шаг дает возможность выявить основные закономерности влияния силы тока на результаты упрочнения. Нижняя граница указанного диапазона регулирования силы тока (500А) принята исходя из того, что она является минимальной силой тока, которая стабильно обеспечивает получение технически существенной глубины упрочненного слоя за счет фазовых превращений. Верхний предел диапазона варьирования технологической силы тока был определен исходя из необходимости предотвращения чрезмерного перегрева обрабатывающего инструмента, изготовленного из твердого сплава Т15К6.

Другие технологические параметры в связи с тем, что они не оказывают определяющего влияния на величину упрочнения и толщину упрочненного слоя, имеющего закалочные структуры, были приняты постоянными и имели следующие значения: скорость обкатки V = 3,6 м/мин; усилие инструмента F = 300 Н; продольная подача S = 0.22 мм/об. Обработка проводилась в один и два прохода.

Из приведенных исследований вытекает, что с увеличением силы тока у всех исследованных сталей увеличиваются как микротвердость упрочненного слоя, так и толщина упрочненного слоя, полученного в результате фазовых превращений (рис. 1, 2). При этом легирующие элементы оказывают свое влияние на процесс аустенизации, формирование структуры упрочненного слоя при последующем закалочном охлаждении, его микротвердость и толщину.

Математическая обработка результатов измерения микротвердости показала, что для каждой силы тока микротвердость поверхностного слоя, образовавшегося в результате фазовых превращений, понижается с увеличением степени легирования стали (рис. 1).

Механизм такого влияния легирующих элементов на микротвердость упрочненного слоя сводится к следующему. В исходной сорбитной структуре некарбидообразующие элементы (N1, A1 и т.п.) входят в состав α - твердого раствора, образуя легированный феррит. Карбидообразующие элементы (Сг, Мо и т.п.) частично растворяются в феррите, а другая их часть входит в состав карбидов, образуя либо легированный цементит, либо специальные карбиды. В связи с небольшим содержанием карбидообразующих элементов в исследованных сталях в их исходной структуре отсутствовали специальные карбиды и, следовательно, карбидообразующие элементы вошли в состав легированного цементита.

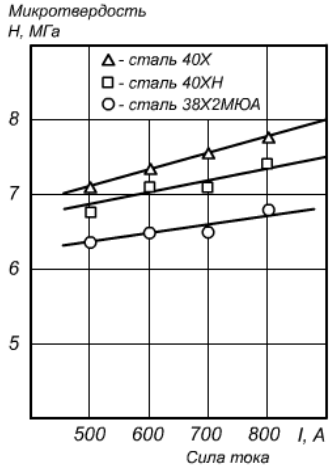


Рис. 1. *Зависимость микротвердости упрочненного слоя от степени легирования стали и силы тока*

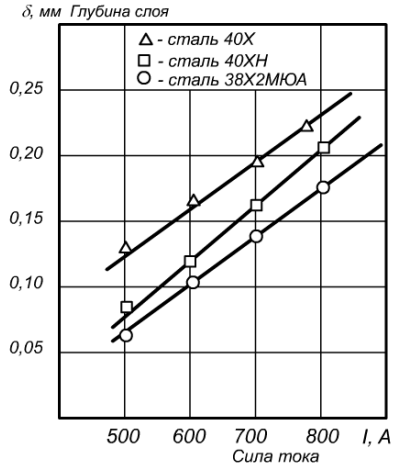


Рис. 2*. Зависимость глубины распространения фазовых превращений при электромеханическом упрочнении от степени легирования стали и силы тока*

Превращение исходной двухфазной ферритокарбидной структуры в аустенит по своей природе является диффузионным процессом. Поэтому для протекания процесса аустенитизации необходимы диссоциация карбидов и диффузия углерода и легирующих элементов. Карбидообразующие элементы, растворенные в цементите, способствуют увеличению его устойчивости против протекания диссоциации, поэтому при аустенизации они будут труднее диссоциировать и переходить в твердый раствор (аустенит). Диффузионная подвижность легирующих элементов меньше, чем у железа. Кроме того, легирующие элементы уменьшают диффузионную подвижность углерода. Указанное влияние легирующих элементов приводит к тому, что в результате аустенизации более легированной стали образуется аустенит с меньшим содержанием углерода и большим количеством распределенных в нем нерастворенных карбидов. Это, в свою очередь, сказывается на свойствах упрочненных поверхностных слоев, образовавшихся в результате последующего закалочного охлаждения. Аустенит с меньшим содержанием углерода образует более низкоуглеродистый мартенсит, обладающий меньшей микротвердостью.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Увеличение степени легирования среднеуглеродистых конструкционных сталей с исходной термически улучшенной структурой, приводит к тому, что их упрочнение электромеханической обработкой на режимах, обеспечивающих протекание фазовых превращений, способствует уменьшению микротвердости упрочненных поверхностных слоев.

2. Описанные выше влияния легирующих элементов на процессы фазовых превращений приводят к тому, что повышение степени легирования стали способствует уменьшению толщины слоя, упрочненного за счет фазовых превращений.

3. Экономическая целесообразность использования электромеханической обработки деталей машин состоит в совмещении упрочнения поверхностных слоев нагруженных деталей за счет фазовых превращений, и одновременном снижении их шероховатости.

Литература

1. Малышко, С.Б., Тарасов В.В. Анализ эффективности поверхностного упрочнения сталей при ЭМО // Сборник научных трудов «Проблемы транспорта Дальнего Востока». – Владивосток: -2017, -с.137-138.

Məqalə qəbul olunub: 08.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

УДК 629.514

THE CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF MODULAR HOUSEBOATS CONSTRUCTION AND TECHNICAL EXPLOITATION

Shchedrolosiev O.V., Terlych S.V., Konovalova H.V.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding
9 Heroiv Ukrainy Ave, Mykolaiv, Ukraine, 54025
E-mail: aleksandr.schedrolosev@nuos.edu.ua

Abstract. *Priority plans include designing, constructing and operating houses and those facilities, which are based on water, above water and water. The classification of floating objects at the deposits of the sea is indicated on the surface of the water, the method of positioning is visible on the ground and the construction materials, as well as the shape of the floating equipment. The theoretical basis was science robots in the project hall and the house and house construction, debarked, pontoon; regulatory framework for the Navigation Register of Ukraine, as well as the availability of a modular design and the design and technology of floating and coastal equipment. The meta-duplication of the viability of the project design and technology of the viability of the service, adapted for the Ukrainian water supply. Task, for viral duplication, foregoing supplementary tendency for projecting a wake-up call on a plumbing base; the provision of substantially substantiated project design for watershed infrastructure; providing sound and visual design and visualization and typology of real-world classifications; a description of the functional-planning organ of the house. It has been found that in the 21st century, floating and water houses are a worthy alternative to land-based residential buildings as environmentally viable buildings in major cities.*

Xülasə. *Tədqiqat üzən evlərin və suyun üzərində, suyun üstündə və suyun altında olan digər obyektlərin dizaynı, tikintisi və inşasında mövcud tendensiyaları araşdırır. Üzən obyektlərin təsnifatı, yerləşmə metodundan, su hövzəsinin səthindən və üzən qurğunun tikintisindən istifadə edilən konstruksiya materiallarından asılı olaraq verilir. Nəzəri əsas üzən evlərin dizaynı və tikintisi sahəsində elmi işlər idi; Ukrayna Dəniz Gəmiçiliyi Registrinin tənzimləyici və hüquqi bazası, həmçinin üzən və qurudakı qurğuların modul formalaşdırılması və struktur və texnoloji həlləri ilə bağlı tədqiqatlardır. Tədqiqatın məqsədi Ukraynanın su hövzələrinə uyğunlaşdırılmış üzən ev istehsalının dizayn və texnoloji xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirməkdir. Tədqiqatda həll olunan tapşırıqlar, üzən əsasda konstruksiyaların dizaynı və tikintisində mövcud tendensiyaların müəyyənləşdirilməsini əhatə edir; üzən konstruksiyalarda infrastrukturun dizaynı və qurulmasında müasir və xarici təcrübənin təhlili; üzən evlərin dizaynı və qurulması, tipoloji xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi və təsnifatının yaradılması üzrə ümumiləşdirilmiş təcrübənin nəzərə alınması; ev botlarının funksional-planlaşdırma təşkilatının xüsusiyyətlərinin təsviri. XXI əsrdə üzən və su evlərinin, böyük şəhərlərdə ekoloji cəhətdən faydalı quruluşlar kimi "quruda" yaşayış binalarına layiqli bir alternativ olduğu aşkar edildi.*

Аннотация. *В исследовании рассмотрены современные тенденции проектирования, конструирования и строительства хаусботов (плавучих домов) и других объектов, которые базируются на воде, над водой и под водой. Приведена классификация плавучих объектов в зависимости от расположения, относительно поверхности водоёма, способа позиционирования, относительно грунта и конструктивных материалов, которые используются при формировании плавучего сооружения. Теоретической базой послужили научные работы в области проектирования и конструирования хаусботов, дебаркадеров, понтонов; нормативно-правовая база Регистра судоходства Украины, а также исследования относительно модульного формирования и конструктивно-технологических решений плавучих и береговых сооружений. Цель исследования состоит в выявлении особенностей проектно-конструкторских и*

технологических особенностей изготовления хаусботов, адаптированных под водоёмы Украины. Задачи, которые решаются при исследовании, предусматривают выявление современных тенденций проектирования и строительства сооружений на плавучей основе; проведение анализа современного и заграничного опыта проектирования и строительства инфраструктуры на плавучих сооружениях; учитывая обобщенный опыт проектирования и строительства хаусботов, выявление их типологических особенностей и создания их классификации; описание особенностей функционально-планировочной организации хаусботов. Выяснено, что в XXI столетии плавучие и водные дома являются достойной альтернативой жилых зданий «на суше» как экологически жизнеспособных сооружений в крупных городах.

Key words: *houseboat, floating equipment, hydraulic engineering constructions, vocal analysis*
Açar sözlər: *üzən ev, üzən qurğular, hidrotexniki konstruksiyalar, müqayisəli analiz*
Ключевые слова: *хаусбот, плавучие сооружения, гидротехнические конструкции, сравнительный анализ*

Formulation of the problem. The houseboats are relatively a new direction in both domestic and foreign shipbuilding. At the same time, these floating structures quickly and firmly won high positions in the sales ranking and reliably aroused sympathy among lovers of tourism and water recreation. Houseboats are used in calm enclosed waters. Quite often they are used for hydraulic engineering, scientific research and other marine research and work, giving their sufficient force, stability and ease of use [1]. Houseboats are most widespread in the Netherlands. There are many wide rivers in the country with a slight flow rate; a large percentage of citizens preferred living on the water periodically leaving the parking lot and going on a trip. Because of this, the state was even forced to take measures to limit the construction of such floating structures [2].

In Ukraine, interest in houseboats emerged in the late 2000s. This is largely due to excessive housing prices. The design and construction of the first houseboats in Ukraine were carried out without taking into account special technical standards and requirements of classification societies. The composition and size of the premises were taken on the basis of analogues of stationary single-story buildings, which did not always take into account the specifics of the operation of the houseboat, as well as the seasonality of its use. Nowadays, most domestic houseboats are designed for the class of the Register of Shipping of Ukraine for river vessels [3]. At the same time, there was a need for technological modernization of stationary and floating structures taking into account the requirements of international standards for building codes, which in turn led to the improvement of houseboat formation technologies, including the use of modular technologies. Insufficient study of the problem of typological and modular-spatial organization of the construction of the vessels under consideration, necessitated the development of new trends in the methodology of their design, functional zone and planning.

All this testifies to the **relevance** of this study and defines the **purpose**, which is to identify the features of design and technological features of the manufacture of houseboats adapted to the reservoirs of Ukraine.

In accordance with the set goal it is necessary to solve the following scientific **problems**:

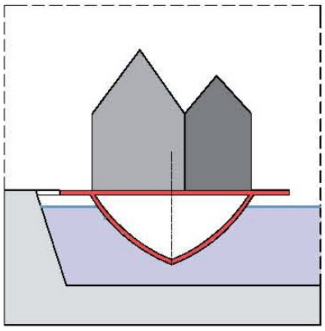
- to identify current trends in the design and construction of buildings on a floating basis;
- to analyze modern and foreign experience in designing and building infrastructure on floating structures;
- to identify the typological furfures and create their classification based on the generalized experience of designing and building houseboats;
- identify the features of the functional-planning organization of houseboats.

Analysis of resent research and publications. The scientific works in the field of design and constructions of houseboats landing stages, pontoons; regulatory framework of the Register of Shipping of Ukraine, as well as research on the modular formation and design and technological solutions of floating and shore structures served as a theoretical basis of research [1, 2, 4-6]. The study takes

into account the development of M.V. Savitsky and S.E. Shekhorkina, which reflects the constructive tasks of positioning houseboats with anchor racks, which also control the landing of a houseboat during high tides, which is typical for the lower reaches of the Dnieper and Danube [4, 5]. The works of M.S. Yelensky, B.V. Ionov, R.Ya. Khiger are dedicated to the architecture and design of floating river stations and pavilions. Scientific research by I.S. Ekonnomov, A.V. Panfilova, V.Ye. Barishev is dedicated to the architecture of low level water-based buddies. They have considered the actual nutritional technologies for the formation of floating ships in their minds [6-8]. Issues of reinforced concrete shipbuilding are covered in the works of M.G. Slutsky, O.S. Rashkovsky, V.M. Konnov, O.M. Postupalsky [9-11]. The research also used the results of the author's developments [12-14].

Presentation of the main material. The current state of design and construction of architectural objects on the water is quite diverse. As a result of the analysis of various floating structures and structures on the water, an appropriate typology was developed. The basics of classification include the main distinctive features of the construction of houseboats on water, over water and under water. Criteria for the formation of typical objects on the water, taking into account the design and technological features and seaworthiness are as follows.

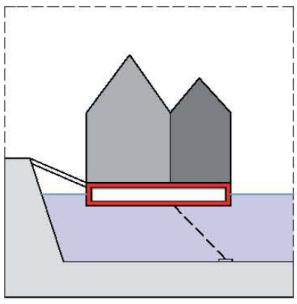
Floating bases - the object has buoyancy, but is not self-propelled; has a fixed permanent location, is analogous to a mooring vessel moored to the shore structure (fig. 1).



House on the mooring hull



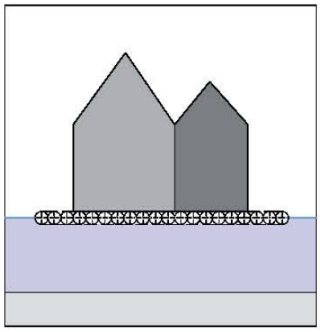
House on the barge, Amsterdam
(http://polostroy.org/)



House on the concrete cushion



Floating office in Prague
(http://radio.cz/)



House on rafts

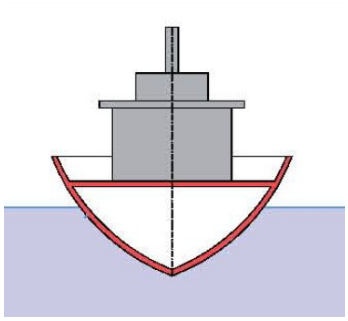


House on the fence in Melburn
(http://kultimatum.ru/)

Fig. 1. *Floating houses with static bases*

Such structures with static floating bases include:
- moored houses on the basis of the ship's hull;
- houses on various pontoons;
- houses with a geometric pontoon hull;
- houses on fences.

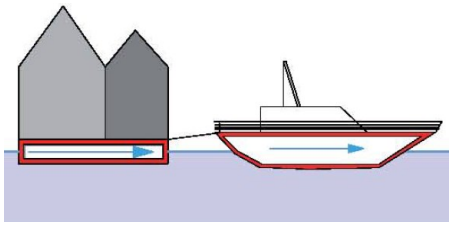
Dynamic floating bases differ in that the object, in addition to buoyancy, has other seaworthiness, namely navigability and controllability, it has the ability to move around the water on its own, or by towing other vessels (fig. 2).



House on the floating hull



Hull on the self-propelled barge in Antwerp (http://fresher.ru/)



Hull on the hollow concrete cushion with yacht tugging



House on the concrete pontoon with the tugging of yacht-catamaran house-boat (http://techcult.ru/)

Fig. 2. *Types of structures on the water with dynamic floating foundations*

Buildings with dynamic floating foundations include:
- boats;
- cruise liners "weekend";
- floating city liners on the water.

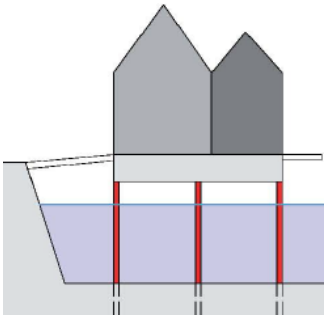
Self-propelled structures with a dynamic basis should include:
- houses on towed landing stages;
- pontoon structures, crossings;
- converted for housing and other functions of the vessel and other floating structures.

It should be meant it is obvious that the head energy installation on the objects which are considered, does not transfer to a great distance. Through the price for economical dignity, electric motors should be used for driving on alternative energy jets, since they do not apply a waste of water to an exuberant water environment, not to do harm to water environment, not to make noise and to be simple in operation.

Bulk foundations: the object is formed on an artificial embankment-base.

The first step is to tie groups of boulders or other smaller fireplaces to the bottom of the pond to use them as rigid rods. After that, by applying sand or other embankment-base material on them, the required geometric shape is given. This technological solution has proven itself in the creation of famous artificial islands in the United Arab Emirates. Combinations of bulk and pile structures are also possible.

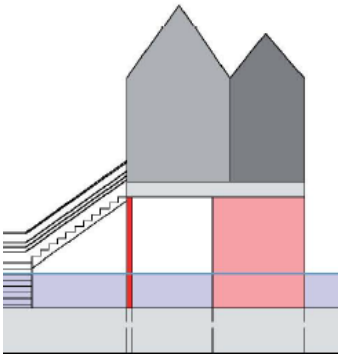
Non-floating foundations – the object is partly buoyant due to its own design features. There are five ways to keep non-floating bases on the surface of the water (fig. 3).



House on stilts



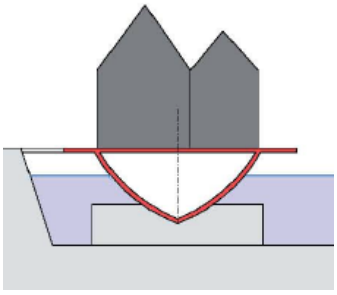
Hotel on stilts, Cook Islands (http://robo-hunter.com/)



House on pylons



Villa «Savoy» near Paris (http://museum-design.ru/)



Hull on a concrete basis



Eco-tech loftboat, Antwerp [4]

Fig. 3. *Non-floating houseboat bases*

Pile foundations: the object has a fawn design for different depths. The use of fawn structures has been well known since the time of the first settlements on the water. And if the use of tree trunks as the main material was previously the only solution, given the increase in the strength characteristics of wood in the process of interaction with water, nowadays structural composite materials have actively replaced traditional ones.

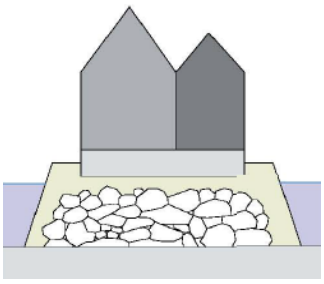
In modern engineering practice of designing stationary and floating structures on the shelf of the seas and oceans, there are a number of design and technological solutions, which cover both pile and alluvial technologies together with creation layers of boulders and base plates. Buildings with pile foundations include a number of high-rise objects on the water:

- lighthouses on stilts;
- fortifications;
- residential platforms of oil rigs;
- residential platforms of sea mines;
- supports many span bridges.

Pylon foundations: the object has a pylon structural solution that works for strength, rigidity and stability similar to pile. The use of a pylon or a system of pylons allows to increase the structural, functional and aesthetic characteristics of residential and special buildings on the water. Redistribution of load of a bearing design gives the chance of functional zoning of rooms of the house. The combination of pylon and pile structures provides an opportunity to expand the range of design solutions.

Houses on concrete hulls: the facility is an old (not used for its intended purpose) hull, which for one reason or another does not have sufficient seaworthiness, strength and other qualities. The hull of the vessel is concreted (a concrete cushion is created between the hull and the ground of the reservoir). This is done if the housing has holes, structural defects of the set and cladding, platforms, decks.

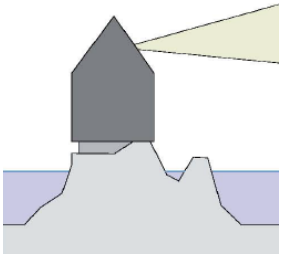
Houses on solid natural foundations: the object resists freely and a solid stone, or other type of solid foundation. At the same time rigid bearing property is provided due to a combination of concreting of a plate of the base with firm breed or due to pile designs. A typical example is the various houses near the water on the rocks, different types of lighthouses, which are located on rocky outcrops of water at a distance from the shore with relatively shallow depths for the safe passage of large vessels and other vessels (fig. 4).



House on a washed-out basis



Palms Islands Resort, Dubai (http://20 minutos.es/)



House on a rock and concrete foundations

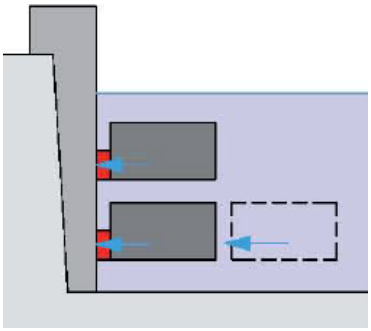


Lighthouse on the rock of Andros (Greece) (http://teletype.in/)

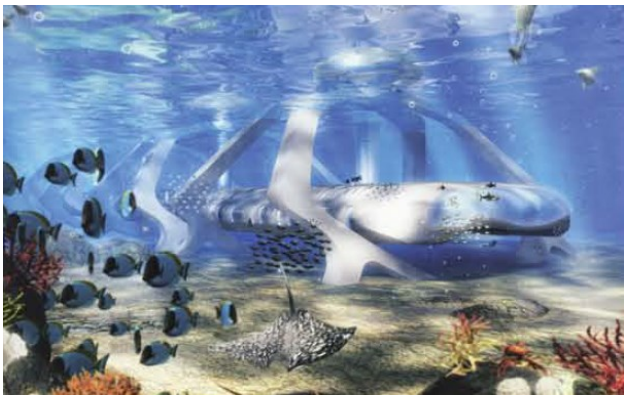
Fig. 4. *Types of houses on artificial and natural sea bases*

Underwater bases – the object is under water at a certain distance from the surface. This distance can be determined by the object itself, such as on private mooring or autonomous submarines, or only by the design of the main underwater element, the part of the structure under water to which the underwater object is attached or docked: airtight backlash capsules, apartments with seabed views, which are manufactured using submarine construction technology. To date, there are two solutions for the possibility of tourists underwater in the apartment.

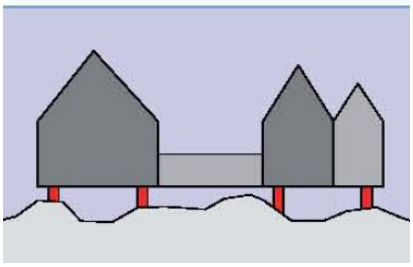
Static underwater structures: the object is at a given distance from the water surface, has a fixed position due to additional design solutions (fig. 5).



Underwater capsules are connected to communications



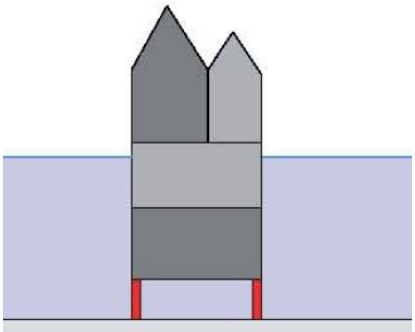
Underwater hotel «Seven ocean» [7]



Underwater capsules-houses on the ground of reservoirs



Underwater hotel «Planet Ocean», Florida, USA (http://RuYachts.com/)



Будинок на палях із підводними поверхами



Hotel «Otter Inn», Sweden (http://OrangeSmile.com/)

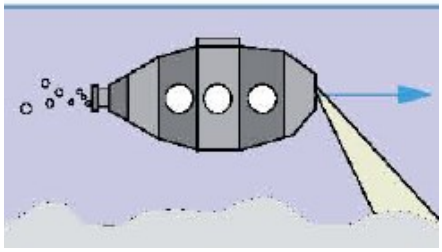
Fig. 5. *Static underwater structures*

The structure can be located directly on the seabed, and access to them can be realized only through other submarines that can be docked to them. Facilities of this type can be used as research laboratories, underwater hotels and recreation centers, but access to them is associated with high risk and requires initial diving training.

The more rational solution is to rigidly fix such an object to the bottom of the reservoir and at the same time form both underwater and surface tiers. In general, static underwater structures include:

- different types of underwater hotels;
- underwater restaurants;
- underwater aquariums
- underwater museums
- underwater training laboratories.

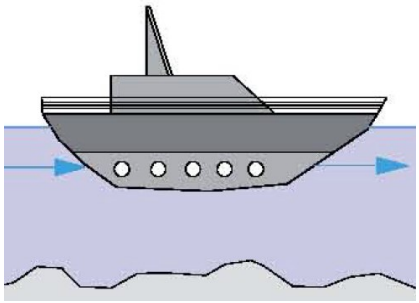
Dynamic underwater structures: the object is completely or partially under water and has the ability to move spatially (fig. 6).



Underwater private submarines



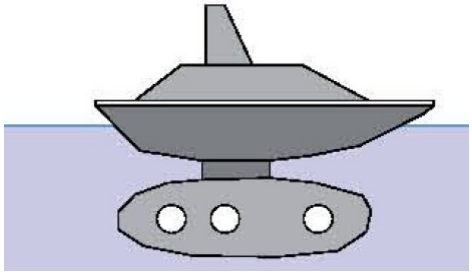
Tourist submarine «Sadko», Russia (http://visacomtour.ru/)



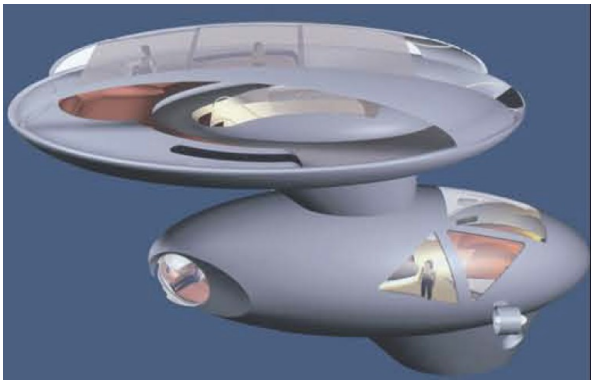
Vessel-hotel with underwater cabins



Hotel project «Sea Venture» [6]



Yacht house with an underwater compartment



Project «Polinarius», Germany [6]

Fig. 6. *Dynamic underwater structures*

The dynamic underwater structures include:

- large underwater floating stations;
- small submarines, bathyscaphes, submarines.

Thus, the general modern typology of underwater objects on water, in water and under water includes:

- artificial islands;
- cities on stilts;
- static houses on the water;
- houseboats;
- high-altitude objects on the water;
- houses under water.

The current state of design, construction and construction of water infrastructure is based on pontoons, piles and artificial embankments. The convenient practice of rebuilding housing using decommissioned vessels is no less successful than building houses on the water.

In Figure 7 is shown Eberhard Seidler's project in Toronto, Canada, which is an artificial peninsula with marinas and five pavilions on stilts and pylons (Was build in 1969).

Resume. In the 21st century, floating and water houses have been found to be a worthy alternative to land-based housing as environmentally viable structures in major cities. Some German cities (including Hamburg and Rostock) are promoting a water-based model based on the experience of the Netherlands, offering a way of life closer to nature.

The world experience of construction of residential buildings on the water is analyzed and the stages of their formation are revealed.

The possibility of building houses on stilts and pontoons in those regions of Ukraine where floods and inundations are systematic (Vinnytsia, Khmelnytsky, Volyn regions), is an alternative solution in the fight against water.



Fig. 7. *Eberhard Seidler's project [7]*

The classification of constructions on water, over water and under water depending on type of superstructures, the principle of their support on water and a way of performance is developed.

References

1. Hellweg, U. (2012) Floating Homes at Rummelsburg Day in Berlin. Wasserstadt. Gmbh. 32-38.
2. Kendall, S. (2015) Residential open building? Jonathan Teicher. London: E&FN SPON. 23-26.
3. Pravila klassifikacii i postrojki malyh sudov (2015) [Rules of classification and building of small vessels]. Kiev: Ukrainian Register of shipping [in Russian].
4. Shehorkina, S. E. (2013) Racionalnoe proektirovanie konstrukcij maloetazhnyh zhilyh zdanij na vode [The rational designing of low-rise residential buildings on the water] The dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Dnepropetrovsk. 168 p [in Russian].
5. Savitsky, N.V. & Shekhorkina, S.Ye. (2013) Plavucha platforma [Floating platform]. Invention patent of Ukraine. № u201302998. declared 11.03.2013; published 27.08.2013 [in Ukrainian].
6. Ekonomov, I. S. (2010) Principy formirovaniya maloetazhnyh zhilyh obektov na vode: [The principles of the formation of low-rise objects on the water] The dissertation for the degree of candidate of architecture. Moscow. 2010. 131 p [in Russian].
7. Ekonomov, I.S. (2010) Sovremennye sposoby stroitelstva arhitekturnyh obektov na vode [Modern methods of building objects on the water]. Materials of the scientific and practical conference. 238-244 [in Russian].
8. Koekoek, M. Connecting Modular Floating Structures: A General Survey and Structural Design of a Modular Floating Pavilion URL: http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:33b59201-1718-4dda-98f8-ee16d5b7c023/pdf. (access date 12.11.2019).
9. Sluckij, N. G. (2006) «Palada». Novye gorizonty prezhnej specializacii ["Pallada". New horizons of previous specialization]. Shipbuilding & Shiprepair. Odessa. №8. 8-9 [In Russian].
10. Sluckij, N. G., Rashkovsky, A.S. & Ermakov, D.V. (2007) Ekonomicheskaya effektivnost stroitelstva i ekspluatacii kompozitnyh plavuchih dokov bolshoj podemnoj sily [Cost-effective construction and operation of floating docks of high lift] Economics: problems of theory and practice. Donetsk. # 232, Volume III. 614–621 [in Russian].
11. Rashkovsjkyj O. S. et al. (2015) Proektuvannja, tekhnologhija i orghanizacija pobudovy kompozytnykh plavuchykh dokiv. [Design, technology and organization for building composite floating docks]. Mykolajiv, RAL-polighrafija. 254 p. [in Russian].
12. Shchedrolosiev, O.V., Terlych, S.V. & Shedrolosiev M.O. (2019) Doslidzhennya hodovih yakostej plavuchogo budinku [Research on the driving performance of a houseboat] X International science-practical conference «Advanced energy installations for transport, technology and ownership for servicing (SEUTTO-2019)» (11-12 sept. 2019). Kherson. 238-240 [in Ukrainian].
13. Shchedrolosiev, O. V. & Terlych, S.V. (2016) Kompleksnoe usovershenstvovanie tehnologij oborudovaniya i otdelki pomeshenij nesamohodnyh sudov i drugih plavuchih sooruzhenij [Comprehensive improvement of equipment technology and decoration of non-self-propelled vessels and other floating structures]. Collection of scientific papers of Azerbaijan State Marine Asademu #2. Baki. [in Russian] 50–56.
14. Shchedrolosiev, O. V. & Terlych, S.V.(2008) Suchasnij stan modulnogo formuvannya primishen na nesamohidnih plavuchih dokah [Current state of modular formation of premises on floating docks]. Collection of scientific papers of National University of Shipbuilding. Mykolajiv. #1. 94–99 [in Ukrainian].

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

UOT. 656.6.052

BÖYÜK DAİRƏ QÖVSÜ İLƏ ÜZMƏ. ORTODROMİYA İLƏ ÜZMƏNİN HESABLANMASI QAYDASI

Abbasov E.O.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç.,18
E-mail: abbasovelnur1980@mail.ru

Xülasə. *Kiçik məsafələrə üzmə zamanı bütün meridianları eyni bucaq altında kəsən sabit kurs xətti ilə üzmə daha effektlidir. Lakin okean üzüşlərində loksodromiya özünü doğrultmur. Uzaq məsafələrə üzmə böyük dairə qövsü – ortodromiya ilə aparılır. Bu səbəbdən də böyük dairə qövsü ilə üzmənin hesablanması gəmi sürücüləri üçün aktual məsələdir.*

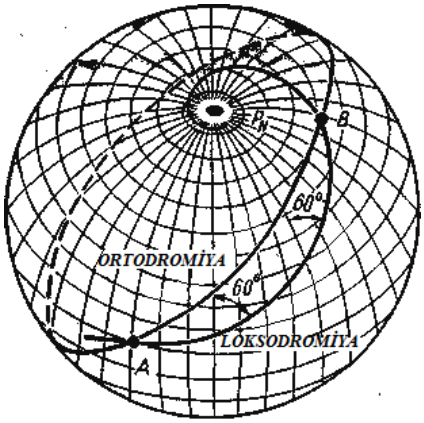
Abstract. *When sailing short distances, a fixed course line that intersects all the meridians at the same angle is more effective. However, loxodromic does not prove itself in ocean sailing. When sailing long distances, the sailing is carried out with a large circular arch - orthodoxy. Therefore, the calculation of sailing with a large circular arc is a topical issue for navigators.*

Аннотация. *При морских переходах на короткие дистанции более эффективно плавание по прямой линии курса, пересекающей все меридианы под одним и тем же углом. Однако при океанских переходах локсодромия не оправдывает себя. При больших дистанциях, плавание осуществляется по большой дуге - ортодромии. По этой причине расчет плавания по большой дуге окружности является актуальной задачей для судоводителей.*

Acar sözlər: *məsafə, gəmi, ortodromiya, dairə, qövs*
Key words: *distance, ship, orthodrome, circle, arc*
Ключевые слова: *дистанция, судно, ортодромия, круг, дуга*

Giriş. Əgər gəmi bir nöqtədən başqa bir nöqtəyə sabit kurs ilə gedərsə, o, bütün meridianları yalnız bir bucaq altında kəsər.

Bütün meridianları bir bucaq altında kəsən xəttə **loksodromiya** deyilir (şəkil 1). Yer kürəsinin səthində loksodromiya spiral şəklində göstərilib, qütbə doğru meyl edir, lakin qütbə heç bir zaman çatmır. Xüsusi hallarda *0°* və *180°* kurs ilə gedərkən loksodromiya meridianın üstünə düşür. *90°* və *270°* kurslarda isə paralelin üzərinə düşür. Loksodromiya ilə, yəni sabit kurs ilə üzmək rahatdır. Loksodromiya ilə üzməyin çatışmamazlığı ondadır ki, o yer səthində iki nöqtə arasında ən yaxın məsafə deyil.

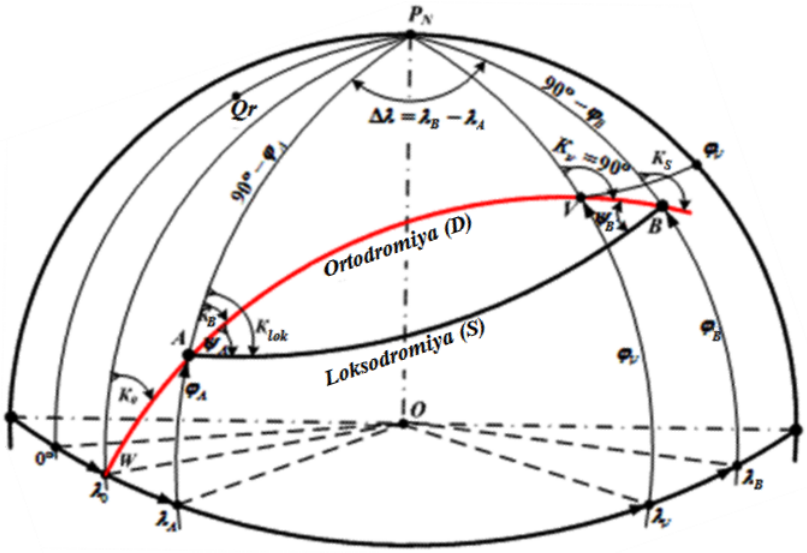


Şəkil 1. *Yer səthində loksodromiyanın və ortodromiyanın təsviri*

Əsas hissə. Ortodromiya – böyük dairə qövsüdür. Yer kürəsində iki nöqtəni birləşdirən ən yaxın məsafə böyük dairə qövsü (ortodromiya) adlanır (şəkil 2).

Kiçik məsafələrdə ortodromiya ilə loksodromiya arasındakı fərq olduqca azdır. Lakin böyük okean səfərlərində bu fərq yüzlərlə milə çatır. Ona görə də yola və vaxta qənaət etmək üçün gəminin kurslarını elə yerləşdirmək lazımdır ki, onlar yer səthində çıxış və gəliş nöqtələrindən keçən böyük dairə qövsünə yaxın olsunlar.

Böyük dairə qövsü öz istiqamətini arası kəsilmədən dəyişdirir və meridianları müxtəlif bucaqlarlar altında kəsir. Deməli, böyük dairə qövsü ilə üzərkən gəminin kursu çıxış nöqtəsinin kursundan gəliş nöqtəsinin kursuna qədər dəyişməlidir.



Şəkil 2. *Ortodromiya – böyük dairə qövsünün elementləri*

Əgər çıxış və gəliş nöqtələri eyni meridianda və yaxud ekvatorda yerləşirsə, o zaman böyük dairə qövsü loksodromiya ilə üst – üstə düşər və ortodromiya ilə üzərkən gəminin kursu dəyişməz qalar. Bütün qalan hallarda yuxarıda deyildiyi kimi, ortodromiya meridianları müxtəlif bucaqlarla kəsir. Lakin bu o demək deyildir ki, böyük dairə qövsünü çəkmək və gəmini kursda düzgün saxlamaq üçün kursları arasıkəsilmədən dəyişmək lazımdır.

Praktikada böyük dairə qövsünün səfəri loksodromik yollarla əvəz olunur. Bu yolların istiqaməti meridianlara görə gəmi sürücüsü tərəfindən müəyyən olunur. Deməli, böyük dairə qövsü merkator xəritəsində onun verilmiş çıxış və gəliş nöqtələrinin koordinatları və onun üzərində yerləşən aralıq nöqtələrinin koordinatlarına görə təsvir oluna bilər.

Ortodromiyanın üzərində yerləşmiş aralıq nöqtələrinin vəziyyətini, onların koordinatlarını, gəminin kurslarını və seçilmiş nöqtələri arasındakı məsafələrin fərqini hesablama yolu ilə alırlar.

Yer kürəsində iki nöqtəni birləşdirən ortodromiya merkator xəritəsində öz qabarıqlığı ilə yaxın qütbə tərəf yönədilmiş əyri xətt ilə təsvir olunur. Loksodromiya isə həmin xəritədə həmin nöqtələrdən keçən ortodromiyanın uclarını birləşdirən düz xətdir.

Böyük dairə qövsünün vəziyyəti Yer kürəsinin səthində aşağıdakı elementlərlə təyin olunur (şəkil 2):

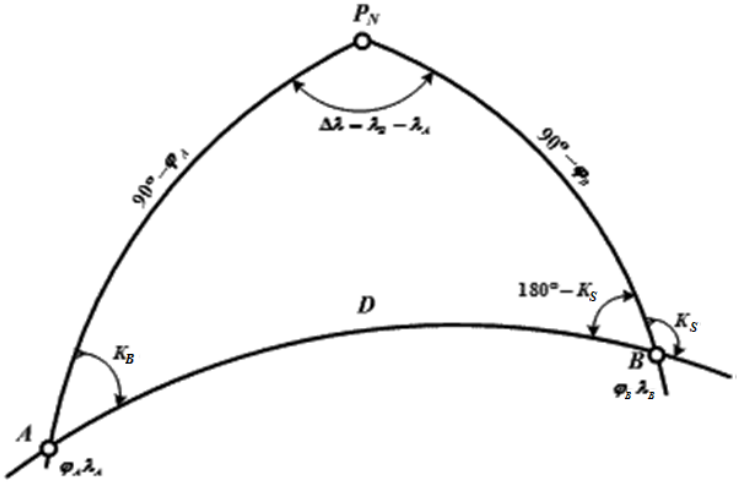
1. **Ortodromiyanın başlanğıc nöqtəsi – A** (φ_A, λ_A və ya φ_1, λ_1).
2. **Ortodromiya ilə üzmə zamanı başlanğıc kurs – K_B** – Həqiqi üfüq müstəvisində (A nöqtəsində) həqiqi meridianın şimal hissəsindən (N_H) ortodromiya xətti üzrə gəminin diametral müstəvisinə qədər olan bucağa deyilir. Qiyməti şimaldan (N_H) saat əqrəbi istiqamətdə 0°-dən 360°-yə qədər olan bucaqla ölçülür. Böyük dairə qövsünün çıxış nöqtəsinin istiqaməti başlanğıc kurs (**K_b**) adlanır.

3. **Ortodromiyanın son nöqtəsi – B** (φ_B, λ_B və ya φ_2, λ_2).
4. **Ortodromiya ilə üzmə zamanı son kurs – K_S** – Həqiqi üfüq müstəvisində (***B*** nöqtəsində) həqiqi meridianın şimal hissəsindən (***N_H***) ortodromiya xətti üzrə gəminin diametral müstəvisinə qədər olan bucağa deyilir. Qiyməti şimaldan (N_H) saat əqrəbi istiqamətdə *0°*-dən *360°*-yə qədər olan bucaqla ölçülür. Böyük dairə qövsünün gəliş nöqtəsinin istiqaməti sonuncu kurs (***K_s***) adlanır.
5. **W nöqtəsi** – yer ekvatoru ilə ortodromiyanın kəsişdiyi nöqtə ($\varphi_o=0°, \lambda_o$).
6. **Ortodromik kurs – K_o** – *W* nöqtəsi yanında həqiqi meridianın şimal hissəsindən (N_H) ortodromiya xətti üzrə gəminin diametral müstəvisinə qədər olan üfüqi bucağa deyilir. Qiyməti şimaldan (N_H) saat əqrəbi istiqamətdə *0°*-dən *360°*-yə qədər olan bucaqla ölçülür.
7. **V nöqtəsi (verteks)** – böyük dairə qövsünün üstündə yer qütbündən ən yaxın məsafədə olan nöqtəyə, yəni onun ən böyük en dairəsinə (φ_v) **verteks** deyilir. Böyük dairə qövsünün iki verteksi olur – *V və V_1*. Uzunluq dairələri bir-birindən *180^o* fərqlənir. En dairələri isə bir-birinə bərabər olub, lakin müxtəlif adlı olurlar.

Ortodromiyanın əsas formulu. Təpə nöqtələri Yerin qütbü (P_N), ortodromiya xəttinin başlanğıc (*A*) və son (*B*) nöqtələri olan üçbucaq (AP_NB) sferiki üçbucaq adlanır.

AP_NB sferiki üçbucağından (şəkil 3) ortodromiyanın elementlərini hesablamaq olar. AP_NB sferiki üçbucağının elementləri aşağıdakılardır:

- ***ΔAP_NB* sferiki üçbucağının tərəfləri:**
- ***$AP_N \rightarrow (90°-\varphi_A)$*;**
- ***$P_NB \rightarrow (90°-\varphi_B)$*;**
- ***$AB \rightarrow D$* (ortodromiyanın uzunluğu).**



Şəkil 3. *Ortodromiyanın sferiki üçbucağı*

- ***ΔAP_NB* sferiki üçbucağının bucaqları:**
- ***$\angle P_NAB \rightarrow K_b$* - ortodromiya ilə üzmə zamanı başlanğıc kurs;**
- ***$\angle P_N B A \rightarrow 180°-K_s$* - ortodromiya ilə üzmə zamanı son kurs;**
- ***$\angle AP_NB \rightarrow \Delta\lambda=\lambda_2-\lambda_1$* – böyük dairə qövsü üzrə *A* və *B* nöqtələri arasında qalan uzunluq dairələri fərqi;**

Sferiki triqonometriyadan məlumdur ki, sferiki üçbucağın hər hansı üç elementi məlumdursa, digər elementləri formullar vasitəsilə müəyyən etmək olar.

Məsələn, "tərəfin kosinusu" formulu ilə *A* və *B* nöqtələri arasında qalan ortodromiya (*D*) məsafəsini hesablamaq olar:

$$\cos D = \cos(90° - \varphi_A) \cdot \cos(90° - \varphi_B) + \sin(90° - \varphi_A) \cdot \sin(90° - \varphi_B) \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A)$$

və ya əvəzetmədən sonra:

$$\cos D = \sin\varphi_A \cdot \sin\varphi_{\mathbf{B}} + \cos\varphi_A \cdot \cos\varphi_{\mathbf{B}} \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A) \quad (1)$$

"Tərəfin cotangensi" formulu ilə ortodromiyanın başlanğıc (K_b) və son (K_s) kurslarını hesablamaq:

$$ctgK_b = \cos\varphi_A \cdot tg\varphi_{\mathbf{B}} \cdot \cos ec(\lambda_B - \lambda_A) - \sin\varphi_{\mathbf{B}} \cdot ctg(\lambda_B - \lambda_A) \quad (2)$$

$$ctgK_S = -tg\varphi_A \cdot \cos\varphi_{\mathbf{B}} \cdot \cos ec(\lambda_B - \lambda_A) - \sin\varphi_{\mathbf{B}} \cdot ctg(\lambda_B - \lambda_A) \quad (3)$$

Analoji olaraq qalan kəmiyyətləri hesablaya bilərik:

$$tg\varphi_i = \left[\frac{tg(\lambda_i - \lambda_A)}{tgK_A \cdot \cos\varphi_A} + tg\varphi_A\right] \cdot \cos(\lambda_i - \lambda_A) \quad (4)$$

və ya

$$tg\varphi_i = \sin(\lambda_i - \lambda_A) \cdot ctgK_o \quad (5)$$

$$tg\varphi_i = \left[\frac{tg(\lambda_i - \lambda_A)}{tgK_A \cdot \cos\varphi_A} + tg\varphi_A\right] \cdot \cos(\lambda_i - \lambda_A)$$

$$tg\left(\frac{\lambda_A + \lambda_B}{2} - \lambda_o\right) = \sin(\varphi_A + \varphi_B) \cdot \cos ec(\varphi_B - \varphi_A) \cdot tg\frac{\lambda_B - \lambda_A}{2}$$

$$tg\varphi_i = \cos\theta_i \cdot tg\varphi_V \quad (6)$$

Burada, $\theta = \lambda_V - \lambda_i$

$$\varphi_V = 90° - K_o \quad (7)$$

$$\lambda_V = \lambda_o \pm 90° \quad (8)$$

Böyük dairə qövsü ilə səfər o zaman həyata keçirilir ki, loksodromiya yolunun uzunluğu (S_{lok}) ilə ortodromiya yolunun uzunluğunun ($D=S_{ort}$) fərqi olduqca böyük və gedilən saatların fərqi on saatlarla olsun.

Ortodromiya ilə əsasən böyük məsafədə (minlərlə mil) üzmələri, məsələn okean səfərlərini həyata keçirirlər. Belə səfərlərdə loksodromiyaya nisbətən ortodromiya daha sərfəlidir.

Ortodromiya ilə üzmə aşağıdakı halda sərfəli olur:

$$\Delta S = \frac{S - D}{D} \cdot 100\% \geq 0{,}5\% \quad (9)$$

Burada, S – loksodromiyanın uzunluğu, mil;

D – ortodromiyanın uzunluğu, mil;

Üzmənin sərfəli olmasını təyin etmək üçün, ilkin olaraq S və D hesablamaq lazımdır.

Ortodromiya ilə keçilmiş məsafənin (*D*) hesablanması. Ortodromiya ilə keçilmiş məsafə (D) (1) düsturu vasitəsilə hesablanır:

cosD	*= sinφ_A*	*x sinφ_B*	*+cosφ_A*	*x cosφ_B*	*x cos(λ_B-λ_A)*
↕	*+20°00'*	*+42°12'*	*+20°00'*	*+42°12'*	*+65°00'*
	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42.				
0,52394	*=0,34203*	*x 0,67172*	*+ 0,93969*	*x 0,7408*	*x 0,42262*
↓	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə				
≈ 58°24,2′ = ***3504,2 mil*** *→ D. (58° · 60′ + 24,2′)*					

Ortodromiya ilə keçilmiş məsafənin (D) 16.1 düsturu vasitəsilə hesablanmış qiymətini "TBA-57" dənizçilik cədvəli ilə yoxlayaq:

Hesablama üçün xüsusi cədvəldən istifadə edirik (cədvəl 1). Cədvəldə: δ əvəzinə → φ_B; t əvəzinə → $\Delta\lambda$; φ_c əvəzinə → φ_A; yazılır

D<5400 mil olarsa, "TBA-57" dənizçilik cədvəli ilə həll etmək olar:

Cədvəl 1

δ φ_B N	42°12,0′	$+T_\delta$	69875					
t $\Delta\lambda$ E	65°00,0′	S_t	7481	$-T_t$	77352			
X N	65°00,6′	$=T_X$	77356	S_X	7484			
φ_C φ_A N	20°00,0′			$=T_P$	69868			
$Y=90°+(X\sim\varphi)$	135°00,6′			$+S_Y$	3009	$-T_Y$	70722	
A_C K_b	52°01,5′NE ≈ 52,0°			$=T_A$	72877	S_A	4218	
h_C D	31°35,7′ (90°– h_C) = 58°24,3′ = **3504,3** mil = D						66504	

Nəticə. 1 düsturu və "TBA-57" dənizçilik cədvəli ilə *D=3504,3*mil hesablandı.

Ortodromiya ilə üzmənin loksodromiyaya nisbətən nə qədər sərfəli olmasını hesablayaq:

$$\Delta S = \frac{S-D}{S}\cdot 100\% = \frac{3576,3-3504,2}{3576,2}\cdot 100\% \approx 2\% \geq 0,5\%$$

Beləliklə, ortodromiya ilə üzmə loksodromiyaya nisbətən sərfəlidir.

Ortodromiya ilə başlanğıc kursun (K_b) hesablanması. Ortodromiya ilə başlanğıc kurs (K_b) 2 düsturu vasitəsilə hesablanır:

ctg K_b	$=\cos\varphi_A$	$x\ tg\varphi_B$	$x\ \text{cosec}(\lambda_B-\lambda_A)$	$-\sin\varphi_B$	$x\ ctg(\lambda_B-\lambda_A)$
↕	*+20°00′*	*+42°12′*	*+65°00′*	*+20°00′*	*+65°00′*
	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42.				
0,78064	*=0,93969*	*x 0,90674*	*x 1,10338*	*- 0,34202*	*x 0,46631*
↓	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə				
$K_b = 52°01,4′ \approx 52,0°$					

Nəticə. 2 düsturu və "TBA-57" dənizçilik cədvəli ilə $K_b = 52°01,4′ \approx 52,0°$ hesablandı.

Qaydaya görə funksiyaların işarələri:

- Əgər $\varphi \rightarrow N$ olarsa, bütün funksiyalar "+" olur;
- Əgər $\varphi \rightarrow S$ olarsa, sin "+" , cos "-" olur;
- $cos\Delta\lambda$ funksiyasının qiyməti, koordinatn işarəsindən deyil, bucağın qiymətindən aslıdır. Əgər $\Delta\lambda<90°$ olarsa, cos "+", $\Delta\lambda>90°$ olarsa, cos "-" olar.

Ortodromiya ilə son kursun (K_s) hesablanması. Ortodromiya ilə son kurs (K_s) 2 düsturu vasitəsilə hesablanır:

ctg K_s	$=-tg\varphi_A$	$x\cos\varphi_B$	$x\ \text{cosec}(\lambda_B-\lambda_A)$	$+\sin\varphi_B$	$x\ ctg(\lambda_B-\lambda_A)$
↕	*+20°00′*	*+42°12′*	*+65°00′*	*+20°00′*	*+65°00′*
	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42.				
0,01573	*=-0,36397*	*x 0,74080*	*x 1,10338*	*+0,67172*	*x 0,46631*
↓	"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə				
$K_s = 89°06,0′ \approx 89,1°$					

K_o və λ_o kəmiyyətlərinin hesablanması. 6 düsturundan istifadə edərək hesablama aparılır:

$$tg\left(\frac{\lambda_A+\lambda_B}{2}-\lambda_o\right) = \sin(\varphi_A+\varphi_B)\cdot cosec(\varphi_B-\varphi_A)\cdot tg\frac{\lambda_B-\lambda_A}{2}$$

-41°20′ +62°12′ +22°12′ +32°30′

$$tg\left(\frac{\lambda_A+\lambda_B}{2}-\lambda_o\right) = \sin 62°12′\cdot cosec22°12′\cdot tg32°30′ =$$

= MT-75 cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42 istifadə edərək = 0,88458·2,64662·0,63707 = 1,49147

Beləliklə,

$$tg\left(\frac{\lambda_A+\lambda_B}{2}-\lambda_o\right) = 1,49147$$

$$\frac{\lambda_A+\lambda_B}{2} = \frac{-73°50′+(08°40′)}{2} = -41°20′$$

$$tg(-41°20′-\lambda_o) = 1,49147$$

"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə hesablayırıq.

$$(-\mathbf{41°20'} - \boldsymbol{\lambda_o}) = \mathbf{56°09,6'}$$

$$\boldsymbol{\lambda_o} = -\mathbf{41°20'} - \mathbf{56°09,6'} = -\mathbf{97°29,6'}$$

$$\boldsymbol{\lambda_o} = \mathbf{97°29,6'W}$$

5 düsturundan istifadə edərək ortodromik kursu hesablayırıq:

$$tg\varphi_A = sin(\lambda_A - \lambda_0) \cdot ctgK_o$$

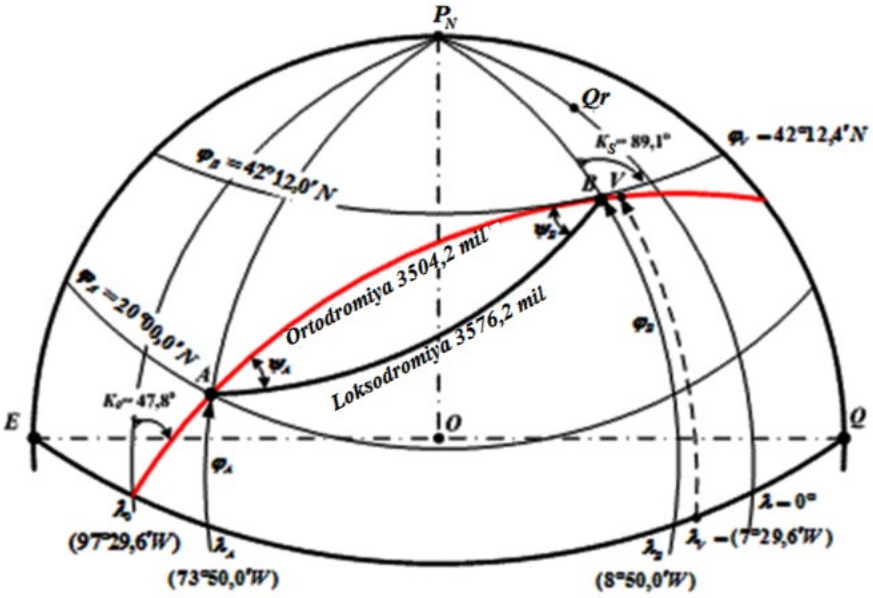
$$ctgK_o = \frac{tg\varphi_A}{sin(\lambda_A - \lambda_0)} = \frac{tg20°00'}{sin(-73°50' - (-97°29,6))} = \frac{tg20°00'}{sin33°39,6'} =$$

= "MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42 istifadə edərik =

$$ctgK_o = \frac{0,36397}{0,40131} = 0,90695$$

"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə daxil olmaqla hesablayırıq.

$$\boldsymbol{K_o = 47°47,6'}$$



Şəkil 4. *Böyük dairə qövsü – ortodromiya ilə üzmənin sxemi*

Aralıq nöqtələrin koordinatlarının hesablanması

1) λ_o və K_o kəmiyyətlərinə görə.

$$\lambda_o = 97°29,6'W, \quad K_o = 47°47,6'$$

$$tg\varphi_i = sin(\lambda_i - \lambda_0) \cdot ctgK_o$$

"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42 istifadə edərik:

Aralıq nöqtə №1 üçün:

$$tg\varphi_i = sin(\lambda_i - \lambda_0) \cdot ctgK_o = \sin(67°29,6' - 97°29,6') \cdot ctg47°47,6' = sin30° \cdot ctg47°47,6'$$
$$= 0,5000 \cdot 0,90685 = 0,45343$$

"MT-75" cəd.6 a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə hesablayırıq.

$\boldsymbol{\varphi_1 = 24°23,6'N}$ *(Cədvəl 2)*

Hər *10°*-dən bir bütün aralıq nöqtələrin koordinatlarını ($\boldsymbol{\varphi_i}$) hesablayırıq və cədvəl 2-də qeyd edirik. Bunu loqarifm ilə edirik.

$lgtg\varphi_i = lgsin(\lambda_i - \lambda_0) + lgctgK_o$ "MT-75" cəd.5a.

Cədvəl 2

Nöqtə №	Hər 10°-dən bir verilən uzunluq dairəsi	$\lambda_i - \lambda_0$ $\lambda_o=97°29,6'W$	$lg\ sin(\lambda_i - \lambda_0)$	$lg\ tg\varphi_i$	$lgctgK_o$ $K_o=47°47,6'$	φ_i
1	67°29,6′W	30°	9,69897	9,95759	9,65656	24°23,6′N
2	57°29,6′W	40°	9,80807	9,95759	9,76566	30°14,5′N
3	47°29,6′W	50°	9,88425	9,95759	9,84184	34°47,4′N
4	37°29,6′W	60°	9,93753	9,95759	9,89512	38°08,9′N
5	27°29,6′W	70°	9,97299	9,95759	9,93058	40°26,4′N
6	17°29,6′W	80°	9,99335	9,95759	9,95094	41°46,2′N

2) Hesablamanın doğru olmasını koordinatların "verteksi" ilə yoxlayırıq.

$$\varphi_V=90°- K_o=90°- 47°47,6'=42°12,4'N$$

$$\lambda_V=\lambda_o\pm90°=97°29,6'-90°=7°29,6'W.$$

$$\boldsymbol{tg\varphi_i = cos\theta_i \cdot tg\varphi_V}$$

$$\boldsymbol{\theta = \lambda_V - \lambda_i}$$

$$\boldsymbol{lg\varphi_i = lgcos\theta_i \cdot lgtg\varphi_V}$$

"MT-75" cəd.5a. istifadə olunur.

Aralıq nöqtə №1 üçün:

$$tg\varphi_i = cos(\lambda_V - \lambda_1) \cdot tg\varphi_V = \cos(7°29,6' - 67°29,6') \cdot tg42°12,4' =$$
$$= cos60° \cdot tg42°12,4' = 0,5000 \cdot 0,90695 = 0,4534 \rightarrow$$

"MT-75" cəd.6a və ya "MT-2000" cəd.5.42. əksinə girməklə hesablayırıq.

$\boldsymbol{\varphi_1 = 24°23,6'N}$ (Cədvəl 3)

Hər 10°-dən bir bütün aralıq nöqtələrinin koordinatını ($\lambda_i \rightarrow \lambda_2$=57°29,6′*W*, λ_3=47°29,6′*W*, λ_4=37°29,6′*W*, λ_5=27°29,6′*W*, λ_6=17°29,6′*W*) hesablayırıq və cədvəl 16.3-də qeyd edirik. Bunu loqarifma ilə edirik.

Cədvəl 3

Nöqtə №	Hər 10°-dən bir verilən uzunluq dairəsi	$\theta=\lambda_V - \lambda_0$ $\lambda_V=7°29,6'W$	$lgcos\theta$	$lg\ tg\varphi_V$	$lgtg\ \varphi_i$	φ_i
1	67°29,6′W	30°	9,69897	9,95758	9,65655	24°23,6′N
2	57°29,6′W	40°	9,80807	9,95758	9,76565	30°14,5′N
3	47°29,6′W	50°	9,88425	9,95758	9,84183	34°47,4′N
4	37°29,6′W	60°	9,93753	9,95758	9,89511	38°08,9′N
5	27°29,6′W	70°	9,97299	9,95758	9,93057	40°26,4′N
6	17°29,6′W	80°	9,99335	9,95758	9,95093	41°46,2′N

Nəticə. Hesablama düzgün yerinə yetirilib. Analoji hesablamanı φ_i üçün hər 5°-dən bir üçün aparmaq olar.

Böyük dairə qövsünün təsvirini merkator xəritəsinə köçürmək üçün onun bir neçə aralıq nöqtələrinin coğrafi koordinatlarını bilmək kifayətdir. Bu nöqtələri xəritədə işarə edib, onları səlis əyri xətt ilə birləşdirəndən sonra verilmiş çıxış və gəliş nöqtələrini birləşdirən böyük dairə qövsünü alırlar (şəkil 4).

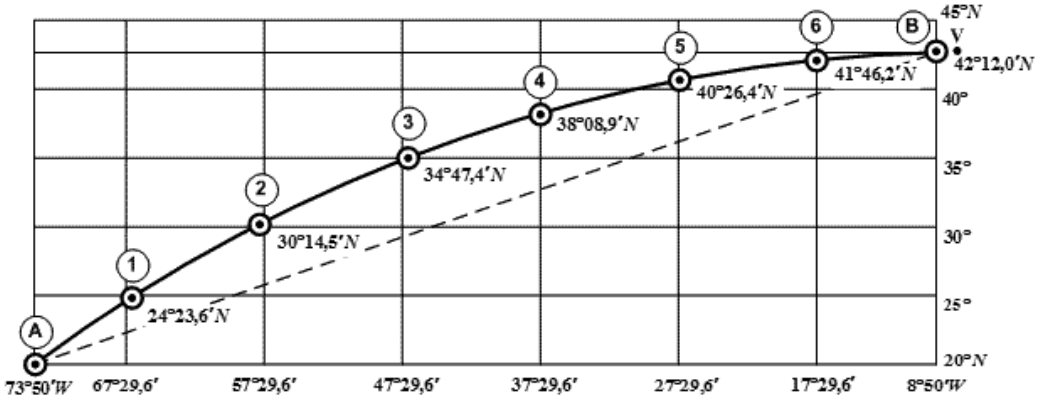
Böyük dairə qövsünün aralıq nöqtələrinin koordinatlarını üç üsulla hesablamaq olar:

1. Düsturlarla;
2. Ortodromik düzəlişin köməyi ilə;
3. Qnomonik xəritədən çıxarmaqla.

Praktikada ikinci və üçüncü üsullar daha geniş istifadə olunur.

Ortodromik düzəlişin köməyi ilə böyük dairə qövsünün merkator xəritəsində göstərilməsi.

Merkator xəritəsində çıxış A nöqtəsini gəliş B nöqtəsi ilə düz xətlə birləşdirib, loksodromik kursu K_{lok} alırlar. MT-75 cədvəl 23b-dən ortodromik düzəlişi ψ tapıb, A nöqtəsində K_b=LOK.K_b+ψ düsturu ilə ortodromiyanın istiqamətini hesablayırlar (şəkil 5).



Şəkil 5. *Böyük dairə qövsünün merkator xəritəsinə köçürülməsi*

Bu düsturda şimal yarımkürəsində LOK.K *0°÷180°* kurslarda ψ-nin işarəsi mənfi (–), *180°÷360°* kurslarda isə müsbət (+) olur; cənub yarımkürəsində isə – əksinə olur.

Nəticə. Xəritədə **A** nöqtəsindən ortodromiyanın birinci parçasını düz xətlə çəkib, üzərində 200-300 mil məsafə ayırırlar (məsafəni gəminin sürətindən asılı olaraq elə ayırırlar ki, gündə bir-iki dəfədən artıq olmasın). Bu parçanın son nöqtəsini yenidən ortodromiyanın son nöqtəsi (***B***) ilə düz xətlə birləşdirib, xəritədən LOK.K_{lok} çıxarırlar. "MT-75" Cədvəl 23b-dən yeni ortodromik düzəlişi ψ_1 çıxarıb, sonrakı aralıq kursunu düsturu ilə hesablayırlar və s.

$$K_b = LOK.K_1 + \psi_1$$

Ədəbiyyat

1. Abbasov, E.O. Naviqasiya və lotsiya. Dərslik. / E.O. Abbasov, Ç.M. Əliyev, A.H. Xəlilov -Bakı: ADDA, -2018. -486 s.
2. Əliyev, Ç.M. Dəniz naviqasiyasının texniki vasitələri. Dərslik. / Ç.M. Əliyev, E.O. Abbasov - Bakı: ADDA, -2014. -207s.
   Морская навигационная техника. Справочник. -Санкт -Петербург: "Элмор", -2012. -с.220.

Məqalə qəbul olunub: 28.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

УДК 656.612

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В РАМКАХ ПОЛИТИКИ ИМО 2020-2050 г.

Кирносов Д.А., Саламатова А.П., Мишин А.С.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: kir.denis@yahoo.com, SalamatovaAP@gumrf.ru. MishinAS@gumrf.ru

Аннотация. *Международное сообщество сильно обеспокоено современными проблемами экологии. Стратегия Международной морской организации (ИМО) нацелена на сокращение выбросов серы с судов. В 2020 году ограничение составило 0,5%, а к 2050 году планируется сократить выбросы до нуля, в связи с чем судовладельцы и операторы судов ищут экономически целесообразные решения для удовлетворения новых требований к выбросам. Рассмотрена проблема экономической и технологической сложности перехода судов на экологические виды топлива. Доступные решения включают использование сжиженного природного газа (СПГ) или топлива, не содержащего серы, переход с мазута с высоким содержанием серы на судовой газойль или дистиллятное топливо, использование мазута с очень низким содержанием серы или соответствующих топливных смесей и использование скруббера/системы очистки выхлопных газов на судне, позволяющего работать на традиционном мазуте с высоким содержанием серы.*

Стоимость перехода на экологическое топливо может оказаться слишком высокой для судовладельцев. Проанализированы плюсы и минусы доступных вариантов с применением тематического анализа «ППЭЭТ», который учитывает политические, правовые, экономические, экологические, технологические и социологические аспекты.

Результаты показывают преимущество использования совместимой топливной смеси для многих судовладельцев, а также использование СПГ установок для строительства новых судов. Ожидается, что исследование позволит внести вклад в повышение эффективности коммерческих судов в соответствии со стратегией ИМО.

Xülasə. *Beynəlxalq ictimaiyyət müasir ekoloji problemlərdən çox narahatdır. Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (IMO) strategiyası gəmilərdən kükürd emissiyalarını azaltmağa yönəlib. 2020-ci ildə məhdudiyyət 0,5 % idi və 2050-ci ilə qədər tullantıların sıfıra endirilməsi planlaşdırılır, bu səbəbdən gəmi sahibləri və gəmi operatorları yeni emissiya tələblərinə cavab vermək üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli həllər axtarırlar. Məqalədə gəmilərin ekoloji yanacaq növlərinə keçidinin iqtisadi və texnoloji mürəkkəbliyi problemi nəzərdən keçirilir. Mövcud həllər arasında sıxılmış təbii qaz (LNG) və ya kükürd olmayan yanacaqların istifadəsi, yüksək kükürdlü yanacaqdan dəniz qazı və ya distillə edilmiş yanacağa keçid, çox az kükürdlü mazut və ya müvafiq yanacaq qarışıqlarının istifadəsi və s. daxildir.*

Ekoloji yanacağa keçidin dəyəri gəmi sahibləri üçün çox yüksək ola bilər. Mövcud variantların müsbət və mənfi tərəfləri siyasi, hüquqi, iqtisadi, ekoloji, texnoloji və sosioloji aspektləri nəzərə alan "PPEET" -in tematik təhlili istifadə olunmaqla nəzərdən keçirilir.

Nəticələr, bir çox gəmi sahibi üçün uyğun yanacaq qarışığı istifadəsinin və yeni gəmilərin inşası üçün LNG zavodlarının istifadəsinin faydalarını göstərir. Tədqiqatın IMO strategiyasına müvafiq olaraq ticarət gəmilərinin səmərəliliyinin artırılmasına töhfə verəcəyi gözlənilir.

Abstract. *The international community is deeply concerned about modern environmental problems. The strategy of the International Maritime Organization (IMO) aims to reduce sulfur emissions from ships. In 2020, the cap was 0.5%, and emissions are planned to be reduced to zero by 2050, which is why shipowners and ship operators are looking for cost-effective solutions to meet the new*

emission requirements. The problem of economic and technological complexity of the transition of ships to ecological types of fuel is considered. Available solutions include using liquefied natural gas (LNG) or sulfur-free fuels, switching from high sulfur fuel oil to marine gas oil or distillate fuel, using very low sulfur fuel oil or appropriate fuel mixtures, and using a scrubber / exhaust gas treatment system on a ship that allows you to work on traditional fuel oil with a high sulfur content.

The cost of switching to ecological fuel may be too high for shipowners. The pros and cons of the available options are analyzed using the thematic analysis of "PESTLE", which takes into account political, legal, economic, environmental, technological and sociological aspects.

The results show the benefits of using a compatible fuel mixture for many shipowners, as well as the use of LNG plants for the construction of new ships. The study is expected to contribute to improving the efficiency of commercial ships in line with the IMO strategy.

Ключевые слова: *морское судоходство, экология, бункерное топливо*
Açar sözlər: *dənizçilik, ekologiya, bunker yanacağı*
Key words: *maritime shipping, ecology, bunker*

Введение. В целях реагирования на негативное воздействие, оказываемое выбросами в море, за последние десятилетия национальные и международные организации предложили различные меры по сокращению содержания серы в топливе. ИМО приложила много усилий для разработки правовой и технической базы для контроля и сокращения выбросов с судна [1].

Согласно IMO 2020, предельное содержание серы с 3,5% снижено до 0,5% (верхний предел). Судовладельцы успешно завершили проверку качества судового топлива в связи с введением в 2020 году максимального содержания серы в 0,50%. Есть несколько вариантов для поставщиков топлива и покупателей в отношении соответствующего требованиям топлива: судового газойля, мазута с низким содержанием серы и СПГ, - или одобренных эквивалентных методов, такие как применение на судне скрубберов наряду с использованием мазута с высоким содержанием серы. Стоимость топлива может составлять более 50% от себестоимости рейса судна. В соответствии с все более жесткими правилами в судоходной отрасли, стимулами для судовладельцев / операторов судов стали не только сохранность окружающей среды, но также экономичность и эффективность эксплуатации судов. В этой статье сравниваются три варианта, в том числе судовой газойль (S <0,50%), СПГ и мазут с высоким содержанием серы наряду с применением скруббера. Результат этого исследования поможет судовладельцу / оператору судна в принятии решений в будущем.

Результаты исследования. Мероприятия необходимые для снижения выбросов серы неизбежно несут дополнительные расходы для судовладельцев [2]. Судовладельцам необходимо переоборудовать флот или использовать альтернативное топливо исходя из экономической эффективности и сложности установки дополнительных технических средств [3,4]. В статье рассмотрены варианты с учетом данных критериев:

1. Использование СПГ или топлива без серы (NH3, LH2). Этот вариант - лучшее решение экологических проблем судоходства. Ожидается, что СПГ будет использоваться в качестве судового топлива в будущем в соответствии со стратегией сокращения выбросов серы с судов как наиболее чистое, содержание серы в котором менее 0,1%. СПГ - это технически проверенный вариант, бункеровочная инфраструктура быстро развивается во всех крупных портах по всему миру. Кроме того, СПГ является наименее дорогим топливом, почти вдвое дешевле сырой нефти и порядка 30% от стоимости дизельного топлива. Однако стоимость постройки СПГ судна намного выше, а технология постройки сложнее, чем у других видов грузовых судов. Цепочка поставок СПГ и бункеровка имеет ограничения, в результате чего многие порты не работают с данным видом топлива. Также использование СПГ и влияние его выбросов должны быть исследованы и оценены в контексте проблем загрязнения окружающей среды метаном.

Таблица 1

Плюсы и минусы использования СПГ

Факторы	Позитивное последствие	Негативное последствие
Политические	- возможности для заключения политических союзов и новых разработок. - повышение безопасности, снизит воздействие на окружающую среду и обеспечит устойчивое развитие.	- Возможность санкций на экспорт больших объемов ресурса.
Юридические	Разработка правовой базы СПГ для судоходства, морских портов и логистических услуг.	- Сложность создания стабильной правовой системы, которая поддерживает развитие СПГ направления.
Экономические	- СПГ будет одним из важных видов судового топлива, поэтому большее число поставщиков и потребителей будут заходить в местные порты. - СПГ является дешевым видом топлива, почти вдвое дешевле сырой нефти, его стоимость равна одной третьи стоимости дизельного топлива. - Увеличение числа заходов судов и объемов перевалки грузов в портах ведет к увеличению доходов от услуг в сфере логистики и от цепочки поставок. - Основные порты потенциально будут развиваться для поставки бункерного СПГ для судов.	- Стоимость постройки СПГ-судна очень высокая, а технология сложна в реализации, по сравнению с альтернативными вариантами. - Пространство (емкость), необходимое для размещения СПГ-топлива, в четыре раза больше, чем требуется для хранения другого вида топлива, что снижает грузовместимость судна. - Необходимы значительные финансовые вложения в цепочку поставок / инфраструктуру СПГ. - Расходы на проведение поисково-спасательных работ увеличится.
Окружающая среда	- СПГ - самый экологичный вид топлива с содержанием серы менее 0,1%	- Необходимо исследовать выбросы метана при использовании СПГ, поскольку он может оказывать загрязняющее воздействие на окружающую среду.
Технологические	- развитие технологии строительства судов СПГ, проектирование резервуаров для хранения СПГ. - Инфраструктура бункеровки судов СПГ довольно быстро развивается в мире, в частности в Сингапуре, Японии, Кореи, Китае и т. д.	- двигатели на СПГ, хранилища СПГ и СПГ судостроение требуют проведение комплексных проектных работ.
Социологические	- улучшает здоровье населения. - развитие логистики СПГ и цепочек поставок создают рабочие места и увеличивают располагаемые доходы местного населения в районе портов	- ожидается, что доход от поставок мазута с высоким содержанием серы будет снижаться.

2. Переход на дистиллятное топливо приведет к значительному увеличению стоимости топлива, а также может потребоваться модернизация - установка оборудования по очистке топлива, по причине того, что вязкость дистиллятного топлива существенно ниже.

3. Ожидается, что топливо, соответствующее требованиям к низкосернистому топливу, в качестве топливной смеси будет доступно на рынке в виде различных продуктов [5]. Новые топливные смеси могут иметь проблемы со стабильностью, совместимостью, низкой вязкостью, температурой вспышки и т.д., что потенциально создает проблемы по вопросам безопасности и эксплуатации при работе с данным топливом. Контроль качества новой топливной

смеси при бункеровке очень важен, поскольку полученное конкретное топливо должно соответствовать требованиям IMO 2020. Рабочая группа ISO (2019) по стандартам на топливо уже опубликовала общедоступную спецификацию (PAS) в 2019 году под названием «Анализ для поставщиков и потребителей топлива в отношении качества судового топлива с учетом введения максимального уровня содержания серы 0,50% в 2020 году». Спецификация предоставляет из себя руководство как поставщикам топлива, так и потребителям судовладельцам. Кроме того, ИМО опубликовала «Руководство по передовой практике для покупателей / потребителей мазута для обеспечения качества мазута, используемого на судах».

Таблица 2

Плюсы и минусы использования топливных смесей

Факторы	Позитивное последствие	Негативное последствие
Политические	- поможет речному флоту и малотоннажным судам соответствовать требованиям IMO 2020.	- требуются инвестиции для изменения цепочки бункеровки топливными смесями.
Юридические	- разработка общего отраслевого руководства по вопросам безопасности и эксплуатации, связанного с поставкой и использованием топливных смесей для судоходства, морских портов и логистических услуг.	- создание стабильной правовой, благоприятной системы, которая поддерживает развитие и функционирование судоходства в качестве административной реформы.
Экономические	- затраты на переход от использования высокосернистого топлива к топливным смесям минимальны, в результате чего больше поставщиков и потребителей будут выбирать данный вид топлива на введенных в эксплуатацию судах. - не исключено, что основные морские порты будут переориентированы на поставки топливных смесей для судов. - развитие услуг по очистке топливных баков.	- требуются финансовые затраты и время для очистки топливных баков. - эффективность эксплуатации судна снижается из-за характеристик топливных смесей, таких как стабильность, кислотный состав, температура вспышки и т.д.
Окружающая среда	- содействие развитию экологически нейтрального порта и поддержка национальной стратегии по сокращению выбросов серы.	- содержание серы может увеличиться более чем на 0,5%, если очистка и промывка не выполнены должным образом, что приведет к несоответствию требованиям IMO 2020.
Технологические	- активизация разработки нового мазута.	- эффективность нового мазута нуждается в проверке.
Социологические	- улучшает здоровье населения. - помогает ученым и промышленности исследовать и разрабатывать новые смеси жидкого топлива и логистические цепочки поставок.	- ожидается, что доход от поставок мазута с высоким содержанием серы будет снижаться.

4. После 1 января 2020 года мазут с высоким содержанием серы по-прежнему будет играть важную роль на рынке судового топлива. Однако, в соответствие требованиям IMO 2020, будет устанавливаться система очистки выхлопных газов (EGCS) или скрубберы SOX. Следует отметить, что установка скруббера может носить сложный характер, но не вносятся никакие изменения в работу главного двигателя, управляющей системы обработки топлива, особенно при модернизации. Капитальные затраты - CAPEX и операционные расходы - OPEX для

EGCS или скруббера по-прежнему высоки, что связано с увеличением потребления энергии, химическими расходными материалами и организацией постоянного хранения для гибридных скрубберов или скрубберов с замкнутым контуром.

В этом исследовании для всестороннего анализа варианта, соответствующего Стратегии ИМО, шесть элементов были проанализированы с использованием тематического политического, правового, экономического, экологического, технологического и социологического (PLEETS) метода, приводя ответы на семь ключевых вопросов экспертов из основных агентств, включая морскую администрацию, регистр, Министерство транспорта, нефтегазовую группу, портовых операторов, портовых администраций, судоходных компаний, логистических компаний и экспедиторов [6,7].

Political - Какие политические аспекты могут повлиять на морскую деятельность?

Legal - Какое окажет влияние на морскую деятельность?

Economic - Какие экономические элементы повлияют на морскую деятельность?

Environmental - Какие экологические проблемы могут повлиять на бизнес?

Technological - Какие технологические тенденции могут повлиять на морскую отрасль?

Sociological - Какие социокультурные аспекты могут повлиять на бизнес?

Система экологического менеджмента любой прогрессивной судоходной компании должна учитывать мероприятия, ориентированные на минимизацию воздействия на окружающую среду. Это позволяет не только соответствовать законодательным требованиям в области охраны окружающей среды, но и контролировать, предотвращать загрязнения, обеспечивать непрерывное повышение экологической результативности.

Сокращение экологического ущерба и снижение выбросов парниковых газов одновременно стало серьезной целью ученых, правительств и бизнеса в самых различных областях экономики. Бункерное топливо не исключение - снижение его сернистости важно для Мирового океана в условиях расширения морского сообщения и туризма. Российские НПЗ в этих условиях продолжают модернизацию, чтобы конкурировать на мировом рынке, что можно только приветствовать.

Основные выводы. Стратегия IMO по сокращению выбросов с судов с 2020 года с целью достижения нулевого уровня выбросов к 2050 году поддерживается большей частью населения по причине реальных преимуществ, которые она приносит для здоровья человека. Судовладельцы, операторы судов, морские власти и нефтяная промышленность должны найти решение, соответствующее новым требованиям к выбросам. В данном исследовании преимущества и недостатки доступных вариантов, соответствующих требованиям IMO 2020 с точки зрения политических, правовых, экономических, экологических и социологических аспектов, показали, что предпочтение СПГ/мазута с низким содержанием серы для судоходства является перспективным исходом. Для России одни из выгодных факторов является удобное географическое положению страны, которое нужно использовать с целью предложения плана для морского бизнеса, который будет стимулировать и перестаивать морскую экономику для новых требований. В этот план могут войти, например: разработка политик по усилению контроля и надзора за цепочкой поставок и логистикой топлива, отвечающего требованиям (СПГ/низкосернистое топливо); провозглашение правовой политики, побуждающей все секторы экономики инвестировать в строительство новых судов, использующих СПГ-топливо, и поставщиков – бункеровочных СПГ барж; построение долгосрочного плана развития основного бункерного топлива или иного источника энергии для судов.

Литература

1. Cofala J. The potential for cost-effective air emission reductions from international shipping through designation of further Emission Control Areas in EU waters with focus on the Mediterranean Sea. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.046.

2. Marpol 73/78 Annex VI. Technical and Operational implications. hulpinnood.nl/wp-content/uploads/2015/03/BIJLAGE3_Marpol-annex-VI.pdf [Accessed 20 Feb. 2021].
3. Cuong, Nguyen Manh. An analysis of available solutions for commercial vessels to comply with IMO strategy on low sulphur. Retrieved from: https://doi.org/10.1080/25725084.2020.1784080
4. Русинов, И. А. Вопрос регулирования линейного судоходства на основе анализа положений конвенции ООН о кодексе поведения линейных конференций / Русинов И. А. // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – №3(37). – С. 53–64.
5. Жакупов М. А., Лоджанская В. О., Локисов И. А., Поддубный А. А. Насыщение ароматики как способ очистки топлива // Молодой ученый. -2017. -№20. -с. 115-118. -URL https://moluch.ru/archive/154/43486/ (дата обращения: 28.02.2021).
6. Fosher, Holly. Understanding the Marketing and Management of trails using PESTEL Analysis. Master's Theses and Capstones. 1183. Retrieved from: https://scholars.unh.edu/thesis/1183.
7. Touati Janet. The PESTEL Environment and Its Impact on the Value Created. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.24297/ijmit.v6i2.738.
8. Yu Shenga, Xunpeng Shi, Bin Su. 3 June 2018. Re-analyzing the economic impact of a global bunker emissions charge. Energy Economics Volume 74, 107-119. Retrieved from: doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.035.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

УДК: 338:656.6: 616-036.2

ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПАНДЕМИИ ДЛЯ СУДОХОДНОГО БИЗНЕСА

Лаврентьева Е.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail:e_lavrentieva@mail.ru

Аннотация. *Выполнен ретроспективный анализ развития эпидемий в мире; обобщены последствия нового вируса COVID – 19 на работу морского и внутреннего водного транспорта в России; показаны основные этапы и требования по выходу водного транспорта из режима ограничений и восстановления грузовых и пассажирских перевозок при положительных изменениях эпидемиологической обстановки; проанализирована динамика пассажирооборота водного транспорта в 2020 году; показаны основные проблемные ситуации усложнения кадрового менеджмента и мероприятия по их устранению, особенно при смене экипажей морских судов; систематизированы меры государственной поддержки организаций водного транспорта и итоги их реализации; обобщены дискуссионные предлагаемые меры налогообложения пострадавшей от пандемии транспортной деятельности водного транспорта.*

Xülasə. *Dünyada epidemiyaların inkişafının retrospektiv təhlili aparılıb; yeni COVID-19 virusunun Rusiyada dəniz və daxili su nəqliyyatının istismarı üzrə nəticələri ümumiləşdirilib; su nəqliyyatının məhdudlaşdırma rejimindən çıxması və epidemioloji vəziyyətdə müsbət dəyişikliklər baş verdiyi təqdirdə yük və sərnişin axınının bərpası üçün əsas mərhələlər və tələblər göstərilib; 2020-ci ildə su nəqliyyatında sərnişin axınının dinamikası təhlil edilib; personal idarəetməsinin ağırlaşmasının əsas problemli vəziyyətləri və bunları aradan qaldırmaq üçün tədbirlər göstərilib; su nəqliyyatı təşkilatlarına dövlət dəstəyi tədbirləri və onların həyata keçirilməsinin nəticələri*

sistemləşdirilib; pandemiyadan ziyan çəkən su nəqliyyatının nəqliyyat fəaliyyətinə dair təklif olunan vergi tədbirləri ümumiləşdirilib.

Abstract. *A retrospective analysis of the development of epidemics in the world is carried out; summarised the consequences of the new COVID - 19 virus on the operation of maritime and inland waterway transport in Russia; shows the main stages and requirements for the exit of water transport from the regime of restrictions and the restoration of freight and passenger traffic in the event of positive changes in the epidemiological situation; analysed the dynamics of water transport passenger traffic in 2020; shows the main challenges of increasing the complexity of personnel management and measures to eliminate them, especially when changing crews of sea vessels; systematised measures of state support for water transport organisations and the results of their implementation; summarised the controversial proposed measures of taxation of the transport activity of water transport affected by the pandemic.*

Ключевые слова: *пандемия, транспорт, судоходный бизнес, меры государственной поддержки, налогообложение*

Açar sözlər: *pandemiya, nəqliyyat, gəmiçilik biznesi, dövlət dəstəyi tədbirləri, vergitutma*

Key words: *pandemic, transport, shipping business, government support measures, taxation*

Введение. Пандемия вошла в жизнь мирового сообщества, в том числе и судоходного бизнеса, стремительно, широко, и, что очень существенно, с значительными негативными организационными, социальными и экономическими последствиями, которые пока не нашли глубокого отражения в научных исследованиях и практических разработках. Выполнены первые теоретические и прикладные исследования, где представлено обобщение исторического опыта борьбы с пандемиями, изменений в различных сферах жизнедеятельности в условиях коронавирусной чрезвычайной ситуации и применяемых мерах по преодолению кризисных последствий. Сформулированы основные черты пандемии [1, стр.7]:

- причинами пандемий были не только недостатки в системе здравоохранения и медицины, но и особенности политических и экономических реалий соответствующего исторического периода;
- во время пандемий принимаемые решения на государственном и индивидуальном уровне определяются уровнем развития науки, государственного управления и межгосударственного регулирования на соответствующем историческом этапе и требуют развития науки и т.п.;
- пандемии многопланово влияли на различные сферы жизнедеятельности, выступая как акселератором, импульсом отдельных процессов, так и тормозом экономического роста;
- пандемии, вызывая ускорение как негативных, так и позитивных процессов, придают им лавинообразный, шквалистый характер;
- реакция на пандемию происходила как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе;
- быстро заканчивающиеся эпидемии не приводили к революционным изменениям общественной жизни и научных мировоззрений, а продолжительные пандемии были одним из факторов кардинальных преобразований и развития финансовых, социальных, медицинских и других наук.

Это явление имеет глубокие исторические корни, проявляясь в различных эпидемиях на протяжении многих веков. Реалии и последствия таких испытаний разные, но они всегда оказывают существенное влияние на экономику и социальные отношения общества. Транспорт, являясь связующей инфраструктурой государства, как правило, первым принимает сложности функционирования и негативные последствия. Например, «возбудитель болезни, холерный вибрион *Vibrio cholerae*, впервые распространился среди населения в эпоху британской колонизации удаленных от побережья районов Южной Азии. Но в потенциальный возбудитель

пандемий его превратили стремительные перемены эпохи промышленного переворота. Благодаря новым средствам передвижения – пароходам, каналам, железным дорогам – холерный вибрион проникал в самое сердце Европы и Северной Америки …» [2, стр.9]. Кроме того, пассажиры потенциально являются активными носителями инфекции, т.к. объективно находятся в близком взаимном контакте.

Прошло около ста лет борьбы со смертельными инфекциями, поразившими в свое время крупные мегаполисы, такие как Лондон, Париж, Нью-Йорк и другие. Потребовалось существенно улучшить условия жизни, водоснабжение, здравоохранение и, что важно подчеркнуть, развить транспортное обслуживание и международные связи. Так проявляется преобразующая сила пандемий.

В XXI веке микробы, поражающие человека, вновь напомнили о себе: лихорадка Эбола, вирус Западного Нила, атипичная пневмония, новые разновидности птичьего гриппа, возрождающиеся малярия, холера и туберкулез. Только за период с 1940 по 2004 год появились новые или возобновились более 300 инфекционных болезней [2, стр.11].

Основная часть. В конце 2019 года мир столкнулся с новым вирусом COVID – 19, который в России активно проявился в начале 2020 года. Принятые на государственном уровне ограничения ощутимо отразились на работе транспорта, в том числе и водного: сократились пассажирские перевозки, не началась вовремя пассажирская навигация на внутреннем водном транспорте и открылась она только в конце июня 2020 года, остановилось морское круизное судоходство.

В России на правительственном уровне был разработан комплекс мер поддержки наиболее пострадавших отраслей, при этом водные пассажирские перевозки были включены в этот перечень не сразу.

Положительные изменения эпидемиологической обстановки и постепенное снятие ограничений позволили водному транспорту двигаться в направлении восстановления перевозок с соблюдением главных приоритетов, это - здоровье людей и безопасный выход на планируемые объемы пассажиропотока. Рекомендуемый выход из режима ограничений осуществляется в три этапа (рис.1).



Рис. 1. *Процесс выхода транспорта из режима ограничений*

Для каждого вида транспорта Минтрансом России при согласовании с Роспотребнадзором определен соответствующий перечень требований выход из режима ограничений, для водного он систематизировано представлен в табл. 1.

Карантинный режим пандемии и перечисленные организационные заградительные меры отрицательно отразились на объемных показателях и экономике водного транспорта, особенно в сфере пассажирских перевозок (рис.2).

Таблица 1

Требования к водному транспорту по выходу из режима ограничений[1]

Вид режима		
Режим распространения инфекции	Режим стабилизации	Штатный режим
На входах в пассажирские терминалы все проходят проверку температуры. Для лиц, входящих на борт судна, проводится обязательный порядок термометрического контроля, ношения защитных масок и перчаток, обработка рук антисептиком и соблюдение социальной дистанции в 1,5 метра. Температура измеряется во время поездки дважды в сутки. Пассажиры при посадке заполняют специальную форму о состоянии здоровья с информацией о температуре тела, респираторных симптомах, возможных контактах с заболевшими и поездках в другие страны.		Термометрический контроль проводится один раз в сутки. При входе на судно обязательны обработка рук антисептиком и соблюдение социальной дистанции в 1,5 метра. Пассажиры при посадке заполняют специальную форму о состоянии здоровья с информацией о температуре тела, респираторных симптомах, возможных контактах с заболевшими и поездках в другие страны.
Общие требования		
Регулярная гигиена рук, соблюдение социальной дистанции, контроль собственных респираторных симптомов и температуры тела, минимизация операций за наличный расчет.		

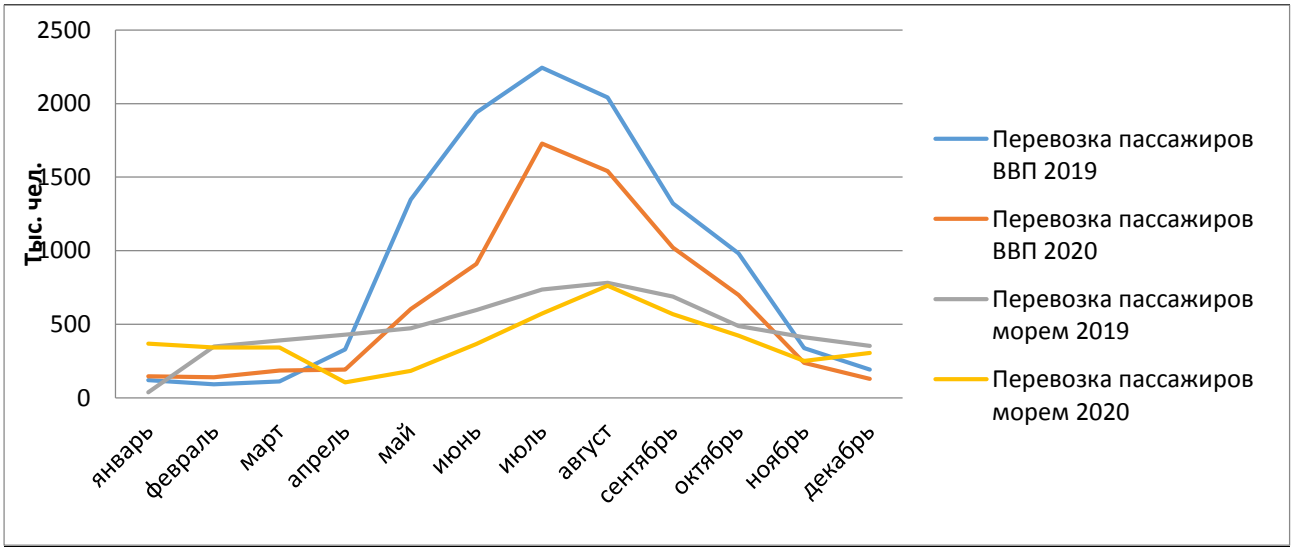


Рис.2. *Динамика перевозок пассажиров морским и внутренним водным транспортом России*

В целом по грузовым морским перевозкам в 2020 году наблюдается рост на 6,4% за счет внутренних сообщений (рост 13,7%), но при этом в международном сообщении перевозки снизились на 3,2%. Снижение перевозок пассажиров морским транспортом составило 23,9%, а пассажирооборот снизился на 39,5% к уровню 2019 года и составил 31,5 млн. пассажиро-километров.

В навигацию 2020 года с учетом предпринимаемых мер по улучшению параметров судовых ходов и роста возможности использования внутреннего водного транспорта для обеспечения освоения грузопотоков в сложных условиях развития экономики в период пандемии речные перевозки грузов незначительно увеличились (на 0,7%) в сравнении с предыдущим

[1] Временные рекомендации, направленные на безопасное функционирование морского и внутреннего водного транспорта в условиях COVID-19, утверждены Министром транспорта Российской Федерации 25.05.2020 г.и согласованы Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, письмо от 25.05.2020 № 02/10389-2020-23.

годом, при этом грузооборот снизился на 1,9%. Перевозки пассажиров снизились на 30,2%, а пассажирооборот – на 58,1%. Снижение пассажирских перевозок особенно коснулось транзитного сообщения на 60% и пригородного – на 35%, однако на местных перевозках отмечен рост на 14%. Перевозки пассажиров в заграничном сообщении (Россия-Китай) вообще не осуществлялись, по причине закрытия водного транспортного сообщения в связи с пандемией. Особое место на внутреннем водном транспорте занимает водный туризм. В прошедшем году падение перевозок пассажиров по туристским маршрутам составило 73%), по экскурсионно-прогулочным –около 61%.[2]

Пандемия по коронавирусу ощутимо повлияла на усложнение кадрового менеджмента, особенно для морской отрасли. Ограничительные меры привели к невозможности смены экипажей судов. По информации Российской палаты судоходства около 400 тыс. моряков не могли вовремя вернуться домой, из которых 100 тыс. – это российские моряки. В адрес учреждений ООН было направлено открытое письмо от Международной федерации транспортников (ITF) и Международной палаты судоходства (ICS), в котором отмечается ключевая и жизненно важная роль моряков в условиях всемирного коронавирусного кризиса [3, стр. 9]

Минтранс России продлил срок действия квалификационных документов членов экипажей, медицинских свидетельств и конвенционных судовых документов, а губернаторов уведомили о недопустимости создания дополнительных преград при смене экипажей. Возобновили работу по оформлению удостоверений личности моряка и мореходных книжек.

Отрицательные последствия пандемии коронавируса и связанный с этим экономический спад наблюдается и за рубежом. В Германии это отразилось на функционировании внутренних водных путей и внутренних портов. Количество грузов для промышленности и торговли существенно снизился, особенно для химической и сталелитейной отраслей, сельского хозяйства. Сократились отгрузки нефтепродуктов и грузов для электростанций, контейнерные перевозки. Болезнь сотрудников стала причиной ограничения времени работы речных шлюзов, а это создало серьезные проблемы для судоходства. Согласно прогнозу компании Creditreform, каждая пятая логистическая компания Германии находится на грани банкротства. Из почти 72 тыс. логистических компании 18,1% фирм имеют низкую кредитоспособность, 32% курьерских служб без гарантированной государственной помощи обанкротится[3].

В России и за рубежом ограничительные меры находятся в постоянном изменении, то ослабевают, то вновь ужесточаются. Транспорт является системообразующей сферой любого государства и его потенциал будет востребован по мере выхода экономики на траекторию роста. Поэтому ставится задача максимального сохранения инвестиционных транспортных программ, производственных связей, рабочих мест, специалистов, доходов транспортников, развития инфраструктуры. На транспорте занято около 4,5 млн. человек, их стабильная работа важна для обеспечения устойчивого развития регионов и государства в целом. С этой целью на государственном уровне реализуются меры поддержки экономики транспорта, первые результаты для судоходного бизнеса фрагментарно приведены в табл. 3.

На конец июня 2020 года организациям морского и речного транспорта оказана финансовая поддержка в объеме 517,06 млн. руб.[4]

Анализ полученных результатов

Прошедший год ярко показал отрицательные последствия пандемии. Возникает правомерный вопрос, как будет функционировать водный транспорт после снятия карантинных ограничений. Пандемия заставила судовладельцев оптимизировать расходы, искать новые ис-

[2] http://morflot.gov.ru/novosti/lenta/n5190.html (обращение 30.03.2021)

[3] https://logist.today/dnevnik_logista/2020-03-27/v-germanii-vnutrennij-vodnyj-transport-nachal-oshhushhat-posledstvija-pandemii-covid-19/ (Обращение 09.04.2021г.)

[4] https://mintrans.gov.ru/documents?type=7&page=2 (Обращение 07.07.2020г.)

точники доходов. Это процесс не завершится быстро и компаниям придется осуществлять деятельность в других условиях. Необходимы организационные, эксплуатационные, логистические и экономические изменения для реализации национальных географических преимуществ, развития региональных и межрегиональных перевозок, внутреннего туризма с учетом оказания качественных, и не менее важно, доступных услуг гражданам России.

Таблица 3

Реализация мер государственной поддержки организациям морского и внутреннего водного транспорта

Название меры	Объем средств государственной поддержки	Результат предоставления государственной поддержки
Субсидирование круизных речных и морских компаний на возмещение части расходов	4,7 млрд. руб. 0,32 млрд. руб.	Сохранение деятельности и численности работников.

Составлено автором по данным Минтранса России
https://mintrans.gov.ru/documents?type=7&page=6 (обращение 09.04.2021)

Создавшаяся обстановка ускоряет перенаправление грузовых потоков в российские порты при обеспечении выгодности как для транспортного бизнеса, так и для производителей и экспортеров. Перспективным является развитие портовых особых экономических зон [4, стр. 198], например, современного транспортного узла в особой экономической зоне на Каспии.

В сфере финансовых отношений на федеральном уровне принято решение о поддержке судоходных компаний, осуществляющих морские и речные круизные перевозки в размере 320 млн. руб. Эти средства выделены на компенсацию выплат по договорам лизинга на приобретение пассажирских судов, построенных на российских судостроительных предприятиях. При этом судоходные компании должны зарегистрировать такие суда в Государственном судовом реестре или Российском международном реестре судов Российской Федерации. Введенная мера направлена на реализацию программы строительства новых судов на отечественных верфях в условиях поддержки отраслей, наиболее пострадавших в результате распространения коронавирусной инфекции. Повышение качественного уровня пассажирского флота особо значимо как для развития внутреннего туризма и пассажирских перевозок, так и для привлечения иностранных туристов в Российскую Федерацию. Субсидирование расходов на уплату лизинговых платежей поддержит финансовую устойчивость судовладельцев, позволит сохранить оборотные средства, обеспечить минимизацию сокращения численности работников, а также улучшить конкурентоспособность в условиях распространения COVID-19.

Не менее значимым является субсидирование в размере 1 млрд. руб. разницы в тарифах на транзитные контейнерные отечественные и иностранные перевозки, что позволит выполнить поставленную задачу увеличения перевозок в контейнерах к 2024 году в 4 раза [5, стр.8]

Возникает необходимость введения моратория на повышение портовых сборов в морских портах на ближайшие 2 года и отложить применение ставок инвестиционного портового сбора.

В организационных аспектах важно подчеркнуть принятие своевременных решений по вопросы транспортной мобильности граждан. Ограничения, введенные в связи с распространением коронавирусной инфекции, не позволили морским перевозчикам и круизным компаниям внутреннего водного транспорта выполнять свои обязательства перед пассажирами. Для перевозчиков введена возможность отложить возврат пассажиру денежных средств на 18 месяцев с даты несостоявшегося рейса, или перенести не оказанную услугу на удобный для пассажира срок, по истечении которого неиспользованные денежные средства возвращаются пассажиру. Такой порядок применяется в отношении договоров на перевозку, подлежащих исполнению с 1 февраля по 31 декабря 2020 года. Принятые меры обеспечили защиту прав и

интересов граждан, а также позволили повысить устойчивость функционирования морских и речных судоходных компаний.

Выводы. Анализ, систематизация и обоснование перспективных действий требует научного осмысления с учетом накопленного теоретического и методического опыта [6].

Особое внимание требует налогообложение пострадавшего от пандемии судоходной деятельности. Наибольшие проблемы возникают с косвенными налогами – налогом на добавленную стоимость (НДС) [7, стр.222] и акцизами [8, стр.29]. Фрагмент перспективных обсуждаемых мер приведен в табл. 4.

Таблица 4

Перспективные меры в области налогообложения судоходного бизнеса

Общесистемные меры поддержки	
1	Снижение ставки страховых взносов до 15% на период 2020–2022 годы для грузовых и пассажирских автомобильных и воздушных перевозок, электротранспорта, метро и вокзалов.
Отраслевые меры поддержки	
2	Отмена НДС на путевки для иностранных туристов на морские и речные круизы.
3	Возмещение акцизов на бункерное топливо до факта его использования.

В теоретическом плане риски налогообложения, возникающие при пандемии и аналогичных ситуациях, необходимо исследовать и отразить в общей классификации налоговых рисков. Так, разработанная классификация налоговых рисков для судоходной деятельности включает семь классификационных областей: налоговые риски организационно-правового характера; налоговые риски, связанные с эксплуатационной деятельностью транспортных организаций; налоговые риски, связанные с учетной политикой транспортных организаций; риски по режимам и элементам налогообложения; налоговые риски по характеру их возникновения и устранения; налоговые риски по времени их воздействия; налоговые риски по характеру их последствий. В каждой области определены классификационные признаки, по которым сформулированы виды налоговых рисков и их содержание в соответствии с особенностями транспортной деятельности [9, стр. 48]. Риски налогообложения в период пандемии целесообразно включить в классификационную область «Налоговые риски по характеру их возникновения и устранения» с уточнением их видов и содержания.

Последствия пандемии отразятся и на налоговом администрировании, в котором особое значение приобретают цифровые технологии [10, стр. 234].

Бесперебойная работа водного транспорта является стратегической задачей государства как в целом по стране, так и в регионах. Реализация мер финансовой поддержки транспортных организаций судоходной направленности, позволит сохранить их производственный, экономический и кадровый потенциал и не утратить свое годами создаваемое позиционирование на международных и национальных рынках транспортных услуг.

Литература

1. Россия и мир во время и после пандемии. - СПб.: Издательско – полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, -2020. - 274с.
2. Шах С. Пандемия: всемирная история смертельных инфекций / Соня Шах; перевод с английского [Мария Десятова]. - Москва: Альпина нон-фикшн, -2020. – 453.
3. В условиях глобальной пандемии - приравнять моряков к «ключевым работникам» /Морские вести России №7, -2020г. -с. 9.
4. Особые экономические зоны. Зарубежный и отечественный опыт. Книга 2: монография под ред. И.А. Майбурова, Б.Б. Иванова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, -2017. -287с.
5. Господдержка как залог восстановления экономики/Морские вести России №5, -2020г. -с.8.

6. Налоговое регулирование: теория и практика (на примере судоходного бизнеса) (монография). СПб, ГМА им. адм. С.О. Макарова, -2007г.
7. Теоретико-методологическая палитра косвенного налогообложения: монография под ред. И.А. Майбурова, Ю.Б. Иванова. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2020. -375 с.
8. Лаврентьева Е.А., Плавинская Г.А. Экономические последствия акцизного налогообложения судоходного бизнеса // Речной Транспорт (XXI), -2017. №2, -с. 29 – 32.
9. Лаврентьева Е.А., Плотникова А.И. Обеспечение эффективности судоходной деятельности на основе внутрифирменного управления налоговыми рисками: монография. - СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, -2019. -140с.

Цифровые технологии налогового администрирования: монография под ред. И.А. Майбурова, Ю.Б. Иванова. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019. -263 с.

Məqalə qəbul olunub: 22.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

UDC 621.431.74

INVESTIGATION OF PERFORMANCE INDICATORS OF A HARBOR TUG ON LIQUEFIED NATURAL GAS

Lukas Norkevičius, Sergejus Lebedevas

Faculty of Marine Technology and Natural Sciences, Klaipeda University
Bijunu str. 17, 91225 Klaipėda, Lithuania
E-mail: l.norkevicius@gmail.com, sergejus.lebedevas@ku.lt

Abstract. *Decarbonization of ship power plants and reduction of harmful emissions has become a priority in the technological development of maritime transport, including ships operating in seaports. Engines fueled by diesel without using secondary emission reduction technologies cannot meet MARPOL 73/78 Tier III regulations. The MEPC.203 (62) EEDI directive of the IMO also stipulates a standard for CO_2 emissions. This study presents the results of the influence of cryogenic tanks on energy parameters of the most common three different seaport tugboats and research on ecological parameters when a CAT 3516C diesel engine is replaced by a dual-fuel (diesel-liquefied natural gas) powered Wartsila 9L20DF engine on an existing seaport tugboat. CO_2, SO_2 and NO_x emission reductions were estimated using data from the actual engine load cycle, the fuel consumption of the KLASCO-3 tugboat, and engine-prototype experimental data. Emission analysis was performed to verify the efficiency of the dual-fuel engine in reducing CO_2, SO_2 and NO_x emissions of seaport tugboats. The first stage of study found that cryogenic tanks have a negative impact to propulsion system performance of seaport tugboats. The second stage of study found that replacing a diesel engine with a dual-fuel-powered engine led to a reduction in annual emissions of 10% for CO_2, 91% for SO_2, and 65% for NO_x. The research concludes that new-generation engines on the market powered by environmentally friendly fuels such as LNG can modernise a large number of existing seaport tugboats, significantly reducing their emissions in ECA regions such as the Baltic Sea. Based on the approved methodology, an ecological impact assessment was conducted for the entire fleet of tugboats operating in the Baltic Sea ports if the fuel type was changed from diesel to natural gas. The results of the assessment showed that replacing diesel fuel with natural gas achieved 78% environmental impact in terms of NOx emissions according to MARPOL 73/78 Tier III regulations. The research concludes that new-generation engines on the market powered by environmentally friendly fuels such as LNG can modernise a large number of existing seaport tugboats, significantly reducing their emissions in ECA regions such as the Baltic Sea.*

Xülasə. *Gəmi elektrik stansiyalarının karbonsuzlaşdırılması və zərərli emissiyaların azaldılması dəniz limanlarında fəaliyyət göstərən gəmilər də daxil olmaqla dəniz nəqliyyatının texnoloji inkişafında prioritet olmuşdur. İkinci emissiya azaltma texnologiyaları istifadə edilmədən dizel yanacağı ilə işləyən mühərriklər MARPOL 73/78 Tier III qaydalarına cavab verə bilməz. IMO-nun MEPC.203 (62) EEDI direktivində CO2 emissiyaları üçün bir standart da nəzərdə tutulmuşdur. Məqalədə kriogen rezervuarların ən çox yayılmış üç müxtəlif dəniz yedək gəmilərinin enerji parametrlərinə təsirinə və CAT 3516C dizel mühərrikinin ikili yanacaqla (dizel-sıxılmış təbii qaz) işləyən Wartsila 9L20DF ilə əvəzlənməsi zamanı ekoloji parametrlərə dair tədqiqatların nəticələrinə baxılır. Liman yedək gəmilərinin CO2, SO2 və NOx emissiyalarının azaldılmasında ikili yanacaqlı mühərrikin səmərəliliyini yoxlamaq üçün emissiya analizi aparılmışdır. Tədqiqatın birinci mərhələsi kriogen rezervuarların liman yedək gəmilərinin itələmə sisteminin fəaliyyətinə mənfi təsir göstərdiyini aşkar etdi. Tədqiqatın ikinci mərhələsi dizel mühərrikinin ikili yanacaqla işləyən mühərriklə əvəz edilməsinin illik emissiyaların CO2 üçün 10%, SO2 üçün 91% və NOx üçün 65% azalmasına səbəb olduğunu göstərdi. Tədqiqat, LNG kimi ekoloji cəhətdən təmiz yanacaqlarla işləyən bazarda yeni nəsil mühərriklərin çox sayda mövcud yedək gəmisini modernləşdirilmə imkanlarını və bunların Baltik dənizi kimi ECA bölgələrindəki emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltma ehtimalını təsdiqləyir. Təsdiq olunmuş metodologiyaya əsasən, yanacaq növü dizeldən təbii qaza dəyişdirildiyi təqdirdə Baltik dənizi limanlarında fəaliyyət göstərən yedək gəmilərinin bütün parkı üçün ekoloji təsirin qiymətləndirilməsi aparıldı. Qiymətləndirmənin nəticələri göstərdi ki, dizel yanacağının təbii qazla əvəzlənməsi, MARPOL 73/78 Tier III qaydalarına əsasən NOx emissiyalarını 78% azaltmışdır.*

Аннотация. *Обезуглероживание судовых энергетических установок и сокращение вредных выбросов стало приоритетом в технологическом развитии морского транспорта, в том числе судов, работающих в морских портах. Двигатели, работающие на дизельном топливе без использования технологий вторичного сокращения выбросов, не могут соответствовать требованиям MARPOL 73/78 Tier III. Директива MEPC.203 (62) EEDI ИМО также устанавливает стандарт на выбросы CO_2. В данном исследовании представлены результаты влияния криогенных резервуаров на энергетические параметры трех наиболее распространенных морских портовых буксиров и исследование экологических параметров при замене дизельного двигателя CAT 3516C на двухтопливный (дизель-сжиженный природный газ) Wartsila 9L20DF. двигатель на существующем буксирном судне морского порта. Сокращение выбросов CO_2, SO_2 и NOx оценивалось с использованием данных фактического цикла нагрузки двигателя, расхода топлива буксира KLASCO-3 и экспериментальных данных прототипа двигателя. Анализ выбросов был проведен для проверки эффективности двухтопливного двигателя в снижении выбросов CO_2, SO_2 и NOx буксиров морского порта. На первом этапе исследований было установлено, что криогенные резервуары отрицательно влияют на работу силовой установки морских буксиров. Второй этап исследования показал, что замена дизельного двигателя двухтопливным двигателем привела к сокращению годовых выбросов на 10% для CO_2, 91% для SO_2 и 65% для NOx. В исследовании сделан вывод о том, что представленные на рынке двигатели нового поколения, работающие на экологически чистом топливе, таком как СПГ, могут модернизировать большое количество существующих морских портовых буксиров, значительно сокращая их выбросы в регионах ЕЦА, таких как Балтийское море. На основе утвержденной методики была проведена оценка воздействия на окружающую среду всего флота буксиров, работающих в портах Балтийского моря, при изменении вида топлива с дизельного на природный газ. Результаты оценки показали, что замена дизельного топлива природным газом обеспечила 78% -ное воздействие на окружающую среду с точки зрения выбросов NOx в соответствии с правилами MARPOL 73/78 Tier III.*

Key words: *fuel consumption, natural gas, seaport tugboat, dual-fuel engine, resistance, CO2; SO2; NOx; emission*

Açar sözlər: *yanacaq sərfiyyatı, təbii qaz, dəniz yedək gəmisi, ikiyanacaqlı mühərrik, müqavimət, CO2; SO2; NOx; emissiya*

Ключевые слова: *расход топлива, природный газ, морской буксир, двухтопливный двигатель, сопротивление, CO2; SO2; NOx; эмиссия*

Introduction. Air pollution in ports of the Baltic Sea and adjacent urban areas is most affected by emissions from ships arriving in port and the ships permanently operating in the port area.

One of the most successful measures to improve ecology and energy efficiency in heavy transport, including maritime transport is the use of low-carbon fuels (natural gas (NG), biogas (BD) with hydrogen, and Brown's gas impurities) and secondary energy sources in the cogeneration cycle. Replacement diesel-powered engines to natural gas-powered engines reduces NO_x by 85–90% CO_2 emissions by 10–20%, and removes particulate matter PM and sulphur oxides SO2 from exhaust gases almost completely [6]. Compared to petroleum-derived fuels, the carbon-to-hydrogen (C/H) ratio in the chemical composition of NG is theoretically 25% more favourable in terms of reducing CO_2 emissions [1,2]. The MARPOL 73/79 VI annex standard Tier III norms were achieved in a Wärtsilä company average revolution 20DF ship engine when the engine operated with an NG fuel feed, without using secondary emission reduction technologies (such as selective catalytic reduction technology). Multi-purpose vessels (non-gas carriers) operated by the global fleet, passenger ships, tankers, multipurpose vessels, and short sea vessels are increasingly equipped with dual-fuel and NG-fueled power plants [5].

Little research has been done on environmental impact studies according real engine load data, when marine diesel engines are converted to run on dual-fuel or only natural gas. Including studies evaluating the reduction of emissions of harmful components regulated by IMO standards of ships operating in seaports when diesel-powered engines are converted to run on dual fuel (diesel-natural gas).

The results of previous studies when diesel-powered engines of ships are converted to run on natural gas are similar. The main differences between the studies carried out are that the assessment of the ecological impact was carried out for short-voyage highpower passenger ships. The ecological impact assessment was not based on actual engine load data, but on Environmental Protection Agency (EPA)-regulated methodology. The environmental and the economic benefits of using natural gas as an alternative to diesel oil on board one of the high-speed passenger ships operating in the Red Sea area between Egypt and the Kingdom of Saudi Arabia. The study illustrated that NO_x, SO_x, particulate matter, and CO_2 emissions were reduced by 72%, 91%, 85%, and 10%, respectively. In addition, the cost of both fuel consumption and maintenance operation demonstrated reductions by 39% and 40%, respectively [7].

1. The influence of cryogenic tanks on energy performance of a seaport tugboat

The aim of the first stage of this study is determine the impact the of cryogenic tanks for three most common different type of tugboats hydrostatic and propulsion performance characteristics in region of Baltic sea.

Following to statistics analysis of tugboats in region of Baltic seaports 217 tugboats was identified. According to age, bollard pull, length, beam, draft, type of fuel, tugboats were divided by percentage:

1. 53%. all types of tugboats lifetime up to 19 years.
2. According to power of bollard pull- 19 % includes 31÷40 t., 12 % includes 51÷60 t.
3. 98% of all seaport tugboats are powered by diesel fuel.

It was found that increasing number of tubgoats with following parameters: power of bollard pull 51÷60 t., lenght of hull 27÷31 m., beam of hull 8÷12 m. and draft 4.25÷6 m. The geometrical parameters of seaport tugboats in Baltic sea region in figure 1 are shown [8] .

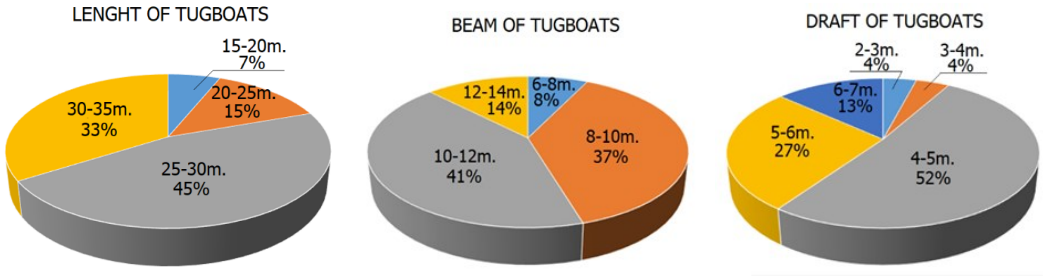


Figure 1. *The geometrical parameters of seaport tugboats in Baltic sea region*

The age and power of bollard pull by seaport tugboats in Baltic Sea region in figure 2 are presented as a percentage.

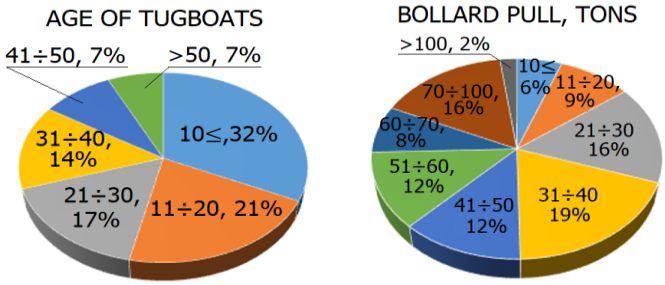


Figure 2. *The age and power of bollard pull by seaport tugboats in Baltic Sea region*

Liquefied natural gas is stored in special cryogenic tanks with good protection against the effects of the outside atmosphere. The most common cryogenic tank is made of metal, has a double hull construction with insulation inside. The cryogenic tanks which holds 20 m3 of liquefied gas can weigh up to 8.2 t. while the filled fuel weight increases to 16.6 t. Existing tugboat design did not provide that cryogenic tanks with a total weight of 33.2 t can be installed on the main deck. It is necessary to evaluate the influence of the added weight on tugboat main deck. Additional weight has a negative impact on the tugboat resistance and energy performance properties.

Based on the investigation statistical data of tugboats in Baltic Sea, existing models of three different tugboats for experiment was modeled. Main characteristics of the three types of tugboats under investigation are shown in Table 1 [8].

Table 1

Main characteristics of tugboats

Lenght, *m*.	T1-24,5;	T2-28,6;	T3-30,6;
Beam, *m*.	T1-8,8;	T2-10,4;	T3-12,0;
Draft, *m*.	T1-3,0 ;	T2-4,6;	T3-6,0;
Displacement, *t*.	T1-335,8;	T2-590,0;	T3-982,0;
Service speed, *kt*.	T1-13,0;	T2-13,1;	T3-12,8;
Bollard pull, *t*.	T1-57,0;	T2-58,0;	T3-61,0;
Prismatic coefficient	T1- 0,586;	T2-0,634;	T3-0,599;

T1- tugboat 1, T2- tugboat 2, T3- tugboat 3.

The review of the market for cryogenic tanks has assessed the capacity and geometric characteristics of existing tanks. Tank size is an important aspect of the limited space on the main deck of tugboat. Based on analysis of existing cryogenic tanks geometrical parameters on the market the LNG tank was modeled. The main geometrical characteristics of the tank are shown in table 2.

Table 2

Main characteristics of cryogenic tank

Dimensions LxBxH, *m.*	6,0 x 2,4 x 2,5
Tare weight, *t.*	8,2
Weight of filled fuel tank, *t.*	16,6

Using the specialized ship hull design program „*Delftship*" two types different 3D models of tugboats was made: with LNG tanks and without tanks. Cryogenic tanks location in millimeters according of the ship base planes in Figure 3 are presented.

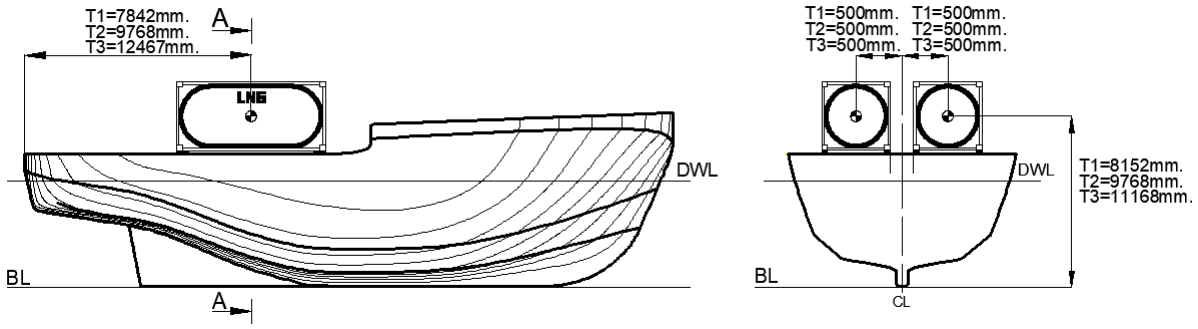


Figure 3. *Cryogenic tanks location according of the ship base planes*

The mass of modeled fully filled creogenic tanks (Figure 3) reaches 33.2 t. When additional weight is placed on the main deck it is necessary to evaluate the influence of the new weight to hydrostatic properties of the tugboat (draft, displacement, wetted surface area). Change of draft, dispacement and wetted surface area has a direct impact to ship resistance.

Estimation of water resistance change was performed by using computational fluid dynamics (*CFD*) software „*Flow3D*".

The method of the program is based on finite differences. TruVOF algorithm is used to track the free surface [7].

Calculations of hyhrostatic parameters changes were made by using the computational software *"Autohydro"*. The results of the calculation are presented in Table 3.

Table 3

Changes of tugboat hydrostatic parameters

Hydrostatic properties	With LNG tanks	Without LNG tanks	Changes
Draft, *m.*	*T1*= $d_{fore} = 2,99$ $d_{aft} = 3,35$ *T2*= $d_{fore} = 4,58$ $d_{aft} = 4,91$ *T3*= $d_{fore} = 6.04$ $d_{aft} = 6,13$	*T1*= $d_{fore} = 3,0$ $d_{aft} = 3,0$ *T2*= $d_{fore} = 4,6$ $d_{aft} = 4,6$ *T3*= $d_{fore} = 6,0$ $d_{aft} = 6,0$	*T1*= $d_{fore} = -0,01$ $d_{aft} = 0,35$ *T2*= $d_{fore} = -0,02$ $d_{aft} = 0,31$ *T3*= $d_{fore} = 0,04$ $d_{aft} = 0,13$
Displacement, *t.*	*T1*= 369,2; *T2*=623,2; *T3*=1014,2	*T1*=336; *T2*=590; *T3*=981	*T1*=33,2; *T2*=33,2; *T3*=33,2
Wetted surface area, m^2.	*T1*=252; *T2*=315; *T3*=603	*T1*=243; *T2*=301; *T3*=573.	*T1*=9; *T2*=14; *T3*=30.

d_{fore} *– change of ship draft at foreship m.,* d_{aft} *– change of ship draft at aftship m.*

Analysis of the results achieved. Calculations was made in two cases: 1. Tugboats without cryogenic tanks, 2. Tugboats with cryogenic tanks. The results of the experiment by CFD are presented in table 4.

Table 4

The results of CFD experiment

Speed of tugboat, *kt.*	Resistance *kN,* without LNG tanks	Resistance *kN,* with LNG tanks	Change of resistance, %
6,0	T1=3,83 T2=6,96 T3=9,79	T1=5,09 T2=7,22 T3= 12,05	T1=24,7 T2=3,6 T3= 18,75
13,1	T1=78,65 T2=102,75 T3=168,88	T1=91,69 T2=123,81 T3=180,04	T1=14,2 T2=17,01 T3= 6,2

The results of the experiment in graphs are presented in Fig 4.

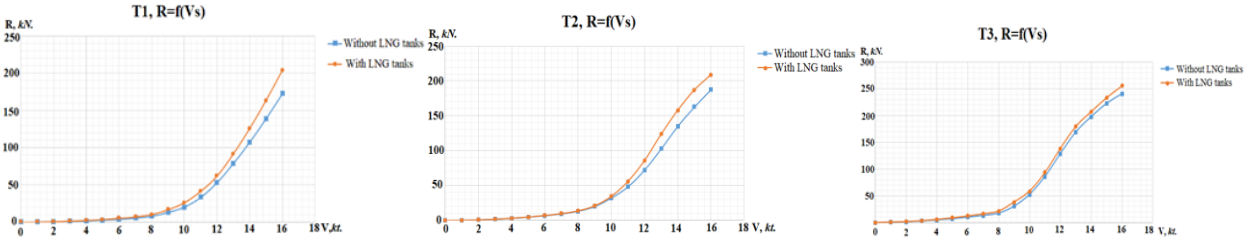


Figure 4. *Resistance of seaport tugboats*

Based on the results of the CFD calculation results, we can state that cryogenic tanks have a negative impact of tugboat performance. Increased water resistance will have a negative impact on the performance of the tugboat propulsion system. Increasing the power required to achieve the required speed will increase engine fuel consumption. The results of the hydrostatic and water resistance calculations are presented in Table 3 and Table 4.

2. Investigation of effect on environmental performance when diesel powered engine is replaced dual-fuel (diesel-natural gas) powered engine

The aim of second stage of this study is to assess the environmental impact using actual seaport tugboat engine load data when a diesel engine is converted to run on natural gas by perform experimental-mathematical modelling.

Research Objects

Type of seaport tugboats as KLASCO-3 that operating in seaport of Klaipėda is a typical tugboat operating in the ports of the Baltic Sea region [9]. Hence, the outcomes of this research can be applied to a number of other sea port tugboats in the region of Baltic Sea. One of these type of tugboats KLASCO-3 are shown in Figure 5.



Figure 5. *Tugboat in seaport of Klaipėda KLASCO-3*

The diesel-powered CAT 3516C engine [10] installed in a KLASCO-3 tugboat and a market-leading Wartsila 9L20DF dual-fuel engine were selected as the research objects for the comparative environmental parameter assessment.

The CAT 3516C on KLASCO-3 is to be replaced with a dual-fuel, Wartsila 9L20DF. Table 5 presents the main parameters of the engines.

Table 5

The main characteristics of the engines CAT 3516C and Wartsila 9L20DF.

Parameter	**CAT 3516C**	**Wartsila 9L20DF**
Speed range	1200–1800 rpm	1200 rpm
Emissions	IMO Tier II	IMO Tier III
Bore	215 mm.	200 mm.
Stroke	170 mm.	280 mm.
Configuration	Vee 16, 4-Stroke-cycle diesel	9 cylinders in line
Power range	1650–3386 bhp (1230–2525 bkW)	2260 bhp (1665 bkW)
Type of fuel	Diesel	Diesel-LNG

The single-phase mathematical model was used in the research of engine energy parameter simulations and was implemented with software "IMPULS". The IMPULS program, developed at the Central Diesel Research Institute in St. Petersburg, has been successfully used in the development and modification of high-speed transport engines [11]. In the basic version, there are 18 sub-models. The software simulates a closed energy cycle DE model with a turbocharger. This is based on quasi-static equations of thermodynamics and gas dynamics, considering the exhaust system design parameters, variable gas turbine and compressor efficiency coefficients, heat losses to the engine cooling system, and environmental air parameters. The processes in the engine cylinder are described by a system of differential equations consisting of the laws of energy (1) and the mass (2) state EQUATIONS (3):

$$\begin{cases} \dfrac{dU}{d\tau} = \dfrac{dQ_{is}}{d\tau} - \dfrac{dQ_{mai}}{d\tau} - p\dfrac{dV}{d\tau} + h_{pad}\dfrac{dm_{pad}}{d\tau} - h_{ism}\dfrac{dm_{ism}}{d\tau}, & (1) \\ \dfrac{dm}{d\tau} = \dfrac{dm_{pad}}{d\tau} + \dfrac{dm_{isp}}{d\tau} - \dfrac{dm_{ism}}{d\tau}, & (2) \\ \dfrac{dp}{d\tau} = \dfrac{mR}{V}\dfrac{dT}{d\tau} + \dfrac{mT}{V}\dfrac{dR}{d\tau} + \dfrac{RT}{V}\dfrac{dm}{d\tau} - \dfrac{p}{V}\dfrac{dV}{d\tau}. & (3) \end{cases}$$

Where: - internal energy, J; and - heat release and heat exchange, J; - pressure, Pa; - volume, m3; - enthalpy, J / kg; - total mass, kg; - Supply air mass, kg; - mass of fuel sprayed, kg; - mass of exhaust gas, kg; - time, s; is the gas constant, J / (kg K); - temperature, K.

The structure of this software is constantly improving and supplemented by sub-models of the working fuel mixture in the cylinder formation and combustion, assessing the dynamics of fuel injection, evaporation, flame spread; use of fuels with different chemical elemental composition, etc. Most of the phenomenological sub-models implemented in the program are similar to the other widely used software AVL BOOST [12]. The heat release was determined by the I. Vibe model [13] with G.Woschni additions [14], which are widely used in combustion engine combustion cycle modeling studies.

For the condition of equal engine loads in tow (P_e), the main comparable indicators of the engines were fuel consumption (G_f) used to determine CO_2 emissions and emissions of toxic components NO_x and SO_x. Figure 5 shows a comparison of the fuel consumption of the Wartsila 9L20DF and CAT 3516C engines. It is observed that the Wartsila 9L20DF engine is more economical, except at loads close to idling operation. The Wartsila 9L20DF engine is more environmentally friendly than the CAT 3516C engine in terms of the type of fuel used and lower fuel consumption.

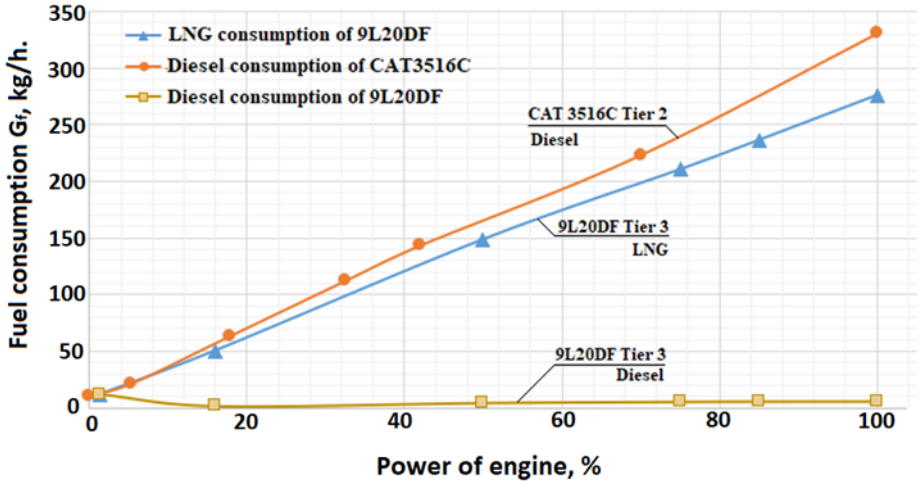


***Figure 5**. A comparison of the fuel consumption according engine load of CAT 3516C and Wartsila 9L20DF engines*

To accurately estimate the annual emissions of CO_2, SO_2, and NO_x, the actual annual engine load profile must be obtained to clearly identify the load modes in which a tugboat engine has been operating most often. The KLASCO-3 tugboat has two main engines, both are model CAT 3516C. The data from the ECU show an even distribution of the load between the two engines over a year. The load data from the port side engine is used for further emissions assessment.

The engine operating fields were generated (see Figure 6) according to the KLASCO-3 tugboat engine load modes recorded by the ECU.

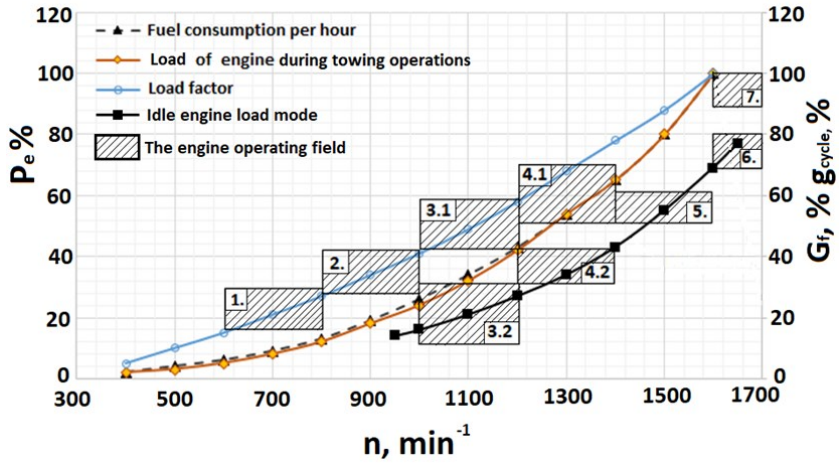


***Figure 6.** Seaport tugboat KLASCO-3 engine load fields*

Based on the actual engine load data and operating fields (see Figure 6), the annual fuel consumption and weighting factor w_i were determined for each load mode. For comparison, the annual engine load profile and operating conditions of CAT 3516C were used for the Wartsila 9L20DF engine.

Analysis of the results achieved

The results show that the annual CO_2 emissions are reduced from 474,300 kg/year to 424,800 kg/year when CAT 3516C is replaced by Wartsila 9L20DF, a reduction of approximately 10%. The Wartsila 9L20DF engine consumes less fuel per year, and LNG has a low carbon content compared to diesel fuel. Figure 7 presents the distribution of annual CO2 emissions of CAT 3516C and Wartsila 9L20DF according to the actual engine operation profile of KLASCO-3.

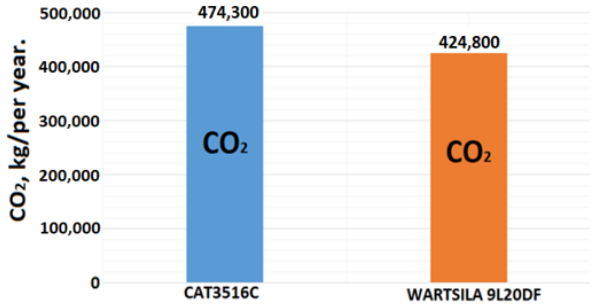


Figure 7. *Annual SO_2 emission of CAT 3516C and Wartsila 9L20DF*

The annual SO_2 emission of the KLASCO-3 tugboat was reduced by approximately 91% from 300 kg (SO_2)/year to 30 kg (SO_2)/year when the CAT 3516C engine was replaced by the Wartsila 9L20DF engine. The reduction results mainly from the use of LNG with no sulphur content. Figure 8 shows the distribution of SO_2 emissions for both engines at different load modes.

The results of the NO_x emission calculations show that the Wartsila 9L20DF engine emits 65% less NOx than the CAT 3516C engine under the KLASCO-3 annual load profiles. Disaggregated annual NOx emissions data for CAT 3516C and Wartsila 9L20DF according to the actual KLASCO-3 load modes are shown in Figure 9.

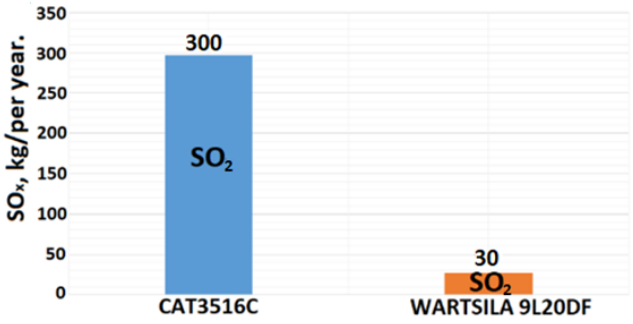


Figure 8. *Annual SO_2 emission of CAT 3516C and Wartsila 9L20DF*

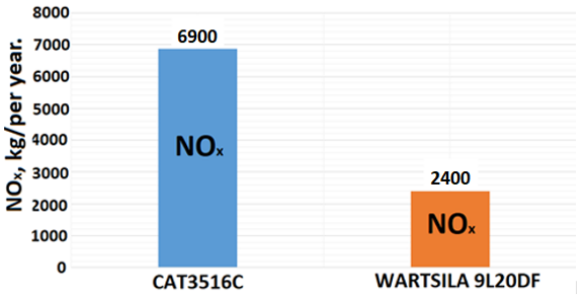


Figure 9*. Annual NOx emission of CAT 3516C and Wartsila 9L20DF*

2.1 Assessment of NO_x Emissions from Tugboats of Seaports in the Baltic Sea

This section presents an estimation of NO_x emissions from tugboats in seaports in the Baltic Sea when diesel engines are replaced by dual-fuel engines. More than 217 seaport tugboats operate in Baltic Sea ports. Owing to the large number of tugboats and the different performance characteristics and profiles, it is difficult to estimate the NO_x emissions for each tugboat when diesel fueled engines are replaced by dual-fuel engines. To assess the reduction in NO_x emissions, a method based on the MARPOL requirements for NO_x emissions from ships was chosen.

According to the statistical data from tugboats operating in the Baltic Sea, tugboats were divided into three groups according to the year of manufacture [11]. NO_x emissions were assessed for each tugboat in the group in accordance withMARPOL requirements.

Based on the data, the NO_x emission changes for all tugs in seaports in the Baltic Sea region were calculated as follows:

$$\bar{e}'_{NOx\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{ei}}{\Sigma P_{ei}} \cdot \frac{[e'_{NOxi}]}{[e'_{NOxi\,wartsila}]} \qquad (4)$$

where:

$$P_{ei} - power\ of\ individual\ tugboat\ engine, kW$$

$$\Sigma P_{ei} - sum\ of\ all\ tugboats\ engine\ power, kW$$

$$[e'_{NOxi}] - specific\ NO_x\ emission\ of\ individual\ tugboat, g/kWh$$

$$[e'_{NOxi\ wartsila}] - specific\ NO_x\ emission\ of\ \text{“Wartsila 20DF”}\ engines, g/kWh$$

$$\bar{e}'_{NOx\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} \frac{5379}{449785} \cdot \frac{11.30}{2.18} + \cdots = 4.6$$

Analysis of the results achieved. According to the results obtained from the calculation, it is observed that the replacement of diesel-powered engines with Wartsila 20DF dual-fuel engines on tugboats operating in the Baltic Sea region offers a total NO_x emissions reduction of 78%. The reduction in CO_2 and SO_2 emissions is due to the elemental composition of petroleum-derived marine fuels, liquefied natural gas and the fuel consumption of seaport tugboats. Therefore, in the first approach, the environmental effect can be assumed according to the obtained KLASCO-3 tugboat emission data: CO_2 emissions will be reduced by ~10% and SO_2 emissions will be reduced by ~90%. For a more accurate assessment of CO_2 and SO_2 emissions, it is necessary to have data on the exact fuel consumption in the region of Baltic Sea. For a more accurate assessment of CO_2 and SO_2 emissions, it is necessary to have data on the real fuel consumption of all tugboats in the region, as well as the energy efficiency parameters of the engines in operation compared to 20DF type engines [15].

Result. The calculations of tugboats hydrostatic characteristic showed that installation of two cryogenic tanks with a total weight 33.2 t. has different negative effect on draft of tugboats with different geometrical parameters. The biggest change in draft for tugboats is at the stern: $T1_{aft}$=0,35m., $T2_{aft}$=0,31m., $T3_{aft}$=0,13m. Detailed results of draft change in Table 3 are presented. The biggest draft change was indentify for the tugboat with smallest displacement (T1). The minimum draft change was indentify for the tugboat with biggest displacement (T3).

The CFD simulation of a different type tugboats showed that increased draft has a negative impact on water resistance. According draft changes water resistance increases at speed 6*kt.*: T1=24,7% T2=3,6% T3=18,75% and at speed 13,1*kt*. T1=14,2% T2=17,01% T3= 6,2%. Increased water resistance requires more engine power and fuel to reach the required speed.

The study of the environmental impact of shipping became a little-studied fleet of tugboats in the Baltic Sea region. The ecological impact of CO_2, SO_2, and NO_x emissions assessment. was performed in two cases when diesel engines were replaced by natural gas-powered engines: using actual engine load data of typical tugboat KLASCO-3.

Calculations of annual CO_2, SO_2, and NO_x emissions according to the KLASCO-3 annual engine load data, when the existing diesel-powered engine CAT 3516C is replaced by a Wartsila 9L20DF showed that:

- CO_2 emissions are reduced from 474,300 kg per year to 424,800 kg per year (by 10%)
- SO_2 emissions are reduced from 300 kg per year to 30 kg per year (by 91%).
- NO_x emissions are reduced from 6900 kg per year to 2400 kg per year (by 65%).
- An extended study indicates that the total NO_x emissions from tugboats in the Baltic Sea are reduced by 78% when existing diesel engines are replaced by Wartsila 20DF dual-fuel engines.

The results of the research indicate that the use of LNG as an alternative fuel for sea-port tugboats can produce a significant reduction in CO_2, SO_2, and NO_x emissions. LNG and the new generation of dual-fuel engines are environmentally friendly alternatives to reduce harmful emissions, allowing a large number of existing seaport tugboats to continue operating in the emission control area

(ECA) while complying with IMO Tier III regulations. Methodological solutions were used for estimating NOx emissions from tugs operating in the Baltic Sea region has helped to provide an overall assessment of the potential ecological impact when diesel fuel is replaced by natural gas.

References

1. Kågeson, P. Reducing Emissions from Ships in the Baltic Sea Area. In The Feasibility of Introducing a Distance-Related en- Route Charge; European Federation for Transport and Environment and Svenska Naturskyddsföreningen: Brussels, Belgium; Sweden, Stockholm, 2005.
2. Sahoo, B.B.; Sahoo, N.; Saha, U.K. Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines—A critical review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2009, 13, 1151–1184.
3. Banapurmath, N.; Tewari, P.; Yaliwal, V.; Kambalimath, S.; Basavarajappa, Y. Combustion Characteristics of A 4-Stroke CI Engine Operated on Honge Oil, Neem and Rice Bran Oils When Directly Injected and Dual Fuelled with Producer Gas In-duction. Renew. Energy 2009, 34, 1877–1884.
4. Papagiannakis, R.; Rakopoulos, C.; Hountalas, D.; Rakopoulos, D. Emission Characteristics of High Speed, Dual Fuel, Compression Ignition Engine Operating in a Wide Range of Natural Gas/Diesel Fuel Proportions. Fuel 2010, 89, 1397–1406.
5. Wuersig, G.M.; Chiotopoulos, A.; Adams, S. LNG as Marine Fuel. DNV GL. No. 01, 2014.
6. Banawan, A.; Seediek, I.; Elgohary, M. Environmental and economical benefits of changing from marine diesel oil to natu-ral-gas fuel for short-voyage high-power passenger ships. Eng. Marit. Environ. 2010, 224, 103–113.
7. EEDI & SEEMP, MARPOL ANNEX VI. Available online: https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/ (accessed on 26 Mars 2020).
8. Norkevičius L., Lebedevas S., The Influence of Cryogenic Tanks on Energy Properties of a Seaport Tugboat. Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019.
9. Towage-Klasco. 2020. Available online: http://www.towage-klasco.lt/apiemus (accessed on 28 Mars 2020).
10. CAT 3516C. Available online: https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems/commercial-propulsion-engines/18408926.html (accessed on 25Mars 2020).
11. Красовский О.Г., Матвеев В.В. «Программа численного моделирования рабочего процесса дизеля с различными системами наддува». Тр. ЦНИДИ, с.100-11.
12. Grabowski, L.; Wendeker, M.; Pietrykowski, K. AVL Simulation Tools Practical Applications; Lublin University of Technology: Lublin, Poland, 2012.
13. Wiebe, I. Brennverlauf Und Kreisprozesse Vonverbrennungsmotoren; VEB Verlag Technik: Berlin, Germany, 1970; 280p.
14. Woschni, G. Verbrennungsmotoren; TU Munchen: Munich, Germany, 1988.
15. Lebedevas S., Norkevičius L., Zhou P. Investigation of Effect on Environmental Performance of Using LNG as Fuel for Engines in Seaport Tugboats. Journal of Marine Science and Engineering. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9(2), 123; https://doi.org/10.3390/jmse9020123

Məqalə qəbul olunub: 15.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

UDC: 327.5

AVRUPA BİRLİĞİ'NİN İRİNİ OPERASYONU VE SONUÇLARI

Muhsin Kadıoğlu

İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Türkiye, İstanbul, Tuzla

Abstract. *This study analyzes the anti-smuggling and human trafficking operations in the Mediterranean, and then the arms embargo on Libya, and focuses mainly on EU operations Sophia and Irini. The aim is to evaluate a number of issues related to maritime operations from the perspective of the "sovereign state" under international law. These issues include the jurisdiction of smugglers and surveillance operations, national strategies for control policy of coastal States, according to current international law, and finally international responsibilities for human rights violations committed in connection with these operations. The study primarily targets specialized legal scientists. It is thought that the study will provide insights that can guide NGOs, law practitioners and legislators in the EU and Member States.*

Özet. *Bu çalışma, Akdeniz'de başlangıçta kaçakçılıkla mücadele ve insan ticaretiyle, daha sonra Libya'ya uygulanan silah ambargosunu denetleme operasyonlarını analiz etmekte ve ağırlıklı olarak AB operasyonları Sophia ve İrini'ye odaklanmaktadır. Amaç, deniz operasyonları ile bağlantılı bir dizi konuyu uluslararası hukuk çerçevesinde "egemen devlet" açısından değerlendirmektir. Bu konular arasında yürürlükteki uluslararası hukuka göre, kaçakçılar ve denetleme operasyonlarının yetki alanı, kıyı Devletlerinin kontrol politikasına ilişkin ulusal stratejileri ve son olarak bu operasyonlarla bağlantılı olarak işlenen insan hakları ihlallerine yönelik uluslararası sorumluluklar yer almaktadır. Çalışma öncelikle uzmanlaşmış hukuk bilim adamlarını hedeflemektedir. Çalışmanın AB ve Üye Devletlerdeki STK'lara, hukuk uygulayıcılarına ve yasa koyuculara rehberlik edebilecek içgörüler sağlayacağı düşünülmektedir.*

Key words: *Sophia, Operation Irini, European Union, embargo*
Anahtar Kelimeler: *Sophia, Irını Operasyonu, Avrupa Birliği, ambargo*

1. Genel Bilgiler. Avrupa Birliği, ilk askeri misyonlarını 2003 yılında Bosna ve Hersek'te "polislik misyonu" ve Kuzey Makedonya'da "askeri operasyon" olarak başlatmıştır. Bu tarihten sonra Avrupa Birliği üç kıtada 36 operasyon başlatmış ve yürütmüştür. 2021 yılının ortalarına yaklaşılırken Avrupa Birliği 11'i sivil, 6'sı askeri olmak üzere 17 misyonu ve operasyon yürütüyordu [2]. En son operasyon 2020'de Orta Afrika Cumhuriyeti'nde başlatılmıştır.

2. Eunavfor Med Sophia Operasyonu. Resmi adıyla Avrupa Birliği Deniz Kuvvetleri Akdeniz (European Union Naval Force Mediterranean (EU NAVFOR Med)) olan Sophia Operasyonu, Akdeniz'deki mülteci kaçakçılığı yollarını etkisiz hale getirmek amacıyla Nisan 2015'te Avrupa Birliği'nin başlattığı askeri bir operasyondu [3]. Avrupa Birliği Deniz Kuvvetleri Akdeniz Harekatı İrini (The European Union Naval Force Mediterranean Operation Irini), 31 Mart 2020'de başlatılınca *Eunavfor Med Sophia* operasyonuna son verilmiştir**.**

3. İrini Operasyonu. Avrupa Birliği Deniz Kuvvetleri Akdeniz Harekâtı İrini (The European Union Naval Force Mediterranean Operation Irini), İkinci Libya İç Savaşı sonrasında "Birleşmiş Milletler'in Libya'ya silah ambargosu kararını uygulamak amacıyla 31 Mart 2020'de başlatılmıştır. İrini Operasyonu, Ortak Güvenlik ve Savunma Politikası (Common Security and Defense Policy (CSDP)) şemsiyesi altında yürütülen bir Avrupa Birliği askeri operasyonudur. Operasyonda hava, deniz ve uydu varlıkları da kullanılmaktadır.

Başlangıçta İrini Operasyonu'nun 31 Mart 2021'e kadar süreceği açıklanmışsa da, operasyon 2023 yılının Mary ayı sonuna kadar uzatılmıştır. İrini Operasyonu'nun başlamasıyla İrini Operasyonu başlatılınca Akdeniz'deki süren *"Eunavfor Med Sophia"* operasyonu sona erdirilmiştir.

3.1. Amacı. İrini kelimesi Yunancada "barış" anlamına gelmektedir. Oprerasyonun temel görevi ise "hava, uydu ve deniz araçlarının kullanılması yoluyla BM silah ambargosunun uygulanması" şeklinde açıklanmıştır. Misyona göre özellikle Libya açıklarında, Libya'ya ve Libya'dan silah veya silahla ilgili malzeme taşıdığından şüphelenilen gemilerin denetimleri Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nin 2016 yılındaki 2292 numaralı kararı uyarınca gerçekleştirecekti. Harekât ise "acil kodlu" olacak ve "yakın çevrede kalıcı ateşkes yoluyla barışı teşvik etme amacına katkı sağlayacak"tı.

İrini Operasyonu'nun ikincil görevleri ise şu şekilde açıklanmıştı [19]:

a. Libya'dan ham petrol, petrol ve rafine edilmiş petrol ürünlerinin yasadışı ihracatı hakkında bilgi toplamak ve izlemek,

b. Denizde kolluk görevlerinde Libya Sahil Güvenlik ve Donanması'nın kapasite geliştirme ve eğitimine katkıda bulunmak ve

c. Uçaklarla bilgi toplama ve devriye gezme yoluyla insan kaçakçılığı ve kaçakçılığı ağlarının iş modelinin bozulmasına katkıda bulunmak.

Yetki ise, Konsey'in sorumluluğu altında Siyasi ve Güvenlik Komitesi (PSC) aracılığıyla siyasi kontrol ve stratejik yönlendirme uygulayacak olan Avrupa Birliği'ne üye devletlerin yakın incelemesi altında olacaktı.

Eunavfor Med Sophia operasyonu "insan kaçakçılığını önlemek için" [4] başlatılmışken *İrini Operasyonu* ise Birleşmiş Milletler'in Libya'ya uyguladığı silah ambargosunu uygulama hedefine dönüktür.

Eunavfor Med Sophia operasyonunun sonlandırılması, Avrupa Birliği'nin "insan kaçakçılığı" üzerinde odaklanmak istemediğinin kanıtıdır. *İrini Operasyonu* ise, insan kaçakçılığı yerine "silah kaçakçılığı"nın önemsendiğini göstermektedir.

Ağırlıklı olarak AB operasyonları Sophia ve Themis'e odaklanarak deniz operasyonları ile bağlantılı bir dizi konuyu insan hakları açısından değerlendiren Laura Salvadego [9], bu operasyonlarda yaşanan insani krizlere dikkati çekmiştir.

Bu gelişmeler Avrupa Birliği'nin Akdeniz'i etkileyen Libya iç savaşında sonrasında insani krizleri sonlandırmaya değil, kendi çıkarlarını korumaya yöneldiğini göstermektedir.

Avrupa Birliği'nin başlattığı *İrini Operasyonu*'nun amacı, "Libya'ya silah akışını engelleyerek ülkede barış ve istikrarı sağlamak" olarak anlatılsa da, anlatılanlarla gerçekler arasında pek çok fark olduğu bilinmektedir. Çünkü iç savaş sonrasında Libya'da ortaya çıkan terörist gruplar, meşru hükümetin kontrolünde olması gereken belli bölgelerde hakimiyet sağlamıştır. Bu durumda *İrini Operasyonu*'nun amacı, "Libya'ya silah akışını engelleyerek ülkede barış ve istikrarı sağlamak" şeklinde değil, *İrini Operasyonu*'nun amacı, "Libya'daki merkezi hükümete muhalefet eden yerel, bölgesel, terörist ve diğer gruplara silah akışını engelleyerek ülkede barış ve istikrarı sağlamak" olmalıydı. "Denizde daha fazla can kaybını önleme" misyonuna sahip olan belirten Sophia Operasyonu'nun aksine, İrini Operasyonu'nun görevleri arasında bundan bahsedilmemektedir [12] .

3.2. İtirazlar. Avrupa Birliği Deniz Kuvvetleri Akdeniz Harekâtı İrini (The European Union Naval Force Mediterranean Operation Irini), başladıktan hemen sonra Nisan 2020'de Libya'daki "Millî Mutabakat Hükümeti, Türkiye'den gelebilecek askeri yardımı etkileyeceği gerekçesiyle operasyona itiraz etti."[1].

2020 yılının ortalarında Avrupa Birliği üyesi ülkelerden Malta, İrini Operasyonu'ndan çekildi. Türkiye, Malta ve Birleşmiş Milletler tarafından tanınan Libya hükümeti, Libya'ya BM silah ambargosunu uygulamakla görevli olan Avrupa Birliği'nin İrini Operasyonu ile ilgili çekincelerini ifade eden ortak bir bildiri yayınladılar. Bu bildiride İrini Operasyonu'nun etkili olamadığı belirtilerek gerekçeleri sıralandı. Bu gerekçeler arasında şunlar dile getirildi [8]:

1. Avrupa Birliği, üye ülkeler arasındaki bölünmeler nedeniyle Libya konusunda güçlü bir pozisyon alamadı veya gerilimi düşürmek için önemli politikalar geliştiremedi.
2. İrini Operasyonu Libya'ya silah akışını durdurmakla sınırlı kaldı. Libya'nın kıyı şeridinin 1.700 km'nin üzerinde olduğundan, böyle bir görevi etkili bir şekilde yerine getirmek zordur.
3. Libya çevresinde Birleşmiş Milletler (BM) silah ambargosunu uygulamaya odaklanan bir misyon başlatmak, ülkeye silah transferini engellemedi. Çünkü Libya'daki isyacı kuvvetlerden Hafter'in LNA milislerine, Birleşik Arap Emirlikleri tarafından Mısır ve Suudi Arabistan hava sahaları kullanılarak hava yoluyla önemli askeri yardım sağlanmıştır.

Bildiride yer alan bu ifadeler Malta'nın, Türkiye'nin Libya'da istikrar sağlayıcı kilit bir ülke olarak görmeye başladığını ortaya koydu.

İrini Operasyonu'nun BM'de yetkisinin yenilenmesi gündeme geldiğinde, endişelerini dile getiren tek Güvenlik Konseyi üyesi Rusya oldu.

2020'nin ortalarından itibaren Türkiye İrini Operasyonu'nu "tarafsız olmamakla" eleştirdi ve operasyonun isyancı güçlere liderlik yapan Hafter'i desteklediğini gündeme taşıdı. Avrupalı bazı ülkeler, Türkiye'nin AB'nin operasyon için NATO'dan yardım alma girişimlerini engellediğini iddia ettiler [14].

4. Olaylar

4.1.Gabon Bandıralı Jal Laxmi Olayı. Kuzey Afrika ülkesine Libya'ya silah akışını durdurma operasyonu kapsamında, 2020'de bir Fransız savaş gemisi, Gabon bandıralı petrol tankeri Jal Laxmi'yi Libya limanı Tobruk açıklarında durdurdu. Geminin sahibi ve sigortacısı olası yaptırımlardan çekindiği için geminin Tobruk limanına yanaşmasından vazgeçti. Geminin, "Birleşik Arap Emirlikleri'nde kayıtlı bir şirkete rafine ürünlerin taşımak için" [10] Trablus merkezli Libya Millî Petrol Şirketi'nden yetki almadığı belirtildi. Trablus merkezli National Oil Corporation, BM tarafından Libya petrolünü ihraç etmeye yetkili tek kuruluş olarak kabul edilmişti ve bu nedenle Libya'nın hidrokarbon kaynaklarının National Oil Corporation'ın kontrolü altında kalması isteniyordu. İrini misyonunda "yasadışı silahları kontrol etme" önceliği olduğundan yasadışı petrol sevkiyatlarının önlenmesi öncelikli olarak değerlendirilmemişti.

"Bir Fransız donanması fırkateyni, "yaptırımlara aykırı olarak" doğu Libya limanından rafine edilmiş petrol ürünleri yüklemeye giden bir tankeri durdurmak için müdahale etti ve neredeyse bir hafta açık denizde bekletti" [17]. Bu olayın ardından Rusya, İrini Operasyonu'nun "yetki süresinin uzatılması"nı "endişe verici" bulduğunu dile getirdi. Bunun üzerine, "Libya'daki isyancıların lideri Halife Hafter'in BAE brokerlerinin ve Venezuela'nın petrol anlaşmaları yoluyla para toplama yönündeki şüpheli çabalarını araştırdığı" [6] belirtildi.

Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi tarafından üyelere gönderilen mektupta bu olay "ham petrol ve rafine edilmiş petrol ürünleri de dahil olmak üzere yasadışı petrol ihracatını önlemeye yönelik tedbirlerle ilgili olarak Komite'nin 2014 yılında aldığı 2146 sayılı karar uyarınca Libya Ulusal Petrol Şirketi'nin bilgisi dışında ağır fuel oil ve petrol yüklemek amacıyla Libya karasularına girmek isteyen Gabon bandıralı tanker M/V Jal Laxmi'nin bayrak devletine Komite tarafından gönderilen mektup sonrasında geminin Tobruk limanına yanaşmadığı ve Libya karasuları açıklarında bekletildiği" [13] bilgisi verildi.

4.2.Tanzanya Bandıralı "Çirkin" Olayı. Irını operasyonunda görevlendirilen Yunan firkateyni Spetsai, 10 Haziran 2020'de Libya'ya silah taşıdığı "şüphesi" üzerine Tanzanya bandıralı kargo gemisi Çirkin'e helikopter indirerek etmeye çalıştı. "Kargo gemisine eşlik eden Türk firkateynleri Yunan firkateyni Spetsai'ye kargo gemisi Çirkin'in Türkiye'nin himayesinde olduğunu belirterek" geri çekilmesini emrettiler.

Bu olay sonrasında Avrupa Konseyi'nden Türkiye'ye "Türk Hükümeti'nin geçen yıldan beri BM silah ambargosunu ihlal ederek Libya'ya düzenli olarak silah sevkiyatı yaptığına dair net kanıtlar var" suçlaması yöneltildi ama bu suçlamalar AB tarafından kanıtlanamadı. Ayrıca Yunan firkateyni Spetsai, silah sevkiyatı yapan "Çirkin" adlı gemiyi teftiş etmeye çalıştığında üç Türk savaş gemisi tarafından engellendiği ve bunun potansiyel olarak tehlikeli bir durum ortaya çıkardığı" [20] iddia

edildi. Kısa bir süre sonra NATO istihbaratından sorumlu bir Fransız firkateyni, Libya açıklarında "Çirkin" adlı geminin silah kaçakçılığı yapıp yapmadığını kontrol etmek istedi. Fransa'nın iddialarına göre, Çirkin'e eşlik eden Türk gemileri "hedef radarıyla firkateynin üzerine kilitlendi. Bunun üzerine Fransız Fırkateyni Courbet geri çekildi."

Türkiye, Türk savaş gemilerinin herhangi bir düşmanca eylem içine girmediğini belirtti. Fransa "NATO soruşturması" istedi. NATO soruşturması yapıldı ama "bulguları hiçbir zaman kamuoyuna açıklanmadı" [7]. Türkiye Dışişleri Bakanı Mevlüt Çavuşoğlu "Fransa'nın Kuzey Afrika ülkesinde 'yıkıcı' davrandığını belirterek ülkeyi "Rusya'nın Libya'daki varlığını artırmaya" çalışmakla suçladı ve Fransa'dan "Courbet ile ilgili iddiaları için özür dilemesini" istedi.

Türkiye tarafından "insani yardım taşıdığı" belirtilen ve ispat edilmemiş olmasına rağmen "Libya'ya uygulanan silah ambargosunu bozduğu gerekçesiyle" suçlanan ve gemisi Fransa ile Türkiye arasında meydana gelen deniz olayına karışan Avrasya Shipping'e "mal varlığının dondurulması" [5] şeklinde yaptırım uygulamaya başlandı. Ayrıca "Kazakistan merkezli ticari kargo taşıyıcısı Sigma Havayolları ve merkezi Ürdün'de bulunan Med Wave Shipping'e de yaptırım listesine alındı." [7] Türkiye Avrupa Birliği'nin yaptırım kararını "AB'nin çifte standardının ve taraflı duruşunun göstergesi" olduğunu açıkladı. AB dış politika sorumlusu Josep Borrell'in, "Silah ambargosuna tam olarak saygı gösterilmediği bir gerçektir. Kimsenin saygı duymadığını söyleyebiliriz" [7] şeklindeki açıklamaları Türkiye'nin görüşlerini desteklemiş oldu.

4.3.Türk Bandıralı Rosalina-A Olayı. 22 Kasım 2020'de operasyona katılan Alman Hamburg firkateyni, Libya'nın Bingazi kentinin yaklaşık 200 km kuzeyindeki Türk yük gemisi Rosalina-A'yı durdurdu. Firkateyndeki askerler "arama yapmak için" Türk yük gemisine çıktılar ancak Türkiye protesto edince geri çekilmek zorunda kaldılar.

Almanya tarafından yapılan açıklamada Türk gemisinin "standart kurallara uyularak durdurulduğunu, geminin bayrağını taşıdığı ülke olan Türkiye'nin izni için saatlerce beklediklerini, gemiye sonra binildiğini, daha sonra itirazların bildirilmesi üzerine çekildiklerini ekledi" açıkladı.

Türkiye ise "Uluslararası deniz hukukuna göre, gemilerde arama yapabilmek için, arama yapmak üzere gemiye personel çıkartabilmek için, gemide bayrağı bulunan devletten izin alması gerektiğini, Türkiye'ye böyle bir izin başvurusu yapılmadığını; Alman fırkateyninin izin almadan arama yapmaya çalıştığını, Türkiye'nin izni olmadan helikopterle Türk gemisine personel indirdiklerini ve bu nedenle uluslararası hukuku ihlal ettiğini" vurguladı.

Tarafsız Alman hukukçular "Roma'daki İrini Operasyon Komuta Merkezi, gemiyi aramak için Türkiye'den izin istedi. Türk Hükümeti, Komuta Merkezine saat 17.44'te haber verdi ama arama izni verilmedi. Eunavfor Med Irini, Türk yetkililer tarafından gönderilen yazılı ve sözlü mesajları saat 17.55'te görmezden geldi. Buna rağmen Hamburg Fırkateyni'nden silahlı bir ekip helikopterle "Roseline A"ya bindi ve gece yarısına kadar gemiyi aramaya başladı. Gemi kaptanı da dahil olmak üzere tüm mürettebat üyeleri zorla arandı, toplandı ve gemi kaptanı silahlı bir askerin gözaltına alınarak tek bir yerde hapsedildi ve konteynerler güç kullanılarak arandı. Türkiye, Alman askerlerinin bir terörle mücadele operasyonunu andıran bir şekilde gemiye indiğini ve geminin köprüsünde denizcileri başlarının üzerinde sıraladıklarını gösteren görüntüler yayınladı" [11]. "Türk Dışişleri Bakanlığı'na uluslararası denizcilik uygulamalarına uygun olarak dört saatlik bir gemiye biniş bildirimi vererek bayrak devleti olarak Türkiye'nin onayını almak için iyi niyetle çaba sarf etti. İrini Operasyonu, Roma'daki Türk Büyükelçiliği'nin talebi üzerine bu bildirimi bir saat daha uzatmayı bile kabul etti" [11] şeklinde görüşlerini paylaştılar.

Türkiye'nin açıklamasında "2292 numaralı BM Güvenlik Konseyi kararında Libya'nın meşru hükümeti Milli Mutabakat Hükümeti ile istişare ve izin zorunlu kılınmıştır. İrini Harekatı, taraflı ve yasa dışı bir operasyon olarak tepki çekiyor. Bazı Avrupa ülkeleri, AB fonlarından yararlanabilmek için operasyona ses çıkarmıyor. Daha cesur davranan bazı ülkeler ise tepki göstererek operasyondan çekiliyor" denildi.

Bu olayda Alman askerleri gemiyi hızını düşürmesi için zorladılar, rotasından uzaklaştırdılar ve engellediler. Türkiye'den izin almadan yapılacak aramanın hukuki olmadığı yönündeki ikazlara

uymadılar ve gemideki tüm konteynerleri açarak aradılar. Arama sonrasında "gemide insani yardım malzemeleri, bisküvi başta olmak üzere gıda maddeleri, boya gibi maddeler dışında bir şey olmadığı anlaşıldı." Almanya Savunma Bakanlığı Sözcüsü, "askerler gemiden ayrıldığında şüpheli bir şey bulmamışlardı" açıklamasını yapmak zorunda kaldı.

Bütün bu olaylara rağmen, Fransa başta olmak üzere bazı Avrupa Birliği ülkeleri, Türkiye ve Rusya'yı Libya'daki barış sürecine zarar vermekle suçladılar.

5.Sonuç. Avrupa Birliği, Libya'da yaşanan kriz sonrasında Akdeniz'de yeni bir askeri harekâtı başlatarak, Birleşmiş Milletler'in Libya için koyduğu "silah ambargosu"nu uygulama ve denetleme çabasına girişmiş, bu çerçevede gösterdiği faaliyetler pek çok ülke tarafından eleştirilmiştir.

AB'nin Türkiye, Libya'nın meşru hükümeti ve NATO ile istişare etmeden başlattığı İrini Harekatı'nın tarafsızlığı tartışmalıdır.

Türkiye birçok defa İrini operasyonu'nun "taraflı bir operasyon" olduğunu dile getirerek, meşru Libya'nın meşru Hükümeti'ne karşı savaşan isyancılara gönderilen silahların denetlenmediğini, bu durumun "Libya'nın Hükümeti'ni cezalandırmak" anlamına geldiğini belirtmiştir.

Türkiye, Libya'ya taşımacılık yapan Türk gemilerine yapılan muamelenin "çifte standartlı ve hukuk dışı" olduğunu ilan etmiştir. Bu husus uluslararası hukuk uzmanlarınca da kabul edilmektedir.

Birleşmiş Milletler Libya'ya silah ambargosu kararı alınmış olsa bile, Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi (BMGK) kararları uyarınca ticari gemilere askeri müdahale yapılamaz. Ticari gemilere uluslararası sularda müdahale edilebilmesi için bayrak devletinin izinini alınması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nin Libya'ya silah ambargosu uygulanmasına dair aldığı kararlar, bu yükümlülüğü ortadan kaldırmamaktadır.

İrini Harekatı sırasında Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nin 2292 numaralı kararına göre "Meşru Hükümet" olarak kabul edilen "Milli Mutabakat Hükümeti ile istişare şartı"na uyulmamıştır.

Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nin 2292 (2016) ve 2526 (2020) sayılı kararlarının uygulanmasında keyfi davranıldığı endişelerini yoğunlaştırmıştır.

Rusya bayraklı "Adler" adlı kargo gemisine Yunan savaş gemisi tarafından 11 Ocak 2021'de gerçekleştirilen Boarding Harekâtı, operasyonun "silah ambargosunu denetlemek" şeklindeki asıl hedefi yerine "rakip" görülen ülkelerin gemilerini hedef aldığı tartışmasını başlatmıştır.

Rusya da, defalarca Avrupa Birliği'nin İrini Operasyonu'nun 2292 sayılı Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi kararı ve uluslararası hukuk çerçevesinde yürütülmesi gerektiğini belirtmiştir. Rusya, Türkiye ile benzer şekilde "gemilerde arama yapılmadan önce bayrak devletinin izninin alınması, İrini Operasyonu'nun Libya'da taraflardan birinin cezalandırılmasına yönelik olmaması ve tüm Libya kıyıları boyunca açık denizleri kapsaması gerektiğini" dile getirmiştir.

İrini Operasyon Merkezi'nin herhangi bir aramanın sonuçlarını ilgili BMGK komitesine sunmakla yükümlüdür. Aksine bir hareket, Avrupa Birliği'nin Akdeniz'deki çıkarlarını gerçekleştirmek için ilgili BMGK kararlarını geniş yorumladığının göstergesi olacaktır. Arama sonuçları ilgili BMGK komitesine verilmez ve ilgili ülkelerle paylaşılmazsa İrini Operasyonu'nun şeffaf olmadığı şüpheleri derinlik kazanacaktır.

Uluslararası Hukuk herkes için acildir ve gereklidir. Yaşanan olaylardan ortaya çıkacak zarar ve kayıplar, gemi personeli ve şirketinin her türlü tazminat hakkı en geniş şekilde teslim edilmelidir.

Kaynaklar

1. Al Marsad English (2020). *"Il Foglio: GNA Refuses Operation IRINI Because It Will Disrupt Arms Supplies From Turkey",* April 25, 2020.
2. Borell, Joseph (2020). *"Our missions and operations",* July 2020.
3. Butler, Graham; Ratcovich, Martin (2016). "Operation Sophia in Uncharted Waters: European and International Law Challenges for the EU Naval Mission in the Mediterranean Sea". *Nordic Journal of International Law,* Volume 85: Issue 3, Pages: 235–259, Retrieved 11.05.2011

4. d'Argent, Pierre; Kuritzky, Melinda (2017). *"Refoulement by Proxy? The Mediterranean Migrant Crisis and the Training of Libyan Coast Guards by EUNAVFOR MED Operation Sophia",* Israel Yearbook on Human Rights, Volume 47, Pages: 233–264, Retrieved 11.05.2011
5. Emmott, Robin (2020). *"EU sanctions Turkish company accused of breaking Libya embargo",* Reuters, September 21, 2020.
6. Faucon, Benoit; Talley, Ian (2020). *"Libyan Warlord's Oil Foray Draws U.S., U.N. Scrutiny,"* The Wall Street Journal, June 3, 2020
7. Lorne, Cook (2020). *"EU sanctions Turkish firm over Libya arms embargo violations",* The Washington Post, September 21, 2020.
8. Polat, Ferhat (2020). *"Turkey and Malta are increasing cooperation to bring stability to Libya,"* TRT World, 11 Aug 2020.
9. Salvadego, Laura (2017). "The Respect for Fundamental Human Rights in the Fight against Human Trafficking and Migrant Smuggling across the Central Mediterranean Sea". *Nordic Journal of International Law,* Volume 1: Issue 4, Pages: 1-118, Retrieved 11.05.2011
10. Samer Al-Atrush and David Wainer (2020). French Navy, UN Intervene to Stop Libya-Bound Tanker, Blomberg, 28 Mayıs 2020.
11. Talmon, Stephan (2020). *""Like pirates" – Turkey accuses Germany of illegally boarding its merchant vessel on the high seas",* GPIL – German Practice in International Law, 01 December 2020.
12. Tardy, T. (2015). *"Operation Sophia: Tackling the refugee crisis with military means."* European Union Institute for Security Studies (EUISS)
13. United Nations Security Council (2020). *"Letter dated 4 September from the President of the Security Council addressed to the Secretary-General and the Permanent Representatives of the members of the Security Council,"* S/2020/879, 8 September 2020.
14. Washington Post (2020). "Turkey the key to unlocking NATO help for EU naval operation", washingtonpost.com. Erişim Tarihi 17 June 2020.

İnternet Kaynakları

15. eeas.europa.eu/sites/default/files/eu_military_operations_and_civilian_missions_july_2020.pdf Erişim Tarihi 12.05.2021
16. www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-28/libya-destined-oil-tanker-on-uae-contract-stopped-by-french-navy Erişim Tarihi 15.05.2021
17. www.energyvoice.com/oilandgas/africa/242678/french-navy-and-un-intervene-to-stop-libya-bound -tanker/ Erişim Tarihi 14.05.2021
18. www.trtworld.com/opinion/turkey-and-malta-are-increasing-cooperation-to-bring-stability-to-libya -38814 Erişim Tarihi 12.05.2021
19. www.operationirini.eu/mission-at-a-glance/ Erişim Tarihi 15 Mayıs 2021
20. www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2020-003726_EN.html Erişim Tarihi 15.05.2021

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

UOT 338.47, 33; 330.

AZƏRBAYCANDA NƏQLİYYAT SEKTORU ÜZRƏ YÜKDAŞIMALARDAN ƏLDƏ OLUNAN GƏLİRƏ TƏSİR EDƏN AMİLLƏRİN EKONOMETRİK QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Paşayev Ə.Z.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: emirhanpasayev@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə nəqliyyat sektoruna yönələn investisiyaların səmərəliliyinin artırılması nəticəsində elmi və texnoloji tərəqqinin müasir inkişafının kəmiyyət dəyişikliklərindən keyfiyyət dəyişikliklərinə keçid ilə xarakterizə olunduğu izah edilir. Nəqliyyatda yükdaşımaların iqtisadi səmərəsi yüklərin növündən, onların daşıma prosesinə uyğunluğundan, nəqliyyat vasitələrinin növündən, kadrların peşəkarlığından, yükləmə-boşaltma əməliyyatlarının intensivliyindən və nəqliyyat işinin təşkilindən yüksək dərəcədə asılı olduğu bildirilir. Qlobal iqtisadi inkişafın intensivliyinin artmasına bilavasitə təsir edən nəqliyyat sektorunda iqtisadi qanunların təzahürünün özünəməxsusluğu ilə fərqləndiyi qeyd edilir.*

Abstract. *As a result of scientific and technological development in order to increase the efficiency if envestment directed to the transport section and its transformation from quantitative changes to qualitative changes have been explained in the article. The economic efficiency of cargo transportation depends on the types of cargoes, their conformity to the process of their transportation types of transports the profecionality of the cadres, intensiveness of cargo handling and the organization of work processes. As well economic laws differ in the transport sector which affect the global economic development of increasing of the intensiveness.*

Аннотация. *В статье объясняется, что на основе повышения эффективности инвестиций, направленных в транспортный сектор, характеризуется переход от количественных изменений к качественным изменениям в современном развитии научно-технологического прогресса. Здесь указывается насколько зависит экономическая эффективность перевозки грузов от типов груза, их соответствие транспортировки, от вида транспорта, от профессиональности кадров, от интенсивности погрузки –разгрузки и зависимости от организации транспортных работ. Отмечается также влияние специфики в транспортном секторе экономических законов, повышающих интенсивность глобального экономического развития.*

Açar sözlər: *investisiya, nəqliyyat sektoru, səmərəlilik*
Ключевые слова*: инвестиция, транспортный сектор, эффективность*
Key words*: investments, transport sector, efficienc*

Giriş. XX əsrin sonundan başlayaraq dünya ölkələrində iqtisadi artımın sürətlənməsinin sabitliyi, əmək məhsuldarlığının, müəssisələrin gəlirləri və əhalinin alıcılıq qabiliyyətinin artması dünya iqtisadi əlaqələrinin sürətlə genişlənməsinə zəruri şərait yaratmışdır. Əmtəələrin beynəlxalq ticarəti, beynəlxalq xidmət növlərinin ticarətini də artırmışdır. Beynəlxalq ticarət əlaqələrində xidmət ticarəti üzrə ən üstün yeri nəqliyyat sahəsi tutur. Xarici ticarət iqtisadi əlaqələrinin inkişafı nəqliyyat amilinin səviyyəsindən asılıdır. Klassik bir amil olan nəqliyyat özlüyündə iqtisadi fəaliyyətinə görə sənayeləşmənin vacib tərkib hissəsi olmaqla, məhsuldar qüvvələrin inkişafında və onun yerləşdirilməsində, həmçinin beynəlxalq əlaqələrin genişlənməsində böyük rol oynayaraq xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. İqtisadi fəaliyyət sahəsi kimi nəqliyyat sektoru üzrə ümumilikdə iş və xidmətlərdən əldə olunan gəlir, digər iqtisadi fəaliyyət sahələri kimi ÜDM-in həcminin artmasına

təsir etdiyindən, bu sektor üzrə gəlirin artmasına təsir edən amillərin qiymətləndirilməsi və perspektiv inkişafının müəyyən edilməsi xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Məsələnin qoyuluşu. Nəqliyyat xidmətlərindən əldə edilən gəlirin artmasına əsasən bir çox amillər, o cümlədən ölkə üzrə əsas kapitala yönəldilmiş investisiyalar, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsi, yükdaşımaların həcmi, ticarət dövriyyəsi, ÜDM, əhalinin gəlirləri və s. Aşağıdakı cədvəl məlumatlarında 2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsini ifadə edən statistik məlumatların cədvəli verilmişdir.

Cədvəl 1

Azərbaycan Respublikasında əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik inflyasiya səviyyəsinin dinamikası

İllər	Nəqliyyat sektorunda əsas fondlar (ilin sonu-na), milyon manat (X1)	İnflyasiya səviyyəsi (X2)	Nəqliyyat sektorunda əsas kapitala investisiya-lar, milyon manat (X3)	Nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlir (Y)
2000	2063,88	1,8	43,98	241
2001	2156,02	1,5	58,7	262,4
2002	2102,34	2,8	89,14	285,5
2003	2254,4	2,2	338,7	359,8
2004	2526	6,7	324,06	383,5
2005	3050	9,6	516	430,1
2006	3350	8,3	629	571,2
2007	4016	16,7	748	1746,2
2008	4475	20,8	1986	2068,2
2009	5087	1,5	1706	2409,7
2010	5699,6	5,7	2435	2543,1
2011	6581	7,9	2509	2645,7
2012	8155,8	1,1	2610	2638,6
2013	8958	2,4	3559,7	2728,4
2014	9124	1,4	2432	2811,2
2015	10301	4	2195	3089,4
2016	11582	12,4	1391	3775,4
2017	12404	12,9	1774	4452,9
2018	15174,5	2,3	1923	4871,2
2019	15541	2,6	2189	5125,6

Mənbə. Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatları əsasında əsasən müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir [8].

Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatları əsasında tərtib edilmiş cədvəl 1–dən 2000-2019-cı illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə iş və xidmətlərdən əldə edilmiş gəlirə təsir edən amillər arasındakı asılılığı reqressiya təhlilinin aparılması üçün hazır riyazi proqram paketlərindən EViews, MatLab, MS Excel, MathCad və s. istifadə etmək olar. Bu məqsədlə Eviews proqram paketindən istifadə edərək cədvəl 1 məlumatlarına əsasən aşağıdakı nəticəni alarıq.

Cədvəl 2

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 04/11/21 Time: 00:42
Sample: 2000 2019
Included observations: 20

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X3	0.253789	0.101309	2.505099	0.0234
X2	33.03336	14.21033	2.324603	0.0336
X1	0.313833	0.024011	13.07026	0.0000
C	-519.7587	180.2968	-2.882795	0.0108

R-squared	0.959867	Mean dependent var	2171.955
Adjusted R-squared	0.952342	S.D. dependent var	1608.936
S.E. of regression	351.2414	Akaike info criterion	14.73768
Sum squared resid	1973928.	Schwarz criterion	14.93683
Log likelihood	-143.3768	Hannan-Quinn criter.	14.77656
F-statistic	127.5585	Durbin-Watson stat	1.095896
Prob(F-statistic)	0.000000		

Mənbə. Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən alınmış nəticəyə əsasən reqressiya tənliyi aşağıdakı kimi olacaqdır:

Estimation Command:
==========
LS Y X3 X2 X1 C

Estimation Equation:
==========
Y = C(1)*X3 + C(2)*X2 + C(3)*X1 + C(4)

Substituted Coefficients:
==========
Y = 0.253788866482*X3 + 33.0333604155*X2 + 0.313832868672*X1 - 519.758691723 (1)

Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən (1) modelinə daxil olan sərbəst dəyişənlərlə asılı dəyişən arasındakı kovarivasiya aşağıdakı kimi olacaqdır.

Cədvəl 3

Koovarivasiya matrisi

	X3	X2	X1	C
X3	0.01026349997469478	0.02175765905590397	-0.00158423616482797	-4.590258467170202
X2	0.02175765905590397	201.9333453447715	0.01347925847716782	-1380.807261699884
X1	-0.00158423616482797	0.01347925847716782	0.000576538572344971	-1.630760350991297
C	-4.590258467170202	-1380.807261699884	-1.630760350991297	32506.92387679048

Mənbə. *EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən göründüyü kimi, Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəliri ifadə edən Y və nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyərini ifadə edən X1, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsini ifadə edən X2, əsas kapitala

yönəldilmiş investisiyaların həcmini ifadə edən X3 amilləri arasında Y = - 519.758691723+ 0.313832*X1 + 33.03336*X2 + 0.2537*X3 modeli ilə ifadə olunan olduqca yüksək korrelyasiya əlaqəsi vardır (R^2=0.96)

Təyin edilmiş bu əlaqə tənliyinə əsasən, belə nəticəyə gəlmək olar ki, Azərbaycan Respublikasında əsas fondların dəyərini ifadə edən (X1) amilinin bir vahid artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0.313 vahid artmasına, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsinin (X2) bir vahid artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 33,033 vahid artmasına, nəqliyyat sektoru üzrə əsas kapitala yonəldilmiş investisiyalar həcminin (X3) bir vahid artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0.254 vahid artmasına, səbəb olur.

Göründüyü kimi, EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən alınmış cədvəl 2-yə uyğun olaraq (1) modeli əhəmiyyətlidir. Bu əhəmiyyətlilik ilk növbədə dəyişənlərin əmsallarının standart səhvlərinin əmsalların qiymətindən kiçik olması ilə izah edilir.

Qurulmuş modelin adekvatlığının yoxlanıması mühüm əhəmiyyət kəsb etdiyindən, həmin adekvatlığı ənənəvi metodlardan biri kimi F-Fişer kriteriyasının köməkliyi ilə müəyyən etmək olar. Bütünlükdə çoxluq reqressiya tənliyini ifadə edən (1) modelinin statistik əhəmiyyətliliyini yoxlamaq məqsədlə F- Fişer kriteriyası, $F_{cədvəl}$ (a; m; n − m − 1) qiyməti ilə müqayisə edilməlidir [6]. Eviews proqram paketinin nəticəsini əks etdirən cədvəl məlumatlarına əsasən,

F- statistic (Fişer kriteriyası) = 127.5

EXCEL-də F cədvəl qiymətini $F_{cədvəl}$ (a; m; n − m − 1) = Fpacпобр düsturunun köməkliyi ilə təyin etsək aşağıdakı nəticəni alarıq [6, səh.333].

$F_{cədvəl}$ (a; m; n − m − 1) = Fpacпобр(0,05; 3; 16) =3,24

F- Fişer kriteriyası, $F_{cədvəl}$ (a; m; n − m − 1) qiyməti ilə müqayisə edildikdə görünür ki, F-Fişer kriteriyası > $F_{cədvəl}$ (127.5>3,24). Bu isə o deməkdir ki, reqressiya tənliyi bütövlükdə statistik əhəmiyyətli xarakter daşıyır [6, səh.315]. Bu isə qurulmuş (1) modelinin adekvatlığı deməkdir.

Modeldə avtokorelyasiyanın olub-olmaması haqqında nəticəni EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən alınmış cədvəl 2-də Darbon-Uotson statistikasına əsasən müəyyən etmək olar. Cədvəldən göründüyü kimi DW=1,096-a bərabərdir. Bu halda, $\alpha = 0{,}05$ əhəmiyyətlilik səviyyəsinə 3 izahedici dəyişən (m=3) və n=20 müşahidə üçün Darbon-Uotsonun böhran nöqtələri aşağıdakı kimi olacaqdır [6, səh.337].

$$d_l = 0{,}998, \qquad d_u = 1{,}676$$

$d_l = 0{,}998 < \mathrm{DW} = 1{,}096 < d_u = 1{,}676$ avtokorrelasiyanın mövcudluğu haqqında nəticə təyin edilməmişdir [6. Səh.311]. Bu isə o deməkdir ki, reqressiya tənliyi bütövlükdə statistik əhəmiyyətlidir və qurulmuş Y = - 519.758691723+ 0.313832*X1 + 33.03336*X2 + 0.2537*X3 modeli adekvatdır.

EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən 2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirə təsir edən amillər üzrə sərbəst dəyişənlərin və sərbəst həddin dəyişməsi aşağıdakı kimi olacaqdır.

Qrafik 3. Nəqliyyat sektoru üzrə əldə olunan gəlirin qradiyentlər üzrə 2008-2019-cu illərdə dəyişməsi

EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən, 2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlir və ona təsir edən amillərin avtoreressiyası aşağıdakı kimidir.

Vector Autoregression Estimates
Date: 04/11/21 Time: 00:48
Sample (adjusted): 2002 2019
Included observations: 18 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

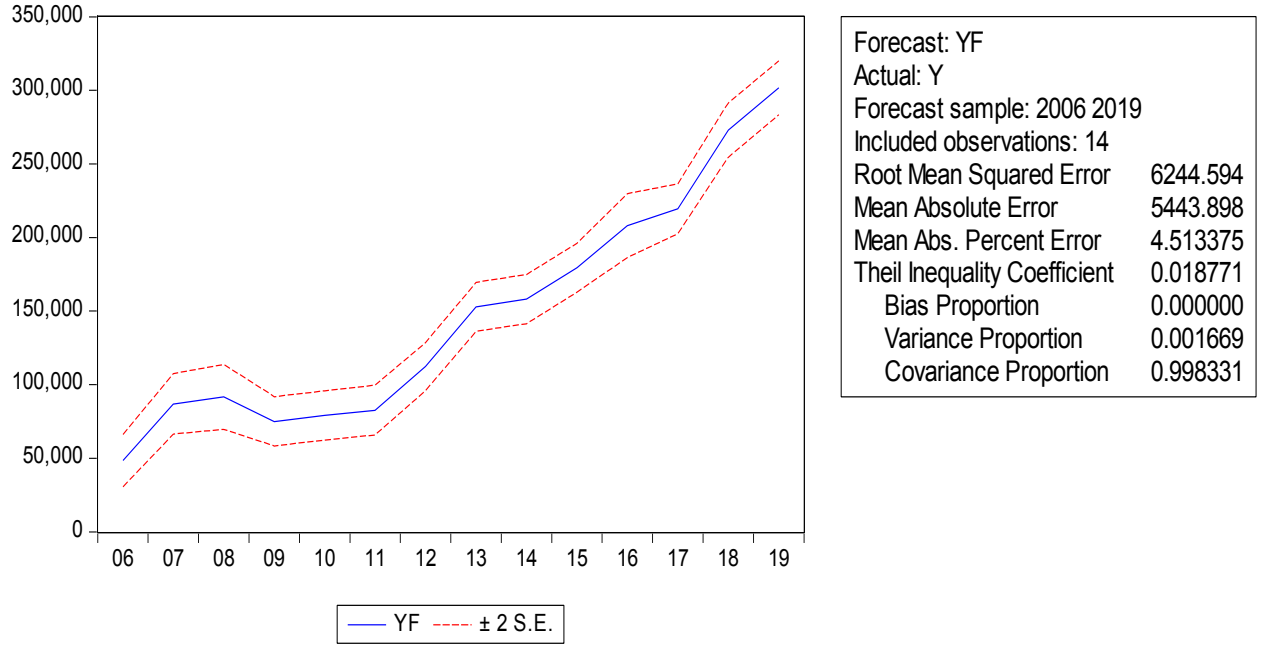
	Y	X3	X2	X1
Y(-1)	0.746006	1.028984	0.010342	-0.115600
	(0.39617)	(0.49948)	(0.00572)	(0.70609)
	[1.88303]	[2.06011]	[1.80792]	[-0.16372]
Y(-2)	-0.241282	-0.460451	-0.016729	0.861387
	(0.45213)	(0.57002)	(0.00653)	(0.80582)
	[-0.53366]	[-0.80777]	[-2.56268]	[1.06896]
X3(-1)	-0.033858	0.391848	-0.001415	-0.317383
	(0.19983)	(0.25194)	(0.00289)	(0.35616)
	[-0.16943]	[1.55532]	[-0.49049]	[-0.89113]
X3(-2)	0.128253	0.428731	0.003866	0.121373
	(0.18237)	(0.22993)	(0.00263)	(0.32504)
	[0.70325]	[1.86463]	[1.46801]	[0.37341]
X2(-1)	23.36508	-8.386796	0.163199	38.60132
	(20.5883)	(25.9571)	(0.29726)	(36.6943)
	[1.13487]	[-0.32310]	[0.54900]	[1.05197]
X2(-2)	19.19447	8.755260	-0.123601	-2.956208
	(17.5591)	(22.1379)	(0.25353)	(31.2954)
	[1.09313]	[0.39549]	[-0.48752]	[-0.09446]
X1(-1)	0.071987	0.329093	0.004039	0.322675
	(0.19369)	(0.24420)	(0.00280)	(0.34521)
	[0.37166]	[1.34764]	[1.44423]	[0.93471]
X1(-2)	0.106423	-0.630515	-0.003435	0.640410
	(0.21215)	(0.26748)	(0.00306)	(0.37812)
	[0.50163]	[-2.35726]	[-1.12138]	[1.69367]
C	-239.4742	611.2251	5.948424	165.1512
	(249.942)	(315.118)	(3.60878)	(445.468)
	[-0.95812]	[1.93967]	[1.64832]	[0.37074]
R-squared	0.978539	0.914967	0.676579	0.991421
Adj. R-squared	0.959463	0.839382	0.389094	0.983796
Sum sq. resids	879684.3	1398283.	183.3870	2794355.
S.E. equation	312.6383	394.1635	4.514015	557.2108
F-statistic	51.29631	12.10517	2.353440	130.0153
Log likelihood	-122.7134	-126.8844	-46.43194	-133.1156
Akaike AIC	14.63482	15.09826	6.159104	15.79062
Schwarz SC	15.08001	15.54345	6.604290	16.23580
Mean dependent	2385.317	1630.811	6.738889	7243.424
S.D. dependent	1552.804	983.5120	5.775317	4377.319

Determinant resid covariance (dof adj.)	2.51E+16
Determinant resid covariance	1.57E+15
Log likelihood	-417.0767
Akaike information criterion	50.34186
Schwarz criterion	52.12260

Mənbə. *Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

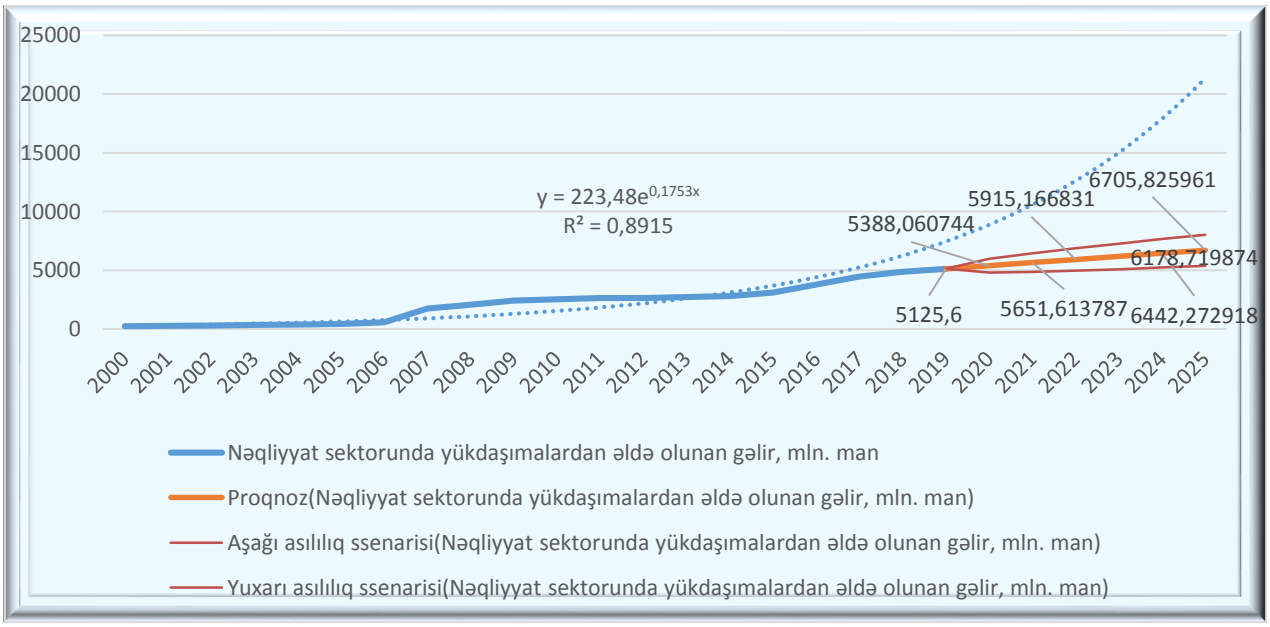
EViews tətbiqi proqram paketinə əsasən, 2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin illər üzrə qiymətləri, standart səhvləri, proqnoz üçün xarakteristikalarını təyin etsək aşağıdakı nəticəni alarıq.

Qrafik 3



Mənbə. *Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Qeyd etmək lazımdır ki, qrafikdən istifadə edərək Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin proqnoz qiymətlərini də müəyyən etmək olar.



Mənbə. *MS Excel proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Qrafikdən göründüyü kimi, 2025-ci ildə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəliri proqnozlara görə artaraq 6705,8 mln. manat olacaqdır.

Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirə təsir edən amillər elastiklik əmsalı ilə qiymətləndirilməsi də böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqat nəticəsində yuxarıda (3.1.1) xətti reqresiya tənliyi üçün sərbəst dəyişənin 1% dəyişməsi nəticəsində asılı dəyişənin neçə faiz dəyişməsini ifadə edən elastiklik əmsalını hesablamaqla səbəb amilləri hesabına nəticə amilinin neçə faiz dəyişəcəyini müəyyən etmək olar. Bu əmsal aşağıdakı düstura əsasən hesablanır [5, 6].

$$E = \frac{\propto_i \times \bar{x}_i}{\bar{y}} \qquad (2)$$

Burada, α_i yuxarıda göstərilən əlaqə tənliyinin əmsallarıdır. $\bar{x}$- tədqiq olunan dövrlər üzrə Azərbaycan Respublikasında əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsinin hesabi ortası, $\bar{y}$- tədqiq olunan dövrlər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektoru üzrə yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin hesabi ortasıdır. Həmin göstəricilərə əsasən hesablanmış elastiklik əmsalları qurulmuş model üzrə aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$E_{əsas\ fondlar} = \frac{\propto_1 \times \overline{x_1}}{\bar{y}} = \frac{0{,}314 \times\ 6730{,}077}{2171{,}955} = 0{,}972969$$

$$E_{infilyasiya} = \frac{\propto_2 \times \overline{x_2}}{\bar{y}} = \frac{33{,}033 \times\ 6{,}23}{2171{,}955} = 0{,}094751$$

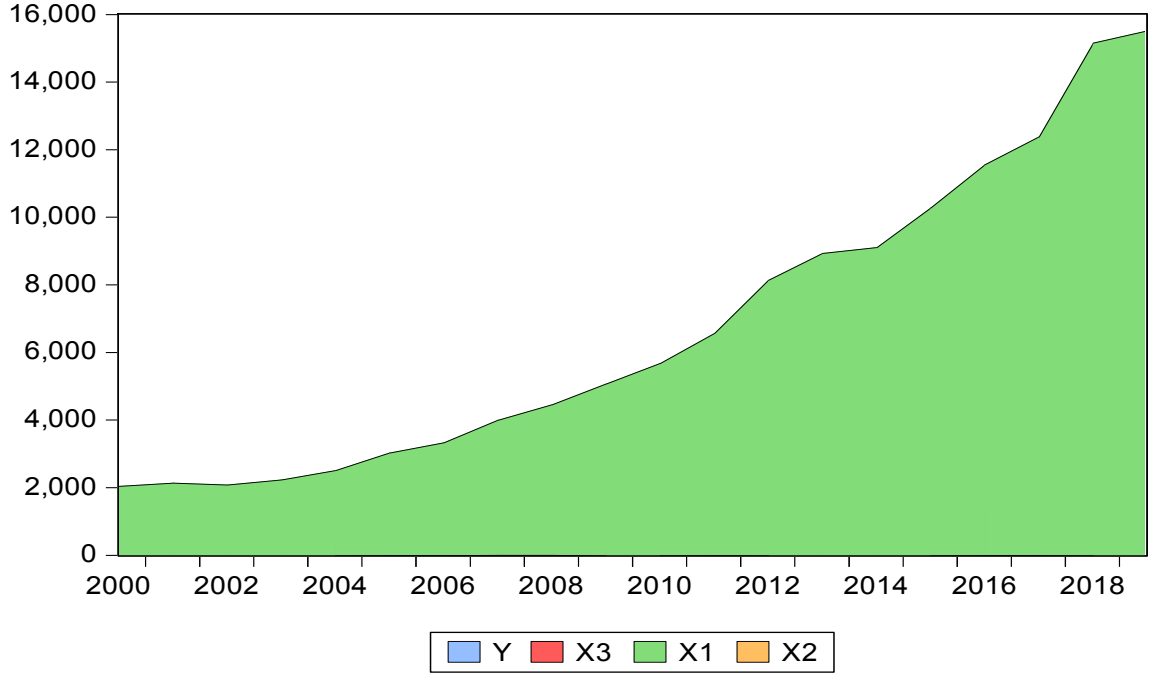
$$E_{invest} = \frac{\propto_3 \times \overline{x_3}}{\bar{y}} = \frac{0{,}254 \times\ 1472{,}864}{2171{,}955} = 0{,}172245$$

Aparılmış hesablamalar göstərir ki, Azərbaycan Respublikasında əsas fondların dəyərinin dəyərinin 1% artması, nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,98% artmasına, infilyasiya səviyyəsinin 1% artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,095 % artması, nəqliyyat sektoru üzrə əsas kapitala yonəldilmiş investisiyalar həcminin 1% artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,17% artması ilə nəticələnir.

2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlir ilə Eviews proqram paketinə əsasən əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsini ifadə edən dinamik dəyişikliyin qrafiki aşağıdakı kimi alınmışdır.

Qrafik 4

2000-2019-cu illər üzrə Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlir və ona təsir edən amillərin dinamik dəyişikliyi



Mənbə: *Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq olunan göstəricilər arasındakı əlaqənin sıxlığını qiymətləndirmək üçün cüt korrelyasiyanın xətti əmsalı hesablanır. Bu əmsal aşağıdakı düstura əsasən müəyyən edilir.

$$r_{xy} = \frac{\sum(y-\bar{y})(x-\bar{x})}{\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2 \sum(x-\bar{x})^2}} \quad (1)$$

Əmsalın qiyməti [-1; 1] aralığında dəyişir. r_{xy}-əmsalının vahidə yaxın olması bu göstəricilər arasında sıx korrelyasiya asllılığının olduğunun göstərir. $r_{xy} = 0$ olması isə xətti asılılığın olmadığını göstərir. Əmsalın sıfra bərabər olması tədqiqat obyektləri arasında xətti asılılığın olmamasına baxmayaraq, qeyri-xətti asılılıq da ola bilər. Göstəricilər arasındakı asılılığ dərəcəsi əsasən Çeddok şkalasına görə müəyyən edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, cüt korrelyasiyanın xətti əmsalı eyni zamanda səbəb və nəticə göstəricilərinin istiqamətini də müəyyən edir. Belə ki, əgər $r_{xy} > 0$ olarsa, göstəricilər arasında düz əlaqə vardır. Yəni, səbəb amilinin (x) artması ilə nəticə göstəricisinin (y) qiyməti də artır. Əgər, $r_{xy} < 0$ olarsa, bu halda göstəricilər arasında əks əlaqə mövcuddur. Yəni, səbəb amilinin(x) artması ilə nəticə göstəricisinin (y) qiyməti azalır. Cüt korrelyasiyanın xətti əmsalını təyin etmək üçün KORREL statistik funksiyasından istifadə edilir. Bu asılılıqda determinasiya əmsalı aparılmış hesabata əsasən 0,952-ə bərabərdir.

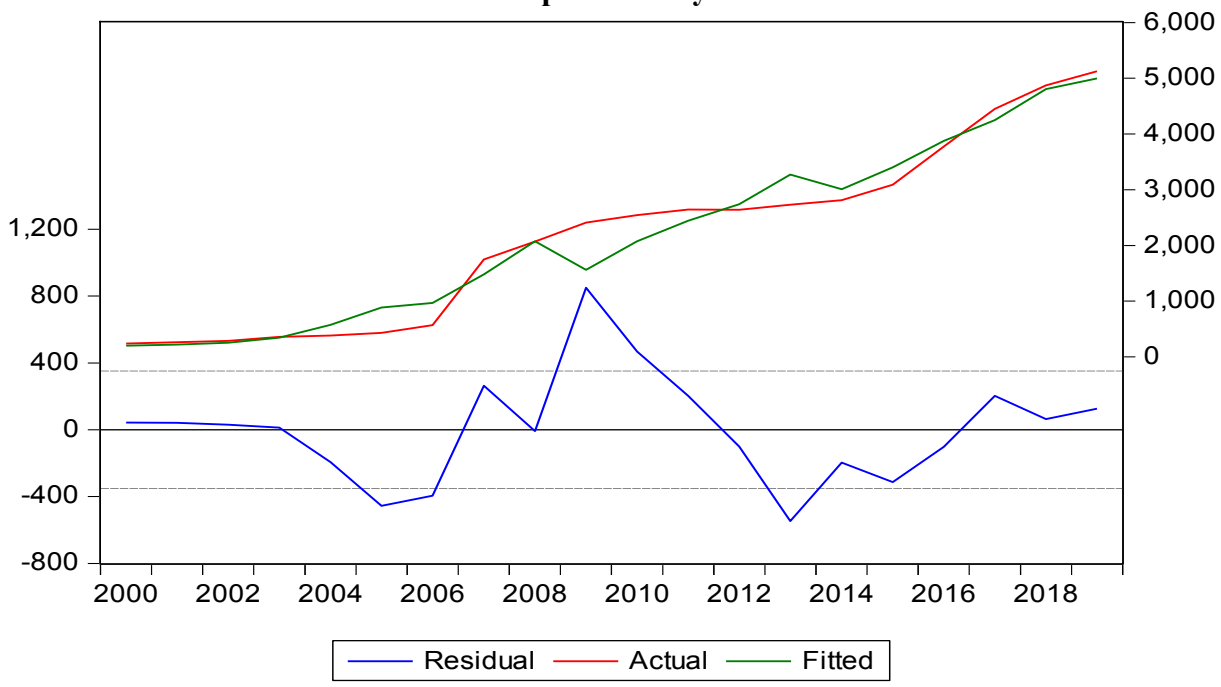
Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən cədvəl (2) məlumatlarına görə çoxluq korrelyasiya əmsalının R=0,952 olması Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəliri ifadə edən Y asılı dəyişəni ilə modelə daxil olan amilləri ifadə edən sərbəst dəyişənlər (X1, X2 və X3) arasında əlaqənin olduqca yüksək olmasını göstərir. Determinasiya əmsalının R2=0,9599 olması o deməkdir ki, müvafiq reqressiya tənliyi 96,0% dispersiya nəticə göstəriciləri ilə, 4,0%-i isə digər amillərin təsiri ilə izah edilir. Determinasiya əmsalının yüksək olması reqresiya

tənliyinin ilkin verilənləri daha yaxşı ifadə etməsi və nəticə amilinin daha çox hissəsinin (96,0%) modelə daxil olan amillər hesabına izah edilməsi ilə əlaqədar olduğunu göstərir.

Alınmış nəticələrin analizi. Qurulmuş (2) modelinin reqresiya tənliyi ilə Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən tədqiq olunan göstəricilər üzrə alınan (Fitted) və faktiki (Actual) qiymətlərinin, habelə onların arasındakı qalıqların (Residual) dinamikasını ifadə edən modelin aprosimasiyası aşağıdakı qrafikdə verilmişdir [6].

Qrafik 5

Modelin aproksimasiyası



Mənbə. *Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Qrafikdən göründüyü kimi, qurulmuş reqressiya tənliyinin real qiymətlərə yaxın qiymətlər aldığı müşahidə edilir.

Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən qalıqların korrelaqramması aşağıdakı kimi olacaqdır.

Date: 04/11/21 Time: 00:46
Sample: 2000 2019
Included observations: 20

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
. |*** |	. |*** |	1	0.448	0.448	4.6382	0.031
. |* . |	. | . |	2	0.178	-0.028	5.4090	0.067
.**| . |	****| . |	3	-0.331	-0.501	8.2435	0.041
*****| . |	****| . |	4	-0.671	-0.559	20.611	0.000
***| . |	. |* . |	5	-0.467	0.107	26.998	0.000
.**| . |	. | . |	6	-0.319	-0.058	30.187	0.000
. |* . |	. *| . |	7	0.113	-0.125	30.623	0.000
. |**. |	.**| . |	8	0.275	-0.264	33.405	0.000
. |**. |	.**| . |	9	0.235	-0.324	35.613	0.000
. |* . |	. *| . |	10	0.202	-0.084	37.414	0.000
. | . |	. |* . |	11	0.014	0.085	37.424	0.000
. | . |	. *| . |	12	-0.052	-0.160	37.570	0.000

Mənbə. *Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.*

Alınmış cədvəldən göründüyü kimi qalıqlar avtokorrelyasiyadan təmizlənmişdir.

Nəticə. Aparılmış tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlir ilə Eviews proqram paketinə əsasən əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri və ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsi arasında Y = - 519.758691723+ 0.313832*X1 + 33.03336*X2 + 0.2537*X3 reqresiya tənliyi ilə ifadə olunan xətti asılıq vardır. Bu asılılıqda korrelyasiya əmsalının vahidə yaxın olması (0,96) göstərir ki, bu asılılıq funksional asılılığa daha çox yaxındır. Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən alınmış Y = - 519.758691723+ 0.313832*X1 + 33.03336*X2 + 0.2537*X3 reqressiya tənliyi Azərbaycan Respublikasında nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin dəyişməsinin 96 %-nin modelə daxil olan amillər hesabına baş verməsi ilə izah edilir.

- tədqiqat nəticəsində Eviews-10 tətbiqi proqram paketinə əsasən müəyyən edilmşdir ki, Azərbaycan Respublikasında əsas fondların dəyərinin dəyərinin 1% artması, nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,98% artmasına, infilyasiya səviyyəsinin 1% artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,094 % artması, nəqliyyat sektoru üzrə əsas kapitala yönəldilmiş investisiyalar həcminin 1% artması nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin 0,17% artması ilə nəticələnir;

- Azərbaycanda nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirlə əsas kapitala yönəldilmiş investisiyaların həcmi, nəqliyyat sektoru üzrə əsas fondların dəyəri, ölkə üzrə illik infilyasiya səviyyəsi amilləri arasında Çeddok şkalasına görə olduqca yüksək korrelyasiya əlaqəsi vardır;

- tədqiqat nəticəsində Eviews tətbiqi proqram paketinə əsasən Azərbaycanda nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin illər üzrə qiymətləri və standart səhvləri müəyyən edilmiş, habelə tənliyin proqnoz məqsədi üçün istifadə edilməsinin bir sıra xarakteristikaları göstərilərək, 2025-ci ilədək Azərbaycanda nəqliyyat sektorunda yükdaşımalardan əldə olunan gəlirin proqnozlara görə artacağı müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Konstitusiya. Bakı-Qanun- 2005-ci il
2. Azərbaycan Respublikasının "Nəqliyyat haqqında" 683-IQ nömrəli qanunu. Bakı şəhəri, 11 iyun 1999-cu il.
3. Milli iqtisadiyyat perspektivi üzrə Strateji Yol Xəritəsi (Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı) ilə təsdiq edilmişdir.
4. Əsədov, A.M. Azərbaycan Respublikasında yeni nəqliyyat sisteminin formalaşması və davamlı inkişafı: elmi-nəzəri əsasları və perspektivləri / A.M. Əsədov. -"Avropa" nəşriyyatı, -2014. -s.145.
5. Eugene F.Brigham ve Joel F.Houston. Finansal yönetimin temelleri. Basımdan çeviri. -2014. -s. 308.
6. Yadigarov, T.A. Əməliyyatlar tədqiqi və ekonometrik məsələlərin MS Excel və Eviews proqram paketlərində həlli: nəzəriyyə və praktika. / T.A.Yadigarov –Bakı: -2020. -352 səh.
7. Paşayev, Ə.Z. Nəqliyyat sektoruna yönələn investisiyalar // -Bakı: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri,– 2016. №1, -səh.169.
8. http://www.stat.gov.az/menu/6/statistical_yearbooks/

Məqalə qəbul olunub: 12.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

UOT: 341.9:42

KORONAVİRUS XƏSTƏLİYİ (COVİD-19) PANDEMİYASININ DÜNYA DƏNİZ TİCARƏT DONANMASININ FƏALİYYƏTİNƏ TƏSİRİ

Şirəliyev Ə.T.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ 1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç.,18
E-mail: akber1958@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə koronavirus xəstəliyi (COVİD-19) pandemiyası dövründə dəniz nəqliyyatının üzləşdiyi problemlər və onları həlli istiqamətində həyata keçirilən tədbirlərdən bəhs edilir.*

Abstract. *The article discusses the problems faced by maritime transport during the period of coronavirus disease (COVID-19) pandemic, and the measures taken to solve them.*

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы, с которыми сталкивается морской транспорт в период пандемии коронавирусной болезни (COVID-19), и меры, принимаемые для их решения.*

Açar sözlər: *böhran, dəniz, gəmiçilik, yük, donanma*
Key words: *crisis, sea, shipping, cargo, fleet*
Ключевые слова: *кризис, море, судоходство, груз, флот*

Giriş. Koronavirus xəstəliyi (COVİD-19) pandemiyası dövlətlərin qlobal qarşılıqlı asılılığını əyani şəkildə nümayiş etdirdi və dəniz nəqliyyatının simasını dəyişəcək yeni meyllərin inkişafına təkan verdi[3,5]. Hazırda dəniz nəqliyyatı sektoru müəyyən dönüş mərhələsini yaşayır və bu heç də təkcə pandemiya səbəbindən meydana çıxmış prolemlərlə üzləşmənin nəticələri deyil, həm də istehsal-satış sistem və modellərində baş verən qlobal struktur dəyişikliklərindən tutmuş istehlak və vəsaitlərin xərclənməsi ilə bağlı stereotiplərin dəyişilməsi, risklərin qiymətləndirilməsi və tələtümlərə qarşı davamlılğın yüksəldilməsi üzrə məsələlərə diqqətin artması kimi geniş diapazonu əhatə edən uzun müddətli amillərlə bağlıdır. Dayanıqlı inkişaf və "azkarbonlu" iqtisadiyyat kimi geniş qlobal gündəlikdə duran məsələlər də bura daxildir[1,4]. Bundan əlavə, fəaliyyətin bu sektorunda inkişaf edən, məhvedici nəticələrlə səciyyələnən ticarət proteksionizmi və eqoistik siyasət kimi məsələləri həll etmək zərurəti də proseslərə ciddi təsir göstərir.

Əsas hissə. Həyati vacib əmtəələrin fasiləsiz olaraq çatdırılmasında və qlobal ticarətdə aparıcı sektor kimi fəaliyyət göstərən dəniz nəqliyyatının əhəmiyyəti haqqında məsələ pandemiya şəraitində daha qabarıq şəkildə ön plana çıxdı. Belə vəziyyətin pandemiyadan sonrakı bərpa dövründə və normal həyata qyıtdıqdan sonra da davam edəcəyi proqnozlaşdırılır. Bir çox beynəlxalq təkilatlar və orqanlar, o cümlədən Birləşmiş Millətlər Təşkilatının (BMT) Ticarət və İnkişaf üzrə Komitəsi (UNCTAD) pandemiya dövründə dəniz nəqliyyatınının fasiləsiz olaraq fəaliyyət göstərməsi və bu zaman limanların eləcə də dənizçilərin koronavirusdan mühafizəsinə dair tövsiyyə və izahatlarla çıxış etmişlər. Onlar qeyd etmişlər ki, sanitar məhdudiyyətlər də daxil olmaqla gəmilər bütün beynəlxalq tələblərə cavab verməli, limanlar isə dəniz gəmiləri və qarışıq daşımalar üçün açıq olmalıdırlar [2,3].

COVİD-19 pandemiyasının təsiri üzündən səhiyyə sahəsində və iqtisadiyyatda baş verən qlobal böhran dəniz nəqliyyatında və beynəlxalq ticarətdə mövcud olan vəziyyəti kökündən dəyişdirdi, bu sahələrdəki artım perspektivlərinə ciddi zərbə vurdu. UNCTAD-ın proqnozlarına görə 2020-ci ildə beynəlxalq dəniz daşımalarının həcmi 4,1% aşağı düşmüşdür. Pandemiyanın təsirləri nəticəsində istehsal-satış zəncirində baş verən qarma-qarışıqlıqlar, tələbatın azalması və dünya iqtisadiyyatındakı qeyri-müəyyənlik bir sıra arzuolnmaz fəsadlara gətirib çıxarmışdır. Beynəlxalq dəniz daşımalarının dinamikasında 2019-cu ildən başlayaraq müşahidə edilən ləngimələr pandemiya fonunda daha qabarıq şəkildə özünü göstərdi. Ümumdünya istehsalının və beynəlxalq ticatət dövriyəsinin həcmi

ölkələr arasında ticarət münasibətlərindəki gərginliklər və siyasi qeyri-müəyyənliklər baxımından müəyyən dəyişikliklərə məruz qalır. 2019-cu ildə dəniz daşımalarının həcmi 0,5% (2018-ci ildə bu artım 5,1% təşkil etmişdir) artaraq 11,8 mlrd ton təşkil etmişdir [3]. Beynəlxalq ticarətdə baş verən gərginlik amilləri daşımalar sahəsindəki mövcud əmtəə axınlarının istqamətinin dəyişməsinə gətirib çıxarır, belə ki, alternativ bazar və tədarükçülərin axtarışı yük axınlarının istqamətlərinin dəyişməsinə səbəb olur. Sadalanan amillər fonunda yük axınlarının Çindən və Cənubi Şərqi Asiyayanın bir sıra digər ölkələrindən başqa bazarlara istqamətlənməsi xüsusilə diqqət çəkir. Nəzərdən keçirilən dövürdə Amerika Birləşmiş Ştatları dünyanın digər ölkələrinə əmtəə ixracının həcmini müəyyən qədər artırmağa müvəffəq olmuşdur ki, bu da nəticədə bir sıra malların Çinə ixracında baş vemiş azalmaların kompensasiya edilməsinə imkan vermişdir. Əlavə gömrük tariflərinin tətbiq edilməsi 2019-cu ildə ABŞ və Çin arasında dəniz daşımalarının həcminin 0,5% azlmasına səbəb olsa da alternativ bazarlarda imkanların genişləndirilməsi hesabına bu ölkələr öz itkilərini bir qədər yumuşaltmağa nail olmuşlar [3].

Son vaxtlar beynəlxalq konteyner daşımalarında gəmilərin daşıma qabiliyyətlərinin yüksəlməsi xüsusi diqqət çəkir. 2020-ci ilin əvvəlinə olan məlumata görə dünya donanmasının tərkibinə daxil olan və ümumi tutumu 100 brutto registr ton və daha çox olan ticarət gəmilərinin sayı 98140 ədəd təşkil etmişdir ki, onların da daşıma qabiliyyətləri ümumilikdə 2,06 mlrd ton dedveyt ekvivalentindədir. 2014-cü ildən bu yana dünya ticarət donanmasında ən böyük artım 2019-cu ildə qeydə alımışdır və bu göstərici 4,1% təşkil etmişdir. Ən böyük artım qazdaşıyan gəmilər sektorunda baş vermişdir. Artım dinamikasına görə sonrakı yerləri neft tankerləri, balkerlər və konteyner daşıyan gəmilər tutmuşlar. Ən iri konteynerdaşıyan gəminin tutumu 10,9 % artmışdır. Hazırda iritonnajlı konteynerdaşıyan gəmilər öz ölçülərinə görə nəhəng neft tankerlərindən geri qalmırlar, hətta iri quru yük və kruiz gəmilərini belə üstələyirlər. Müxtəlif tipli gəmilərin istismarı sahəsində əldə olan təcrübələri və bir sıra məhdudiyyətləri (yanalma kanalları, liman və gəmiqayırma müəssisələrinin infrastrukturundakı möcud vəziyyət) nəzərə alaraq belə bir qənaətə gəlmək olar ki, konteynerdaşıyan gəmilər artıq öz maksimal ölçü həddlərinə çatmışlar [3,4].

Nəzərdən keçirilən dövr ərzində dəniz nəqliyyatının fəaliyyətini araşdırarkən belə məlum olur ki, qlobal miqyasda ən səmərəli nəticələr daşıyıcılar tərəfindən əldə edilmişdir. İri limanlara daxil olmaqla fəaliyyət göstərən iritonnajlı gəmilərin işlərinin səmərəlilik göstəriciləri daha yaxşı olmuşdur. Məsələn, gəminin konteyner limanlarına daxilolma sayının 1% artması onun limanlarda dayanma vaxtının bir konteynerin payına düşən müddətinin 0,18% azalmasına gətirib çıxarır. Limana daxil olan gəminin orta ölçüsünün anoloji qaydada 1% artşrılması zamanı isə onun limanlarda dayanma vaxtının bir konteynerin payına düşən müddətinin 0,52% azalması ilə nəticələnir. Ölçü miqyasına qənaətə əsaslanan və nisbətən iritonnajlı gəmilərin istismarı hesabına əldə edilən səmərə heç də həmişə limanların və daxili nəqliyyat operatorlarının da fəaliyyətlərinin uduşlu olması ilə nəticələnmir. Belə ki, bu zaman bütövlükdə logistik zəncir miqyasında ümumi nəqliyyat xərcləri əksər hallarda artır. Gəmi üzrə hesablanmış konteynerlərin orta miqdarının yaxud gəmilərin orta ölçülərinin artırılması bir çox hallarda yük avtomobillərinin, yük meydançalarının və qarışıq daşımaların pik həddə tələbatlı olması zərurətini doğurmaqla yanaşı, limanların akvatoriyalarında dibdərinləşdirmə və körpülərdə yükqaldırma imkanları daha böyük olan kranların quraşdırılması ilə bağlı əlavə xərclər qoyuluşunu da tələb edir [2,4]. Daxilolma limanlarının sayının azaldılması ilə yüklərin nisbətən daha iritonnajlı gəmilər seqmentində konsentrasiya edilməsi əksər hallarda əməliyyatların az sayda şirkətlər tərəfindən həyata keçirilməsi prinsipinə əsaslanır. Logistik zəncirin dənizlə daşıma hissəsində qənaət hesabına əldə edilən vəsaitlər heç də həmişə nisbətən aşağı tarif dərəcələri şəklində yükgöndərənlərə çatmır. Buna əyani misal olaraq yalnız xidmət göstərən bir neçə şirkətin işlədiyi inkişaf etməkdə olan kiçik ada dövlətlərin bazarlarında təzahür edən vəziyyəti göstərmək olar. Bu əlavə xərclər yükgöndərənlərin, limanların və daxili nəqliyyat operatorlarının çiyinlərinə düşəcəkdir. Beləliklə də, daha iritonnajlı gəmilərin istismarı nəticəsində yaranan və miqyas effekti hesabına əldə edilən qənaətdən əsas etibarı ilə yalnız daşıyıcılar bəhrələnə bilirlər.

Pandemiya şəraitinin davam etməsinə baxmayaraq tarif dərəcələrində artım dinamikası müşahidə edilir. Konteyner daşımaları bazarında mövcud olan struktur qeyri-mütanasibliyi problemi xətti gəmiçilik şirkətlərini 2020-ci il boyu davam etmiş olan zəif tələbat şərtlərini nəzərə alaraq donanmanın daşıma qabiliyyətini daim nəzarətdə saxlamağa və zəruri düzəlişlər etməyə sövq edir. Daşımalara olan tələbatın aşağı düşməsi gəmiçilik şirkətlərindən daşıma qabiliyyətnin və xərclərin tənzimlənməsi istiqamətində daha sərt strateji addımların atılmasını tələb etmişdir. 2020-ci ilin ikinci rübündə daşıyıcılar donanmanın daşıma qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə ixtisara salmağa başladılar. Bu məqsədlə müxtəlif tənzimləyici metodlardan, məsələn, marşrutlara xidmətin dayandırılması, limanlara planlaşdırılan daxilolmaların və səfərlərin təxirə salınması, gəmilərin hərəkət marşrutlarının dəyişdirilməsi və s. kimi strateji üsullardan istifadəyə üstünlük verildi. Səfərlərin təxirə salınması və daşıma qabiliyyətinin ixtisar edilməsi yükgöndərənlərin və beləliklə də, bütövlükdə təchizat sisteminin fəaliyyətinə ciddi şəklidə mənfi təsir göstərmişdir. 2020-ci ilin birinci yarısında daşıma marşrutlarının böyük əksəriyyətində tarif dərəcələri 2019-cu il ilə müqayisədə yüksək olmuşdur [2,4]. Böhran şəraitində dəniz nəqliyyatı sektorunda tarif dərəcələrinin iqtisadi həyat fəaliyyətinin təmin edilməsi səviyyəsində saxlanması strateji baxımdan doğru hesab edilsə də donanmanın daşıma qabiliyyətinin kifayət qədər uzun müddətli dövr ərzində ixtisar edilməsi sonrakı bərpa mərhələsində həm dəniz nəqliyyatının özü və ticarət üçün, həm də yükgöndərənlər və limanlar üçün bir sıra problemlərin yaranmasına səbəb olacaqdır.

Pandemiya dövründə quru və maye kütləvi yüklərin daşınması üzrə fraxt dərəcələrində ciddi qeyri-stabillik müşahidə edilmişdir. 2020-ci ilin mart və aprel aylarında tankerlərin fraxt dərəcələri kəskin şəkildə artmışdır. Belə hal neftin saxlanması üçün istifadə edilən üzən anbarlarla da baş vermişdir. Neft bazarının "superkontanqo" vəziyyətində olması, yəni yaxın aylarda neftin qiymətinin kifayət qədər ucuz olması və sonrakı aylarda fyuçerslər üzrə onun satış qiymətinin yüksək olacağı ehtimalı neftin ehtiyyatlarda saxlanmasının əlverşli olduğunu nümayiş etdirir. Ucuz xam neftin saxlanması məqsədi ilə tankerlərin treyderlər tərəfindən fraxta götürülməsi nəticəsində daşıma prosesində iştirak edən gəmilərin sayının azalması tanker tonnajı üzrə fraxt dərəcələrinin saxlanmasını təmin etmişdir. 2020-ci ilin mayında üzən saxlama anbarları qismində istifadə edilən tankerlərin təxminən 1/3 hissəsinin aktiv daşıma bazarına qayıtması nəticəsində tankerlərin fraxt dərəcələri kəskin şəkildə aşağı düşmüşdür. Pandemiyanın təsiri nəticəsində balker tonnajı üzrə fraxt dərəcələrinin dinamikası müəyyənləşdirilərkən pandemiyanın təsiri nəticəsində təklif və tələbat arasında nəzərəcarpacaq disbalansın mövcudluğu nəzərə alınmışdır. Fraxt dərəcələrində ən yüksək qeyri-stabillik iritonnajli balkerlər sektorunda müşahidə edilmişdir [3].

COVİD-19 pandemiyasının kəskin şəkildə alovlanması nəticəsində tətbiq edilən məhdudiyyətlər çox sayda dənizçilərin bir sıra problemlərlə üzləşməsinə səbəb olmuşdur. Yaramış vəziyyətlə bağlı olaraq bir cox gəmilərdə heyət üzvülərinin nəzərdə tutulan müddətlər ərzində əvəz edilməsi proseslərində gecikmələr baş vermişdir ki, bu həm təhlükəsizlik və dənizçilərin rifahı, həm də gəmilərin təhlükəsiz istismarı baxımından yolverilməzdir. Məsələ ilə bağlı bir sıra nüfuzlu beynəlxalq təşkilatlar, o cümlədən UNCTAD müəyyən təkliflər irəli sürərək vətəndaşlıqlarından asılı olmayaraq dənizçilərin və gəmiçilik sahəsində çalışan digər aparıcı mütəxəssislərin hərəkət və yerdəyişmələrinə qoyulan məhdudiyyətlərin aradan qldırılmasına dair müraciətlər etmişlər. Bundan başqa, bayraq dövlətləri üçün dənizçilərin və gəmilərin fəaliyytlərinə dair Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (İMO) və Beynəlxalq Əmək Təşkilatı (İLO) tərəfindən nəzərdə tutulan mütləq sənədlərin tərkibinə daxil olan və müddətləri bitmiş lisenziya və sertifikatlarının vaxtının uzadılmasına icazə verən "Müvəqqəti Rəhbərlik" işlənib hazılanmışdır [3,5].

Dəniz nəqliyyatının dayanıqlı inkişafı, karbon qazının atılmasının azaldılması və gəmilərdən ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınması istiqamətində aparılan işlər prioritet məsələlər kimi daim diqqət mərkəzində saxlanılır [1]. Dəniz nəqliyyatı sektorunun fəaliyyəti getdikcə daha sərt xarakter alan ekoloji tələblərin təsiri altında formalaşır. Bunlara baxmayaraq, daşıyıcılar nəqliyyat xidmətlərini daim yüksək səviyyədə saxlamalı və məsrəfləri azaltmağa çalışmaqla yanaşı fəliyyətlərinin stabilliyini təmin etməlidirlər. Beynəlxalq gəmiçiliyin fəaliyyəti nəticəsində istilik və

zərərli qazların atmosferə atılması ilə bağlı məsələ beynəlxalq gündəlikdə əsas yerlərdən birini tutur. Bu baxımdan Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı bir sıra geniş miqyaslı tədbirlərin həyata keçirilməsi istiqamətində addımlar atmaqda davam edir. Bunların içərisində gəmilərin enerji effektivliyi, alternativ enerji növlərindən istifadə və gəmilərdən atmosferə atılan qazların zərərsizləşdirilməsi və azaldılması sahəsində milli hərəkət planlarını qeyd etmək olar. Gəmilərin ölçülrinin onlardan dəfələrlə səmərəli istifadə ilə uzlaşdırılması və nisbətən az səmərəliliyə malik gəmilərin təkrar emalı donanmanın ümumi tonnajının artmasına bxmayaraq karbon qazının atılma miqdarının artmasının qarşısını alır. Bununla əlaqədar olaraq tam əminliklə söyləmək olar ki, növbəti onillikdə köhnə və kifayət qədər səmərəli olmayan gəmilərin ekoloji konstruksiyalı gəmilərlə əvəz edilməsi istiqamətində atılan mütərəqqi addımlar daha da sürətlənəcəkdir. Lakin onu da qeyd etmək lazımdır ki, həyata keçirilən bu cür tədbirlər İMO tərəfindən qarşıya qoyulan və 2008-ci illə müqayisədə 2050-ci ilədək gəmilərdən atmosferə atılan karbon qazının illik ümumi həcminin ən azı 50% azaldılmasına dair proqnozlaşdırdığı gözləntilərinin tam şəkildə təmin edilməycəyi ehtimalını da istisna etmir. Bu məsələlərin həlli üçün mühərrik tikintisi və yanacaq texnologiyaları sahəsində radikal dəyişikliklərin həyata keçirilməsi tələb olunur. Ətraf mühitin mühafizəsi sahəsində bir sıra əlavə qaydaların tətbiq edılməsi nəzərdə tutulur. Buna misal olaraq İMO tərəfindən qəbul edilən və istifadə olunan yanacağın tərkibində kükürdün miqdarının məhdudlaşdırılması ilə bağlı qərarı göstərmək olar. Bu qrarın 1 yanvar 2020-ci ildən tətbiq edilməsi nəzərdə tutulsa da COVİD-19 pandemiyası ilə bağlı br sıra çətinliklər meydana çıxmışdır.

Qlobal dünya miqyasında qarşılıqlı əlaqələr sistmində cərəyan edən ticarət axınlarının və istehsal-satış sistemləri arasında əlaqələrin saxlanmasında dəniz nəqliyyatının necə vacib rol oynadığı böhran dövründə aydın şəkildə özünü büruzə verdi. Bir sıra çətinliklərə baxmayaraq pandemiya dövründə bütövlükdə dəniz nəqliyyat-logistika sistemi vacib malların daşınmsını və ticarət axınlarının hərəkətini təmin etmişdir. Bununla belə, məlum səbəblər üzündən logistik sistemdə baş verən fasilələr bir sıra strateji meyllərin formalaşmasına zəmin yaratmışdır. Bu baxımdan bəzi məqamları xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır [1,2].

1. Risklərin idarə edilməsi və təlatümlərə qarşı dayanıqlığın yüksəldilməsi siyasət və biznesin yeni postulatlarına çevrilir. Fövqəladə hallar zamanı fasiləsiz fəaliyyət və təxirəsalınmaz tədbirlər planının qəbulu mexanizmi COVİD-19 böhranı şəraitində heç vaxt olmadığı qədər mühüm əhəmiyyət kəsb etmişdir. Əldə edilən təcrübə gələcəkdə baş verə biləcək oxşar hallarda risklər nəzərə alınmaqla dəniz nəqliyyatının işinin tənzimlənməsi və təlatümlərə qarşı davamlılıq qabiliyyətinin yüksəldilməsi sahəsinə daha geniş imkanlardan istifadəyə zəmin yaratmışdır [2,4].

2. Qloballaşma proseslərində və istehsal-satış zəncirinin strukturlarında baş verən dəyişikliklərin sürətlənməsi. Pandemiya böhranına qədər geniş miqyasda tətbiq edilən "tam vaxtında" tədarük modelinə dayanıqlıq və etibarlılıq kimi amillər nəzərə alınmaqla yenidən baxılmalıdır. Tədarük mənbələrinin, marşrutların və bölüşdürülmə kanallarının diversifikasiyasına daha böyük üstünlük veriləcəkdir. Bu zaman diqqət təkcə xərclərin aşağı salınmasına deyil, həm də risklərin idarə edilməsi və xarici təlatümlər kimi amillərə də yönəlməlidir [4].

3. Xərclərin yeni modelləri və istehlakçıların davranışları. Zövqlərdə, istehlak modellərində və alıcılığın xarakterində davamlı olaraq baş verən dəyişikliklər istehsal və nəqletmə sahələrində də müvafiq dəyişikliklərin baş verəcəyi ehtimalını yüksəldir [2,4]. Buna misal olaraq pandemiyanı yaşamış dünyada sürətlə inkişaf edən və İnternet üzərindən aparılan, daha çox fərdi istehlak mallarına olan tələbatın ödənilməsinə yönələn ticarət əməliyyatlarını göstərmək olar. Belə meyllərin inkişafı istqamətində nəqliyyat zəncirinin "son milinin" rolunun əhəmiyyətli dərəcədə yüksələcəyi ehtimal olunur və müasir texnologiyalardan, xüsusilə robot texnikasından istifadə etməklə istehsal-satış zəncirinin mümkün qədər qısaldılması istiqamətində addımlar atılacaqdır. Nəticədə mal ehtiyyatlarının saxlanması üçün açıq və qapalı anbar sahələrinə tələbat yüksələcəkdir.

4. Rəqəmsallaşma və dematerilizasiya istiqamətində fəaliyyətin genişləndirilməsi. Texnologiyalar, rəqəmsallaşma və innovasiyalar bundan sonra da nəqliyyat və logistika da daxil olmaqla istehsal-satış sistemlərinin və onların paylayıcı şəbəkələrinin aparıcı elementləri rolunda çıxış

edəcəklər. Texnoloji nailiyyətlərin tətbiqi və bu sahədə mövcud olan ən son yeniliklərlə ayaqlaşmaq artıq mümkün variantlardan biri kimi deyil, zərurət kimi qəbul edilməlidir. Pandemiya göstərdi ki, yeni texnoloji nailiyyətləri mənimsəyən şirkətlər (məsələn, informasiya texnologiyaları bazası əsasında onlayn platformalar üzərindən fəaliyyət göstərən logistik şirkətlər) çətin dövürlərdən nisbətən daha uğurla keçməyi bacardılar. Qarşılıqlı əlaqələrin və informasiya mübadiləsinin rəqəmsallaşması pandemiya zamanı dəniz nəqliyyat əməliyyatlarının fasiləsizliyinin təmin edilməsi üçün olduqca mühüm əhəmiyyət kəsb edir. O, yoluxma risklərini minimuma endirməklə nəqliyyat və ticarət əməliyyatlarının fasiləsizliyini qoruyub saxlamağa köməklik göstərmişdir [2,5].

5. Elektron ticarət sənədlərindən istifadə səviyyəsinin əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlməsi. Hökümətlər ərazilərində yerləşən limanların lazımi səviyyədə işləməsi üçün yeni texnologiyaların tətbiqi və rəqəmsallaşma üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsinin sürətləndirilməsi istiqamətində öz səylərini əsirgəməmişlər. Bütün dünyada elektron sənədlərin kommersiya baxımından problemsiz olaraq qəbul və istifadəsi üçün zəruri hüquqi bazanın yaradılması məsələri qarşılıqlı beynəlxalq əməkdaşlıq şəraitində öz həllini tapmalıdır [2,4].

6. Standartların və funksional uyğunluqların rolunun yüksəlməsi. Liman və gəmiçilik şirkətlərinin müqayisəli təhlil vasitələrindən səmərəli istfadə etmələri üçün gəmi tiplərinin standart-laşdırılması, əsas səmərəlilik göstəricilərinin, tərif və parametrlər üzrə məlumatların tutuşdurulması təmin edilməlidir. UNCTAD tərəfindən limanların işinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi üzrə hazırlanan şkala uzaq perspektivdə bu sahə üzrə standart kimi qəbul edilə bilər [2].

7. Kibertəhlükəsizlik problemi daha ciddi xarakter daşımağa başlamışdır. COVİD-19 böhranı zamanı dəniz daşımaları sektorunda kiberhücumların sayının artması şirkətlərin özlərini kifayət dərəcədə müdafiə etmək imkanlarına malik olmamaları üzündən vəziyyətin bir qədər də gərgin-ləşməsinə səbəb olmuşdur. Gəmilərin və limanların informasiya-kommunikasiya tenologiyaları şəbəkəsinə qoşulmalarının keyfiyyət parametrləri yaxşılaşdıqca inteqrasiyanın müvafiq səviyyə-lərində kibertəhlükəsizliyin təmin edilməsi məsələrinin də öz həllini tapacağı labüddür [2,4]. Özünün yeni qətnamələrində İMO administirativ orqanlara istismar təhlükəsizliyinin idarəetmə sistemlərində kibertəhlükəsizlik sahəsində risklərin etibarlı uçutu üzrə müvafiq tövsiyyələr irəli sürmüşdür.

8. Qarşılıqlı əlaqələrin qlobal miqyasda sistemləşdirilməsi və koordinasiyası. Pandemiya əyani şəkildə göstərdi ki, irimiqyaslı və zəncirvari şəklidə baş verən hadisələr zamanı qarşılıqlı fəaliyyətin koordinasiya edilməsi olduqca vacibdir. Bu ideya Brləşmiş Millətlər Təşkilatının dünya okeının mənimsənilməsində ekoloji məsuliyyəti özündə əks etdirən "Qlobal Müqavilədə" xüsusi olaraq qeyd edilmişdir [1,3]. Burada toxunulan məsələlər elə xarakterə malikdirlər ki, onlar fərdi əsaslarla, ikitərəfli qaydada yaxud da məhdud sayda ölkələrin iştirakı ilə səmərəli şəkildə həll edilə bilməzlər.

Nəticə. Qlobal iqtisadi sistemin əsas elementlərindən biri olan beynəlxalq ticarətin fasiləsizliyinin təmin edilməsində və inkişafında dəniz ticarət donanması önəmli rol oynayır. COVİD-19 pandemiyasının təsiri üzündən iqtisadiyyatda baş verən qlobal böhran dəniz nəqliyyatında və beynəlxalq ticarətdə uzun müddət ərzində formalaşmış olan vəziyyətin kökündən dəyişməsinə səbəb oldu. Bir sıra çətinliklərə baxmayaraq pandemiya dövründə bütövlükdə dəniz nəqliyyat-logistika sistemi vacib malların daşınmsını və ticarət axınlarının hərəkətini təmin etmişdir. Pandemiya əyani şəkildə göstərdi ki, qlobal mqyaslı hadisələr zamanı qarşılıqlı fəaliyyətin koordinasiya edilməsi yaranmış problemlərin həlli istiqamətində atılan addımlar içərisində olduqca mühüm yer tutur. Fəaliyyətlə bağlı risklərin düzgün qiymətləndirilməsi və müxtəlif mənşəli təlatümlərə qarşı davamlılğın yüksəldilməsi üzrə məsələlər daim diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır.

Ədəbiyyat

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МК МАРПОЛ-73/78), Книги I и II, - СПб.: АО "ЦНИИМФ", 2017 г. - 824 с.
2. Порто-ориентированная логистика/ А. Л. Кузнецов, А.И. Кириченко, О. В. Соляков [и др.]- Москва: Моркнига, - 2021. -245 с.

3. Review of Maritime Transport/(UNCTAD/RMT/2020)/ New York and Geneva: UNCTAD, -2021.- 159 p.
4. Дмитриев В.И. Перевозка грузов морем. Монография/Е. В. Найденов; -Москва: Моркнига, -2021.-343 с.
5. Мотрич В.Н. Год 2019-Тайфуны, пожары, коронавирус //- Москва: Морской Флот, -2020, №4 (1550), -с 36.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

UOT 81

DƏNİZ İNGİLİS DİLİ DİSKURSUNUN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Zeynalov E.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1118, Bakı şəh., R. Rüstəmov küç., 36
E-mail:ezeynalov64@yahoo.com

Xülasə. *Məqalədə Dəniz ingilis dilinin (ME) həm akademik və peşəkar sektorlarda xüsusi diskurs (kommunikasiya) tipi kimi kommunikativ xüsusiyyətlərinə, həm də dənizdə kommunikasiyanı asanlaşdırmaq məqsədilə ingilis dilinin ortaq dil kimi **(English a Lingua Franca (ELF))** istifadə olunmasına diqqət yetirilir. Dəniz ingilis dilinin (Maritime English) əsas kommunikativ xüsusiyyətlərini üzə çıxarmağa cəhd edilməsi ilə yanaşı və onun beynəlxalq gəmilərin bortunda dənizçilər tərəfində ortaq dil kimi istifadə olunmasının əsas səbəbləri də göstərilir.*

Hər bir dil insanlar arasında ünsiyyət yaratmağa xidmət edir. İngilis dili, burada Dəniz ingilis dili müxtəlif millətlərin və müxtəlif ünsiyyət bacarıqları olan insanların olduğu müasir gəmilərin bortunda gəmi heyəti üçün, xüsusi ünsiyyət vasitəsi kimi nəzərdən keçirilir. İngilis dilinin bu xüsusiyyəti BDT (İMO) tərəfindən rəsmi olaraq müəyyən edilmiş və qanunla STCV və SOLAS kimi beynəlxalq konvensiyalarda təsbit edilmişdir.

Məqalədə, həm də Dəniz ingilis dilinin (ME) yaxşı səviyyədə öyrənilməsində və ünsiyyət bacarıqlarının yaradılmasında ortaya çıxan problemlər nəzərdən keçirilir və kursantların (tələbələrin) xarici dil öyrənmələrini asanlaşdırmaq üçün bəzi metodiki yollar tövsiyə olunur. Düşünmək olar ki, bu cür tədris proqramlarının və materiallarının hazırlanması onlara fənn sahəsində ünsiyyət vərdişlərini yaxşılaşdırmağa imkan yaradardı.

Abstract. *The article focuses on the communicative specificities of Maritime English (ME) both as a type of specialized discourse (communication) in academic and professional sectors and as a common language used to facilitate communication at sea. It is attempted to reveal main features of Maritime English and its use as a **Lingua Franca** by seafarers on board international ships.*

*Any language serves as a tool for communication among people. Thus, English, i.e. Maritime English is considered as a specialized communicative tool for, particularly, crews on board modern ships consisting of different nationalities and having various communication skills. This function of English has been officially determined by IMO, and has been prescribed in the international conventions like **STCW** and **SOLAS** by law.*

The article also deals with some challenges in teaching good Maritime English and Maritime English communication skills and offers some ways to facilitate teaching cadets (students) ME. To accomplish this task, designing content-based language learning activities are taken as bases by integrating Maritime English along with the requirements of the students' profession. The development of such teaching programs would enable them to improve communicative skills in their subject area.

Аннотация. *В статье рассматриваются коммуникативные особенности морского английского языка (ME) как вида особого дискурса (коммуникации) в академическом и профессиональном секторах, а также как общего языка (**English as a Lingua Franca**), используемого для облегчения общения на море. Предпринята попытка выявить основные особенности морского английского языка и его использование в качестве лингва-франка **(lingua -franca**) моряками на борту международных судов.*

Цель любого языка - служить средством общения между людьми. Таким образом, английский язык, здесь морской английский рассматривается как особый коммуникативный инструмент, в частности, для экипажей на борту современных судов, состоящих из разных национальностей и обладающих различными коммуникативными навыками. Эта функция английского языка была официально определена ИМО и законодательно закреплена в международных конвенциях, таких как STCW и SOLAS.

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при изучении морского английского языка (ME) на хорошем уровне и создании коммуникативных навыков, рекомендуются некоторые методические способы для облегчения курсантам (студентам) изучения иностранного языка. Можно подумать, что разработка таких учебных программ и материалов позволила бы им улучшить свои навыки общения в области специализации.

Açar sözlər: *dəniz diskursu, kommunikasiya, dəniz ingilis dili, peşəkar məqsədlər üçün ingilis dili, ortaq dil (linqva-franka)*

Key words: *maritime discourse, communication, maritime English, English for special purposes, common language (lingua-franca)*

Ключевые слова: *морской дискурс, коммуникация, морской английский язык, Английский язык для профессиональных целей, общий язык (lingua-franca)*

Giriş. Diskurs (dil fəaliyyəti prosesi) və ya kommunikasiya (ünsiyyət) cəmiyyətdə ən geniş yayılmış sosial fəaliyyət sahəsidir. Daha doğrusu kommunikasiya vasitəsilə insanlar öz aralarında fikir mübadiləsi edir, öz düşüncələrini başqaları ilə bölüşür və digər insanların fikirlərini dinləyir və nəticə çıxarırlar. Media sahəsi üzrə tanınmış ingilis alimi Con Fiskə (John Fiske) görə kommunikasiya prosesi "*mesajlar, söhbətlər və danışıqlar vasitəsilə baş verən qarşılıqlı sosial münasibətlər"* formasıdır. (*... when talking about communication, we should keep in mind the process of sending and receiving information through the form of messages, considering both the verbal and nonverbal components of communication*) [4].

Qeyd etmək lazımdır ki, kommunikasiya prosesindən danışarkən biz ünsiyyətin həm verbal, həm də, qeyri-verbal (yazılı nitq forması, intonasiya, bədən hərəkətləri və s) komponentlərindən istifadə edirik. Bu baxımdan informasiyanın alınması və ötürülməsi tam bir kommunikasiya prosesi kimi nəzərdən keçirilməlidir.

Kommunikasiya prosesi insanlar üçün özlərini ifadə etmək nöqteyi-nəzərindən diğər fəaliyyət proseslərindən öz zənginliyi baxımından ciddi şəkildə fərqlənir. Hətta qeyri-lingvist sahələrə aid mütəxəssislərin də bu sahəyə artan marağı və töhvə vermək istəyi fikirlərimizin dolayısı ilə təsdiqlənməsidir.

Kommunikasiya prosesinində insan faktoru əsas rol oynadığından, bu prosesin müxtəlif dillərdə danışan insanlar üçün sadələşdirilməsi və insanlar arasında baryerlərin aradan qaldırılmasını təmin etmək üçün ümumi bir təbii dildən istifadə olunması məsələsi də diqqət çəkən məqamlardan hesab edilir. Vurğulamaq lazımdır ki, bu istiqamətdə dünya linqvistləri tərəfindən bu gün də araşdırmalar aparılır. Bir maraqlı məqam da ondan ibarətdir ki, türkdilli ölkələrin dilçiləri və mütəxəssisləri də türk xalqları arasında vahid Türk dilinin formalaşması istiqamətində araşdırmalar aparır və bu sahədə artıq müəyyən müsbət nəticələr də əldə edilmişdir. Bu problemin həll edilməsi istiqamətində "*İngilis dili dünyada ortaq bir dil kimi **(English as a Lingua Franca (ELF))** eyni dildə danışmayan və tamamilə yad milli məddəniyyətlərə sahib olan insanlar arasında praktik dil aləti kimi qəbul edilmiş və ünsiyyət vasitəsi kimi seçilmişdir" (English as a Lingua Franca (ELF) has been widely accepted*

as a practical communicative tool in world communication between speakers 'who share neither a common native tongue nor a common (national) culture, and for whom English is the chosen foreign language of communication') [2].

Bu məsələ özünü daha çox müxtəlif millətlərin nümayəndələrinin bir yerdə çalışdığı sahələrdə (bu məqalədə dənizçilk sahəsində) büruzə verir. Beynəlxalq aləmdə hamı tərəfindən qəbul edilən və işlədilən ümumi ortaq dil "***lingua franca***" funksiyasını bu gün təbii olaraq ingilis dili yerinə yetirir. İngilis dilinin dünyada bu beynəlxalq statusa sahib olması, əlbəttə son 200 ildə bu dildə danışan insanların həm siyasi, həm də iqisadi sahədə qazandıqları uğurlarla bağlıdır.

Dəniz ingilis dili və dəniz diskursu. İngilis dili dünyada Beynəlxalq Dənizçilk Təşkilatı (BDT) - the İnternational Maritime Organization (İMO) - tərəfindən rəsmi *dənizçilik dili* (bundan sonra ***Dəniz ingilis dili-Maritime English***) kimi qəbul edilmişdir. Bu baxımdan ingilis dilini bilmək dəniz peşəsini seçmiş mütəxəsislər üçün həyatı önəm daşımaqla bərabər, professionallıq baxımdan da ən vacib keyfiyyət hesab edilir. Hətta professionallıq baxımından ingilis dilini bilmək şərti kapitan köməkçilərinin hazırlanması üzrə beynəlxal konvensiyalarda *(Dənizdə həyat təhlükəsizliyinin qorunması-Safety of Life at Sea-**SOLAS** və Dənizçilərin Təlimi, Sertifikatlaşdırılması və Növbə çəkmə Standartları haqqında Beynəlxalq Konvensiya- International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (**STCW**)* da öz əksini tapmışdır. Və bu xüsusilə Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (***İMO***) 1995-ci ildə ingilis dilini rəsmi dənizçilik dili kimi qəbul etməsindən sonra daha da aktual olmuşdur. Nəticə etibarı ilə dənizçilərə kömək məqsədilə 2001-ci ilin noyabrında BDT-ın *"Dənizçilik üzrə Standart Kommunikasiya ifadələri" (Standard Maritime Communication Phrases (SMCP*)) adlı nəşri işıq üzü gördü. Qeyd etmək yerinə düşər ki, bu ifadələr dənizdə ola biləcək bütün müasir şərtləri əhatə edir və iki hissəyə bölünür:

a) *xarici aləmlə əlaqələr yaratmaq üçün istifadə edilən ifadələr, məsələn, metereoloji xəbərdarlıqlar. (the External Communication Phrases, e.g. meteorological warnings)*

b) gəmi bortunda istifadə edilən ifadələr, məsələn, Losman kapitan körpüsündədir. (the On-board Communication Phrases, e.g. Pilot on the bridge.)

"Dənizçilik üzrə Standart Kommunikasiya ifadələri" (Standard Maritime Communication Phrases (SMCP)) *Dəniz İngilis dilinin (Maritime English*) əsas tərkib hissəsi hesab edilir.

"Dənizçilərin Təlimi, Sertifikatlaşdırılması və Növbə çəkmə Standartları haqqında Beynəlxalq Konvensiya" (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) sənədinin IV hissəsində göstərilir ki, "*beynəlxalq konvensiyaya uyğun olaraq növbəçəkmə məsuliyyəti olan bütün zabitlər (şturman və ya mühəndislər) ingilis dilini həm şifahi, həm də yazılı şəkildə çox yaxşı bilməlidirlər" (s.49) (Under the STCW Convention, all officers in charge of a watch (navigational or engineering) must have a good command of spoken and written English)* [6].

Bu sənədə uyğun olaraq Azərbaycan Respublikasında da peşəkar dənizçi kadrların hazırlanması ilə məşgul olan Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasında (ADDA) da milli proqramlar çərçivəsində "Ümumi İngilis dili-General English" və "Peşə yönümlü ingilis dili" (English for Special Purposes-ESP) fənləri tədris olunur. Artıq 2020-ci tədris ilindən ingilis dilinin tədrisini daha da təkmilləşdirmək və tələbələrin xarici dillərdə artan tələblərini və kompetensiyalrını daha da inkişaf etdirmək məqsədilə bu sahədə əlavə fənnlərin, "Kommunikativ ingilis dili-Communicative English", "İşgüzar ingilis dili-Business English", "Akademik oxu və yazı-Academic reading and writing", "Nitq vərdişlərinin inkişaf etdirilməsi-Enhancement of speech habits" və sair. tədrisinə start verilmişdir. Bundan əlavə artıq bir neçə ildir ki, "Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi" (QSC) və onun rəhbərliyinin birbaşa təşəbbüsü ilə Azərbaycanda ingilisdilli milli dənizçi kadrların hazırlanması məqsədi ilə Dəniz Akademiyasında ingilisdilli qruplar üçün müxtəlif ixtisaslar üzrə qəbul aparılır və bu qruplarda bütün fənlər ingilis dilində tədris edilir. Dəniz ingilis dili (Maritime English -ME) ingilis dilinin xüsusi bir növüdür və dildə məna daşıma baxımından bir sıra akademik və peşəkar bölümlərlə daban-dabana ziddiyət təşkil edir. Lakin gəmilər arası, gəmi-sahil və gəmi göyərtəsində (bortunda) dənizçilər arasında baş verən kommunikasiya prosesində xüsusi dəniz dili növü kimi istifadə edilir. Nəzərə alsaq

ki, pesəkar məqsədlər üçün istifadə edilən dil (***professional language)*** xüsusi sahələrdə və xüsusi məqsədlər üçün işlədilir, o zaman "***biz bu dili bir dilin alt dili ((xüsusi törəməsi-sublanguage) kimi***" də qəbul edə bilərik [5].

Məlumdur ki, dənizdə səhv etməyin nəticəsi çox ağır olur. Biz səhv deyərkən həm texniki, həm də dil (ünsiyyət) səhvlərini nəzərdə tuturuq. Dənizçilər ünsiyyət prosesində maksimum diqqətli olmalı və hər sözü və ya ifadəni dəniz şəraitindən asılı olaraq ən azından iki və ya üç dəfə aydın şəkildə təkrar-təkrar deməlidirlər. Dənizçilik elə bir sahədir ki, bir gəmidə müxtəlif dil daşıyıcıları ola bilir. Dil baxımından ola biləcək hər hansı bir anlaşılmazlıq bədbəxt hadisə ilə nəticələnə bilər. Bu səbəbdən ingilis dilinin dənizçilər tərəfindən və dəniz sənayesində bir ümumi ünsiyyət vasitəsi kimi istifadə edilməsi bir zərurət olmuşdur. Qeyd etmək vacibdir ki, "*kommunikasiya nəticəsində yaranan hər hansı bir problem təkcə gəmi heyəti üçün deyil, eləcə də gəmi və ətraf mühit üçün də təhlükələr yarada bilər"* [3]. Məhz bu səbəblər dənizçilərin standart bir dildən istifadə etməsini bir zərurətə çevirmişdir. Başqa sözlə desək, dənizçilik nəqliyyat sistemində BDT (İMO) tərəfindən təqdim edilmiş standart dəniz ifadələrindən istifadə etmədən nə uğurlu ünsiyyət prosesindən, nə də təhlükəsiz dəniz ticarəti daşımalarından söhbət gedə bilməz.

Metodologiya. Ünsiyyət prosesində dənizçilik sahəsinə aid olan həm yazılı mətnlərin oxunması, tərcüməsi və təhlili, həm də şifahi nitqin formalaşması üçün nəzərdə tutulmuş dialoqların dinlənməsi və reproduksiyası (təqlidi) xüsusi önəm daşıyır. Bu yanaşma xüsusi təyinatlı və peşə yönümlü ali təhsil müəssisələrində zəruri tələb kimi qoyulur. *Dəniz ingilis dili (Maritime English*) ayrıca bir dil olmasa da, ingilis dilinin xüsusi bir tipi hesab olunur və adətən "*Xüsusi məqsədlər üçün ingilis dili-English for Special Purposes (ESP)* qrupuna aid edilir. Buna görə də bu tip ali təhsil ocaqlarında xarici dillərin tədrisi müəllimlərdən peşəkarlıq və xüsusi hazırlıq tələb edir. Diskurs fəaliyyətinin səmərəliliyini artırmaq üçün dənizçilklə bağlı ingilis dili dərslərində (xüsusilə ünsiyyət tipli dialoqlarda) zəruri olan dil qaydalarına əməl edilməlidir.

Dəniz profilli ali təhsil müəssisələrində ingilis dilinin öyrədilməsi ümumi ingilis dilinin tədrisi metodologiyasına "söykənsə" də tamamilə yeni yanaşma tələb edir. Burada tələbənin ümumi baza bilikləri də nəzərə alınmalıdır. T. Dudli Evans (T. Dudley-Evans) və M. St. Conz (M. St John) xüsusi profilli məktəblərdə xüsusi məqsədlər üçün nəzərdə tutulan ingilis dilinin (ESP) öyrədilməsi zamanı "mütləq və dəyişən xüsusiyyətlər" kateqoriyasına aşağıdakıları daxil edirlər. Mütləq xüsusiyyətlər;

a) ESP tələbənin ehtiyaclarına cavab verir;

b) ESP-də müəyyən peşəyə xas olan, üstünlük təşkil edən tədris metodları və fəaliyyət növləri tətbiq edilir.

c) ESP dildə (qrammatika, lüğət, qeydlər aparmaq kimi fəaliyyətlərə), bacarıq və qabiliyyətlərə, janrlar və diskursa diqqət yetirir.

ESP-nin dəyişən xüsusiyyətlər sırasında isə;

a) ESP konkret fənn və ixtisası nəzərə alır və fəaliyyət bunun əsasında aparılır;

b) müxtəlif (fərqli) dərs situasiyalarında ümumi ingilis dili (GE) tədrisi zamanı istifadə edilən üsullardan tam fərqli olan metodlardan istifadə oluna bilər;

c) böyük ehtimalla ali peşə təhsili müəssisələrində yüksək səviyyəli tələbələr üçün, ya da peşəkar ünsiyyət prosesində istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdur. Ümumiyyətlə, Dudli Evans və Conz ESP- nin yaxşı dil bilikləri olan tələbələr üçün nəzərdə tutulduğunu hesab edirlər [1].

Hər iki kateqoriyaya xas olan üstünlüklər və çatışmayan cəhətlər mövcuddur. Lakin, hər iki kateqoriya üçün ümumi olan bir yanaşma diqqəti çəkir. Bu isə mütləq xüsusiyyətlər sırasında qeyd edilən tələbənin *konkret ehtiyaclarıdır.* Bu baxımdan ESP dərsləri tələbənin ehtiyaclarını nəzərə almaqla təşkil edilməlidir.

Əksər hallarda ESP dərslərində öyrənənlərdən dil sisteminin baza biliklərini bilmələri tələb kimi qoyulur. Bununla belə xarici dili öyrənməyə yenicə başlayanlar arasında da ESP dərsləri keçmək istəyənlərə da rast gəlmək olur.

Unutmaq olmaz ki, istənilən dil hazırlığı ünsiyyət prosesini özü üçün hədəf sayır. Yaxşı ünsiyyət qurmaq bacarığı sadəcə olaraq öyrənilən dilin leksik vahidlərini, ifadələrini və qrammatik

strukturlarını öyrənməyə deyil, əslində daha çox dinləmə və dinlənilən informasiyaya (dialoqa, söhbətə və s) reaksiya vermək, öz müsahibi ilə fəal dialoqa girmək bacarığına əsaslanır.

Təcrübə. Tələbələr (müdavimlər) arasında ingilis dilində yazılmış dinləmə kasetlərinə qulaq asarkən (simulyasiya tipli dialoqlar (***simulated dialogues***)) onların dinlədikləri mövzuya nə qədər maraq göstərmələri və ya motivasiyaları qeyd edilir. Bu həm ümumi ingilis dilinə (*General English, GE*) aid dinləmə dialoqları, həm də ESP istiqamətli dinləmə dialoqları ola bilər. Bu eksperimental fəaliyyət prosesi daha effektli olsun deyə eyni şərtlər daxilində iki-iki olmaqla tələbələr arasında növbə ilə də keçirilə bilər. Bu zaman hər iki tələbənin eyni mövzuya nə qədər diqqət vermələri, növbə ilə bir-birinə müraciət etmələri, ünsiyyət prosesində onların hansı qeyri-verbal dil komponentlərindən istifadə etmələri, leksik və qrammatik səviyyələrinin üzə çıxarılması, fonetik qabiliyyətlər və sair dil xüsusiyyətləri uğurla üzə çıxarıla bilər.

Nəticə. Bu məqalədə Dəniz ingilis dilini (*Maritime English*) ayrıca götürülmüş vahid bir dil formasında nəzərdən keçirmək düzgün olmazdı. Dəniz İngilis dilinə (Marine English) əslində xüsusi diskursun çoxşaxəli bir növü kimi baxmaq daha doğru olardı. Qeyd etmək yerinə düşər ki, dəniz diskursu öz xüsusiyyətlərinə görə quru, maraqsız və emosionallıqdan uzaq bir dil tipi görünə bilər. Amma xüsusi dil tiplərinə aid olan bu xüsusiyyətlərə başqa sahələrdə də rast gəlmək olar. Araşdırmalardan bu nəticəyə gəlmək olar ki, Dəniz ingilis dili (*Maritime English Discourse*) istiqamətində kommuniksiya vərdişlərinin öyrədilməsində, dənizçilik kontekstində informasiya ötürülməsi və alınmasında əsas meyarlar:

- tələbələr arasında "dənizdə" müxtəlif situasiyalara aid şifahi nitqlə bağlı dialoqların təşkili və keçirilməsi ehtiyacı;
- tələbələrin Dəniz ingilis dilinə aid standart söz və ifadələrdən istifadə etməklə öz aralarında kommunikasiya mühiti yaratmaq bacarıqları;
- dənizçiliklə bağlı müxtəlif mövzularda "Standart Dəniz Sözlərindən*"(Standard Maritime Vocabulary*) istifadə etməklə öyrənilən biliklərin və ünsiyyət bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi;
- Dənizçiliklə bağlı və ya tələbələrin ixtisas ehtiyaclarını ödəyən dinləmə materiallrının (video, audio, disklər, kasetlər və sair) simulyativ reproduksiyası və nəticələrin təhlili ola bilər.

Dəniz ingilis dili istiqamətində tədrisin daha keyfiyyətli olması üçün təkcə təhsil verən müəssisənin məsuliyyətindən danışmaq düzgün olmazdı. Heç şübhəsiz kommunikasiya vərdişlərinin aşılanması tədrici bir proses olduğundan birada müəllimin peşəkarlığı da böyük rol oynayır. Bir daha vurğulamaq yerinə düşər ki, kommunikativ bacarıqlar leksik və qrammatik strukturların yüksək səviyyədə mənimsənilməsindən keçmir. Əsas məsələ bu "üstünlüklərdən" istifadə edərək danışıq qaydalarının və vərdişlərinin öyrənilməsi və praktik tətbiq edilməklə kommunikativ vərdişlərin inkişaf etdirilməsidir.

Ədəbiyyat

1. Бородина, Н. В. Морской английский язык в обеспечении безопасности мореплавания // Научные труды Дальрыбвтуза. 2010.
2. Firth, A., "The Discursive Accomplishment of Normality: On 'Lingua Franca' English and Conversation Analysis", Journal of Pragmatics, Vol. 26, (1996), pp. 237-259
3. Marıtıme Englısh. Volume 1. Παρασκευη λ. Παπαλεωνιδα, Athens, 2015
4. Nadrag, L. (1999) A psycholinguistic Approach to Communication in English Language Teaching. İn vol. "Knowledge based organization", The 14 International Scientific Conference, Sibiu, 27-29 Nov, 2008, pp. 148-155
5. Sanela Kovacevic Pejakovic. Maritime English Language – Features. European Journal of Language and Literature Studies. September-December 2015, vol.1, issue 3
6. STCW A GUIDE FOR SEAFARERS. Taking into account the 2010 Manila amendments https://www.mptusa.com/pdf/STCW_guide_english.pdf

Məqalə qəbul olunub: 04.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT: 621.3:007

YANACAQ VERİLMƏSİNİN QABAQLAMA BUCAĞININ 6L20 MARKALI BAŞ GƏMİ DİZELİNDƏ YANMA PROSESİNƏ VƏ MÜHƏRRİKİN ƏSAS GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN NƏZƏRİ TƏDQİQİ

Axundov İ.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: i.akhundov@caspmarine.com

Xülasə. *Məqalədə dizellərdə yanma prosesini hesablamaq üçün təklif olunan metodikanın əsas müddəalarına, eləcə də, riyazi eksperimentlərin nəticələrinə əsasən 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin iqtisadi və energetik göstəricilərinə təsirinin nəzəri tədqiqinə baxılmışdır.*

Abstract. *This Article considers as of the main provisions of proposed methodology done for calculating the parameters of combustion process in diesel engines, as well as a theoretical study of influencing features of a fuel injection advanced angle on the parameters of combustion process, and also to the energetically and economic indicators based on results of computational experiments done for main ship diesel engine of type 6L20.*

Аннотация. *В статье рассматриваются основные положения предложенной методики для расчета процесса сгорания в дизелях, а также, теоретическое исследование, на основе результатов вычислительных экспериментов, влияния угла опережения подачи топлива на параметры процесса сгорания, на энергетические и экономические показатели главного судового дизельного двигателя марки 6L20.*

Açar sözlər: *dizel mühərriki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı, riyazi eksperimentlər, iqtisadi və energetik göstəricilər, orta effektiv təzyiq, effektiv güc, yanacaq sərfi, yanma müddəti, istilikdən istifadə olunma əmsalı, induksiya periodu*

Key words: *diesel engine, fuel injection advanced angle, computational experiments, energy and economic indicators, mean effective pressure, brake power, fuel consumption, combustion duration, heat utilization coefficient, induction period*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, угол опережения подачи топлива, вычислительные эксперименты, энергетические и экономические показатели, среднее эффективное давление, эффективная мощность, расход топлива, продолжительность сгорания, коэффициент использования теплоты, период индукции*

Giriş. Məlumdur ki, gəmidə istismar xərclərinin azaldılması məqsədilə baş dizel mühərriklərində distillat dizel yanacağı ilə yanaşı nisbətən ucuz olan ağır yanacaqlardan da istifadə olunur. Bu halda yanacağın növü dəyişdiyindən yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının mühərrikin energetik və iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşmasını təmin edən, rasional qiyməti də təyin edilməlidir. Bunun üçün isə yanma prosesinin əsas göstəriciləri: - induksiya periodu, yanmanın maksimum təzyiqi və temperaturu, təzyiqin yüksəlmə sürəti, yanma zamanı silindrdə istilik ayrılmasının xarakteri, yanma müddəti və s. parametrlər, eləcə də, mühərrikin energetik və iqtisadi göstəriciləri: - effektiv güc, orta effektiv təzyiq, xüsusi effektiv yanacaq sərfi və s. hesablanmalı və təhlil edilməlidir. Bu parametrlər mühərrikin indikator diaqramına görə, və yaxud, sınaq qurğusunda ölçmə yolu ilə təyin edilə bilər. Lakin, məlumdur ki, gəmidə bu işləri yerinə yetirmək olduqca çətindir

və çox vaxt tələb edir. Çünki bu işlərin yerinə yetirilməsi lazımi cihaz və avadanlığın quraşdırılması, material və vaxt itkiləri ilə bağlıdır.

Mühərrikdə istifadə olunan yanacağın növü dəyişdikdə, daha yüksək indikator göstəriciləri almaq üçün yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı, püskürmə təzyiqi və öz-özünə alışmanın gecikmə periodu elə olmalıdır ki, yanma prosesi y.ö.n.-in yaxılığında inkişaf etsin.

Yanacaq həddindən artıq tez püskürüldükdə silindrdəki havanın temperaturu az olduğundan induksiya periodu böyüyə bilər. Belə olduqda, yanma prosesi y.ö.n.-ə görə elə sürüşə bilər ki, silindrdə maksimum təzyiq porşen y.ö.n.-ə çatmamış alınar. Bu, sıxma işinin kəskin artması, genişlənmədəki işin azalması və, aydın məsələdir ki, indikator göstəricilərinin də kiçilməsi ilə müşayət olunacaqdır. Bundan başqa görünən yanma mərhələsi təzyiqin yüksəlmə sürətinin də böyüməsi ilə xarakterizə olunacaqdır.

Yanacaq gec püskürülərsə, yanma genişlənmə prosesinə keçir və mühərrikin indikator göstəriciləri yenə də pisləşir. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının rasional (optimal) qiyməti yanıcı qarışığın hazırlanma üsulundan, eləcə də mühərrikin sürət və yük rejimindən asılıdır. Hər bir mühərrik üçün bu qiymət eksperimental tədqiqatlar nəticəsində seçilir.

Beləliklə, bu mülahizələrdən göründüyü kimi, gəmi dizellərində istifadə olunan yanacağın növü dəyişdikdə yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının rasional (optimal) qiymətləri təyin edilməlidir. Bu qiymətlərin sınaq təcrübələri yolu ilə seçilməsi istər material və maddi vəsait, istərsə də vaxt itkiləri baxımından əlverişli olmadığına görə riyazi eksperimentlərdən istifadə olunması daha məqsədəuyğundur. Bu isə dizel mühərrikinin işçi tsiklinin, o cümlədən, yanma prosesinin müvafiq hesablama metodikasının olmasını tələb edir.

Əsas hissə. Yanma prosesinin hesabı zamanı öz-özünə alışmanın gecikmə və yaxud induksiya periodu A.İ.Tolstovun təklif etdiyi aşağıdakı empirik düsturla təyin olunur [1]:

$$\tau_i = \sqrt{\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{s.kl.}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{T_o}{p_o}} \cdot 10^{-2} \cdot B \cdot \exp\left[\left(\frac{V_\theta + V_c}{V_{s.kl.}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{n_1^{-1}} \cdot \frac{E}{R_\mu T_0}\right], \qquad (1)$$

burada $V_\theta, V_c, V_{s.kl.}$ - uyğun olaraq püskürmənin əvvəlində, sıxmanın sonunda və sorma klapanı bağlandığı anda silindrin həcmləridir, m^3; ε - sıxma dərəcəsi; T_0 -ətraf mühitin temperaturu, K; p_0 - ətraf mühitin təzyiqi, Pa; E - şərti aktivləşmə enerjisi, $C/kmol$; R_μ - universal qaz sabiti, $C/(kmol \cdot K)$; n_1 - sıxmanın politrop göstəricisi; B - əmsaldır:

$$B = \left(1 - 1{,}16 \cdot 10^{-4} \cdot n\right) \cdot 12 \cdot 10^{-5}$$

n - dirsəkli valın dövrlər sayıdır, $dəq^{-1}$.

Müxtəlif növ yanacaqlar üçün şərti aktivləşmə enerjisi onların setan ədədlərindən asılı olaraq aşağıdakı düsturla təyin edilir [4]:

$$E = E_{DY} \cdot (\text{S.Ə.}_{DY} / \text{S.Ə.}_{qar})^{0{,}1128}, \ C/kmol \qquad (2)$$

burada E_{DY} - dizel yanacağının şərti aktivləşmə enerjisi, $C/kmol$; S.Ə._{DY} və S.Ə._{qar} - uyğun olaraq dizel yanacağının və qarışıqların setan ədədləridir.

Yanacağın silindrə verilməsinin qabaqlama bucağının həqiqi qiymətinin isə aşağıdakı kimi təyin olunması təklif edilir:

$$\theta = \theta_{men} - \Delta\theta \ , \tag{3}$$

burada θ_{men}– yanacağın silindrə verilməsinin qabaqlama bucağının meniskə görə qiyməti, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə; $\Delta\theta$ - yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun (YTYN) çıxışından forsunkanın soplo deşiklərinin çıxışına qədər olan hissədə yanacağın sıxılması nəticəsində yanacaq verilməsinin gecikməsini nəzərə alan bucaqdır, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə.

$\Delta\theta$ aşağıdakı empirik düsturla hesablanır [5]:

$$\Delta\theta = 5{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot n - 2{,}7 \ , \tag{4}$$

burada n – mühərrikin dövrlər sayıdır, *dəq*$^{-1}$.

Yanma prosesi başlandıqdan sonra yanacağın yanmış hissəsinin nisbi miqdarını təyin etmək üçün İ.İ.Vibenin təklif etdiyi empirik tənlikdən istifadə olunmuşdur:

$$X = 1 - \exp\left[-6{,}908(\varphi / \varphi_z)^{m+1}\right], \tag{5}$$

burada φ - dirsəkli valın dönmə bucağı, *dər.*; φ_z - şərti yanma müddəti, *dər.*; m - yanmanın xarakterinin göstəricisidir.

Tənliyə daxil olan əmsallar (şərti yanma müddəti və yanmanın xarakterinin göstəricisi) indikator diaqramının köməyi ilə hesablanır. Belə ki, mühərrikin müxtəlif iş rejimlərində çıxarılmış indikator diaqramlarının işlənməsi nəticəsində m və φ_z-i təyin etmək üçün mühərrikin dövrlər sayından asılı olaraq aşağıdakı empirik düsturlar alınmışdır [3]:

$$m = A_0 + A_1 \cdot n + A_2 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + A_3 \cdot n^3 \ , \tag{6}$$

$$\varphi_z = B_0 + B_1 \cdot n + B_2 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + B_3 \cdot n^3 \ , \tag{7}$$

burada $A_0, A_1, A_2, A_3, B_0, B_1, B_2, B_3$ - məlum ədədi əmsallardır.

Yanma prosesi başladıqdan sonra yanacağın yanması nəticəsində ayrılan istiliyin miqdarı Δt zaman intervalında aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta Q_{H_{uj}} = \xi_z \cdot H_u \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j \ , \tag{8}$$

burada ξ_z - yanma məhsullarının dissosiasiyasını, yanmanın tamlığını və istilik itkilərini nəzərə alan istilikdən istifadə olunma əmsalı; Q_H - yanacağın aşağı yanma istiliyi, *C/kq*; g_{ts} - tsiklik yanacaq verilişidir, *kq*; Δx_j - Δt zaman intervalında yanan yanacağın miqdarı:

$$\Delta x_j = x_{j+1} - x_j \ ,$$

x_{j+1} və x_j yanacaq miqdarının, uyğun olaraq, t_{j+1} və t_j anındakı qiymətləridir.

İstilikdən istifadə olunma əmsalı da indikator diaqramlarının işlənməsi nəticəsində çıxarılan empirik düstur vasitəsi ilə təyin edilir:

$$\xi_z = \frac{\rho_{DY}}{\rho_{qar}} \cdot \left(C_0 + C_1 \cdot n - C_2 \cdot n^2\right), \tag{9}$$

burada ρ_{DY} - standart dizel yanacağının sıxlığı, *kq/m³*; ρ_{qar} - standart dizel yanacağı və digər yanacaq növlərinin müxtəlif nisbətlərdə hazırlanmış qarışıqlarının sıxlığıdır, *kq/m³* ; C_0, C_1 *və* C_2 - məlum ədədi əmsallardır.

ξ_z-in ifadəsindən göründüyü kimi, gəmi dizellərində müxtəlif növ ağır və yüngül yanacaqlardan, eləcə də onların standart dizel yanacağı ilə müxtəlif nisbətlərdə hazırlanmış qarışıqlarından, istifadə etdikdə qarışığın sıxlığı (ρ_{qar}) azaldıqca, ρ_{DY}/ρ_{qar} nisbəti və istilikdən istifadə olunma əmsalı artır, əksinə qarışığın sıxlığı (ρ_{qar}) artdıqca, ρ_{DY}/ρ_{qar} nisbəti və istilikdən istifadə olunma əmsalı azalır. Bu, qarışıqda yüngül fraksiyanın artması ilə onun buxarlanma qabiliyyətinin artması hesabına yanıcı qarışığın keyfiyyətinin və ona görə də yanma prosesinin yaxşılaşması, əksinə qarışıqda ağır fraksiyanın artması ilə onun buxarlanma qabiliyyətinin azalması hesabına yanıcı qarışığın keyfiyyətinin və yanma prosesinin pisləşməsi ilə izah olunur.

Tsiklik yanacaq verilişi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$g_{ts} = \frac{G_h}{30 \cdot n \cdot \alpha \cdot l_o \cdot i}\ , \ kq/\ tsikl \tag{10}$$

burada G_h - mühərrikin saatlıq hava sərfi, *kq/saat*; α - hava artıqlıq əmsalı; l_0 - 1 kq yanacağın tam yanması üçün tələb olunan nəzəri hava miqdarıdır, *kq hava / (kq yanacaq)*; i - mühərrikin silindrlərinin sayıdır.

Sıxma, genişlənmə, sorma və xaric proseslərinin hesabı zamanı $dQ_{Hu} = 0$, yanma prosesi real indikator diaqramlarına görə hesablandığından yanma zamanı $dQ_W = 0$ qəbul olunur.

Silindrdəki parametrlərin hesabı zamanı işçi qarışığın karbon qazından (CO_2), su buxarlarından (H_2O), oksigendən (O_2), və azotdan (N_2) ibarət olduğu qəbul olunmuşdur. İşçi qarışığın mol miqdarının dəyişməsi həmin komponentlərin mol miqdarlarının cəmi kimi təyin edilmişdir:

$$dM = dM_{CO_2} + dM_{H_2O} + dM_{O_2} + dM_{N_2}, \tag{11}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, sıxma, yanma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın mol miqdarı sabit götürülmüşdür: sıxmada işçi qarışığın mol miqdarı silindrə daxil olmuş hava ilə qalıq qazların mol miqdarları cəminə bərabər, genişlənmədə isə tsiklik yanacaq dozasının mol miqdarı qədər artdığı qəbul olunmuşdur.

Yanma zamanı işçi qarışığın ayrı-ayrı komponentlərinin mol miqdarları:

$$\begin{aligned}
M_{CO_2 j+1} &= M_{CO_2 j} + \frac{C}{12} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j; \\
M_{H_2O \cdot j+1} &= M_{H_2O \cdot j} + \frac{H}{2} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j; \\
M_{O_2 j+1} &= M_{O_2 j} - 0{,}21 \cdot L_0 \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j; \\
M_{N_2 j+1} &= M_{N_2 j};
\end{aligned} \tag{12}$$

burada C və H –1 *kq* yanacaqda olan karbon (C) və hidrogenin (H) kütlə hissələridir.

Yanma zamanı silindrdəki işçi qarışığın ümumi mol miqdarı:

$$M_{j+1} = M_{CO_2 j+1} + M_{H_2 Oj+1} + M_{O_2 j+1} + M_{N_2 j+1} + (G_{yj+1} - g_{ts} \cdot x_{j+1}) / \mu_y , \quad (13)$$

Bütün hallarda mühərrikin silindrindəki təzyiq və temperaturun cari qiymətləri aşağıdakı düsturlarla təyin edilmişdir:

$$dT = \frac{dU}{\mu C_V \cdot M} , \quad (14)$$

$$p = \frac{R_\mu MT}{V} , \quad (15)$$

burada dU - silindrdəki qazların daxili enerjisinin dəyişməsidir, *C*; M - silindrdəki qazların mol miqdarı, *kmol*; V - silindrin həcminin cari qiyməti, m^3; μC_V - silindrdəki qarışığın sabit həcmdəki molekulyar istilik tutumudur.

Riyazi eksperimentlər yanma prosesinin yuxarıda şərh olunmuş hesablama metodikası da daxil olmaqla dizel mühərrikinin işçi tsiklinin tərtib olunmuş riyazi modeli [1] əsasında mühərrikin nominal iş rejimində, Fortran alqoritmik dilində hazırlanmış proqram əsasında kompyuterdə yerinə yetirilmişdir. Hesablamanın nəticələri, daha doğrusu, yanma prosesini xarakterizə edən əsas parametrlər, o cümlədən, mühərrikin iqtsadi və energetik göstəriciləri cədvəldə göstərilmişdir.

Riyazi eksperimentlər yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi $p_{fo}=45$ *MPa,* mühərrikin nominal dövrlər sayı $n=1000$ *dəq*$^{-1}$, mexaniki faydalı iş əmsalı $\eta_m=0,85$, yanacağın sıxlığı $\rho_y=848$ *kq/m*^{3} olduqda yerinə yetirilmişdir

Cədvəl

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəriciləri

Göstəricilər	**θ_{men}, dər. Y.Ö.N.-ə qalmış**				
	4,8	**9,8**	**14,8**	**19,8**	**24,8**
1.Yanmanın maksimum təzyiqi *(p_z), MPa*	15,94	18,97	21,87	24,36	26,26
2.Yanmanın maksimum temperaturu *(T_z), K*	1949	2000	2061	2122	2185
3.İndikator f.i.ə. *(η_i)*	0,519	0,539	0,553	0,561	0,565
4.İnduksiya periodu *($\tau_i \cdot 10^3$), san.*	0,5173	0,572	0,7031	0,9352	1,309
5.Orta indikator təzyiqi *(p_i), MPa*	2,738	2,846	2,921	2,963	2,982
6.İndikator gücü *(N_i), kVt*	1204	1252	1285	1303	1312
7.Xüsusi indikator yanacaq sərfi *(g_i)*, $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	162,8	156,6	152,6	150,4	149,4
8.Orta effektiv təzyiq *(p_e), MPa*	2,327	2,42	2,483	2,519	2,535
9.Effektiv güc *(N_e), kVt*	1023	1064	1092	1108	1115
10.Xüsusi effektiv yanacaq sərfi *(g_e)*, $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	191,5	184,2	179,5	176,9	175,8
11.Effektiv f.i.ə. *(η_e)*	0,441	0,458	0,470	0,477	0,48

Cədvəldən göründüyü kimi, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının böyüməsi induksiya periodunun (τ_i) da artmasına səbəb olur. Bu, θ-nın artması ilə silindrə yanacaq verilməsi anında silindrdəki havanın sıxlıq və temperaturunun azalması ilə izah olunur [2]. Riyazi eksperimentlər

yanma müddətinin (φ_z), istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) sabit və optimal qiymətlərində yerinə yetirilmişdir.

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yüksəlməsi nəticəsində silindrdəki maksimum təzyiq (P_z) və maksimum temperatur (T_z) da artır. Bu isə təzyiqin yüksəlmə sürətinin, daha doğrusu, mühərrikin sərtlik dərəcəsinin də artması ilə müşahidə olunur. Bundan başqa yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının həddindən artıq kiçilməsi (məsələn, $\theta_1 = 4{,}8^0$ olduqda) zamanı yanma prosesi genişlənmə xəttinə keçir ki, bu da indikator və effektiv göstəricilərin pisləşməsinə, daha doğrusu, gücün azalmasına, yanacaq sərfinin isə artmasına səbəb olur.

Cədvəldən aydın olur ki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının artması zamanı mühərrikin indikator və effektiv gücü (N_i və N_e) artır, xüsusi indikator və effektiv yanacaq sərfləri (g_i və g_e) isə azalır. Deməli, 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının $14{,}8^0$-dən çox böyüdülməsi mühərrikin effektiv göstəricilərinin yaxşılaşması, həmçinin silindrdəki maksimum təzyiq və temperaturun çox böyüməsi nöqteyi-nəzərindən effektli deyil və $\theta = 9{,}8^0$ qiyməti optimal hesab oluna bilər.

Nəticə. Mühərrikin göstəricilərinin yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq dəyişməsinin təhlili göstərdi ki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının $9{,}8^0$-dən çox və ya az olması elə də əlverişli deyil. Çünki bucağın $9{,}8^0$-dən böyük qiymətlərində mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinin cüzi də olsa yaxşılaşmasına baxmayaraq, yanmanın maksimum təzyiq və temperaturu xeyli artır ki, bu da DŞM-də istilik və mexaniki gərginliklərin də böyüməsinə, eləcə də mühərrikin motoresursunun azalmasına səbəb olur.

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının $9{,}8^0$-dən kiçik olması isə yanmanın genişlənmə xəttinə keçməsi səbəbindən mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinin pisləşməsi ilə nəticələnir. Odur ki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının rasional qiymətini $\theta_{men} = 9{,}8^0$ qəbul etmək məqsədəuyğundur.

Ədəbiyyat

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания” / Д.Н.Вырубов, Н.А.Ивашенко, В.И.Ивин и др.: Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983, - 372с., ил.
2. Исмаилов, А.Ш., Ахундов И.С. Методика расчета и математическая модель рабочего цикла четырехтактного судового дизеля // «Актуальные вопросы развития транспортной системы», Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. - Махачкала: Филиал МАДИ, -14-15 мая, -2015 г, -с. 78-83.
3. Исмаилов, А.Ш. Исследование рабочего процесса дизеля с ПАРСС, восстанавливающим обьем камеры сгорания в конце выпуска в начале наполнения. / Дис. Канд. Техн. Наук. / - Баку, 1990. -187 с.
4. Насибов, Ф.Б. Рабочий процесс дизеля с поршнем автоматически регулирующим степень сжатия при использовании различных жидких топлив. / Диссерт. на соиск. канд. тех. наук. / - 1999, Баку, АзТУ, 140 с.
5. Парсаданов,И.В. Оценка влияния угла начала подачи топлива на показатели динамической напряженности и топливной экономичности быстроходного дизеля / И.В.Парсаданов, С.И. Третьяков // Двигатели внутреннего сгорания, - 2004. № 1, -с.30-33.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 62.83.52

GƏMİ ELEKTRİK İNTİQALLARINDA İSTİFADƏ OLUNAN TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN TƏHLİLİ

Abdullayev Y.R., Cəlilov T.A.

Azərbaycan Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr.,20
Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000 Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: turyancelil@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə gəmilərdə elektrik intiqallarında istifadə olunan tezlik çeviricilərinin təhlili aparılmış və onların istifadəsinə dair təkliflər verilmişdir. Həmçinin, aralıq dövrəsinə görə tezlik çeviricilərinin təhlili aparılmış və gəmi elektrik və elektroenergetika sistemlərində hansı tezlik çeviricisinin tətbiq edilməsinin daha məqsədəuyğun olduğu göstərilmişdir.*

Abstract. *In this article has been analyzes the frequency converters used in electrical drives on ships and offers suggestions for their use. In additon has been analyzes the frequency converters for the intermediate circuit and shows which frequency converter is more appropriate in the ship's electrical and power systems.*

Аннотация. *В статье проведен анализ преобразователей частоты, применяемых в судовых электроприводах, а также предложены методы их использования. Кроме того, для промежуточных цепей проведен сравнительный анализ преобразователей частоты и указан наиболее подходящий тип частотного преобразователя для применения в судовых электрических и электроэнергетических системах.*

Açar sözlər: *gəmi, elektrik intiqalı, tezlik çeviricisi, aralıq dövrəsi, düzləndirici*

Key words: *ship, electrical drive, frequency converter, intermediate cycle, rectifier*

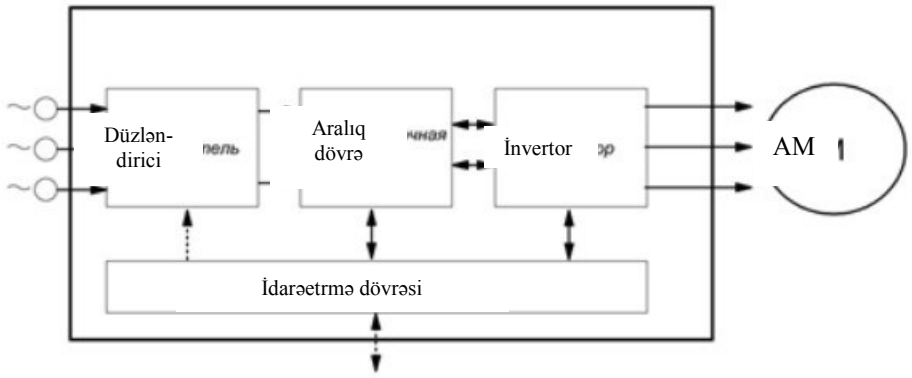
Ключевые слова: *судно, электропривод, преобразователь частоты, промежуточная цепь, выпрямитель*

Giriş. Tezlik çeviricisi (TÇ) müəyyən bir tezliyə malik dəyişən cərəyanı başqa bir tezliyə malik dəyişən cərəyana çevirən qurğudur. 80-ci illərin əvvəllərində yarımkeçiricilər və mikroprosessorlar texnologiyasının inkişafı və hətta onların qiymətinin enməsi sayəsində TÇ-də əsaslı sürətdə dəyişiklik edilməyə başlandı. Ancaq TÇ-nin tərtib olunma prinsipi dəyişilmədən eyni qalmışdır. TÇ avtomatika sxemlərində müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunurlar. Onlar xüsusi dəyişən cərəyan elektrik intiqallarının idarə edilməsində geniş tətbiq olunurlar. TÇ-nin əsas üstünlüyü ən geniş yayılmış, ucuz və etibarlı olan qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrikin sürətini geniş həddə tənzim etməyə imkan verməsidir. Gəmilərdə böyük güclü asinxron elektrik intiqalları tezlik çeviriciləri vasitəsilə idarə olunur [1, 3].

Əsas hissə. TÇ-nin tərkibinə əsas 4 element daxildir:

1. Düzləndirici ona qoşulan elektrik şəbəkəsinin qidalandırıcı üç fazalı dəyişən cərəyanını döyünən sabit cərəyan gərginliyinə çevirir. Düzləndiricilər əsasən iki tipdə olurlar: idarə olunan və idarəolunmayan.
2. Üç tip aralıq bəndindən biri:
   a) Sabit cərəyanda çevrilmiş gərginliyi düzləndirir.
   b) İnvertora verilən sabit cərəyan gərginliyini hamarlaşdırır və stabilləşdirir.
   c) Düzləndiricininin dəyişməyən gərginlikli sabit cərəyanını dəyişən gərginlikli sabit cərəyana çevirir.

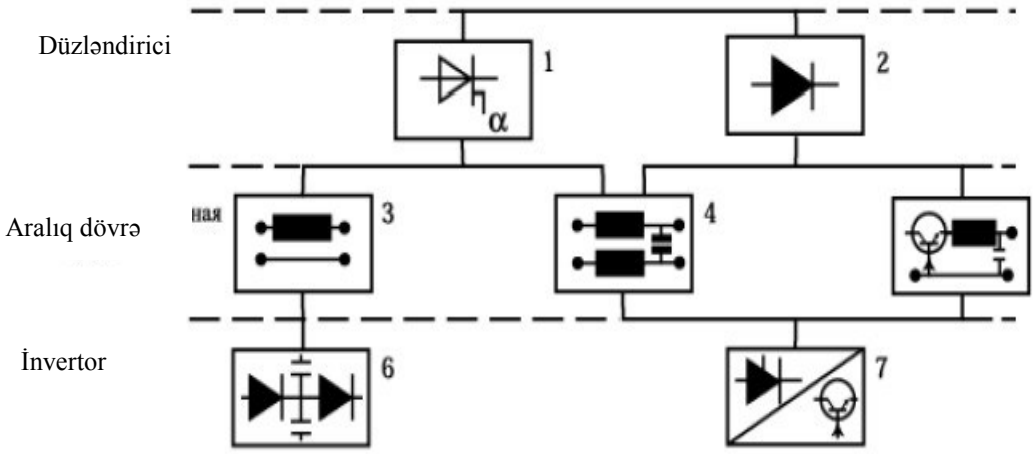
3. İnvertor elektrik mühərrikinə verilən gərginliyin tezliyini formalaşdırır. İnvertor dedikdə, sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirən qurğu nəzərdə tutulur. Bəzi invertorlar, hətta dəyişilməyən gərginlikli sabit cərəyanı dəyişilən gərginlikli sabit cərəyana çevirir.
4. Elektron idarəetmə dövrəsi düzləndiriciyə, aralıq dövrəsinə və invertora siqnal göndərir və həmin elementlərdən siqnal alır. İdarə olunan elementlərin qurulması tamamilə TÇ-nin kontruksiyasından asılıdır (şəkil 1). Şəkil 1-də AM qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərikidir.



Şəkil 1. *TÇ-nin blok sxemi*

Ümumiyyətlə, bütün TÇ-ləri üçün idarəetmə dövrəsi invertorun yarımkeçirici elementlərini idarə edir. TÇ-ləri kommutasiya rejiminə görə və elektrik mühərrikinin istifadə etdiyi qida gərginliyinin tənziminə görə fərqlənirlər .

Şəkil 2-də TÇ-nin müxtəlif qurulma prinsipləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. *TÇ-nin hazırlanması və idarə edilməsinin müxtəlif elementləri*

TÇ-nin idarə edilməsini aşağıdakıların istifadə edilməsi təyin edir:

1 - idarə olunan düzləndirici;
2 - idarə olunmayan düzləndirici;
3 - dəyişə bilən sabit cərəyan aralıq dövrəsi;
4 - dəyişən gərginlikli sabit cərəyan aralıq dövrəsi;
5 - dəyişə bilən sabit cərəyan aralıq dövrəsi;
6 - amplitud-implus modulyasiyalı (AİM) invertor;
7 - eninə-implus modulyasiyalı (EİM) invertor.

TÇ-də hər hansı diodlardan tiristorlardan və onların kombinasiyasından ibarət düzləndirici qurmaq olar. Düzləndirici əgər diodlardan hazırlanırsa idarə olunmayan, tiristorlardan yığılırsa idarə

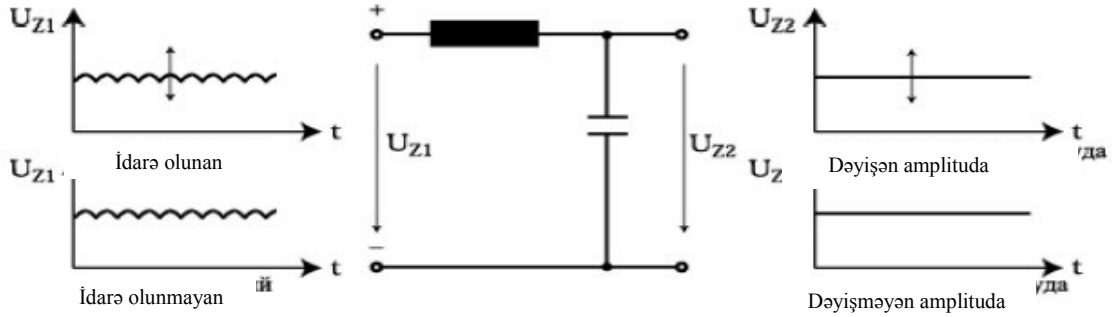
olunan olur. Əgər düzləndiricidə həm diod, həm də tiristor istifadə olunursa, yarımidarəolunan düzləndirici alınır. Aralıq dövrəyə saxlayıcı kimi baxmaq olar. İnvertordan keçən enerji elektrik mühərrikinə verilir. Aralıq dövrənin hazırlanmasının 3 prinsipi mümkündür və o, invertor və düzləndiricidən asılıdır [1, 4].

Bu halda, cərəyan mənbəli aralıq dövrəli invertorlar böyük induktivliyə malik dolaqdan və idarə olunan düzləndiricidən ibarətdir (şəkil 3). İnduktiv dolaq düzləndiricinin döyünən gərginliyini döyünməyən cərəyana çevirir. Gərginliyin yuxarı həddini elektrik mühərrikinin yükü təyin edir.



Şəkil 3. *Dəyişdirilə bilən sabit cərəyan aralıq dövrəsi*

Bu halda, gərginlik mənbəli aralıq dövrəli invertorlarda filtrlər qoyulur, tərkibində kondensator, 2 tipdən ibarət hər hansı düzləndirici olur. Filtrlər U_{zl} düzləndiricisinin sabit gərginliyinin döyünmələrini hamarlayır. İdarə olunan düzləndirici də verilmiş tezlikdəki gərginlik sabitdir və dəyişən amplitudlu sabit gərginlik olaraq invertora verilir. İdarə olunmayan düzləndiricilərin gərginliyi invertorun girişinə dəyişməyən amplitudlu sabit gərginlik şəklində verilir (şəkil 4).



Şəkil 4. *Sabit gərginlik aralıq dövrəsi*

İnvertorlar idarə olunmasına görə 2 qrupa bölünürlər:

1) Şəbəkə vasitəsilə idarə olunan invertorlar;
2) Avtonom invertorlar.

Şəbəkə vasitəsilə idarə olunan invertorlara şəbəkəyə bilavasitə qoşulmuş tezlik çeviricisi (BTÇ) aiddir**.** Bu tezlik çeviricilərində tristorlar təbii kommutasiya prosesi vasitəsi ilə bağlanırlar. Ona görə də, belə tezlik çeviricilərinin çıxış tezliyi şəbəkə tezliyindən az olur. Asinxron elektrik intiqallarının sürətini aşağı tezlik diapazonunda idarə etmək üçün bu tezlik çeviricilərindən geniş istifadə edilir. BTÇ-nin giriş və çıxış fazlarının sayı onun əsas təsnif olunma əlaməti olub tezlik çeviricisinin strukturunu və sxemini müəyyən edir. Qeyd etmək lazımdır ki, çoxfazalı tezlik çeviriciləri daha yüksək texniki-iqtisadi göstəricilərə malik olur.

Şəbəkə vasitəsilə idarə olunan invertorlar sabit cərəyan mənbəyindən enerjini dəyişən cərəyan şəbəkəsinə ötürürlər. Bu invertorların sxemləri düzləndiricilərin sxemləri kimi olub birfazalı və üçfazalı variantda hazırlanırlar. Düzləndiricilərdən fərqli olaraq, şəbəkə vasitəsilə idarə olunan invertorların idarə siqnalları faz gərginliyinin kəsişmə anından β bucağı qədər əvvəl verilir. Bu

invertorlardan sabit cərəyan mühərrikini rekuperativ rejimdə tormozlamaq üçün, günəş panellərində istehsal olunan sabit cərəyanı şəbəkəyə ötürmək üçün istifadə edilir.

BTÇ-lər ancaq gərginlik mənbəyi kimi təsir göstərərək şəbəkə tezliyindən aşağı tezliklərdə istifadə olunur $(30 \div 50)H_s$. Ona görə də, BTÇ-nin gücü idarə etdiyi elektrik mühərrikinin gücündən kiçik olur [1, 2].

Avtonom invertorlar isə sabit cərəyan mənbəyindən enerjini dəyişən cərəyana çevirərək işlədiciyə ötürür. Avtonom invertorlara şəbəkəyə sabit cərəyan bəndi vasitəsilə qoşulmuş tezlik çeviriciləri aiddir. Bu invertorun çıxış gərginliyinin qiyməti və tezliyi invertorun sxemindən, idarə sistemindən və iş rejimindən asılıdır. Avtonom invertorlardakı elektromaqnit proseslərin xarakterindən asılı olaraq, əsasən, 2 növ avtonom invertora baxılır: cərəyan invertoru və gərginlik invertoru [2, 3].

Cərəyan invertorlarında sabit cərəyan dövrəsinə böyük induktivliyə malik drossel qoşulur və invertorun giriş cərəyanı fasiləsiz hesab edilir. Cərəyan invertoru ekvivalent cərəyan mənbəyi kimi xarakterizə olunur və onun yükü aktiv-tutum xarakterli olur.

Gərginlik invertoruında sabit gərginlik mənbəyi tristorlar vasitəsilə birbaşa yükə tətbiq edilir. Gərginlik invertorunun yükü aktiv-induktiv xarakter daşıyır. Şəbəkəyə birbaşa qoşulmuş tezlik çeviriciləri (BTÇ) aralıq sabit cərəyan bəndi olan tezlik çeviricilərindən onunla fərqlənir ki, BTÇ-nin ölçü və kütləsi kiçik olur.

İnvertor - TÇ-dəki sonuncu bənddir və elektrik mühərrikindən əvvəl çıxış gərginliyinin sonuncu qiymət və forma aldığı yerdir. TÇ bütün tənzim diapozonu boyunca standart iş şəraitini təmin edir, tənzim yolu ilə çıxış gərginlyini yük rejiminə uyğunlaşdırır. Bu elektrik mühərrikinin optimal maqnitlənməsinə imkan verir. Aralıq dövrəsinə görə invertorlar olur:

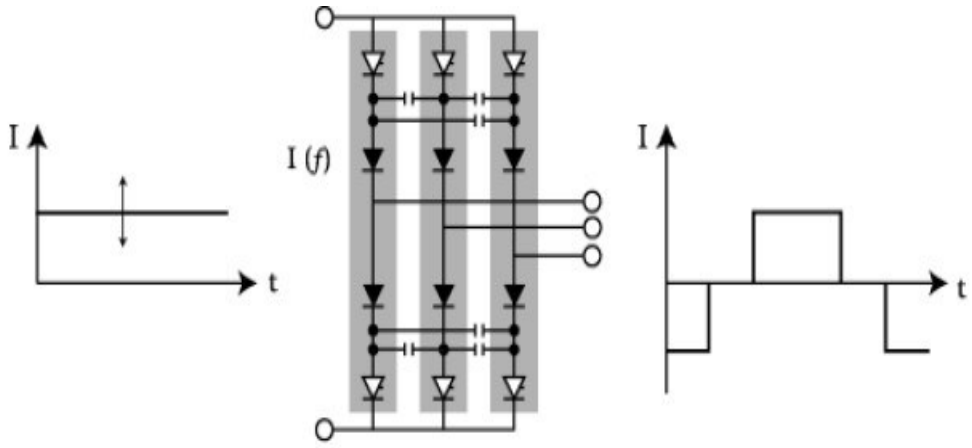
- dəyişə bilən sabit cərəyan;
- gərginliyi dəyişə bilən sabit cərəyan və ya;
- gərginliyi dəyişməyən sabit cərəyan.

İnvertorlar sayəsində bütün hallarda mühərrikə verilən parametrlərdən hər hansı biri dəyişilir. Başqa sözlə, invertorda həmişə gərginliyinin lazımi tezliyi yaradılır və elektrik mühərrikinə verilir. Əgər cərəyan və ya gərginlik dəyişkəndirsə invertor yalnız lazımi tezliyi yaradır. Əgər gərginlik dəyişkən deyilsə, invertor elektrik mühərriki üçün lazımi tezliyi və lazımi gərginlyi yaradır. Hətta, əgər invertor fərqli formada işləyirsə də, onların əsas strukturu həmişə eynidir. İnvertorların əsas elementi idarə olunan yarımkeçirici qurğulardır. Onlar hər fazada 2 ədəd olmaqla cəmi 6 ədəddir [3, 4].

Hal-hazırda tiristorlar əksər hallarda yüksək tezlikli transiztorlarla əvəz olunur. Onlar çox sürətli açılıb bağlana bilirlər. Kommutasiya tezliyi, adətən, 300Hz-dən 20kHz-dək intervalda yerləşir və o, istifadə olunan yarımkeçirici qurğudan asılıdır. İnvertordakı yarımkeçirici qurğular idarəetmə dövrəsi tərəfindən yaradılan siqnallarla açılır və bağlanır. Siqnallar bir neçə fərqli üsulla meydana gələ bilər.

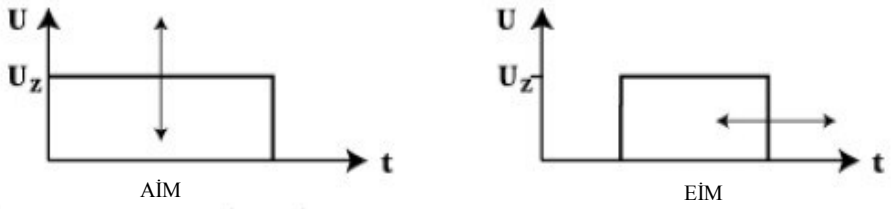
Adətən, invertorları 6 kondensator və 6 tristordan ibarət dəyişən gərginlik aralıq cərəyan dövrəsi kommutasiya edir. Kondensatorlar tristorların elektrik mühərrikinin ölçüsünə uyğun və faza dolaqlarını 120^0 sürüşdürülmüş formada açılıb bağlanaraq gərginlik yaratmasına imkan verməlidir. Cərəyan U-V, V-W, W-U, U-V..., ardıcılıqla mühərrikin sıxaclarına dövrü olaraq tətbiq edildikdə tələb olunan tezliyin fasiləsiz fırlanan maqnit sahəsi meydana gəlir. Hətta, elektrik mühərrikinin cərəyanı bu vəziyyətdə, demək olar ki, düzbucaqlı forma alsa da, elektrik mühərrikinin gərginliyi praktiki olaraq sinusoidal olacaqdır. Ancaq cərəyan açıldıqda və ya bağlandıqda həmişə gərginlik artımı baş verir. Kondensatorlar elektrik mühərrikinin yük cərəyanından diodlarla ayrılır. Aralıq dövrəsinin gərginliyi dəyişən və dəyişməyən invertorlar 6 kommutasiya elementindən ibarətdir və istifadə olunan yarımkeçirici qurğuların növündən asılı olaraq, demək olar ki, eyni işləyirlər. İdarəetmə dövrəsi bir neçə fərqli modulyasiya metodundan istifadə edərək yarımkeçirici qurğuları açır və bağlayır. Bununla da, TÇ-nin çıxış tezliyi dəyişir. Birinci üsul dəyişən gərginlik və ya cərəyan

aralıq dövrəsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. İntervallar xüsusi yarımkeçirici qurğuların açıq olduğu müddətdə istifadə üçün tələb olunan çıxış tezliyini almaq üçün ardıcıllıqla yerləşdirilir (şəkil 5).



***Şəkil 5**. Dəyişilə bilən gərginlikli aralıq dövrəli adi cərəyan invertoru*

Yarımkeçirici qurğuların bu kommutasiya ardıcıllığı dəyişən gərginlik və ya cərəyan aralıq dövrəsinin qiyməti ilə idarə olunur. İstifadə olunan generatorun döyünmələri sayəsində gərginlik idarə olunur, tezlik isə həmişə gərginliyin amplitudunu izləyir. İnvertorların belə idarəetmə növü Amlitud-İmplus Modulyasiya (AİM) (ingiliscə - Pulse Amplitude Modulation (PAM)) adlanır (şəkil 6).

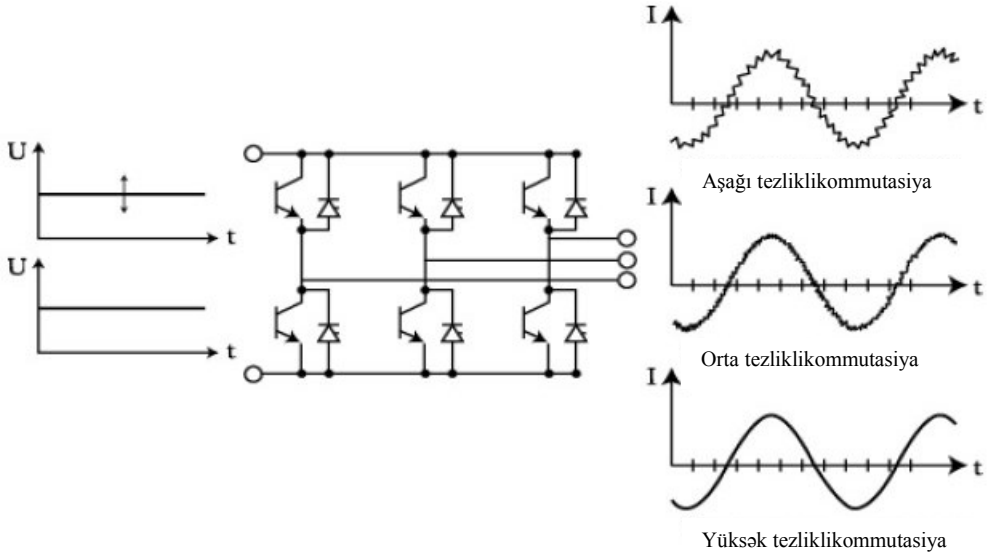


***Şəkil 6.** Amplitud və eninə impuls modulyasiyaları*

Sabit gərginlik aralıq dövrəsi üçün başqa əsas metod istifadə olunur. Elektrik mühərrikinin gərginliyi aralıq dövrə gərginliyinin elektrik mühərrikinin dolağına daha uzun və ya daha qısa zaman intervalında verilməsi sayəsində dəyişkən olur.

Zaman oxu boyunca bir yarımdövr ərzində müsbət, digər yarımdövr ərzində mənfi olaraq gərginlik impluslarını dəyişdirmək yolu ilə tezlik də dəyişdirilir. Bu üsulla gərginlik impluslarının müddətində (enində) dəyişiklik baş verir və o, Eninə İmplus Modulyasiyası (EİM) (ingiliscə - Pulse Width Modulation (PWM)) adlanır. Eninə impuls modulyasiya (EİM) prinsipi ilə həm sabit gərginliyin qiymətini, həm də dəyişən cərəyanın tezliyini və gərginliyinin qiymətini dəyişmək olur. Bu üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, müəyyən bir tezliklə (aparıcı tezlik-f_a) hasil edilən impulsların $T_a=1/f_a$ müddəti ərzində enini (davam etmə müddətini) dəyişməklə, nəticədə, çıxış gərginliyinin qiymətini dəyişmək olur. İmpulsların enini müəyyən bir qanunauyğunluqla dəyişməklə çıxışda müəyyən tezliyə və gərginliyə malik dəyişən siqnal da almaq olar (şəkil 7).

EİM (və onunla əlaqəli metodlar, məsələn, sinusoidalı idarə olunan EİM) invertorun idarəetmə metodu kimi daha çox yayılmışdır. EİM-da idarə etmə dövrəsi yarımkeçirici qurğuların kommutasiya müddətlərini təyin edir. Digər perspektivli EİM metodları modifikasiya olunmuş EİM metodlarıdır. Belə metodlara "Danfoss" şirkəti tərəfindən hazırlanmış VVC və VVCplus metodlarını göstərmək olar [3, 4].



Şəkil 7. *Gərginliyi dəyişilə bilən və dəyişilməyən aralıq dövrəli invertor və çıxış cərəyanının kommutasiya tezliyindən asılılığı*

Nəticə. Gəmi elektrik intiqallarında istifadə olunan tezlik çeviricilərinin və onların aralıq dövrələrində istifadə olunan elementlərin təhlili göstərir ki gəmilərdə həm gərginliyə görə, həm də cərəyana görə tənzim aparılan aralıq dövrəli tezlik çevriciləri istifadə etmək mümkündür. Gəmi elektroenergetik sistemlərində və eləcə də gəmi elektrik stansiyasında bilavasitə əlaqəli və ya şəbəkədən idarə olunan tezlik çeviricilərinin istifadəsi daha məqsədəuyğundur. Fırlanma sürətinin tənzimi tələb olunan gəmi elektrik intiqallarında (kran qurğusu, braşpil qurğusu, koməkçi sükan qurğusu və s.) isə sabit cərəyan bəndli EİM-lı tezlik çeviricilərinin tətbiqi daha əlverişlidir.

Ədəbiyyat

1. Həsənov, Z. Ə. "Güc elektronikası və intiqalın idarə edilməsi". Dərs vəsaiti./Z. Ə. Həsənov, S. Ə. Xanəhmədova – Bakı: ADNSU, 2018.-120 s.
2. Sultanov, E. F. "Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi" / E. F. Sultanov.– Bakı: ADDA, 2015.-100 s.
3. Sultanov, E. F. "Gəmi elektronikası və güc çeviriciləri". Dərs vəsaiti. / E. F. Sultanov, F.V. Məmmədova – Bakı: ADDA, 2020.-170 s.
4. Преобразователи частоты - просто о сложном :/ Danfoss Drives A/S. -2006.-165 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 681.5.01

YÜKSƏK GÜCLƏNDİRMƏ ƏMSALINA MALİK İZLƏYİCİ ROBAST SİSTEMLƏRİN SİNTEZİ

Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P., Babayeva A.Ə.

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

Xülasə. *Məqalədə yüksək gücləndirmə əmsalına malik izləyici robast sistemlərin sintezi məsələsinə baxılmışdır. Təklif olunan metod izləyici robast sistemlərin sintezi üçün xarakterik olan mürəkkəb riyazi əməliyyatlardan azad edir, qeyri-xətti və qeyri-stasionar obyektləri əhəmiyyətli dərəcədə qeyri-müəyyənlik şəraitində sistematexnik cəhətdən sadə və aydın olan PD - (proporsional-diferensial) tənzimləyicisi vasitəsi ilə idarəetməyə imkan verir. Təklif edilmiş metodika Simulinkdə modelləşdirmə yolu ilə tədqiq edilmişdir.*

Abstract. *The article deals with the synthesis of robust tracking systems with high gain. The proposed method frees the tracer from the complex mathematical operations characteristic of the synthesis of robust systems, allows to control nonlinear and non-stationary objects under conditions of significant uncertainty by means of PD- (proportional-differential) regulator, which is technically simple and clear. The proposed methodology was studied by modeling in Simulink.*

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос синтеза следящих робастных систем с высоким коэффициентом усиления. Предложенный метод синтеза следящих робастных систем освобождает от сложных математических операций, позволяет управлять нелинейными и нестационарными объектами в условиях значительной неопределенности с помощью ПД- (пропорционально-дифференциального) регулятора, который технически прост и понятен. Предложенная методика исследована путем моделирования в Simulink.*

Açar sözlər: *robast sistem, sintez üsulları, Lyapunov funksiyası, tənzimləyici*
Key words: *robast system, synthesis methods, Lyapunov function, regulator*
Ключевые слова: *система - робаст, методы синтеза, функция Ляпунова, регулятор*

Giriş. Robast sistemlərin adaptiv sistemlərdən əsas fərqi ondan ibarətdir ki, obyektin xassələrinin dəyişməsinə baxmayaraq, tənzimləyicinin parametrləri və strukturu dəyişdirilmir. Bununla belə, bəzi müəlliflər robast sistemləri passiv adaptiv sistemlərə aid edirlər [1].

Hal hazırda robast sistemlərin sintez üsulları kifayət qədər araşdırılmış və tədqiq edilmişdir. Məqalədə tənzimləyicinin gücləndirmə əmsalının artırılmasına əsaslanan sintez üsuluna baxılır.

Belə yanaşmanın əsas problemi ondan ibadətdir ki, gücləndirmə əmsalının artırılması sistemin dayaniqlığınına əks təsir göstərir və onu pozur. Deməli, elə etmək lazımdır ki, gücləndirmə əmsalının artırılması dayanığlığa xələl gətirməsin. Belə yanaşmalardan ən mükəmməli kimi Lyapunov funksiyası üsulu əsasında sintez olunan K_∞-robast idarəetmə sistemlərini göstərmək olar [2,5].

Məsələnin qoyuluşu. Bu halda, qeyri-müəyyən obyektin modeli yalnız strukturu və tərtibi məlun olan n-tərtibli differensial tənliklə verilir:

$$y^{(n)} = f(\boldsymbol{y},t) + b(\boldsymbol{y},t)u + \upsilon(t), \qquad t \in [0,\infty], \tag{1}$$

Burada, $y = (y, \dot{y}, \ldots, \ddot{y}^{(n-1)})^T = (x_1, x_2, \ldots, x_n)^T \in R^n$– ölçülən və ya qiymətləndirilə bilən vəziyyət vektoru; $y \in R$ – idarə olunan çıxış; $u \in R$ – idarə təsiri; $f(\boldsymbol{y},t)$, $b(\boldsymbol{y},t) > 0$ – ümumi halda qeyri-xətti naməlum məhdud funksiyalar; $\upsilon(t)$ – nəzarət olunmayan məhdud xarici təsirdir.

Modelin əsas təşkiledicileri $f(\cdot)$ və $b(\cdot)$ qeyri-müəyyənlik mənbəyi olub eyni zamanda məlum komponentlərə də malik ola bilərlər. Lakin istənilən halda $f(\cdot)$ və $b(\cdot)$ həyacanlandırıcı dinamik mənbə kimi qəbul olunur və kompensasiya edilir.

Məsələnin qoyuluşu ondan ibarətdir ki, elə idarə təsiri u tapmaq tələb olunur ki, keçid prosesi yekunlaşdıqdan sonra qeyri-müəyyən (1) obyektinin $y(t)$ çıxışı $y_d(t)$ etalon trayektoriyasını tələb olunun dəqiqlik ilə izləsin:

$$|y_d(t)-y(t)|\le\delta_s,\qquad t\ge t_s$$

Burada $\delta_s=(1-5)\%-$ buraxıla bilən qərarlaşma xətası; t_s- qərarlaşma xətasıdır.

Məsələnin həlli. İdarə u Lyapunov funksiyasının zamana görə törəməsinin sıfırdan kiçik olması şərtindən tapılır:

$$dV(\boldsymbol{e})/dt<0. \tag{2}$$

Lyapunov funksiyası aşağıdakı şəkildə seçilir:

$$V=½s^2 \tag{3}$$

$$s=c_1e+c_2\dot{e}+\cdots+e^{(n-1)} \tag{4}$$

(3) funksiyasının törəməsi:

$$dV/dt=\dot{V}=s\dot{s} \tag{5}$$

$$\dot{s}=c_1\dot{e}+c_2\ddot{e}+\cdots+e^{(n)} \tag{6}$$

Dayanıqlığın zəruri (2) $\dot{V}<0$, şərtini ödəyən idarə u-nu təyin etmək üçün $\dot{V}$ və u-nu əlaqələndirmək lazımdır. Bu məqsədlə (6)-da (1) obyektinin tənliyindən tapılan

$$e^{(n)}=y_d^{(n)}-y^{(n)}=y_d^{(n)}-f(\boldsymbol{y},t)-b(\boldsymbol{y},t)u.$$

yüksək tərtibli törəməni əvəz edək. Onda yazmaq olar:

$$\dot{s}=x(t)-b(y,t)u,\qquad b>0 \tag{7}$$

Burada $$x(t)=\sum_{i=1}^{n-1}c_ie^{(i)}+y_d^{(n)}-f(\boldsymbol{y},t).$$

(7) ifadəsindən göründüyü kimi, $x(t)=0$ halında (5) $dV(e)/dt=s\dot{s}<0$ münasibətini ödəyən idarəni P - idarə qanunu şəklində seçmək olar:

$$u=u_s=k\cdot s(t). \tag{8}$$

$x(t)$-in sistemin dinamikasına təsirini k gücləndirmə əmsalını artırmaqla azaltmaq olar. (8) ifadəsini (7)-də nəzərə alsaq, yazmaq olar:

$$s(t)=b^{-1}\left[x(t)-\dot{s(t)}\right]/k$$

Gücləndirmə əmsalı k sonsuzluğa yaxınlaşdıqda,

$$\lim_{k\to\infty}s(t)=0.$$

Deməli, sistem (4) hipermüstəvisinin tənliyi ilə yazılır:

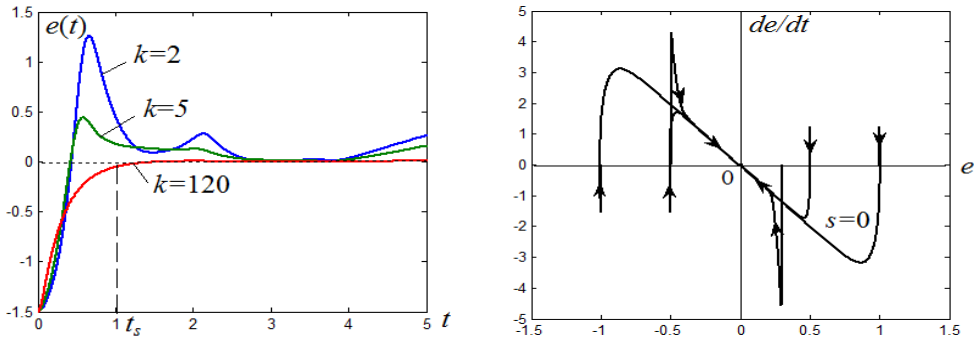
$$s=c_1e+c_2\dot{e}+\cdots+e^{(n-1)}=0,\qquad s(0)=s_0.$$

Qapalı sistemin dayanıqlı olması üçün uyğun

$$H(p)=p^{n-1}+c_{n-1}p^{n-2}+\cdots+c_1 \tag{9}$$

polinomu Hurvis polinomu olmalıdır, yəni c_i sazlama parametrləri elə seçilməlidir ki, bu polinomun köklərinin həqiqi hissələri $Re(p_i)<0$ şərtini ödəməlidir.

Şəkil 1–də gücləndirmə əmsalı k-nin kifayət qədər böyük qiymətində xətanın dəyişməsi (a) və k=120 qiymətində sistemin faza portreti (b) göstərilmişdir.



a) *b)*

Şəkil 1. *Gücləndirmə əmsalı k-nın kifayət qədər böyük qiymətində xətanın dəyişməsi (a) və k=120 qiymətində sistemin faza portreti (b)*

Göründüyü kimi, k=120 qiymətində artıq ifrat tənzimləmə və rəqslilik aradan qalxmışdır.

Sazlama parametrlərinin təyini. Faza k-nın kifayət qədər böyük qiymətində istənilən $s(0) = s_0$ başlanğıc vəziyyətdən ani bir zaman anında (cəld hərəkət) s=0 hipermüstəvisinin üzərinə yığılır. Sonra sistem bu hipermüstəvi ilə koordinat başlanğıcına hərəkət edir (yavaş hərəkət) (şəkil 1, b). Bu səbəbdən, sistemin hərəkətini istənilən başlanğıc şərtdən böyük dəqiqliklə s=0 hipermüstəvisinin tənliyi ilə yazmaq olar.

Tənzimləyicinin sazlanması. Sistemin keyfiyyət göstəriciləri (qərarlaşma vaxtı t_s, ifrat tənzimləmə σ% və s.) (8) robast tənzimləyicinin c_i, i=1,…,n-1 (hipermüstəvinin bucaq əmsalları) və k gücləndirmə əmsalından asılıdır.

c_i sazlama parametrlərini tapmaq üçüm "modal idarəetmə" üsulundan istifadə etmək olar. Bu halda, arzu olunan xarakteristik polinom kimi Çebışev, Battervors və ya keyfiyyətin hər-hansı bir inteqral göstəricisinin minimumunu təmin edən polinomdan istifadə etmək olar.

Tələb olunur ki, e(t) xətasına nəzərən keçid xarakteristikası ifrat tənzimləməyə malik deyil, yəni monotondur. Bu məqsədlə, qapalı (9) sisteminin p_i kökləri üçün binomial paylanma seçirik. Təkrarlanan köklər halında (9) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$W_{SYS}(p) = H(p) = (p + p_1)^{n-1}.$$

p_1 kökünü tapaq. Təkrarlanan köklər halında (4) s=0 tənliyinin həlli:

$$e(t) = (C_1 + C_2 t + C_3 t^2 + \ldots + C_n t^{n-2}) e^{-p_1 t}.$$

İnteqrallama sabitlərini məlum başlanğıc şərti $\mathbf{e}_s(0)$ üçün təyin edib həlli vertor şəklində aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$e(t) = C^T \theta e^{-p_1 t}, \quad C = Z^{-1}\mathbf{e}_s(0), \tag{10}$$

Burada

$$\theta = \begin{pmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \\ \cdots \\ t^{(n-2)} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{e}_s(0) = \begin{pmatrix} e(0) \\ \dot{e}(0) \\ \ddot{e}(0) \\ \cdots\cdots \\ e^{(n-2)}(0) \end{pmatrix} = \mathbf{y}_{ds}(0) - \mathbf{y}_s(0);$$

$Z(t)|_{t=t_0=0}$ $^{-(n-1)x(n-1)}$ ölçülü kvadratik matrisdir:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1(t) & z_2(t) \ldots\ldots\ldots z_{n-1}(t) \\ \dot{z}_1(t) & \dot{z}_2(t) \ldots\ldots\ldots \dot{z}_{n-1}(t) \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ z_1^{(n-2)}(t) & z_2^{(n-2)}(t) \ldots z_{n-1}^{(n-2)}(t) \end{bmatrix}_{t=t_0=0}.$$

Fundamental həllər sistemi:

$$z_1 = e^{-p_1 t}, \quad z_2 = te^{-p_1 t}, \quad z_3 = t^2 e^{-p_1 t}, \ldots, z_{n-1} = t^{n-2} e^{-p_1 t}.$$

Tədqiqat məsələlərində obyektin n-ci başlanğıc şərti üçün $y^{(n-1)}(0)=0$ qəbul etmək olar.

Fərz edək ki, $\delta_s=\pm(2–5)\%$- xəta üçün qərarlaşma vaxtı (*settling time*) $t = t_s$ verilmişdir. Onda (10) ifadəsinə əsasən, p_1 kökünü təyin etnək üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$e(t_s) = \pm\delta_s / 100 = C^T \cdot \theta\,|_{t=t_s} \cdot e^{-p_1 t_s}.$$

$e(0)>0$ olarsa, onda $\delta_s>0$ (yuxarıdan yaxınlaşma), əks halda $\delta_s<0$.

Müvafiq transindent tənlik:

$$f(p_1) = C^T \cdot \theta\,|_{t=t_s}\ e^{-p_1 t_s} \mp \delta_s / 100 = 0. \tag{11}$$

n=2 halında parametrlər $\theta = 1,\ \mathbf{e}_s(0) = e(0), Z^{-1} = 1 \Rightarrow C^T = e(0).$ (11) tənliyi

$$f(p_1) = e(0)\exp(-p_1 t_s) \mp \delta_s / 100 = 0. \tag{12}$$

δ_s, t_s və $\mathbf{e}_s(0)$ verilmiş qiymətlərində (11) tənliyini *solve*('f(p1)=0') Matlab funksiyasının köməyi ilə həll etmək olar. p_1 kökünü tapdıqdan sonra $c_i, i = 1,...,k-1,$ sazlama parametrlərini aşağıdakı polinomun əmsalları kimi tapırıq:

$$W_{SYS}(p) = (p + p_1)^{n-1} = p^{n-1} + a_{n-1}p^{n-2} + ... + a_2 p + a_1. \tag{13}$$

Buradan

$$c_1 = a_1, c_2 = a_2, ..., c_{n-1} = a_{n-1}. \tag{14}$$

(8) tənzimləyicini ötürmə funksiyası şəklində realizasiya etdikdə

$$W_C(p) \approx K \frac{(p + p_1)^{n-1}}{(T_d p + 1)^{n-1}} \tag{15}$$

$c_i, i = 1,\ldots,n-1,$ parametrlərini hesablamamaq olar. T_d - kiçik kəmiyyətdir, T_d=0.1-0.001.

Gücləndirmə əmsalı k-nın təyini. Bu parametr real obyekt ilə əlaqədar olub ən çox təsir edən mənbəyə nəzərən sazlanır. Bu səbəbdən, *k* təcrübi yolla kompyüterdə modelləşdirmə zamanı və ya real obyektdə təyin olunur.

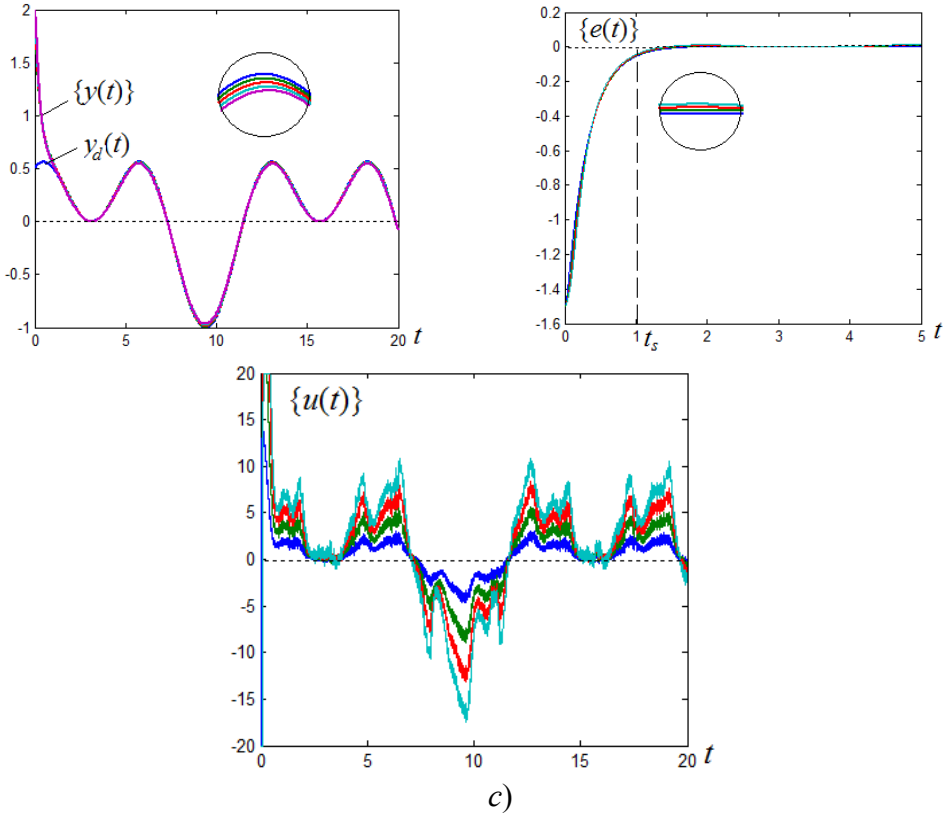
Bu mənbə məlumdursa, ən gərgin iş rejimi yaratmaq üçün onu reallaşdırmaq lazımdır. *k*-nı artıraraq $t = t_s$ nöqtəsində e(t) xətasına nəzarət etmək lazımdır. Axtarılan *k* e(t) traektoriyasının 2δ enində buraxıla bilən xəta zolağına daxil olma, yəni $e(t) \le |\delta_s| / 100$, $t \ge t_s$ c şərtinin ödənilməsi anına uyğun gəlir.

k-nın müəyyən qiymətindən sonra sistemdə tələb olunan keyfiyyət göstəriciləri σ% и t_s bərqərar olur (bax, şəkil 3.9,*b*). Lakin *k*-nın qiymətini daha böyük götürmək enerjinin sərfi baxımından sərfəli deyil. Əgər enerji məhduddursa *k*-nı minimal səviyyədə saxlamaq üçün *e*(t) xətasından asılı olaraq, ekstremal tənzimləyicidən istifadə etmək olar.

Modelləşdirmənin nəticələri. Paramatrik qeyri-müəyyənlik halına baxaq. Fərz edək ki, $\dot{y}(t)$ -nin əmsalı a və yükün kütləsi m təqribən ≈ ±50% dəyişir:

$$a = [1;1.5;2;2.5];\ m = [0.5;1;1.5;2];$$

Şəkil 2-də k=120 və $\boldsymbol{y}(0) = (2;0)^T$ başlanğıc şərtində {y(t)} keçid xarakteristikalarının toplusu, uyğun xəta $\{e(t)\}$ və idarə siqnalı $\{u(t)\}$ göstərilmişdir.

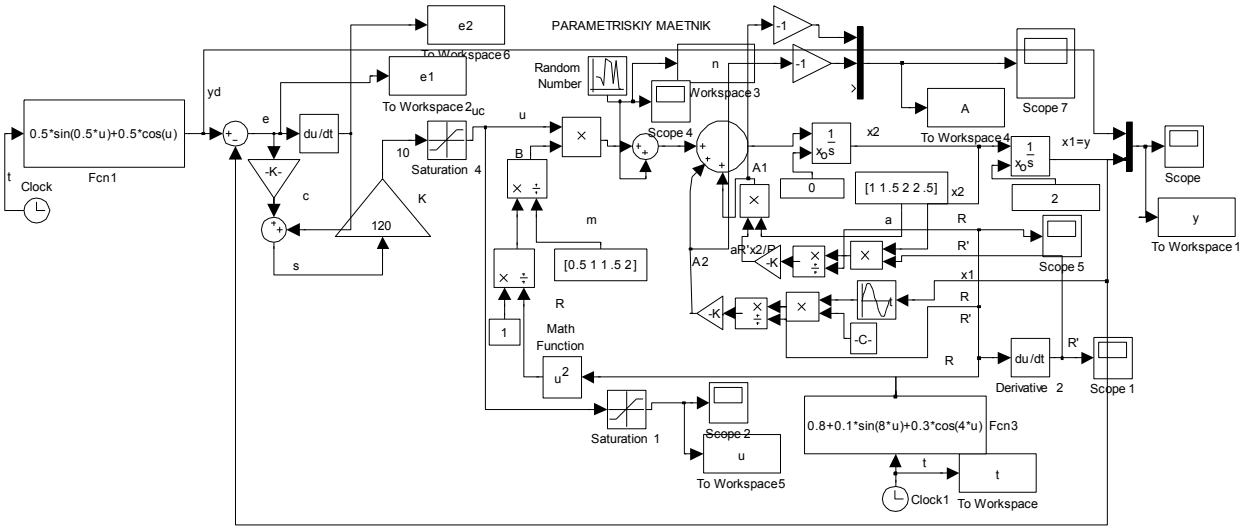


c)

Şəkil 2. *k=120 və* $\boldsymbol{y}(0) = (2;0)^T$ *başlanğıc şərtində {y(t)} keçid xarakteristikalarının toplusu, uyğun xəta {e(t)} və idarə siqnalı {u(t)}*

$\{y(t)\}$ və $\{e(t)\}$ xarakteristikalar toplusunun sıxlığı kifayət qədər yüksəkdir. $t_s \approx 1\,c$ sonra tənzim olunan kəmiyyət $\{y(t)\}$ etalon traektoriya $y_d(t)$ -ni yüksək dəqiqliklə izləməyə başlayır.

Şəkil 3-də K_∞ - robas idarəetmə sisteminin Simulink sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 3. *K_∞ - robas idarəetmə sisteminin Simulink sxemi*

Nəticə. Məqalədə yüksək gücləndirmə əmsalına malik olan izləyici robast sistemlərindən birinə baxılmışdır. Üsulun əsasını Lyapunov funksiyası üsulu təşkil edir. Təklif olunan metod izləyici robast sistemlərin sintezi üçün xarakterik olan mürəkkəb riyazi əməliyyatlardan azad olaraq qeyri-xətti və qeyri-stasionar obyektləri əhəmiyyətli dərəcədə qeyri-müəyyənlik şəraitində sistematexnik cəhətdən sadə və aydın olan PD- (proporsional- diferensial) tənzimləyicisi vasitəsi ilə idarə etməyə imkan verir.

Matlab / Simulink paketində model məsələsinin həlli yüksək tətbiqi nəticələr alınacağına zəmanət verir.

Ədəbiyyat

1. Емельянов, С.В. Новые типы обратных связей / Емельянов С.В., Коровин С.К. Управление в условиях неопределенности. -М.: Наука, -1997. -352 с.
2. Филимонов, А.Б. Метод больших коэффициентов усиления и эффект локализации движения в задачах синтеза систем автоматического управления / А.Б. Филимонов, Н.Б. Филимонов // Мехатроника, автоматизация, управление. -2009. №2 (95). -с.2-10
3. Филимонов А.Б. Робастная коррекция в системах управления с большим коэффициентом усиления / А.Б. Филимонов, Н.Б. Филимонов // Механотроника, автоматизация, управление. –2014, №12, -с.3-10.
4. Мамедов Г.А., Рустамов Г.А., Фархадов В.Г. Логическое управление динамическими объектами на основе функции Ляпунова // Труды Международной конференции «Научно-технический прогресс и современная авиация», посвященной 75-летию академика А.М.Пашаева. т.2, -Баку: -2009, -с.31-33.
5. Рустамов, Г.А. Research of K∞-Robust Systems with Constrained Control. Theoretical And Applied Scientific And Technical Journal. Мехатроника, автоматизация, управление, Том 19, / Г.А. Рустамов, В. Г. Фархадов. -№11. -2018.

Məqalə qəbul olunub: 30.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 621. 39.

ÇOXXİDMƏTLİ TELEKOMMUNİKASİYA ŞƏBƏKƏLƏRİNİN BURAXMA QABİLİYYƏTİNİN GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TƏHLİLİ VƏ TƏDQİQİ

İbrahimov B.Q., Məmmədova F.V.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: i.bayram@mail.ru, faxranda.mammadova@mail.ru

Xülasə. *Yeni NGN (Next Generation Network) və gələcək FN (Future Network) nəsil rabitə şəbəkələrinin arxitektura konsepsiyaları bazasında innovativ texnologiyalardan istifadə etməklə çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin işləmə effektivliyi analiz edilmişdir. Bu məqalədə multimedia xidmətlərinin dəstəklənməsi üçün innovativ texnologiyaların bazasında çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin maksimum buraxma qabiliyyətinin göstəricilərinin məsələlərinə baxılmışdır. Məlumat mənbələrinin informativ xarakteristikaları nəzərə alınmaqla buraxma qabiliyyətinin göstəriciləri tədqiq edilmişdir. Aparat-proqram komplekslərindən istifadə etməklə*

mənbənin məhsuldarlığını, informasiya effektivliyi və buraxma qabiliyyətinin göstəricilərini qiymətləndirmək üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Abstract. *The efficiency functioning of multiservice telecommunication networks, built in accordance with the architectural concept of NGN and FN, using innovative technologies is analyzed. This paper discusses the tasks studying the indicators of the maximum throughput of multiservice telecommunication networks based on innovative technologies for the provision multimedia services. The indicators of the transmission capacity communication networks, taking into account the informative characteristics information sources, have been investigated. Analytical expressions are obtained for assessing the performance indicators of the source, information efficiency and system throughput using hardware-software systems.*

Аннотация. *Проанализирована эффективность функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей, построенных в соответствии с архитектурной концепцией NGN и FN, использующие инновационные технологии. В данной работе рассматриваются задачи исследования показателей максимальной пропускной способности мультисервисных телекоммуникационных сетей на базе инновационных технологии для оказания мультимедийных услуг. Исследованы показатели пропускных способностей сетей связи с учетом информативных характеристик источников информации. Получены аналитические выражения для оценки показателей производительности источника, информационной эффективности и пропускных способностей системы с использованием аппаратно-программных комплексов.*

Açar sözlər: *çoxxidmətli rabitə şəbəkələri, informasiya mənbəyi, multimedia xidməti, innovativ texnologiya, buraxma qabiliyyəti, informasiya effektivliyi*

Key words: *multiservice communication networks, information source, multimedia service, innovative technologies, throughput, information efficiency*

Ключевые слова: *мультисервисные сети связи, источник информации, мультимедийная услуга, инновационные технологии, пропускная способность, информационная эффективность*

Giriş. Perspektiv və innovativ texnologiyalar hesabına faydalı və xidməti trafiklərin həcminin daima yüksəlməsi, xidmət sferasında istifadəçilərin multimediya xidmətlərinə artan tələbatı yüksək buraxma qabiliyyətinə malik çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin yeni prinsiplərdə qurulmasını tələb edir.

Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələri və rabitə sistemlərinin buraxma qabiliyyəti dedikdə, vahid zamanda ötürülə biləcək faydalı və xidməti trafiklərin maksimum miqdarı başa düşülür, yəni maksimum veriliş sürəti nəzərdə tutulur və ya maksimum veriliş sürəti kimi qəbul edilir.

Məlumdur ki, innovativ texnologiyalar bazasında çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələri və sistemləri müxtəlif tipli məlumatların bir ünvandan digər ünvana rabitə elementləri, vasitələri, qurğuları və virtual aralıqlardan istifadə etməklə başqa bir ünvana ötürülməsini təmin edən texniki bir kompleksdir.

Dördüncü sənaye inqilabının (The Fourth Industrial Revolution), yeni NGN (Next Generation Network) və gələcək nəsil FN (Future Network) şəbəkələrin arxitektura konsepsiyalıları bazasında fəaliyyət göstərən xüsusi təyinatli çoxxidmətli rabitə şəbəkələri üçün innoavativ texnologiyalar dedikdə aşağıdakı texnologiyalar nəzərdə tutulur [1, 2]:

- SDN (Software Defined Networking), NFV (Network Functions Virtualization), IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem) və paylanmış şəbəkələrinin qurulması texnologiyaları;
- Optik WDM&DWDM (Wavelength Division Multiplexing & Dense WDM) texnologiyaları;
- Mobil texnologiyaları LTE (Long Term Evolution), UMTS (Universal Mobile Telecommunicat cat ions System), texnologiyalar ailəsi – yeni radio NR (New Radio) və 5G/IMT-2020;
- IoT (Internet of Think), sənaye interneti və geolokasiya texnologiyası (GT);
- Bulud hesablama texnologiyası (CC), böyük verilənlərin texnologiyası (İDC) və Big data;

- Süni intellekt metodları və vasitələri, nanotexnologiya, informasiya təhlükəsizliyi və kvant texnologiyası.

Baxılan işlərdə [2,3], telekommunikasiya şəbəkələrində və sistemlərində istifadə olunan rabitə kanallarının, aparat-proqram komplekslərinin və terminal qurğularının buraxma qabiliyyətinin əsas göstəriciləri təhlil edilmişdir. Eyni zamanda, bu ədəbiyyatlarda [4-7] isə, maneə mənbələri nəzərə alınmaqla, çoxxidmətli rabitə şəbəkələrinin buraxma qabiliyyəti geniş tədqiq edilmiş və onların çatışmayan cəhətləri aşkar edilmişdir.

Bizim məqaləmiz isə yeni və perspektivli İKT texnologiyalarının imkanlarından istifadə etməklə çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin maksimum buraxma qabiliyyətinin göstəricilərinin təhlili və tədqiqinə həsr edilmişdir.

Ümumi məsələnin qoyuluşu. Uzun müddət aparılmış təhlillər və tədqiqatlar göstərir ki, çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin maksimum buraxma qabiliyyəti istifadə olunan rabitə kanallarının tezlik zolağının eni ΔF_k, modulyasiya və kodlama sxemindən K_{mk}, siqnal-maneə nisbətindən $SNR(E_b, N_0)$ təşkil olunmuş spektral kanalların sayından N_k və maneə mənbələrinin $M_m(t)$ təsirndən asılıdır. Bu asılılığı funksional olaraq aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$C_{\max} = W[\Delta F_k, SNR(E_b, N_0), K_{mk}, M_m(t), N_k] \qquad (1)$$

Burada $SNR(E_b, N_0)$ - spektral rabitə kanallarının çıxışında olan siqnal-maneə nisbəti (Signal to Noize Rate) hesab edilir və maneənin gücünün spektral sıxlığından N_0 və bir bit informasiyanın ötürülməsinə sərf olunan enerji miqdarından E_b asılıdır. Sonuncu, diskret rabitə sistemlərində belə təyin edilir [5, 6]:

$$E_b = \frac{E_0}{R_k \cdot \ell og_2 m} \qquad R_k < 1 \qquad (2)$$

Burada $E_0 -$ otürülən siqnalın enerjisi olub, $E_0 = P_s \cdot T$, $P_s -$ faydalı siqnalın gücü, T - çox mövqeli siqnalın davametmə müddəti; $R_k -$ istifadə olunan maneəyədavamlı kodun sürəti və $R_k = (k/n) < 1$, n və $k -$ məlumat mübadiləsi zamanı ümumi və informasiya kod simvollarının sayıdır və $n = k + r$, $r -$ sistemdə maneəyədavamlı kodun yoxlayıcı simvollarının sayı hesab olunur; $N_0 -$ maneənin gücünün spektral sıxlığıdır və belə təyin olunur: $N_0 = P_m / \Delta F_k$, Vt/Hs, $P_m -$ maneə mənbəyinin gücü, Vt.

Baxılması üçün irəli sürülmüş (1) və (2) ifadələri çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrində maksimum buraxma qabiliyyəti, K. Şennonun fikrincə, ilkin parametrlər toplusu hesab edilir. Eyni zamanda, (1) ifadəsi maksimum buraxma qabiliyyətinin ilkin və vacib göstəricilərini xarakterizə edir.

Maksimum buraxma qabiliyyəti və mənbənin entropiyası. Fasiləsiz və diskret çoxkanallı sistemlər üçün maksimum buraxma qabiliyyəti çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin kəmiyyət göstəricisi olub, K.Şennonun informasiya nəzəriyyəsinə görə belə təyin olunur [6, 7]:

$$C_{\max} = \Delta F_k \cdot \log_2\left(1 + \frac{P_s}{N_0 \cdot \Delta F}\right), \quad \text{bit/s} \qquad (3)$$

Bu ifadə Şennon düsturu hesab olunur və şəbəkənin buraxma qabiliyyəti onun tezlik zolağının eni ΔF_k və rabitə kanalının çıxışında olan siqnal-maneə nisbətindən asılıdır.

Təhli edilən işlərin birindən [--] aydın olur ki, şəbəkədə maksimum buraxma qabiliyyəti eyni zamanda bitə görə veriliş V_b və modulyasiya sürətlərindən B_m, həmçinin ötürülən və emal edilən məlumatların sıxma əmsalından K_s çox asılıdır. Yəni,

$$C_{\max} = E[V_b, K_s, B_m, H(A)],\ H(A) = [I(a,n)/n] \tag{4}$$

Burada $H(A)$ – mənbənin entropiyası olub, K.Şennonun yekun ifadəsini nəzərə almaqla n – simvollardan ibarət olan hal üçün aşağıdakı kimi yazılır [6]:

$$H(A) = -\ell im_{n\to\infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{m^n} p(a_i^{[n]}) \cdot \ell og_b p(a_i^{[n]}) \geq 0, \qquad i = \overline{1,m}\ , \tag{5}$$

Burada $p(a_i)$ – mənbədən i – saylı simvolların ötürülmə ehtimalı; m – istifadə olunan alifbalarda simvolların sayıdır; $I(a,n)$ – mənbədən ötürülən məlumatda informasiya miqdarı olub, ötürülən məlumatın ehtimalından $p(a_i)$ asılı olaraq faziləsiz funksiya hesab olunur,

$$I(a,n) = f[p(a_i)] \text{ və } I(a) = -\ell og_b\ p(a_i) \geq 0$$

Diskret ikili sistemlər üçün $b = 2$ və n simvollardan təşkil olunmuş mənbə üçün belə təyin edilir:

$$I(a,n) = -n \cdot \sum_{i=1}^{m} p(a_i) \cdot \ell og_2[p(a_i)] \geq 0,\ b = 2 \text{ , bit, } i = \{1,...,m\}, \tag{6}$$

İnformasiya mənbəyinin informativ xarakteristikası olan (5) ifadəsi istənilən fasiləsiz və diskret təsadüfi proseslərin riyazi gözləməsini təyin edir.

Təklif olunan (5) və (6) ifadələri sürət və informativ xarakteristikalar baxımından şəbəkənin maksimum buraxma qabiliyyətinin göstəricilərini təyin edir.

Multimediyalı xidmətlərin yerinə yetirilməsi zamanı çoxxidmətli şəbəkələrin effektivliyinin göstəricilərini geniş aspektdə qiymətləndirmək üçün sistemli analizin prinsiplərindən və şəbəkə texnologiyalarından geniş istifadə olunur. Sistemli yanaşmanın prinsipi – telekommunikasiyada sistemə bir tədqiqat obyekti kimi baxılaraq, onun mürəkkəbliyi, elementləri arasında əlaqə, xüsusiyyətlərinin analizinə və tədqiqinə əsaslanır [6, 7, 8]. Bir növ şəbəkəyə bütöv texniki vasitələrin, aparat-proqram komplekslərin və terminal qurğuların toplusu kimi baxılır. Əsas xüsusiyyət isə xidmət sferasında çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin tamlılığı hesab olunur. Bu isə sistemin effektiv fəaliyyətinə ciddi təsir edən faktorlardan hesab olunur [8, 9, 10].

Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin effektivliyi. Qoyulan məsələni tədqiq etməmişdən öncə şəbəkənin aparat-proqram komplekslərinin, terminal qurğuların və rabitə kanallarının məhsuldarlığını nəzərdən keçirək. Şəbəkələrin məhsuldarlığı seçilmiş maneəyədavamlı kodun parametrlərin $G(x,n) = [n,k,d,r]$ asılı olaraq belə ifadə oluna bilər:

$$V_b = \frac{k}{k+r} \cdot \frac{\log_2 m}{B_m^{-1}}, \quad \text{bit/s}, \tag{7}$$

Burada n, k, r - istifadə olunan kodlarda ümumi, informasiya və yoxlayıcı kod elementlərin sayı, d – kod məsafəsi hesab olunur; m - kodun əsası; B_m – istifadə olunan modulyasiya sxeminin modulyasiya sürəti, Bod və $B_m = 1/\tau_0$, τ_0 – impulsun davametmə müddətidir.

Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrində informasiya effektivliyi aparat-proqram komplekslərinin, terminal qurğuların və innovativ texnologiyaların resurslarının hesabına yerinə yetirilən multimedia xidmətlərinin sayı L_m nəzərə alınmaqla, informasiya effektivliyi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$I_{IE}(V_b) = [\frac{k}{k+r} \cdot \frac{\log_2 m}{B_m^{-1}}] \cdot [L_m \cdot \Delta F_k \cdot \ell og_2(1 + SNR(E_b, N_0))]^{-1} \leq 1\ , \tag{8}$$

Alınmış (8) ifadəsi telekommunikasiya şəbəkələrində veriliş sürətinin nə dərəcədə sistemin maksimum buraxma qabiliyyətinə yaxınlaşdığını göstərir və bütövlükdə isə sistemin buraxma qabiliyyətindən istifadə olunmanı xarakterizə edir.

Eyni zamanda, təklif olunmuş (8) ifadəsindən görünür ki, $I_{IE}(V_b)$ həmişə aşağıdakı bərabərsizlik ödənməlidir:

$$0 \le I_{IE}(V_b) \le C_{\max} \quad , \qquad 0 \le 0 \le I_{IE}(V_b) \le 1 \tag{9}$$

Əgər (8) ifadəsində informasiya effektivliyi $I_{IE}(V_b) \to 1$ yaxınlaşarsa, çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrini mükəmməl veriliş sistemi hesab edilər, (8) və (9) ifadələrində bu zaman siqnal maneə-nisbəti $SNR(E_b, N_0)$ təyinedici xarakterli olub, informasiya resursları və bitə görə səhv ehtimalı baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

İnformativ xarakteristikalara görə maksimum buraxma qabiliyyətinin tədqiqi. İlkin olaraq, diskret mənbələr üçün şəbəkənin məhsuldarlığına baxaq. Bu hal üçün mənbənin məhsuldarlığı – vahid zamanda generasiya etdiyi orta informasiya miqdarı başa düşülür və belə qiymətləndirilir:

$$G_{dm}(A) = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^{m} p(a_i) \cdot \ell og_2[1/\, p(a_i)] \quad , a_i \in A \tag{10}$$

Burada T- bir diskret simvolun ötürülməsi müddətidir.

Məlumat mübadiləsi zamanı diskret kanalların veriliş sürəti isə belə müəyyən edilir:

$$V_{dk} = V_{ks} \cdot H(A), \ \text{bit/s} \ , \ a_i \in A \tag{11}$$

Burada V_{ks} – elektrik kod siqnalların veriliş sürəti.

Diskret rabitə kanalların buraxma qabiliyyəti isə kanalın maksimum veriliş sürəti hesab olunur və maneələr olmadığı halda aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$C_{max} = \max[V_{ks} \cdot H(A)] = V_{ks} \max[H(A)] \ , \ a_i \in A \tag{12}$$

Sonuncu (10), (11) və (12) ifadələri veriliş sürətləri və informative xarakteristikaları nəzərə alınmaqla çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrin buraxma qabiliyyətinin göstəricilərini təhlil etməyə imkan verən analitik düsturlar hesab edilir. Burada vacib xarakteristika, mənbənin entropiyası hesab olunur və stasionar məlumat mənbələri üçün aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$H(A) \le \ell og_b m = H_{\max}(A) \ , \qquad a_i \in A, \tag{13}$$

Təhlil üçün alınmış (10),...,(13) ifadələri geniş və tam şəbəkənin göstəricilərini tədqiq etmək üçün qarşılıqlı əlaqəli informativ xarakteristikaları nəzərə almaqla diskret rabitə elementləri və aparat-proqram komplekslərin buraxma qabiliyyətinin sintezini tələb edir.

Rabitə elementləri və aparat-proqram komplekslərin buraxma qabiliyyəti. Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin rabitə elementləri, vasitələri, qurğuları və virtual aralıqlardan istifadə etməklə məlumat mübadiləsi yerinə yetirilən zaman mühüm əhəmiyyət kəsb edən tədqiqat obyektlərindən biridə aparat-proqram komplekslərinin buraxma qabiliyyətinin əsas göstəriciləri hesab olunur. Bu idarəedici funksional bloklar SDN, NFN IMS texnologiyaları bazasında Open Flow protokolundan istifadə etməklə kommutatorlar və kontrollerlər hesab olunur [3, 7].

Hesab edilir ki, tədqiq edilən idarəedici funksional bloklar - fiziki mühit-fiziki aralq kimi fəaliyyət göstərir və onun girişinə mənbədən $x(t, b_i)$ faydalı siqnalı daxil olur və çıxışda beləbir yekun siqnal alınır:

$$y(t, b_i) = x(t, b_i) + M_m(t), \tag{14}$$

Sonuncu (14) ifadəsini və mənbənin şərti ehtimalını $p(x \mid y)$ nəzərə almaqla, (5) və (6) ifadələrinə uyğun olaraq diskret mənbənin informasiya miqdarını və entropiysını təyin edək [6]:

$$I(x \mid y, n) = -\ell og_b \, p(x \mid y) \ge 0 \quad , \tag{15}$$

$$H(x \mid y) = -\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} p(x_i, y_j) \, \ell og_b \, p(x_i, y_j) \ge 0 \quad , \tag{16}$$

Maneə mənbələrinin təsirlərini $M_m(t)$, şərti informasiya miqdarını (15) və şərti entropiyayanı (16) nəzərə almaqla, rabitə elementləri və aparat-proqram komplekslərin maksimum buraxma qabiliyyətini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$C_{\max}^{apk} = \max_{p(x)} I(x \mid y, n) \quad , \qquad C_{\max}^{apk} = \max_{p(x)} [H(y) - H(y \mid x)] . \tag{17}$$

Əgər mənbədən rabitə elementləri və aparat-proqram komplekslərinin girişinə daxil olan simvolların daxil olma ehtimalları bərabər olarsa $p(x_i) = p(y_i) = p$ onda şəbəkə maksimum buraxma qabiliyyətinə nail olar. Sadə halda belə təyin olunur:

$$C_{\max}^{apk} = \ell og_b\, m + p\, \ell og_b \frac{p}{m-1} + (1-p)\, \ell og_b (1-p) \tag{18}$$

Sonuncu (15), (18) düsturları informativ parametrlər nəzərə alınmaqla təyin olunmuş analitik ifadələri olub, geniş spektrdə rabitə elementlərin və aparat-proqram komplekslərin maksimum buraxma qabiliyyətinin analizini və tədqiqini tələb edir.

Nəticə. Yeni NGN və gələcək FN nəslin arxitektur konsepsiyaları bazasında çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin işləmə rejimləri və effektivlik göstəriciləri geniş aspektdə təhlil edilmiş, buraxma qabiliyyətinin əsas kriteriyaları seçilmiş və əsaslandırılmışdır.

Təhlillər nəticəsində çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrinin effektivliyinə baxılmış və maneəyədavamlı kodlamanın parametrləri nəzərə alınmaqla informasiya effektivliyi, informasiya veriliş sürəti və mənbənin məhsuldarlığının qiymətləndirilməsi üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Ədəbiyyat

1. İbrahimov, B.Q. "Elektrik rabitə nəzəriyyəsi". Ali məktəblər üçün dərslik / B.Q.İbrahimov. – Bakı: AzTU, – 2016. – 382 s.
2. Ефимушкин, В.А. Роль технологий SDN/NFV в инфраструктуре цифровой экономики. Опыт тестирования и внедрения / В.А.Ефимушкин, Т.В.Ледовских, А.Б.Иванов, В.А. Шалагинов // Электросвязь, – Москва: –2018, №3.– с.27 – 36.
3. Ibrahimov, B.G. Analysis performance indicators network multiservice infrastructure using innovative technologies/ B.G.Ibrahimov, M.B.Namazov, M.N.Quliev // Proceedings of the 7-th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, -Baku: - 2020. Vol. II.- p.176-178.
4. Кловский, Д.Д. Теория электрической связи. Учебник для вузов / Кловский Д.Д, Зюко А.Г., Коржик В.И., Назаров М.В. – Москва: Радио и связь, – 1999. – 432 с.
5. Ибрагимов, Б.Г. Анализ вероятностно-временных характеристик сетей NGN/IMS при установлении мультимедийной сессии / Б.Г.Ибрагимов, А.Г.Гасанов, Р.Ф.Ибрагимов // Вестник компьютерных и информационных технологии, - Москва: - 2016, № 2, - с.40 – 45.
6. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К.Шеннон. – Москва: ИЛ, – 1963. – 829 с.
7. İbrahimov, B.Q. "Telekommunikasiya sistemlərinin yeni və gələcək nəsil rabitə şəbəkələrinin arxitektura konsepsiyası bazasında rəqəmli iqtisadiyyata keçid modelinin işlənməsi // Telekommunikasiyada innovativ texnologiyalar" mövzusunda Beynəlxalq ETK materialları,- Bakı: - 4-6 dekabr, - 2019. – s.18-24.

Məqalə qəbul olunub: 07.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 629.1:004.04

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ КАМЕР СГОРАНИЯ СУДОВЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТАЛЕЙ

[1]Казимиренко Ю.А., **[1]Михелев И.Л**., **[2]Матвеев Н.А.**

[1]Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Украина, г. Николаев, пр-т Героев Украины, 9
[2]Государственное предприятие научно-производственный комплекс газотурбостроения «Зоря»-«Машпроект» Украина, г. Николаев
E-mail: u.a.kazimirenko@gmail.com, kafedra.iust@gmail.com, mnasoft@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматривается подход к управлению процессом обработки данных распределения температурных полей при стендовых испытаниях камер сгорания судовых газотурбинных двигателей, для чего разработана новое программное обеспечение.*

Xülasə. *Məqalədə yeni proqram təminatının hazırlandığı gəmi qaz-turbin mühərriklərinin yanma kameralarının stend sınaqları zamanı temperatur sahələrinin paylanması barədə məlumatların işlənməsi prosesinin idarə edilməsinə yanaşmadan bəhs olunur.*

Abstract*. The article discusses an approach to managing the process of processing data of the distribution of temperature fields during bench tests of combustion chambers of marine gas turbine engines, for which new software has been developed.*

Ключевые слова: *судовые газотурбинные двигатели, камеры сгорания, температурное поле, программное обеспечение, технологии компьютерной графики, визуализация изображений*

Açar sözlər: *gəmi qaz-turbin mühərrikləri, yanma kameraları, temperatur sahəsi, proqram təminatı, kompyuter qrafikası texnologiyaları, görüntünün vizuallaşdırması*

Key words: *marine gas turbine engines, combustion chambers, temperature field, software, computer graphics technologies, image visualization*

Введение. Эффективная эксплуатация судовых газотурбинных двигателей (ГТД) непосредственно зависит от надежной работы камеры сгорания (КС), в которой одновременно происходят процессы смесеобразования, сгорания, тепло- и массообмена, взаимодействия и завихрения потоков [1]. Процесс создания RC включает в себя полный комплекс расчетно-экспериментальных работ (оптимизация распределения воздуха по сечению камеры сгорания, проектирование системы охлаждения стенок жаровых труб и проч.); доводочные работы для обеспечения заданного уровня радиальной и окружной неравномерности поля температур газа на выходе из RC; стендовые испытания на рабочих режимах с измерениями в контрольных точках потоков воздуха, топлива, продуктов сгорания. Важным критерием, обеспечивающим ресурс турбины и двигателя в целом, следует считать степень совершенства температурного поля на выходе из камеры сгорания [2]. Визуализация процессов их распределения – важный инструментарий обработки результатов экспериментальных исследований, с помощью которого принимаются конструкторские решения. Таким образом, разработка программного обеспечения для управления процессами обработки данных при стендовых испытаниях камер сгорания, является ***важной научно-прикладной задачей***.

Применяемые в настоящее время методы сбора и обработки результатов испытаний камер сгорания судовых ГТД [1-6] основаны на графической интерпретации полученных данных в виде контурных диаграмм температурных полей – плоских изотерм, по которым определя-

ется их соответствие техническим требованиям. Расширение возможности управления данными с выбором среди альтернативных вариантов наилучшего конструктивно-компоновочного решения требует разработки и внедрения современного программного обеспечения, отвечающего особенностям работы предприятия

Цель работы – повышение эффективности обработки результатов испытаний камер сгорания судовых ГТД с помощью разработки нового программного обеспечения.

Организация стендовых испытаний камер сгорания судовых ГТД. Обобщенно алгоритм систематизации результатов испытаний включает в себя постановку экспериментальных исследований температур в секторе кольцевой камеры сгорания; фиксацию значений температур продуктов сгорания в реперных точках; отбраковку данных из выборки по критериям Грубса; обработку результатов методом наименьших квадратов; обработку результатов методом Гаусса.

Анализ существующих методов визуализации стендовых испытаний (табл. 1) показал сложность и нецелесообразность их использования на этапах проектирования камер сгорания судовых ГТД, что обусловлено выборочностью и осреднением полученных экспериментальных данных, отсевом ненужных значений в отдельных точках, выбором графического редактора, принятием информации конструкторами, возможностью корректировки данных в ручном режиме.

Таблица 1

Методология визуализации результатов стендовых испытаний
[составлено авторами по результатам источников 1-6]

Методы	Преимущества	Недостатки
Применение стандартных пакетов вычислительной газодинамики (*CFD*-пакетов)	Наглядность процесса распределения температурных полей, возможность применения разноплановых математических моделей физических процессов	Трудоемкая длительная подготовка для создания геометрической модели и генерирования расчетной сетки
Внедрение системы технического зрения	Доступность данных в режиме «живого изображения»; возможность просмотра эксперимента	Высокая стоимость процесса, сложность аппаратного обеспечения
Оборудование стендово-экспериментальной базы специальными информационными системами	Усовершенствование процесса сохранения и поиска данных, возможность формирования отчетов, в т.ч. в графическом виде	Необходимость проведения проектно-поисковых исследований с реализацией расчетных методик

Обзор современных подходов к решению практических задач визуализации многомерных данных [5] показал перспективы применения методов инфографики и картографии, позволяющих представлять процессы в динамике и сравнивать числовые значения, выявлять изменения, происходящие в конструкции или структуре исследуемого объекта. Однако их применение в технике ограничено технологическими возможностями и низким уровнем защиты информации. В силу противоречивости полученных данных их обработка в большинстве случаев осуществляется в ручном режиме с построением таблиц и двумерных графических зависимостей исследуемых параметров (рис. 1). Реализация технических задач требует высокой инженерной квалификации с освоением классических методов матанализа [7], теории графов [8], использования современных информационных пакетов [9, 10].

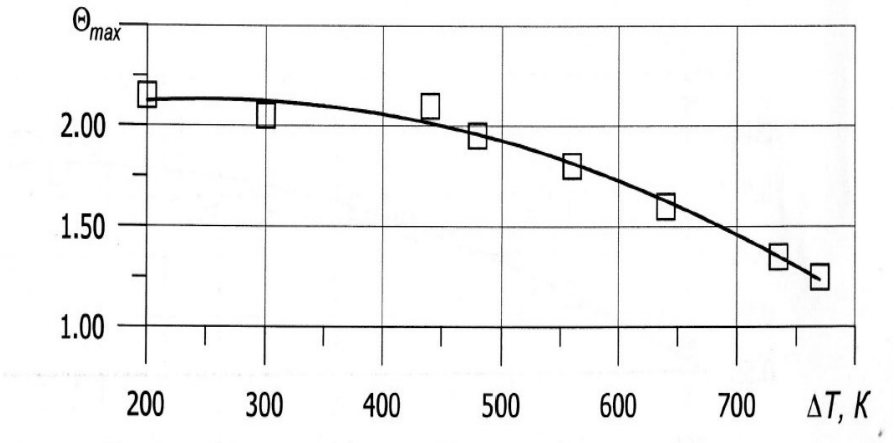


Рис. 1. *Пример оформления температурных параметров: максимальная неравномерность поля температуры продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания*

Теоретико-методологической базой для исследований являются: научные работы отечественных и зарубежных ученых в области проектирования камер сгорания судовых ГТД [1-3]; разработки информационных систем [9]; интернет-ресурсы, нормативные документы, личный опыт авторов. В основу разработки программного обеспечения для визуализации изображений положен алгоритм (рис. 2) обработки результатов испытаний камеры сгорания, составленный авторами.

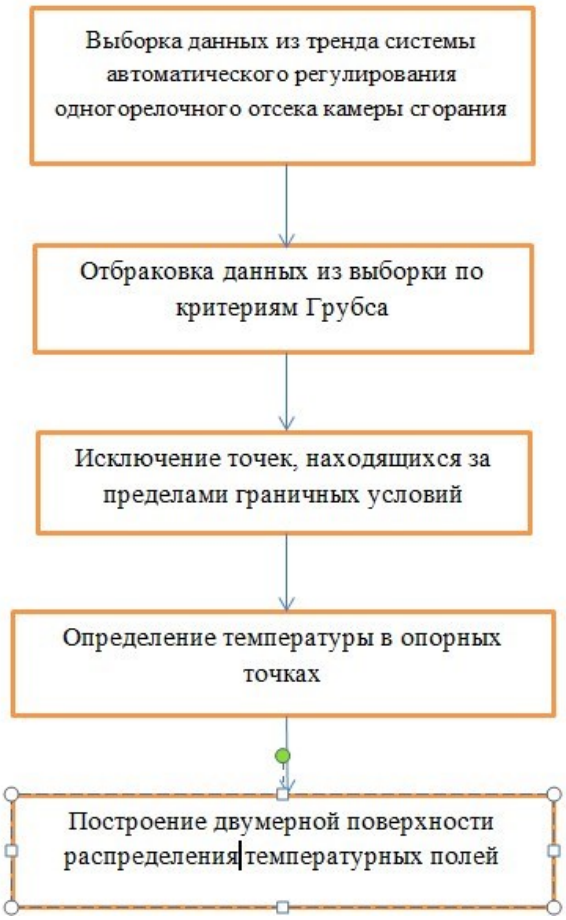


Рис. 2. *Алгоритм обработки результатов*

Для построения информационных моделей использованы математические методы исследований операций [7] и компьютерной алгебры [11], объектно-ориентированный подход [10].

Программное обеспечение написано на языке программирования *COMMON LISP* [12], применяемый при написании программных кодов для научных исследований и решения инженерных задач. Поставленная задача рассмотрена как подход «от данных до написания кода» с реализацией функций выборки данных, их осреднения, отсева недействительных значений, восстановления значений в отдельных точках с построением функций осреднения методом Гаусса и возможностью корректирования данных в ручном режиме.

С помощью *COMMON LISP* зависимость температурного поля *TEMPERATURE-FILD* от других систем и ее составляющих представлена в виде ориентированного графа *System-graf* (рис. 3): стрелками показана зависимость системы *TEMPERATURE-FILD* от других систем.

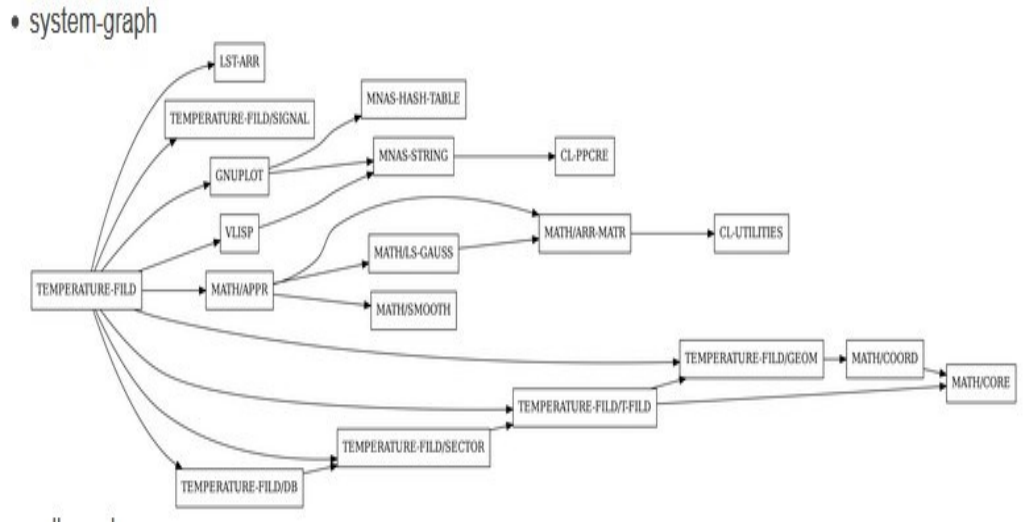


Рис. 3. *Системный граф*

Практическая реализация программного обеспечения в испытательной лаборатории. Измерения осуществляются в режиме реального времени с автоматическим сохранением параметров работы камеры сгорания в файле тренда. В электронный журнал заносятся также время измерений, температуры и объемный расход воздуха на входе и на выходе из жаровых труб камер сгорания. Для выводов результатов вычислений использована графическая программа *Gnuplot* [13] как свободная программная среда для создания двух- или трехмерных графиков, преимущество которой заключается в доступности для многих платформ, таких как *Linux, MS Windows, OSX.*

Результаты испытаний представлены в виде контурных диаграмм температурных полей (рис. 4) – плоских изотерм, по которым определяется соответствие температурных полей техническим требованиям. Построение диаграмм осуществляется в выборочном порядке, установленном экспертом.

В качестве примера на рис. 5 приведены построенные в графическом редакторе *Gnuplot* радиальные и окружные эпюры относительных температур на выходе из жаровых труб кольцевой камеры сгорания ГТД, где пунктирной линией нанесены максимальные температуры, сплошной – осредненные значения.

Научное и практическое значение результатов работы.

Усовершенствован подход к управлению процессом обработки данных распределения температурных полей при стендовых испытаниях камер сгорания судовых ГТД, позволяющий за счет разработки нового программного обеспечения с возможностью реализации выборки данных, повысить качество конструкторских и исследовательско-доводочных работ.

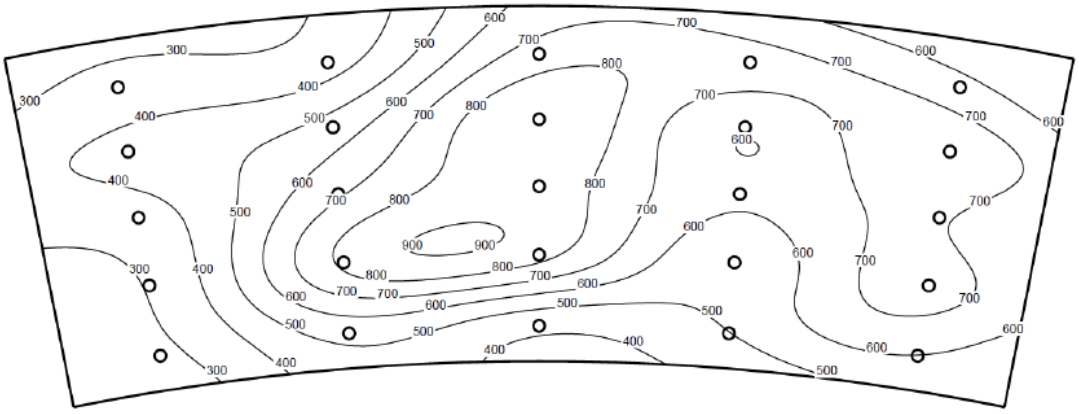
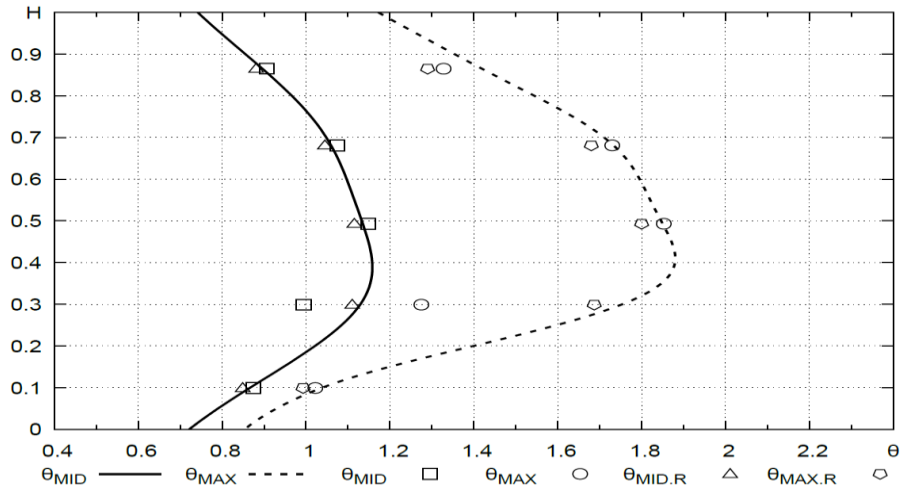
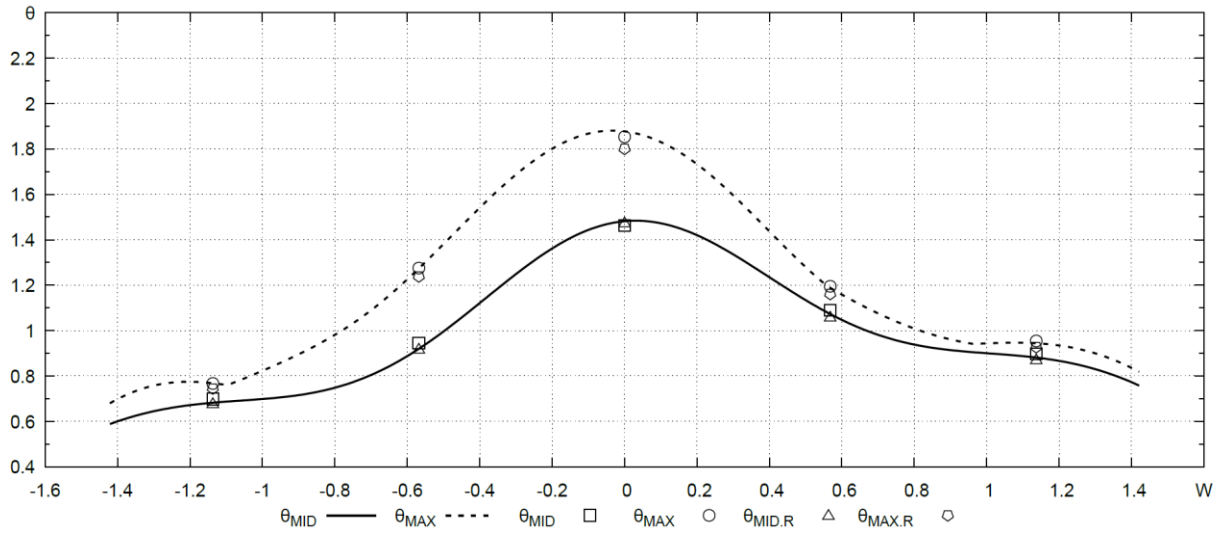


Рис. 4. *Контурная диаграмма температурных полей*



а



б

Рис. 5. *Эпюры максимальных и средних относительных температур на выходе из кольцевой камеры сгорания: а – радиальная эпюра; б – окружная эпюра*

Практическое значение работы заключается в возможности управления выбором наилучшего конструктивно-компоновочного решения с элементами визуализации изображений и исключением из рабочего процесса дорогостоящих *CFD*-пакетов.

Выводы. 1. Исследована организация стендовых испытаний камер сгорания судового ГТД с цифровой обработкой и графической интерпретацией экспериментальных данных;

2. Составлен алгоритм обработки результатов, положенный в основу разработки нового программного обеспечения, написанного на языке *COMMON LISP*; результаты испытания представлены в виде контурных диаграмм температурных полей, для построения которых использован графический редактор *Gnuplot.*

3. Полученные результаты направлены на повышение научного уровня проектирования камер сгорания судовых ГТД за счет внедрения нового программного обеспечения в рабочий процесс инженерно-конструкторской деятельности.

Литература

1. Мингазов, Б. Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей: [монография] / Б. Г. Мингазов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 167 с.
2. Орлов, М. Ю. Доводка поля температуры на выходе из многофорсуночной камеры сгорания ГТД методами трехмерного моделирования / М. Ю. Орлов, И. А. Зубрилин, С. С. Матвеев, Ю. И. Цыбизов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 6(4). – с. 905-910.
3. Александров, Ю. Б. Исследование формирования температурных полей в камерах сгорания газотурбинных двигателей / Ю. Б. Александров, И. И. Вафин, Б. Г. Мингазов // Инженерный журнал. – 2018. – № 18. – с. 1-13.
4. Кофман, В. М. Методология экспериментально расчетного определения показателей эффективности основных камер сгорания газотурбинных двигателей по результатам автономных испытаний на камерном стенде / В. М. Кофман // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2016. – № 46. – с. 6-39.
5. Романова, И. К. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложение в технических системах / И. К. Романова // Наука и образование МГУ им. Н.Э. Баумана. – 2016. – № 3. – с. 133-167.
6. Маркушин, А. А. Испытательные стенды для исследований процессов и доводки низкоэмиссионных камер сгорания ГТД / А. А. Макушин, А. В. Бакланов // Вестник Самарского госуд. аэрокосмического ун-та. – 2013. – № 3 (41). – с. 131-138.
7. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 207 с.
8. Введение в теорию графов: изд-ние 5-е / под ред. Р. Уилтона. – М.: Диалектика-Вильямс, 2019. – 240 с.
9. Дьяков, В. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В. Дьяков. – 2014. – 383.
10. Иванова, Г. С. Объектно-ориентированное программирование: [учебник] / Г. С. Иванова, Т. Н. Никишкина. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2014. – 456 с.
11. Федорченко, Л.Н. Теория типов, компьютерная алгебра, поддержка доказательств и грамматики / Л.Н. Федорченко// Вестник БГУ. Математика, информатика. –2016. –№2. –с.55-76.
12. Сайбель, П. Практическое использование COMMON LISP / Питер Сайбель. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 488 с.
13. Попов, А. В. GNUPLOT и его приложения / А. В. Попов. – М.: Изд-во попечительского совета механико-математического факультета МГУ, 2015. – 240 с.

Məqalə qəbul olunub: 05.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 621.311

KÖRPÜ KRANLARININ MÜHƏRRİKLƏRİNİN İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN İŞİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI

Məmmədov L.V., Həsənov E.A., Məmmədov E.M.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: latif.mamedov.2014@mail.ru, hasanov.079@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə gəmidə körpü kranlarındakı üçfazalı asinxron mühərriklərin iş prosesi zamanı fazalarından birində qəza baş verərsə, onun aradan qaldırılması yollarından bəhs edilir. Tezlik çeviricisi vasitəsi ilə idarə edilən asinxron mühərrikdə faza itkisi baş verərsə, onun aradan qaldırılma yolları araşdırılmış və onun bərpa alqoritminin yaradılması təklif olunmuşdur.*

Abstract.*The article discusses the ways to eliminate it, if during the operation of three-phase asynchronous motors of overhead cranes on the ship there was a failure in one of its phases. The ways of its elimination in the case of phase loss in an asynchronous motor driven through a frequency converter are investigated. So, it was proposed to create its recovery algorithm.*

Аннотация*. В статье говориться о способах устранения аварии, которая произошла на судне при сбое в одной из фаз трехфазных асинхронных двигателей мостовых кранов во время работы. Исследованы пути устранения аварии в случае потери фазы в асинхронном двигателе, приводимом в движение частотным преобразователем, и предложен алгоритм его восстановления.*

Açar sözlər: *gəmi, körpü kranı, tezlik çeviricisi, asinxron mühərrik, faza itkisi, bərpa alqoritmi*

Key words: *ship, bridge crane, frequency converter, asynchronous motor, phase loss, recovery algorithm*

Ключевые слова: *судно, мостовой кран, частотный преобразователь, асинхронный двигатель, потеря фазы, алгоритм восстановления*

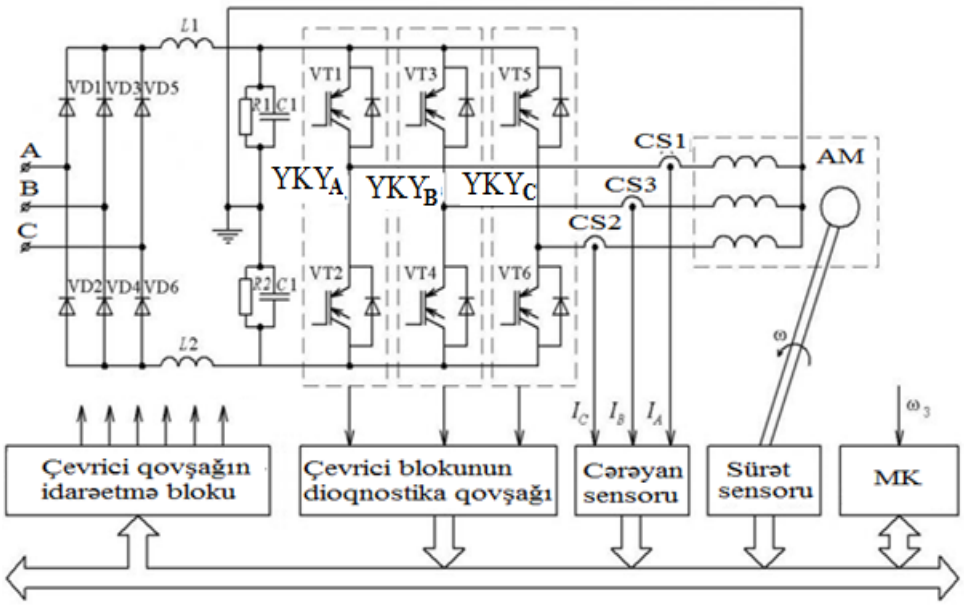
Giriş. Müasir dövrdə idarəedilmə proseslərinə görə asinxron mühərriklərin (AM) geniş tətbiq sahələri mövcuddur. Onlar, əsas etibarilə, elektrik mühərrikləri kimi xalq təsərrüfatının bütün sahələrində, həmçinin gəmilərdə geniş miqyasda istifadə edilir və elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən əsas çeviricilərdir. Hazırda asinxron mühərriklər istehsal olunan elektrik enerjisinin yarıdan çoxunu sərf edir və əksər mexanizmlərin elektrik intiqalında geniş tətbiq edilir. Buna səbəb asinxron mühərriklərin quruluşunun sadə, başqa mühərriklərə nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişli olması, etibarlığı və f.i.ə.-nın yüksək olmasıdır [1, 2].

Elektrik maşınları cərəyanın növündən asılı olaraq sabit və dəyişən cərəyan maşınlarına ayrılır. Dəyişən cərəyan maşınları isə elektromaqnit sisteminin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq asinxron, sinxron və kollektorlu maşınlara ayrılır. Təcrübələr göstərir ki, asinxron maşının generator rejimində istifadəsi nadir hallarda baş verir. Bundan başqa, asinxron maşın gərginlik və faza tənzimləyicisi, tezlik və faza çeviricisi və s. bu kimi müxtəlif rejimlərdə də işlədilir. Son vaxtlar, əsas etibarilə məişət elektrik avadanlıqları üçün birfazalı asinxron mühərriklərin tətbiqi geniş yayılmışdır. Hazırda texnikanın bir çox sahələrində müxtəlif modifikasiyalı asinxron maşınlar, o cümlədən, icra mühərrikləri geniş miqyasda tətbiq edilirlər [3, 4].

Əsas hissə. Məqalədə qaldırıcı körpü kranlarında baş verən qəza hallarının aradan qaldırılması yollarından bəhs olunmuş, müasir körpü kranlarının işdə "faza itkisi" kimi fövqəladə vəziyyətdə kranın qaldırıcı mexanizminin tezlik tənzimləyicisinin davamlılığının təmin edilməsi məsələləri

nəzərdən keçirilmişdir. Məqalədə işdə qalan iki fazada amplitudlu cərəyan dəyərlərinin bərabərliyi və faza dəyişmə bucağının bərabər olması təmin edilir.

Tezlik çevricisinin funksional sxemi qəza rejimində iki faza ilə işə davametmə prosesinin təmin edilməsi ilə tezliklə tənzimlənən asinxron mühərrikin funksional sxeminin qovşaqları verilmişdir.



***Şəkil 1**. Asinxron mühərriklərin fəaliyyət müddətini təmin edən tezlik çeviricisinin funksional sxemi*

Sabit cərəyana görə tezlik çeviricisinin qovşaqları aşağıdakı (YKY_A, YKY_B, YKY_C) yarımkörpü yuva a, yarımkörpü yuva b, yarımkörpü yuva c-dən ibarət olan yarımkörpü sxemlərindən ibarətdir. AM-in fazalarına nəzarət etmək üçün (CS1, CS2, CS3) cərəyan sensorlarından istifadə edilir. İtmiş fazanı aşkar etmək üçün nəzarət sxemi həmin A, B, C, fazalarının hamısını eyni zamanda söndürmə qərarını vermə imkanına malikdir. Buna görə də digər fazaların söndürülməsinin təmin edilməsi prosesini mikrokonrtollerin köməyi ilə asanlıqla həyata keçirmək mümkündür [5, 6].

Ardıcıllıqla sxemdə aradan qaldırılmış fazanı söndürmək üçün idarəetmə sisteminə daxil olan MK-nın idarəedici bloku vasitəsilə həyata keçirilir. MK- I_A, I_B və I_C- faza cərəyanını aşağıdakı ifadələrlə formalaşdırır.

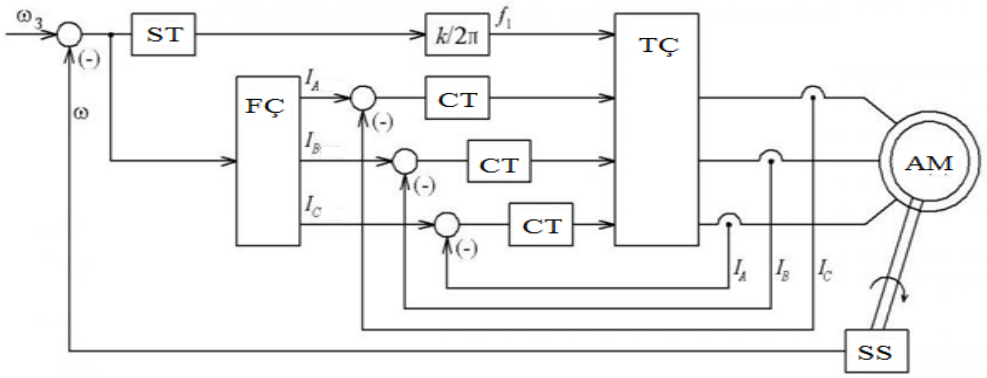
$$I_A = I_\omega \cdot \bar{a} \cdot \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot k \cdot t \cdot p_n \cdot \bar{d} \pm \pi \cdot b);$$

$$I_B = I_\omega \cdot \bar{b} \cdot \sin\left(2\pi \cdot f_1 \cdot k \cdot t \cdot p_n \cdot \bar{d} \pm \pi \cdot c + 2\pi/3\right);$$

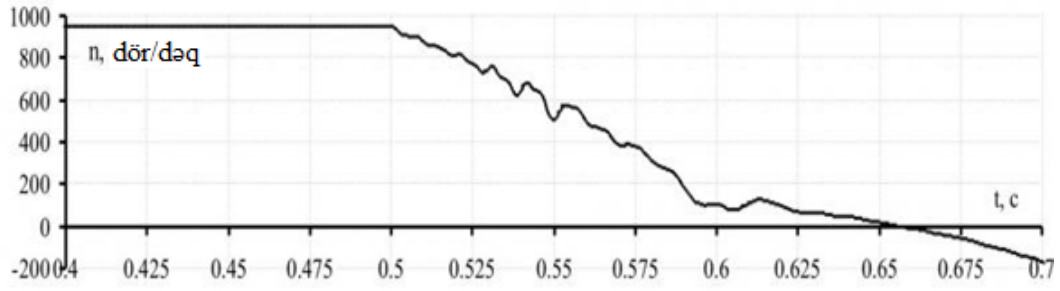
$$I_C = I_\omega \cdot \bar{c} \cdot \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot k \cdot t \cdot p_n \cdot \bar{d} \pm \pi \cdot a + 4\pi/3)$$

Burada: $I_\omega -$ faza cərəyanının formalaşdırılmış amplitud qiymətidir; ω – mühərrikin valının növbəti fırlanma tezliyidir; t – növbəti zaman müddətidir; f_1 – rotorun firlanma tezliyidir; a, b, c – EÇ-nin etiraz vəziyyətinin mənasını bit sözlərlə xarakterizə edir (TÇ tezlik çevricisi sensora əsasən işə düşür); d – bitlərin mənası olub, məntiqi ifadələrlə hesablanır. d = avbvcv– YAXUD elementinin əməliyatıdır), əgər d=1 – olarsa, deməli fazalardan birində sönmə baş vermişdir; burada; $\bar{a}\ \bar{b}\ \bar{c}\bar{d}$ – a, b, c, d-nin invers qiymətləridir, k – qida şəbəkəsinin verilmiş fırlanma tezliyi üçün tezliyə görə artma əmsalıdır [4, 5].

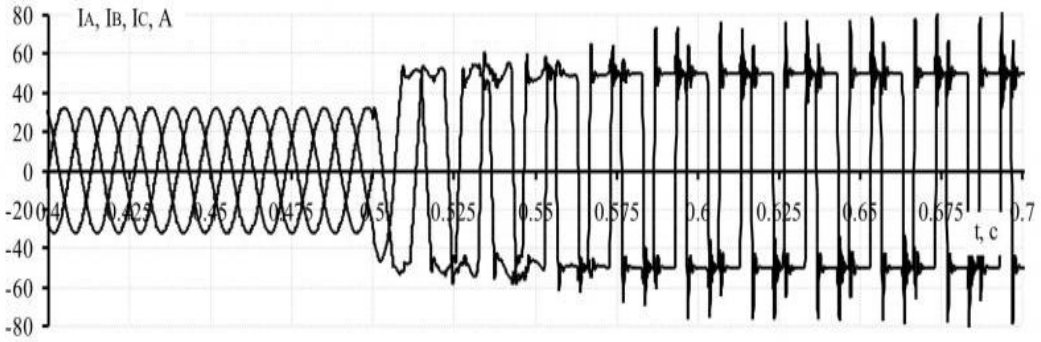
Aşağıda AM-in tezliyə görə idarəedilməsinin funksional sxemi göstərilmişdir. AM-ə cərəyan verildikdə o, (FÇ) funksional çevrici tərəfindən idarə edilir, sürət sensorunun köməyi ilə AM-in valının fırlanma tezliyinin sürətinin tənzimləyicisi (ST), sürət sensoru (SS) tərəfindən nəzarət edilir.



***Şəkil 2**. Tezliklə tənzimlənən asinxron elektrik intiqalının idarəedilmə sisteminin funksional sxemi*



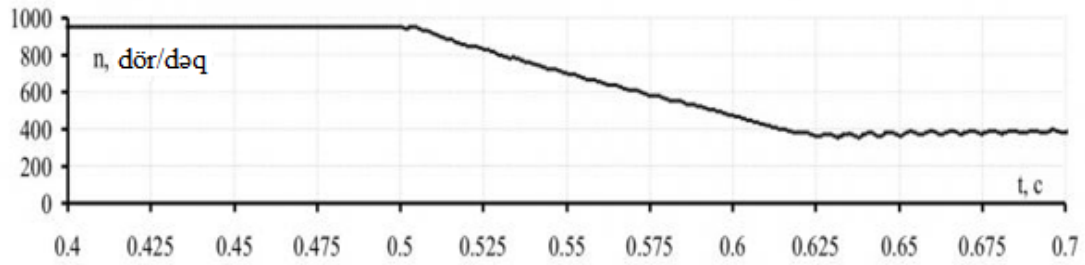
***Şəkil 3**. Tezliklə tənzimlənən asinxron elektrik intiqalının idarəetmə sisteminin davametmə prosesini təmin edən funksional diaqramı*



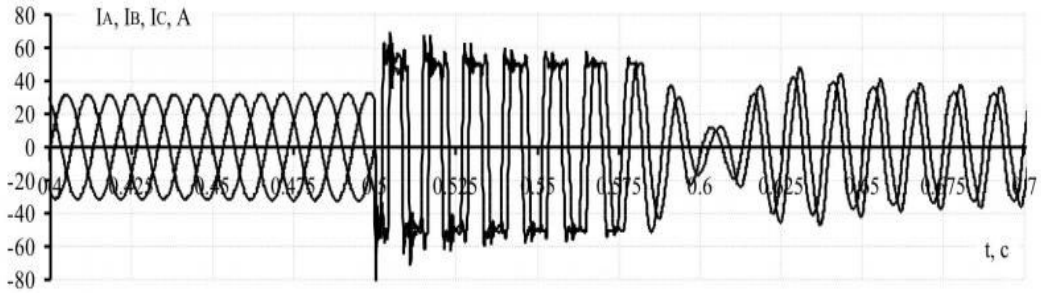
***Şəkil 4**. Uc fazalı AM-in işçi rejimindən qəza rejiminə keçməsi prosesinin bərpa alqoritmi olmadan iş prosesinin (I_A, I_B, I_C, P, n) elektromexaniki keçid proseslərinin zaman dadiaqramı*



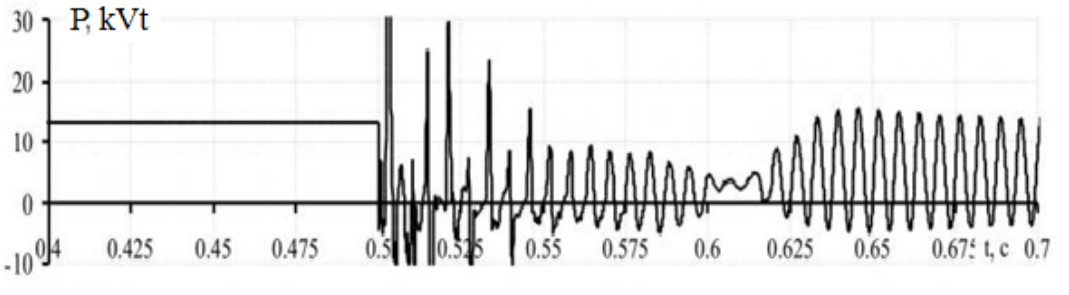
***Şəkil 5** . Uc fazalı AM-in işçi rejimindən qəza rejiminə keçməsi prosesinin bərpa alqoritmi olduqda iş prosesinin (I_A, I_B, I_C, P, n) elektromexaniki keçid proseslərinin zaman dadiaqramı*



***Şəkil 6**. Qəza rejiminin zaman dadiaqramı Td=100 mks*



***Şəkil** 7. AM qəza rejimi üçün keçid prosesinin zaman dadiaqramı*



***Şəkil 8**. Bərpa alqoritminin aktivləşdirilməsi ilə AM-in qəza rejimi üçün keçid prosesinin zaman dadiaqramı*

Şəkil 8-dən göründüyü kimi, AM-də faza kəsildikdə faza cərəyanlarının $I_{hüd}$=2*I-nin hüdudlama səviyyəsində kəskin artma baş verir. Bu halda, mühərrik nominal yükü saxlaya bilmir və fırlanma tezliyi sıfıra düşür.

Bərpa alqoritminin tətbiqi (şək.2) imkan verir ki, bərpa edilmə prosesinin köməyi ilə mühərrikin işinin davam edilmə prosesinin sona qədər davam edilməsi bitsin. Stator cərəyanın normal şəraiti bərpa olunur, fırlanma tezliyi və aktiv gücün qiyməti 3 dəfə aşağı düşür. Beləliklə, iş qabiliyyətinin bərpası alqoritmindən istifadə AM-in ikifazalı qəza rejimdə fəaliyyətinin davamlılığını, eləcə də işə salındıqda mühərrikin idarə edilməsini təmin edir [5,6].

Cərəyan sensorunun diaqnostikasının tədqiqi zamanı keçid prosesi xarakterik olaraq normal üç fazalı iş rejimindən iki fazalı qəza rejiminə keçmə göstəricisidir, Td >10mks – müddətində mühərrikin yenidən bərpa olunmuş ilkin normal iş rejiminə qayıtması baş verir. Eyni zamanda körpü yükqaldırıcı kranlarının riyazi modelini qurmaqla adekvat olaraq qaldırdığı yükə müvafiq yoxlama prosesini həyata keçirməlkə də fırlanma tezliyi və stator cərəyanına və AM-valının fırlanma tezliyini həmim yük altında həyata keçirmək mümkündür.

Nəticə. 1. Məqalədə mikrokontroller əsasında n-fırlanma tezliyinə görə yüklü kranın dolayı yollarla idarə edilməsi prosesinin tənzimlənməsi üsulları araşdırılmışdır. Bu proses zamanı körpü kranında asinxron elekrik intiqallarının iş prosesləri izlənilimişdir. Nəticədə, I_1 stator carəyanının və AM-in P-aktiv gücünün təklif edilmiş texniki həlli informativ parametrlərin ölçülməsi sayəsində kanallarının ixtisar edilməsi və müstəqilliyi nəzərə alınmaqla informasiyanın etibarlılığını artırır.

2. Alqoritm sistemi təhlükəsizlik cihazının aktivliyini, texniki xidmətinin təhlükəsizliyini təmin etməyə imkan verir, çünki ölçülən kəmiyyətlərin ötürücülərin konstruksiyasının əlçatan yerlərində quraşdırılması imkanı əldə edilir.

3. Eyni zamanda, körpü kranlarında asinxron elekrik intiqallarının iş prosesində üçfazalı mühərrikin faza itkisi zamanı asanlıqla prosesin başa çatdirilmasını bərpa edə bilir.

Ədəbiyyat

1. Məmmədov, L.V. "Körpü sxemsiz düzləndiricilərdə güc əmsalının korreksiyası" / L.V. Məmmədov, F.V. Məmmədova // "Su nəqliyyatının problemləri" XIV Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı: -2019.- s.117-119.
2. Sultanov, E.F. "Gəmi elektrik avadanlığının texniki istismarı", Dərslik./ E.F. Sultanov., E.M. Məmmədov – Bakı: ADDA-2018.-284 s.
3. Соколвский, Г. Г. "Электроприводы переменного тока с частотным регулированием" / Г. Г. Соколовский – М.: ACADEMA, 2006. – 358 стр.
4. Дементьев, Ю. Н. "Асинхронный электропривод кранового механизма с микроконтроллерным управлением"/Изв. Вузов. Электромеханика – 2006. стр. 49–53.
5. Дементьев, Ю.Н., Однокопылов Г.И., Однокопылов И.Г. "Асинхронный электропривод кранового механизма с микроконтроллерным ограничителем грузоподъемности" // Изв. Вузов. Электромеханика, №3, 2006, с.: 49-53.
6. Орлов, Ю.А., Дементьев, Ю.Н., Однокопылов, Г.И., Орлов, Д.Ю., Однокопылов, И.Г., Столяров, Д.П. "Система защиты мостового крана на основе мониторинга параметров электропривода механизма подъема" // Известия ТПУ, № 4, 2008 – Томск: Изд-во ТПУ, -2008, -с. 119-124.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 621.18 -029:62

GƏMİ İSTİLİK MÜBADİLƏ APARATLARININ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI

Rzayev M.Ə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: maqammedrzayev@yandex.ru

Xülasə. *İstilik mübadilə aparatlarının (İMA) effektivlik kriteriyası təhlil olunmuşdur. İsbat olunmuşdur ki gəmi istilik mübadilə aparatlarının effektivliyi qiymətləndirilməsində vahid kriteriya yoxdur. İstilik mübadilə aparatlarının optimallaşdırma tapşırığından asılı olaraq müxtəlif effektivlik kriteriyası istifadə oluna bilər. Gəmi İMA-nın optimallaşdırılmasında da İMA-nın təyinatından asılı olaraq optimallaşdırmanın məqsədi müxtəlif ola bilər. Baş mühərrikin havasoyuducusu üçün optimallaşdırmada məqsəd havanın temperaturun ətraf mühitin temperaturuna qədər azaltmaq (istismar tapşırığı) və onun kompaktlığı (qismən texniki-iqtisadi tapşırıq) olacaq, ancaq su-su soyuducusu üçün isə optimallaşdırmada məqsəd su-su soyuducusundan sonra şirin suyun*

temperaturun verilmiş həddə saxlamaq (55-60 ^oC) və soyuducu boruların daxıldən çirklənməsinin qarşısını almaq (istismar tapşırığı) və onun kompaktlığı (qismən texniki-iqtisadi tapşırıq) olacaqdır. İsbat olunmuşdur ki, İMA-nın təyinatından asılı olmayaraq onların kompaktlığının təmin edilməsi əsas tapşırıqlardan biridir. Ona görə də İMA-da turbulizatorlu boruların istifadəsi, bütün hallarda onların effektivliyinin artmasını təmin edir. Gəmi istilik mübadilə aparatlarının effektivliyinin artırılması üçün tövsiyələr işlənmişdir.

Abstract. *The efficiency criteria of heat exchangers were analyzed. It has been proved that there is no single criteria for evaluating the efficiency of ship heat exchangers. Different efficiency criteria can be used depending on the task of optimizing heat exchangers. In ship of heat exchangers optimization, the purpose of optimization may be different depending on the purpose of the of heat exchangers. The optimization for the main engine air cooler will be to reduce the air temperature to ambient temperature (operating task) and its compactness (partial feasibility task), but for the water cooler the optimization goal is to maintain the fresh water temperature after the water cooler (55-60 ^0C) and the prevention of internal contamination of the cooling pipes (operational task) and its compactness (partial feasibility study). It has been proved that one of the main tasks is to ensure the compactness of heat exchangers, regardless of their purpose. Therefore, the use of turbulizer tubes in the of heat exchangers increases their efficiency in all cases. Recommendations have been developed to increase the efficiency of ship heat exchangers.*

Аннотация. *Анализированы критерии эффективности теплообменного оборудования (ТО). Доказано, что единственного критерия оценки эффективности судовых теплообменников не существует. В зависимости от задачи оптимизации теплообменников могут использоваться разные критерии эффективности. При оптимизации ТО судна, цель оптимизации может быть разной в зависимости от назначения ТО. Оптимизация воздухоохладителя главного двигателя будет заключаться в снижении температуры воздуха до температуры окружающей среды (эксплуатационная задача) и его компактности (задача частичной осуществимости), но для водо-водяного охладителя цель оптимизации заключается в поддержании температуры пресной воды после водяного охладителя (55-60 ^oC) и предотвращении внутреннего загрязнения холодильных труб (эксплуатационная задача) и его компактности (частично технико-экономическое обоснование). Доказано, что одной из основных задач является обеспечение компактности ТО вне зависимости от их назначения. Таким образом, использование трубок турбулизатора в ТО увеличивает их эффективность во всех случаях. Разработаны рекомендации по повышению эффективности судовых теплообменников.*

Açar sözlər: *istilik mübadilə aparatları, effektivlik göstəricisi, optimallaşma, istilikmübadilə səhti, intensivləşdirmə*

Key words: *heat exchangers, efficiency indicator, optimization, heat exchange surface, intensification*

Ключевые слова: *теплообменный аппарат, показатели эффективности, эффективность, оптимизация, поверхность теплообмена, интенсификация*

Giriş. Gəmiçilik praktikasında müxtəlif təyinatlı və konstruksiyalı istilik mübadilə aparatları (yağ soyuducu, hava soyuducu, su-su soyuducusu və s.) geniş istifadə olunur. Gəmi istilik mübadilə aparatlarının effektivliyinin artırılması problemi həmişə aktual olmuş və bu gün də həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan aktual olaraq qalır.

İstilik mübadilə aparatlarının (İMA) layihələndirilməsi zamanı əsas tapşırıq onun qabaritinin və metal tutumunun minimal olmasıdır. Bu tapşırıq istilik mübadiləsi prosesinin intensivləşdirilməsi ilə əldə olunur. Lakin bu zaman istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunun xərc arta bilər. Ona görə də İMA-nın mükəmməliyini xarakterizə edən zaman onun effektivlik göstəricisinin düzgün seçilməsi başlıca amil hesab olunur.

İşin məqsədi. Gəmi İMA-nın tipindən asılı olmayaraq onlara verilən əsas tələb onun effektivliyinin yüksək olmasıdır. Bu baxımdan İMA-nın effektivlik kriteriyasının təhlili və gəmiçilik təcrübəsində İMA-nın effektivliyinin artırılması aktual hesab olunur. Bu məqsədilə işdə İMA-nın effektivlik kriteriyaları və onun artırılması problemi elmi-nəzəri və praktiki baxımdan təhlil olunub.

Əsas hissə. Gəmi İMA-nın layihələndirilməsində və istismarında effektivlik, yaxud optimallaşdırma kriteriyasına diqqət verilməlidir. İMA-da optimallaşdırmanın məqsədi müxtəlif ola bilər:

-termodinamiki;
-texnoloji;
-konstruktiv;
-istismar;
-qismən texniki-iqtisadi;
-tam texniki-iqtisadi.

İMA-nın effektivlik göstəricisinin qiymətləndirilməsi sahəsində elmdə birmənalı fikir yoxdur [1. s.12-45]. Belə ki, İMA-nın optimalaşdırılması tapşırığı çoxkriteriyalıdır və eyni zamanda müxtəlif tələblər əksistiqamətli ola bilər. Bu tapşırığın həlli yollarından biri müxtəlif kriteriyaların xüsusi çəki əmsalı nəzərə alınmaqla məqsəd funksiyasının qurulması ola bilər.

$$\mathrm{Z} = F + \mathrm{Consept\ x\ P} = \min \tag{1}$$

Burada: F – İMA-nın istilikmübadilə səhtinin sahəsidir, m^2.

P – İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan enerjidir, Vt.

$\mathrm{Consept}$ – çəki əmsalıdır.

Stasionar İMA-ın layihələndirilməsində uzunmüddətli istismar zamanı İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan enerjinin (P) azalmasına diqqət verilir, bu zaman çəki əmsalı (Consept) böyük qiymətə malik olur.

Modul və nəqliyyat (gəmi) İMA-da isə qabaritin və metal tutumunun azalmasına üstünlük verilir. Bu halda isə çəki əmsalı (Consept) kiçik qiymətə malik olur.

İMA-nın effektivlik kriteriyası kimi ilk dəfə akademik M.V.Kirpiçev, XX əsrin 40-cı illərində energetik kriteriyanın istifadəsini təklif etmişdir.

$$Eo = Q/N \tag{2}$$

Burada: Q – İMA-da mübadilə olunan istilik miqdarıdır.

N – İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan gücdür.

Daha sonra V.M.Antufyeva İMA-nın effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün M.V.Kirpiçevin təklif etdiyi kriteriyaya analoji kriteriya təklif etdi.

$$E = \alpha/N_0 \tag{3}$$

Burada: N_0 – İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan xüsusi gücdür.

$$N_0 = N/F \tag{4}$$

N – İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan gücdür.

F – İMA-nın istilikmübadilə səhtinin sahəsidir.

α – İMA-da istilikvermə əmsalıdır.

$$\alpha = Q/\Delta tF \tag{5}$$

Sonuncu (4) və (5) ifadələrini (3)-də nəzərə alsaq alarıq.

$$E = Q/\Delta tN \tag{6}$$

İMA-nın effektivlik kriteriyası üçün akademik M.V.Kirpiçevin təklif etdiyi (2) ifadəsində (4) və (5) tənliklərini nəzərə alsaq aşağıdakı ifadəni alarıq.

$$Eo = \alpha\Delta tF\ /N_0 \tag{7}$$

İMA-nın effektivlik kriteriyasının qiymətləndirilməsi üçün istilik faydalı iş əmsalı (F.İ.Ə), temperattur F.İ.Ə, istilik effektivliyi, istilik-hidravlik effektivlik və eksergetik effektivlik kriteriyaları tətbiq olunur.

İMA-nın istilik və istilik-hidravlik effektivlik göstəricilərini, uyğun olaraq (8) və (9) ifadələri ilə təyin etmək olar.

$$\frac{Nu}{Nu_0} = f(Re) \tag{8}$$

$$\frac{\frac{Nu}{Nu_0}}{\frac{\zeta}{\zeta_0}} = \mathrm{f(Re)} \tag{9}$$

Burada: Nu, Nu_0, ζ və ζ_o - uyğun olaraq, İMA-nın turbulizatorlu və hamar borulu istilikmübadilə səhtlərində Nusselt kriteriyası və hidravlik müqavimət əmsalıdır.

İMA-nın optimallaşdırılmasında (effektivliyinin qiymətləndirilməsində) eksergiya kriteriyasını (10) ifadəsi ilə təyin etmək olar [2. s.13-15].

$$f = F/E \tag{10}$$

Bu formulada E qiymətini Gyu-Stodol formulu ilə və Q-dən asılılığını, uyğun olaraq (11) və (12) ifadələri ilə təyin etmək olar

$$E = \Delta S T\text{ət} \tag{11}$$

$$E = Q\tau_e \tag{12}$$

Eksergiya temperatur funksiyası (τ_e) İMA ilə ətraf mühit ($T\text{ət}$) arasında asılılıq funksiyasını xarakterizə edir və (13) ifadəsi il təyin olunur.

$$\tau_e = \frac{T - T\text{ət}}{T} = 1 - \frac{T\text{ət}}{T} \tag{13}$$

Yuxarıda göstərilən (5), (12) və (13) ifadələrini (10)-da nəzərə alsaq İMA-nın optimallaşdırılmasında (effektivliyinin qiymətləndirilməsində) eksergiya kriteriyasını (14) ifadəsi ilə təyin etmək olar.

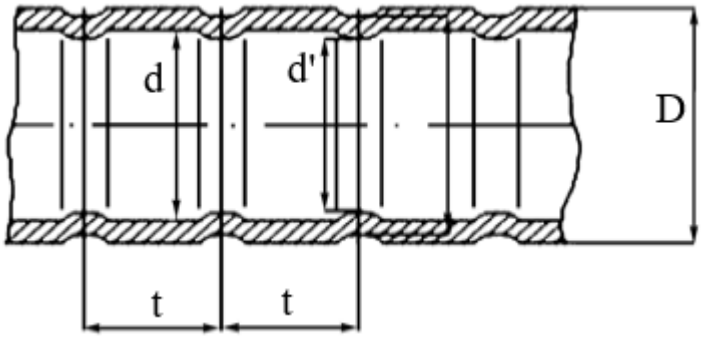
$$\mathrm{f} = 1/\alpha \Delta t \tau_e \tag{14}$$

İMA-nın optimallaşdırılması (effektivliyinin qiymətləndirilməsi) kriteriyalarını ümumiləşdirərək belə nəticəyə gəlmək olar ki bütün hallarda effektivlik kriteriyasının qiymətləndirilməsində İMA-nın istilikmübadilə səhtlərində istilikvermə əmsalı (α) həlledici təsirə malıkdir. Bu baxımdan istilikvermə əmsalının qiymətinin artırılması İMA-nın optimallaşdırılması (effektivliyinin qiymətləndirilməsi) kriteriyasının artmasına müsbət təsir edir. Ona görə də İMA-nın layihələndirmə və istismar mərhələlərində istilikvermə əmsalının (α) artırılması diqqətdə saxlanılmalıdır. Layihə mərhələsində istilikvermə əmsalının (α) artırılması məqsədilə istilikmübadiləsinin intensivləşdirilməsinə zəruridir. Bu məqsədlə müxtəlif intensifikatorlaşma metodları istifadə oluna bilər. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki istilikmübadiləsinin intensivləşdirilməsinin bütün hallarında axının hidrodinamikası dəyişir və nəticədə İMA-da istilikdaşıyıcının hərəkətinə sərf olunan xüsusi güc artacaq. Ona görə də İMA-nın optimallaşdırılması (effektivliyinin qiymətləndirilməsi) kriteriyası qiymətləndirən zaman, əvvəlcə optimallaşdırmanın məqsədi dəqiqləşdirilməli, daha sonra kriteriya seçilməlidir.

Gəmi İMA-nın optimallaşdırılmasında da İMA-nın təyinatından asılı olaraq optimallaşdırmanın məqsədi müxtəlif ola bilər (məsələn: havasoyuducu üçün optimallaşdırmada məqsəd havanın temperaturunun ətraf mühitin temperaturuna qədər azaltmaq (istismar) və onun kompaktlığı (qismən texniki-iqtisadi) olacaq, su-su soyuducusu üçün isə optimallaşdırmada məqsəd su-su soyuducusundan sonra şirin suyun temperaturunun verilmiş həddə saxlamaq (55-60 ^oC) və soyuducu boruların daxıldən çirklənməsini qarşısının alınması (istismar) və onun kompaktlığı (qismən texniki-iqtisadi) olacaqdır.

Sonuncu (14) ifadəsindən göründüyü kimi, gəmi İMA-da isilikötürməni intensivləşdirməklə eksergiya kriteriyasına (f) görə İMA-nın optimallaşdırılmasını təmin etmək olar. Bu məqsədlə borulu İMA-da hamar boruların əvəzinə turbulizatorlu borulardan istifadə etmək olar. Turbilizatorlar müxtəlif ola bilər [3. s.13-15]. Turbilizatorun tipindən asılı olaraq hesabat formulası da dəyişir. Gəmiçilik təcrübəsində tətbiq etmək üçün borununun en kəsiyi boyunca həlqəvari daxilə basıq

turbulizatorun istifadəsi daha məqsədəuyğundur. Belə ki, bu halda turbulizatorun hazırlanması və istismarı nisbətən asandır (şəkil).



Şəkil. *Borununun en kəsiyi boyunca həlqəvari daxilə basıq turbulizatorlu boru*
D-borunun xarici diametri, h- turbilazatorun hündürlüyü (h= $\frac{d-d_1}{2}$*),*
d- borunun daxili diametri, t-turbulizatorun addımı

Şəkildə təqdim olunan turbulizatorlu boruda axının hərəkət rejimindən, turbulizatorun addımından (t) və turbulizatorun hündürlüyündən asılı olaraq Nusselt kriteriyasını hesablamaq olar.

Gəmi İMA-nın layihələndirmə və zavod təmiri zamanı turbulizatorlu boruları istifadə etməklə onların səmərəliyinin artırmaq olar. Bu məqsədlə (9) formulasında göstərildiyi kimi iki amili - turbulizatorlu borularda hidravlik müqavimətin və Nusselt kriteriyasının hamar borulara nisbətən artımını nəzərə almaq lazımdır. Əgər (9) formulasındakı şərt ödənilərsə, bu o deməkdir ki (14) formulasına uyğun olaraq İMA-nın səmərəliyinin artması təmin olunacaq.

Nəticə. Gəmi su-su soyuducularında turbulizatorlu boruların istifadəsi, eyni zamanda soyuducu boruların daxıldən çirklənməsinin intensivliyinin azalmasına da təsir edəcək. Gəmi su-su soyuducularında boruların daxıldən çirklənməsinin intensivliyi gəminin təyinatından və üzmə rayonundan asılı olaraq müxtəlif olur. Belə ki liman gəmilərində su-su soyuducularında soyuducu boruların daxıldən çirklənməsinin intensivliyi uzaq səfər gəmilərinə nisbətən daha intensiv olur. Ona görə də istismar zamanı liman gəmilərinin su-su soyuducularında soyuducu boruların daxıldən çirklənmə intensivliyini azaltmaq əsas vəzifələrdən biridir. Bu məqsədlə də təklif olunan turbulizatorlu boruların liman gəmilərinin İMA-da tətbiqi daha məqsədəuyğun olardı.

Ədəbiyyat

1. Лакиза, М.В. Исследование теплопередачи в судовых теплообменных аппаратах при интенсификации теплообмена в трубном пространстве и стохастическом процессе его загрязнения / Дисс. кан. тех наук. СПб. / -2017. -178 ст.
2. Каффаров, В.В. Оптимизация теплообменных процессов и систем / В.В.Каффаров., В.П.Мешалкин, Л.В.Гурьева. -М.: Энергоатомиздат, -1988. -192 ст.
3. Калинин, Э.К. Интенсификация теплообмена в каналах / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо / -М.: Машиностроение., -1990. -199 ст.

Məqalə qəbul olunub: 30.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

UOT 629.12.066

GƏMİLƏRDƏ ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDƏN İSTİFADƏ İMKANLARİNİN ARAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., İsmayılov S.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru

Xülasə. *Beynəlxalq ticarətin təxminən 80%-dən çox hissəsini gəmilər həyata keçirir. Bu nisbət, dənizçilik sektorunun dünya ticarətində əhəmiyyətli bir paya sahib olduğunun ən vacib göstəricisidir. Ticarət həcminin artması ilə yeni gəmilər sistemə daxil ediləcək, daha çox yanacaq sərf olunacaq və daha çox tullantı yayılacaqdır. Bu səbəbdən də Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (BDT) enerji səmərəliliyi üzrə fəaliyyətə diqqət yetirir və bu baxımdan gəmilərdən qaynaqlanan mənfi nəticələrin azaldılması, onların enerjiyə qənaət imkanlarının aşkara çıxarılması məqsədi ilə təşviq edir. Məqalədə gəmilərdə yanacaqdan istifadənin azaldılması və işlənmiş qaz emissiyalarının minimuma endirilməsi üçün günəş və külək kimi bərpa olunan enerji mənbələri ilə yanaşı qurudan da enerji təmini kimi alternativ enerji mənbələrinin istifadə imkanları araşdırılmışdır.*

Abstract. *About 80% of international trade is carried out by ships. This ratio is the most important indicator that the maritime sector occupies a significant share in world trade. As the volume of trade increases, new ships will be included in the system, more fuel will be consumed and more waste will be disposed of. For this reason, the International Maritime Organization (IMO) pays special attention to energy efficiency activities and, in this regard, encourages ships to reduce their negative impact and identify energy saving opportunities. The article also explores the use of alternative energy sources such as solar and wind, as well as onshore power supply to reduce fuel consumption and minimize exhaust emissions.*

Аннотация*. Около 80% международной торговли осуществляется судами. Это соотношение является важнейшим показателем того, что морской сектор занимает значительную долю в мировой торговле. С увеличением объёма торговли в систему будут включены новые суда, будет потребляться больше топлива и утилизироваться больше отходов. По этой причине Международная морская организация (ММО) уделяет особое внимание деятельности по повышению энергоэффективности и в этой связи призывает суда уменьшить их негативное воздействие и определить возможности энергосбережения. В статье также исследуется использование альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая, а также береговое энергоснабжение для снижения расхода топлива и минимизации выбросов выхлопных газов.*

Açar sözlər: *gəmi, elektrik enerjisi, günəş enerjisi, külək enerjisi, qurudan enerji təminatı*

Key words: *ship, electricity, solar energy, wind energy, onshore energy supply*

Ключевые слова: *судно, электричество, солнечная энергия, энергия ветра, береговое энергоснабжение*

Giriş. XVIII əsrin sonunlarından bəri gəmi və dəniz texnologiyasının inkişafına baxdıqda, gəmi güc sistemlərində böyük dəyişikliklərin yaşandığı müşahidə edilməkdədir. Külək enerjisindən istifadə edərək hazırlanmış yelkənli gəmi sistemləri daha sonra kömür yanacağının yandırılması nəticəsində əldə edilən buxar gücü ilə idarə olundu. Daha sonra isə ağır yanacaq (Heavy Fuel Oil (HFO)) və dizel yanacağı (Marine Dizel Oil (MDO)) kimi neft məhsullarından istifadə etməklə gəmilərin mövcud fəaliyyətlərini həyata keçirməsi təmin edilmişdir [8].

Statistika məlumatları göstərir ki, gəmilərin neft qaynaqlı yanacaqların istifadəsinə görə, gəmilərin qlobal Karbon Dioksid (CO_2) emissiyasının 3%-nə, Azot Oksid (NOx) emissiyasının 15%-nə və Kükürd Dioksid (SO_2) emissiyasının 6%-nə səbəb olduğu aşkar edilmişdir [13]. Buna görə, Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (IMO) gəmilərin ətraf mühitə təsirlərini minimuma endirən bir sıra tədbirlər görmüşdür. Enerji Səmərəliliyi Dizayn İndeksi (ESDI) ilə yeni gəmilərdə CO_2 emissiyalarının nəzarət altına alınması hədəflənmişdir. Gəmi Enerji Səmərəliliyi İdarəetmə Planı (SESİP), bütün gəmilərdə əməliyyat səmərəliliyini təmin etmək məqsədi daşıyır. Dənizlərin gəmilərdən çirklənməsinin qarşısını alma Beynəlxalq Konvensiyanın (MARPOL) Əlavə-VI Maddəsin 13 və 14-cü qaydaları ilə gəmilərdən buraxılan NOx, SOx və PM emissiyalarının məhdudlaşdırılması planlaşdırılmışdır [20]. MARPOL Əlavə-VI ya görə gəmi dizel mühərrikinin tutumuna və inşa ilinə bağlı olaraq NOx emissiya yayma meyarları müəyyənləşmişdir.



Şəkil 1. *"SolarSailor" gəmisində günəş və külək enerjisi icrası*

Bundan əlavə, gəmi yanacaqlarında icazə verilən maksimum kükürd tərkibi 2020-ci ilinə qədər 3,5%-dən 0,5%-ə endirmək qərarı verilmişdir [19]. Həmçinin, MARPOL Əlavə-VI çərçivəsində, Baltik dənizi, Şimal Dənizi, Birləşmiş Dövlətlər Karib Dənizi və Şimali Amerikanı əhatə edən bölgələrin bəzi hissələri Emissiyaya (tullantıya) Nəzarət Sahəsi (Emission Control Area (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 [4].



Şəkil 2. *"Solar Golf" (Sol) və "Solar Albatross" (Sağ) gəmisinin günəş enerjisi*

Əsas hissə. Dənizçilik sahəsinin 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 texniki, 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.

Gəmilərdə alternativ enerji icrası. Yenilənə bilən enerji sistemlərinin icrası, günəş enerjisindən elektrik istehsalı PV panelləri ilə, külək enerjisindən elektrik istehsalı isə külək turbinləri 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.

OCIUS adlı Avstraliya şirkəti tərəfindən ticarət məqsədləri üçün inşa edilən "SolarSailor" adlı bərə tipli gəmi bu çərçivədə icra edilmiş ilk çalışmalardan biridir.

Gəmi günəş, külək, batareya və LPG ilə işləyə bilən hibrid bir quruluşa malikdir. Gəminin enerji ehtiyacı əsasən günəş, külək və batareya sistemi tərəfindən qarşılanır. Alternativ enerji mənbələri yetərli olmadığı zaman, gəmidə LPG yanacaq sistemi işə düşür. 21m uzunluğundakı gəmi, Sidney Limanı üçün 100 nəfərlik turist istirahət bərəsi olaraq 2000-ci ildə bir il kimi qısa müddətdə

inşa edilmişdir. Gəminin yanacağı 35% və emissiyaları 50% azaltmaq potensialı mövcuddur. Mövcud dizaynı sayəsində 2001-ci ildə "Avstraliyada ilin Dizayn Mükafatı" na layiq görülmüşdür. Kommersiya cəhətdən idarə olunan gəmi ilə 10 ildən çox müddətdə on minlərlə sərnişin daşınmışdır [15,17]. Gəmi qısa məsafəli sərnişin daşımalarının sıx olduğu bölgələrdə hibrid enerjili dəniz transportlarının səmərəli istifadə ediləbiləcəyini göstərən yaxşı bir nümunədir. Bu konsepsiyaya (anlayışa) malik gəmilərin dəniz nəqliyyatına daxil edilməsi ilə bərabər, gəmilərdən qaynaqlanan yanacaq istehlakı və tullantılarının əhəmiyyətli dərəcədə azalmaya nail olunacaq və sahil ərazilərindəki ətraf mühitin çirklənməsi azaldılacaqdır.

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 [7,14].



Şəkil 3. *"M / V Auriga Leader" gəmisinin günəş enerjisi icrası*

"M/V Auriga Leader" adlı yük gəmisi isə günəş enerjisi tətbiqi ilə diqqəti özünə 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.

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 [3]. "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. 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 [5,16]. Bu konsepsiya, dəniz nəqliyyatının gələcəkdə sıfır yanacaq və sıfır emissiya 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.



Şəkil 4. *"M/S Turanor PlanetSolar" gəmisində günəş enerjisinin tətbiqi*

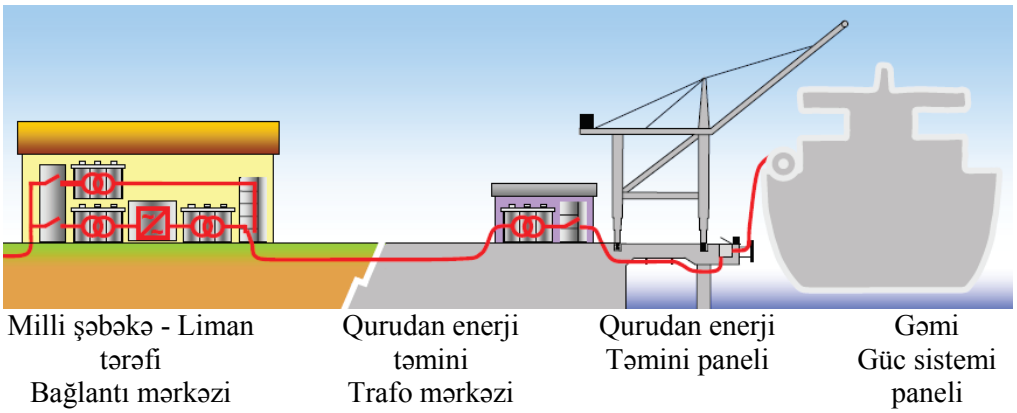
"Revelation II" adlı katamaran tipli bərə qeyri-adi dizayna malikdir. Böyük Britaniyada istehsal edilən 10,97 m uzunluğundakı qayığın qiyməti 300.000 funt sterlinqdir. Qayıqda qeyri-adi yəni, üfüqi oxlu külək turbinləri quraşdırılıb. Külək turbini 110 kVt-a qədər güc yarada bilir və bu gücü hərəkət sisteminə ötürə bilir. Eksperimental və müasir bir yanaşma ilə yola çıxan tədqiqatçılar, dizaynın insanlar tərəfindən çox fərqli dəyərləndirilməsinə baxmayaraq müsbət rəy aldıqlarını söylədilər [1,2].



Şəkil 5. *"Revelation II" gəmisində külək enerjisinin tətbiqi*

Gəmilərdə külək turbinlərinin istifadəsi nəzərə alındığında, şaquli oxlu külək turbin növlərinə daha çox üstünlük verildiyi görülməktədir. Ancaq bu qayıqda istifadə olunan üfüqi oxlu külək turbini ilə dəniz nəqliyyat vasitələrində fərqli tip külək turbin sistemlərinin də istifadə ediləbiləcəyi göstərilmişdir.

Qurudan enerji təchizatı sisteminin icrası. Gəmilərdə günəş və külək enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi ilə yanaşı alternativ enerji sistemlərindən biri olan qurudan enerji tədarükünün icrası da dənizçilik sektorunda maraq doğuran mövzulardan biridir. Qurudan enerji təchizatı sistemi gəmilərin limanda olarkən ehtiyaclarını öz generatorları əvəzinə milli şəbəkədən təmin etməsi kimi ifadə edilir. Şəkil 6-da qurudan enerji təchizatının icrası sisteminin ümumi konsepsiyası verilmişdir.



Şəkil 6. *Qurudan enerji təchizatı sisteminin görüntüsü*

Milli şəbəkədən alınan elektrik enerjisi liman tərəfində yerləşən sahildən enerji təmini panelinə köçürülür. Burada elektrik enerjisi bağlantı qurulacaq gəmi üçün müvafiq gərginlik və tezlik dəyərləri müəyyənləşdirilir və gəminin əsas elektrik panelinə qoşulması həyata keçirilir. Bu mərhələdən sonra, gəmidəki generator sistemi söndürülür, lazımi elektrik enerjisi milli şəbəkədən qarşılanır.

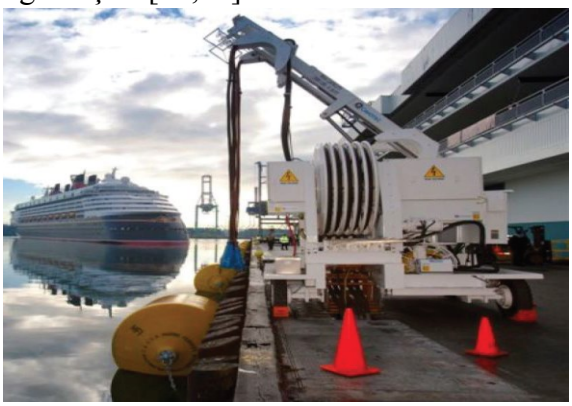


Şəkil 7. *"Göteborq Limanı" qurudan enerji təchizatının tətbiqi*

Dünyanın bəzi limanlarında, xüsusilə ticarət fəaliyyətlərini davam etdirən gəmilər üçün lazımlı infrastruktur işləri tamamlanmış və sahildən enerji təchizatı sistemi tətbiq olunmağa başlamışdır. Hal-hazırda Almaniya, ABŞ, Belçika, Finlandiya, Hollandiya, İsveç, Kanada və Norveçdə yerləşən 22 limanda bu sistemin icrası aparılır. Bu limanlarda Ro-Ro, ROPAX, cruise ve konteyner tipli ticarət gəmilərinin elektrik enerjisinə olan tələbatı ödənilir [9].

Mövcud tətbiqetmələrə baxdıqda, Isveçin Göteborg Limanı 1989 ilindən bəri Ro-Ro və ROPAX tipli gəmilər üçün qurudan enerji təchizatı sistemini istifadə edən ilk liman olma xüsusiyyətinə malikdir. Liman 2010-cu ilə qədər infrastruktur işlərini genişlədərək fərqli növ gəmilər üçün də qurudan enerji təchizatı təmin etməyə hazır hala gəlmişdir [12,18].

ABŞ-ın Los Angeles Limanı isə 2004-cü ildə fəaliyyətə başlamış və konteyner gəmiləri üçün qurulmuş dünyanın ilk qurudan enerji təchizatı sisteminə malik limanı kimi tarixə düşmüşdür. Daha sonra cruise tipli sərnişin gəmilərinin də qurudan enerji təchizatı sisteminə qoşulması üçün lazımi infrastruktur yaradılmışdır. Eyni zamanda iki cruise gəmisinin sistemə qoşula bildiyi ilk liman olma xüsusiyyətinə malikdir. Liman 40 MVt gücünə qədər gəmilərin elektrik enerjisinə olan tələbatını ödəyə bilir [6, 10].



Şəkil 8. *"Los Angeles Limanı" qurudan enerji təchizatının tətbiqi*

Kanadanın ən böyük limanlarından olan Vancouver limanı isə 2009-cu ildə infrastruktur çalışmaları tamamlandıqdan sonra, cruise tipli sərnişin gəmiləri üçün qurulmuş ölkədə birinci, dünyada isə üçüncü qurudan enerji təchizatı sisteminin xüsusiyyətinə malikdir. Qurudan enerji təchizatı sistemini istifadə edən hər sərnişin gəmisindən orta hesabla 16 ton yanacaq və 50,6 ton CO2 emissiyası qənaət olunur. Liman bundan başqa konteyner gəmiləri üçün də qurudan elektrik enerjisi təmin edilməkdədir. Qurudan enerji təchizatı tətbiqindən istifadə edən hər konteyner gəmisindən 30,7 ton yanacaq və 94,6 ton CO2 emissiyası qənaət olunur [11].



Şəkil 9. *"Vancouver Limanı" qurudan enerji təchizatı icrası*

Qurudan enerji təchizatı sisteminin gəmidəki işlənmiş qazların emissiyalarının, səs-küyün və titrəmənin azaldılması üçün yüksək potensiala malik olması ilə yanaşı, bu tətbiqdən əldə ediləcək, ətraf mühit qənaət göstəriciləri dəyişə bilir və bəzən daha çox emissiya buraxılışına səbəb olur. Bunun ən mühüm səbəbi milli şəbəkə üçün istehsal olunan elektrik enerjisi üçün istifadə olunan xammaldır. Buna görə də, gəmi generatorlarında və milli şəbəkədə vahid elektrik enerjisi üçün buraxılan emissiyaların dəyərinin təhlilini aparmaq vacibdir. Limanların öz elektrik enerjisini bərpa olunan enerji mənbələrindən əldə etməsi halında bu cür ekoloji problemlər həll edilmiş olacaq və qurudan enerji təchizatı sistemi tam mənasıyla ətraf mühitə uyğun bir həll yolu təqdim edəcəkdir.

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.

Nəticə. Məqalədə kiçik güclü gəmilərdə geniş istifadə olunan alternativ enerji sistemlərinin ticarət gəmilərində də tətbiq oluna biləcəyi nümunələrlə izah edilmişdir. Beynəlxalq konvensiyaların tələblərinə uyğun olaraq gəmilərin üzərinə qoyulan ekoloji məhdudiyyətlər səbəbindən bu cür təcrübə və layihələrin gələcəkdə artacağı gözlənilir. Gəmilərin ətraf mühitə vurduğu ziyanı minimuma endirmək və maddi olaraq maksimum fayda götürmək üçün alternativ enerji sistemlərinə sahib yaşıl gəmi və yaşıl liman tətbiqetmələri gələcəkdə daha çox yayılacaqdır. Texnologiyadakı sürətli inkişaflarla birlikdə enerjiyə qənaət edən məhsulların xərcləri də azalacaq və ekoloji cəhətdən təmiz gəmi və liman anlayışları daha sərfəli bir şəkildə həyata keçiriləcəkdir.

Günümüzdə elektrik enerjisinin bir hissəsinin təmin edilə bildiyi hibrid enerji gəmi sistemləri üzərində işlər aparılsa da, sözügedən layihələrdən də aydın olduğu kimi, sıfır emissiya ilə tamamilə bərpa olunan enerji mənbələri ilə çalışacaq ticarət gəmi anlayışları gələcəkdə nəqliyyat sektorunda yerini alacaqdır. Dənizçilik sektorunda davamlı fəaliyyətlərin yalnız gəmilər ilə məhdudlaşmadığı, liman tərəfində də yaşıl liman konsepsiyasının inkişaf etdirməyə cəhd edildiyi görünür. Qurudan enerji təchizatının icrası da yaşıl liman konsepsiyasının ən vacib hissəsidir. Mövcud vəziyyətdə, gəmilər qurudan enerji təchizatı sistemi ilə milli şəbəkədən enerji ehtiyaclarını təmin edə bilirlər. Bu konsepsiyanı bir addım daha irəli apararaq, limanların milli şəbəkədən asılı olmayaraq bərpa olunan enerji mənbələri ilə öz elektrik enerjisini təmin etməsi halında yaşıl gəmi və yaşıl liman konsepsiyaları bir-birini tamamlayacaq və dəniz sektorundakı ekoloji və iqtisadi çatışmazlıqlar minimuma endiriləcəkdir. Buna görə də, Azərbaycan dənizçilik sektorunun mövcud gəmi modelləri, eləcə də yeni nəsil gəmi və liman konsepsiyaları üzərində işləməsi olduqca vacibdir. Belə təşəbbüslər və layihələr Azərbaycan dənizçilik sektorunu başqa ölkələrlə müqayisədə daha irəliyə aparacaqdır.

Tamamilə alternativ enerji mənbələri ilə idarə olunan gəmi anlayışları və öz elektrik enerjisini istehsal edən liman anlayışları aktual və maraq oyadan bir mövzu olmaqdadır. Gələcək çalışmalarda, bu cür sistemlərin icrası texniki, ekoloji və iqtisadi cəhətdən ayrıca qiymətləndiriləcəkdir.

Ədəbiyyat

1. BBC, Design Puts Boat in a Spin, http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/1507825.stm [Online] [Giriş 07.01.2021]
2. Bluebird, Wind Power - Renewable Energy Research, http://www.bluebird-electric.net/wind_-powered_ships_marine_renewable_energy_research.htm [Online] [Giriş 02.03.2021]
3. Businessgreen, First Solar Powered Container Ship Sets Sail, https://www.businessgreen.-com/bg/news/1802121/first-solar-powered-container-ship-sets-sail [Online] [Giriş 09.02.2021]
4. 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.
5. 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]
6. Greenport, Alternative Maritime Power for Cruise Lines in Los Angeles, http://www.greenport.-com/news101/americas/alternative-maritime-power-for-three-different-cruise-lines-in-the-port-of-los-angeles [Online] [Giriş 08.02.2021]
7. 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]
8. Mofor, L., Nuttall, P. and Newell, A. (2015). Renewable energy options for shipping: technology brief. IRENA.
9. OPS, http://www.ops.wpci.nl/ops-installed/ports-using-ops/ [Online] [Giriş 18.03.2021]
10. Port of Los Angeles, First in the World Electric Plug-in of Container Ship at the Port of Los Angeles, https://www.portoflosangeles.org/environment/progress/news/first-world-container-ship-electric-plug-port-la/ [Online] [Giriş 23.03.2021]
11. Portvancouver, Shore Power, https://www.portvancouver.com/environment/air-energy-climate-action/marine/shore-power/ [Online] [Giriş 11.02.2021]
12. Pospiech, P., Shore Power Supply for Stena-Ferries in Gothenburg and Rotterdam, Maritime Propulsion,http://articles.maritimepropulsion.com/article/Shore-Power-Supply-for-Stena-Ferries-in- Gothenburg-and-Rotterdam51595.aspx [Online] [Giriş 14.04.2021]

13. 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).
14. Shipspotting, Solar Albatross Ship Information, http://www.shipspotting.com/gallery/photo.-php?lid=2481701 [Online] [Giriş 26.03.2021]
15. Sustainablefreight, OCIUS - SolarSailor Technology, http://www.sustainablefreight.com.au/-case-studies/ocius--solarsailor-technology [Online] [Giriş 28.03.2021]
16. The Verge, An Inside Look at the World's Largest Solar-Powered Boat, https://www.thev-erge.com/2013/6/22/4454980/ms-turanor-planetsolar-solar-powered-boat-photo-essay [Online] [Giriş 22.03.2021]
17. Windvinder, Solar Sailor – Ocius. http://www.windvinder.com/index.php?id=94&L=1 [Online] [Giriş 05.04.2021]
18. WPCI, World Ports Climate Initiative. Port of Gothenburg, http://wpci.iaphworldports.org/on-shore-power-supply/ops-installed/gothenburg.html [Online] [Giriş 21.03.2021]
19. 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. Lon-don: Academic Press.
20. MARPOL 73/78 Санкт–Петербург, ЗАО «ЦНИИМФ» - 2008

Məqalə qəbul olunub: 08.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

УДК:551.521.17

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ УФ РАДИАЦИИ СОЛНЦА, ДОШЕДШЕЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Алиева Е.Н.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
AZ1010, г. Баку, пр. Азадлыг, 20
E-mail: yegane.aliyeva.1969@mail.ru

Аннотация. *Проанализирована возможность использования существующих коэффициентов ослабления УФ-Б радиации на уровне Земли. Разработана методика для вычисления ослабления УФ-Б радиации в зонах, находящихся ниже уровня океана, в частности на уровне Каспийского моря. Даны результаты примерных вычислений ослабления УФ-Б радиации для гипотетического случая снижения уровня Каспия о отметки – 50 м.*

Xülasə. *Yer səviyyəsində UB-B radiasiyanın mövcud olan zəifləmə əmsallarının istifadə imkanı analiz edilmişdir. UB-B radiasiyanın okean səviyyəsindən aşağıda, o cümlədən Xəzər dənizi səviyyəsində olan zonalarda zəifləməsinin hesablanması üçün metodika işlənib hazırlanmışdır. UB-B radiasiyasının Yer səviyyəsində mövcud zəifləmə əmsallarından istifadə etmək imkanı təhlil olunur. Xəzər səviyyəsinin 50 metr aşağı düşməsinin hipotetik halı üçün UB-B radiasiyasının zəifləməsinin təqribi hesablama nəticələri verilmişdir.*

Abstract. *The possibility of utilization of known coefficients of UV-B radiation attention at the Earth level has been analyzed. The method for computing of attention of UV-B radiation in zones located below the ocean level, including the Caspian is developed. The results of calculations of attention of UV-B radiation for hypothetical case of lowering the level of Caspian Sea down to – 50 are given.*

Ключевые слова*: УФ радиация, аэрозоль, концентрация массы, Мертвое море, спектр*
Açar sözlər: *UB şüalanma, aerozol, kütlə konsentrasiyası, Ölü dəniz, spektr*
Key words: *UV radiation, aerosol, mass concentration, Dead Sea, spectrum*

Введение. Суммарная величина УФ радиации на уровне Земли имеет суточные и годовые циклы, которые сильно зависят от географической широты, высоты над средним уровнем моря, облачности и т.д. Значение УФ радиации в конкретно выбранной местности в основном зависит от времени дня и года, далее от облачности, типа и количества имеющихся аэрозолей [1].

Такая многофакторность зависимости значения УФ радиации, безусловно затрудняет проведения модельных исследований, использования результатов полученных для одной местности применительно к другой местности.

Цель работы. Тем не менее, некоторые авторы [1] пытаются оценить величину УФ радиации путем введения весьма сомнительного параметра – отношения УФ радиации к глобальной широкодиапазонной радиации. Очевидно, что вышеуказанные факторы действуют не только на УФ радиацию, но и на видимую и инфракрасную часть спектра. И как результат, диапазон оценок вышеуказанного отношения меняется в широком пределе: от 2 % до 8 %. Ясно, что при такой неопределенности оценок о никакой точности моделирования не может быть и речи. В такой ситуации рядом авторов (например [2]) была принята попытка предло-

жить индексы прозрачности и/или ясности, которые по замыслу авторов должны были ослабить влияние характеристик местности на отношение УФ и глобальной радиации. Эти индексы определялись как

$$k_t = \frac{H_Г}{H_{Г_0}}, \tag{1}$$

$$k_{tУФ} = \frac{H_{УФ}}{H_{УФ_0}}, \tag{2}$$

где $H_Г$ и $H_{УФ}$ - являются, соответственно, дневной глобальной солнечной широкодиапазонной радиацией (в типичном случае в спектральном диапазоне 0,3-3 мкм) и дневной глобальной солнечной УФ радиацией на горизонтальных плоскостях на уровне Земли, а $H_{Г_0}$ и $H_{УФ_0}$ соответственно являются горизонтальными радиациями на внешней границе атмосферы.

После появления работы [2] были опубликованы ряд статей, где делались попытки применения несколько отличающихся от (1) и (2) индексов в целях моделирования радиационных характеристик. Например, в работе [3] было предложено использование коэффициента относительной разности, определяемого следующим образом

$$\alpha = \frac{(УФ_1 - УФ_2)\cdot 100\%}{УФ_2}, \tag{3}$$

где $УФ_1$ - интенсивность УФ радиации в местности 1, $УФ_2$ - интенсивность УФ радиации в местности 2.

В работе [3] приведены вычисленные кривые коэффициента α для следующей пары местности: 1. Территория Мертвого моря, находящегося на уровне 400 м ниже уровня океана; 2. Территория местности Беер Шева (Израиль), находящейся на уровне 300 метров над уровнем океана.

Однако, несколько позже авторы работы [3], уже в другой своей работе [4] решили отказаться от коэффициента (3) и провели широкомасштабные исследования индексов (1) и (2). В качестве примера на рис. 1 приведены графики [4] годового изменения среднемесячных значений следующих параметров:

1. УФ-Б радиация в местечке Беер-Шева;
2. Коэффициент прозрачности в местечке Беер-Шева;
3. УФ-Б радиация на акватории Мертвого моря;
4. Коэффициент прозрачности на акватории Мертвого моря.

Не подвергая сомнению научную значимость индексов типа (1) и (2), а также графики, подобно приведенному на рис. 1, отметим, что существует ряд задач модельных исследований, для решения которых относительные индексы типа (3) более информативны, чем индексы типа (1) и (2).

К числу таких задач можно отнести исследование влияния отрицательной высоты расположения местности над уровнем океана на ослабления УФ радиации на поверхности этой местности. Очевидно, что использование коэффициентов (1) и (2) в этих целях не может обеспечить нужную информативность, так как эти показатели отображают интегральную оценку ослабления УФ радиации на дистанции «верхняя граница атмосферы - Земля» равной 60 км.

Для разработки методических основ модельного исследования ослабления уровня УФ радиации на поверхности Каспийского моря, расположенного на 28 м ниже уровня океана, безусловно, информативным следует считать коэффициент (3) или его модифицированную форму

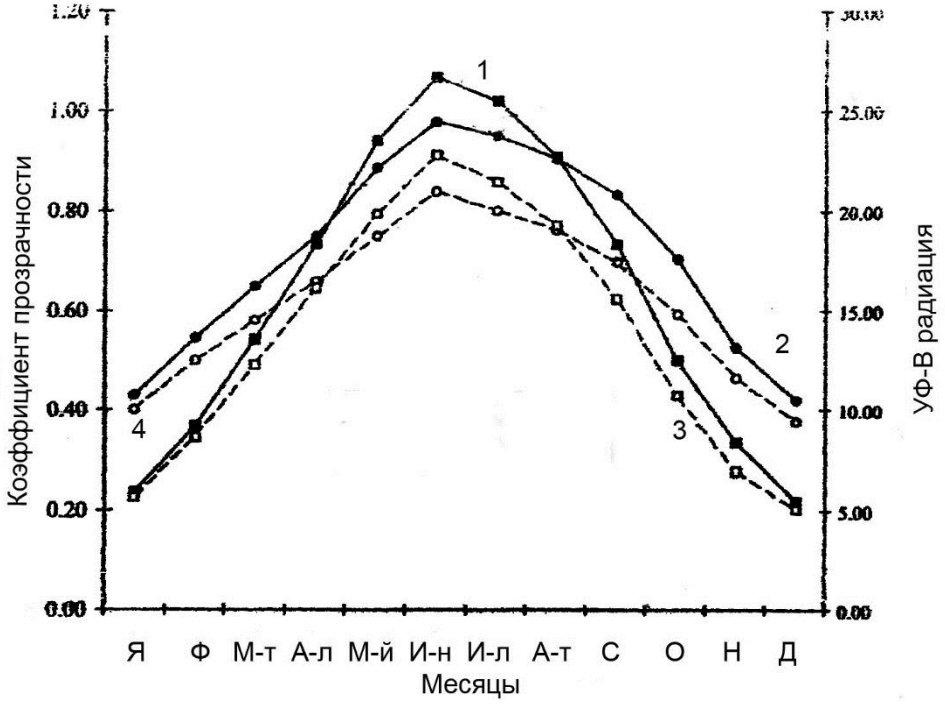


Рис. 1. *Графики значения УФ-Б радиации и коэффициентов прозрачности Беер-Шева и акватории Мертвого моря*

$$\alpha_1 = \frac{УФ_2}{УФ_1}. \tag{4}$$

Покажем, как на основе вышеизложенного может быть получена формула для модельной оценки ослабления УФ радиации на уровне поверхности Каспийского моря по сравнению с измеренной радиацией в местностях, указанных в [3]. В качестве базовой формулы воспользуемся выражением закона Бугера-Бера

$$I = I_0 e^{-m\tau}, \tag{5}$$

где I - измеренная радиация на уровне исследуемой местности; I_0 - величина солнечной постоянной для УФ-Б диапазона; m - оптическая воздушная масса; τ - оптическая толщина атмосферы.

Для двух местностей, рассмотренных в [3], а именно для местности Беер Шева и Мертвого моря, соответственно можно написать следующие уравнения

$$I_Б = I_0 e^{-m\tau_Б}, \tag{6}$$

$$I_M = I_0 e^{-m(\tau_Б + \Delta\tau)}, \tag{7}$$

где $\Delta\tau$ - разница в оптической толщине атмосферы над вышеуказанными местностями.

С учетом принятой модели стандартной атмосферы, считаем, что оптическая толщина атмосферы равномерно распределена по высоте. В этом случае для уровня Каспийского моря аналог выражения (7) имеет следующий вид

$$I_K = I_0 e^{-m\left(\tau_Б + \frac{[h_Б + |h_K|]\Delta\tau}{|h_M| + h_Б}\right)}, \tag{8}$$

где $h_Б$ - высота расположения местности Беер Шева над уровнем океана; h_K - высота расположения Каспийского моря над уровнем океана; h_M - высота расположения Мертвого моря над уровнем океана.

С учетом $h_Б = 300$ м; $h_K = 28$ м; $h_M = 400$ м имеем

$$I_K = I_0 e^{-m\left(\tau_Б + \frac{328}{700}\Delta\tau\right)}. \quad (9)$$

С учетом (6) и (9) имеем

$$\frac{I_Б}{I_K} = \frac{I_0 e^{-m\tau_Б}}{I_0 e^{-m\left(\tau_Б + \frac{328}{700}\right)\Delta\tau}} = e^{\frac{328}{700}\Delta\tau \cdot m}. \quad (10)$$

Из (10) имеем

$$I_K = I_0 e^{-\frac{328}{700}\Delta\tau \cdot m}. \quad (11)$$

Для вычисления I_K сначала определим величину $\Delta\tau$.

Из выражения (6) и (7) получаем

$$\frac{I_M}{I_Б} = e^{-m\Delta\tau}. \quad (12)$$

Из выражения (12) получаем

$$\Delta\tau = \frac{1}{m} ln \frac{I_Б}{I_M}. \quad (13)$$

С учетом (11) и (13)

$$I_K = I_Б \cdot e^{-\frac{328}{700} ln \frac{I_Б}{I_M}} = I_Б \cdot e^{ln\left(\frac{I_M}{I_Б}\right)^{\frac{328}{700}}} = I_Б \cdot \left(\frac{I_M}{I_Б}\right)^{\frac{328}{700}} = I_M^{\frac{328}{700}\left(1-\frac{328}{700}\right)}. \quad (14)$$

Отметим, что в общей форме формула (14) имеет следующий вид

$$I_K = I_M^{\left[\frac{h_Б + |h_K|}{|h_M| + h_Б}\right]} \cdot I_Б^{\left[\frac{|h_M| - |h_K|}{|h_M| + h_Б}\right]}. \quad (15)$$

Для примера, рассмотрим теоретический случай, когда уровень Каспия опустился до уровня – 50 м. В этом случае из (14) имеем

$$I_k = \left(I_M \cdot I_Б\right)^{0,5} = \sqrt{I_M \cdot I_Б}. \quad (16)$$

С учетом выражения (16), а также проанализировав результаты работы [2] можно вычислить график зависимости I_K от длины волны.

Выражение (16) запишем в следующем виде

$$I_K = I_Б \cdot \sqrt{\frac{I_M}{I_Б}} \quad (17)$$

или

$$\gamma = \left(\frac{I_K}{I_Б}\right)^2 = \frac{I_M}{I_Б}. \quad (18)$$

График функции $\gamma = \frac{I_M}{I_Б}$, заимствованный с работы [2] показан на рис. 2.

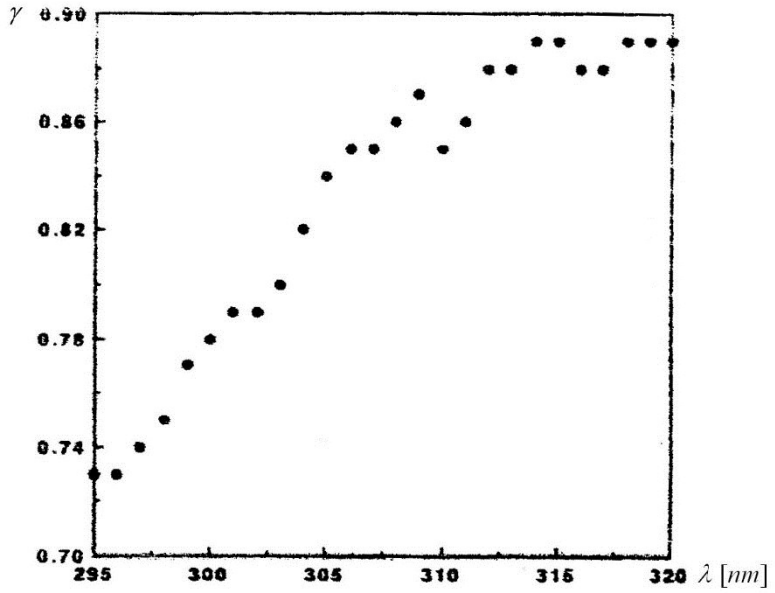


Рис. 2. *График зависимости показателя* γ *от длины волны* λ *[2]*

Результаты измеренных величин $I_Б$, заимствованные с работы [2] приведены в табл.

Табл.

Результаты измерений УФ-Б радиации, проведенные на территории Мертвого моря и местности Беер Шева

Месяц	Мертвое море	Беер Шева
Январь	5-36	5-76
Февраль	7-44	8-29
Март	12-19	13-18
Апрель	16-33	17-99
Май	20-54	23-33
Июнь	23-28	26-25
Июль	21-45	23-95
Август	19-89	22-26
Сентябрь	15-79	17-81
Октябрь	10-58	12-12
Ноябрь	7-03	7-69
Декабр	4-78	5-31

Приведенные графики показателя γ, а также результаты измеренных величин $I_Б$ позволяют вычислить модельную величину уровня УФ-Б радиации на уровне поверхности Каспийского моря.

Таким образом, показана возможность проведения модельных исследований УФ-Б радиации на уровне Каспийского моря с применением предложенного нами коэффициента отношения УФ радиации на базе данных измерений.

Заключение. В заключение сформулируем основные выводы проведенного в районе Мертвого моря исследования:

1. Проанализирована возможность использования существующих коэффициентов ослабления УФ-Б радиации на уровне Земли.
2. Разработана методика для вычисления ослабления УФ-Б радиации в зонах, находящихся ниже уровня океана, в частности на уровне Каспийского моря.
3. Даны результаты примерных вычислений ослабления УФ-Б радиации для гипотетического случая снижения уровня Каспия до отметки – 50 м.

Литература

1. Barbero F.J., Lopez G., and Batlles F.J. Determination of daily solar ultraviolet radiation using statistical models and artificial neural networks //Ann. Geophys., 24, 2105-2114, 2006 www.ann-geophys.net/24/2105/2006
2. Martinez-Lozano J.A., Casanovas A.J. and Utrillas M.P. Comparison of global UV (290-285 nm) and global irradiation measured during the warm season in Valencia, Spain, Int. J. Climatol, I4, 93-102, 1994.
3. Kudish A.I., Evseev E.G., and Kushelevsky A.P. The analysis of ultraviolet radiation in the Dead Sea basin, Israel
4. Kudish A.I., Lyubansky V., Evseev E.G., Ianetz A. Inter-comparison of the solar UVB, UVA and global radiation clearness and UV indices for Beer Sheva and Neve Zohar (Dead Sea), Israel. Energy 30 (2005) 1623-1641 www.elsevier.com/locate/energy

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

УДК 541.84:525

ПРИРОДА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПОЛИМЕРАХ

Алиева И.К., Алиев Х.М.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: iradealiyevakerim@gmail.com

Аннотация. *В статье обсуждены результаты исследования интенсивности электролюминесценции (ЭЛ) полимеров в зависимости от температуры, полученных в условиях действия переменного и постоянного электрического поля в среде жидкого азота (77К) в течение 20 минут. Показано, что интенсивность ЭЛ нелинейно возрастает при увеличение приложенного к образцу переменного и постоянного напряжения. После определенного значения напряженности постоянного электрического поля интенсивность ЭЛ полимеров постепенно сглаживается, в тоже время рост повышения интенсивности ЭЛ остается.*

Xülasə. *Məqalədə maye azot daxilində 20 dəqiqə müddətində dəyişən və sabit elektrik sahələrinin ayrı-ayrılıqda polimerə təsirindən alınan elektrolüminessensiya (EL) intensivliyinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, polimerin EL intensivliyi nümunələrə tətbiq olunan dəyişən və sabit gərginliyin yüksəlməsi ilə, qeyri-xətti olaraq artır. Həmçinin, sabit elektrik sahə intensivliyinin müəyyən qiymətindən sonra, EL intensivliyinin artması tədricən stabilləşir, bununla belə onun artması zəif də olsa qalır.*

Abstract. *The article examines the temperature dependence of the intensity of electroluminescence (EL) obtained by the action of constant electric fields on the polymer in 20 minutes in liquid nitrogen. It has been shown that the EL intensity of the polymer increases nonlinearly with increasing*

variable and constant stresses applied to the samples. Also, after a certain value of the constant electric field intensity, the increase in EL intensity gradually stabilizes, although its increase, albeit weak

Ключевые слова: *полимер, термолюминесценция, интенсивность электролюминесценции, температура*

Açar sözlər: *polimer, termolüminessensiya, elektrolüminessensiya intensivliyi, temperatur*

Key words: *polymer, thermoluminescence, electrolyuminescence intensity, temperature*

Введение. При воздействии на полимерный диэлектрик электрических полей в нем возникает свечение. Это явление излучения света, получившее название электролюминесценции (ЭЛ) полимеров, развивается в электрических полях и, как можно полагать, находится во взаимосвязи с накоплением зарядов, подготавливающими пробой диэлектрика. Поэтому излучение ее закономерностей позволяет получить дополнительные данные о механизме электрического разрушения полимеров. ЭЛ полимеров наблюдается при всех видах напряжения, воздействующего на диэлектрик, а именно: переменного, импульсного и постоянного.

Возбуждение термолюминесценции (ТЛ) с помощью электрического поля заинтересовала многих исследователей. Представляется, что такое возбуждение ТЛ имеет массу преимуществ перед радиационным, прежде всего хотя бы тем, что открывает путь использования метода термоэлектролюминесценции (ТЭЛ) в тех организациях, которые не имеют гамма-источника или ускорителя. Есть еще ряд случаев, когда нерадиационное возбуждение ТЛ предпочтительное.

Наиболее детально изучена ЭЛ полимерных пленок на переменном напряжении [1-4], поскольку, при таких условиях электрического нагружения яркость свечения высока и ее легко зарегистрировать.

На постоянном напряжении интенсивность ЭЛ полимеров чрезвычайно низка, поэтому при регистрации ее в этом режиме электрического нагружения возникают определенные методические трудности. Известно лишь несколько работ [4,5], в которых удалось зарегистрировать ЭЛ в постоянном электрическом поле. Более детально ЭЛ полимерных пленок на постоянном напряжении изучена в работе [4], где отмечается, что в постоянном электрическом поле ЭЛ полимеров характеризуются пороговой напряженностью поля, при достижении которого она возникает. В [4] полагают, что редкое увеличение наклона ВАХ и возникновение свечения связано с переходом от монополярной к биополярной инжекции и, как следствие этого, возникновением в объеме образца электронно-дырочной рекомбинации, что связано с миграцией положительных и отрицательных зарядов, инжектированных соответственно из анода и катода.

Известно [6], что пробой полимерных пленок в различных условиях носит кинетической характер. Электрическую прочность полимеров в этих условиях можно характеризовать как долговечностью при определенном значении напряженности электрического поля, так и пробивной напряженностью при определенной скорости подъема напряжения на образце.

Влияние объемных зарядов (ОЗ) на кинетику электрического разрушения полимеров показано ранее [6,7]. О накоплении ОЗ свидетельствует электролюминесценция полимеров, наблюдавшаяся как в переменных [1-4, 8], так и постоянных полях [4,5,9]. Установлено, что резкое снижение электрической долговечности на температурных зависимостях, при определенных температурных интервалах наблюдавшееся в [9], связано именно с накоплением ОЗ. Поэтому актуальной является, информация о возникновении и динамике заряженных частиц в полимере.

Для выяснения этого обстоятельства в настоящей работе было проведено изучение особенностей ЭЛ полимерных пленок в постоянном по знаку поле в различных условиях действия электрического напряжения. При сопоставлении результатов исследований были включены некоторые данные для переменного поля.

Объекты и методика измерений.

Объектами исследования были взяты полиэтилен (ПЭ) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ), которые помещали в жидкий азот между прижимными электродами (плоскость-плоскость) диаметром 18 мм. В такию электродных системах, полученные результаты по распределение электрической долговечности в постоянном электрическом поле практически совпадает, что устанавливает симметричность испытательной ячейки [10]. Последнее будет существенным при дальнейших манипуляциях для получения некоторых данных по электролюминесценции (ЭЛ).

Для возбуждения ЭЛ, к металлическим электродам прикладывалось постоянное электрическое поле в среде жидкого азота (77К) некоторое время (обычно от 1 до 20-30мм). Затем электрическое напряжение снималось. Пока образец оставался при 77К, люминесценция практически не возникала. Затем (в отсутствие электрического поля) охлаждений образец переносится в люминограф и начинается отогревание – повышение температуры с задаваемой скоростью (скорость варьировалась от ~0.01 до 0.2 К/с). По мере повышения температуры возникала люминесценция, регистрируемая соответствующим приемником и измеряли интенсивность ЭЛ полимеров от температуры.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

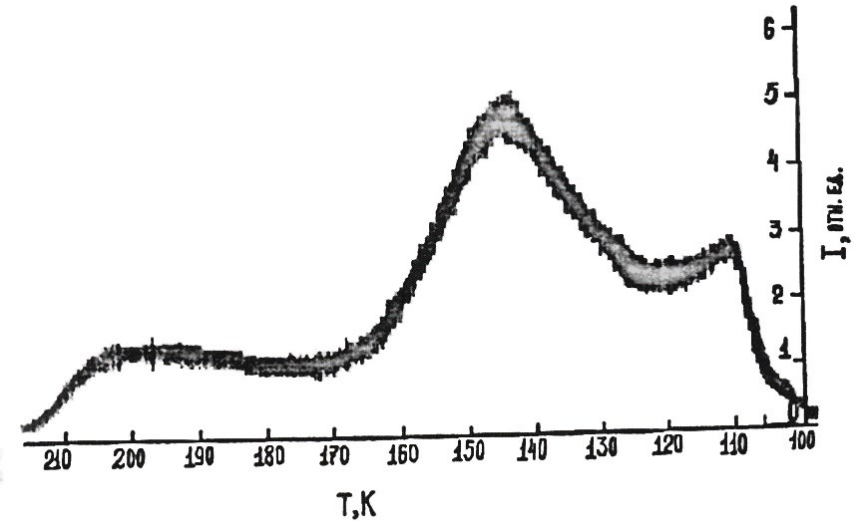


Рис. 1. *Температурная зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭ. Образец выдерживался при напряженности постоянного электрического поля Е=0,40ГВ/м при 77К в течение 20 мин и затем нагревался со скоростью 1К/мин*

На рис.1 представлена температурная зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭ, полученная в условиях действия постоянного (отрицательного) электрического поля. Неожиданностью явился вид зависимости интенсивности люминесценции от температуры $I_{люм}(T)$. Можно было, конечно, предполагать возбуждение люминесценции при росте температуры. И, естественным было бы, монотонное повышение интенсивности люминесценции с температурой. Однако, результат оказался иным. Из полученных зависимостей $I_{люм}(T)$ для ПЭ, которые представлены на рис1. видно, что зависимость $I_{люм}(T)$ оказалось не монотонно нарастающей с температурой, а обладающей достаточно резкими колебаниями («волнообразность»). Подобные зависимости $I_{люм}(T)$ для ПЭ были получены в условиях действия и переменного электрического поля (рис. 2).

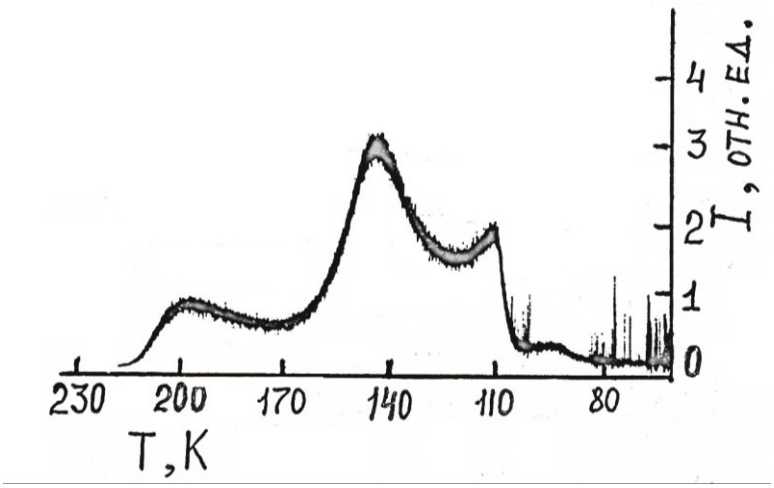


Рис. 2. *Температурная зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭ. Образец выдерживался при напряженности переменного электрического поля E=0,06 ГВ/м при 77К в течение 20 минут и затем нагревался со скоростью 1К/мин.*

Из рис.1 и 2 видно, что вид и форма зависимости электролюминесценции ПЭ от температуры при заряжении образцов в постоянном и переменном электрическом поле практически одинаковы. Аналогичная зависимость $I_{люм}(T)$ для ПЭТФ, полученные в условиях выдержки в постоянном электрическом поле представлена на рис.3.

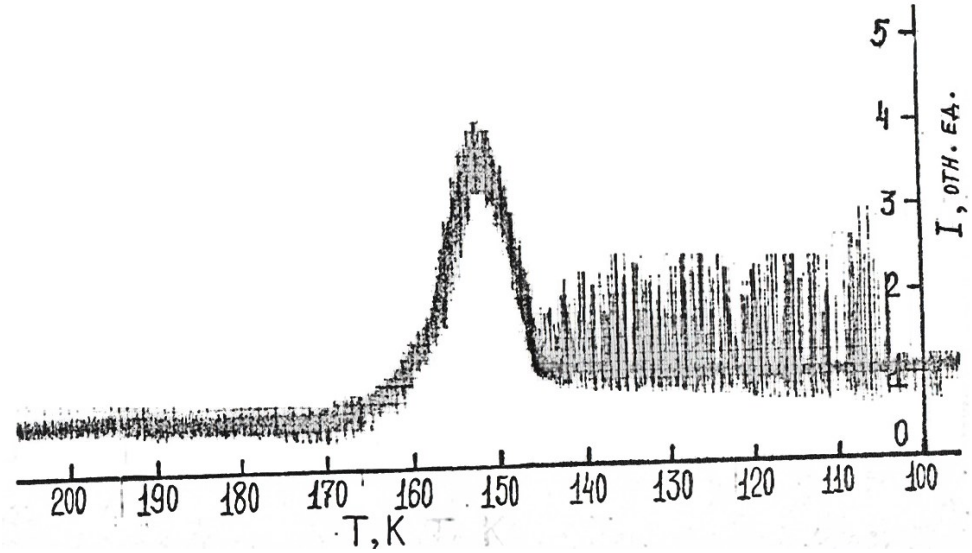


Рис. 3. *Температурная зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭТФ. Образец выдерживался при напряженности постоянного электрического поля E=0,54ГВ/м и прои 77К в течение 20 мин и затем нагревался со скоростью 1К/мин.*

На переменном напряжении ЭЛ возбуждается как на положительном так и на отрицательном полупериодах, причем в несимметричной электродной системе, например, когда анод и катод изготовлены из металлов с различной работой выхода или их геотермическая форма различна, интенсивность ЭЛ на положительном и отрицательном полупериодах напряжения также различна [1], что указывает на большее влияние ОЗ.

Доказательством связи свечения с накоплением ОЗ, может служить спад яркости ЭЛ со временем после включения напряжения, а также повышение ее после «отдыха» образца в закороченном состоянии, что связывается с накоплением и частичным рассасыванием ОЗ [2,3].

Было показано, что ЭЛ полимеров на переменном напряжении возникает вследствие электронно-дырочной рекомбинации в приэлектродных областях, в которые поочередно (при изменении полярности электродов) инжектируются электроны и дырки [2,11].

Иная ситуация реализуется на постоянном напряжении, когда полярность электродов не меняется со временем. В течение всего времени электрического нагружения из катода в полимер будут инжектироваться электроны, а из анода дырки. В этом случае транспорт носителей заряда будет играть определяющую роль при создании условий возникновения электронно-дырочной рекомбинации, изучение которых носит название инжекционной ЭЛ [12]. Представления о механизме инжекционной люминесценции связаны с наличием ловушек для электронов и положительных «частиц» (дырок) в структуре полимера и с распределением ловушек по их энергетической глубине [2]. Инжектируемые частицы захватываются ловушками, пока электрическое напряжение приложено, могут совершать туннельный: прыжковый (из ловушки в ловушку) направляемый электрическим полем дрейф. Когда напряжение снимается, то при низкой температуре «частицы» остаются фиксированными в ловушках. Когда начинается повышение температуры, то у «частиц» в ловушках появляется вероятность термофлуктуационного «освобождения» из ловушек, что создает возможности столкновения «частиц» разных знаков и рекомбинации таких пар. В результате актов рекомбинации будут происходить переходы как без излучательного характера (в тепловую энергию), так и с электромагнитным излучением – в фотоны. Именно этот вид переходов и является люминесценцией. По мере повышения первыми начнут выбрасываться «частицы» из наиболее мелких ловушек, у которых потенциальный барьер выброса «частиц» наименее высокий, что требует сравнительно небольших флуктуаций тепловой энергии. Если распределение ловушек по глубине носит диэлектретный характер, то тогда появится дискретный характер температурной зависимости интенсивности электролюминесценции, что показывает полученные нами результаты экспериментов в постоянном электрическом поле, представленные на рис.1 для ПЭ и на рис.3 для ПЭТФ.

В работе [9] обнаружено совпадение температур минимумов электрической долговечности и максимумов ТЭЛ исследованных полимеров (ПЭ, ПЭТФ). Не исключено, что резкое снижение электрической долговечности в области низких температур (77-200К) наблюдавшееся в [9] связано именно туннельными выбросами инжектированных заряженных частиц из ловушек, трансформированных термофлуктуациями (термостимулированное туннелирование) с последующей рекомбинацией частиц, приводящей к пробою.

Итак, изучение ТЭЛ полимеров представляет как научный, так и практической интерес. Были проведены исследования изучения зависимости интенсивности ЭЛ полимеров от напряженности переменного и постоянного электрического поля.

Измерение интенсивности ЭЛ осуществлялось в следующем режиме: образцы ПЭ заряжали при 77К в течение20 минут при разных напряженностях электрического поля, затем образец переносили в люминограф, отогревали со скоростью 4К/мин и снимали зависимость интенсивности ЭЛ образцов ПЭ от температуры.

Полученные результаты по измерению интенсивности ЭЛ образцов ПЭ при 148К от напряженности переменного и постоянного электрического поля, показаны на рис.4 и 5, соответственно. Как видно из рис.4 и 5 интенсивность ЭЛ образцов ПЭ нелинейно возрастает с повышением воздействующего на образец напряженности переменного и постоянного электрического поля. Из рис.5 также видно, что после определенного значения напряженности постоянного электрического поля (~0,2ГВ/м), интенсивность ЭЛ образцов ПЭ постепенно сглаживается и, в тоже время рост повышения интенсивности ЭЛ остается.

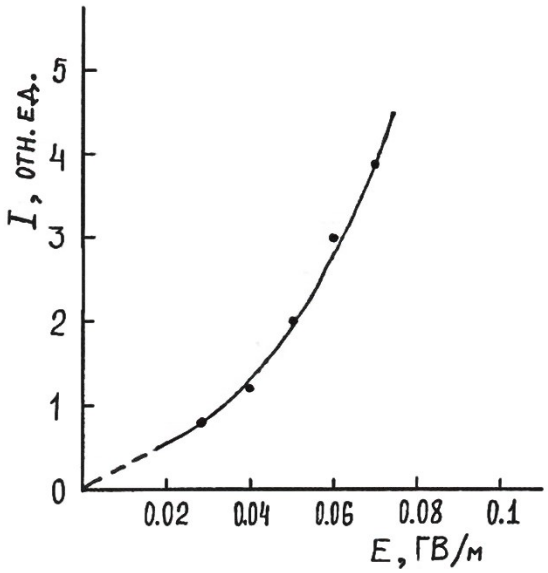


Рис. 4. *Зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭ при 148К от напряженности переменного электрического поля Т=77К, t=20 мин, скорость нагрева 4К/мин.*

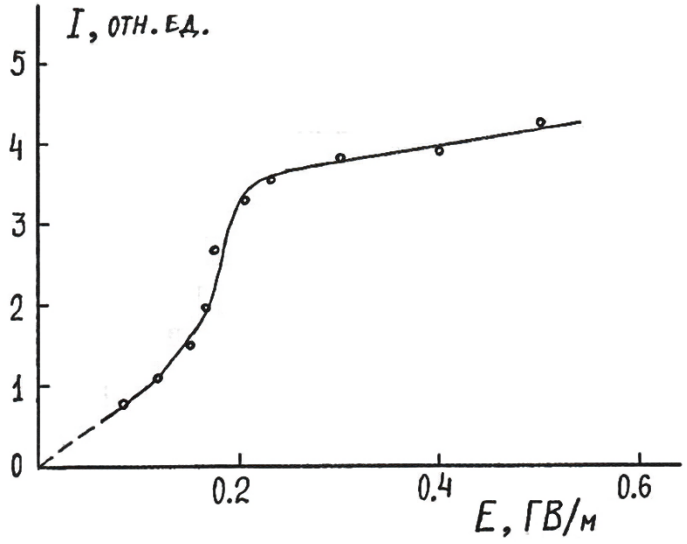


Рис. 5. *Зависимость интенсивности электролюминесценции ПЭ при 148К от напряженности постоянного электрического поля Т=77К, t=20 мин, скорость нагрева 4К/мин*

После измерения интенсивности ЭЛ образцов ПЭ был проведен осмотр, не появляются ли на пленке ПЭ следы пробоев – «дырочки» или какие либо «пятнышки». Осмотр пленки был проведен до и после опыта с помощью поляризованного микроскопа МИП – 8. В отличии от исходных (до опыта) образцов, в исследованных, т.е. измеренных ТЭЛ пленках, увидели интересные данные о появлении «пятна», с размерами площади «заряжающего» электрода. Это значит, что видны следы процесса (каково же?), причем «пятно» находится не только на одной стороне пленки (там, где «заряжающий электронами» электрод), и на другой стороне тоже (где «заземляющий» электрод). Следует отметить, что вид «пятен» зависит от условий. Этот результат получен при варьировании условий: вариация напряженности при одном времени выдержки или вариации времени выдержки при одном напряжении. Полагаем, что все эти данные являются интересным материалом для результатов по ТЭЛ полимеров. А для электрической долговечности такие данные нужны для объяснения такой, например, ситуации: ЭЛ

заряженной при 77К пленки возникает практически сразу после ее нагрева до 293К. а пробой пленки при действии электрического поля, когда одновременно идут и зарядка и высвечивание (ЭЛ), наступает через некоторое (и бывает – весьма значительное) время – долговечность.

Вывод о том, что ЭЛ в постоянном электрическом поле возникает в объеме, следует из результатов анализа о появлении «пятна» в исследуемой области образцов полимера. Предполагается, что образование «пятен», это результат инжекции и как следствие этого, возникновение в объеме электронно-дырочной рекомбинации, что связано с динамикой отрицательных и положительных зарядов, инжектированных соответственно из катода и анода.

Заключение.

1.Таким образом, на основе исследования ЭЛ полимеров в постоянном электрическом поле при разных условиях было показано, что ЭЛ на постоянном напряжении является объемным эффектом, контролируемым транспортом заряда и интенсивность этого явления нелинейно возрастает при увеличении приложенного к образцу постоянного электрического поля.

2. На основе измерения интенсивности ЭЛ полимеров в зависимости от температуры, показано, что интенсивность ЭЛ полимеров нелинейно возрастает с повышением воздействующего на образец постоянного напряжения и возникновение ЭЛ, как предполагается, может являться рекомбинацией зарядов, появляющихся в полимере вследствии инжекции зарядов из электродов.

Литература

1. Kojima K., Takai Y., Ieda M. Electroluminescence in Polyethylene Terephthalate (PET). //.AC Voltage.//Jpn. J.Appl.Phys.-1983.-v.24, №9, -p.1436-1438.
2. Керимов, М.К. Электролюминесценция и приэлектродное разрушение полиэтилена. Высокомолекулярные соед./ М.К. Керимов, Б.А. Сулейманов, Х.Б. Гезалов. -1984. т. 26(Б), №12, -с. 895-898.
3. Аббасов, С.А. Влияние сильного электрического поля на механическую долговечность поэтилена. ФТТ / С.А. Аббасов, М.А. Курбанов, М.М. Кулиеа. -1982, т.24, №3, -с.693-695.
4. Teyssedre G., Tardieu G., Mary D., Laurent C. Ac and de electroluminescence in insulutung polymer and implicatin for electrical ageing. //J.Phys. D: Appl. Phys.-2001, v.34, p.2220-2229.
5. Kitani I., Hirano T., Prii K., Very Faint Light Emission in Low-Density Polyethylene Films under DC Field. //Jpn. J.Appl. Phys., -1987, v.26, №4, -p.639-640.
6. Бережанский, В.Б. Электрическая долговечность полимеров при отсутствии частичных разрядов. ЖТФ / В.Б. Бережанский, В.М. Быков, В.В. Городов, В.А. Закревский, А.И. Слуцкер. -1985, т.55, вып. 8, -с.1663-1666.
7. Слуцкер, А.И. Накопительные процессы в кинетике механического и электрического разрушения полимеров. ФТТ / А.И. Слуцкер, Т.М. Велиев, И.К. Алиева, В.А. Алекперов, С.А. Абасов. -1990, т.32, №8, -с.2339-2344.
8. Lebey T., Laurent C. Charge injection and electroluminescence as a prelude to dielectric breakdown.//J. Appl. Phys.-1990, v.68, №1, p.275-282.
9. Слуцкер, А.И. Особенности кинетики электрического разрушения полимеров. ФТТ / А.И. Слуцкер, Т.М. Велиев, И.К. Алиева, В.А. Алекперов, Ю.И. Поликарпов, Д.Д. Каров. -2016, т.58, №9, -с.1826-1835.
10. Слуцкер, А.И. Некоторые вопросы электрической прочности полимеров. Письма в ЖТФ / А.И. Слуцкер, Т.М. Велиев, И.К. Алиева, В.А. Алекперов, С.А. Абасов. т.17, №13, -с.67-72.
11. Гезалов, Х.Б. Термолюминесценция полиэтилена, вызванная сильным электрическим полем. Высокомолекулярные соед. / Х.Б. Гезалов, М.К. Керимов. -1979, 21(Б), №8, -с.598-601.
12. Хениш, Г. Электролюминесценция / Г. Хениш. -М:. Мир, -1964. -с.324.

Məqalə qəbul olunub: 10.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

УДК 541.123.2

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$

Байрамов Д.Д., Абдулова И.Н.

Сумгаитский государственный университет
A35008, г. Сумгаит, 43-й квартал
E- mail: cosqun.bayramov.58@mail.ru

Аннотация. *Синтезированы сплавы системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$. Рентгенографические и электрофизические исследования показали, что $TlGdTe_2$ растворяется до 10 мол % в $TlInTe_2$. Выявлено, что при замещении атомов индия атомами гадолиния ширина запрещенной зоны уменьшается, а параметры элементарной ячейки увеличиваются. Рентгенографический анализ кристаллов системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ показал, что твердые растворы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ $(0 \le x \le 0,1)$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии на основе решетки исходного тройного соединения $TlInTe_2$. Из исследований электрофизических свойств сплавов системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ установлен механизм рассеяния носителей заряда; определены характер температурной зависимости электропроводности и коэффициента Холла в твердых растворах и $TlGdTe_2$. На основании исследования фотопроводимость твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ установлено. что с ростом содержанния гадолиния в $TlInTe_2$ повышается фоточувствительность и сректры ФП смещаются в сторону длинноволновой области.*

Xülasə. *$TlInTe_2 - TlGdTe_2$ sistem ərintiləri sintez olunmuşdur. Rentgenoqrafik və elektrofiziki tədqiqatlar göstərmişdir ki ; $TlGdTe_2$ birləşməsi $TlInTe_2$-də 10 mol % miqdarında həll olur. Müəyyən olunmuşdur ki, $TlInTe_2$-də indium atomlarının hissə-hissə qadolinium atomları ilə əvəz olunduqca qadağan olunmuş zonanın eni kiçilir, elementar qəfəs parametrləri isə artır. $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ sisteminin rentgenoqrafik tədqiqatı göstərmişdir ki, $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ $(0 \le x \le 0,10)$ bərk məhlulları $TlInTe_2$ birləşməsi əsasında tetraqonal sinqoniyada kristallaşırlar. $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ bərk məhlullarında elektrofiziki xassələrin köməyi ilə yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi müəyyənləşdirilmiş və elektrikkeçiriciliyinin və Holl əmsalının temperatur asılılığının xarakteri öyrənilmişdir. $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ bərk məhlullarının fotokeçiriciliyinin tədqiq göstərmişdir ki, $TlInTe_2$ qəfəsində qadoliniumun miqdarı artdıqca fotohəssaslıq artır və fotokeçiricilik spektləri uzun dalğalar oblastına tərəf sürüşür.*

Abstract. *$TlInTe_2 - TlGdTe_2$ system alloys were synthesized. X-ray and electrophysical studies have shown that $TlGdTe_2$. The solution is dissolved in 10 mol%. $TlInTe_2$. It has been found that as indium atoms are partially replaced by gadolinium atoms, the width of the band gap decreases and the elemental lattice parameters increase. X-ray examination of the $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ system showed that solid solutions $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ $(0 \le x \le 0,10)$ crystallize in tetragonal syngonium based on the combination. The mechanism of scattering of carriers with the help of electrophysical properties $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ in solid solutions was determined and the nature of the electrical conductivity and the temperature dependence of the Hall coefficient was studied. $TlGdTe_2$ The study of the photoconductivity of solid solutions has shown that as the amount of gadolinium in the lattice*

increases, the photosensitivity increases and the photoconductivity spectra shift towards the long-wavelength range.

Ключевые слова: *электропроводность, коэффициент Холла, термо-э.д.с., фотопроводимость, твердых растворав, ширины запрещенной зоны*

Açar sözlər: *elektrik keçiriciliyi; Holl əmsalı, termo-e.h.q, fotokeçiricilik, bərk məhlullar, qadağan olunmuş zonanın eni*

Key words: *electrical conductivity, Hall coefficient, thermal conductivity. electric fleece; Hall coefficient, thermo-e.h.q, phototransiency, solid solutions, the width of the zone that has been used*

Введение. Тройные халькогениды на основе $TlSe$ подробно описаны в [1,ст.21]. Соединение $TlInTe_2$ - высокочувствительный полупроводник в видимой и инфракрасной областях спектра, обладает высокой тензочувствительностью, а также имеет переключающие свойства [2,ст.1442]. Сочетание высокой температуры плавления и термической стойкости наряду с низким коэффициентом теплопроводности и высоким значением термо–э.д.с. обусловливает интерес к их термоэлектрическим свойствам [3,ст,395].

Так как атомы индия и гадолиния имеют близкие ионные радиусы, замещение трехвалентного индия в $TlInTe_2$ атомами гадолиния представляет самостоятельный научный интерес. В работах [4,ст.136] выполнен синтез и в некоторых случаях детально исследованы физико – химические, электрофизические и теплофизические свойства сплавов системы $TlInX_2 - TlLnX_2$, где получены интересные научные результаты.

Объектами исследования в настоящей работе были твердые растворы на основе $TlInTe_2$ системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$.

Методы и материалы. Синтез сплавов системы проводился следующим образом: исходные компоненты Tl, Te, In, Gd, загруженные в вакуумированную до ~ 0,01 Па ампулу из плавленного кварца, помещали в печь, заранее нагретую до 1220 К. Один конец ампулы находился вне печи и регулярно охлаждался до завершения реакции, время выдержки ампулы в этих условиях с увеличением количества гадолиния увеличивается от 5 до 6 ч. Гомогенизирующий отжиг проводили при 1250 – 1350 К в течение недели. Образцы системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ готовили путем сплавления соединения $TlInTe_2$ и $TlGdTe_2$ в разных состояниях, повышая температуру в печи со скоростью 30 – 60 К/ч до 1150 – 1250 К. Ампулу выдерживали при этой температуре 4 – 5 ч. и медленно охлаждали до температуры отжига, определенной предварительно по кривым дифференциально -термического анализа. Сплавы, содержащие до 10 мол % $TlGdTe_2$, отжигали при 600 – 650 К в течение 60 ч, а сплавы с концентрацией $TlGdTe_2$ 10 – 60 мол % - при 850 – 900 К в течение 140 ч, далее температуру снижали до комнатной со скоростью 10 – 15 К/ч. Таким методом синтезированы сплавы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$, где $0 \leq x \leq 0{,}10$ и соединения $TlGdTe_2$.

Для проведения рентгенографических исследований методом Бриджмена выращены монокристаллы сплавов системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$. Скорость перемещения ампулы с расплавом составляла 2,5 мм/ч. При выращивании монокристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ температуру высокотемпературной зоны варьировали от 1000 – 1300 К.

Рентгенофазовый анализ сплавов системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ проводили по методу Дебая – Шерера в камерах РКД – 57.3 в CuK_α - излучении, промер рентгенограмм осуществляли как на компараторе ИЗА – 2 с точностью 0,01 – 0,05 мм, так и на линейке с точностью 0,1 мм. Интенсивность линий определяли визуально по десятибалльной шкале. Параметры элементарных ячеек рассчитывали комбинированным методом с точностью $\pm 0{,}005$Å .

Термограммы записывали на низкочастотном терморегистраторе НТР 73 с Pt- Pt/Rh- термопарами. Скорость нагревания и охлаждения – 10 и 8 K/min, соответственно. В качестве эталона использовали прокаленную окись алюминия. Микротвердость образцов измеряли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 0.1 Н, а микроструктуру образцов изучали с помощью микроскопа МИМ-7.

Для определения электрических свойств твердых растворов систем $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ образцы готовили в виде параллелепипедов размерами 8x5x4 мм^3 . Была исследована температурная зависимость электропроводности, коэффициента Холла и термо-э.д.с. в интервале 300 ÷ 1100 К обычным потенциометрическим методом при нагревании образца в вакууме. Погрешность измерений составляла для электропроводности ± 4%, коэффициента Холла ±8-10% и термо-э.д.с. ±12% (образцы при температуре исследования выдерживали 1-1,5 ч.).

Обсуждение. В интервале 0 – 10 мол % $TlGdTe_2$ наблюдается область твердых растворов замещения. Область растворимости в этой системе подтверждена также микроструктурными и рентгенофазовыми анализами. С помощью рентгенофазового анализа выявлено, что в твердых растворах при частичном замещении атомов индия атомами гадолиния параметры тетрагональной ячейки увеличиваются по закону аддитивности, что, по-видимому, связано с различием ионных радиусов индия и гадолиния (r (In^{3+}) = 0.92 Å, r (Gd^{3+}) = 0.94 Å)).

Несмотря на различие структурных факторов атомов наблюдается некоторая тенденция к уменьшению интенсивности рефлексов с увеличением содержания гадолиния. Выявленная новая фаза на рентгенограмме при соотношении исходных компонентов 1:1 также кристаллизуется на основе тетрагональной сингонии, но имеет другой тип симметрии. Это, по-видимому, связано с образованием новой четверной фазы $Tl_2InGdTe_4$.

В результате проведенного рентгенографического исследования монокристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ установлено, что сплавы с $TlInTe_2$, также как и соединение $TlInTe_2$, кристаллизуются в тетрагональной сингонии, и происходящие фазовые превращения не вызывают появления сверхструктурных линий на дифрактограммах. Отсутствие таких линий подтверждает, что исследованные сплавы твердых растворов в упорядоченном состоянии кристаллизуются в одной и той же сингонии. В области растворимости отклонения от закона Вегарда не наблюдено.

При частичном замещении атомов индия атомами гадолиния в $TlInTe_2$ ширина запрещенной зоны уменьшается (рис.1), а параметры элементарной ячейки увеличиваются.

Видно, что до наступления собственной проводимости электропроводность возрастает с температурой, затем уменьшается. Максимумы, соответствующие началу собственной проводимости, с увеличением содержания гадолиния смещаются в область высоких температур. С дальнейшим повышением температуры электропроводность уменьшается, достигая минимума и снова резко растет.

На рис. 3,4 приводятся нормированные спектры ФП кристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ при 293 и 77К, исследованные при неполяризованном освещении. На спектральном распределении фототока (СРФТ) $TlInTe_2$ при 300 К наблюдаются два четко выраженных максимума ФП при 2,4 и 2,8 эВ (рис.3. кривая I). Положение максимума 2,4 эВ удовлетворительно согласуется с данными работ [5, ст.1704] и связано с началом перехода зона-зона. Максимум с энергией 2,81эВ наблюдается также в дифференциальном спектре поглощения $TlInTe_2$ при 120 К в работе [6,ст.33], которую авторы связывают с расщеплением валентной зоны за счет спин-орбитального взаимодействия.

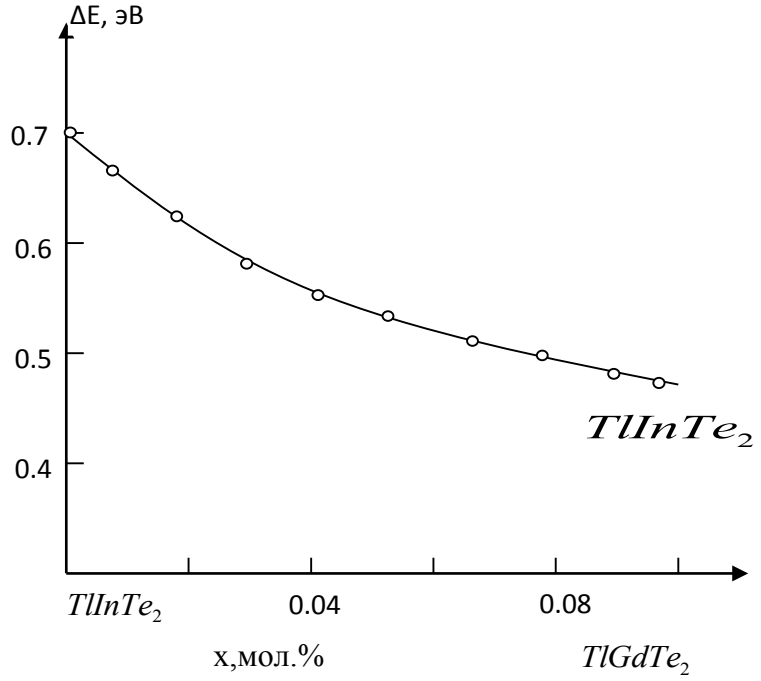


Рис.1. *Зависимость ширины запрещенной зоны от состава твердых (где 0≤x≤0,1) растворов* $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ *(где 0≤x≤0,1)*

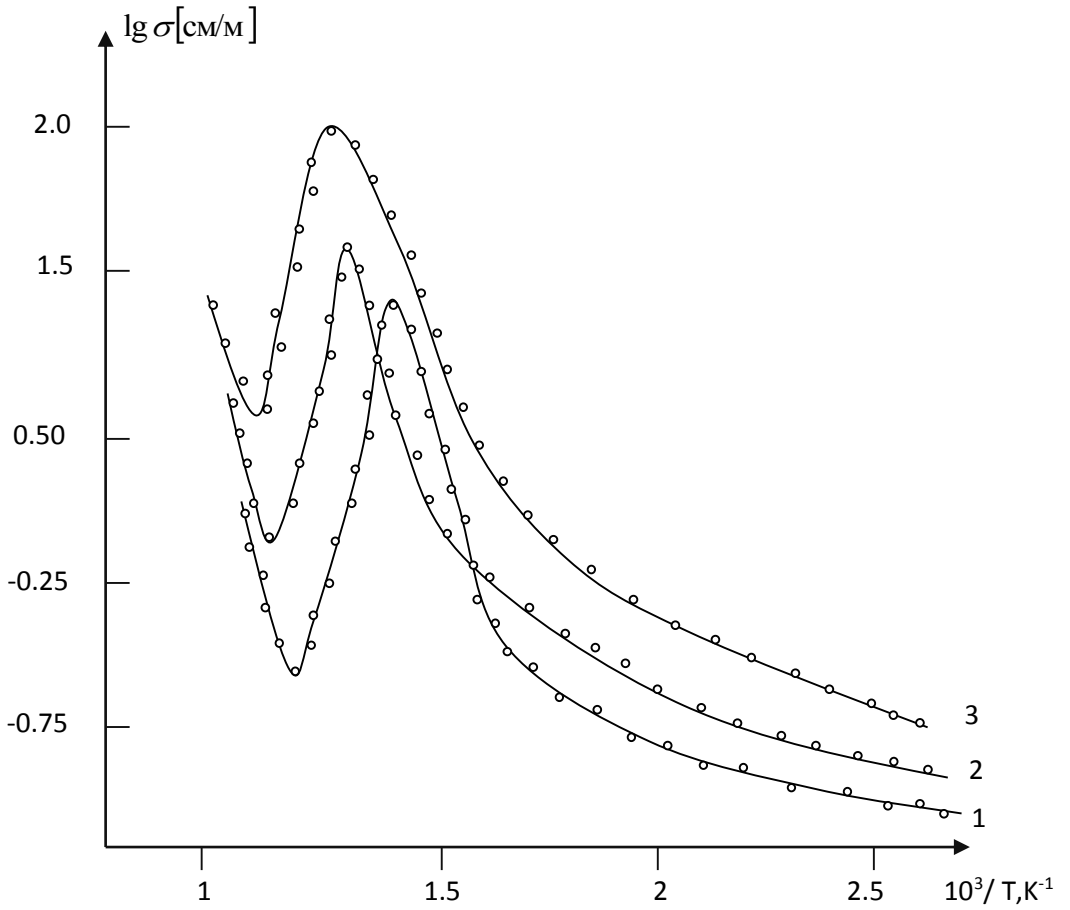


Рис.2.*Температурные зависимости электропроводности твердых растворов* $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ *при x=0,03 (1); 0,05 (2); 0,10 (3).*

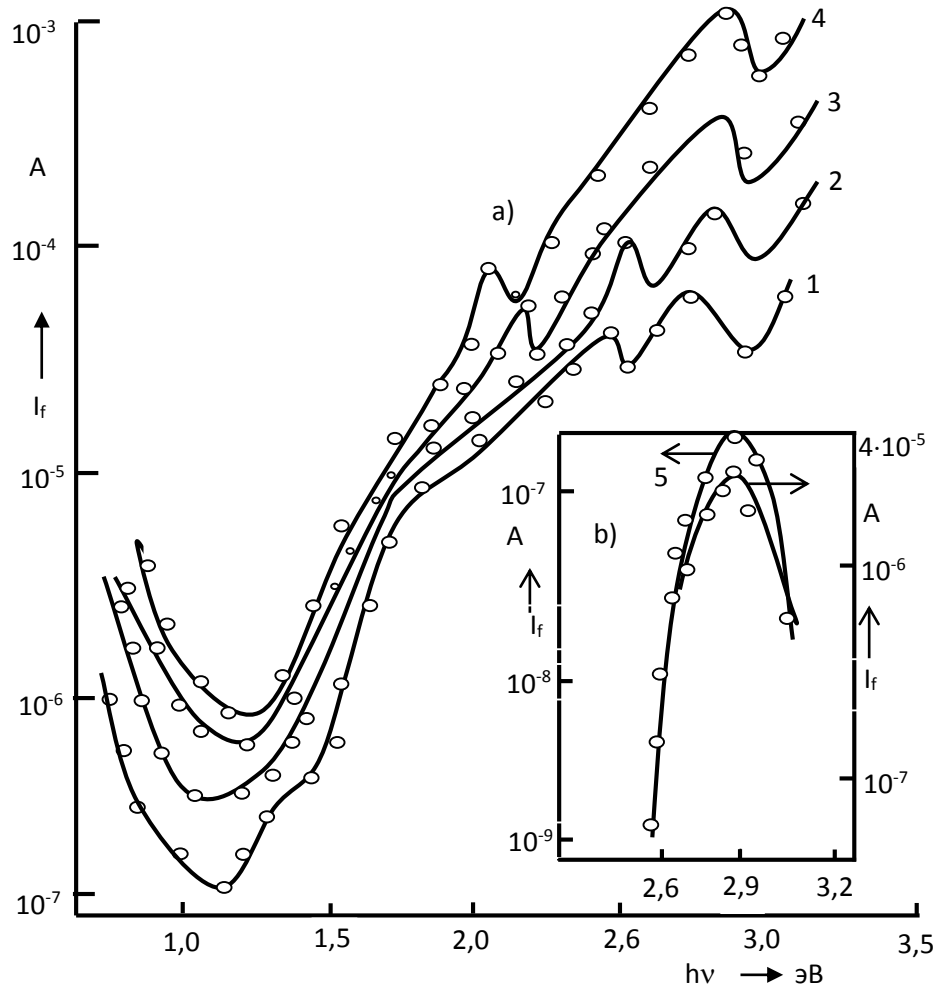


Рис. 3. *Спектральное распределение фотопроводимости в твердых растворах* $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ *.*
а) при 293 К ; Х:1-0,01; 2-0,02; 3-0,05, б) при 77 К; Х:5-0,01; 6-0,02

При понижении температуры до 77 К оба максимума ФП смещаются в коротковолновую сторону спектра и соответствуют энергиям 2,5 и 2,86 эВ (рис.4а, кривая 2). Длинноволновой максимум при 2,5 эВ близок с энергией экситонного перехода, обнаруженного в работе [7,ст.2217]. Средний коэффициент $\frac{dE}{dT} \approx 6 \cdot 10^{-4}$ эВ/град, для обоих максимумов, который удовлетворительно согласудется с данными работ [5-7,ст.1706,2218].

При температуре фоточувствительность твердых растворов (Т =300 К) $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ охватывает широкую область спектра $0{,}6 \div 3{,}2$ эВ (рис.3, крив.1,2,3,4). С увеличением содержания гадолиния в $TlInTe_2$ спектры ФП смещаются в сторону меньших энергий.В кристаллах состава Х=0,01 наблюдаются два четко выраженных максимума фототока при 2,4 и 2,8 эВ при 300 К (рис.3, кривая 3). Оба максимума фототока на кривой СРФТ совпадают с соответствующими максимумами спектра ФП $TlInTe_2$ при 300 К [8,ст.55]. Но длинноволновая часть СРФТ смещается в ИК область спектра: красная граница примесного тока ее соответствует 1,4 и 1,2 эВ и, начиная с 1,1 эВ, фоточувствительность очень растет [9, ст. 494].

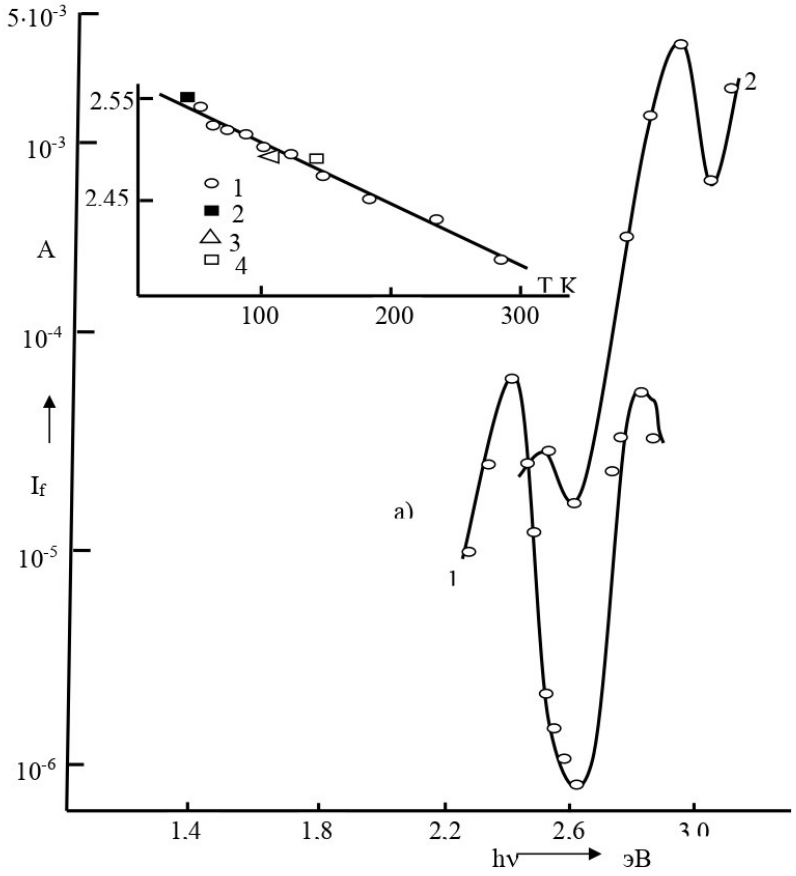


Рис. 4. *а- Спектральное распределенние фототока $TlInTe_2$ при 77 и 300 К ,*
б-значения ширины запрешенно зоны E_g $TlInTe_2$ при 77,100,300К,
полученны методами фотолюминесценции (1), электропоглошения
(2), λ − модуляции краевого поглщения (3) наши данные (4)

СРФТ состава X=0,02 в коротковолновой области спектра имеет два пика при энергиях кванта $h\nu = 2{,}5$ и $2{,}85$ эВ. Более длинноволновой максимум (при $h\nu = 2{,}5$ эВ) соответствует энергии экситонной полосы поглощения $TlInTe_2$, обнаруженной в [6,8,9,] а коротковолновой максимум при 2,85 эВ связан, по-видимому, с особеннотью зонной структуры указанных кристаллов. С уменьшением энергии кванта с 2,5 до 1,2 эВ, кривая СРФТ смещается в длинных волн. Образцы $TlIn_{0,97}Gd_{0,03}Te_2$ и $\mathrm{TlIn_{0,96}Gd_{0,03}Te_2}$ не имеют фоточувствительности, тогда как составы
$TlIn_{0,98}Gd_{0,02}Te_2$;$TlIn_{0,95}Gd_{0,05}Te_2$ и $TlIn_{0,94}Gd_{0,06}Te_2$ имеют завышенную фоточувствительность по сравнению с $TlInTe_2$ на 1,5 и 2 порядка (рис.4(а),кривые 2,3,4) как в собственной, так и в примесной области спектра.

Заключение. 1. Синтезированы сплавы системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$. Показано, что $TlGdTe_2$ растворяется в $TlInTe_2$ до 10 мол%. Установлено, что твердые растворы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии на основе $TlInTe_2$. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ являются полупроводниками р-типа проводимости и носители заряда при высоких температурах рассеиваются в основном на акустических фононах. Ширина запрещенной зоны уменьшается при увеличения содержания $TlInTe_2$ в $TlGdTe_2$.

2. На основании исследования фотопроводимость твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ установлено, что с ростом содержания гадолиния в решетке $TlInTe_2$ повышается фоточувствительность и спектры ФП смещаются в сторону длинноволновой области.

3. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2$ (0,01≤x≤0,06) при температуре 300К могут выть использованы в качестве фотоприемников ультрафиолетового (УФ) излучения.

Литература

1. Годжаев, Э.М. Синтез, выращивание монокристаллов и рентгенографическое исследование сплавов системы $TlInS_2 - TlGdS_2$ / Э.М. Годжаев, Д.Д. Байрамов, С.Д. Мамедов, Л.А. Гулиев, Ф.М. Годжаева [и др.] //Неорган. материалы. -Москва: -1989. 25, №1, - с.21- 24.
2. Годжаев, Э.М. Электрофизические свойства соединений $Tl\,\mathrm{Pr}\,S_2(Se_2Te_2)$ / Э.М. Годжаев, А.Г. Гусейнов А.Б. Нагиев, Г.Н. Зейналов [и др.] // Неорган.материалы. -Москва: -1985. 21, №10, - с.1796.
3. Байрамов, Д.Д. Электрофизические и упругие свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xS_2$: / Fizika, riyziyyat,elmlər namizədi dis./ - Баку, 1991. - s.135.
4. Гусейнов, Я.Ю. Синтез и свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ / Я.Ю.Гусейнов, Д.Д. Байрамов, Мустафаева У.М., Магеррамов А.Б.// Неорган.материалы., -Москва: 2012. 48, №4,- с.394-397.
5. Аллахвердиев, К.Р. Влияние гидростатического давления на край фундаментального поглошеня $Tl\,InS_{1,8}Se_{0,2}$ и $TlInS_2$. / К.Р. Аллахвердиев, С.С. Бабаев, Н.А. Бахышов, Т.Г. Мамедов [и др.] // ФТТ, -Москва: -1984. 18, № 9, - с. 1704-1706.
6. Cuseinov, G.D. On some proportise of $TlInS_2(Se_2, Te_2)$ single crystals / G.D. Cuseinov, E.M. Kerimova, R..S. Camidov, J.V. Alekseev [et al.] // Journal phys. Stat., -1969. - p.33 – 34.
7. Карпович, И.А. Ширина запрешенной зоны $TlGa\,(S_2, Se_2)$ и $TlIn\,(S_2, Se_2)$ / И.А. Карпович, А.А. Червова, Л.И. Демидова // -Москва: . Неорган. материалы., – 1974. 10, №12, -с. 2216-2218.
8. Аллахвердиев, К.Р. Фотоелектрические и оптические свойства $TlInS_2$ и $Tl\,InS_{1,8}Se_{0,2}$ при гидростатического давлении / К.Р. Аллахвердиев, Н.А. Бахышов, Т.Г. Мамедов, М.М. Шукюров // Труды международной конф. по фотовольтаическим и оптоэлэкроном явлении, -Бухарест: -1984. -с. 55-56.
9. Бахышов, А.Э. Примесные состояния в нелегированных монокристаллах $\beta - TlIn\,S_2$/ А.Э. Бахышов, С.Р. Самедов, М. Бенямин, В.Э. Багаев [и др.] // ФТП, -Москва: -1963. 17, № 3,- с. 493-496.

Məqalə qəbul olunub: 04.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

UOT 621.762.4

GƏMİÇİLİK SƏNAYESİNDƏ İNNOVATİV TEXNOLOGİYALARLA TÖKMƏ TƏRTİBATLARININ HAZIRLANMA ÜSULLARI

Həsənov V.H., Kəlbiyev F.M., Bayramova F.İ., Hacıbalazadə C.R.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail:vgasanov2002@yahoo.com

Xülasə. *Sürətli hazırlanma texnologiyasının tökmə tərtibatlarının hazrlanmasına tətbiqi çətin həndəsəyə malik formaların frezlənmə vaxtına qənaət və yüksək dəqiqliyini təmin etmək üçün kiçik və ayri hissələrə bölünərək emal olunur və daha sonra tək avadanlıqda birləşdirilir. Bununla yanaşı, tökmə avadanlıqların gövdələrində standartlaşdırılmış düyümlərin istifadəsi yüksək göstəricilərə nail olmağa imkan yaradır.*

Abstract. *The application of high-speed casting technology in the manufacture of casting designs is processed into small and separate parts and then combined into a single piece of equipment to save milling time and high accuracy of difficult geometric shapes. At the same time, the use of standardized knots in the bodies of casting equipment allows to achieve high performance.*

Аннотация. *Применение высокоскоростной технологии при изготовлении литых конструкций обрабатывается на мелкие и отдельные детали, а затем объединяется в единое оборудование для экономии времени фрезерования и высокой точности сложных геометрических форм. В то же время использование унифицированных узлов в корпусах литейного оборудования позволяет добиться высокой производительности.*

Açar sözlər: *yükdaşıma, innovativ texnologiyalar, əlavələr, dizayn, 3D çap*
Key words: *shipping, innovative technology, additive, design, 3D printing*
Ключевые слова: *перевозки, инновационные технологии, добавки, дизайн, 3D печать*

Giriş. Gəmiqayırma sənayesində və təmiri zamanı materialların düzgün seçilməsi mexaniki, fiziki-kimyəvi və texnoloji xassələrinə əsasən həyata keçirilir. Fiziki xassələrə sıxlıq, ərimə temperaturu, istidən genişlənmə, istilik və elektrikkeçirmə, istilik tutumu və s.aiddir.

Müasir dövrdə dünyada inkişaf prosesləri digər sahələr kimi metallurgiya sənayesinə də öz təsirini göstərməkdədir. İqtisadiyyatda baş verən dəyişikliklər, informasiya texnologiyalarının inkişafı daimi, yeni və sürətli texnologiyaları,onlara keçidi tələb edir. Bazar iqtisadiyyatı şəraiti təkcə istehsalı həyata keçirtməklə kifayətlənməməyi, həmçinin yüksək texnologiyaların da satıcısı olmağı üçün şərait yaradır. İstehsal müəssisələri artan azad rəqabət şəraitində bazara daima keyfiyyətli və müasir tələblərə cavab verən məhsullar çıxarmalıdırlar. Əsas tələblərdən biri isə yeni texnologiyaların tətbiqində istifadə olunan vaxta və resurslara qənaət etməkdir.

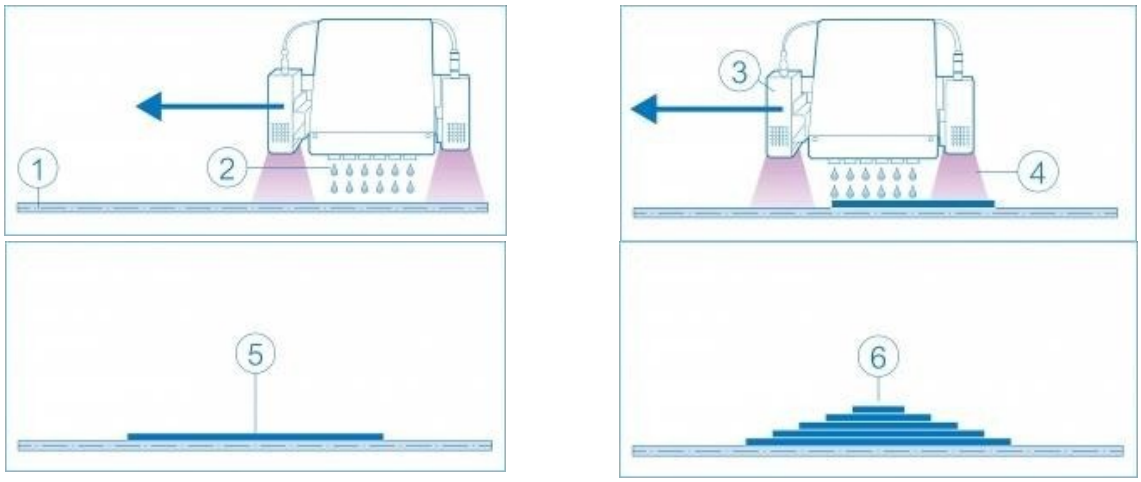
Metallurgiya sənayesində baş verən dəyişikliklər digər ölkələr kimi Azərbaycana da təsir etmişdir. Azərbaycanda metallurgiya sahəsində yeni texnologiyaların tətbiqi, sahənin maddi-texniki bazasının gücləndirilməsi, müasirləşdirilməsi və səmərəli idarə edilməsi üçün tədbirlər həyata keçirilir.

Müasir kompüter layihələndirmə sistemləri (CAD) yeni məmulatların işlənib hazırlanmasında vaxt və vəsait sərfinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına imkan yaradır. Lakin məmulatın ilk fiziki nümunəsinin hazırlanması problemi hələ də zəif cəhət kimi qalır. Çünki detalların və müvafiq qəliblərin hazırlanma texnologiyasının işlənib hazırlanması böyük məsrəf tələb edir. Beləliklə, təqdim olunan magistr disertasiyanın məqsədi tökmə tərtibatlarının sürətli prototipləmə texnologiyalarının töküklər istehsalında istifadə imkanlarını müəyyən etməkdir.

Əsas hissə. Additiv Texnologiya (AT) və ya Additiv İstehsalat (Aİ) –dünyada geniş istifadə olunan bir termin olub sənaye və digər mühüm istehsalat formalarında geniş spektrdə istifadə olunur. Məhsulu almaq üçün sürətli hazırlama üsulu Rapid Prototyping (və ya RP texnologiyası) ilə yanaşı, "Sürətli Prototipləmə" adlanan texnologiyadan da istifadə edilir. Sürətli Prototipləmə AT-ın bir hissəsidir. AT da Aİ texnologiyası məhsul sintezinin bütün sahələrini əhatə edir, istər fərdi istərsə də kütləvi istehsal üçün yararlı hesab olunur. AT və RP-texnologiyalarının mahiyyəti qat-qatlı tikinti məhsullarının laylı sintez - modellər, formalar, master modelləri və s. model materialının qatlarını və onların ardındakı əlaqəsini müxtəlif yollarla təyin edir: sinterləşmə, ərimə, yapışdırma və s.

Sürətli prototipləşdirmənin vəzifəsi ən qısa müddətdə prototip məhsulun əldə olunması və Aİ-texnologiyalarının praktiki tətbiqidir. Bu halda "prototip" konsepsiyası olduqca genişdir. Elmi tədqiqat mərhələsində məhsulun prototipi tezliklə əldə edilməlidir, bu mərhələdə hissənin geometriyasınıı dəqiqləşdirmək, erqonomik keyfiyyətləri qiymətləndirmək, toplama və yerləşdirmə həllərini yoxlamaq vacibdir. Buna görə "bypass texnologiyası" tərəfindən hissənin "sürətlə" istehsalı məhsulun inkişafı müddətini əhəmiyyətli dərəcədə qısaldır. Prototip geniş ölçülü, test üçün nəzərdə tutulmuş modeldir. Məhsulun prototipi dizayn təhlili üçün konseptual bir model kimi istifadə edilə bilər. Prototip dizaynerlərə bəzi funksional testləri dəqiqləşdirmək və yerinə yetirmək imkanı verir. O, həm də alət istehsalı üçün nümunə modeli ola bilər. Bundan əlavə, prototip marketinq məqsədlərini və ya istehsal xərclərini təyin edərkən istifadə edilə bilər.

Yuxarıda göstərilən texnologiyaların demək olar ki, hamısı yüksək keyfiyyətli və görünüşlü bir prototip , model əldə etmək üçün istifadə edilə bilər. Printoptical adlı texnologiyanın mahiyyəti belədir (Şəkil 1): bir UV lampa ilə prosesi yüngülləşdirən bir polikarbonat, parlaq polikarbonat substratına incə təbəqələrlə üst-üstə qoyulub yaxınlaşdırılır.

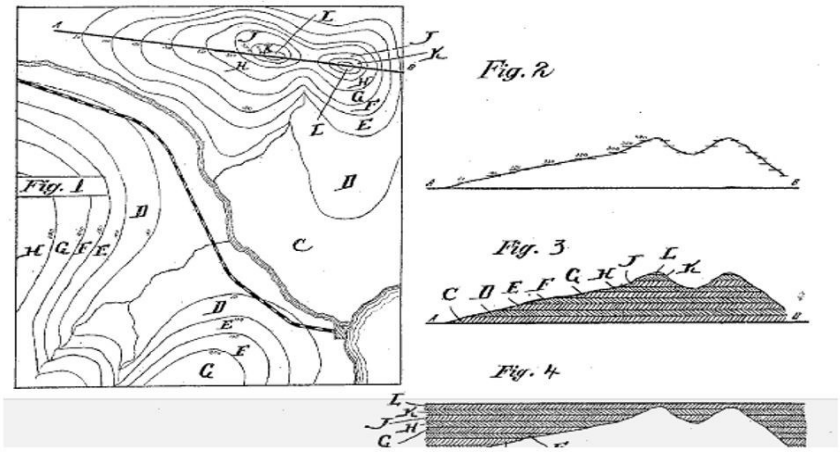


Şəkil 1. *Printoptical texnologiya*

Fotopolimer "mürəkkəb" damcılarının ölçüsü modelin dizaynına görə dəyişir. Çap həcmi yüksəkdir, demək olar ki, ənənəvi 2D-inkjet printerləri ilə eynidir. Əsas elementlər texnologiyası piezoelektrik nəzarət ilə 1440 dpi və yuxarı keyfiyyət təmin edən çap başlığıdır. Material sferik damcılar şəklində tətbiq edilir. Müvafiq prototipləşdirmə məqsədi ilə, qısamüddətli 3D printerlərindən tez-tez istifadə olunur. Texnologiyalar isə müxtəlif mümkün balans baxımından ən səmərəli həlli seçmək üçün əhəmiyyətli orta səviyyəli printerlərdən istifadə edir.

Bu orta səviyyəli printerlər (20-100 min Euro dəyərində) pilot istehsalın həyata keçirilməsində, memarlıq ofis və model mağazalar, diş təbabətində də istifadə olunur. FDM 3D axtarış modulu sürətli texnologiya birləşməsinin əksinə üçölçülü kompüter modelini dəyişdirmək və zaman dəyişiklikləri etmək üçün geniş imkan verir. Bu modifikasiya yalnız öz estetik və erqonomik xüsusiyyətlərinin dizayn prosesini sürətləndirə və inkişaf etdirə bilir.Maşın modelin qatını tikinti

başlamazdan əvvəl yaradılan "kəsişmələrə" uyğun şəkildə qurur. Quruluş tamamlandıqdan sonra model sürətlə düzləndirilmiş bir səthə malik olur və pillə yüksəkliyi tikinti mərhələsinə uyğunlaşdırılır (şək. 2.).



Şəkil 2

Müasir Aİ-texnologiyası XIX əsrdə yaradılıb. 1890-cı ildə Josef E. Blanther tərəfindən ərazi səthinin 3 ölçülü topoqrafik eskiz istehsalı üçün bir üsul təklif edib. Nazik mum kontur xətləri obyektin üfüqi bölmə üzrə müvafiq topoqrafik, qrafik, kəsik parçaları müəyyən bir qaydada qablaşdırılır. Bundan sonra, üst təbəqədə kağız parçaları tətbiq ediləndən sonra uyğun olaraq aşağıdakı eskiz formasında xəritə alınır.

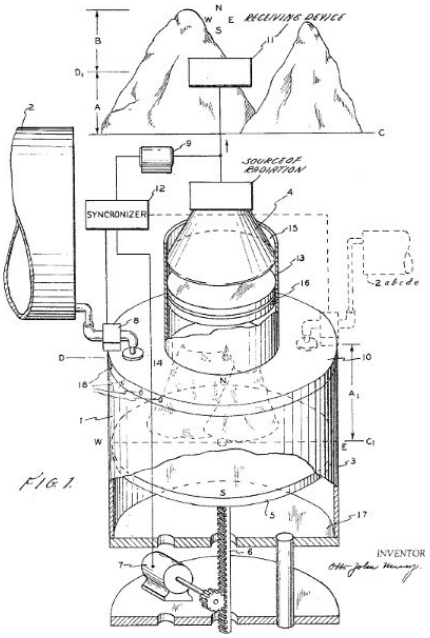
İkinci texnologiya - fotoskulptura (Photosculpture) 1890-cı ildə fransız François Willème tərəfindən təklif olunub. Hər bir şəkil üçün yarımşəkilli bir ekrana proqnozlaşdırıldı və operatorun xəttini təsvir etmək üçün bir pantograf istifadə etdi. Pantoqraf model materialı - gil çıxaran bir kəsici vasitəsi ilə əlaqələndirildi.

1935-ci ildə Isao Morioka topoqrafiya və fotoqrafik heykəltəraşlıqlarını birləşdirən bir üsul təklif etmişdir. Bu üsulun strukturlaşdırılmış işığın (qara və ağ bantların birləşməsini) və obyektin bir topoqrafik "xəritə" yaratmaq üçün bir kontur dəsti yaratdığını qəbul etdi. Konturlar daha sonra müəyyən bir qaydada yığılmış sac materialı ilə kəsilmiş və obyektin üçölçülü görüntüsü formalaşdırılır və ya, François Willème kimi konturlama üçün bir kəsici alətdən istifadə edərək, üç ölçülü forma yaradılması üçün ekran üzərində təsvir olunur.

Müasir stereolitoqrafiyaya ilk laylı şəffaf foto emulsiya üsulu Otto Munzur tərəfindən təklif olunmuşdur (1956). Bu təbəqədə obyektin konturu (bölmə) proqnozlaşdırılırdı. Beləliklə silindrdə hərəkət etmək imkanına malik olan bir piston quraşdırılır. Müəyyən bir materialı köçürüb və təsvir halına salan reagent emulsiya, işıq və fiksator reaktivinin təbəqəsi tətbiq olunur. 1977-ci ildə Wyn Kelly Swainson (ABŞ Pat 4.041.476 №.) tərəfindən iki lazer şüalarının kəsişmə nöqtəsində fotohəssas polimerin optimallaşdırılması üçün üç ölçülü obyektlərin istehsalını təklif etdi. Təxminən eyni vaxt aralığında laylı sintez texnologiyalarının toz materiallardan istehsalı başlanılır (P.A. Ciraud, 1972). 1981-ci ildə R.F. Housholder nazik toz qat formalaşması üçün bir üsul təklif etdi (Pat. ABŞ 4.247.508 №). Bundan əlavə, müəyyən bir dəyərin bərabərləşdirilməsi həyata keçirildi və sonraki mərhələdə təbəqə sinterləşdirildi. 1982-ci ildə A.J.Herbert bir X-Y-plotter, bir UV lampa və bir ayna sistemini istifadə edərək üçölçülü modellər yaratdı. 1986-cı ildə Charles W. Hull ultrabənövşəyi sintez üsulu ilə laylı sintez üçün bir üsul təklif etmişdir. Bu üsulda radiasiya nazik bir fotopolimer qatranına yönəldilmişdir. Beləliklə, Charles W.Hull, sahə sintezi sahəsindəki kommersiya fəaliyyətinə ilk başlayan 3D sistemlər şirkətinin qurucusu olmuşdur. Beləliklə, sənayedə yeni bir dövr - Additiv Texnologiya - dövrü başlamışdır.

"Üç ölçülü çap" texnologiyası 80-ci illərin sonlarında ortaya çıxmış və qısa müddət ərzində inkşaf edib aparıcı texnologiyalardan birinə çevrilmiştir. Bu sahədəki qabaqcıl şirkət, ilk kommersiya stereolitoqrafiya maşını - SLA - Stereolithography Apparatus (1986) hazırlayan 3D Sistemlər şirkətidir. 90-cı illərin ortalarına qədər SLA əsasən müdafiə sənayesi ilə bağlı tədqiqat və inkişaf fəaliyyətlərində istifadə edilmişdir. İlk lazer maşınları - ilk stereolitoqrafik (SLA-maşınlar), toz (SLS-maşınlar) həddən artıq bahalı idi, model materialların seçimi isə sadə və primitiv idi. CAD, modelləşdirmə və hesablama sahəsində (CAE) və emal sahəsində (CAM) rəqəmsal texnologiyaların geniş yayılmış 3D-çap texnologiyalarının inkişafının partlayıcı təbiətini stimullaşdırmışdır .

Cari iqtisadi vəziyyət tökmə müəssisələrinin yerli və beynəlxalq bazarlarda rəqabət qabiliyyətli məhsullar istehsal etməsini tələb edir. Rəqabətlilik əsasən məhsulun dəyəri və keyfiyyəti ilə müəyyənləşdirilir ki, bu da öz növbəsində istifadə olunan texnologiyaya, onun uyğunluğunun düzgünlüyünə, eləcə də işdə istifadə olunan materialların miqdarına və qiymətinə nəzarət edir.



Şəkil 3

Tökmə istehsalının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasının əsas problemləri: tökmə proseslərinin xüsusiyyət və parametrlərinin, xammal göstəricilərinin, avadanlıqlarının əməliyyat rejimi parametrləri monitorinqi və dəstəklənməsi, həmçinin keyfiyyətsiz materialların tez-tez müəyyən edilməsi və dəyişdirilməsi, avadanlıqların işlənməsinin proqnozlaşdırılması hesab olunur. Problemlərin həll olunması tökmə prosesinin çox səviyyəli kompüter şəbəkəsinin monitorinqi,nəzarət və dispetçer sisteminin (SCADA) köməyi ilə həyata keçirilir.

Təchizatların işində istifadə olunan texnologiyanın təhlili göstərir ki, məlumatların toplanması və emalına dəqiq nəzarət etmək mütləqdir. Tökmə istehsalının hər bir mərhələsinin vəziyyəti haqqında məlumatlardan istifadə edərək, operatorlara dərhal müxtəlif növ qrafik və cədvəl şəklində təqdim edilməlidir. Təchizatların səmərəliliyinin artırılması əsasən dizayn həllərinin keyfiyyəti və etibarlılığı, kompyuterləşdirilmiş sistemlərin və ekspert sistemlərinin istifadəsi ilə müəyyən edilir.

Nəticə. Sürətli hazırlanma texnologiyasının tökmə tərtibatlarının hazrlanmasına tətbiqi çətin həndəsəyə malik formaların frezlənmə vaxtına qənaət və yüksək dəqiqliyini təmin etmək üçün kiçik və ayri hissələrə bölünərək emal olunur və daha sonra tək avadanlıqda birləşdirilir. Bununla yanaşı tökmə avadanlıqların gövdələrində standartlaşdırılmış düyümlərin istifadəsi yüksək göstəricilərə nail olmağa imkan yaradır.

Ədəbiyyat

1. Gebhard, A. Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping - Tooling – Produktion. Verlag: Carl Hanser, München; 2016, 736 S.
2. Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Verlag: Springer; 2010- 459 p.
3. Pham, D.T., Dimov, S.S. Rapid Manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. London-Berlin Heidelberg, 2000. pp. 206.
4. Həsənov, V.H. Mürəkkəb konfiqurasiyalı detalların alınmasında metal karbidinin bişirmə-qaynaq prosesində rolu / V.H. Həsənov, F.İ. Bayramova // ADDA-nın Elmi əsərləri, №1(31), -Bakı: -2020, -s.31-34.
5. Məmmədov, A.T. Ovuntu metallurgiyasının əsasları. Ali məktəblərin texniki ixtisaslarının tələbələri üçün dərslik / A.T. Məmmədov, S.N. Namazov, Z.Z. Şərifov və b. -Bakı: AzTU, -1999. – 238 s.
6. Şərifov, Z.Z. Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Dərslik./ Z.Z. Şərifov -Bakı: Təhsil, -2014, -659 s.

Məqalə qəbul olunub: 02.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

UOT: 665.777.4.66.094.173.

YÜKSƏK KEYFİYYƏTLİ DİZEL YANACAĞININ ALINMASI

[1]Quliyeva R.A., [2]Muxtarova G.S., [2]Həsənov V.H.

[1]AMEA Y.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
AZ1025, Bakı şəh., Xocalı pr., 30
[2]Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: gulbenizrmuxtarova@yahoo.com

Xülasə. *Təqdim edilən məqalədə görülən işin məqsədi Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun laboratoriyada modifikasiya edilmiş Ni, Mo tərkibli alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə hidrokrekinqini apararaq, ekoloji təmiz dizel yanacağı və katalitik krekinq prosesi üçün yüksəkkeyfiyyətli xammal almaqdır.Vakuum qazoylunun hidrokrekinqi 3-8 MPa təzyiq, 400-450℃ temperatur intervalında, reaktorunun həcmi 200 ml olan axar tipli Macar qurğusunda aparılmışdır. Temperaturun prosesə təsiri tədqiq edilərkən müəyyən edilmişdir ki,temperatur 400-dən 450℃-yə qədər artırıldıqda dizel fraksiyasının çıxımı 35-dən 50 % kütləyə qədər artır. Benzin fraksiyasının çıxımı 0-6% kütlə təşkil edir, qalıq fraksiyasının çıxımı 65%-dən 45%-ə qədər azalır. Temperatur 400 ^{o}C-dan 450^{o}C-yə qədər artdıqda dizel fraksiyasında kükürdün miqdarı 0,01%-dən 0,005%-ə qədər, yod ədədi 9- dan 5 q J_2/100 q-a qədər azalır.*

Abstract. *The aim of done work was to obtain environmentally friendly diesel fuel and high-quality raw materials for catalytic cracking process by hydrocracking of vacuum gas-oil obtained from Baku oils in the presence of modified aluminosilicate catalyst containing Ni, Mo. The hydrocracking process of vacuum gas-oil conducted at 3-8 MPa pressure, 400-450℃ temperature range, in a flow-type Hungarian unit with a reactor capacity of 200 ml. During the investigations of temperature on hydrocracking process it was revealed that, when temperature rises from 400 to 450℃ the yield of diesel fraction increases from 35 to 50% wt. The yield of gasoline fraction constitutes 0-6 % wt. and the produce of residue fraction decreases from 65 to 45%. With increasing*

of temperature from 400ºC to 450ºC the amount of sulphur decreases from 0,01 to 0,005% and iodine number from 9 to 5 g J_2/100 g in composition of diesel fraction.

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования влияния температуры на процесс гидрокрекинга вакуумного газойля из смеси бакинских нефтей с участием алюмосиликатного катализатора, модифицированного Ni, Mo. Гидрокрекинг вакуумного газойля в присутствии алюмосиликатного катализатора, модифицированного Ni, Mo проводился при давлении 3-8 МПа, в интервале температур 400-450^{0}С, на Венгерской установке с объемом реактора 200 мл. При изучении влияния температуры на процесс было обнаружено, что при повышении температуры с 400 до 450° С выход дизельной фракции увеличивается с 35 до 50% мас. Выход бензиновой фракции составляет 0-6%мас., выход остаточной фракции снижается с 65 до 45%. При повышении температуры от 400 ºС до 450 ºСколичество серы в дизельной фракции уменьшается с 0,01 до 0,005%, а йодное число уменьшается с 9 до 5 г Дж2 / 100* г.

Açar sözlər: *vakuum qazoylu, hidrokrekinq, dizel fraksiyası, alümosilikat katalizatoru, hidroküküdsüzləşmə*

Key words: *vacuum gasoil, hydrocracking, diesel fraction, alumosilicate catalyst, hydrodesulfurization*

Ключевые слова: *вакуумный газойль, гидрокрекинг, дизельная фракция, алюмосиликатный катализатор, гидрообессеривание*

Giriş. Neftayırma sənayesinin gələcəyi onun neft emalı zavodlarının yeni bazar strukturlarına adaptasiyası ilə birmənalı bağlıdır. Axırıncı onillikdə neft emalı sənayesinin qarşısında duran əsas məqsəd ekoloji təmiz benzin və dizel yanacaqları istehsal etməkdir. Neftin emal dərinliyinin artırılması və müasir standartlara cavab verən əmtəə məhsullarının alınması məsələlərini katalitik krekinq, hidrokrekinq, visbkrekinq, kokslaşma kimi təkrar emal proseslərindən alınan fraksiyaların yeni emal metodlarının işlənib hazırlanması və istifadəsi vasitəsilə həll etmək olar .

Dünyanın bir çox inkişaf etmiş ölkələrində ABŞ, Kanada, Yaponiya və Qərbi Avropada geniş istifadə edilən UOP, Chevron, ExxonMobil və Axens firmalarının hidrokrekinq və digər hidrogenləşdirmə prosesləri yüksək keyfiyyətli və geniş çeşidli neft məhsullarının (mayeləşdirilmiş C_3-C_4 qazları, benzin, reaktiv və dizel yanacağı, hər-hansı bir neft xammalından yağ komponentləri) yüksək çıxımını təmin edirlər.

Hidrokrekinq prosesi ağır neft qalıqlarından yüksək keyfiyyətli motor yanacaqları almaq üçün ən effektiv proseslərdən biridir. Hal-hazırda dünya miqyasında neftin qalıq fraksiyalarının hidrokonversiyasının 50-ə yaxın texnologiyası mövcüddur. Lakin onların hamısı yüksək təzyiq altında (20-30 MPa) aparıldığından geniş tətbiq oluna bilmirlər (yüksək kapital qoyuluşuna görə)[1].

Müxtəlif xammalların hidrokrekinqinin sənayedə uğurla həyata keçirilməsində əsas amil – katalizatorların doğru seçimidir. Bu katalizatorlar yüksək hidroküküdsüzləşdirmə aktivliyi ilə yanaşı, doymamış, dien və qismən politsiklik aromatik karbohidrogenləri tam hidrogenləşdirmək üçün aşağı temperaturda yüksək hidrogenləşmə və parçalanma qabiliyyətinə malik olmalıdırlar. Bu karbohidrogenlər nəinki yanacaqların termiki stabilliyini azaldır, eyni zamanda həm katalizatorların, həm də sonrakı emal zamanı texniki avadanlıqların sürətlə kokslaşmasına səbəb olur [2, 3].

Hidrokrekinq zamanı tətbiq olunan katalizatorlarda hidrogenləşdiriçi komponent kimi VIII qrupun nəcib elementləri olan platin və ya palladiumdan istifadə olunur. Çünki hidrogen platin və palladiumda həll olur və atom halına keçərək hidrogenləşməni sürətləndirir. Çox zaman nikel, kobalt, molibden, volfram və ya onların kombinasiyasından istifadə olunur. Buna səbəb bu metalların platin və palladiuma nisbətən ucuz olmasıdır [4-5]. Həmçinin bu metalların tətbiqi zamanı katalizatorların çirkləndirici qarışıqlarla zəhərlənməsi baş vermir. Bu metallar daşıyıcılara hopdurma, iom mübadiləsi, çökdürmə və birgəçökdürmə üsulu ilə əlavə edilir.

Böyük molekul kütləli və böyük ölçülü molekullardan təşkil olunmuş ağır xammalın emalı zamanı reaksiya mühitinin tərkibinin dəyişməsi nəticəsində aqreqasiyanın əmələ gəlməsi baş verir ki,

bu da hidrogenləşmə prosesində hətta geniş məsaməli katalizatorlar tətbiq olunmasına baxmayaraq katalizatorlar aktivliyini itirir və zəhərlənir.

Xammalın ağır komponentləri aktiv mərkəzləri qapayır və katalizatorların tez bir zamanda aktivliyini aşağı salır. Odur ki, son zamanlar ağır karbohidrogenli xammalın emalı zamanı yeni yanaşma tətbiq edilir. Bu zaman nanoheterogen kataliz üsulundan istifadə olunur ki, burada nano- və ortaməsaməli katalizator sistemləri stabilləşdirici əlavələr edilməklə hazırlanır.

Nanoheterogen kataliz üçün əsas faktorlarla yanaşı, ölçü effekti, məsaməli quruluşun olmaması, dispers mühitdə istilikvermənin yüksək effektivliyi reaktorda katalizatorun aşağı qatılığı (0.06-0.6%küt.), reaktorun həcminə düşən nanohissəçiyin qatılığının yüksək olması kimi göstəricilərin də əhəmiyyəti böyükdür [6].

Məsələnin qoyuluşu. Son illərdə AMEA NKPİ-də ağır neft qalıqlarının (mazutun, qudronun) hidrokrekinqi istiqamətində elmi tədqiqat işləri aparılmış, hazırda vakuum qazoylunun hidrokrekinqi prosesinin aparılması məqsədilə yerli alümosilikat katalizatorunun keçid metalları ilə modifikasiyalarının sintezi və bu katalizatorun iştirakı ilə yüksəkkeyfiyyətli dizel yanacağı və katalitik krekinq prosesi üçün azkükürdlü xammal almaq məqsədilə Azərbaycan neftlərindən alınmış vakuum qazoylunun hidrokrekinqi istiqamətində tədqiqatlar aparılmaqdadır.

Təqdim edilən məqalədə görülən işin məqsədi Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun laboratoriyada modifikasiya edilmiş Ni, Mo tərkibli alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə hidrokrekinqini apararaq, ekoloji təmiz dizel yanacağı və katalitik krekinq prosesi üçün yüksəkkeyfiyyətli xammal almaqdır.

İlkin xammal olaraq istifadə edilən Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun keyfiyyət göstəriciləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	Vakuum qazoylu
Sıxlığı, 20°C, kq/m^3	886
Fraksiya tərkibi, °C	
q.b	320
< 330°C, % həcm	5
< 360°C, % həcm	10
q.s.	500
Temperatur, °C	
donma	+ 5
alışma	165-180
Kokslaşma, % kütlə	0,01
Özlülük, 50°C, mm^2/s	17,8
Sulfolaşma, % həcm.	32
Kükürdün miqdarı, % kütlə	0,1
Asfaltenlər	Yox
Adsorbsiya üsulu ilə karbohidrogen tərkibi; % kütlə	
parafin-naften	70,7
Yüngül aromatika	8,1
Orta aromatika	9,5
Ağır aromatika	10,5
Qətran	1,2

Vakuum qazoylunun hidrokrekinqi 3-8 MPa təzyiq, 400-450°C temperatur intervalında, həcmi sürət 0,7-2,0 saat^{-1}, H_2: xammal 1000 l/l, reaktorunun həcmi 200 ml olan axar tipli Macar qurğusunda aparılmışdır. Prosesdən alnan hidrogenizat atmosfer-vakuum qurğusunda qovularaq benzin (q.b.-200

°C), dizel fraksiyası (200-360°C) və qalığa > 360 °C ayrılaraq hər bir fraksiya ayrı-ayrılıqda tədqiq edilmişdir.

Alınmış nəticələrin analizi. Ni və Mo metallarıyla modifikasiya edilmiş alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə vakuum qazoylunun hidrokrekinqi prosesinə rejim parametrlərinin təsiri tədqiq edilmişdir. Temperaturun hidrokrekinq prosesinə təsiri 400-450°C intervalında öyrənilmişdir. Müxtəlif temperaturlarda aparılan hidrokrekinq prosesinin nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun temperaturdan asılı olaraq hidrokrekinqinin nəticələri (P = 5,0 MPa, V = 1,0 saat^{-1})

Göstəricilər	Temperatur, ^{o}C				
	400	420	430	440	450
Sıxlığı, 20°C, kq/m^3	877	873	854	863	858
Fraksiya tərkibi, °C					
q.b	164	123	96	92	88
10 %	282	270	195	195	185
30 %	340	330	300	286	275
50 %	-	360°C –47%	346	324	319
60 %	-	-	360°C – 55 %	359	332
70 %	-	-	-	-	355
Fraksiya çıxımı, % kütlə:					
q.b.-200 °C	-	-	2	3	5,0
200-360 °C	35	39	45	49	50,0
> 360 °C	65	61	53,0	48,0	45,0
Yod ədədi, qJ_2/100qməhsul	9,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Hidrogenizatın sulfolaşması, % həcm	26	24	20	23	25
Kükürdün miqdarı, % kütlə.	0,01	0,007	0,006	0,006	0,005

Alınan nəticələrin anaıizindən də aydın olur ki, 400°C-də hidrokrekinq prosesi zəif getdiyiə görə dizel fraksiyasının çıxımı minimum olaraq 35% təşkil edir. Temperaturun sonrakı artımlarında dizel fraksiyasının çıxımı artır. Temperaturun artırılması və həcmi sürətin azaldılması ilə (həcmi sürər 1 saat $^{-1}$) xammalın çevrilmə dərəcəsinin xeyli artdığı müşahidə edilir. Belə ki, temperatur 400-dən 450°C-yə qədər artırıldıqda dizel fraksiyasının çıxımı 35-dən 50% kütləyə qədər artır. Benzin fraksiyasının çıxımı 0-5% kütlə təşkil edir, qalıq fraksiyasının çıxımı 65%-dən 45%-ə qədər azalır.

Temperatur 400^{o}C-dan 450^{o}C-yə qədər artdıqda dizel fraksiyasında kükürdün miqdarı 0,01 %-dən 0,005%-ə qədər, yod ədədi 9-dan 5 q J_2/100 q-a qədər azalır.

Ni,Mo-lə modifikasiya edilmiş alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə vakuum qazoylunun hidrokrekinqindən alınan dizel fraksiyasının keyfiyyət göstəriciləri cədvəl 3-də verilmişdir.

Vakuum qazoylunun hidrokrekinqindən alınan dizel fraksiyasının keyfiyyət göstəricilərinə nəzər saldıqda aydın olur ki, temperaturun artması dizelin keyfiyyət göstəricilərinə, xüsusilə karbohidrogen tərkibinə önəmli təsir edir. Belə ki, temperaturun artmasıyla dizel fraksiyasının tərkibində aromarik karbohidrogenlərin miqdarı əvvəl azalır, 430°C-də minimum təşkil edir, temperaturun sonrakı artımı aromatik karbohidrogenlərin tədricən artmasına səbəb olur (cədvəl 3). Bunun səbəbi temperaturun artması nəticəsində reaksiyanın istiqamətinin dəyişərək, dehidrogenləşmə və hidrodealkilləşmə istiqamətində getməsidir. Hidrokrekinq prosesindən alınan hidrogenizatın keyfiyyət göstəricilərinə nəzər saldıqda, temperaturun 430°C-yə qalxması zamanı hidrogenizatın sıxlığı, sulfolaşması və kükürdün miqdarının azaldığı müşahidə olunur.

Beləliklə, vakuum qazoylundan dizel fraksiyası və katalitik krekinq üçün keyfiyyətli xammalın alınması məqsədilə yeni sintez edilmiş alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə tədqiq olunan hidrokrekinq prosesinin optimal rejim parametrləri : temperatur - 430°C, təzyiq 5 MPa, xammalın

verilməsinin həcmi sürəti 1,0 saat^{-1}–dir. Bu zaman dizel fraksiyasının çıxımı 45%, benzin fraksiyasının (fr. q.b.-200°C) çıxımı 2% kütlə, katalitik krekinq prosesi üçün keyfiyyətli xammalın-qalıq fraksiyasının (fr> 360°C) çıxımı isə 53,0 % təşkil edir.

Cədvəl 3

Bakı neftlərindən alınan vakuum qazoylunun hidrokrekinqindən alınan dizel fraksiyasının keyfiyyət göstəriciləri (P = 5,0 MPa, V = 1,0 saat^{-1})

Göstəricilər	**Temperatur, °C**			
	420	430	440	450
Sıxlığı, 20°C, kq/m^3	854,0	843,0	847,9	853
Fraksiya tərkibi, °C				
q.b	146	157	166	165
10 %	154	168	181	211
50 %	298	272	271	270
q.s.	361	360	360	362
Yod ədədi, qJ_2/100 q	2,5	3,7	4,5	4,3
Sulfolaşma, % həcm.	25	20	22	24
Temperatur, °C				
Donma	-20	-25	-23	-24
Alışma	-	70	75	-
Kükürdün miqdarı, % küt.	0,006	0,005	0,005	0,004
Kokslaşma, % kütlə	-	0,032	0,030	0,028
Külün miqdarı, % kütlə	йох.	йох.	йох.	йох.
Karbohidrogen tərkibi, % küt:				
Parafin	42,4	49,4	48,2	46,2
Naften	31,3	27,9	27,0	26,6
Aromatik	25,3	21,2	23,0	25,0
Doymamış	1,0	1,5	1,8	2,2
Molekul çəkisi	203	200	202	190
Setan ədədi	47	48,5	48	47
Kinematik özlülük, 20 °C, mm^2/s	5	4,5	4,3	4

Bakı neftləri qarışığının vakuum qazoylunun Ni, Mo-lə modifikasiya edilmiş alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə optimal rejim parametrlərində hidrokrekinqindən alınan dizel fraksiyasının setan ədədi 47-48 punkta bərabərdir və keyfiyyət göstəricilərinə əsasaən dizel yanacaqlarına komponent kimi əlavə edilə bilər.

Nəticə. Beləliklə,

- Bakı neftləri qarışığından alınan vakuum qazoylunun Ni, Mo metalları ilə modifikasiya edilmiş alümosilikat katalizatorunun iştirakı ilə hidrokrekinqindən yüksəkkeyfiyyətli dizel fraksiyasının və katalitik krekekinq prosesi üçün keyfiyyətli xammalın alınmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.
- Müəyyən edilmişdir ki, temperaturdan asılı olaraq vakuum qazoylunun hidrokrekinqindən alınan dizel fraksiyasının çıxımı 35%-dən 50%- kütləyədək artır. Alınan dizel fraksiyasının setan ədədi 47-48 (motor metodu ilə) təşkil edir.

Ədəbiyyat

1. Хавкин, В.А. О схемах НПЗ глубокой переработки нефти за рубежом и в России / В.А. Хавкин, Б.В. Винокуров, Л.Я. Гуляева и др. // Мир нефтепродуктов. -2011, № 5, -с. 3-7.
2. Шакун, А.Н. Некоторые аспекты стабильности новых цеолитсодержащих катализаторов избирательного гидрокрекинга / А.Н. Шакун, Ю.П. Ясьян, С.М. Литвинова // ХТТМ, 2001, № 2, с. 39-40.

3. Scheffer, B. Sulfidability and hydrodesulfurization activity fo Mo catalysts, supproted on alumina, silica and carbon. / B. Scheffer, P.Arnolgu, I.A. Moulum // Journal of Catalysis, -1998, V. 112, № 2, -pp. 516-527.
4. Леонтьева, А.И. Влияние цеолитов, модифицированных платиной в наноструктруированной форме, на процесс термо-каталитической деструкции нефтии / А.И. Леонтьева, Н.Н. Балобаева, А.Н. Брянкина и др. // Технологии нефти и газа, научно-технологический журнал, -2018. №1(114), -с.19-22.
5. Касимов, А.А. Зависимость выхода жидких продуктов реакции алкилирования на цеолитсодержащем модифицированном Ni, Cr, Co катализаторе со связующим γ– Al_2O_3 от количества олефиновых и парафиновых углеводородов в исходном сырье / А.А. Касимов, Х.Б. Пириева, А.Г. Азизов и др.// Нефтепереработка и нефтехимия, -2014. №3, -с.7-12.
6. Фатхутдинов, А.И. Катализаторы в процессах гидрокрекинга остаточного сырья / А.И. Фатхутдинов, Д.А.Ибрагимова, И.А. Иванов и др. // Вестник технологического университета, -2017, т.20, №7, -с.74-77.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

УДК: 62-1/-9

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гасанов Ю.Н., Мамедов С.З.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18
Азербайджанский Государственный Технический Университет
AZ1148, г. Баку, прос. Г. Джавида, 25
E-mail: yusif_nadiroglu@mail.ru, sulemabo@gmail.com

Аннотация. *Результаты многочисленных исследований показывают, что поверхности трения, обработанные различными методами, имеют определенные погрешности. Эти ошибки оказывают большое влияние на поглощение пар трения, таких как шероховатость, точность формы, и на долговечность машин в целом.*

Xülasə. *Çoxsaylı tədqiqatların nəticələri göstərir ki, müxtəlif emal üsulları ilə emal olunmuş surtünmə səthləri müəyyən xətalara malik olur. Bu xətalar kələ-kötürlük və forma dəqiqliyi kimi sürtunmə cütlərinin yeyilməsinə və ümumilikdə maşınların uzunömürlüyünə böyük təsir edir.*

Abstract. *The results of numerous studies show that the friction surfaces treated with various processing methods have certain errors. these errors have a great impact on the absorption of friction pairs, such as roughness and shape accuracy, and on the durability of machines in general.*

Ключевые слова: *способы обработки, шероховатость, площадь прикосновения, трение, поглощение*

Açar sözlər: *emal üsulları, kələ-kötürlük, toxunma sahəsi, sürtünmə, yeyilmə*

Key words: *processing methods, roughness, touch area, friction, absorption*

Введение. Процесс взаимодействия твердых тел при внешнем трении получил теоретическое объяснение в рамках молекулярно-механической теории трения, предложенной автором [1], так при относительном перемещении рабочих поверхностей наблюдаются одновре-

менно два вида взаимодействия: механическое, вызванное внедрением микронеровностей более твердой поверхности в менее твердую, и молекулярное, который возникает под действием сил атомно молекулярного притяжения и отталкивания.

Механическое взаимодействие поверхностей деталей происходит следующим образом. Когда одна поверхность скользит по другой шероховатой поверхности микронеровности у них вступают в тесный контакт, т.е. происходит механическое сцепление противолежащих выступов трущихся поверхностей. В результате механического взаимодействия неровностей мы наблюдаем упругую и пластическую деформацию выступов, а также «пропахивание» твердыми неровностями противолежащей менее твердой поверхности. Совокупность сил, вызванная механическим взаимодействием отдельных микронеровностей и сопротивлением относительному перемещению поверхностей, в общем является механической составляющей силы трения. Сопротивление скольжению возникает в основном в процессы деформирования неровностей, поэтому механическая составляющая силы трения может называться деформационной.

Основная часть. При внешнем трении на участках самого контакта кроме механического также мы можем наблюдать некоторые межмолекулярные взаимодействия.

В результате этих взаимодействий создается сопротивление относительному скольжению, который получил название молекулярной составляющей силы трения. Молекулярная составляющая силы трения характеризует, так скажем, атомные и молекулярные взаимодействия при сближении поверхностей, а также при их относительном перемещении. Как мы знаем, обычно эту составляющую силы трения называют адгезионной. Под термином «адгезия» мы можем понять взаимное притяжение поверхностей, вызванное атомно-молекулярным взаимодействием. Как известно, молекулярную теорию трения более полным образом развил советский ученый член-корреспондент АН СССР Б.В. Дерягин (1934 г.).

Также им было отмечено, что молекулярное воздействие влияет на процесс трения сильнее, чем выше чистота обработки сопряженных контактирующихся поверхностей, имеющих более тесный контакт:

$$T_M = f_1 S_ф (P_0 + P), \quad (1)$$

где T_M — сила молекулярного трения, Н; $S_ф$ — площадь фактическою контакта, $м^2$; P_0— удельная сила молекулярного воздействия, $Н / м^2$; $P = N / S_ф$— удельная сила нормального воздействия, $Н / м^2$.

Площадь самого контакта поверхности в основном зависит от микро и макро геометрии, а также от приложенной к ним нагрузки. Износ на поверхности детали в основном возникает от срезания микрогребешков, которые остались после механической обработки детали.

Следовательно мы можем объяснить количественно полученные значения износа через изменение объёма поверхности детали. В результате исследование [4] показывает нам, что металлические поверхности могут иметь шероховатость на атомном уровне и при соприкосновении они контактируют через больше всех выступающих неровностей.

На данный момент времени различают три вида связей, которые характеризуют атомно-молекулярное взаимодействие поверхностей, это: химические; молекулярные (водородные, а также под действием сил Ван-дер-Ваальса); электростатические (под действием силового поля). Самым прочными считаются связи, вызванные, так называемыми, силами Ван-дер-Ваальса. Этих сил можно наблюдать при взаимодействии тел с высоким качеством поверхностей, при 0,3...0,5 нм зазоре между неровностями контактирующих поверхностей.

Давление, которое возникает в результате атомно-молекулярного взаимодействия зависит от материалов сопрягающихся деталей и параметров профиля, а также от наличия окисных пленок. К примеру, для стальных поверхностей, контактирующих на расстоянии 5... 10 нм, давление может достигать 100 кПа. Рассчитать молекулярную составляющую силы трения на данный момент в реальных условиях пока остается невозможным из-за сложного характера

адгезионных связей и большого количества изменяющихся факторов, которые определяют сам процесс взаимодействия. Поэтому чтобы ее оценить пользуемся эмпирическими значениями молекулярной составляющей коэффициента внешнего трения и средних нормальных напряжений, которые действуют в зонах фактического контакта. Таким образом, сила внешнего трения можем представить как сумму механической и молекулярной (также деформационной и адгезионной) составляющих. Стоит также отметить, что молекулярно-механическая теория трения была разработана великими учеными И.В. Крагельским и Б.Д. Дерягиным (рис.3). По этой теории, трение обусловлено одновременно и механическим, и молекулярным взаимодействием трущихся поверхностей деталей.

Чтобы обеспечить благоприятные условия взаимодействия поверхностей пары трения нам необходимо тщательным образом подобрать материалы этих пар трения. Зависимость механических свойств материалов от условий взаимодействия поверхностей обусловливает так называемое правило градиента, по которому определяется градиент механических свойств - вектора, который характеризует некоторое изменение механических свойств материала детали по нормали к поверхности трения. Если у нас при трении прочностные свойства поверхностного слоя увеличиваются в направлении с поверхности трения в глубь самого материала (рис. 1, *а),* то у нас могут обеспечиватся нормальные условия для внешнего трения. При этом у нас, деформации при сдвиге сосредоточиваются в очень тонком приповерхностном слое и сплошность у основного материала не нарушается. А если у нас прочностные свойства поверхностного слоя будут выше, чем у основного материала детали (рис. 1, *б),* т.е. градиент механических свойств будет иметь отрицательное значение, следовательно в процессе трения из-за схватывания поверхностей или развивающихся усталостных процессов у нас разрушается материал ниже упрочненного слоя с последующими глубинными вырываниеми частиц.

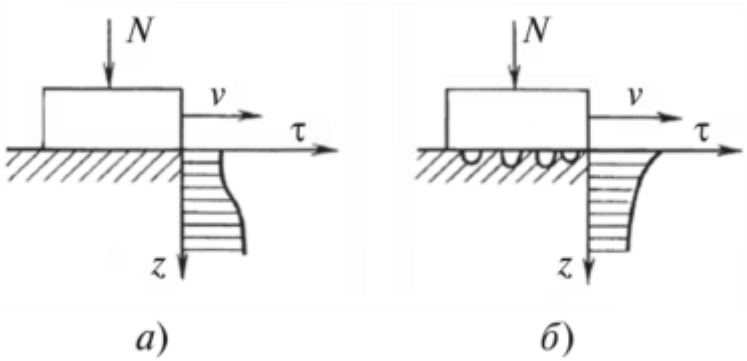


Рис. 1. *Схема к определению градиента механических свойств материала: dx . dx _; а — при — >0;б— при — <0, где X — сопротивление сдвигу; dz dz z — глубина, отсчитываемая от пятна фактического контакта*

Таким образом, при выборе материалов для пар трения и обоснования метода обработки детали нам необходимо руководствоваться правилом градиента. Наиболее благоприятные условия взаимодействия поверхностей и наибольшая долговечность сопряжения у нас обеспечиваются только при положительном градиенте механических свойств

Как известно трение деталей механических систем без смазочных материалов (рис. 2, *а*) всегда происходит с некоторым механическим повреждением трущихся поверхностей, упруго-пластическим деформированием, повышением температуры трения, возникновением шума, а также вибрации. Соответственно для этого вида трения характерно и механическое, и молекулярное взаимодействие трущихся рабочих поверхностей. Неровности, которые находятся на поверхности деталей, по всей номинальной площади ухудшают контакт поверхности, из-за этого даже при малых нагрузках возникает большое давление, под действием ко-

торого, при относительном перемещении, выступы поверхностей деформируются, внедряются друг в друга и разрушаются. Этот процесс всегда происходит интенсивным тепловыделением.

Благоприятные условия для молекулярного взаимодействия рабочих поверхностей деталей механических систем обеспечивается за счет разрушение окисных пленок и сближение поверхностей при трении без смазочного материала. Таким образом мы можем сказать, что при трении без смазочного материала силы сопротивления перемещению вызвано механическим зацеплением выступов неровностей поверхностей и молекулярным взаимодействием материалов в самих зонах контакта поверхностей. В условиях трения без смазочного материала работают некоторые механические элементы, например: сухие муфты сцепления, тормозные устройства, некоторые открытые шарнирные сопряжения.

Трение со смазочным материалом (рис. 2, *б, в)* соответственно, происходит при намного более благоприятных условиях взаимодействия поверхностей (чем без смазочного материала) и характеризуется значительным уменьшением сил трения, распределяется давления по поверхности трения более равномерно, интенсивность тепловыделения понижается, что в свою очередь очень важно.

Сопротивление относительному перемещению рабочих поверхностей при наличии смазочного материала уменьшается из-за образованных граничных пленок соответственно смазочного материала и активного образования окисных пленок. В свою очередь, окисные пленки, также обеспечивают снижение механического взаимодействия неровностей поверхности, а также полярной активности в поверхностном слое металла и вследствие этого — уменьшение молекулярной составляющей силы трения.

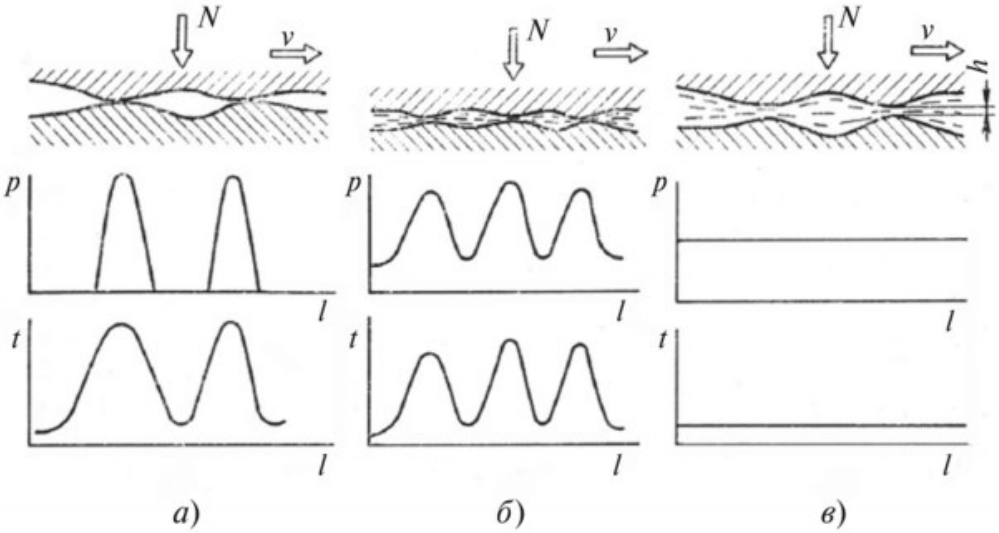


Рис. 2. *Графики распределения давления p и температуры t по длине рабочей поверхности при трении: а — без смазочного материала; б — со смазочным материалом при h - 0,1 ...0,5 мкм; в — со смазочным материалом при h > 0,5 мкм*

В обычных поверхностях трения мы можем заметить, что толщина граничных пленок (которые образуются окислами, а также химически и полярно активными компонентами смазочного материала) заметно меньше высоты неровностей и составляет всего лишь 0,1...0,5 мкм. Механическое взаимодействие поверхностей, в свою очередь, полностью при этом не исключается, а лишь уменьшается из-за уменьшения давления в точках фактически самого контакта. Деформация поверхности при этом полностью не исключается, а проявляется в незначительной форме в тонких поверхностных слоях металла, значительно сниженный смазочным материалом, что, в сою очередь, не критично влияет на контакт поверхностей. При взаимодействии смазочного материала с металлом имеет место быть изменения физических

свойств: масла — под действием силового поля металлической поверхности; поверхностных слоев материала детали — вследствие химической активности масла. Смазочный материал, в свою очередь, не только уменьшает трение из-за относительного скольжения масляных слоев, но также проникая в микропоры имеющихся на поверхности деталей, он понижает пластическую деформацию металла, помогает перераспределению температуры, давления по всей поверхности и таким образом обеспечивает благоприятные условия работы сопряжения деталей, что в свою очередь также является необходимыми условиями при трении. При увеличении количества смазочного материала в зоне котакта поверхностей у нас создаются условия, при которых трущиеся поверхности полностью отделены друг от друга масляным слоем (рис. 2, *в)*. За счет которого наружное трение твердых поверхностей можем заменять трением слоев смазочного материала. Механическое и атомно-молекулярное взаимодействие рабочих поверхностей могут полностью исключатся. В данных условиях у нас давление равномерно распределяется по всей площади контакта деталей и передается на несущую поверхность через слой смазочного материала, благодаря чему, как-бы значительно уменьшаем тепловыделение в процессе трения и в следствии сопряжение работает с незначительным повышением средней температуры. Все эти условия трения обеспечивают нам наилучшую работоспособность сопряжений при контактировании.

Выводы. Чтобы получить наиболее благоприятные условия трения нам необходимо тщательно выбирать материалы пары трения. Зависимость механических свойств материалов от условий взаимодействия поверхностей обусловливает так называемое правило градиента, по которому предусматривается определение градиента механических свойств — вектора, который характеризует изменение механических свойств материала детали по нормали к поверхности трения. Если у нас при трении прочностные свойства поверхностного слоя увеличиваются в направлении с поверхности трения в глубь самого материала (рис. 1, *а),* то у нас могут обеспечиваться нормальные условия для внешнего трения.

В результате исследование [4] показывает нам, что металлические поверхности могут иметь шероховатость на атомном уровне и при соприкосновении они контактируют через больше всех выступающих неровностей.

Таким образом, также мы можем сказать, что при трении без смазочного материала силы сопротивления перемещению вызываются механическим зацеплением выступов неровностей на поверхности деталей и молекулярным взаимодействием материалов в зонах контактирования поверхностей.

При относительном перемещении рабочих поверхностей в присутствии смазочного материала играют не маловажную роль окисные пленки.

Механическое и атомно-молекулярное взаимодействие рабочих поверхностей могут исключатся при контакте трущихся поверхностей полностью разделенными смазочными материалами, т.к. трением слоев смазочного материала можем заменять внешнее трение твердых поверхностей.

Литература

1. Крагельский, И.В. Трение и износ. / И.В. Крагельский. –Минск: -1968. -стр. 274.
2. Дерягин, Б.В. Влияние контактных деформаций на адгезию частиц. /Б.В. Дерягин, В.М. Мюллер, Ю. П. Топоров. –Москва: -1985. -стр. 326.
3. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. –М.: “Машиностроение”, -1985. -стр. 424.
4. Гасанов, Ю.Н. Регулирование триботехнических характеристик поверхности деталей / Ю.Н. Гасанов, -Баку: -2001. -стр. 243.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

УДК 621.397.23

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ЦИФРОВОГО ТВ ПРИЕМНИКА С АДАПТИВНОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Мамедов И.Р., Агаев Г.А.

Азербайджанский Технический Университет
Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое Агентство
E-mail: isamamedov@bk.ru, hidayat.aghayev@azeurotel.az

Xülasə. *Məqalə rəqəmli TV qəbuledicisinin yüksək tezlikli traktının və həlletmə qurğusunun sxeminin qurulmasına həsr edilmişdir. Rəqəmli çoxkanallı TV siqnallarının təksimvollu optimal toplanmış koherent qəbulu nəzərdən keçirilmişdir. Bu məqsədlə uyğun optimal qəbul alqoritmi tərtib edilmiş və həssaslığı adaptiv tənzimlənən radioqəbuledicinin sxemi qurulmuşdur. Radioqəbuledicinin həssaslığının adaptiv tənzimlənməsi üçün faydalı siqnalın səviyyəsini dəyərləndirən və idarəetmə siqnalını formalaşdıran əks rabitə ilgəyindən istifadə olunmuşdur.*

Abstract. *The article is devoted to the construction of the high-frequency path circuit and a decision circuit of the digital TV receiver. A single coherent optimal reception of digital multichannel TV signals is considered. For this purpose, a corresponding reception algorithm has been compiled and the receiver circuit with adaptive adjustment of the receiver sensitivity has been constructed. To adjust the sensitivity of the receiver, a feedback loop was used to estimate the value of the useful signal and form a control command.*

Аннотация. *Статья посвящена построению схемы высокочастотного тракта и решающей схемы приемника цифрового ТВ. Рассмотрен одиночный сосредоточенный когерентный оптимальный прием сигналов цифрового многоканального ТВ. С этой целью составлен соответствующий алгоритм приема и построена схема приемника с адаптивной регулировкой чувствительности приемника. Для регулировки чувствительности приемника использована петля обратной связи для оценки значения полезного сигнала и формирования команды управления.*

Açar sözlər: *radioqəbuledicinin həssasliği, həlletmə qurğusu, sistemin maneədayanıqlığı, optimal qəbul, optimal qəbuletmə alqoritmi, spektrə görə toplanmış maneələr, amplitud-faz modulyasiyasi, sinfaz və kvadratur təşkiledicilər*

Key words: *receiver sensitivity, decision circuit, noise immunity of the system, optimal reception, optimal reception algorithm, sinusoidal interferences, amplitude-phase modulation, in-phase and quadrature components*

Ключевые слова: *чувствительность приемника, решающая схема, помехоустойчивость системы, оптимальный прием, алгоритм оптимального приема, сосредоточенная по спектру помеха, амплитудно-фазовая модуляция, синфазная и квадратурная составляющие*

Постановка задачи. При сильном полезном сигнале появляется возможность блокировки слабых помех путем уменьшения чувствительности приемника [1]. При этом некоторые слабые помехи не проходят на вход решающей схемы приемника, т.е. влияния таких помех полностью исключаются. При отсутствии регулировки чувствительности приемника на верность передачи оказывают влияния и слабые, и сильные помехи. Поэтому помехоустойчивость приема при таком условии приема снижается. Необходимо определить эффективность блокировки помех путем снижения чувствительности приемника.

Степень влияния помех зависит от методов приема, интенсивности и количества действующих помех, условия приема сигналов, типа каналов и др. [2]. Поэтому данный вопрос должен быть рассмотрен для каждого варианта по отдельности.

Для оценки эффективности блокировки помех следует оценить повышение помехоустойчивости системы при оптимальном приеме сигнала и сравнить полученный результат с верностью передачи в реальных системах связи. Известны методы оптимального когерентного и некогерентного одиночного (посимвольного) приема и приема в целом цифровых сигналов [2-5]. В литературе составлены алгоритмы и решающие схемы когерентного и некогерентного оптимального сосредоточенного и разнесенного приема сигналов цифрового ТВ [2- 4]. Также определена помехоустойчивость при различных типах оптимального одиночного приема [2, 6-8]. Задача заключается в определении повышения помехоустойчивости при блокировке слабых помех.

Известно, что при оптимальном приеме сигнала обеспечивается потенциальная помехоустойчивость системы. В литературе получены различные выражения для расчета вероятности ошибки при оптимальном приеме сигнала [2, 7, 9-10]. Каждое из них используется для расчета вероятности ошибки в соответствующих условиях приема. Для каждого варианта можно построить соответствующую решающую схему и использовать соответствующее расчетное выражение для вероятности ошибки. Поэтому здесь мы ограничимся только определением условия приема и выбором соответствующего выражения для построения схемы решающего устройства приемника.

В статье рассмотрен одиночный сосредоточенный когерентный оптимальный прием сигналов цифрового многоканального ТВ. Для этого составлен соответствующий алгоритм приема и построена схема приемника с адаптивной регулировкой чувствительности приемника.

Составление алгоритма посимвольного оптимального когерентного приема сигналов цифрового ТВ на фоне флуктуационного шума и при блокировке слабых сосредоточенных по спектру помех. Допустим, что в канале действуют *N* сосредоточенные по спектру помехи и осуществляется когерентный посимвольный прием сигнала цифрового многоканального ТВ на фоне флуктуационного шума. При этом на входе приемника имеем суммарный сигнал:

$$S^{'}(t) = \mu(t)S(t) + \sum_{k=1}^{N} \mu_{\Pi k}(t) S_{\Pi k}(t) + \xi(t), \qquad (1)$$

где $S(t)$ и $S_{\Pi k}(t)$ – соответственно полезный сигнал и к-ая помеха, $\mu(t)$ и $\mu_{\Pi k}(t)$ – соответственно затухания сигнала и к-ой помехи, $\xi(t)$ – флуктуационный шум.

В приемнике, когда решающая схема построена по принципу взаимно-корреляционного интегрирования, осуществляется интегрирование входного колебания [10-11]. В приемнике цифрового сигнала с амплитудно-фазовой модуляцией обычно осуществляется обработка синфазной $S_I(t)$ и квадратурной $S_Q(t)$ составляющих сигнала по отдельным каналам приемника [10-13]. Условимся, что компоненты сигнала $\alpha cos(\omega_o t + \varphi_o)$ и $\beta sin(\omega_o t + \varphi_o)$ между собой не коррелированны. Синфазная и квадратурная составляющие входного сигнала с учетом действующих помех и шумов соответственно могут быть описаны выражениями:

$$S_I^{'}(t) = \mu(t) d\{\alpha\, cos(\omega_o t + \varphi_o)\} + \sum_{k=1}^{N} \mu_{\Pi k}(t) S_{\Pi k}(t) + \xi(t) \qquad (2)$$

и

$$S_Q^{'}(t) = \mu(t) d\{\beta\, sin(\omega_o t + \varphi_o)\} + \sum_{k=1}^{N} \mu_{\Pi k}(t) S_{\Pi k}(t) + \xi(t). \qquad (3)$$

Здесь $S_I^{'}(t)$ – синфазная, $S_Q^{'}(t)$ – квадратурная составляющие входного сигнала $S^{'}(t)$, d – энергетическая база сигнала, ω_0 - номинальное значение частоты сигнала, φ_0 - начальная фаза сигнала.

Таким образом, принимаем, что на вход приемника действует сумма замирающего полезного сигнала (на полезный сигнал действует мультипликативная помеха), N замирающей аддитивной помехи и флуктуационного шума. При регулировке чувствительности приемника часть помехи блокируются и поэтому на вход решающей схемы проходят, в общем случае сумма N_1 помех: $\sum_{k=1}^{N_1}\mu_{\Pi k}(t)S_{\Pi k}(t)$.

В бинарной системе при QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – квадратурная фазовая модуляция) формируется четыре варианта передаваемых комбинаций: 00; 01; 10; 11 [10]. Необходимо осуществить различение синфазных составляющих $S_{11}(t)$ и $S_{10}(t)$ в одном канале и квадратурных составляющих $S_{01}(t)$ и $S_{00}(t)$ QPSK сигнала в другом канале [5].

Для рассмотренного варианта нами составлен алгоритм оптимального когерентного посимвольного приема двоичных сигналов [4, 14]. Полученный алгоритм оптимального когерентного приема с учетом регулировки чувствительности приемника перепишем в виде:

$$\frac{X_1}{\sigma_0^2}-h_1^2\left[1-\sum_{k=1}^{N_1}\frac{\overline{g_{1k}^2}h_1^2}{\left(1+\overline{h_{nk}^2}\right)}\right]>\frac{X_0}{\sigma_0^2}-h_0^2\left[1-\sum_{k=1}^{N_1}\frac{\overline{g_{0k}^2}h_0^2}{\left(1+\overline{h_{nk}^2}\right)}\right], \tag{4}$$

Здесь

$$h_1^2=\frac{P_1T}{\nu^2};\qquad \overline{h_{nk}^2}=\frac{\overline{P_{nk}}T}{\nu^2}, \tag{5}$$

P_1 – мощность сигнала $S_1(t)$, $\overline{P_{nk}}$ - среднестатистическое значение мощности k-й сосредоточенной помехи, T – длительность элемента сигнала, ν^2 – интенсивность флуктуационного шума.

Для построения решающей схемы оптимального одиночного когерентного приемника введены некоторые условные параметры [4-5]: $\widetilde{s}_{nk}(t)$ – комплексное сопряженное $s_{nk}(t)$ по Гильберту, $\sigma_0^2=\nu^2/T$, $\widetilde{s}_r(t)$ – комплексное сопряженное $s_r(t)$ по Гильберту. Кроме того, приведены выражения для расчета среднестатистического значения коэффициента различия [4]:

$$\overline{g_{rk}^2}=\frac{x_{\Pi kr}^2+y_{\Pi kr}^2}{4P_r} \tag{6}$$

и следующих параметров [4-5, 11]:

$$x_{\Pi k}=\frac{2\sqrt{\overline{\mu_{\Pi k}^2}}}{T}\int_0^T s^{'}(t)s_{\Pi k}(t)dt,\qquad y_{\Pi k}=\frac{2\sqrt{\overline{\mu_{\Pi k}^2}}}{T}\int_0^T s^{'}(t)\widetilde{s}_{\Pi k}(t)dt, \tag{7}$$

$$x_{\Pi kr}=\frac{2\mu\sqrt{\overline{\mu_{\Pi k}^2}}}{T}\int_0^T s_{11}(t)s_{\Pi k}(t)dt,\quad y_{\Pi kr}=\frac{2\mu\sqrt{\overline{\mu_{\Pi k}^2}}}{T}\int_0^T s_{11}(t)\widetilde{s}_{\Pi k}(t)dt, \tag{8}$$

$$X_1 = x_1 - \sum_{k=1}^{N_1} \frac{x_{\Pi kr} x_{\Pi k} + y_{\Pi kr} y_{\Pi k}}{2\sigma_0^2 \left(1 + \overline{h_{nk}^2}\right)} \tag{9}$$

$$x_1 = \frac{2\mu}{T} \int_0^T S'(t) S_{11}(t) dt\,, \tag{10}$$

P_r – мощность *r*-го варианта сигнала.

Построение схемы приемника сигнала цифрового телевидения при блокировке слабых помех в условиях оптимального когерентного посимвольного приема. При известных условиях приема для полученного алгоритма оптимального посимвольного когерентного приема несложно построить решающую схему приемника.

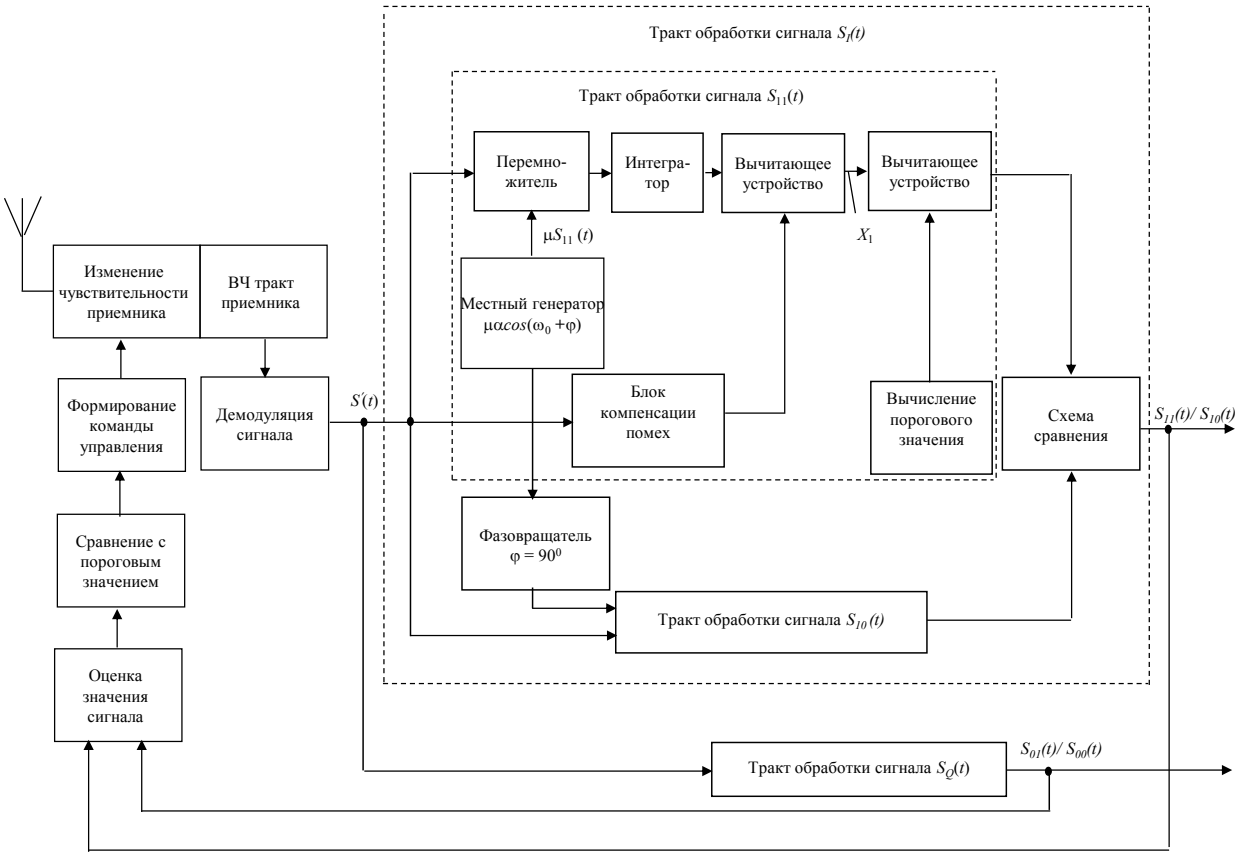


Рис. *Схема приемника с управлением его чувствительности*

В высокочастотном (ВЧ) тракте приемника осуществляется адаптивная регулировка чувствительности приемника (рис.). С этой целью приемник охвачен петлей обратной связи. Принимаемый сигнал после обработки в ВЧ тракте демодулируется и на вход решающей схемы подводится сигнал $S''(t) = \mu(t) S(t) + \sum_{k=1}^{N_1} \mu_{\Pi k}(t) S_{\Pi k}(t) + \xi(t)$. Далее этот сигнал делится на $S_I''(t)$ синфазную и $S_Q''(t)$ квадратурную составляющие. Перемножитель вместе с интегратором выполняют операцию, выраженную по формуле (10). В блоке компенсации по-

мех осуществляются вычисления параметров помех по формулам (7) и (8). Здесь после суммирования находится значение $\sum_{k=1}^{N_1} \frac{x_{\Pi kr} x_{\Pi k} + y_{\Pi kr} y_{\Pi k}}{2\sigma_0^2\left(1+\overline{h_{nk}^2}\right)}$. На выходе первого решающего устройства получим значения X_1 [см. формулу (9)]. С учетом выражения (4) в решающем устройстве осуществляется вычисление порогового значения по формуле $h_1^2\left[1-\sum_{k=1}^{N_1}\frac{\overline{g_{1k}^2}h_1^2}{\left(1+\overline{h_{nk}^2}\right)}\right]$. На выходе второго вычитающего устройства имеем значения параметра, рассчитанное по левой части неравенства (4). Аналогичные операции производятся и в тракте обработки сигнала $S_{10}(t)$.

Таким образом, решающая схема приемника фактически выполняет операции согласно алгоритму оптимального приема. На выходе каждого тракта имеем «очищенный» от помех сигнал. Выходные сигналы трактов обработки сигналов $S_I(t)$ и $S_Q(t)$ по цепи обратной связи подводятся в схему управления чувствительности приемника. Здесь после оценки значения полезного сигнала уровень сигнала сравнивается с пороговым значением. При больших значениях этого сигнала формируется команда управления для изменения чувствительности приемника.

Заключение. При приеме сигнала на фоне флуктуационного шума и при действии N сосредоточенных по спектру помех с управлением чувствительности приемника можно пользоваться решающей схемой оптимального приема. Составленная схема приемника состоит из схемы решающего устройства и петли обратной связи, которая способствует изменению чувствительности приемника, за счет чего при сильном полезном сигнале уменьшается количество сосредоточенных по спектру помех.

Литература

1. Мамедов, И.Р. Анализ и оценка влияния радиопомех на качество приема при регулировке чувствительности приемника / И.Р. Мамедов, Г.А. Агаев // Электросвязь, №3, -2019, -с. 47-51.
2. Фалько, А.И. Применение шумоподобных сигналов с нулевой зоной корреляции в мобильных системах MIMO/ А.И. Фалько, В.И. Носов, А.А. Калачиков, Р.С. Тимощук, А.В. Гюнтер //Телекоммуникации, №2, -2011, -с. 38-48.
3. Мартиросов, В.Е. Когерентные алгоритмы посимвольного приема сигналов QAM // - Электросвязь, №1, -2007. -с. 47-51.
4. Мамедов, И.Р. Алгоритм оптимального когерентного посимвольного приема в системах мобильной связи с учетом характеристик внутрисистемных помех / И.Р. Мамедов, М.А. Велиев, Н.Т. Керимов // Ученые записки АзТУ, -2008. №1, -с. 21-23.
5. Мамедов, И.Р., Велиев, М.А., Эфендиев, И.Д. Когерентный оптимальный прием QAM сигналов на фоне сосредоточенных помех и флуктуационного шума // Труды международн. конф. «Научно-технический прогресс и совр. авиация», -Баку: -2008, том 1, -с. 41-44.
6. Мамедов И.Р., Велиев М.А. Повышение помехоустойчивости сотовой системы мобильной связи путем управления мощностью передатчика базовой станции. Прикладная радиоэлектроника, том 9 / И.Р. Мамедов, М.А. Велиев. -2010. -№2. -с.276-279.
7. Cho K., Yoon D. On the General BER Expression of One- and Two-Dimensional Amplitude Modulations // IEEE Trans. on Communications, 2002, v. 50, July, № 7, pp. 1074 - 1080.

8. Ksairi N., Bianchi P., Ciblat P. Nearly Optimal Resource Allocation for Downlink OFDMA in 2-D Cellular Networks// IEEE Transactions on Wireless Communications, 2011, v. 10, July, N0 7, pp. 2101-2115.
9. Мартиросов, В.Е. Влияние нелинейных (компрессированных) искажений на помехоустойчивость приема сигналов QAM // -Радиотехника, №9, -2008. -с. 4-11.
10. Мамедов, И.Р., Велиев, М.А., Эфендиев, И.Д. Когерентный оптимальный прием QAM сигналов на фоне сосредоточенных помех и флуктуационного шума // Труды международн. конф. «Научно-технический прогресс и совр. авиация», -Баку: -2008, т.1, -с. 41-44.
11. Мамедов, И.Р. Построение схемы оптимального радиоприема сигналов многоканального телевидения// И.Р. Мамедов, И.Д. Эфендиев. Ученые записки АзТУ, -2009, №1, -с. 27-29.
12. Maham B., Tirkkonen O., Hjørungnes A. Impact of Transceiver I/Q Imbalance on Transmit Diversity of Beamforming OFDM Systems// IEEE Transactions on Communications, 2012, v. 60, March, N0 3, pp. 643 – 648.
13. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. О соотношениях между мощностью, количеством позиций M-QAM и верностью передачи в системах широкополосного радиодоступа//T-Comm, 2018, № 2, с. 17-22.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

UDR 372.881.1

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A MEANS OF DEVELOPING THE MOTIVATION OF EDUCATIONAL ACTIVITIES

Zhalgasbayeva Aliya, Nagimzhanova K.M.

Yessenov University, Turan-Astana University
E-mail: aliyazh@list.ru, naza_stam@mail.ru

Abstract. *This article stresses the importance of information and communication technologies in language education, and considers the possible options for their use, motivation of students and assessment of their activities. The article deals with the modern concept of lesson with the use of information and communication technologies.*

Xülasə. *Bu məqalədə dil təhsilində informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının əhəmiyyəti vurğulanır, istifadəsi üçün mümkün variantlar, təhsilalanları həvəsləndirmək və fəaliyyətlərini qiymətləndirmək variantları nəzərdən keçirilir. Məqalədə informasiya və kommunikasiya texnologiyalarından istifadə edilən müasir dərs konsepsiyasına baxılır.*

Аннотация. *В данной статье подчеркивается важность информационно-коммуникационных технологий в языковом образовании, рассматриваются возможные варианты их использования, мотивации учащихся и оценки их деятельности. В статье рассматривается современная концепция урока с использованием информационно-коммуникационных технологий.*

Key words: *information and communication technologies (ICT), foreign language, motivation, computer technologies, teaching methods*

Açar sözlər: *informasiya-kommunikasiya texnologiyaları (İKT), xarici dil, motivasiya, kompyuter texnologiyaları, tədris metodikası*

Ключевые слова: *информационно - коммуникационные технологии (ИКТ), иностранный язык, мотивация, компьютерные технологии, методика обучения*

Introduction. In modern science, there are many different approaches to the definition of the term "information and communication technologies". According to the dictionary of Pedagogical usage (ed. by Doctor of Pedagogical Sciences L. M. Luzina), information and communication technologies (ICT) are a set of means and methods of transforming information data to obtain information of a new quality (information product).

One of the philosophers said, "The disciple is not a vessel to be filled, but a torch to be lit." Now, when the system, the goals of education and approaches to learning are changing, these words are especially relevant. But it is not enough to light it, you need to be able to keep this "torch" burning, and for this you need to keep up with the times, develop together with students, and sometimes even go forward and be an example for them to follow [1, P.190].

The most urgent task of education in modern conditions is the formation of the communicative culture of students. ICT is becoming one of the most effective tools that contribute to the expansion of the modern educational space of the school.

The goal of innovative technologies is to form the personality of a future specialist who is able to independently build their educational and cognitive activities. In turn, the use of ICT contributes to the achievement of the main goal of modernizing education, that is, improving the quality of education, as well as increasing the availability of education and ensuring personal development.

Modern education requires the deepest changes, the transition to new educational standards. As a result, an innovative generation will be formed, which will be able to master the knowledge system faster and more effectively, as well as expand, update and fully use it in practice.

For a teacher, it is necessary to be able to get information from various sources, use it, or create it yourself. The use of ICT can open up new opportunities for teachers in teaching a foreign language. It is also important that the use of modern technologies is, and will be, psychologically attractive for students. And it is due to this that the use of information and communication technologies in the educational process is one of the main means of increasing the motivation of students in modern education.

The great Russian writer L. N. Tolstoy wrote: "The easier it is for a teacher to teach, the harder it is for students to learn. The harder it is for the teacher, the easier it is for the student." Indeed, the teacher needs to think about each lesson and try to measure it with the strength of his students. The use of computer technologies allows you to solve all the tasks of the lesson more productively. In an exciting and creative way to carry out educational communicative and cognitive activities. In English lessons for students the ability and readiness to carry out foreign language communication and to achieve mutual understanding with native speakers of a foreign language is formed, that is, in other words, the communicative competence is formed [2, P.25].

Main part. A modern teacher is required to possess technical means, such as creating multimedia presentations, using a computer or an interactive whiteboard. All this allows you to expand the scope of the lesson and make the learning process more productive and efficient.

When teaching foreign languages, the most common elements of information technology can be identified:

- electronic textbooks and manuals displayed using a computer and a multimedia projector,
- video and audio equipment,
- distance learning,
- Internet educational resources,
- interactive whiteboards,
- DVD DVDs and CDs with paintings and illustrations.

The use of information technologies in teaching a foreign language gives students the opportunity to participate in competitions, quizzes, and Olympiads that are held on the Internet. All this contributes to the motivation of students, their desire to develop independently and improve their knowledge.

In one of her works, E.V. Kostina argues that the use of ICT in foreign language lessons can provide a teacher with the widest opportunities. ICTs help to facilitate access to information and reduce learning time the language [3, P.35].

K. D. Ushinsky said: "If you enter a class from which it is difficult to get a word, start showing pictures, and the class will speak, and most importantly, speak freely...". Despite the fact that times have changed, these words are still relevant to this day, only the pictures have clearly changed. The teacher has an opportunity not to push the walls of the school office with the help of imagination to plunge into the colorful world of knowledge, but with the help of ICT resources. Thus, students have the following options: a sense of the reality of events, as well as the interest and desire to learn more. Creating a presence effect: "*I saw it myself*!" is one of the most important advantages of interactive lessons. After such bright and lively lessons, students often come to school and ask, "What's new today? What's interesting?". This means that children have a learning motivation. And one of the most important tasks of a teacher is to develop and maintain this motivation [4, P.273].

The use of ICT in foreign language lessons makes it possible to present the material clearly, improves the quality of teaching and reduces the fatigue of students. Technical means of teaching help the teacher to increase the pace of presentation of the material and to meet the needs and curiosity of students. It's no secret that students like to study in computer classes, perhaps because the lessons there are held in an informal setting. Students have the opportunity to apply their knowledge and skills in other settings, and show their knowledge in the field of ICT. In this case, the assimilation of new material is much faster and easier. Elements of the game in foreign language lessons in various tasks cause only positive emotions in students, which contributes to the practical consolidation of the studied material. It can be concluded that with the help of ICT, many tasks of various aspects of the language are solved. The teacher, in turn, can also solve the following *tasks* [5, P.230]:

–When teaching phonetics:

Multimedia features allow you to listen to speech in the language you are learning.

–When learning to write:

Fix your own statements and the statements of others, write out from what you read, transforming the material, write a letter, postcard, essay, fill out a form, etc.

–When teaching grammar:

The use of ICT in the grammar lesson is possible when studying almost any topic. With the correct arrangement, successful color design, the use of diagrams and tables, voice accompaniment, the material is perceived easier and faster by students, since most of the receptors are involved.

–When learning vocabulary:

Based on test and game computer programs using visual visualization; expansion of passive and potential dictionaries of students; provision of reference and information support (automatic dictionaries, programs for selecting synonyms and antonyms).

Of course, it is impossible to say that the use of ICT will help to solve all the problems in teaching a foreign language, but it is an effective tool against monotony. The computer allows you to increase the volume of language training, develops imaginative thinking, activates the regional knowledge of students. Undoubtedly, ICT helps to increase the interest of students in learning, to improve the results of educational activities.

Using ICT helps:

- Attract passive listeners to active activities;
- To form the information culture of the student;
- Improve the quality of students' knowledge;
- Make classes more visual and interesting;
- Activate the cognitive interest of students;
- Implement personality-oriented and differentiated approaches in teaching;
- To discipline the teacher himself, to form his interest in the work;

- Activate thought processes (analysis, synthesis, comparison, etc.)

It should be emphasized that the introduction of information technologies in the educational process does not exclude traditional teaching methods, but is harmoniously combined with them at all stages of training: familiarization, training, application, control. But the use of new technologies allows not only to increase the effectiveness of training many times, but also to encourage students to further independent study of the English language.

Computer technology opens up new opportunities for us. The material captured on a video camera can be processed on a computer: enter images of products using a scanner, illustrations from printed publications, photos, eliminate defects, select the desired format, change color, brightness, contrast, remove unnecessary details, cut out individual fragments and make new images from them. Such a system involves a lot of preparatory work in the preparation of the lesson, which in the end can be obtained effective and universal a system of training and testing of knowledge. Electronic presentations allow the teacher of a foreign language to prepare visual presentation for the lesson. The use of project-based learning technology in the classroom allows you to solve the main tasks of forming creative thinking, provides the development of initiative and independence, students acquire communication skills, work in a group and individually, allows you to apply the knowledge gained in the learning process in solving practical problems. [6, P.5] In the teaching of technology, the project method not only fits seamlessly into the educational process in the classroom, but also is one of the forms of extracurricular activities on the subject. The educational environment of technology lessons allows students to form ideas about the latest methods of modern processing of technological information using computer technology in the process of performing practical work.

Analysis of the results obtained. My personal experience at school has shown that using a computer makes classes more meaningful, as well as facilitates the assimilation of knowledge and skills and increases the independence of students. Indeed, a multimedia lesson can increase the possibilities of teaching subjects and make both the teaching itself and the perception in general much more individualized. Such a lesson does not in itself create a new quality of learning, but it can expand opportunities. It is more efficient than interactive.

Therefore, the use of ICT in foreign language lessons is no longer a matter of the future, but of the present. The computer does not dictate the teaching methods to the teacher of a foreign language, it is effectively included in the training programs, thus ensuring the full organization of educational activities. For each student, the use of computers in lessons in the classroom and in extracurricular activities can to create a unique information atmosphere and, not least, to promote successful advancement on the individual educational ladder. However, a teacher who uses ICT in the classroom should not forget the main thing: the educational process should be based on pedagogical technologies. Information and educational resources should not replace them completely, but, on the contrary, help to become more effective. They are designed to optimize the labor costs of teachers, so that the educational process becomes more effective and meaningful. Information technologies are designed to help the teacher focus on individual and creative work-to answer difficult questions of active students, and vice versa, to try to motivate the weakest and most passive students [6, P.198].

Conclusion. In conclusion, I would like to note that a modern teacher simply needs to be able to work with modern teaching tools in order to provide one thing one of the most important rights, namely, the right to quality education. Today, a teacher who acts within the framework of the usual traditional technology of teaching a foreign language, using only chalk and a textbook, is significantly inferior to his colleagues who conduct classes using ICT.

References

1. Polat E. S., Bukharkina M. Yu., Moiseeva M. V., Petrov A. E. New pedagogical and information technologies in the education system. Moscow: Publishing center “Academy”, 2019, 268 p.

2. Buyanova I. B. Technologies of socio-cultural adaptation of students in the educational process of a pedagogical university // Kazakhstan Pedagogical Journal. - 2016. - No. 12, pp. 21-28.
3. Kostina E. V. The use of an electronic textbook on the English language in the period of pedagogical practice of students of the Faculty of Foreign Languages// Humanities and Education. – 2015, No. 2, P. 34-36.
4. Karamysheva T. V. Learning foreign languages using a computer. - Almaty: Bilim, 2016, 273 p.
5. Apatova N. V. Information technologies in school education. - Moscow: RAO Publishing House, 2017, 228 p.
6. Zakharova I. G. Information technologies in education. - Moscow: Publishing center “Academy”, 2017, 192 p.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H. Həsənov

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, 11 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 2 nüsxədə 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 11, 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 in two copies 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 11, 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 двух экземплярах и в электронной версии.

Yığılmağa verilib: 30.07.21. Çapa imzalanıb 21.08.21.
Format 60x84 $^{1}/_{8}$. F.ç.v.25,5. Sifarış №71.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi